

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

**Možná rizika zneužívání radioaktivních materiálů z bývalé úpravny
uranových rud MAPE Mydlovary**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Libor Řepa
Studijní program: Civilní nouzová připravenost
Studijní obor: Ochrana obyvatelstva

Vedoucí práce: doc. Dr.rer.nat. Friedo Zölzer

Datum odevzdání práce: České Budějovice 14. května 2012

Abstrakt

Možná rizika zneužití radioaktivních materiálů jsou v současné době velmi diskutovaným tématem. Práce se právě tímto tématem zabývá a je zaměřena na možná rizika při zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary. V úvodních kapitolách popisují současný stav bývalé úpravny uranových rud. Zabývám se historií provozu MAPE, údaji o odkalištích a o uložených kalech v nich a dalšími charakteristikami týkající se tohoto provozu. Po celá léta byly do odkališť ukládány kaly, ve kterých jsou obsaženy radionuklidy, a proto se také zabývám ionizujícím zářením. Jelikož tématem je zneužití radioaktivních materiálů, kterého by mohli využít především teroristé, popisují také tento celosvětový fenomén posledních let, kde jsem se především zaměřil na superterorismus pomocí radiologické zbraně, konkrétně tzv. „špinavé bomby“. Cílem práce je zjistit možnosti zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravny. Proto jsem na určitých místech areálu MAPE zjistil prostřednictvím exploračního výzkumu hodnoty radioaktivity a expozice záření. To znamenalo odebrání vzorků zemin a vody a také měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama. Po zjištění potřebných radiačních hodnot jsem provedl simulace možných zneužití radioaktivních materiálů z areálu MAPE. U zneužití radioaktivního materiálu pomocí špinavé bomby jsem využil program TerEx. Poté jsem provedl několik výpočtů, které byly zaměřeny na inhalaci, ingesci nebo zevní ozáření z radioaktivních materiálů a také výpočet, kolik je potřeba materiálu k získání významného zdroje ionizujícího záření. Z těchto podkladů jsem vyvodil dopady pro člověka, společnost či životní prostředí. Na základě analýzy a zhodnocení dané problematiky se potvrdila stanovená hypotéza „Zneužitím radioaktivních materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary nedojde k závažnému ohrožení osob“. Výsledky práce mohou být použity jako studijní materiál k doplnění a rozšíření znalostí o rizicích vyplývajících ze zneužití radioaktivních materiálů. Dále také zvýšení informovanosti a osvětlení určitých následků ionizujícího záření na člověka z materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary, pro obyvatele Mydlovar a přilehlého okolí a taktéž i užitečné informace pro laickou a odbornou společnost, která se o tuto problematiku zajímá.

Abstract

Possible risks of using radioactive materials are a highly discussed topic nowadays. This work is dealing with this problem and it is focused on possible risks of using radioactive materials from the ex-treatment plant of uranium ores MAPE Mydlovary. In introductory chapters I am describing the current state of ex-treatment plant of uranium ores. I am dealing with the history of operation of MAPE, information about sludge lagoons and about stored sediments in them and other characteristics concerning this operation. For years, sediments in which radionuclides are contained have been stored in treatment plants and that is why I am dealing with ionizing radiation. Because the topic is the using of radioactive materials which can be used mainly by terrorists, I am also describing this worldwide phenomenon of recent years where I first of all focused on super-terrorism using radioactive weapons, namely so-called “dirty bombs”. The target of this work is to find out possibilities of using radioactive materials from the ex-treatment plant. Therefore I measured values of radioactivity and exposition of radiation at some places with the help of exploratory research. That meant sampling of soils and water and also measurement of power of dose equivalent of radiation gamma. After gathering information of needed radiation values I carried out simulation of possible using of radioactive materials from the premises MAPE. By means of dirty bomb I used the programme TerEx at using radioactive material. Then I carried out several calculations which were focused on inhalation, ingestion or outdoor radiation from radioactive materials and also calculation how much it is necessary to gain a significant source of ionizing radiation. From these sources I have deduced impacts for individuals, society or environment. Based on analysis and evaluation of given problems, my set hypothesis “By using radioactive materials from the ex-treatment plant of uranium ores MAPE Mydlovary a serious threat to people will not occur” was confirmed. Results of my work can be used as a study material for completing and broadening knowledge about risks resulting from using radioactive materials. Further an increase of foreknowledge and explanation of certain consequences of ionizing radiation on humans from materials from the ex-treatment plant of uranium ores MAPE Mydlovary,

for inhabitants of Mydlovary and surrounding areas and also useful information for lay and professional society which is interested in these problems.

Prohlášení:

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů 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 jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb., zveřejněny posudky školitele a oponentu 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 14. května 2012

.....
Bc. Libor Řepa

Poděkování:

Děkuji vedoucímu práce doc. Dr.rer.nat. Friedu Zölzerovi za odborné vedení a pozornost, kterou mi věnoval při řešení otázek souvisejících s mou diplomovou prací. Obzvlášť bych chtěl poděkovat Mgr. Jířímu Havránkovi, Mgr. Josefu Kaňkovskému a Ing. Karlu Kollárovi, bez jejichž významného přispění by nevznikla tato diplomová práce.

Bc. Libor Řepa

OBSAH:

ÚVOD.....	10
1 SOUČASNÝ STAV	11
1.1 Úpravna uranových rud MAPE Mydlovary.....	11
1.1.1 Základní charakteristika lokality MAPE Mydlovary.....	11
1.1.1.1 Geografické vymezení území	11
1.1.1.2 Geomorfologie terénu.....	11
1.1.2 Historie chemické úpravy uranové rudy	12
1.1.3 Základní údaje jednotlivých odkališť'	14
1.1.4 Získávání uranu z rud	16
1.1.5 Environmentální problém	16
1.1.6 Majetkoprávní vztahy	17
1.1.7 Způsob sanačních a rekultivačních prací na odkalištích.....	18
1.1.8 Radionuklidy pocházející z provozované činnosti	19
1.1.8.1 Popis radionuklidů.....	21
1.2 Ionizující záření	23
1.2.1 Druhy ionizujícího záření	23
1.2.2 Pojmy a veličiny	24
1.2.3 Způsoby ozáření.....	27
1.2.4 Účinky radioaktivity na lidský organismus	27
1.3 Terorismus	29
1.3.1 Charakteristika terorismu.....	29
1.3.2 Typy terorismu.....	30
1.3.2.1 Konvenční terorismus.....	30
1.3.2.2 Superterorismus	31
1.3.2.2.1 Špinavá bomba	32
2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZA	33
3 METODIKA	34
3.1 Terénní průzkum.....	34

3.2	Použité měřicí přístroje a počítačový software.....	36
3.2.1	Radiometr FH 40G-L10 (Eberline).....	36
3.2.2	Gamaspektrometrie.....	36
3.2.3	TerEx	37
3.2.3.1	Typy událostí	37
3.3	Použité metody při odběru vzorků a měření.....	38
3.3.1	Odběr a úprava vzorků zemin.....	38
3.3.2	Odběr a úprava vzorků vody.....	39
3.3.3	Stanovení příkonu dávkového ekvivalentu záření gama	41
3.3.4	Stanovení hmotnostní a objemové aktivity.....	41
3.4	Metody chemické separace ^{226}Ra	43
4	VÝSLEDKY	46
4.1	Základní informace o místech odběru vzorků a měření	46
4.2	Výsledky měření	48
4.2.1	Naměřené hodnoty hmotnostní aktivity radionuklidů v zemině.....	48
4.2.2	Naměřené hodnoty objemové aktivity radionuklidů ve vodě.....	50
4.2.3	Všechny naměřené hodnoty hmotnostní a objemové aktivity radionuklidů	51
4.2.4	Naměřené hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu záření gama.....	53
4.3	Monitoring v bývalém areálu MAPE Mydlovary.....	55
4.4	Možné způsoby zneužití radioaktivních materiálů	56
4.4.1	Použití špinavé bomby.....	57
4.4.1.1	Simulace možného útoku špinavou bombou.....	57
4.4.1.2	Program TerEx – zadání parametrů.....	58
4.4.1.3	Program TerEx - vyhodnocení	59
4.4.1.4	Dopady možného útoku špinavou bombou	64
4.4.2	Výskyt kontaminované balené vody v obchodních řetězcích.....	66
4.4.2.1	Simulace zneužití vody z MAPE Mydlovary	66
4.4.2.2	Dopady při možném zneužití vody z MAPE Mydlovary	67
4.5	Zpracování získaných poznatků.....	68

4.5.1	Odhad dávek v bývalém areálu MAPE Mydlovary	68
4.5.2	Držba radioaktivních látek	70
4.5.3	Mezní hodnoty objemových aktivit v dodávkách vody	71
4.5.4	Určení efektivní dávky z inhalace přírodních radionuklidů	72
4.5.5	Separace 1 gramu ^{226}Ra ze zeminy z MAPE Mydlovary	75
4.5.6	Ozáření osob z radionuklidů deponovaných na zemském povrchu.....	77
4.5.7	Úvazek efektivní dávky po příjmu radionuklidu jednotlivcem	79
4.6	Činnost při nálezu radioaktivního materiálu.....	81
5	DISKUSE.....	83
6	ZÁVĚR	94
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	95
8	KLÍČOVÁ SLOVA	104
9	PŘÍLOHY	105

ÚVOD

Rozvoj uranového průmyslu v 50. letech 20. století, kdy se uranové rudy začali využívat k vojenským a energetickým účelům, přinesl České republice do dnešní doby mnoho míst, která mají negativní dopady na životní prostředí (devastace území těžbou, vytváření skládek odtěženého nepotřebného materiálu, výstavbou areálů úpraven uranových rud a k nim přilehlých odkališť apod.). Takovýto negativní dopad představuje konkrétně v jižních Čechách bývalý areál úpravny uranových rud MAPE Mydlovary. Jedná se o jednu z největších ekologických zátěží v České republice. Jelikož za dobu činnosti úpravny uranových rud MAPE Mydlovary došlo k nahromadění velkého množství materiálu, je zde možné i riziko jeho zneužití. Tato radiologická hrozba v podobě radioaktivních materiálů, vzhledem k jejich nižším radiačním hodnotám, nestačí pro nukleární účely, ale postačila by možná pro vytvoření tzv. špinavé bomby. Její použití by bylo zaměřeno na vyvolání paniky a psychické újmy široké veřejnosti a měla by za následek ekonomické a sociální dopady. Z těchto důvodů nelze hrozby tohoto typu podceňovat. Svět se nachází v době, kdy takovéto zneužití mohou využít teroristé, aktivisté či různé skupiny k prosazení svých cílů. V této práci se proto pokusím nastínit rizika, která mohou vést ke zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravny MAPE a která mohou mít následky i pro člověka.

Na začátku své práce se zabývám uvedením do problematiky související s bývalou úpravnou uranových rud MAPE Mydlovary. Práce je také zaměřena na oblast ionizujícího záření. Dále se zabývám terorismem, neboť tento celosvětový fenomén posledních let zneužívá mnoha technologií lidstva a pro téma této práce je více než aktuální. Cílem práce je vypracovat údaje o tom, jaké možnosti zneužití zdrojů ionizujícího záření nabízí bývalý areál MAPE a také přiblížit stav nahromaděných radioaktivních materiálů v areálu a tím podpořit větší osvětu pro laickou i odbornou společnost. Pro zjištění stavu radioaktivních materiálů a jejich zneužití jsem využil různé přístroje a počítačové softwary. Na základě těchto technologií jsou zpracovány různé tabulky, grafy, mapy, výpočty apod. V závěru práce se zabývám vyhodnocením zjištěných informací a údajů a také analýzou a zhodnocením stanovené hypotézy.

1 SOUČASNÝ STAV

1.1 Úpravna uranových rud MAPE Mydlovary

V roce 1991 byl ukončen provoz úpravny uranových rud MAPE Mydlovary (zkratka slov MAgnezium PErchlorát). Prováděla se zde chemická úprava uranových rud s technologiemi kyselých i alkalických procesů loužení a ukládáním kalů na odkaliště. V současné době je zlikvidována úpravárenská technologie, areál úpravny je dekontaminován a část areálu byla prodána. Zbytek nevyužitelných objektů je připraven k likvidaci a na odkalištích probíhají sanační a rekultivační práce.

1.1.1 Základní charakteristika lokality MAPE Mydlovary

1.1.1.1 Geografické vymezení území

Lokalita odkališť a úpravny MAPE Mydlovary je umístěna v Jihočeském kraji, ve střední části okresu České Budějovice, severozápadně od Hluboké nad Vltavou, na okraji českobudějovické pánve, poblíž obce Mydlovary. Cca 15 km severně je areál Jaderné elektrárny Temelín (JETE). Areál bývalé chemické úpravny zasahuje do čtyř katastrálních území: Dívčice, Mydlovary, Nákří, Olešník. Všechny tyto obce jsou samostatnými obcemi.

1.1.1.2 Geomorfologie terénu

„Z hlediska geomorfologického členění náleží území k okrajové části Českobudějovické pánve, která je součástí oblasti Jihočeské pánve. Jedná se o rybníčnatou krajinu s relativně malým podílem lesů, která je intenzivně zemědělsky využívána. Terén je rovinatý až mírně zvlněný, je mírně ukloněný k jihozápadu a jeho nadmořská výška kolísá mezi 384 a 440 m n.m. Převážná část terénu nedosahuje výšky nad 415 m n.m., výraznější terénní elevací uvnitř zájmového území vystupující

cca 25 m nad okolní terén je pouze vrch Vorpil na severovýchodě (440,3 m n.m.). Nejnižší částí území je jeho jižní okraj - mělké údolí Soudného potoka. Severovýchodní část širšího zájmového území náleží k Táborské pahorkatině, která je součástí oblasti Středočeská pahorkatiny. Pro morfologii Táborské pahorkatiny je charakteristický parovinný ráz“. (25)

1.1.2 Historie chemické úpravny uranové rudy

„Mimořádný rozvoj těžby uranových rud ve druhé polovině 50. let byl provázen odpovídajícím rozvojem zpracovatelských kapacit. První desetiletí těžby uranových rud v bývalém Československu bylo charakterizováno především vývozem nezpracovaných koncentrátů uranových rud. Do té doby byla v provozu pouze chemická úpravna o malé kapacitě v Nejdku u Karlových Varů. V druhé polovině padesátých let bylo rozhodnuto o výstavbě velké chemické úpravny, která by zabezpečila zpracování stále většího množství méně kondičních rud“. (25)

„Úpravna byla situována na podkladě posouzení několika návrhů cca 20 km severozápadně od Českých Budějovic, západně od obce Mydlovary. Argumenty pro volbu umístění byly:

- možnost využití existujících prostor po těžbě lignitu pro ukládání vyloužené uranové rudy (rmutu)
- možnost energetické vazby na uhelnou elektrárnu v Mydlovarech. Realizované napojení představovalo 2 samostatné elektrické linky 22 kV, přenos 8 MW, 2 parovody o délce 2,3 km, nízkotlaký 0,5 MPa do 45 t/h, vysokotlaký 1,5 MPa do 1,5 t/h.
- geografická poloha ve vztahu k těžebním oblastem UD západní Čechy, UD Příbram a UD Dolní Rožínka
- očekávaná těžba v oblasti jižních Čech (Rudolfovsko)
- snaha o zprůmyslnění Jihočeského kraje (vytvoření pracovních příležitostí)

- možnost vypouštění nadbilančních roztoků potrubním řádem do Vltavy zajišťovalo dostatečné ředění škodlivin povolených v té době vodohospodářskými orgány“. (25)

„Výstavba úpravny byla zahájena v roce 1959. Zpracování uranových rud na závodě bylo zahájeno 1. 10. 1962 a ukončeno 1. 11. 1991. Uranová ruda se nikdy v této lokalitě ani v přilehlém okolí netěžila. Do úpravny se dovážela z uranových dolů téměř z celé republiky“. (25) „Zpracovávala se zde ruda z ložisek v západních Čechách, Okrouhlé Radouni, Příbrami, Dolní Rožínce i ze Stráže pod Ralskem“. (44) „Postupně byla kapacita úpravny rozšířena z 300 000 t/rok na 600 000 t/rok (max. zpracované množství rudy za rok 748,4 kt - v roce 1981)“. (25)

„Celkově bylo zpracováno 16 745 835 t uranové rudy s průměrným obsahem uranu 0,184 %. Bylo vyrobeno za dobu činnosti celkem 28 525 t uranu v koncentrátu, což znamená, že v odkalištích jsou uloženy vyloužené rudy s obsahem 0,0138 % U, tj. 2 320 t“. Dovezená ruda byla v principu zpracovávána loužením pomocí dvou technologií. Mezi tyto technologie patří:

- kyselé procesy (kyselá linka) - zpracováno 12 779,2 kt uranové rudy,
- alkalické procesy (alkalická linka) - zpracováno 3 989,8 kt uranové rudy. (25)

Vyloužená ruda se ukládala na odkaliště (Obrázek 1 - Mapa odkališť). Odkaliště K I bylo vybudováno jako první - mimo prostory vydobyté po těžbě lignitu. Další odkaliště pak využívaly vydobyté prostory po těžbě lignitu bývalého dolu Svatopluk. Na odkaliště o celkové ploše 285 ha bylo v letech 1962 – 1991 postupně uloženo 35 803 kt úpravárenských kalů, to představovalo uložené kaly o objemu 22 427 tis. m³, ve kterých bylo 16 555 tis. m³ vázané vody (Tabulka 1 - Základní údaje o uložených kálech v odkalištích).

V areálu úpravny byly po ukončení provozu úpravy uranové rudy realizovány náhradní výroby, které měly jen krátkodobý průběh. Šlo o výrobu síranu železitého, síranu hlinitého, manganatých solí, zpracování použitých vanadových katalyzátorů. (25)

Tabulka 1 - Základní údaje o uložených kálech v odkalištích (25)

Odkaliště	Zahájení provozu	Ukončení provozu	Technologická linka	Hmotnost uloženého kalu (kt)	Objem uloženého kalu (tis. m ³)	Objem vázané vody (tis. m ³)
K I	1962	1984	K, A - zaplněno	8606	5551	3385
K II	1967	1981	K - zaplněno	15071	10342	7313
K III	1980	1985	K - zaplněno	6538	4354	3390
K IV/C1Z	1988	1989	K	587	403	285
K IV/C2	1985	1988	K	2492	1708	1212
K IV/D	1985	1991	K - zaplněno	963	661	467
K IV/R	1984	1991	A	1546	950	503
K IV/C1F			nevyužíváno	0	0	0
K IV E	Dříve odkaliště K II			0	0	0
Celkem				35803	22427	16555

1.1.3 Základní údaje jednotlivých odkališť'

Kal z úpravy uranové rudy byl ukládán hydraulickou dopravou (tj. pomocí vody a potrubních tras) do odkališť. Materiál byl dopravován na odkaliště pomocí systému plavící a vratné vody. Vody ze systému nesměly proniknout do okolních vod. Kalojemy byly označeny jako K I, K II, KIII a K IV.

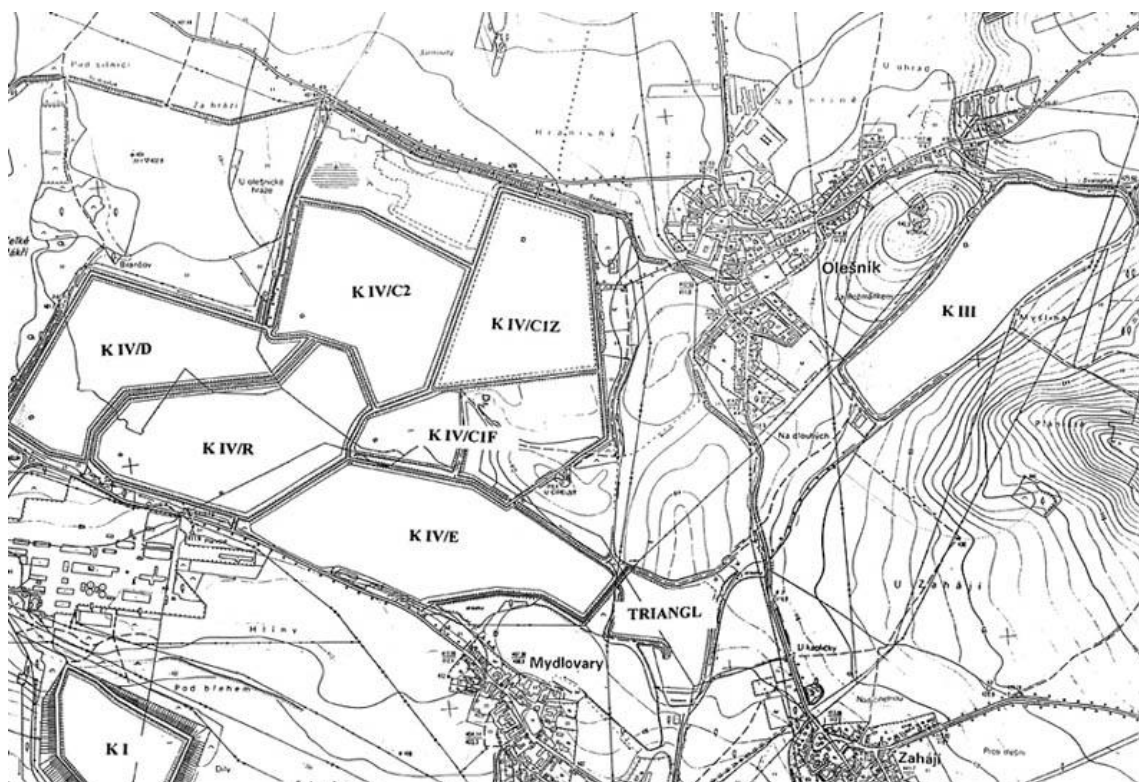
Odkaliště K I – „bylo vybudováno jako povrchové (o max. výšce 25 m) mezi MAPE a tratí ČSD. Je opatřeno obvodovým drenážním systémem. Specifickým znakem tohoto odkaliště jsou postupně budované obvodové hráze z odkalištních písků s nepřipustně vysokou hmotnostní aktivitou rádia a radonovou výdajností. Prostor odkaliště byl rozdělen hrází o délce 175 m. Jedna část byla na alkalické odpady a druhá část pro kyselá odpady. Je zde uloženo 5.551.000 m³ kalu“ (37)

Odkaliště K II – „bylo vybudováno severně od MAPE. Byly využity prostory po těžbě lignitu a následně došlo k rozšíření odkaliště směrem západním a východním. Kolem celé plochy byla vybudována obvodová hráz. Ukládaly se zde kaly z kyselé linky“ (37)

Odkaliště K III – „bylo situováno do prostoru po vytěženém lignitu o maximální hloubce 27 metrů. Je zde uloženo celkem 4.354.000 m³ kalu. Byly zde ukládány kaly z kyselé linky“. (37)

Odkaliště K IV – „toto odkaliště je vybudováno zčásti na odkališti K II a z části na sousedních pozemcích. Skládá se z jednotlivých sekcí D, R, C1Z, C2, C1F“. (37)

Obrázek 1 - Mapa odkališť (37)



Odkaliště K IV D – „je situováno mezi prostorem odkaliště K IV R a rybníkem Velké Nákrí. Je vybudováno nad původním terénem. Je z velké části zaplněno úpravářským kalem o mocnostech 2-6 m. Byly zde ukládány kaly z kyselé linky. Je zde uloženo 661.000 m³ kalů“. (37)

Odkaliště K IV C2 – „je situováno v severní části plochy odkališť. Bylo vybudováno nad původním terénem. Je částečně zaplněno úpravářským kalem z kyselé linky. Je zde uloženo 1.708.000 m³ kalu“. (37)

Odkaliště K IV C1Z – „je situováno v sousedství odkališť K IV C1F a K IV C2. Je vybudováno nad původním terénem. Uvnitř odkaliště probíhala odtěžba zemin a omítkových písků. Do odkaliště byly ukládány produkty z hornické činnosti (10.000 m³ - šrot, kontaminovaný materiál z úpravny MAPE) a do tohoto prostoru bylo naplaveno 403.000 m³ kalů z kyselé linky“. (37)

Odkaliště K IV R – „je obklopeno prostory odkališť K IV E, K IV C1F, K IV C2, K IV D a komunikací Mydlovary-Dívčice. Je vybudováno částečně nad původním terénem. Další část plochy odkaliště K IV R je situována nad výběžkem vyuhleného lignitového dolu Svatopluk. Je zde uloženo 950.000 m³ kalu z alkalické linky“. (37)

Odkaliště K IV C1F – „zde je vybudována akumulace odkalištních vod tzv. Fišar (podle místního názvu původního lesa)“. (37)

Odkaliště K IV E – „je umístěno v bývalém lignitovém dole Svatopluk o maximální hloubce 35 m. Toto odkaliště i K III jsou umístěny v územích s nízkou transmisivitou podloží a trvalými přítoky podzemních vod. U těchto rekultivovaných odkališť zůstane téměř celý jejich obsah plně zvodnělý. V odkališti K IV E je uložen kal v množství 8.800.000 m³“. (37)

1.1.4 Získávání uranu z rud

„Získávání uranu z rud s průměrným obsahem cca 2 kg U/tunu v chemické úpravně probíhá po jejich důkladném rozemletí na velmi jemnou zrnitost (<0.1 mm). Následuje většinou kyselá nebo alkalická loužení, separace čistých výluhů a v nich pak srážení uranátu amoniakem. Nerozpustitelný zbytek rozdrčené rudy (vyloužená rudnina – rmut - kal) obsahuje kromě zbytkových množství (cca 1/10 původního) nevylouženého uranu také celý původní obsah především doprovodného radia a dalších sice neradioaktivních, ale přesto velmi toxických prvků“. (24) Takto vyloužené rudniny se potom odčerpávají a ukládají do odkališť.

1.1.5 Environmentální problém

Odkaliště představují jednu z nejzávažnějších ekologických zátěží v celé České republice. V roce 1962 započalo v Mydlovarech zpracování rud a kapacita

zpracovaných rud se postupně rozšířila až na 600 000 t/rok. Zpracování rud bylo ukončeno v roce 1991 a do této doby se zde zpracovalo 16 745 835 t uranové rudy s průměrným obsahem uranu 0,184 %. Na odkalištích o celkové ploše 285 ha bylo postupně uloženo 35 803 kt úpravárenských kalů. Vyloužená ruda byla ukládána v odkalištích, které využívaly prostory po těžbě lignitu. (45)

„Odkaliště s vylouženou uranovou rudou jsou cizorodým prvkem v krajině ohrožující své okolí radioaktivitou, prašností a průsaky cizorodých látek, jako jsou například těžké kovy. Hlavním nebezpečím pro životní prostředí představují zejména znečištěné podzemní vody, které svým přirozeným pohybem transportují kontaminující látky. Druhým závažným rizikem je radioaktivní prach, který vítr přemísťuje do dalekého okolí. Nejvýznamnější riziko pro člověka je inhalace kontaminantů v prašném spadu, působení radonu ze vzduchu a celkové zevní expozice radionuklidy. Cílem je vytvoření optimálního prostorového základu ekologicky stabilních ploch v krajině z hlediska kladného působení na okolní části, tzn. začlenění zasanovaných odkališť do krajiny, zahlazení následků uranové činnosti, omezení kontaminace podzemních vod a snížení radiační zátěže území“. Předpokládané množství sanačního materiálu je odhadováno na 8 miliónů tun či 7 miliónu m³, takže při plánovaném ročním uložení 200 tisíc tun vychází doba sanace a rekultivace na 40 let. (41, 45)

„Přes provedené sanace a vysoké investice do zajištění oblasti představují odkaliště a bývalá zpracovna dodnes mimořádnou zátěž pro životní prostředí. Na problém upozorňují některé nevládní organizace, mj. Jihočeské matky“. V anketě Mladé fronty DNES Největší hrůza Jihočeského kraje, kterou tento deník vyhlásil v září 2007, obsadila MAPE druhé místo. (45)

1.1.6 Majetkoprávní vztahy

„Zařazení úpravny do privatizace ze strany DIAMO s.p. bylo provedeno v roce 1993. Výsledkem dalších jednání bylo usnesení vlády ČR č. 330 z 12. 6. 1996, na jehož základě měla být privatizovaná část úpravny odprodána firmě Remstav České Budějovice s.r.o. Do privatizace byla zahrnuta úpravna včetně železniční vlečky, ale s věčným břemenem (využívání vlečky DIAMem). Požadovaná finanční úhrada

160 mil. Kč nebyla nikdy zaplacená a objekty nebyly firmou Remstav oficiálně převzaty“. (25) Areál chemické úpravný Mydlovary je v současnosti v majetku státu a je spravován DIAMem, Odštěpný závod, Správa uranových ložisek Příbram.

1.1.7 Způsob sanačních a rekultivačních prací na odkalištích

Sanační a rekultivační práce (Obrázek 7 – Příprava sanačních a rekultivačních prací na odkališti K IV E, Obrázek 8 – Sanační a rekultivační práce na odkališti K I) spočívají ve vysušení lagun a neprodyšném uzavření terénu nad odkališti. Tím by mělo dojít k zabránění vstupu srážkové vody do odkaliště, k odstínění záření z uložených materiálů, k výraznému omezení úniku prachu s obsahem radionuklidů a omezení emisí radonu z povrchu odkaliště. Tyto sanační a rekultivační práce mají krajinu částečně očistit od negativního vlivu odkališť obsahujících velké množství radioaktivního rmutu.

Na každé odkaliště, u kterého se budou provádět sanační a rekultivační práce, je vytvořena projektová dokumentace. Z těchto projektových dokumentací o rekultivaci a sanaci jednotlivých kalojemů jsou vytaženy a následně stručně popsány způsoby sanace a rekultivace odkališť a způsoby vrstvení jednotlivých materiálů.

Neprodyšné uzavření terénu nad odkalištěm se provádí dvěma způsoby. Tyto způsoby závisí na zvoleném tvaru po zavezení odkaliště materiálem. Na základě podkladů jednotlivých odkališť se volí tvar střešovitý (K I, K III, K IV E) nebo tvar formou údolnic (K IV D, K IV C2). Oba dva způsoby se provádějí vrstvením různých materiálů a to v pořadí roznášecí, výplňová, těsnicí a krycí vrstva. Tyto vrstvicí materiály by měly být lehké, aby se nezabořovaly do uloženého rmutu.

Rožnášecí vrstva

Pro tuto vrstvu se používají různé materiály. Mezi tyto materiály patří popílek z elektráren, pneumatiky, drcená pryž, prosypové materiály, popřípadě také vysušený rmut (kaly). Tato vrstva se při sanaci a rekultivaci neprováděla u odkaliště K IV D. Popílek z elektráren se použil výhradně jen na odkališti K III. U odkaliště K I se použil

jako roznášecí vrstva vysušený rmut (kaly). Pomocí pneumatik, drcené pryže a prosypových materiálů se prováděla tato vrstva u odkališť K IV E a K IV C2.

Výplňová vrstva

U výplňové vrstvy byly použity některé stejné materiály jako u roznášecí vrstvy a to popílek z elektráren a prosypové materiály. Celková mocnost roznášecí a výplňové vrstvy se liší podle zvoleného tvaru rekultivace odkaliště. U střeovitého tvaru je tato vrstva cca 2 – 7 metrů a u tvaru formou údolnic cca 2 – 5 metrů.

Těsnící vrstva

Účelem třetí vrstvy je neprodyšnost, vodotěsnost a uzavření odkaliště. Tuto vrstvu tvoří zhutněný jííl. Tato vrstva se provádí na všech rekultivovaných odkalištích. Mocnost této vrstvy se pohybuje v rozmezí cca 0,5 – 0,7 metru.

Krycí vrstva

Poslední vrstva je tvořena zeminou a kompostem. Mocnost zeminy je cca 0,5 – 0,7 metru a mocnost kompostu je cca 0,3 – 0,5 metru. Krycí vrstva je důležitá pro konečnou fázi rekultivace ozelenění rostlinami (zatravnění) se skupinovou výsadbou mělce kořenících dřevin a následnou údržbou krajiny. Nebylo by vhodné nechat tuto poslední fázi přirozené sukcesí invazivní vegetaci. Břízy a podobné náletové dřeviny mohou svými kořeny porušit vodotěsnou těsnící vrstvu materiálu a dále mohou transportovat radionuklidy do životního prostředí. Hlavním smyslem je posílení ekologické stability krajiny a obnovení stabilních ekosystémů a jejich vzájemných vazeb.

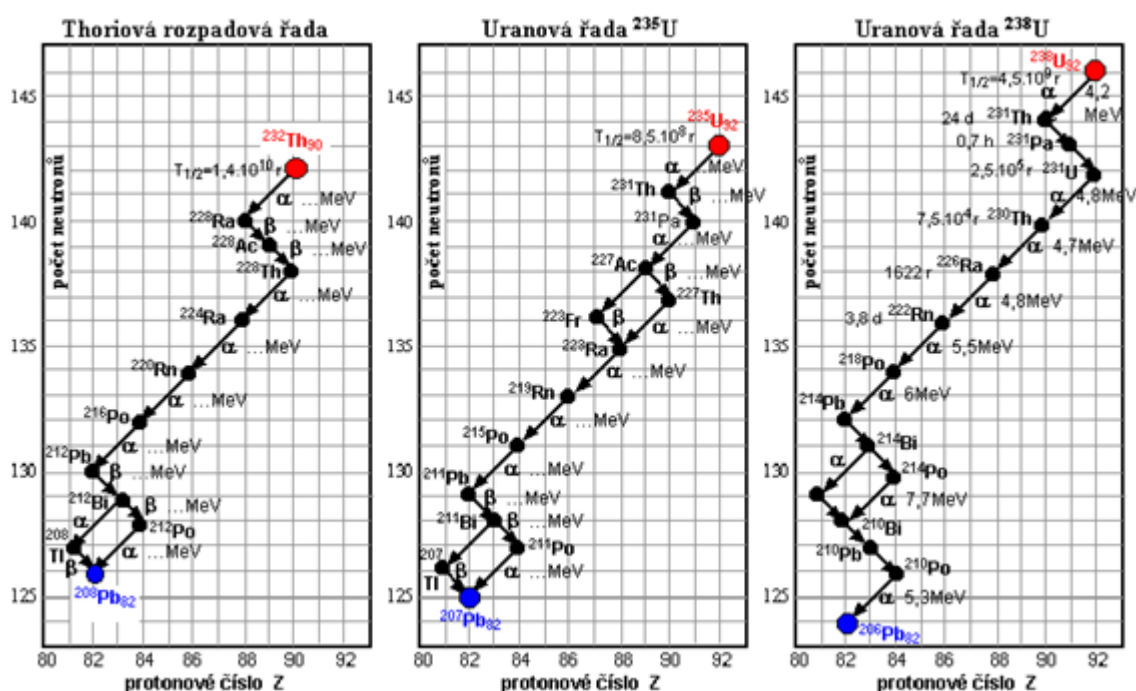
Na odkalištích K IV R, K IV C1Z, K IV C1F se sanační a rekultivační práce buď vůbec neprovádějí, anebo se provádějí jen částečně.

1.1.8 Radionuklidy pocházející z provozované činnosti

„Vzhledem k charakteru předchozí činnosti provozované v areálu (zpracovávání uranových rud) jsou hlavními položkami, které ovlivňují radiační situaci, přírodní radionuklidy související s přírodním uranem. S přihlédnutím k vlastnostem zpracovávané suroviny, která pochází převážně z příbramského ložiska a ložisek

západočeských, nehrají další přírodní radionuklidy zejména z thoriové řady (4n) a draslík (^{40}K) významnou roli v radiační zátěži a to ani ve vlastní lokalitě, ani v okolí. Ve zpracovávané surovině se obsahy thoria (^{232}Th) pohybují na úrovni běžných přírodních hodnot, nebylo zde zjištěno významné zastoupení thoria a souvisejících nuklidů thoriové rozpadové řady (4n). Vzhledem k malému obsahu ^{235}U v přírodním uranu je zanedbatelný podíl radionuklidů aktiniové řady (4n+3)⁴. (25)

Obrázek 2. - Přírodní rozpadové řady radionuklidů (55)



„V podstatě hlavní díl celkové zátěže souvisí s radionuklidy z uran-radiové rozpadové řady (4n+2), jejímž mateřským prvkem je izotop uranu v přírodě nejvíce rozšířený ^{238}U . Z tohoto hlediska je nutné se zabývat především radionuklidy uran-radiové řady, z nichž radiologicky nejvýznamnější jsou U resp. izotop ^{238}U a jeho dceřiné produkty ^{226}Ra a ^{222}Rn , případně ^{210}Pb , ^{210}Po “⁴. (25)

1.1.8.1 Popis radionuklidů

Uran

Je radioaktivní, v čistém stavu stříbrobílý lesklý kov, těžký, tažný, kujný. Po rozmělnění na prášek je samozápalný. Hustota uranu při 20°C je asi 19,05 g/cm³ a uran, který je asi o 70 % těžší než olovo, patří k nejtěžším prvkům vůbec. V roce 1789 byl objeven profesorem chemie M. H. Klaprothem a jméno dostal podle planety Uran (původní název byl uranit). V přírodě se uran vyskytuje často, ale jen v nízkých koncentracích 0,04 – 3 %. Izotopy uranu: ²³⁸U (poločas přeměny $T_{1/2} = 4,47 \cdot 10^9$ let, zastoupení 99,276 %), ²³⁵U ($T_{1/2} = 7,1 \cdot 10^5$ let, zastoupení 0,718 %), ²³⁴U ($T_{1/2} = 2,47 \cdot 10^5$ let, zastoupení 0,004 %). (56, 25)

Radium

V čistém stavu je radium bílý, těžký, velmi reaktivní kov, který se velmi podobá vlastnostem alkalických kovů. Ve tmě vytváří modré luminiscenční světlo a soli radia barví plamen sytě červeně. Na vzduchu je schopno se samovolně vznítit. Hustota radia je 5,5 g/cm³. Radium bylo objeveno roku 1898 Marií Curie-Skłodowskou, jejím manželem Pierem a Gustavem Bémontem v jáchymovském smolinci (UO₂), který byl v té době pouze odpad. Na 1 tunu uranu ve smolinci ho připadá maximálně 338 mg. V současné době je známo 25 izotopů radia. Nejvýznamnějšími jsou izotopy ²²⁶Ra ($T_{1/2} = 1600$ let) a ²²⁸Ra ($T_{1/2} = 6,7$ roku). (9, 51, 25)

Radon

Bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, nereaktivní. Vzniká jako produkt radioaktivního rozpadu radia a uranu a díky své nestálosti postupně zaniká dalším radioaktivním rozpadem. Hustota je 0,00973 g/cm³ při 0 °C a 101,325 kPa. Radon je velmi dobře rozpustný ve vodě (okolo 51 % svého objemu) a ještě lépe se rozpouští v nepolárních organických rozpouštědlech. Radon má velmi nízký elektrický odpor a tudíž vede velmi dobře elektrický proud. Byl objeven roku 1900 F. E. Dornem při zkoumání radioaktivního rozpadu radia a byl pojmenován jako radiová emanace. Roku

1923 byl nakonec přijat název radon. Je známo přibližně dvacet nestabilních izotopů radonu. Nejznámější izotop ^{222}Rn má poločas rozpadu 3,82 dne. Další izotopy radonu: ^{220}Rn ($T_{1/2} = 54,5$ s), ^{219}Rn ($T_{1/2} = 3,92$ s). (52, 25)

Draslík

Lehký, stříbrolesklý a měkký kov, který vede velmi dobře elektrický proud a teplo. Má nízký bod tání a jeho hustota je $0,89 \text{ g/cm}^3$. Izotop radioaktivního draslíku ^{40}K je obsažen v každé přírodní formě draslíku. Ten patří mezi nejrozšířenější primární radionuklid, jehož průměrný obsah v zemské kůře je asi $3 \cdot 10^{-3} \%$. Poločas rozpadu ^{40}K je $T_{1/2} = 1,26 \cdot 10^9$ roku. Každé lidské tělo obsahuje tento izotop. Koncentrace draslíku v těle je přísně homeostaticky udržována, proto i koncentrace ^{40}K v těle je prakticky stejná u všech osob, a to na úrovni kolem 55 Bq/kg , což odpovídá průměrné roční efektivní dávce $0,17 \text{ mSv}$. Distribuce draslíku ^{40}K v organismu a absorbované dávky ve tkáních a orgánech je uveden v tabulce. (50, 55)

Tabulka 2. - Distribuce draslíku ^{40}K v organismu (50)

Orgán/tkáň	množství draslíku ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Aktivita ^{40}K ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
pohlavní orgány	2,1	64
pľíce	2,1	64
kostní dřeň	4,4	130
kostní tkáň	---	---
štitná žláza	1,1	33
ostatní tkáňe	2	61

1.2 Ionizující záření

„Jde o záření, jehož kvanta mají energii postačující k ionizaci atomů nebo molekul ozářené látky“. (39) „Ionizující záření má duální povahu. Rozeznáváme záření typu elektromagnetických vln a částic. Mezi elektromagnetické typy záření schopné ionizovat hmotu řadíme RTG a gama záření. Částicové (korpuskulární) záření je zprostředkováno neutrony, alfa a beta částicemi, jakož i fragmenty rozštěpených jader“. (15)

Zdroje ionizujícího záření:

Přírodní - mezi tyto zdroje patří kosmické záření (galaktické záření, sluneční záření a záření radiačních van Allenových pásů Země) a přírodní radionuklidy vyskytující se v přírodě (např. ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{238}U aj.).

Umělé - jsou zdroje ionizujícího záření vytvořené člověkem, které zahrnují rentgenky, umělé radionuklidy, urychlovače, jaderné reaktory aj.“. (11)

1.2.1 Druhy ionizujícího záření

Záření alfa – je tvořeno jádry helia (heliony), které se skládá ze dvou protonů a dvou neutronů a ty mají kladný elektrický náboj. „Má velkou ionizující schopnost, ale dolet záření je velmi malý. V plynech několik centimetrů, v kapalinách a pevných látkách zlomky milimetrů.“ (20) Záření z hlediska zdravotního je nejrizikovější, neboť má nejvyšší destrukční potenciál. K jeho odstínění postačí tenká vrstva (milimetrová) lehkého materiálu (plast, papír). Alfa zářiče jsou např. izotopy uranu, radium, radon, thorium aj.

Záření beta – „je tvořeno elektrony, které jsou emitovány z jádra při samovolné přeměně jaderného neutronu na proton, elektron a antineutrino. Dolet záření v plynech je řádově v metrech, v kapalinách v centimetrech a v pevných látkách v milimetrech. Při průchodu látkou mohou vzniknout tyto interakce: ionizace nebo vznik brzdného záření“. (20) K odstínění beta záření stačí lehké materiály (plexisklo, hliník) o tloušťce 5 - 10

mm v kombinaci s tenkou vrstvou olova nebo wolframu. Beta zářičem je např. stroncium ^{90}Sr .

Záření gama – je elektromagnetické záření tvořené fotony s velmi malou vlnovou délkou a je vyzařováno samotnými atomovými jádry. Dolet záření závisí na energii záření a absorpčních vlastnostech prostředí. (20, 15) Jde o velmi pronikavé záření a pro odstínění se používají materiály s vysokou hustotou např. silné stěny olova, beton apod. Gama zářičem je např. izotop cesia ^{137}Cs .

Neutronové záření – neutrony jsou elementární částice bez elektrického náboje. Neutrony interagují s jádrem atomů dané látky. (20) Stínění neutronů je nejproblematictější. Je potřeba tří vrstev (vrstva lehkého materiálu bohatého na vodík - např. polyetylén, vrstva kadmia nebo bóru, vrstva olova).

Rentgenové záření - je elektromagnetické záření s velmi malou vlnovou délkou, kde fotony jsou emitovány elektrony. Vlastnosti a interakce rentgenového záření jsou podobné jako u záření gama. (20, 15)

1.2.2 Pojmy a veličiny

Aktivita A

„U radionuklidových zdrojů se množství radioaktivní látky charakterizuje aktivitou A; touto veličinou se rozumí poměr dN/dt , kde dN je střední počet samovolných jaderných přeměn z daného energetického stavu v určitém množství radioaktivní látky, k nimž dojde za časový interval dt (N - označuje počet radioaktivních atomů, t - označuje čas, d - znamená nekonečně malý přírůstek uvažované veličiny). Jednodušeji můžeme říci, že aktivita radioaktivní látky je počet radioaktivních přeměn v této látce vztažený na jednotku času“. (11) Jednotkou aktivity je 1 Bq (becquerel) = 1 rozpad $\cdot s^{-1}$. Starší jednotkou je 1Ci (Curie) = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq, což je přibližná aktivita 1 gramu ^{226}Ra .

Aktivita se určuje podle daného zdroje:

- měrnou aktivitu (jednotka Bq.kg^{-1})
- plošná aktivita (jednotka Bq.m^{-2})
- objemová aktivita (Bq.l^{-1})

Absorbovaná dávka D

„Je energie ionizujícího záření absorbovaná v jednotce hmotnosti ozařované látky v určitém místě. Jednotkou absorbované dávky je joule na kilogram (1 J.kg^{-1}), pro který byl zaveden název gray (Gy)“. (11) Starší jednotka pro dávku ionizujícího záření je rad (Radiation Absorbed Dose- obdržená dávka radiace), $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Dávkový příkon je poměr přírůstku dávky za čas. Jednotkou je Gy.s^{-1} , často se dávkový příkon vyjadřuje v mGy.h^{-1} nebo v $\mu\text{Gy.h}^{-1}$.

Ekvivalentní dávka H_T

„Je součin radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky D_{TR} v orgánu nebo tkáni T pro ionizující záření typu R, tj. $H_T = w_R \cdot D_{TR}$. Hodnota radiačního váhového faktoru w_R je pro fotony a elektrony 1, pro neutrony 5 až 20 v závislosti na jejich energii, pro protony 5, pro částice alfa, těžká jádra a štěpné fragmenty 20. Jednotkou ekvivalentní dávky je sievert (1 Sv). Dávka 1 Sv jakéhokoliv záření má podobné biologické účinky jako jednorázová dávka 1 Gy gama záření. $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy}$ (jakostní faktor)“. (11)

Efektivní dávka E

„Stanoví se ze vztahu $E = \sum w_T H_T$ jako součet součinů ekvivalentních dávek H_T v jednotlivých orgánech a tkáních a příslušných tkáňových váhových faktorů w_T , jež vyjadřují rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání z hlediska pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků (zhoubných nádorů a genetických změn). Jednotkou je opět 1 J.kg^{-1} . Aby se tato jednotka odlišila od jednotky dávky, používá se pro ně speciální název sievert (Sv)“. (11)

Úvazek efektivní dávky $E(\tau)$

„Popřípadě také úvazek ekvivalentní dávky $H_T(\tau)$ - časové integrály efektivní dávky, popřípadě ekvivalentní dávky odpovídající po dobu τ od příjmu radionuklidu. Není-li uvedeno jinak, činí doba τ pro dospělé 50 roků a pro děti 70 roků. Úvazky se pak vztahují k příjmu za dané období - podle typu ozáření a z toho vycházející metody monitorování vnitřní kontaminace (pro roční, čtvrtletní příjem). Jednotkou úvazku efektivní i ekvivalentní dávky je sievert (Sv)“ . (50)

Konverzní faktory

„Udávají vztahy mezi příjmem radioaktivní látky požitím (h_{ing}) nebo vdechnutím (h_{inh}) a úvazkem efektivní dávky v těle jsou pro radiační pracovníky a obyvatelstvo v závislosti na věku. Konverzní faktory jsou uvedeny v tabulkách Přílohy č. 3, Vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. Konverzní faktory jsou číselně rovny efektivní dávce připadající na příjem 1 Bq daného radionuklidu. Jednotkou konverzního faktoru je Sv.Bq⁻¹“ . (50)

Poločas přeměny (rozpadu)

Poločas přeměny (obvykle označovaný $T_{1/2}$) je časovým údajem určující dobu, za kterou se přemění (rozpadne) polovina všech jader daného radionuklidu. Pro konkrétní izotop je konstantní. Má hodnotu od zlomku sekundy až po milióny let. Jednotkou poločasu přeměny je 1s. (15, 46)

Zprošťovací úroveň

„Zprošťovací úrovně aktivity jsou pro jednotlivé radionuklidy stanoveny hodnotami aktivity a zprošťovací úrovně hmotnostní aktivity hodnotami hmotnostní aktivity. Zprošťovací úrovně aktivity se vztahují na celkové množství radioaktivních látek v držbě jedné osoby jako součást určité radiační činnosti“ . (29) Držbou se rozumí, že osoba nakládá s věcí jako s vlastní nebo vykonává právo pro sebe. Hodnoty aktivity nebo hmotnostní aktivity pro jednotlivé radionuklidy udávají úroveň (určitou mez), kdy jsou při nepřekročení těchto úrovní radiační rizika zanedbatelná a to jak

z radiohygienického hlediska, tak i ve srovnání s přírodními zdroji záření. Tzn., že takový radioaktivní materiál bychom mohli bez nějakých postihů vlastnit, neboť předpisy radiační ochrany to umožňují a nezakazují.

Přírodní pozadí

„Jde o hodnotu dávkového příkonu, resp. příkonu dávkového ekvivalentu, který se měří ve výšce 1 metr nad povrchem. V České republice se hodnoty pohybují od 0,05 až 0,30 uGy, resp. μSv “. (47)

Sledované pásmo

„Sledované pásmo se na pracovištích, kde se vykonávají radiační činnosti, vymezuje všude tam, kde se očekává, že za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu by ozáření mohlo překročit obecné limity“. (29) Na vchodech nebo ohraničení se sledované pásmo označuje znakem radiačního nebezpečí a upozorněním "Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření" (Obrázek 6 – Upozornění v prostoru bývalého areálu MAPE Mydlovary).

1.2.3 Způsoby ozáření

Zevní ozáření – „ozáření osoby ionizujícím zářením ze zdrojů ionizujícího záření, které se nacházejí mimo ni“. (29)

Vnitřní ozáření – „ozáření osoby ionizujícím zářením z radionuklidů vyskytujících se v těle této osoby, zpravidla jako důsledek příjmu radionuklidů požitím nebo vdechnutím“. (29)

1.2.4 Účinky radioaktivity na lidský organismus

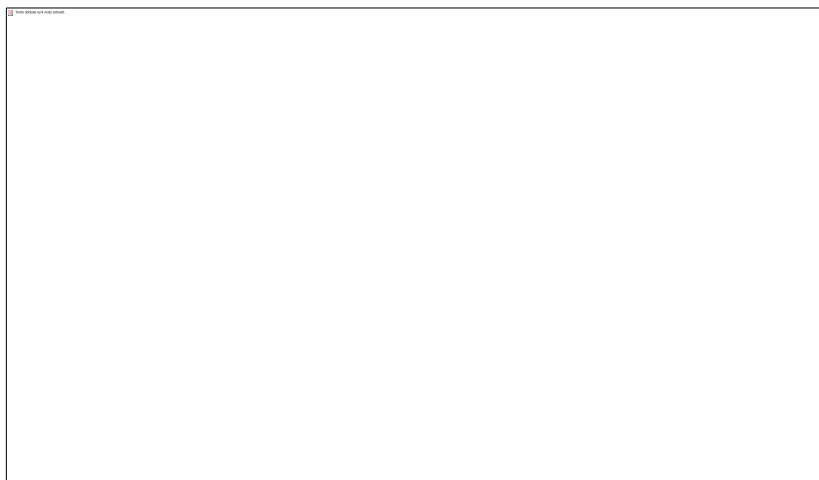
„Lidský organismus prochází různými fázemi svého růstu a vývoje, během kterých se může odezva na ozáření měnit. U člověka se mohou projevit účinky záření, které

potřebují ke svému rozvoji i desítky let, na druhé straně jiné druhy poškození zářením se mohou projevit již během několika hodin“ (9, 38)

„Z hlediska dávky a účinku ionizujícího záření rozlišujeme dva základní typy účinků – stochastický a deterministický (Graf 1 – Stochastické (a) a deterministické účinky (b))“ (11)

Stochastické účinky ionizujícího záření se vyskytují s určitou pravděpodobností, která je úměrná ozáření. Důsledkem jsou změny jedné nebo několika málo buněk. „Jakékoliv ozáření má nenulovou pravděpodobnost vzniku“. To znamená, že i při malých dávkách existuje možnost, že vzniknou pozdní trvalé následky genetického nebo nádorového charakteru. K výskytu těchto následků dochází obvykle po uplynutí poměrně dlouhé doby po ozáření dané osoby (11, 50).

Graf 1 – Stochastické (a) a deterministické účinky (b) (11)



Deterministické účinky „jsou takové, kdy tíže onemocnění roste s růstem obdržené dávky záření“. Důsledkem je zánik velkého množství buněk v buněčné populaci. „Tyto účinky lze vyloučit, nebude-li u daného organismu překročena určitá (pro daný účinek specifická) prahová hodnota. Do této skupiny patří například akutní nemoc z ozáření nebo radiační poškození kůže“ (11)

„Deterministické účinky předpokládají existenci projevů zjistitelných zevním (makroskopickým) pozorováním, které se u člověka kryjí s pojmem klinické příznaky. Za takové klinické projevy považujeme:

- akutní nemoc z ozáření - celotělové jednorázové ozáření pronikavým zářením nad 0,7 Gy. Prahová dávka v závislosti na formě poškození (dřeňová 0,7 – 8 Gy, střevní 8 – 30 Gy, neuropsychická 30 a víc Gy);
- akutní poškození kůže - při lokalizovaném ozáření (prahová dávka - nad 3 až 4 Gy);
- gonády - pokles fertility u mužů (prahová dávka nad 0,5 Gy) a žen (nad 2 Gy);
- účinek na zárodek (plod) - prahová dávka závisí od doby po početí a může být již od 100 mGy“. (50)

1.3 Terorismus

1.3.1 Charakteristika terorismu

Terorismus se stal fenoménem 20. a 21. století a na základě tragických událostí je celosvětovým problémem. „Slovo teror je odvozeno z latinského slova *terrere*, což v překladu do češtiny odpovídá významu strašný nebo hrozný. Terorismus lze popsat takto: Jde o cílevědomé použití organizovaného násilí proti nezúčastněným osobám za účelem dosažení politických, kriminálních nebo jiných cílů. Tyto cíle představují ve svých důsledcích ohrožení velkých skupin nebo celé společnosti a negativně se promítají do politických vztahů státu. Psychologický efekt, vyplývající z pocitu ohrožení, může ve společnosti vyvolat změnu postojů a vést ke vzniku krizí na lokálních, státních i mezistátních úrovních. Obecně lze terorismus chápat jako metodu pro dosažení určitého cíle a lze ho považovat za maximálně ostrou formu psychologické války, vedené skupinou nebo i jednotlivcem“. (2)

Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení a plánování obrany státu z roku 2009, který vydalo Ministerstvo vnitra ČR, definuje terorismus takto: „Organizované použití násilí nebo hrozby násilím, obvykle zaměřené proti

nezúčastněným osobám, s cílem vyvolat strach, jehož prostřednictvím mají být splněny politické, náboženské nebo ideologické požadavky jak ve vnitrostátním, tak v mezinárodním měřítku“. (54)

„Vyvolat pocit strachu a ohrožení u lidí, je hlavním cílem terorismu. Když si teroristé vybírají cíl svého útoku, přihlížejí přitom k řadě kritérií. Jedním z nich je jeho atraktivita. Čím je cíl z hlediska teroristů atraktivnější, tím větší je zájem o jeho napadení. Znamená to především, že předpokládaný cíl je z hlediska veřejnosti mimořádně citlivý a jeho napadení nebo zničení vyvolá silnou a dlouhodobou odezvu ve sdělovacích prostředcích a ve vědomí velké masy lidí“. (2)

1.3.2 Typy terorismu

V průběhu několika let se terorismus v rámci svého vývoje stal předmětem řady studií, na jejich základě bylo vytvořeno několik jeho typů: mezinárodní, vnitrostátní, náboženský, sociální, extremistický, nekonvekční, ekologický, ekonomický, kriminální, narkoterorismus, elektronický aj., které jsou dále rozepsány v literatuře Brzybohatý - Současné vývojové trendy terorismu a vybrané pedagogické problémy výcviku speciálních jednotek.

Mezi závažné typy terorismu patří konvenční terorismus a superterorismus. U těchto typů se zaměřím na jejich určité části, které jsou pro tuto diplomovou práci potřebné.

1.3.2.1 Konvenční terorismus

Nejstarší a nejrozšířenější typ terorismu, který je v současné době stále aktuální. Směřuje proti osobám nebo majetku za účelem zastrašování, nátlaku nebo výkupného a používá klasické prostředky a násilné metody. Teroristé především preferují střelné zbraně, výbušniny (C4, TNT, Semtex, DAP apod.), hořlaviny, atentáty, únosy apod. Účinek je prakticky okamžitý a to co způsobí (smrt, zranění, škody na majetku aj.) má za následek závažné psychologické dopady. (1)

DAP

Jde o trhavinu vzniklou smísením granulí hnojiva (dusičnan amonný) a nevybušného paliva (např. nafta, vyjetý olej, saze, piliny, uhelný prach, dřevná moučka). Okysličovadlo (hnojivo) je smíseno s 5 – 7 % paliva. Vlastní příprava trhaviny je jednoduchá a spočívá v prostém prolití granulí hnojiva palivem a důkladným promísením obou složek. Tato směsná trhavina je charakteristická jednoduchou výrobou, nízkou cenou a vysokou bezpečností. Nevýhodou je iniciace, neboť je zapotřebí vysoce brizantní počínová nálož (trhavina).

1.3.2.2 Superterrorismus

Tento typ je také nazýván jako ultraterorismus. Jde o formu terorismu, kde je nebezpečnost řádově vyšší. Tato forma je spojována se zneužitím zbraní hromadného ničení (ZHN). Rozlišují se: zbraně biologické, zbraně jaderné, zbraně radiační, zbraně chemické. Řada zbraní hromadného ničení je relativně snadno dostupná a z hlediska výroby a finančních nákladů nenáročná. Jejich přepravu i operační nasazení lze díky malým objemům provádět naprosto v utajení, takže vlastní efekt zbraně je umocňován momentem překvapení, následnou panikou a chaosem. Tato skupina ZHN se vyznačuje svými účinky, které vysoce přesahují zbraně konvenční. Charakteristické je pro ně plošné působení, při kterém jsou způsobeny velké materiální ztráty a vysoké ztráty na životech. (1, 3)

Radiologické zbraně

Při použití těchto zbraní má dojít k záměrné kontaminaci rozsáhlých území či významných objektů radioaktivní látkou. Tyto látky rozptýlené ve formě částic, aerosolů, tekutin či plynů mohou v podstatě vyvolat stejný efekt jako technicky náročné a drahé radiační jaderné zbraně. Jejich nasazení může být provedeno skrytě a nemusí být v první fázi vůbec zaznamenáno. Tato teroristická metoda použití radiačních zbraní je velmi nebezpečná a její význam narůstá až z pohledu zneužití teroristickými

skupinami (např. použití tzv. špinavé bomby). Tyto zbraně jsou významnější pro své sekundární než primární účinky. Nebezpečí radioaktivních látek spočívá nejen v jejich aktuálním účinku, ale i v dlouhém poločasu rozpadu. To znamená, že jejich letální účinek může trvat desítky a stovky let a zničit zdroje nutné pro lidskou existenci. (3)

1.3.2.2.1 Špinavá bomba

Jde o zbraň, která využívá nálože s konvenční náplní. Ta rozptyluje radioaktivní materiály do životního prostředí, které mají škodlivé biologické účinky. Konvenční náplní se rozumí výbušnina (C4, TNT, DAP apod.) a radioaktivním materiálem různé radioizotopy, které přirozeně produkují alfa, beta a gama záření (vyhořelé palivo, průmyslové a medicínské zářiče apod.). Hlavní úkolem špinavé bomby („dirty bomb“) je především rozptýlení radioaktivního materiálu do okolí. Pokud není kontaminace okolí aktivně odstraněna, může trvat roky i tisíce let. Pro osoby, které se pohybují v zamořeném prostoru, budou vyšší dávkové příkony záření nebezpečné.

„Pokud jde o následky, domnívají se odborníci, že použití „dirty bomb“ je primárně zaměřeno spíše na vyvolání paniky, psychické újmy nebo ekonomické škody (např. kontaminace národní památky nevyčísitelné hodnoty), než na reálné radiologické ohrožení většího počtu osob. Psychologický dopad na širokou veřejnost může tak být velmi vysoký“. (19)

2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZA

Cílem práce je zjistit možnosti zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary. Dílčím cílem je zjistit, jakými dávkami může být člověk zasažen a jaký vliv na něho může mít možné zneužití radioaktivních materiálů.

Hypotéza:

Znežitím radioaktivních materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary nedojde k závažnému ohrožení osob.

3 METODIKA

V práci je nejprve zpracována na základě analýzy dostupná literatura a publikace týkající se problematiky bývalého areálu MAPE Mydlovary, ionizujícího záření, radiologického terorismu, dozimetrických přístrojů a dalších potřebných materiálů. Poté jsem prostřednictvím exploračního výzkumu zjistil hodnoty radioaktivity a expozice záření v bývalém areálu MAPE Mydlovary. Prakticky to znamenalo, že jsem provedl osobní terénní průzkum na určitých místech areálu bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary, kde jsem odebral vzorky zemin a vody, které byly odvezeny do Regionálního centra Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (RC SÚJB) k provedení měření aktivity radionuklidů. Také jsem na těchto místech provedl měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama. Zároveň jsem shromáždil na tomto pracovišti materiály (analýzy, průzkumy, tiskové zprávy) potřebné ke zpracování této práce. Dále jsem pomocí sekundární analýzy nebo popřípadě metodou indukce nastínil možná rizika zneužití radioaktivních materiálů. Na základě zjištěných hodnot radioaktivity a expozice záření v bývalém areálu MAPE Mydlovary a na základě zjištěných radionuklidů obsažených v radioaktivním materiálu jsem na určitá místa v Českých Budějovicích efektivně rozmístil hrozby, které vyplývají ze zneužití radioaktivních materiálů. Z těchto podkladů jsem vyvodil předpokládaný dopad na člověka a životní prostředí při zneužití tohoto radioaktivního materiálu. Následně jsem získané informace zanalyzoval a vyhodnotil.

3.1 Terénní průzkum

Terénní průzkum jsem provedl v areálu bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary. Zde jsem prováděl mnohačetné konzultace s ing. Karlem Kollárem, technikem IV, Provozu rekultivací a likvidačních prací Mydlovary, státní podnik DIAMO, Odštěpný závod, Správa uranových ložisek, Příbram. Státní podnik DIAMO je momentálním vlastníkem bývalého areálu MAPE Mydlovary. Ing. Kollár mě zasvětil do řešené problematiky a poskytl mi dokumenty a materiály (analýzy, průzkumy,

tiskové zprávy) potřebné k dalšímu studiu a ke zpracování této práce. Dále jsem se souhlasem ing. Kollára provedl na určitých místech (Obrázek 9 – Stanoviště odběru vzorků a měření - Areál MAPE, Odkaliště K I, K IV D, K IV R, Obrázek 10 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K IV E, K IV C1F, K IV C2, K IV C1Z, Obrázek 11 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K III) rozsáhlého bývalého areálu MAPE Mydlovary odběr vzorků zemin a vody. Tato určitá místa odběrů vzorků se nachází v prostorovém poli zdroje ionizujícího záření. Celkem jsem odebral 24 vzorků (18 vzorků zeminy, 6 vzorků vody). Tyto vzorky po potřebných úpravách putovaly na RC SÚJB v Českých Budějovicích k provedení měření aktivity radionuklidů. V areálu jsem na stejných místech nejen odebral vzorky, ale zároveň také provedl měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama.

Podmínkou důkladného terénního průzkumu v bývalém areálu MAPE Mydlovary a řady různých měření byla nutná spolupráce s dalšími pracovišti, která se touto problematikou zabývají.

Jedna z důležitých byla spolupráce s RC SÚJB v Českých Budějovicích, kde bylo provedeno měření hmotnostní a objemové aktivity radionuklidů z odebraných vzorků zemin a vody. Vše bylo zde řádně změřeno a zkontrolováno s inspektorem radiační ochrany tohoto úřadu Mgr. Jiřím Havránkem. Zde jsem také získal mnoho odborných poznatků a informací k tématu práce.

Další spolupráce pokračovala s Mgr. Josefem Kaňkovským, který pracuje u Útvaru radiační ochrany provozu Jaderné elektrárny Temelín. S Mgr. Kaňkovským jsem prováděl měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama radiometrem FH 40G-L10 (Eberline), který byl zapůjčen z Jaderné elektrárny Temelín. Tato měření byla provedena na stejných vybraných místech, na kterých jsem prováděl odběr vzorků a zemin.

3.2 Použité měřicí přístroje a počítačový software

3.2.1 Radiometr FH 40G-L10 (Eberline)

Radiometr FH 40G-L10 (Eberline) slouží pro měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama (Obrázek 12 - Radiometr FH 40G-L10 (Eberline)). Detektor v radiometru FH 40G-L10 měří hodnotu hloubkového dávkového ekvivalentu - H_{p10} . K radiometru FH 40G-L10 lze připojit sondy, které jsou určeny k indikaci kontaminace ploch zářiči alfa a beta, k vyhledávání ZIZ, k měření příkonu dávkového ekvivalentu v těžko přístupných místech, k měření příkonu dávkového ekvivalentu neutronů a k měření vzorků otěrů. Měřicí rozsah se pohybuje v rozmezí 0,01 mSv/h ÷ 1 Sv/h (bez externí sondy). Energetický rozsah měření je 48 ÷ 1300 keV. Provozní teplota radiometru je - 30 až + 55 °C a při měření může nastat 10% chyba. Směrová závislost je ± 20 % pro úhly a $\pm 90^\circ$ vůči měření v ose. Doporučený kontrolní etalon ^{137}Cs . Pro důvěryhodnost správného měření je ověřovací list uveden v příloze (Obrázek 19 – Ověřovací list radiometru FH 40G-L10 (Eberline), str. 1, Obrázek 20 – Ověřovací list radiometru FH 40G-L10 (Eberline), str. 2).

3.2.2 Gamaspektrometrie

Gamaspektrometrie se využívá především ke kvalitativnímu a kvantitativnímu stanovení radionuklidů emitujících záření gama a to jak přírodních, tak umělých. Většina radionuklidů má totiž alespoň jednu dobře stanovitelnou čáru záření gama v energetickém rozsahu od 50 do 3000 keV (s výjimkou radionuklidů ^3H , ^{13}C , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{35}S , některých transuranů apod.).

Celá měřicí trasa se skládá z několika částí, první z nich je vlastní polovodičový detektor s předzesilovačem (PAMP), který je umístěn ve vhodném stínění a chlazen tekutým dusíkem. Dalším článkem jsou zesilovač (AMP), analogově digitální převodník (ADC) a multikanálový analyzátor (MCA). V současné době se používají polovodičové detektory z velmi čistého germania, tzv. HPGe detektory (High Purity Germanium).

Mezi nesporné výhody gamaspektrometrie patří ta skutečnost, že není nutné provádět náročná chemická nebo jiná zpracování vzorků. Veškerá manipulace s měřeným materiálem se omezí na jeho vhodné zpracování tak, aby ho bylo možné umístit do příslušné měřicí nádoby a určit jeho objem nebo váhu. (5, 17, 18, 55)

3.2.3 *TerEx*

„TerEx je nástroj určený pro rychlý odhad následků havárií a teroristických nebo vojenských útoků. Má rozsáhlé využití pro operativní jednotky Integrovaného záchranného systému jak přímo na místě, tak i v řídicím středisku. Předpověď následku je založena na konzervativní prognóze – výsledky odpovídají takovým podmínkám, při kterých dojde k maximálním možným následkům (nejhorší varianta). Důležitým pomocníkem uživatele je „Průvodce pro rychlý odhad“, který umožňuje rychle a bez hlubších znalostí vyhodnotit dopad mimořádné události. TerEx má návaznost na geografický informační systém, takže výsledky je možno přímo zobrazovat v mapách. Integrovanou součástí programu je modul pro zobrazování výsledku do mapy. Jako podklad je možno užít lokální geografická data, případně se připojit na služby mapového serveru Státního mapového centra. Každá instalace má rovněž možnost využití map z prohlížeče Google“. (27)

3.2.3.1 *Typy událostí*

Program TerEx verze 2.9 nabízí devět základních modelů k vyhodnocení mimořádných událostí, které pokrývají různé typy havárií a teroristických útoků:

Model ATP-45B – vyhodnocuje ohroženou a napadenou oblast po použití otravných látek podle předpisu NATO ATP-45B. Umožňuje volbu mezi dvěma typy událostí:

- ROTA (Release Other Than Attack) – události, které nejsou výsledkem vojenského napadení, tedy různé havárie,
- CHEM – útok chemickými bojovými látkami.

Model BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem.

Model DIOXIN – vyhodnocuje dosah a tvar oblaku otravné látky, který se vytvoří po úniku určitého množství dioxinu.

Model EXPLOSIVE – je určen pro odhad následku exploze nástražného výbušného systému.

Model JET FIRE – déletrvající masivní únik plynu se zahořením.

Model PLUME – déletrvající únik látky do okolní atmosféry. Umožňuje volbu mezi třemi typy událostí:

- déletrvající únik plynu do oblaku,
- déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblak,
- pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku.

Model POISON – vyhodnocuje dosah a tvar oblaku otravné látky, který se vytvoří po rozptýlení látky na určité ploše.

Model POOL FIRE – hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny.

Model PUFF – jednorázový únik látky do okolní atmosféry. Umožňuje volbu mezi dvěma typy událostí:

- jednorázový únik plynu do oblaku,
- jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku (27, 21).

3.3 Použité metody při odběru vzorků a měření

3.3.1 Odběr a úprava vzorků zemin

Odběr vzorků zemin jsem prováděl na osmnácti místech v prostorovém poli zdroje ionizujícího záření v bývalém areálu MAPE Mydlovary (Obrázek 9 – Stanoviště odběru vzorků a měření - Areál MAPE, Odkaliště K I, K IV D, K IV R, Obrázek 10 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K IV E, K IV C1F, K IV C2, K IV C1Z, Obrázek 11 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K III). Místa odběru jsem přizpůsobil tak, aby byly odebrány na všech místech, kde byly ukládány kaly

vyprodukované provozem úpravny uranových rud MAPE Mydlovary. Mezi tato místa odběru patřila všechna odkaliště a místo provozovny.

Při každém odběru se jednalo o prostý vzorek, tzn. o oddělený vzorek nahodile odebraný z pozemku v časové nebo i polohové závislosti. Každý vzorek jsem odebíral manuálně v gumových rukavicích do předem připravených čistých PE sáčků. Odebíral jsem vzorek zeminy o rozměrech 20 x 20 x 5 cm (2000 cm³), (Obrázek 13 – Odběr vzorku půdy na odkališti). Hloubka odběru vzorků byla v 5 až 10 cm pod povrchem, neboť byla nejdříve oddělena vrchní vrstva drnu a to o síle 5 cm (Obrázek 14 – Odběr vzorku půdy na odkališti). Vzorek zeminy bylo nutné kvalitně odebrat, aby nebyly významně neovlivněny výsledky analýzy a vzorek byl reprezentativní, homogenní a nekontaminovaný jak odběrem, tak přepravou. U každého odebraného vzorku byly získané informace zapsány do tabulky (Tabulka 3 – Odebrané vzorky č. 1 – 12, Tabulka 4 – Odebrané vzorky č. 13 – 24). Odběr vzorků zemin jsem prováděl za těchto meteorologických podmínek – polojasno, bez srážek a venkovní teplota se pohybovala okolo 19 °C. Po skončení odběru jsem vzorky uložil na příhodném místě, kde jsem je nechal volně vyschnout na vzduchu při teplotě cca 19 °C. Při sušení byly PE sáčky otevřeny, aby k zemině byl dostatečný přístup vzduchu. Takto byly vzorky zemin sušeny cca 10 týdnů. Po tuto dobu jsem vzorky průběžně vážil, dokud se neustálila jejich hmotnost. Vzorky zemin jsem poté transportoval na RC SÚJB v Českých Budějovicích ke zpracování a změření hmotnostní aktivity požadovaných radionuklidů. Zde se před stanovením hmotnostní aktivity musely vzorky ještě upravit do podoby vhodné pro měření. Vzorek zeminy byl řádně dosušen, byly odstraněny větší části skeletu, rostlinné a živočišné zbytky a vzorek byl přeset přes sítko, čímž byla získána jemnozeme. Z jemnozeme byl oddělen průměrný vzorek, u kterého byla stanovena přesná hmotnost.

3.3.2 Odběr a úprava vzorků vody

Odběr vzorků vody jsem prováděl na šesti místech v prostorovém poli zdroje ionizujícího záření v bývalém areálu MAPE Mydlovary. Místa odběru jsem přizpůsobil

možnostem přístupu, kde lze vodu v areálu odebrat. Mezi tato místa odběru patřila odkaliště K IV R, K II, K IV C1F, K IV C2, K IV C1Z, K III a jednalo se o vzorky č. 9, 12, 14, 16, 17, 22 (Obrázek 9 – Stanoviště odběru vzorků a měření - Areál MAPE, Odkaliště K I, K IV D, K IV R, Obrázek 10 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K IV E, K IV C1F, K IV C2, K IV C1Z, Obrázek 11 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K III).

Při každém odběru se jednalo o prostý vzorek, tzn. o oddělený vzorek nahodile odebraný z vodního útvaru v časové nebo i polohové závislosti. Každý vzorek jsem odebíral manuálně v gumových rukavicích do předem připravené čisté dvoulitrové PET – láhve (Obrázek 15 – Odběr vzorku vody z odkaliště). Vzorky vody byly odebrány ponořením PET – láhve těsně pod povrch vodní hladiny, přičemž bylo dbáno na to, aby se na povrchu vodní hladiny nenacházely žádné nežádoucí nečistoty (listí, tráva apod.), které by se do vzorku vody dostaly. U každého odebraného vzorku byly získané informace zapsány do tabulky (Tabulka 3 – Odebrané vzorky č. 1 – 12, Tabulka 4 – Odebrané vzorky č. 13 – 24). Odběr těchto vzorků jsem prováděl za těchto meteorologických podmínek – polojasno, bez srážek a venkovní teplota se pohybovala okolo 19 °C. Po odebrání byly vzorky vody ihned odvezeny na RC SÚJB v Českých Budějovicích, ke změření objemové aktivity požadovaných radionuklidů. Zde ještě u vzorků vod proběhla úprava tak, že se nejprve stanovil přesný objem a pak se vzorek nechal odpařit a odparek se žíhal teplotou 350°C po dobu 2 hodin.

Základní popis vzorků vody:

Vzorek č. 9 – barva téměř čirá, průhlednost dobrá, bez zápachu, bez sedimentu.

Vzorek č. 12 – barva čirá, průhlednost dobrá, bez zápachu, bez sedimentu.

Vzorek č. 14 – barva oranžová až hnědá, průhlednost žádná, s mírným zápachem, sedimenty.

Vzorek č. 16 – barva oranžová až hnědá, průhlednost žádná, se zápachem, sedimenty.

Vzorek č. 17 – barva téměř čirá, průhlednost dobrá, bez zápachu, bez sedimentu.

Vzorek č. 22 – barva téměř čirá, průhlednost dobrá, bez zápachu, bez sedimentu.

3.3.3 Stanovení příkonu dávkového ekvivalentu záření gama

Měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama jsem prováděl radiometrem FH 40G-L10 (Eberline). Příkon dávkového ekvivalentu záření gama je vyjádřen jako příkon dávkového ekvivalentu od ^{137}Cs , který způsobuje na daném měřidle stejnou odezvu. Tato měření byla provedena na stejných vybraných místech v prostorovém poli zdroje ionizujícího záření v bývalém areálu MAPE Mydlovary, jako jsem prováděl odběr vzorků zemin a vod (Obrázek 9 – Stanoviště odběru vzorků a měření - Areál MAPE, Odkaliště K I, K IV D, K IV R, Obrázek 10 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K IV E, K IV C1F, K IV C2, K IV C1Z, Obrázek 11 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K III), tj. 24 měření. Měření jsem prováděl ve dvou různých výškách od zemského povrchu a to ve výšce 0,05 metru (Obrázek 17 - Měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama pomocí radiometru FH 40G-L10 (Eberline) ve výšce 0,05 metru) a v 1 metru (Obrázek 18 - Měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama pomocí radiometru FH 40G-L10 (Eberline) ve výšce 1 metr). Aby byly na všech vybraných místech dodrženy stejné výšky při měření, vyrobil jsem přípravek (Obrázek 16 – Přípravek pro měření příkonu dávkového ekvivalentu pomocí radiometru FH 40G-L10), který zajistil stejnou výškovou pozici přístroje při měření. Vlastní měření v dané výšce bylo prováděno 1 krát, vždy po dobu 5 minut, kdy výsledným údajem je průměr hodnot po dobu měření. Hodnoty byly zapsány dle dané výšky do tabulky (Tabulka 8 – Hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu záření gama). Zároveň do této tabulky byly zapsány i potřebné údaje o dni, času, lokalizaci místa apod. Měření jsem prováděl za těchto meteorologických podmínek – zataženo, bez srážek a venkovní teplota se pohybovala okolo 10 °C.

3.3.4 Stanovení hmotnostní a objemové aktivity

Odebrané vzorky zemin a vody byly měřeny standardním způsobem na RC SÚJB v Českých Budějovicích. Spektra získaná měřením byla vyhodnocena pomocí softwaru GAMAT (16). Vzorky půdy byly měřeny v Marinelliho nádobě a upravené vzorky vod

v Petriho misce. Měřicí doba byla 24 hodin. Výstupem měření a analýzy spekter byla hmotnostní nebo objemová aktivita vybraných radionuklidů (Bq/kg, Bq/l) v daném vzorku.

Poté, co byly vzorky upraveny do podoby vhodné pro měření, byly umístěny do příslušné měřicí nádoby (u vzorků půdy byla určena jejich přesná hmotnost) a byly posléze změřeny. Samotné měření probíhá tak, že je měřicí nádoba usazena v dané geometrii na detektor (Marinelliho nádoba, Petriho miska). Následně se zahájí sběr dat. Po uplynutí měřicí doby je měření zastaveno a naměřená spektra jsou přetažena z MCA do stolního počítače, kde jsou pomocí vhodného software vyhodnocena. Použitý software GAMAT provede nejdříve kvalitativní analýzu. Výsledkem kvalitativní analýzy je stanovení polohy, energie, FWHM (Full Width at Half Maximum, energetická rozlišovací schopnost detektoru, která je konvenčně udávána jako šíře píku ^{60}Co energie 1332,5 keV v polovině jeho výšky a plochou pod píkem), celkové plochy a čisté plochy píku. Rovněž je procentuálně vyjádřena chyba stanovení plochy píku. Dále jsou k jednotlivým nalezeným píkům přiřazeny radionuklidy z knihovny, jejichž energie je s diferencí E_i (keV) totožná s hodnotou v knihovně. (16)

Následuje kvantitativní analýza, kdy v hlavičce zadávacího protokolu vyplníme základní údaje o vzorku (hmotnost nebo objem měřeného vzorku a referenční datum, tj. datum, ke kterému bude naměřená aktivita spočítána) a vybereme vhodnou tzv. knihovnu radionuklidů. Knihovna radionuklidů je vlastně soubor radionuklidů, pro které bude vypočítána hmotnostní nebo objemová aktivita ze spektra získaného z daného vzorku. Jelikož radionuklidů emitujících gama záření je mnoho, bylo by pro pracovníka hodnotícího aktivitu v daném vzorku zatěžující kontrolovat desítky údajů. Proto je výhodné používat knihovny radionuklidů, kdy každá jednotlivá knihovna obsahuje pouze ty radionuklidy, které ve vzorku očekáváme, nebo jsou v oblasti našeho zájmu. Výsledkem je výpočet aktivity a výpočet chyby stanovení aktivity (celkové, hmotnostní, objemové atd.) radionuklidů, které byly nalezeny ve spektru a jsou obsaženy v uživatelské knihovně. Výslednou hodnotu je možno zadáním referenčního data a času korigovat na rozpad (i pro radionuklidy s poločasem kratším než 1 den). Při výpočtu je automaticky odečítán interferující pík v pozadí, pokud existuje. Tato

skutečnost je označena znakem # za výsledkem (k automatickému odečtení píků interferujících v pozadí nedojde, pokud pro daný detektor není k dispozici spektrum pozadí a jeho analýza). Pro každý pík je automaticky počítána minimální významná aktivita (MVA). Pokud je vypočtená aktivita menší než MVA, je výsledkem znak < a za ním je uvedena hodnota MVA. MVA je vždy počítána k aktuálnímu datu a času měření spektra. (16)

3.4 Metody chemické separace ^{226}Ra

Pokud by teroristé či jiné skupiny chtěli využít možnosti zneužít radioaktivní materiál z bývalého areálu MAPE Mydlovary, bylo by určitě efektivnější z tohoto materiálu vyseparovat určité radionuklidy než zneužití samotných kalů. V našem případě by šlo o separaci radia (^{226}Ra), jelikož biologické účinky tohoto radionuklidu, který emituje tvrdé záření γ , jsou pro člověka více negativně efektivní než biologické účinky uranu (v tomto případě pominu jeho toxické účinky). Zároveň nebudu brát v potaz, zda je či není materiál z areálu MAPE vhodný pro separaci radia. V následných odstavcích půjde o teoretické nastínění chemické separace radia, která by se mohla použít pro separaci radia z radioaktivních materiálů pocházejících z bývalého areálu MAPE Mydlovary.

Radium je jako stopový prvek obsaženo ve všech horninách, kde se tvoří rozpadem U^{238} a v odpovídajícím množství provází uran ve stavu trvalé rovnováhy. Výroba radia se provádí především z vysokoprocentních (50 % uranu) uranových rud, které jsou mechanicky tříděné. Při jejich zpracování dochází k nezbytným ztrátám. K získání 1g radia je zapotřebí asi 7 tun této suroviny. Pro výrobu radia vesměs neexistuje univerzální postup, neboť vše je závislé na složení a vlastnostech uranových rud. Tovární výroba radia z uranových rud je složitý technologický proces. Využívá se frakce, v níž se sráží baryum, které je jako nosná látka a strhává s sebou téměř veškeré radium. Posledním procesem k získání radia je jeho oddělení od barya.

Nejstarší způsob výroby radia je založen na originálních metodách Curieových, které byly později mírně upraveny. Skládá se z těchto operací:

- a) Mechanické koncentrování
- b) Rozklad pražením a loužením
- c) Čištění radioaktivních zbytků a obohacování síranů
- d) Zpracování surových síranů jejich převedením na chlorid
- e) Dělení radia a barya frakční krystalizace

Moderní způsob výroby radia je založen na těchto operacích:

- a) Zpracování rudy a frakční dělení.

„Progresivní způsob výroby radia se provádí z rud nebo z rudných koncentrátů obsahujících asi 10 % uranu (tj. asi 30 mg Ra v tuně). Ruda se louží kyselinou dusičnou za současné extrakce 10 % ním roztokem tributylfosfátu v petroleji. Do organické fáze přechází selektivně uran, kdežto Ra spolu s Ba ve formě síranů zůstává v nerozpuštěném zbytku, zejména v kalové frakci. Přebytkem sody se za varu tyto sírany konvertují na uhličitany, které se po vymytí síranových iontů louží zředěnou horkou kyselinou dusičnou. Roztok obsahující Ra a Ba se zbavuje největší části přítomného Fe a Al hydrolyzou při pH 3,5 až 4,5 a po zvýšení pH na 7 se vyloučí Pb. Z neutrálního roztoku, obsahujícího prakticky již jen Ca, Ba a Ra, se při 80 °C vysráží chroman barnatý, který strhne s sebou téměř veškeré Ra. Vápník zůstává v roztoku. Sraženina s obsahem asi $5 \cdot 10^{-4}$ % Ra se rozpustí v kyselině dusičné a Ra od Ba se dělí frakčním srážením chromanů, až se získá konečný produkt asi s 75 % RaCrO_4 (v devátém stupni frakcionace). Tavením se sondou a rozpuštěním vzniklého uhličitany v kyselinách lze snadno připravit libovolnou sůl radia“. (12)

- b) Dělení radia a barya.

„Klasické způsoby dělení frakčními procesy jsou vždy zdlouhavé, neboť vyžadují četné recyklizace frakcí, aby separace byla účinná a ztráty co nejmenší. Kromě toho je při velikých aktivitách nutné zařízení pro dálkovou manipulaci, které je se zřetelem k velkému počtu mechanických operací složité a nákladné. Mnohem výhodnější je proto dělení iontově výměnnou chromatografií, která je manipulačně jednoduchá a umožňuje

dosáhnout prakticky kvantitativní separace. Po zachycení Ba a Ra v horní části kolony se tyto prvky selektivně eluují např. roztokem citranu amonného (při pH 7,8), kyseliny chlorovodíkové nebo ethylendiamintetraoctové kyseliny (při pH 6,25 je separační faktor 5,08) aj. Dobrých výsledků bylo také dosaženo dělením na anorganickém měniči $Zr(MoO_4)_2$. Průmyslové využití těchto metod (veliké aktivity) naráží ovšem na potíže způsobené radiolýzou roztoku, popř. i ionexu“ (12)

Nebezpečí separovaného radia

Separované radium je velmi nebezpečné, neboť emituje tvrdé záření γ . Přibližná aktivita 1 gramu $^{226}Ra = 1Ci = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq. Také při nedostatečném vysušení uzavřených preparátů radia vzniká při nahromadění produktů radiolýzy nebezpečí explozní havárie.

4 VÝSLEDKY

4.1 Základní informace o místech odběru vzorků a měření

Následné tabulky poskytují veškeré získané informativní údaje o určitých místech v bývalém areálu MAPE Mydlovary, kde bylo provedeno šetření potřebné pro tuto diplomovou práci.

Tabulka 3 – Odebrané vzorky č. 1 – 12

Měřicí místo a číslo vzorku	Odběr vzorků	Dozi - metrické měření	GPS	Nad - mořská výška (m n. m.)	Popis stanoviště odběru vzorku	Druh vorku
	Datum Čas	Datum Čas				
1	4. 10. 7:10	20.10. 7:40	49°05'42.15"N 14°19'59.57"E	470	Areál MAPE - laboratoře, jižní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 7:23	20.10. 7:58	49°5'44.24"N 14°19'59.13"E			
2	4. 10. 7:43	20.10. 8:25	49°5'32.35"N 14°20'01.21"E	456	Odkaliště K I, severní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 7:55	20.10. 8:40	49°5'27.08"N 14°19'59.83"E			
3	4. 10. 8:10	20.10. 9:02	49°5'22.26"N 14°19'52.95"E	436	Odkaliště K I, jihozápadní strana, pod zavážkou	Zemina
	4. 10. 8:30	20.10. 9:27	49°6'03.38"N 14°19'47.06"E			
4	4. 10. 8:43	20.10. 9:46	49°5'58.07"N 14°20'03.83"E	453	Odkaliště K IV R, západní strana, výpust kaliště	Zemina
	4. 10. 9:00	20.10. 10:08	49°5'55.04"N 14°20'09.50"E			
5	4. 10. 9:18	20.10. 10:35	49°5'53.58"N 14°20'22.71"E	446	Odkaliště K IV R, jižní strana, vodní hladina	Voda
	4. 10. 10:30	20.10. 12:25	49°6'11.74"N 14°20'35.19"E			
6	4. 10. 9:40	20.10. 11:18	49°5'48.91"N 14°20'34.44"E	466	Odkaliště K IV E, jihozápadní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 10:03	20.10. 11:35	49°6'04.38"N 14°20'49.17"E			
7	4. 10. 10:03	20.10. 11:35	49°6'04.38"N 14°20'49.17"E	457	Odkaliště K IV C1F, západní strana, vodní hladina	Voda
	4. 10. 10:30	20.10. 12:25	49°6'11.74"N 14°20'35.19"E			

Tabulka 4 – Odebrané vzorky č. 13 - 24

Měřicí místo a číslo vzorku	Odběr vzorků	Dozi - metrické měření	GPS	Nad - mořská výška (m n. m.)	Popis stanoviště odběru vzorku	Druh vorku
	Datum Čas	Datum Čas				
13	4. 10. 10:13	20.10. 12:02	49°6'07.65"N 14°20'49.71"E	454	Odkaliště K IV C2, jižní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 9:30	20.10. 10:55	49°5'50.88"N 14°20'29.49"E			
14	4. 10. 10:46	20.10. 12:46	49°6'15.37"N 14°20'37.73"E	463	Odkaliště K IV C2, západní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 11:00	20.10. 13:10	49°6'15.67"N 14°20'45.53"E			
15	4. 10. 11:25	20.10. 13:42	49°6'27.80"N 14°21'15.20"E	451	Odkaliště K IV C1Z, severní strana, vodní hladina	Voda
	4. 10. 11:35	20.10. 14:08	49°5'56.28"N 14°21'15.47"E			
16	4. 10. 11:47	20.10. 14:25	49°5'52.96"N 14°21'12.11"E	462	Odkaliště K IV E, severní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 12:05	20.10. 14:50	49°5'48.30"N 14°20'50.93"E			
17	4. 10. 12:48	20.10. 15:25	49°6'23.70"N 14°22'30.76"E	464	Odkaliště K IV E, jižní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 13:05	20.10. 15:40	49°6'24.17"N 14°22'31.31"E			
18	4. 10. 13:10	20.10. 15:57	49°6'16.61"N 14°22'30.38"E	474	Odkaliště K III, západní strana, pod zavážkou	Zemina
	4. 10. 13:30	20.10. 16:20	49°6'16.61"N 14°22'30.38"E			
19	4. 10. 13:30	20.10. 16:20	49°6'30.07"N 14°22'46.22"E	473	Odkaliště K III, západní strana, vodní hladina	Voda
	4. 10. 13:10	20.10. 15:57	49°6'16.61"N 14°22'30.38"E			
20	4. 10. 13:10	20.10. 15:57	49°6'16.61"N 14°22'30.38"E	474	Odkaliště K III, jižní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 13:30	20.10. 16:20	49°6'30.07"N 14°22'46.22"E			
21	4. 10. 13:30	20.10. 16:20	49°6'30.07"N 14°22'46.22"E	473	Odkaliště K III, severní strana, na zavážce	Zemina
	4. 10. 13:30	20.10. 16:20	49°6'30.07"N 14°22'46.22"E			

Celkem tedy bylo provedeno 24 odběrů vzorků (18 vzorků zemin, 6 vzorků vody) a na stejných místech také provedeno i 24 dozimetrických měření. U každého místa jsem zapsal získané informace (označení vzorku, den, čas, lokalizace místa, nadmořská výšky, popis stanoviště a druh odebraného vzorku) do tabulky.

Pro pozdější porovnání hodnot naměřených dozimetrem v této práci, jsem provedl ještě dvě kontrolní měření na místech mimo bývalý areál MAPE Mydlovary, kde se dal předpokládat zvýšený příkon dávkového ekvivalentu záření gama.

Tabulka 5 – Dodatková místa dozimetrické měření k porovnání

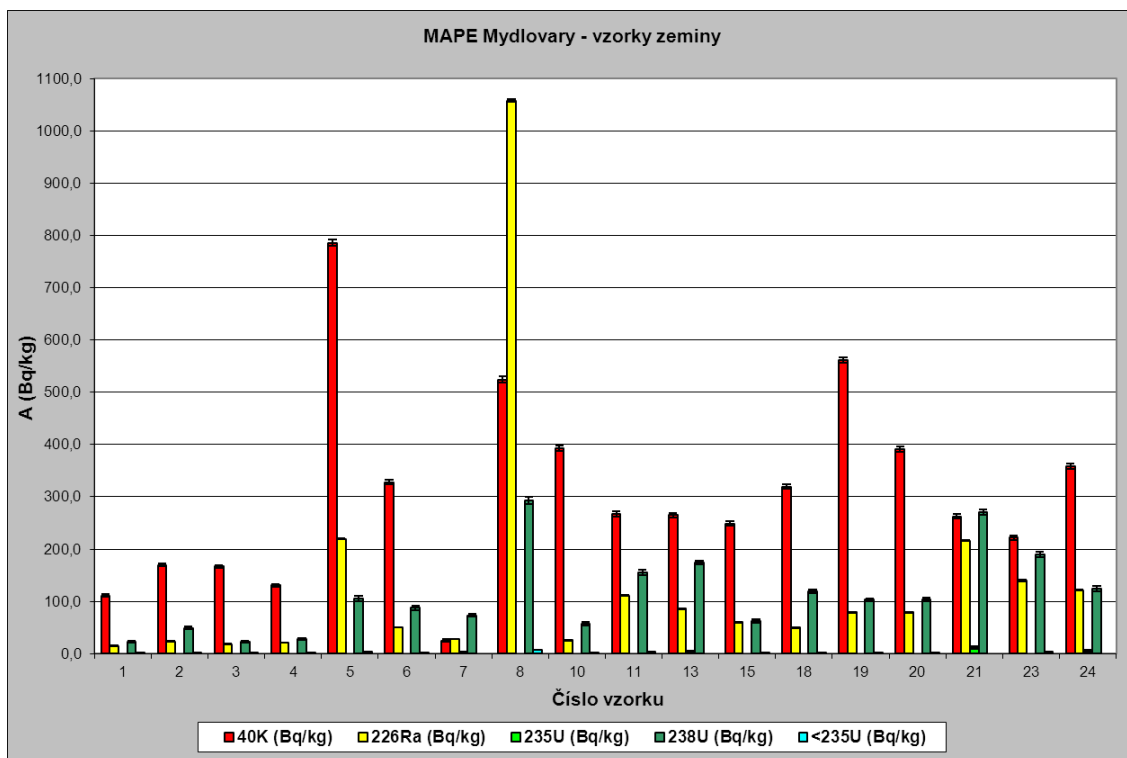
Popis místa dodatečného dozimetrického měření	Datum Čas	GPS	Nadmořská výška (m n. m.)
Temelín (areál jaderné elektrárny)	21.10. 7:00	49°10'55.47"N 14°22'49.14"E	497
	21.10. 9:00	49°59'5.97"N 14°33'8.36"E	
Hlincová Hora - Kodetka (blízkost bývalých stříbrných dolů)	21.10. 7:00	49°10'55.47"N 14°22'49.14"E	558
	21.10. 9:00	49°59'5.97"N 14°33'8.36"E	

4.2 Výsledky měření

4.2.1 Naměřené hodnoty hmotnostní aktivity radionuklidů v zemině

Celkem bylo provedeno 18 měření hmotnostní aktivity radionuklidů v zemině. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu a tabulce.

Graf 2 – Hmotnostní aktivita radionuklidů v zemině



Tabulka 6 – Naměřené hodnoty hmotnostní aktivity radionuklidů v zemině

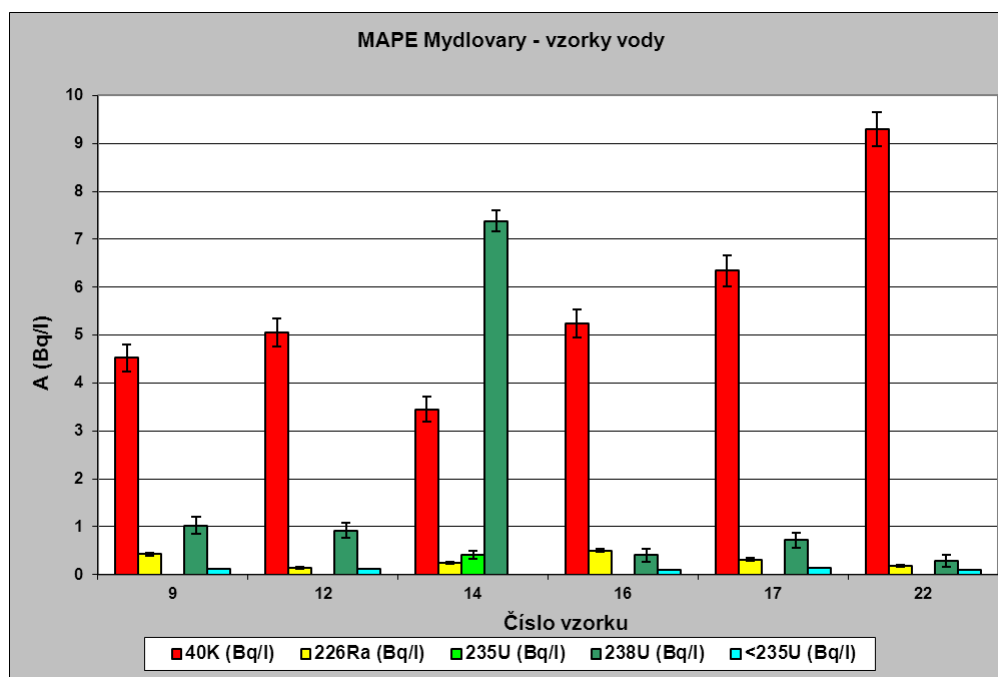
Číslo vzorku	m (g)	⁴⁰ K (Bq/kg)	chyba	²²⁶ Ra (Bq/kg)	chyba	²³⁵ U (Bq/kg)	chyba	< ²³⁵ U (Bq/kg)	²³⁸ U (Bq/kg)	chyba
1	694	111,2	2,9	14,8	0,4			1,5	22,8	2,3
2	707	169,8	3,3	23,1	0,4			1,6	48,7	2,4
3	749	166,6	2,9	18,2	0,3			1,3	22,2	1,8
4	688	130,6	2,8	21,2	0,4			1,5	27,5	1,9
5	759	786,3	6,6	219,6	1,1			3,5	104,7	5,1
6	563	328,3	5,1	50,2	0,7			2,4	87,4	3,8
7	481	25,1	2,2	27,9	0,5	2,8	1,3		72,9	2,6
8	900	524,0	5,9	1058,5	2,2			6,4	292,6	6,8
10	469	392,4	5,4	25,6	0,5			2,1	57,3	2,9
11	528	267,8	4,9	111,1	1,0			3,2	154,9	5,0
13	671	265,0	3,9	86,0	0,7	4,2	1,8		174,2	3,3
15	443	248,7	4,7	59,8	0,7			2,7	61,8	3,7
18	752	319,0	4,3	49,5	0,6			2,3	119,1	3,6
19	758	561,1	5,0	79,2	0,6			2,4	102,9	3,1
20	749	391,4	4,8	78,9	0,7			2,5	103,3	3,8
21	506	262,6	4,9	216,1	1,3	11,1	2,9		270,6	5,6
23	562	222,2	4,5	139,9	1,1			3,4	190,2	5,4
24	519	358,9	5,2	121,4	1,0	5,0	2,3		124,2	4,4

Nejvyšší zaznamenané hodnoty hmotnostní aktivity u jednotlivých radionuklidů jsou v tabulce vyznačeny červeně. Sloupec s radionuklidem ²³⁵U, kde se před jeho označením vyskytuje znaménko „<“, znamená, že hodnota je menší než minimální významná aktivita (MVA), tzn. práh detekce, kdy je možné změřit aktivitu daného radionuklidu.

4.2.2 Naměřené hodnoty objemové aktivity radionuklidů ve vodě

Celkem bylo provedeno 6 měření objemové aktivity radionuklidů ve vodě. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu a tabulce.

Graf 3 – Objemová aktivita radionuklidů ve vodě



Tabulka 7 – Naměřené hodnoty objemové aktivity radionuklidů ve vodě

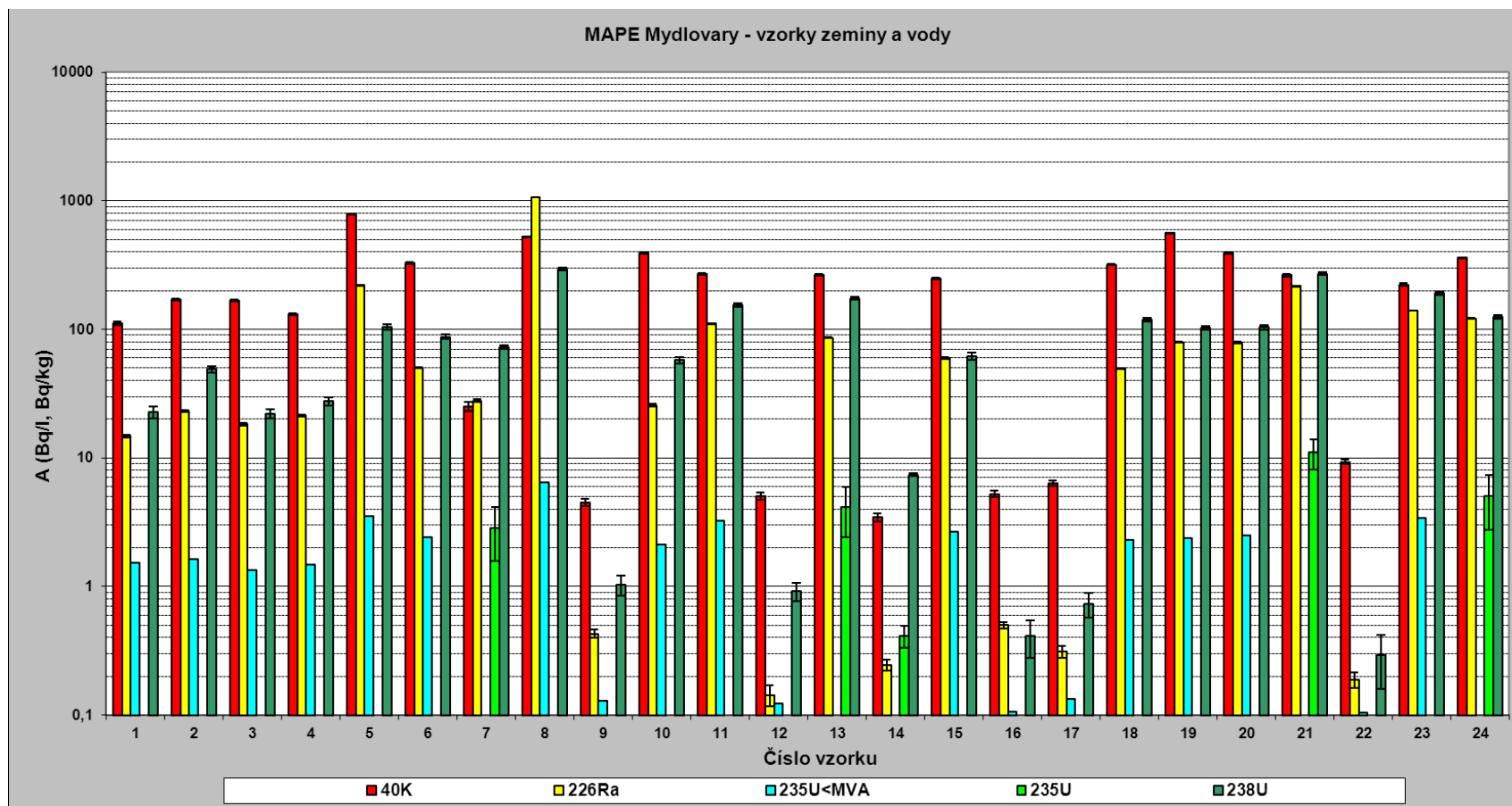
Číslo vzorku	V (l)	⁴⁰ K (Bq/l)	chyba	²²⁶ Ra (Bq/l)	chyba	²³⁵ U (Bq/l)	chyba	< ²³⁵ U (Bq/l)	²³⁸ U (Bq/l)	chyba
9	2,05	4,5	0,3	0,4	0,0			0,1	1,0	0,2
12	2,02	5,1	0,3	0,1	0,0			0,1	0,9	0,2
14	2,07	3,5	0,3	0,2	0,0	0,4	0,1		7,4	0,2
16	1,93	5,2	0,3	0,5	0,0			0,1	0,4	0,1
17	1,95	6,3	0,3	0,3	0,0			0,1	0,7	0,2
22	1,92	9,3	0,4	0,2	0,0			0,1	0,3	0,1

Nejvyšší zaznamenané hodnoty objemové aktivity u jednotlivých radionuklidů jsou v tabulce vyznačeny červeně. Sloupec s radionuklidem ^{235}U , kde se před jeho označením vyskytuje znaménko „<“, znamená, že hodnota je menší než minimální významná aktivita (MVA), tzn. práh detekce, kdy je možné změřit aktivitu daného radionuklidu.

4.2.3 Všechny naměřené hodnoty hmotnostní a objemové aktivity radionuklidů

Následný graf (Graf 4 – Hmotnostní a objemová aktivita radionuklidů), znázorňuje všech 24 provedených měření hmotnostní a objemové aktivity požadovaných radionuklidů v zemině a ve vodě.

Graf 4 – Hmotnostní a objemová aktivita radionuklidů



4.2.4 Naměřené hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu záření gama

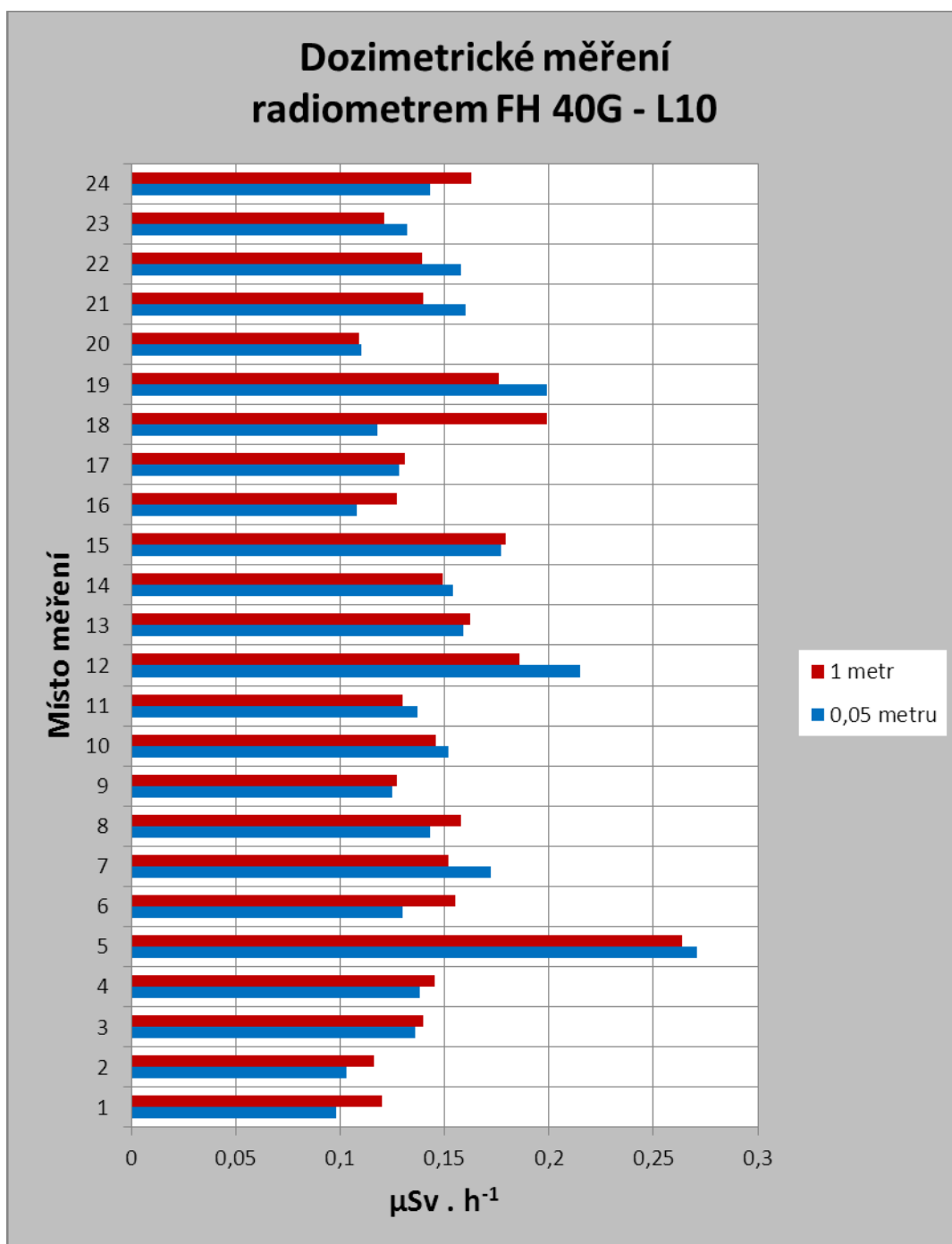
Celkem bylo provedeno 24 měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama na určitých místech bývalého areálu MAPE Mydlovary. Tato měření byla provedena radiometrem FH 40G-L10 (Eberline). Údaje o způsobu provedení každého měření a zjištěné výsledky jsou zapsány v následující tabulce.

Tabulka 8 – Hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu záření gama

Dozimetrické měření radiometrem FH 40G - L10							
Místo měření	Čas měření (min.)	Výška měření (m)	Průměr naměřených hodnot PDE Hp ₁₀ (μSv · h ⁻¹)	Místo měření	Čas měření (min.)	Výška měření (m)	Průměr naměřených hodnot PDE Hp ₁₀ (μSv · h ⁻¹)
1	5	0.05	0,098	13	5	0.05	0,159
	5	1	0,12		5	1	0,162
2	5	0.05	0,103	14	5	0.05	0,154
	5	1	0,116		5	1	0,149
3	5	0.05	0,136	15	5	0.05	0,177
	5	1	0,14		5	1	0,179
4	5	0.05	0,138	16	5	0.05	0,108
	5	1	0,145		5	1	0,127
5	5	0.05	0,271	17	5	0.05	0,128
	5	1	0,264		5	1	0,131
6	5	0.05	0,13	18	5	0.05	0,118
	5	1	0,155		5	1	0,199
7	5	0.05	0,172	19	5	0.05	0,199
	5	1	0,152		5	1	0,176
8	5	0.05	0,143	20	5	0.05	0,11
	5	1	0,158		5	1	0,109
9	5	0.05	0,125	21	5	0.05	0,16
	5	1	0,127		5	1	0,14
10	5	0.05	0,152	22	5	0.05	0,158
	5	1	0,146		5	1	0,139
11	5	0.05	0,137	23	5	0.05	0,132
	5	1	0,13		5	1	0,121
12	5	0.05	0,215	24	5	0.05	0,143
	5	1	0,186		5	1	0,163

Pro lepší znázornění a představu o různě naměřených hodnotách příkonu dávkového ekvivalentu záření gama na určitých místech bývalého areálu MAPE Mydlovary jsem vytvořil následný graf.

Graf 5 – Hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu záření gama



Dodatkové porovnávací měření na místech, mimo bývalý areál MAPE Mydlovary.

Tabulka 9 – Dodatkové porovnávací dozimetrické měření

Dozimetrické měření radiometrem FH 40G - L10			
Místo měření	Čas měření (min.)	Výška měření (m)	Průměr naměřených hodnot PDE Hp₁₀ (μSv . h⁻¹)
Temelín	5	0.05	0,147
	5	1	0,156
Hlincová Hora	5	0.05	0,187
	5	1	0,196

4.3 Monitoring v bývalém areálu MAPE Mydlovary

Z poskytnutých analýz a průzkumů ze státního podniku DIAMO, Provozu rekultivačních a likvidačních prací Mydlovary jsem získal informace o monitoringu příkonu dávkového ekvivalentu záření gama, které byly provedeny na určitých měřicích bodech. Hlavním zdrojem informací byl Plán monitorování pracovišť pro rok 2011. V době získání informací byla provedena měření do desátého měsíce roku 2011. Pro potřebu této práce jsem vybral několik měřicích bodů, které se nacházejí na odkalištích, tj. v místech možného pohybu zaměstnanců.

Monitoring v bývalém areálu MAPE Mydlovary provádí Dozimetrická služba, Správa uranových ložisek Příbram. Dozimetrická služba monitoruje situaci v lokalitách kritické skupiny obyvatel a okolí, provádí monitoring emisí z odkališť do okolí nebo monitoruje lokality, kde se provádějí sanační práce na odkalištích. Zjištěné údaje slouží ke kontrole ozáření obyvatelstva v okolí a ke kontrole ozáření zaměstnanců provádějících sanační práce. Dozimetrická služba provádí monitoring příkonu dávkového ekvivalentu záření gama pomocí radiometru FH 40G-L10 (Eberline). Frekvence měření na určitých měřicích bodech je prováděna podle dokumentu Plán monitorování pracovišť pro rok 2011.

Tabulka 10 - Monitoring Dozimetrické služby, Správy uranových ložisek Příbram

Lokalita	Jednotka měření	$\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$									
	Kalendářní měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Měřicí místo										
sídlo DIAMO	horní plocha odkaliště	0,239									0,146
	bod u zahušťovadel				0,196						
	bod - směr Mydlovary				0,191			0,162			
	bod - směr KI				0,183			0,146			0,158
	bod - směr Dívčice							0,158			
K I	bod - směr Mydlovary	0,24	0,169	0,218	0,285	0,234	0,139	0,21	0,21	0,256	0,198
	bod - směr Zbudov	0,15	0,188	0,226	0,196	0,229	0,14	0,23	0,178	0,214	0,216
	vjezd do odkaliště			0,172		0,187		0,21		0,165	
	bod - směr Blata			0,204		0,189		0,129		0,218	
K III	bod - směr Olešník	0,17	0,102	0,188	0,182	0,219	0,159	0,218	0,189	0,176	0,189
	vjezd do odkaliště							0,12			
	horní plocha odkaliště			0,135	0,212			0,11			0,158
K IV C2	horní plocha odkaliště			0,18		0,236				0,218	
	bod - směr Olešník					0,208					
	bod - směr Dívčice					0,212					
	vjezd do odkaliště					0,196				0,196	
K IV D	horní plocha odkaliště			0,185			0,202	0,212			
	bod - směr sídlo MAPE						0,196				
	bod - směr Olešník						0,212				
	bod - směr Dívčice	0,11	0,11	0,151	0,116	0,184	0,13	0,19	0,214	0,116	0,163
K IV E	horní plocha odkaliště				0,286	0,203				0,263	0,125

4.4 Možné způsoby zneužití radioaktivních materiálů

Obecně lze říci, že za zneužití radioaktivních materiálů, které by bylo nebezpečné, je považováno takové zneužití, které může způsobit trvalé poškození nebo bezprostřední ohrožení života osob, vyvolání paniky, kontaminaci životního prostředí či ekonomické škody. Některé způsoby zneužití radioaktivní materiálů z bývalé úpravy uranových rud MAPE Mydlovary jsou v následných podkapitolách popsány a nasimulovány.

4.4.1 Použití špinavé bomby

4.4.1.1 Simulace možného útoku špinavou bombou

Útoky pomocí bomby patří ve světě mezi nejčastěji používané způsoby. Pro možné zneužití materiálu z MAPE Mydlovary proto využiji podobný útok, kde budu simulovat výbuch špinavé bomby. Složení špinavé bomby bude obsahovat trhavinovou směs DAP (1.3.2.1 Konvenční terorismus) uloženou v igelitovém pytli se zasunutou počínovou náloží k iniciaci DAPu a vše bude obsypáno nejvíce kontaminovaným materiálem, který jsem zjistil v odebraných vzorcích pocházejících z bývalého areálu MAPE Mydlovary. Jak už bylo zmíněno v podkapitole 3.4 Chemická separace ^{226}Ra , použiji radium, protože uran je z pohledu biologických účinků méně efektivní. Použiji tedy vzorek č. 8 ze stanoviště 8 (Obrázek 9 – Stanoviště odběru vzorků a měření - Areál MAPE, Odkaliště K I, K IV D, K IV R), ve kterém je Ra^{226} o hmotnostní aktivitě 1058 Bq/kg. Pro nastínění a znázornění situace a rozsahu následků při použití špinavé bomby jsem využil program TerEx, který je určen pro rychlý odhad následků havárií a teroristických nebo vojenských útoků.

Vlastní simulace

V pracovní den v ranních hodinách zaparkuje před radnicí na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích osobní automobil dodávkového typu. Po několika minutách od zaparkování automobilu se městem ozve exploze. Na místě vznikne panika. Tísňová linka 112 zaznamenává mnoho telefonátů o explozi na náměstí Přemysla Otakara II. Zaznamenává také telefonát, ve kterém se neznámí teroristé hlásí k danému bombovému útoku. Zároveň sdělí, že se jedná o odpálenou špinavou bombu, která obsahuje radioaktivní materiál z bývalého areálu MAPE Mydlovary. Po výbuchu je nahlášeno několik mrtvých a zraněných osob. Přeživší osoby mají mnohočetná zranění tržného charakteru, zlomeniny, popáleniny, pneumotoraxy, protržené ušní bubínky. Při následném šetření jednotkami integrovaného záchranného systému je zjištěno, že v osobním automobilu byla odpálena asi 30 kilogramová nástraha. Podle

nalezených markantů je zjištěno, že se jedná o podomácku vyrobenou trhavinovou směs DAP. Další indicie naznačují, že s trhavinovou směsí byl odpálen ještě podezřelý materiál. Tím se částečně potvrzuje informace získaná telefonicky od neznámých teroristů. Byla proto provedena příslušná opatření.

4.4.1.2 Program TerEx – zadání parametrů

Pro útok špinavou bombou byl v programu TerEx použit model Explosive. Ten je určen pro odhad následků exploze nástražného výbušného systému.

Obrázek 3 – Parametry v modelu Explosive

TerEx - : EXPLOSIVE - Nástražný výbušný systém

Model: **EXPLOSIVE**

Hmotnost nálože

Nálož je umístěna v

<input type="radio"/> Ruční granát	0,1 kg (0,22 lb)
<input type="radio"/> Igelitová taška	5 kg (11 lb)
<input type="radio"/> Nákupní taška	15 kg (33 lb)
<input type="radio"/> Malý balík	25 kg (55 lb)
<input type="radio"/> Osobní automobil	100 kg (220 lb)
<input type="radio"/> Automobil kombi	250 kg (550 lb)
<input type="radio"/> Malý nákladní vůz	500 kg (1100 lb)
<input type="radio"/> Střední nákladní vůz	1000 kg (2200 lb)
<input type="radio"/> Velký nákladní vůz	2500 kg (5500 lb)
<input type="radio"/> Cisternový automobil	10000 kg (22000 lb)

Uživatelova volba

30 kg 66,14 lb

Typ výbušniny v náloži

<input type="radio"/> Neznámá výbušnina	<input type="radio"/> Výbušnina typu Slurry
<input type="radio"/> TNT	<input type="radio"/> Semtex
<input type="radio"/> C-4	<input type="radio"/> Hexogen
<input checked="" type="radio"/> Výbušnina typu DAP	<input type="radio"/> Pentrit

Změna zadání parametrů výpočtu: **Základní**

Výpočet

V základní volbě lze zadat hmotnost nálože podle určitého typu umístění výbušniny nebo přímo zadat vlastní parametr hmotnosti výbušniny. Dále také lze v rozšířené volbě vybrat typ výbušniny. Ať už se vybere jen základní nebo se přidá i rozšířené zadání typu výbušniny, program vždy vyhodnotí situaci s těmi nejhoršími možnými následky.

V zadání parametrů v modelu Explosive (Obrázek 3 – Parametry v modelu Explosive) jsou použita data uvedená v podkapitole 4. 4. 1. 1 Simulace možného útoku. V základní volbě jsem přímo zadal vlastní parametr hmotnosti výbušniny tj. 30 kg. V rozšířeném zadání byla zvolena výbušnina typu DAP.

4.4.1.3 Program TerEx - vyhodnocení

Model Explosive nejprve vyhodnotil bezpečnostní vzdálenost pro nekryté osoby a doporučenou evakuaci, která je do vzdálenosti 615 metrů (Obrázek 4 – Bezpečnostní vzdálenost v modelu Explosive).

Obrázek 4 – Bezpečnostní vzdálenost v modelu Explosive

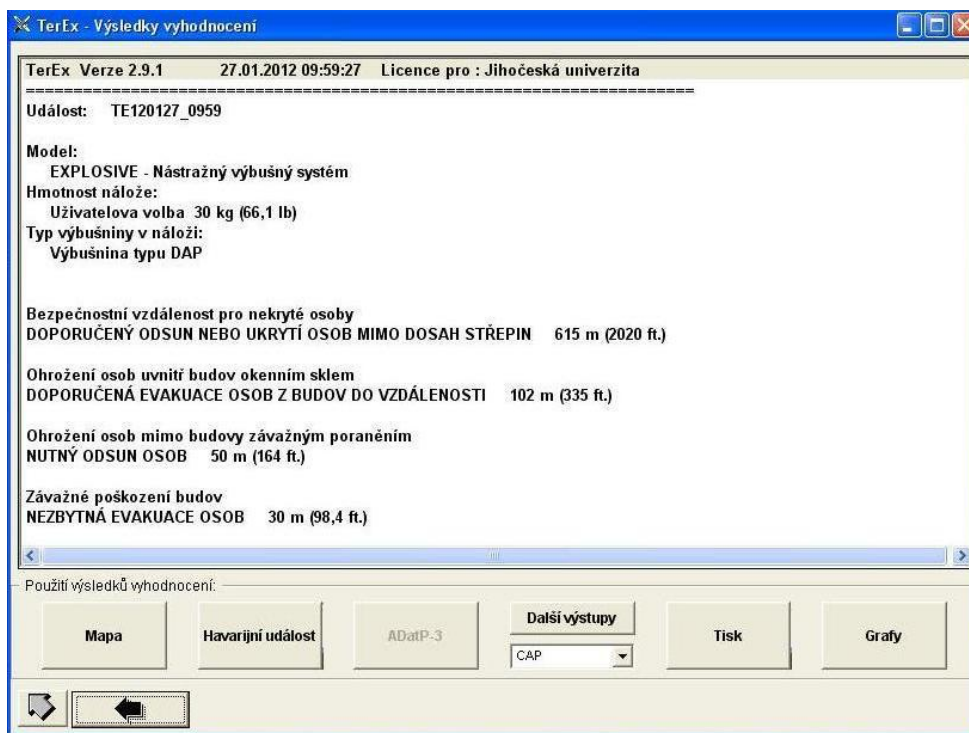


Toto opatření by se provádělo před vlastní explozí nástražného výbušného systému. Tzn., pokud by bylo zjištěno dané nebezpečí a bezprostředně by hrozila exploze nástražného výbušného systému.

Dále model Explosive vyhodnotil vzdálenosti a hrozící následky (Obrázek 5 – Výsledky vyhodnocení v modelu Explosive) takto:

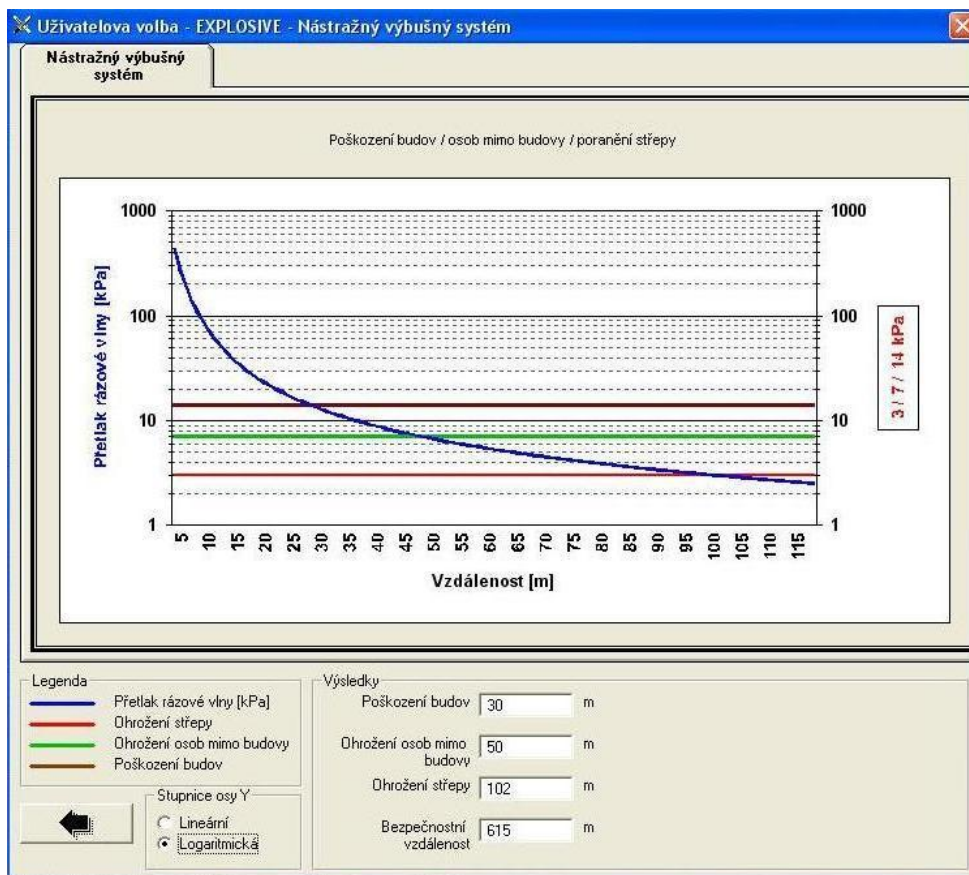
- 615 metrů** - doporučený odsun nebo ukrytí osob mimo dosah střepin (bezpečnostní vzdálenost pro nekryté osoby);
- 102 metrů** - doporučená evakuace osob z budov (je možnost ohrožení osob okenním sklem uvnitř budovy);
- 50 metrů** - nutný odsun osob nacházející se mimo budovy, neboť jim hrozí závažná poranění;
- 30 metrů** - nezbytná evakuace z důvodu závažného poškození budov.

Obrázek 5 – Výsledky vyhodnocení v modelu Explosive



Šíření následků nástražného výbušného systému v modelu Explosive ukazuje následný graf (Graf 6 – Šíření následků nástražného výbušného systému v modelu Explosive). Znázorňuje působení přetlakové rázové vlny vzhledem ke vzdálenosti.

Graf 6 – Šíření následků nástražného výbušného systému v modelu Explosive

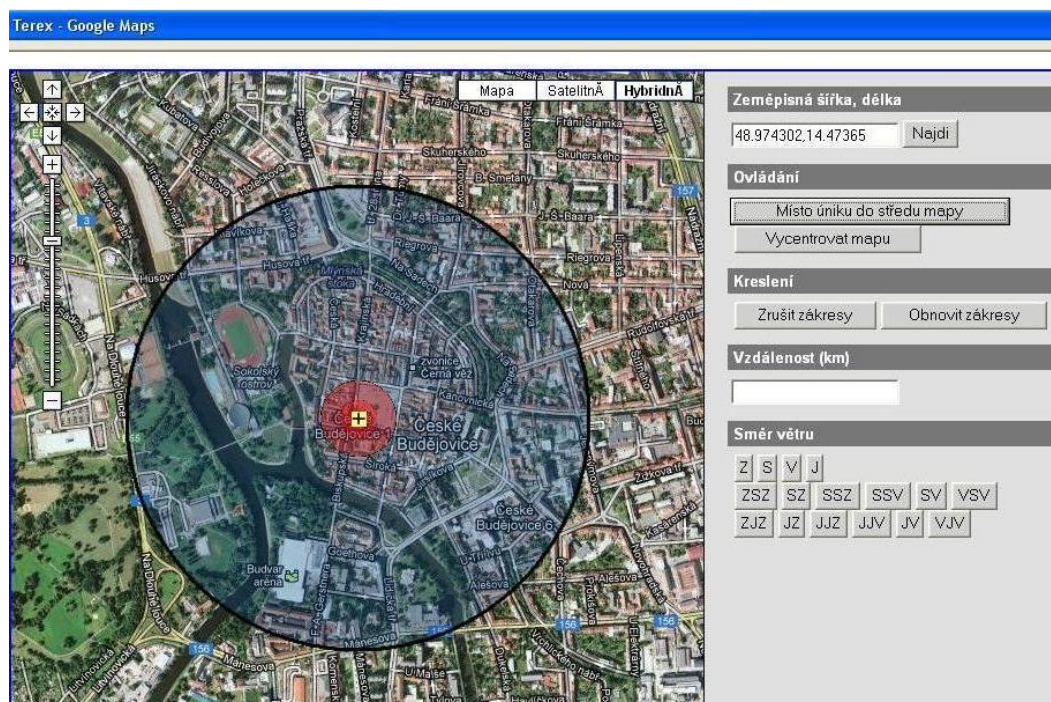


Modrá křivka znázorňuje výši přetlaku v epicentru výbuchu s postupně klesající tendencí v závislosti na vzdálenosti. V grafu jsou dále znázorněny přímky (červená, zelená, hnědá), které znázorňují různá ohrožení a poškození. Protnutí těchto přímek modrou křivkou určuje vzdálenosti pro jednotlivá ohrožení a poškození. Protnutá hnědá přímka definuje vzdálenost (30 metrů), ve které dojde k nejzávažnějším následkům pro přítomné osoby (střepiny, tepelná a tlaková vlna apod.) a také k poškození budov (nutná evakuace osob). V případě výbuchu dojde v této vzdálenosti k největšímu rozptýlu a koncentraci radioaktivního materiálu, který svými vlastnostmi bude ohrožovat přítomné osoby a to především zevním a vnitřním (inhalace, ingesce, povrchové zranění) ozářením. Protnutá zelená přímka definuje vzdálenost (50 metrů), ve které dochází k ohrožení osob mimo budovy (střepiny, tlaková vlna apod.). I v této vzdálenosti dojde k rozptýlu radioaktivního materiálu, který však už nebude v takové koncentraci jako u

předešlé vzdálenosti. Přesto je zde stále dostačující pravděpodobnost ohrožení přítomných osob zevním a vnitřním (inhalace, ingesce, povrchové zranění) ozářením z rozptýleného radioaktivního materiálu. Krom rizik vycházejících z radioaktivního materiálu mají tyto dvě vzdálenosti od epicentra výbuchu významný vliv na ohrožení života a zdraví osob (pohmožděny, tržná zranění, zlomeniny, pneumotoraxy, popáleniny, smrt). Protнутá hnědá přímka definuje vzdálenost (102 metrů), ve které dochází k ohrožení střepy (střepiny, okenní sklo apod.). Rozptyl radioaktivního materiálu bude v této vzdálenosti nízký a větší riziko zde bude hrozit spíše z vlastního výbuchu či dalších sekundárních účinků. Poslední položkou je opět uvedená bezpečnostní vzdálenost (615 metrů). V této vzdálenosti už bude rozptyl radioaktivního materiálu minimální, tudíž biologické účinky na člověka jsou zanedbatelné.

Jedním z nejlépe znázorňujících vyhodnocení v modelu Explosive jsou mapy s vytyčenými zónami jednotlivých vzdáleností v rozhraní Google Maps. Zde si každý pracovník, který využívá program TerEx, rychle vytvoří svou představu o zónách, které budou zasaženy.

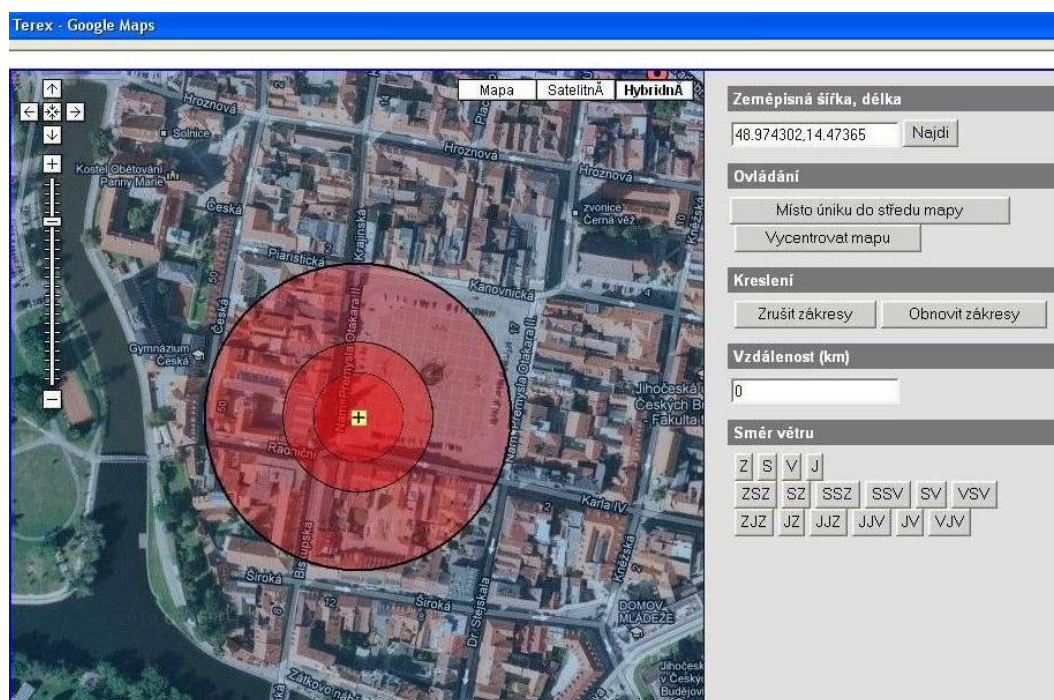
Graf 7 – Rozhraní Google Maps v modelu Explosive - náměstí Přemysla Otakara II.



V mapovém rozhraní Google Maps (Graf 7 – Rozhraní Google Maps v modelu Explosive - náměstí Přemysla Otakara II.) je znázorněn modře vyplněný kruh, který vymezuje zónu, ve které jsou nekryté osoby střepinami ohroženy na životě a zdraví. Rozptyl radioaktivního materiálu je v tomto kruhu minimální, tudíž biologické účinky na člověka jsou zanedbatelné. Tato zóna je do vzdálenosti 615 metrů. Vše, co se nachází za modře vyplněným kruhem, je považováno za bezpečnostní vzdálenost.

Při bližším přiblížení v rozhraní Google Maps jsou zřetelně viditelné tři různé světlosti červených kruhů (Graf 8 - Rozhraní Google Maps v modelu Explosive - náměstí Přemysla Otakara II.).

Graf 8 - Rozhraní Google Maps v modelu Explosive - náměstí Přemysla Otakara II.



Největší červený kruh označuje zónu do vzdálenosti 102 metrů, kde jsou ohroženy osoby sekundárními účinky (okenním sklem uvnitř budov apod.). Rozptyl radioaktivního materiálu v tomto kruhu bude nízký, tudíž i riziko zevního a vnitřního ozaření bude nízké. Prostřední kruh označuje zónu, ve které jsou osoby mimo budovy

ohroženy závažným poraněním do vzdálenosti 50 metrů. V této vzdálenosti dojde k rozptylu radioaktivního materiálu ve zvýšené koncentraci. Nastává zde už riziko zevního a vnitřního (inhalace, ingesce, povrchové zranění) ozáření z rozptýleného radioaktivního materiálu u přítomných osob. Nejmenší kruh označuje zónu závažného poškození budov do vzdálenosti 30 metrů. Zde dojde k nejzávažnějším následkům způsobené výbuchem špinavé bomby pro přítomné osoby. Rozptýl radioaktivního materiálu bude v takové koncentraci, že přítomné osoby budou ohroženy zevním a vnitřním (inhalace, ingesce, povrchové zranění) ozářením.

Místo exploze je označeno černým křížkem ve žlutém poli. Jedná se o místo se zaparkovaným osobním automobilem dodávkového typu před radnicí na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích.

4.4.1.4 Dopady možného útoku špinavou bombou

Zdravotní dopady

Použití špinavé bomby přináší celou řadu dopadů. Hlavním cílem je především to, aby bylo co nejvíce zamořeno okolí, než aby byl usmrcen co největší počet osob. Přesto k tomu může dojít, pokud se osoby zrovna pohybují v bezprostřední blízkosti výbuchu. Pokud nedojde přímo k usmrcení osob, tak výbuch způsobí mnohá zranění a to především v důsledku vyvolané tlakové vlny, tepelných účinků či zasažení střepinami. Jednalo by se o zranění, jako jsou tržné rány, zlomeniny, popáleniny, pneumotoraxy, protržené ušní bubínky apod.

Dalším nebezpečným vlivem špinavé bomby je rozptýlení radioaktivního materiálu do okolí. Ten může způsobit u osob zevní ozáření z radionuklidů, které se usadí v okolí výbuchu špinavé bomby. Důležitým faktorem bude zde vzdálenost, neboť se vzdáleností osoby od výbuchu bude klesat kontaminace okolí. Samozřejmě, že vzdálenost rozptýleného materiálu bude záviset na síle výbuchu, použitém radionuklidu či na povětrnostních podmínkách. Asi nejvýznamnější roli při výbuchu špinavé bomby bude hrát vnitřní ozáření. To bude způsobeno inhalací rozptýleného radioaktivního materiálu v ovzduší, které může trvat i několik desítek minut. Dále ingescí, kdy sami

sebe kontaminujeme vlastním polykáním prachu a miniaturních částí kontaminovaného materiálu. V neposlední řadě by také šlo o kontaminaci radioaktivním materiálem při povrchových zraněních způsobených výbuchem špinavé bomby, kdy se nám dostanou radionuklidy do krevního oběhu.

Psychologické dopady

Jedny ze zásadních dopadů při použití špinavé bomby jsou psychologické dopady. Mezi tyto psychologické dopady se řadí především strach a panika.

„Strach z ionizujícího záření se označuje jako radiofobie. Radiofobie je definována jako úzkost nebo strach z poškození organismu ionizujícím zářením. Ionizující záření vyvolává strach, jelikož je neviditelné, bez barvy, bez zápachu, vysoce pronikavé a jen pozvolna ustávající. Neuchopitelnost a nepopsatelnost ionizujícího záření lidskými smysly vyvolává strach i při dávkových příkonech, které jsou zanedbatelné“. (15) Strach bude jednou z prvních reakcí na uskutečněné použití špinavé bomby. Charakteristickým projevem strachu u osob bude zblednutí, chvění, zrychlené dýchání, bušení srdce, zvýšený krevní tlak a následně budou u osob vyvolány výrazné pocity úzkosti, bezmocnosti, nekontrolovatelné změny nálad a chování.

Strach lidí po použití špinavé bomby zároveň vyvolá paniku, která se velmi snadno přenáší na ostatní. V důsledku paniky dojde k porušení duševní rovnováhy lidí, které vyvolá spontánní a nekorigované chování. Mezi příznaky paniky budou patřit nepochopitelné změny chování, emocionální rozhodování, snížení sebekontroly a extrémní reakce. V důsledku extrémního napětí, které výbuch špinavé bomby způsobí, může chování lidí nabýt charakteru davové psychózy. Tento sociálně psychologický jev je zapříčiněn také nedostatek informací uvnitř sociální skupiny.

Ekonomické dopady

Dalším vážným dopadem při použití špinavé bomby budou ekonomické škody, které budou spojené s procesem samotné likvidace. Jedná se o způsobené materiální škody v okolí výbuchu (poškození budov, různých zařízení, automobilů až po zničení osobních věcí), zabezpečení složek IZS (logistické zabezpečení složek při záchranných

a likvidačních pracích, personální náklady, zdravotnické zabezpečení - logistické zabezpečení zdravotnických potřeb a prostředků, vlastní ošetřování a léčení, vyšetřování velkého počtu postižených osob apod.), technické problémy (případná evakuace, použití těžké techniky při likvidačních pracích, likvidace a skladování kontaminovaných materiálů, dopravní problémy aj.) a především monitorování a dekontaminace. Ekonomické náklady monitorování by spočívaly především v zajištění neustálého měření a získávání informací. Nákladné by bylo zvláště provádění jednotlivých analýz a výpočtů. Dekontaminace by musela být zaměřena na dekontaminaci osob, dekontaminaci zasahující techniky, dekontaminaci staveb (budovy, kulturní památky apod.) a dekontaminaci postiženého území (venkovní prostranství – náměstí, parky, komunikace apod.). Ani dekontaminace určitých objektů nemusí být v některých případech zcela dostačující, neboť z pohledu ekonomické náročnosti je výhodnější objekt nechat zdemolovat. Poté je s materiálem zacházeno jako s radioaktivním odpadem a dle toho musí být také s ním naloženo, což jsou další finanční výdaje.

Mezi další ekonomické dopady můžeme řadit i ztrátu pracovních míst nebo úplné zrušení obchodů a prodejen zboží v dané lokalitě. Negativně bude ovlivněn i turistický ruch, neboť lidé ovlivnění radiofobií nebudou projevovat zájem pohybovat se na území, které je zamořeno ve větší či menší míře radioaktivitou. A proto i tyto dopady mohou mít pro obce či města velký ekonomický význam.

4.4.2 *Výskyt kontaminované balené vody v obchodních řetězcích*

4.4.2.1 *Simulace zneužití vody z MAPE Mydlovary*

V bývalém areálu MAPE Mydlovary se stále nachází odkaliště s velkými vodními plochami, u kterých ještě neproběhly rekultivační a sanační práce. Jsou zde i místa, kde se nachází odkalištní voda, která se postupně při provádění rekultivace a sanace jednotlivých odkališť vytěsňuje. A právě tato voda může být zneužita. U simulace použiji průměrné naměřené hodnoty kontaminované vody, které jsem zjistil v bývalém areálu MAPE Mydlovary.

Vlastní simulace

V druhý pracovní den v týdnu oznamují média (celorepublikové i regionální televize, rádio a tisk), že do tří určitých obchodních řetězců v Českých Budějovicích byla importována do volného prodeje voda, která pochází z odkališť z bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary. Zprávu média obdržela dopisem, který údajně zaslala neznámá teroristická skupina. Zdůrazňují, že voda je kontaminovaná radionuklidy, které byly vypouštěny do životního prostředí v průběhu několika let provozu MAPE Mydlovary. Takto kontaminovaná voda se nachází i v podzemních vodách v okolí provozovny, kde se s ní dostávají do styku místní obyvatelé. Dále uvádějí, že kontaminovaná voda uvedená do volného prodeje je neochucená a balená v originálních PET obalech od určitých výrobců. U inkriminované vody není na první pohled poznat, že se jedná o vodu z bývalé úpravný, neboť byla zbavena hrubých nečistot a byla upravena pomocí chlorových tablet, které nemají vliv na radionuklidy obsažené v kontaminované vodě.

4.4.2.2 Dopady při možném zneužití vody z MAPE Mydlovary

Při zneužití vody pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary a po její ingestci, tedy požití, může dojít k některým zdravotním problémům. Při ingestci radionuklidů z balené vody by šlo u jednotlivce z obyvatelstva o úvazek efektivní dávky a s tím spojené potíže závislé právě na úvazku efektivní dávky. Další zdravotní problémy při požití balené vody by pocházely především ze zdravotní závadnosti vody, které nejsou způsobeny radionuklidy. Jednalo by se o žaludeční potíže, průjemy apod.

Hlavním efektem při zneužití vody z MAPE Mydlovary by byly psychologické dopady. Jak už jsem se zmiňoval u psychologických dopadů špinavé bomby, tak i zde by svou roli hrála radiofobie. Strach z poškození vnitřního organismu ionizujícím zářením, by u lidí vyvolal mnohé emoce. Snadno by došlo i k vyvolání paniky, která by se přenášela napříč obyvatelstvem.

Hlavní ztráty by byly ekonomické. Velkou zátěž by musela zvládnout zdravotnická zařízení. Zde by rostly náklady především na vyšetřování velkého počtu postižených osob, které by byly podezřelé z konzumace inkriminované vody. Obchodní řetězce by vynaložily také nemalé náklady, které by byly spojeny s okamžitým stažením balené vody z prodeje, její následnou manipulací, skladováním a konečnou likvidací. Pro obchodní řetězce, které by toto zneužití postihlo, by v konečném důsledku mohlo znamenat i jejich delší uzavření a s tím spojené finanční ztráty z prodeje. Mohla by nastat v dalších důsledcích i případná zrušení pracovních míst zaměstnanců v obchodních řetězcích. Obchodní řetězce by se v budoucnu mohly potýkat i se špatnou reklamou, která by pro ně mohla mít nedozírné následky. Další finanční náklady by postihly i zadavatele, kteří by museli poslat balenou vodu na testování do laboratoří. Následné kontroly v určitém časovém období by si vyžádaly také nemalé finanční prostředky.

4.5 Zpracování získaných poznatků

4.5.1 Odhad dávek v bývalém areálu MAPE Mydlovary

V této podkapitole provedu odhad dávek a to na základě vlastních provedených měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama na určitých místech v bývalém areálu MAPE Mydlovary a monitoringu, který tam prováděla Dozimetrická služba, Správa uranových ložisek Příbram. Odhad dávek bude zaměřen na osoby, které by je mohly při dlouhodobém pohybu v areálu potenciálně obdržet. Je třeba také počítat s tím, že dávka od přírodního pozadí je součástí změřených hodnot příkonu dávkového ekvivalentu záření gama. Pro zjednodušení a určení konečné dávky jsem použil průměr hodnot ze všech provedených měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama a to ve výškách 0,05 metru a 1 metr. Pro konečný výsledek průměrná hodnota všech měření postačí, protože případná odchylka na něj nebude mít příliš významný vliv. Průměrnou hodnotu jsem zvolil i proto, že se vzhledem k ukládání kalů v areálu MAPE Mydlovary v podstatě jedná o prostorové pole zdroje ionizujícího záření a hodnoty budou

pravděpodobně na všech místech podobné. Průměr hodnot příkonu dávkového ekvivalentu záření gama, který jsem naměřil ve výšce 0,05 metru a v 1 metru, je cca $0,15 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$. Průměr hodnot příkonu dávkového ekvivalentu záření gama, převzatý z monitoringu Dozimetrické služby, Správy uranových ložisek Příbram je cca $0,18 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$.

Osoba, která by po dobu jednoho roku nepřetržitě (což je asi nereálné) pobývala na místech, kde jsou odkaliště bývalého areálu MAPE Mydlovary, by obdržela za rok dávku cca 1,3 mSv (dle Dozimetrické služby cca 1,6 mSv/rok).

Pokud by osoba pracovala na místech odkališť bývalého areálu MAPE Mydlovary po dobu jednoho roku (cca 252 pracovních dnů) a to 8 hodin denně, obdržela by za rok dávku cca 0,3 mSv (dle Dozimetrické služby cca 0,4 mSv/rok).

Pokud použiji k výpočtu nejvyšší naměřenou hodnotu z vlastních měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama, která je $0,271 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$, pro osobu, která by po dobu jednoho roku nepřetržitě pobývala na odkalištích areálu MAPE, obdržela by tato osoba za rok dávku cca 2,37 mSv. Z monitoringu Dozimetrické služby je nejvyšší hodnota $0,286 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ (tj. cca 2,5 mSv /rok).

Po provedených měřeních příkonu dávkového ekvivalentu záření gama na určitých místech v bývalém areálu MAPE Mydlovary jsem také provedl podle stejné metodiky i dvě dodatečná kontrolní měření mimo areál MAPE. Tato dvě měření byla provedena na Hlincové Hoře (blízkost bývalých stříbrných dolů) a v Temelíně (v areálu jaderné elektrárny). Tato místa byla vybraná z důvodu možných zvýšených příkonů dávkového ekvivalentu záření gama. Na Hlincové Hoře byla naměřená průměrná hodnota příkonu dávkového ekvivalentu záření gama v 0,05 metru a v 1 metru cca $0,19 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ (tj. cca 1,66 mSv/rok). V areálu JETE byla naměřena průměrná hodnota příkonu dávkového ekvivalentu záření gama v 0,05 metru a v 1 metru cca $0,15 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ (tj. cca 1,3 mSv/rok).

4.5.2 Držba radioaktivních látek

Radioaktivní materiály, které pocházejí z bývalého areálu MAPE Mydlovary, a manipulace nebo jakékoliv nakládání s nimi jednotlivými osobami, lze posuzovat také podle vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307 o radiační ochraně. Tato vyhláška stanovuje zprošťovací úrovně aktivity na celkové množství radioaktivních látek v držbě jedné osoby při určité radiační činnosti. Zprošťovací úrovně pro jednotlivé radionuklidy mají stanoveny hodnoty aktivity a hmotnostní aktivity. Hodnoty aktivity nebo hmotnostní aktivity pro jednotlivé radionuklidy udávají úroveň (určitou mez), kdy jsou při nepřekročení těchto úrovní radiační rizika zanedbatelná a to jak z radiohygienického hlediska, tak i ve srovnání s přírodními zdroji záření. Tzn., že takový radioaktivní materiál bychom mohli bez nějakých postihů vlastnit, neboť předpisy radiační ochrany to umožňují a nezakazují. Hodnoty zprošťovací úrovně aktivity a hmotnostní aktivity jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 1 výše uvedené vyhlášky.

Vzhledem k různým hodnotám vybraných radionuklidů, které byly zjištěny u vzorků, použijí vždy pro každý stanovený radionuklid průměrnou hodnotu ze všech odebraných vzorků.

Tabulka 11 – Zprošťovací úrovně a naměřené hmotnostní aktivity ve vzorcích

Radionuklid	Zprošťovací úrovně dle vyhlášky č. 307 (kBq/kg)	Průměrná naměřená hmotnostní aktivita ve vzorcích (kBq/kg)
²³⁵ U	10	0,003
²³⁸ U	10	0,085
²²⁶ Ra	10	0,1
⁴⁰ K	100	0,232

Ve všech případech, které jsem uvedl, jsou hodnoty hmotnostní aktivity jednotlivých radionuklidů menší než hodnoty uvedené ve výše uvedené vyhlášce dle §5 odst. 3 písm. b). Tzn., že součet podílů hmotnostních aktivit jednotlivých radionuklidů a příslušných zprošťovacích úrovní hmotnostních aktivit není vyšší než 1. Z toho

vyplývá, že podle §6 písm. c) uvedené vyhlášky se jedná o nevýznamný zdroj ionizujícího záření. Mezi takoveto zdroje ionizujícího záření, které jsou zařazeny mezi nevýznamné a se kterými se můžeme běžně setkat, patří např. drobné uzavřené etalony pro spektrometrickou kalibraci nebo ionizační hlásiče požáru.

4.5.3 Mezní hodnoty objemových aktivit v dodávkách vody

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně vymezuje v příloze č. 10 podklady k omezování ozáření z přírodních radionuklidů. V této příloze jsou v tabulce č. 5 (Tabulka 13 - Mezní hodnoty objemových aktivit) stanoveny „Mezní hodnoty objemových aktivit, při jejichž překročení se nesmí voda dodávat“. Mezní hodnoty uvedené v tabulce pro uran nezohledňují chemickou toxicitu, neboť ta se posuzuje zvlášť. Konkrétní typy vod jsou členěny dle vyhlášky č. 275/2004 Sb., o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a způsobu jejich úpravy.

Tabulka 13 - Mezní hodnoty objemových aktivit (29)

Radionuklid	Mezní hodnoty objemové aktivity [Bq/l]		
	Balená kojenecká voda	Pitná voda pro veřejné zásobování, balená pramenitá voda, balená pitná voda	Balená přírodní minerální voda
²²⁶ Ra	0,4	1,5	3
²³⁸ U	5	12	24

V podkapitole 4.5.2 Výskyt kontaminované balené vody v obchodních řetězcích, a následně provedené simulaci, kde neznámá teroristická skupina zneužila a importovala vodu z bývalého areálu MAPE Mydlovary do volného prodeje, můžeme porovnat naměřené hodnoty z odebrané vody v areálu MAPE (Tabulka 14 - Hodnoty objemových aktivit naměřené v bývalém areálu MAPE Mydlovary) s výše uvedenou vyhláškou (Tabulka 13 - Mezní hodnoty objemových aktivit), která stanovuje mezní hodnoty

objemových aktivit radionuklidů v balených vodách. U odebraných vzorků vody můžeme provést porovnání s naměřenou průměrnou objemovou aktivitou radionuklidů a také s nejvyšší naměřenou objemovou aktivitou radionuklidů ^{226}Ra – vzorek č. 16 a u ^{238}U – vzorek č. 14.

Tabulka 14 - Hodnoty objemových aktivit naměřené v bývalém areálu MAPE Mydlovary

Radionuklid	Hodnoty objemové aktivity [Bq/l] naměřené v bývalém areálu MAPE Mydlovary	
	Průměrná objemová aktivita	Nejvyšší objemová aktivita
^{226}Ra	0,3	0,5
^{238}U	1,8	7,4

4.5.4 Určení efektivní dávky z inhalace přírodních radionuklidů

Státní úřad pro jadernou bezpečnost vydal doporučení v podobě metodického návodu pro měření na pracovištích, kde může dojít k významnému zvýšení ozáření z přírodních zdrojů a určení efektivní dávky.

Toto určení efektivní dávky je zaměřeno na inhalace z přírodních radionuklidů mimo radonu a produktů jeho přeměny. Pro určování těchto efektivních dávek u pracovníků musí být splněna dvě kritéria: zastoupení dlouhodobých přírodních radionuklidů a hmotnostní aktivita některého radionuklidu musí přesahovat 1 kBq/kg. Pokud hmotnostní aktivita nepřesahuje 1 kBq/kg (při výkonu práce 2000 hodin/rok), jde o zprošťující kritérium pro určování efektivní dávky z inhalace příslušného radionuklidu a je vysoce nepravděpodobné, že efektivní dávka z inhalace za rok překročí 1 mSv.

Efektivní dávka (E) pracovníka z inhalace přírodních radionuklidů:

$$E = \sum_i (h_{i,inh} * a_{v,i}) * P * R * T$$

„ $h_{i,inh}$ = konverzní faktor pro přepočítání vdechnuté aktivity na efektivní dávku (Tabulka 12 - Konverzní faktory pro inhalaci)

$a_{v,i}$ = objemové aktivity přírodních radionuklidů ve vzduchu (dlouhodobý průměr) v Bq/m^3 ,

P = bezrozměrný faktor popisující stupeň ochrany při použití respirátoru; při prvním odhadu se konzervativně předpokládá $P = 1$, tj. situace bez použití respirátoru; není-li známa účinnost respirátoru, použije se také $P = 1$,

R = objem vdechnutého vzduchu za jednotku času v m^3/h ; není-li znám přesnější údaj, použije se pro pracovníka hodnota $1,2 m^3/h$,

T = roční doba expozice pracovníka na pracovním místě v hodinách“. (43)

Kvůli nízkým objemovým aktivitám u většiny přírodních radionuklidů ve vzduchu, které jsou také obtížně měřitelné, postačí provést odhad objemových aktivit z hmotnostních aktivit radionuklidů obsažených v materiálech.

$$a_{v,i} = p * a_{m,i}$$

„ $a_{v,i}$ = objemová aktivita radionuklidu ve vzduchu v Bq/m^3 ,

$a_{m,i}$ = hmotnostní aktivita radionuklidu v materiálu v Bq/kg ,

p = prašnost v kg/m^3 ; není-li známa přesnější hodnota, při běžných pracovních činnostech se počítá standardně $p = 1 mg/m^3$; na místech extrémně prašných $p = 10 mg/m^3$ “. (43)

Tabulka 12 - Konverzní faktory pro inhalaci (43)

Konverzní faktory pro inhalaci	
Nuklid	Konverzní faktor pro inhalaci (mSv/Bq) $h_{inh,i}$
^{238}U	$7,31 \cdot 10^{-2}$
^{226}Ra	$1,60 \cdot 10^{-2}$
^{235}U	$7,70 \cdot 10^{-3}$

Konverzní faktory u každého radionuklidu jsou vybrány nejvyšší a to podle různých typů absorpce v plicích. Pokud známe konkrétní typ sloučeniny, použijeme konverzní faktory uvedené ve vyhlášce č. 307 v příloze 3.

Ze zjištěných hmotnostních aktivit, které byly naměřeny u vzorků odebraných v bývalém areálu MAPE Mydlovary, splňuje kritéria pro určení efektivní dávky inhalace z přírodních radionuklidů pouze vzorek číslo 8 a to u radionuklidu ^{226}Ra , kde hmotnostní aktivita dosahuje 1058 Bq/kg (1,058 kBq/kg). Ostatní hmotnostní aktivity jednotlivých radionuklidů u odebraných vzorků nesplňují kritérium, kdy hmotnostní aktivita některého radionuklidu musí přesahovat 1 kBq/kg, tudíž jsou zproštěna pro určování efektivní dávky z inhalace. Pro ilustraci pouze teoreticky nastíním situaci a spočítám u vzorku číslo 8 efektivní dávku z inhalace přírodních radionuklidů pro pracovníka, který by na onom místě pracoval 8 hodin denně po celý rok pracovních dnů (252 dnů).

$$a_{v,i} = p \cdot a_{m,i}$$

$$a_{v,i} = 0,000001 \text{ kg/m}^3 \cdot 1058 \text{ Bq/kg}$$

$$a_{v,i} = \mathbf{0,001058 \text{ Bq/m}^3}$$

$$E = \sum_i (h_{i,inh} \cdot a_{v,i}) \cdot P \cdot R \cdot T$$

$$E = (1,6 \text{ E}^{-2} \cdot 0,001058 \text{ Bq/m}^3) \cdot 1 \cdot 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2016 \text{ h}$$

$$E = \mathbf{0,041 \text{ mSv/rok}}$$

U vzorku číslo 8 činí efektivní dávka z inhalace přírodních radionuklidů pro pracovníka **0,041 mSv/rok**. Z toho vyplývá, že efektivní dávka z inhalace nepřekročí vyšetřovací úroveň 1 mSv/rok. Vypočtená efektivní dávka je nízká proto, že u tohoto vzorku byla přesazena hmotnostní aktivita (1 kBq/kg) pouze u jediného radionuklidu a to u ^{226}Ra .

4.5.5 *Separace 1 gramu ^{226}Ra ze zeminy z MAPE Mydlovary*

Z hodnot, které byly naměřeny v odebraných vzorcích, je viditelné, že hmotnostní aktivity jednotlivých radionuklidů nejsou příliš vysoké. Proto se v této podkapitole zaměřím na to, že teroristé, kteří by chtěli zneužít materiál z bývalého areálu MAPE Mydlovary, chtějí zvýšit biologický účinek na osoby, tzn., že se pokusí vyseparovat z této zeminy 1 g ^{226}Ra . Separace ^{226}Ra je popsána v podkapitole 3.4 Chemická separace ^{226}Ra . Pro výpočet využiji nejvyšší naměřenou hodnotu ^{226}Ra , která byla zjištěna v odebraných vzorcích z areálu MAPE.

Vstupní data:

Molární hmotnost (M) $^{226}\text{Ra} = 226 \text{ g/mol}$

Hmotnostní aktivita (A) $^{226}\text{Ra} = 1058 \text{ Bq/kg} = 1,058 \text{ Bq/g}$

Poločas rozpadu ($T_{1/2}$) $^{226}\text{Ra} = 1600 \text{ let} = 5,04576 \cdot 10^{10} \text{ s}$

Avogadrova konstanta (N_A) = $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Výpočet hmotnosti (m) čistého radionuklidu ^{226}Ra

$$m = M * A * T_{1/2} * \frac{1}{\ln 2 * N_A}$$

$$m = 226 \frac{\text{g}}{\text{mol}} * 1,058 \frac{\text{Bq}}{\text{g}} * 5,04576 \cdot 10^{10} \text{ s} * \frac{1}{0,693 * 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

$$m = 2,89 \cdot 10^{-11} \text{ g}$$

Hmotnost radionuklidu ^{226}Ra v 1 gramu zeminy, pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary, je $2,89 \cdot 10^{-11}$ gramu.

Výpočet hmotnosti (m) potřebné zeminy k separaci čistého radionuklidu ^{226}Ra

$2,89 \cdot 10^{-11}$ g 1 g zeminy
1 g ^{226}Ra 34602076124 g = **34,6 tisíc tun** zeminy

Aby teroristé získali 1 g čistého ^{226}Ra , potřebovali by vytěžit **34,6 tisíc tun** zeminy pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary. Pro lepší představu by to znamenalo, že pokud by tuto zeminu vytěžili, muselo by ji odvézt cca 3 460 nákladních automobilů a to za předpokladu, že každý nákladní automobil uveze 10 tun zeminy.

Pokud by teroristé chtěli získat významný zdroj ionizujícího záření, tak ve vyhlášce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb se v příloze č. 14 a v tabulce č. 1 vymezující vysokoaktivní zářiče. Následujícím výpočtem zjistíme, kolik by teroristé potřebovali zeminy pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary, aby získali tento vysokoaktivní zářič stanovený vyhláškou.

Vstupní data:

Přibližná aktivita 1 gramu ^{226}Ra = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq = 1Ci

Vysokoaktivní zářič ^{226}Ra dle výše uvedené vyhlášky = $2 \cdot 10^9$ Bq

Hmotnost zeminy z MAPE na 1 gram ^{226}Ra = 34602076124 gramu

Výpočet hmotnosti (m) vysokoaktivního zářiče ^{226}Ra

1 gramu ^{226}Ra $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

0,054 gramu ^{226}Ra $2 \cdot 10^9$ Bq

Výpočet hmotnosti (m) potřebné zeminy k separaci vysokoaktivního zářiče ^{226}Ra

1 g ^{226}Ra 34602076124 g
0,054 g ^{226}Ra 1868512110 g = **1,86 tisíc tun** zeminy

Aby teroristé získali vysokoaktivní zářič ^{226}Ra , potřebovali by vytěžit **1,86 tisíc tun** zeminy pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary. To znamená, že by ji muselo odvézt cca 186 nákladních automobilů.

4.5.6 Ozáření osob z radionuklidů deponovaných na zemském povrchu

V této podkapitole vypočítám ozáření osob z radionuklidů, které se usadí po výbuchu špinavé bomby před radnicí na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích. Výpočet bude veden pouze v čistě teoretické rovině, kdy budou použita k výpočtu logicky uvažovaná data. Výsledkem bude jen teoretické nastínění možných dopadů z pohledu efektivní dávky. Vzhledem k biologickým účinkům radionuklidů budu při výpočtu pracovat pouze s radionuklidem ^{226}Ra .

Abych mohl vypočítat efektivní dávku, je třeba nejprve spočítat plošnou aktivitu. Budu vycházet z toho, že špinavá bomba je složena s trhavinové směsi DAP a 500 kg zeminy, která pochází z bývalého areálu MAPE. Zemina má podle naměřených hodnot zjištěných z odebraných vzorků průměrnou hmotnostní aktivitu ^{226}Ra 133 Bq/kg. Budu předpokládat, že se zemina rovnoměrně rozprostře na ploše kruhu o poloměru 30 metrů. Tento poloměr byl vyhodnocen programem TerEx jako nejmenší vzdálenost, ve které je předpoklad, že po výbuchu špinavé bomby, zde zůstane nejvíce rozprostřená zemina.

Plocha kruhu (P)

$$P = \pi r^2 = 3,14 * 30^2 = 2826 \text{ m}^2$$

Hmotnost zeminy na 1 m²

500 kg 2 826 m²
0,177 kg = 177 g 1 m²

Plošná aktivita na 1 m²

133 Bq 1000 g
24 Bq 177 g = 1 m²

Po výbuchu špinavé bomby vznikne na ploše kruhu o poloměru 30 metrů (2826 m²) plošná aktivita ²²⁶Ra **24 Bq/m²**.

Při hodnocení míry ozáření osob v uvažovaném případě rozptylu radioaktivních látek pomocí špinavé bomby je za normálních okolností nutné uvažovat všechny možné expoziční cesty. Expozice může být komplexní v tom smyslu, že může vyplývat z několika nezávislých cest expozice, které se třeba uplatňují současně.

Tyto expoziční cesty jsou zejména (35):

- zevní ozáření z radioaktivního oblaku (β a γ záření),
- zevní ozáření od radionuklidů deponovaných na zemském povrchu (β a γ záření),
- vnitřní ozáření v důsledku inhalace radionuklidů z oblaku,
- vnitřní ozáření v důsledku inhalace vzduchu kontaminovaného resuspensí radionuklidů původně usazených na zemském povrchu (resuspenze v důsledku přírodních vlivů),
- vnitřní ozáření v důsledku požití kontaminovaných potravin.

V našem případě je pro zjednodušení uvažované pouze zevní ozáření od radionuklidů, které jsou deponovány na zemském povrchu. Stanovení míry ozáření prostřednictvím ostatních expozičních cest je vysoce komplikovanou odbornou záležitostí překračující rozsah této práce.

Pro výpočet efektivní dávky jsem vycházel ze „Zprávy“ (34), která se zabývá zevní expozicí radionuklidů v ovzduší, vodě a půdě. Použiji koeficient dávky při vystavení osoby kontaminovanému povrchu, tzn. plošné aktivitě, která nám vznikla po výbuchu špinavé bomby. Koeficienty jednotlivých radionuklidů v půdě, uvedené ve „Zprávě“ jsou platné pro všechny její hustoty. Koeficient pro ^{226}Ra je $6,44 \cdot 10^{-18} \text{ Sv/Bq s m}^{-2}$.

Příkon efektivní dávky z plošné aktivity ^{226}Ra

$$6,44 \cdot 10^{-18} \text{ Sv/s} \dots\dots\dots 1 \text{ Bq m}^{-2}$$

$$1,54 \cdot 10^{-16} \text{ Sv/s} \dots\dots\dots 24 \text{ Bq m}^{-2}$$

Efektivní dávka z plošné aktivity v čase

$$1,54 \cdot 10^{-16} \text{ nSv/s} \cdot 3600 \text{ s (1 hodina)} = 5,54 \cdot 10^{-13} \text{ Sv} = \mathbf{0,000554 \text{ nSv}}$$

$$1,54 \cdot 10^{-16} \text{ nSv/s} \cdot 86400 \text{ s (24 hodin)} = 1,33 \cdot 10^{-11} \text{ Sv} = \mathbf{0,013 \text{ nSv}}$$

$$1,54 \cdot 10^{-16} \text{ nSv/s} \cdot 604800 \text{ s (7 dní)} = 9,31 \cdot 10^{-11} \text{ Sv} = \mathbf{0,093 \text{ nSv}}$$

$$1,54 \cdot 10^{-16} \text{ Sv/s} \cdot 2592000 \text{ s (30 dní)} = 3,99 \cdot 10^{-10} \text{ Sv} = \mathbf{0,399 \text{ nSv}}$$

$$1,54 \cdot 10^{-16} \text{ Sv/s} \cdot 31536000 \text{ s (365 dní)} = 4,86 \cdot 10^{-9} \text{ Sv} = \mathbf{4,86 \text{ nSv}}$$

4.5.7 Úvazek efektivní dávky po příjmu radionuklidu jednotlivcem

Ve vyhlášce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně jsou v příloze č. 3 a v tabulce č. 5 uvedeny konverzní faktory h_{ing} (Tabulka 15 - Konverzní faktory), které slouží k přepočtu příjmu radionuklidů jednotlivce z obyvatelstva po požití radioaktivní látky na úvazek efektivní dávky. Konverzní faktory se zde rozdělují podle věkových skupin a to na osoby do 1 roku, 1 až 2 let, 2 až 7 let, 7 až 12 let, 12 až 17 let a starší 17 let (dospělé osoby).

Tabulka 15 - Konverzní faktory (29)

Radionuklid	h_{ing} (Sv/Bq)	
	Věk	
	2 - 7 let	17 a více let
^{226}Ra	$6,2 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$
^{238}U	$8,0 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-8}$

Konverzní faktory jsou závislé na typu absorpce v trávicím ústrojí a tyto parametry pro jednotlivé chemické látky a sloučeniny uvádí tabulka č. 2 v příloze č. 3 výše uvedené vyhlášky. Absorpce v trávicím ústrojí je frakce, kdy látky a sloučeniny přecházejí do tělesných tekutin. Typy absorpce v trávicím ústrojí jsou již zakomponovány do konverzních faktorů h_{ing} , uvedených v příloze č. 3 v tabulce č. 5, které slouží k přepočtu příjmu radionuklidů jednotlivce z obyvatelstva po požití radioaktivní látky na úvazek efektivní dávky.

Pokud by došlo ke zneužití vody z bývalého areálu MAPE Mydlovary, použijeme k vypočtení úvazku efektivní dávky po příjmu radionuklidu jednotlivcem hodnoty potřebné pro přepočet, které stanovuje výše uvedená vyhláška. Budeme předpokládat, že při zneužití vody z bývalého areálu MAPE Mydlovary importované neznámou teroristickou skupinou do volného prodeje, dojde k vypití 1 litru dané vody jednotlivcem, pro příklad třeba dítětem ve věku 5 let a dospělou osobou ve věku 35 let. U odebraných vzorků vody použijí nejvyšší naměřené objemové aktivity daných radionuklidů u určitých vzorků, tj. vzorek č. 16 - ^{226}Ra 0,5 Bq/l a vzorek č. 14 - ^{238}U 7,4 Bq/l.

Úvazek efektivní dávky pro dítě ve věku 5 let

^{226}Ra

$6,2 \cdot 10^{-7}$ Sv 1 Bq

$3,1 \cdot 10^{-7}$ Sv (0,31 μSv) 0,5 Bq

^{238}U

$8,0 \cdot 10^{-8} \text{ Sv} \dots\dots\dots 1 \text{ Bq}$

$5,92 \cdot 10^{-7} \text{ Sv} (0,592 \mu\text{Sv}) \dots\dots\dots 7,4 \text{ Bq}$

Úvazek efektivní dávky pro dospělou osobu ve věku 35 let

^{226}Ra

$2,8 \cdot 10^{-7} \text{ Sv} \dots\dots\dots 1 \text{ Bq}$

$1,4 \cdot 10^{-7} \text{ Sv} (0,14 \mu\text{Sv}) \dots\dots\dots 0,5 \text{ Bq}$

^{238}U

$4,5 \cdot 10^{-8} \text{ Sv} \dots\dots\dots 1 \text{ Bq}$

$3,33 \cdot 10^{-7} \text{ Sv} (0,333 \mu\text{Sv}) \dots\dots\dots 7,4 \text{ Bq}$

Z výpočtů vyplývá, že při vypití 1 litru zneužitě vody pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary dítětem ve věku 5 let, je úvazek efektivní dávky u $^{226}\text{Ra} = 0,31 \mu\text{Sv}$ a u $^{238}\text{U} = 0,592 \mu\text{Sv}$ a u dospělé osoby ve věku 35 let je efektivní dávka u $^{226}\text{Ra} = 0,14 \mu\text{Sv}$ a u $^{238}\text{U} = 0,333 \mu\text{Sv}$.

4.6 Činnost při nálezů radioaktivního materiálu

Hlavním dokumentem, ze kterého se vychází při nálezů radioaktivního materiálu, je zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon). „Tento zákon vymezuje takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek, a omezovat ozáření fyzických osob tak, aby celkové ozáření nepřesáhlo v součtu stanovené limity ozáření. Všechny případy, při kterých jsou zachyceny radioaktivní materiály nebo je podezření na záchyt radioaktivních materiálů, ať již na základě varovného signálu detekčních prostředků nebo důvodného podezření odvozeného z jiných informací, by měly být řádně prošetřeny. Základním cílem šetření je vyloučit riziko, kdy dochází nebo může

dojít k nekontrolovanému ozáření osob nebo k nelegálnímu uvádění radionuklidů do životního prostředí“. (47)

Státní úřad pro jadernou bezpečnost vydal v souvislosti s výskytem radioaktivních materiálů doporučené postupy. Tyto doporučené postupy stanovují pravidla pro různé případy záchytu radioaktivního materiálu. Hlavní doporučení těchto postupů je přednostně určeno celním orgánům, příslušníkům HZS, příslušníkům Policie ČR a osobám zabývajícím se nakládáním s komunálními odpady nebo druhotnými surovinami. Doporučené postupy jsou navrženy tak, aby se daly aplikovat i v dalších případech záchytu radioaktivního materiálu.

Při nálezů radioaktivního materiálu řeší danou situaci Státní úřad pro jadernou bezpečnost a složky IZS. Složky IZS mají pro tyto případy vytvořenou typovou činnost, která je uvedena v katalogu souborů „Typových činností složek IZS při společném zásahu - STČ 01/IZS“. Typová činnost je zaměřena na „Uskutečnění a ověření použití radiologické zbraně“. V tomto dokumentu je popsáno vše, jak mají jednotlivé složky IZS postupovat při provádění záchranných a likvidačních prací a jaká opatření a úkony je nutné provést, aby se zamezilo, popřípadě úplně zabránilo dalším negativním vlivům plynoucím z tohoto druhu mimořádné události. HZS ještě má k dispozici k řešení těchto situací „Bojový řád jednotek požární ochrany“. Kromě těchto předpisů se složky IZS řídí i ostatními zákony, vyhláškami a interními předpisy, které jsou s tím spojené.

Pro získání dalších důležitých informací k tomuto tématu bych doporučil literaturu „Zásahy při radiační mimořádné události“, která se zabývá vývojem v této oblasti. Využívá informací o mezinárodně doporučených postupech a snaží se, aby v postupech a metodikách byla využita nová poznání a výsledky z cvičení i z praxe.

5 DISKUSE

V této práci bylo posbíráno mnoho poznatků a provedeno několik různých měření, které byly následně vyhodnoceny, posouzeny a porovnány s platnými předpisy, odbornou literaturou či za pomoci různých odborných doporučení, a proto lze konstatovat, že při možném zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary nedojde k závažnému ohrožení osob. Toto tvrzení zároveň potvrzuje hypotézu této diplomové práce. Přesto se najdou určité body, o kterých budu v následující části diskutovat, neboť případné zneužití radioaktivních materiálů a jeho následné použití, které by mohlo vést k ohrožení osob, nelze jakkoliv zlehčovat.

Na možné zneužití materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary se můžeme podívat i z jiného úhlu. Tímto jiným úhlem pohledu myslím samotné odnesení či odvezení radioaktivního materiálu. V tomto pohledu k tomuto zneužití přispívá především snadná dostupnost, neboť bývalý areál není zcela zabezpečený. Pouze některá odkaliště jsou oplocena a tam kde nejsou oplocení, brání vstupu pouze značky s nápisem „Nepovolaným vstup zakázán“ či nápis, který může někoho odstrašit „Sledované pásmo se zdroji ionizačního záření“. Snadný vstup na odkaliště ještě ulehčují cesty vybudované z důvodu provádění sanace a rekultivace odkališť, i když na některých příjezdových cestách jsou závory. Ty ale nejsou závažnou překážkou k překonání. Další zábranou před odnesením či odvezením radioaktivních kalů je uzavření některých odkališť vrstvicím materiálem, na základě provádění sanačních a rekultivačních prací. V podstatě tedy můžeme říci, že z pohledu přístupu lze radioaktivní materiál z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary kdykoliv použít k jeho možnému zneužití.

V případě, že si někdo odnese kaly z areálu MAPE, můžeme tento problém v podobě vlastnění posoudit podle naměřených hodnot získaných ze vzorků a stanovených limitů uvedených ve vyhlášce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307 o radiační ochraně. Konkrétně se tímto problémem zabývám v podkapitole 4.5.2 Držba radioaktivních látek, kde jsou výsledky popsány. Z těch vyplývá, že

radioaktivní materiál, který pochází z bývalého areálu MAPE Mydlovary, můžeme vzhledem k jeho hmotnostním aktivitám pro jednotlivé radionuklidy bez postihů vlastnit, neboť předpisy radiační ochrany to umožňují a nezakazují.

Reálnost, že by teroristé zneužili radium, které je obsaženo v zemině pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary, je minimální, spíše úplně mizivá. První nereálnost zneužití radia spočívá v množství zeminy (kalů), která by se musela vytěžit pro její další zpracování k získání potřebného radionuklidu. V podkapitole 4.5.5 Separace 1 g ^{226}Ra ze zeminy z MAPE Mydlovary, jsem se problematikou získání určitého množství zabýval. Z výpočtů vyšlo, že by teroristé k získání 1 g čistého ^{226}Ra potřebovali vytěžit 34,6 tisíc tun zeminy pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary. To znamená, že pokud by tuto zeminu vytěžili, muselo by ji odvézt 3 460 nákladních automobilů a to za předpokladu, že každý nákladní automobil uveze 10 tun zeminy. Pokud by byli teroristé méně nároční a postačilo by jim menší množství ^{226}Ra , ale přesto v podobě dosti účinného zdroje, tedy významného zdroje ionizujícího záření (vysokoaktivní zářič ^{226}Ra), potřebovali by vytěžit 1,86 tisíc tun zeminy pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary. To znamená, že by ji muselo odvézt cca 186 nákladních automobilů. To už je skoro 19 x méně zeminy než množství zeminy potřebné k získání 1 g čistého ^{226}Ra . Přesto takové množství materiálu, které by museli vytěžit, by bylo při jeho přesunu příliš nápadné. Především z pohledu zvýšeného pohybu těžké techniky (nákladních automobilu, bagrů apod.) na příjezdových silnicích a v prostoru MAPE. Finanční náklady na tyto aktivity by byly vysoké. Tento nežádoucí pohyb by byl hodně podezřelý, jak pro obyvatele Mydlovar a sousedních obcí, tak i pro stále pracující firmy v prostoru MAPE, které provádějí sanační a rekultivační práce. Dalším zábranou při zneužití radia ze zeminy z MAPE je uzavření některých odkališť materiálem, který je na nich navrstven z důvodu provádění sanačních a rekultivačních prací. Aby se zpřístupnily uranové kaly, které mohou mít zvýšené hmotnostní aktivity radionuklidů, musel by se odstranit (odbagrovat) navrstvený materiál o mocnosti několika metrů (podkapitola 1.1.7 Způsob sanačních a rekultivačních prací na odkalištích). Pokud by se přesto podařilo teroristům tento materiál v takovémto množství získat, čekala by je složitá a náročná separace radia. Výroba radia z uranových rud je složitý technologický

proces. V našem případě by se jednalo o výrobu z uranových kalů, které už byly částečně zbaveny uranu, přičemž radium je právě tvořeno rozpadem tohoto radionuklidu. Aby výroba radia byla dosti účinná, provádí se z rud nebo z rudných koncentrátů obsahujících asi 10 % uranu. V odkalištích jsou uloženy vyloužené rudy s obsahem 0,0138 % uranu, což je asi 730x méně než je zapotřebí k dostatečně účinné separaci radia. Další nevýhodou je, že při zpracování kalů a separování radia by docházelo k nezbytným ztrátám, tudíž by se nedaly ani poslední zbytky radia v kalech 100 % vyseparovat. Při konečné separaci radia je třeba ještě počítat s tím, že separované radium je velmi nebezpečné, neboť emituje tvrdé záření γ . Je tedy nutné mít zařízení pro dálkovou manipulaci, pokud by tak nebylo, jednalo by se určitým způsobem o sebevražedné jednání. Finanční nákladnost separace by odhadem dosahovala několik desítek, ne-li stovek milionů korun a vzhledem k velkému počtu složitých mechanických a chemických operací by muselo být technologické a technické zázemí na vysoké úrovni. Pokud tato všechna fakta shrneme, je jasné, že vynaložené úsilí na separaci radia nebo i jiného radionuklidu ze zeminy pocházející z bývalého areálu MAPE je náročné a tudíž i nereálné. V porovnání s jinými útoky (bombové, chemické, biologické), které jsou namířeny proti obyvatelstvu, jsou právě tyto útoky o mnoho reálnější a ekonomicky méně nákladné, než by bylo provedení jakéhokoliv útoku při využití separovaného radia z kalů pocházejících z bývalého areálu MAPE.

V předchozím odstavci jsem se zabýval problematikou, jaké množství zeminy by museli teroristé vytěžit k získání a následné separaci ^{226}Ra , aby získali významný zdroj ionizujícího záření v podobě vysokoaktivního zářiče. Podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně má vysokoaktivní zářič ^{226}Ra aktivitu $2 \cdot 10^9$ Bq (2 GBq). Pokud by se teroristům nepodařilo získat ^{226}Ra o aktivitě vysokoaktivního zářiče, ale podařilo by se jim získat pouze zářič ^{226}Ra o 3x menší aktivitě, tedy cca 0,7 GBq, disponovali by podobným zářičem ^{226}Ra , který se našel na podzim roku 2011 v Praze na dětském hřišti. Tento nalezený zářič měl aktivitu cca 700 MBq (0,7 GBq). Tento zářič se nacházel 8 cm pod povrchem země a dávkové příkony ze zdroje rychle klesaly v závislosti na vzdálenosti (0,5 cm nad povrchem půdy - $19 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$, 25 cm nad povrchem půdy - $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$, 1 m nad povrchem půdy $130 - 140 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ a cca 3 m od zářiče $9 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$).

Odborníci zhodnotili, že osoby pohybující se na dětském hřišti ve vzdálenosti cca 1 metr od zdroje po dobu 100 hodin za rok, by obdržely dávky odpovídající maximálně pětinasobku roční dávky od přírodního pozadí v ČR. Osoby, které se pohybují ve větší vzdálenosti od zdroje, by obdržely dávky mnohem nižší, které by ani nemusely dosahovat hodnot roční dávky od přírodního pozadí v ČR. Z toho vyplývá, že pokud by se teroristům podařilo získat takovýto zářič o aktivitě cca 700 MBq, tak jeho nejefektivnější zneužití by připadalo v úvahu asi takové, že by byl tento zářič podstrčen osobě do její těsné blízkosti a to tak, aby byla tato osoba s tímto zářičem v kontaktu po co nejdelší dobu. Potom se dají předpokládat u této osoby určité zdravotní potíže způsobené tímto zdrojem ionizujícího záření. Při použití tohoto zářiče ve špinavé bombě by se vzhledem k jeho velkému rozptylu do prostoru několikanásobně snížily hodnoty aktivit a dávky, takže z pohledu radioaktivních účinků na člověka by bylo toto zneužití neefektivní. U těchto lidí by mohly v důsledku ozáření nastat maximálně stochastické účinky, tedy zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění.

V podkapitole 4.5.6 Ozáření osob z radionuklidů deponovaných na zemském povrchu jsem vypočítal ozáření osob z radionuklidů, které se usadí po výbuchu špinavé bomby před radnicí na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích. Výpočet je čistě teoretický a výsledkem je možná hodnota efektivní dávky v čase, zevního ozáření od radionuklidů, které jsou deponovány na zemském povrchu. Z výpočtů vyplývá, že při výbuchu špinavé bomby obsahující zeminu pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary vznikne na ploše kruhu o poloměru 30 metrů (2826 m²) plošná aktivita o hodnotě 24 Bq/m². Pokud by po výbuchu špinavé bomby panovaly po této události stále stejné podmínky po dobu jednoho roku, což je nereálné (aktivita vzhledem k povětrnostním vlivům bude klesat a osoby se tam v tak dlouhém čase zdržovat nebudou), obdržela by osoba na onom místě efektivní dávku 4,86 nSv. Tato efektivní dávka je tak nízká, že by i přístroje používané na měření dávkových příkonů, nezjistily žádnou významnou odchylku od standardu, neboť tato dávka by s těžší zvýšila hodnotu přírodního pozadí na onom konkrétním místě. Je třeba brát také v potaz, že jde o konzervativní odhad, neboť počítáme s rovnoměrným rozprostřením zeminy, přičemž k tomuto jevu určitě nedojde. K rozprostření kontaminované zeminy by nejvíce došlo

v nejbližším okolí výbuchu a z toho také následně vyplývá, že dávkový příkon bude rychle klesat v závislosti na vzdálenosti od výbuchu. Tzn., že efektivní dávky pro osoby budou se vzdáleností klesat a vzhledem k použitému materiálu ztratí úplně na významu. Zároveň výslednou hodnotu můžeme posoudit na základě obecných limitů, které jsou uvedeny ve vyhlášce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně v § 19 odst. 1 písm. a). Tyto limity se vztahují na obyvatele, kdy není přípustné překročení součtu efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření. Tato hodnota je stanovena na 1 mSv/rok, tudíž přípustná hodnota, při ozáření osob z radionuklidů deponovaných na zemském povrchu, není v našem případě překročena.

V podkapitole 4.5.1 Odhad dávek v bývalém areálu MAPE Mydlovary jsem provedl odhad dávek z vlastních provedených měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama na určitých místech v bývalém areálu MAPE Mydlovary a monitoringu, který tam provedla Dozimetrická služba, Správa uranových ložisek Příbram. Zde je porovnám s průměrnou hodnotou přírodního pozadí (2,4 mSv/rok), která je na území České republiky. Z odhadů vyplývá, že osoba, která by tam po dobu jednoho roku nepřetržitě pobývala, by obdržela za rok dávku cca 1,3 mSv (dle Dozimetrické služby cca 1,6 mSv/rok), což s porovnáním s přírodním pozadím odpovídá zhruba 1/2 násobku roční dávky od průměrné hodnoty přírodního pozadí v ČR. Osoba, která by pracovala na odkalištích po dobu jednoho roku (cca 252 pracovních dnů - 8 hodin/den), by obdržela za rok dávku cca 0,3 mSv (dle Dozimetrické služby cca 0,4 mSv/rok). To odpovídá zhruba 1/6 násobku roční dávky od průměrné hodnoty přírodního pozadí v ČR. Průměrnou hodnotu přírodního pozadí v ČR by dosahovala až nejvyšší naměřená hodnota z vlastních měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama, tedy cca 2,37 mSv/rok. Z monitoringu Dozimetrické služby by to bylo cca 2,5 mSv /rok. Dále jsem provedl dodatečná kontrolní měření i mimo bývalý areál MAPE (Hlincová Hora, Temelín), kdy tyto výsledky jsou v porovnání s průměrnými výsledky naměřených hodnot v bývalém areálu na podobné, ne-li stejné úrovni. Z tohoto pohledu vyplývá, že příkon dávkového ekvivalentu záření gama v bývalém areálu MAPE Mydlovary je pro

osoby, které se v tomto prostoru pohybují, s porovnáním s průměrným přírodním pozadím v ČR nižší, v nejhorším případě srovnatelný.

V podkapitole 4.5.4 Určení efektivní dávky z inhalace přírodních radionuklidů jsem provedl výpočet inhalace z přírodních radionuklidů, jaká by byla v případě pobytu v bývalém areálu MAPE. Výpočet efektivní dávky inhalace z přírodních radionuklidů je vypočítáván pro pracovníka, který by v bývalém areálu MAPE Mydlovary pracoval 8 hodin denně po celý rok v pracovních dnech (252 dnů). Pokud bychom chtěli tento výsledek čistě teoreticky porovnat se simulovaným výbuchem špinavé bomby před radnicí na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích, tak výsledné hodnoty efektivní dávky inhalace z přírodních radionuklidů pro osoby by byly několikanásobně menší. Je totiž nemyslitelné a nepředstavitelné, že by teroristé použili ve špinavé bombě tolik radioaktivního materiálu z MAPE Mydlovary, aby dosáhli na náměstí Přemysla Otakara II. takové stálé prašnosti po výše uvedené dobu, jako je v bývalém areálu. Také je málo reálné, že by osoby pobývaly po celou výše uvedenou dobu na náměstí Přemysla Otakara II. Dalším důvodem pro konstatování nižších efektivních dávek je to, že při výpočtu jsem použil největší hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{226}Ra (1058 Bq/kg), přičemž průměrná hmotnostní aktivita, kterou jsem v odebraných vzorcích naměřil, se pohybuje okolo 133 Bq/kg. Z toho vyplývá, že efektivní dávka z inhalace nepřekročí vyšetřovací úroveň 1 mSv/rok, neboť efektivní dávka z inhalace přírodních radionuklidů při použití špinavé bomby na náměstí Přemysla Otakara II. by nedosáhla ani hodnoty 0,041 mSv/rok, která by se obdržela v daném čase při pobytu v areálu MAPE. I zde platí, že pokud by došlo k výbuchu špinavé bomby a s tím spojeného nerovnoměrného rozptylu radioaktivního materiálu, tak pro osoby budou dávky v závislosti na vzdálenosti od výbuchu, času a daných povětrnostních podmínkách klesat. Oproti zevnímu ozáření je tato expoziční cesta málo významná.

Ve vyhlášce č. 307 o radiační ochraně jsou uvedeny mezní hodnoty objemových aktivit v dodávkách vody. Tyto hodnoty následně porovnáám s naměřenými hodnotami z odebraných vzorků vod, které pocházejí z bývalého areálu MAPE Mydlovary. Výsledky o této problematice popisují v podkapitole 4.5.3 Mezní hodnoty objemových aktivit v dodávkách vody. Při srovnání s průměrně naměřenými hodnotami u vybraných

radionuklidů (tj. ^{226}Ra a ^{238}U) obsažených v odebrané vodě, splňují hodnoty kritéria, která jsou stanovena pro balenou kojeneckou vodu. V případě nejvyšších naměřených objemových aktivit u vybraných radionuklidů jsou hodnoty radionuklidů pod mezí hodnot, které splňují kritéria pro pitnou vodu pro veřejné zásobování, balenou pramenitou vodu a balenou pitnou vodu. Lze tedy konstatovat, že z pohledu obsažených radionuklidů ve vodě splňuje voda jakostní a zdravotní kritéria nezávadnosti. Tudíž zneužití vody by bylo z tohoto pohledu zcela neefektivní.

Pokud by přesto neznámá teroristická skupina importovala do volného prodeje vodu z bývalého areálu MAPE Mydlovary a následně ji někdo požil, provedl jsem i pro tento případ výpočet, který je popsán v podkapitole 4.5.7 Úvazek efektivní dávky po příjmu radionuklidu jednotlivcem. Zde jsem pro výpočet úvazku efektivní dávky po příjmu radionuklidu vybral dvě různé věkové skupiny osob z obyvatelstva, které by požily vodu z bývalého areálu MAPE. Konkrétně to znamená, že jsem vybral dítě ve věku 5 let a dospělou osobou ve věku 35 let a každý z nich by vypil 1 litr dané vody. Z výpočtů vyplynulo, že při vypití 1 litru zneužitě vody pocházející z bývalého areálu MAPE Mydlovary a to dítětem ve věku 5 let je úvazek efektivní dávky u $^{226}\text{Ra} = 0,31 \mu\text{Sv}$ a u $^{238}\text{U} = 0,592 \mu\text{Sv}$ a u dospělé osoby ve věku 35 let je efektivní dávka u $^{226}\text{Ra} = 0,14 \mu\text{Sv}$ a u $^{238}\text{U} = 0,333 \mu\text{Sv}$. Výsledné hodnoty opět můžeme posoudit na základě obecných limitů podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, kdy se limity vztahují na obyvatele a není přípustné překročení součtu úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření, tedy 1 mSv/rok. V tomto případě budeme čistě teoreticky předpokládat, že osoba ve věku 5 let bude požívat vodu po dobu 1 roku (podle § 74 odst. 3 výše uvedené vyhlášky požije 450 litrů vody za rok) a to znamená, že součet úvazků efektivní dávky z ^{226}Ra a ^{238}U , by byl 0,406 mSv. U dospělé osoby ve věku 35 let, při požívání vody po dobu 1 roku (podle vyhlášky požije 1000 litrů vody za rok), by byl součet úvazků efektivní dávky z ^{226}Ra a ^{238}U 0,473 mSv. U obou případů nebyla podle vyhlášky překročena přípustná hodnota 1 mSv/rok. Výsledné hodnoty úvazku efektivní dávky ještě sníží fakt, že jsem pro výpočet použil z odebraných vzorků nejvyšší naměřené objemové aktivity radionuklidů (^{226}Ra , ^{238}U), neboť hodnoty objemových aktivit u ostatních odebraných vzorků byly i několikanásobně nižší. Je

třeba také počítat s tím, že ozáření z radionuklidů je v organismu rozložené v čase od okamžiku jeho příjmu. Přičemž jeho vliv se mění v závislosti na změnách distribuce v organismu, radioaktivní přeměně a vylučování z organismu.

Ve vzorcích odebraných v bývalém areálu MAPE Mydlovary byly také změřeny hmotnostní a objemové aktivity ^{40}K . tento radionuklid byl změřen z důvodu, že je jedním z významných přírodních zdrojů ozáření a je také obsažen v každém lidském těle, kde slouží mimo jiné jako mediátor signálů v buňkách. Průměrné naměřené hodnoty hmotnostní a objemové aktivity ^{40}K , které jsme naměřili ve vzorcích pocházející z areálu MAPE, činí hmotnostní aktivita u zeminy cca 307 Bq/kg a objemová aktivita u vody je cca 6 Bq/l. V podkapitole 1.1.8.1 Popis radionuklidů se zmiňuji u ^{40}K , že je koncentrace v těle prakticky stejná u všech osob a pohybuje se kolem 55 Bq/kg. V podstatě to znamená, že průměrný lidský organismus může být považován za zdroj radioaktivního záření, který má aktivitu několika kBq a hodnota vnitřního ozáření se může pohybovat od 0,10 do 0,25 mSv/rok. Pokud vezmeme v úvahu hmotnostní a objemové aktivity ^{40}K u vzorků pocházející z areálu MAPE a porovnáme je s aktivitou ^{40}K v lidském organismu, tak lze říci, že vzhledem k biologickým účinkům nejsou hodnoty aktivity od sebe nějak výrazně odlišné.

U odebraných vzorků zemin a vod pocházejících z bývalého areálu MAPE Mydlovary jsou změřeny hmotnostní a objemové aktivity vybraných radionuklidů (podkapitoly 4.2.1 Naměřené hodnoty hmotnostní aktivity radionuklidů v zemině a 4.2.2 Naměřené hodnoty objemové aktivity radionuklidů ve vodě). Tyto hodnoty porovnám s hodnotami, které se obvykle vyskytují v České republice. Obvyklé hodnoty vyskytující se v České republice jsou popsány v knize „Principy a praxe radiační ochrany“ (9). Typické hmotnostní aktivity v zeminách jsou podobné jako u hornin, které jsou primárním zdrojem přírodních radionuklidů. Hmotnostní aktivity u ^{226}Ra a ^{238}U jsou v rozmezí 1 – 1000 Bq/kg (tyto dva radionuklidy mají hmotnostní aktivity v přibližné radioaktivní rovnováze) a u ^{40}K jsou v rozmezí 70 – 1800 Bq/kg. Naměřené hmotnostní aktivity u odebraných vzorků zeminy se pohybovaly u ^{226}Ra v průměru okolo 133 Bq/kg a nejvyšší hodnota dosahovala 1058 Bq/kg. Hmotnostní aktivity u ^{238}U se pohybovaly v průměru okolo 113 Bq/kg (nejvyšší hodnota 292 Bq/kg). Hmotnostní

aktivity u ^{40}K se pohybovaly v průměru okolo 307 Bq/kg (nejvyšší hodnota 786 Bq/kg). Po tomto srovnání můžu konstatovat, že naměřené hmotnostní aktivity vybraných radionuklidů u odebraných vzorků zemin spadají do rozmezí hodnot hmotnostní aktivity, které se obvykle vyskytují v zemině v České republice. Přírodní radionuklidy obsažené v zemině se také uvolňují složitými procesy do vod, a proto voda vždy určité množství radioaktivních látek obsahuje. Obvyklý výskyt radionuklidů ve vodě v České republice je u ^{226}Ra v rozmezí 0,01 – 0,1 Bq/l, u ^{235}U v rozmezí 0,001 – 0,1 Bq/l a u ^{238}U v rozmezí 0,01 - 1 Bq/l. Průměrné naměřené hodnoty (v závorce nejvyšší naměřené hodnoty) u vybraných radionuklidů v odebraných vzorcích jsou u ^{226}Ra 0,3 Bq/l (0,5 Bq/l), u ^{235}U 0,2 Bq/l (0,4 Bq/l) a u ^{238}U 1,8 Bq/l – 7,4 Bq/l. Pokud jde o porovnání hodnot těchto vybraných radionuklidů obsažených ve vodě, tak naměřené hodnoty radionuklidů v odebraných vzorcích vody jsou mírně nad hodnotami radionuklidů, které jsou obvykle obsaženy ve vodě v České republice. Toto mírné překročení obvyklých hodnot bych nepovažoval za znepokojující.

V případě jakéhokoliv zneužití radioaktivního materiálu, který způsobí mimořádnou událost či krizovou situaci, jsou povinny zasáhnout složky IZS. Ty se řídí dokumenty, které obsahují postupy k jejich zvládnutí. Složky IZS mají pro tyto případy vytvořenou typovou činnost, která je uvedena v katalogu souborů „Typových činností složek IZS při společném zásahu - STČ 01/IZS“. Typová činnost je zaměřena na „Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně“. Podle této typové činnosti vymezuje HZS v místě zásahu různé zóny. Jedná se o nebezpečnou zónu (dávkový příkon na vnější hranici zóny je 1 mGy/h, popř. 1 mSv/h), bezpečnostní zónu (dávkový příkon na vnější hranici zóny je 10 $\mu\text{Sv/h}$ nebo plošná aktivita 10 Bq/cm²) a vnější zónu (prostory pro ošetření raněných, nástupní prostor, týlový prostor apod.) Pokud by došlo podle nastíněné simulace k výbuchu špinavé bomby před radnicí na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích, byl by dle předešlých výpočtů v okruhu 30 m od exploze příkon efektivní dávky 0,000554 nSv/h a plošná aktivita 24 Bq/m² (0,0024 Bq/cm²). Tzn., že na základě těchto zjištěných hodnot by složka HZS v místě zásahu nemusela vůbec vytyčovat uvedené zóny a zároveň zdravotní riziko pro zasahující jednotky by nebylo významné.

Přesto, i když není tato nasimulovaná mimořádná událost v podobě špinavé bomby z pohledu radiačních účinků nebezpečná, procházejí jednotliví pracovníci složek IZS při provádění záchranných a likvidačních prací určitou zátěží a stresem. Proto je velmi důležité u pracovníků složek IZS předcházet negativním psychologickým účinkům, které mohou vznikat při těchto událostech. Účinnou formou předcházení psychologických účinků jsou cvičení těchto zátěžových situací, která by měla být co nejvíce reálná. Zasahujícím pracovníkům by zároveň měli i jejich nadřízení poskytnout co nejlepší podmínky (dostatečné informace, ochranné oděvy a pomůcky zabraňující inhalaci a ingesci, kontrola a regulace pobytových dob apod.) k provádění záchranných a likvidačních prací, aby lépe zvládali stresující situace tohoto typu.

Počítačový program TerEx byl v této diplomové práci využit pouze jako doplněk, aby si mohl každý udělat určitou představu o velikosti rozsahu při výbuchu nálože s radioaktivním materiálem, tzv. špinavé bomby. Program TerEx umí znázornit vytyčení určitých zón a podle nich můžeme pouze usuzovat, jak se rozptýlí radioaktivní materiál do okolí a kam až může zasáhnout. Co se týče konkrétních zjištění o okamžitém stavu objemové aktivity plynů a aerosolů v ovzduší, dávkových příkonů, kontaminace v ulicích, popřípadě zjištění radionuklidu aplikovaného v "dirty bomb", tak to program není schopen vyhodnotit, což je v našem případě škoda. Pokud jde o program, který by uměl vyhodnotit následky "dirty bomb" a který bych pro tyto případy doporučil, tak se jedná o počítačový simulační matematický model ESTE, se kterým disponuje v ČR SÚJB. S tímto simulačním programem jsem neměl možnost pracovat. Počítačový simulační matematický model ESTE zohledňuje mechanismy radioaktivní přeměny, vymývání při srážkách, suchý spad či gravitační usazování a po zadání potřebných parametrů simuluje šíření radionuklidů v mapách a vypočítává radiační situaci (okamžitý stav objemové aktivity v ovzduší, dávkové příkony, plošnou aktivitu v terénu, odhad velikosti aktivity zdroje, velikost ozáření osob aj.). Matematický model ESTE se neustále zdokonaluje, kalibruje a podrobuje testům, které se srovnávají v rámci reálně vykonaných experimentů s reálným zdrojem radioaktivního zamoření na cvičném polygonu. K reálnému použití modelu ESTE došlo v rámci

cvičení INEX-4 2011 v roce 2011 na žádost SÚRO, které bylo zaměřeno na aplikování "špinavé bomby" proti obyvatelstvu na náměstí v Pelhřimově.

Pokud všechny výsledky a poznatky uvedené v této práci shrnu, je pravděpodobnost teroristického útoku v podobě radiologické hrozby za využití a následného zneužití radioaktivních materiálů z bývalého areálu MAPE Mydlovary nízká a v některých případech i velmi nereálná. Pro oblast terorismu je zneužití těchto radioaktivních materiálů málo efektivní. Ve srovnání s jinými typy teroristických útoků spočívá nízká efektivita v mírnějších ztrátách na životech a celkově mírnějších dopadech na zdraví lidí. Hlavní negativní dopady by byly spatřovány v oblasti psychologické a ekonomické. V těchto psychologických a ekonomických aspektech můžeme jednoznačně spatřovat velké nebezpečí pro společnost, která nesmí tyto hrozby tolerovat a opomíjet. Měla by být v budoucnu připravena čelit možnému zneužívání radioaktivních materiálů, aby následné negativní dopady bylo možné co nejvíce minimalizovat.

6 ZÁVĚR

Na závěr této práce bych konstatoval, že strach z materiálů, které se nacházejí v areálu bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary není až tak opodstatněný. Materiály z bývalé úpravný splňují mnoho hledisek pro životní prostředí a pro zachování zdravého jedince nejsou nebezpečné. Z pohledu možného zneužití materiálů z bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary lze reálně říci, že pravděpodobnost radiologických hrozeb, které jsou popsány v této práci, je velmi malá. Zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravný je z hlediska lidských životů značně neefektivní oproti jinému zneužití materiálů nebo látek, jako např. chemických či biologických. Aktivity a příkony dávkového ekvivalentu záření gama z materiálů z bývalé úpravný se pohybují v rozmezích, která zaručují nepřesáhnutí hodnot dle různých hledisek, která upravuje zákon nebo která doporučují odborníci. Hlavní roli po zneužití materiálu z MAPE Mydlovary by sehrály především psychologické a ekonomické dopady, které by ovlivnily jak širokou veřejnost, tak stát. Tyto důvody by nás měly dovést ke konečnému zhodnocení, že by se nemělo takovéto možné zneužití materiálů podceňovat. Se záchrannými a likvidačními pracemi, které vyplývají ze zneužití materiálů popisovaných v práci, nemáme žádné zkušenosti, a proto je velmi důležité na tuto možnost zneužití nezapomínat. Měli bychom na ni být připraveni tak, jako jsme připraveni na jiné mimořádné události či krizové situace.

Výsledky práce mohou být použity jako studijní materiál k doplnění a rozšíření znalostí o rizicích vyplývajících z možného zneužití radioaktivních materiálů. Dále mohou získané informace sloužit jako podklad pro odhad možných následků, které by mohly nastat při řešení krizové situace při možném zneužití radioaktivních materiálů z bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary. Jedním z přínosů této práce má být také zvýšení informovanosti a osvětlení určitých následků ionizujícího záření na člověka materiály z bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary. Informace jsou určeny nejen pro obyvatele Mydlovar a jejich přilehlého okolí, kterých se problematika úpravný uranových rud dotýká, ale i pro další laickou a odbornou veřejnost, která se o tuto problematiku zajímá.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura:

- (1) BRZYBOHATÝ, Marian. *Současné vývojové trendy terorismu a vybrané pedagogické problémy výcviku speciálních jednotek*. Praha: Policejní akademie České republiky, 2001. 101 s. ISBN 80-7251-073-8.
- (2) BRZYBOHATÝ, Marian. *Terorismus I*. Vydání 1. Praha: Vydavatelství POLICE HISTORY, 1999. 141 s. ISBN 80-902670-1-7.
- (3) BRZYBOHATÝ, Marian. *Terorismus II*. Vydání 1. Praha: Vydavatelství POLICE HISTORY, 1999. 197 s. ISBN 80-902670-4-1.
- (4) BRŮČEK, Petr, et al. *ZPRÁVA o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2010*. Příbram: SUL Příbram, 15. 03. 2011. 171 s.
- (5) DEBERTIN, Klaus a Richard G. HELMER. *Gamma- and x-ray spectrometry with semiconductor detectors*. North-Holland: Elsevier science publishers B.V., 1988, 399 s. ISBN 0444-871071.
- (6) *Encyklopedie světový terorismus*. První. Praha: Svojtka & Co, 2001. 536 s. ISBN 80-7237-340-4.
- (7) HÁLA, Jiří. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. 1.vyd. Brno: Konvoj, 1998. 310 s. ISBN 80-85615-56-8.
- (8) HESLOP, R. B. a K. JONES. První. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1982, 836 s. ISBN neuvedeno.

- (9) KLENER, Vladislav. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha : Azin CZ, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.
- (10) KOLLAR, Karel, Václav HAVEL a František SCHUSTER. *ZPRÁVA o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí v oblasti PRLP Mydlovary za rok 2009*. Mydlovary: SUL Příbram, 28. 02. 2010. 39 s.
- (11) KUNA, Pavel, et al. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2005. 222 s. ISBN 80-86571-09-2.
- (12) MAJER, Vladimír et al. *Základy jaderné chemie*. Druhé. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1981, 612 s. ISBN nevedeno.
- (13) *Manipulační a provozní řád pro odkaliště Mydlovary*. Příbram: SUL Příbram, 23. 8. 2010. 64 s.
- (14) MATOUŠEK, Jiří, O. MIKA a D. VIČAR. *Nové hrozby terorismu: Chemický, biologický, radiologický a jaderný terorismus*. Brno: Univerzita obrany, 2005. 121 s. Univerzita Obrany, Brno 2005. ISBN 80-7231-037-2.
- (15) MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART. *CBRN: Jaderné zbraně a radiologické materiály*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-029-6.
- (16) MATZNER, Jan. *GAMAT: interaktivní systém pro spektrometrii gama*. Verze 4.0G. 2003.
- (17) MATZNER, Jan. *Praktika z dozimetrie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2004, 79 s. ISBN 80-7040-707-7.

- (18) OHERA, M. *High resolution gamma-ray spektrometry with semiconductor detectors*. Třebíč: Envinet, 2006.
- (19) PROUZA, Zdeněk, Jaroslava HEJDOVÁ a Pavel LIŠČÁK. Zhodnocení možnosti radiologického teroristického útoku. *112 : Odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. 17. září 2004, III, Číslo 9, s. 1 - 7. Dostupný z: http://www.hzscr.cz/soubory/casopis_112_rok_2004.pdf. ISSN 1213-7057.
- (20) PROUZA, Zdeněk a Jiří ŠVEC. *Zásahy při radiální mimořádné události*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. 123 s. ISBN 978-80-7385-046-3.
- (21) ŘEPA, Libor. *Problematika nestandardních postupů využívaných i v rámci integrovaného záchranného systému*. České Budějovice, 2010. 82 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- (22) SINGER, Jan. *Dozimetrie ionizujícího záření*. 1.vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2005, 67s. ISBN 80-7040-752-2
- (23) SINGER, Jan a Jindřiška HEŘMANSKÁ. *Principy radiální ochrany*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2004. 111 s. ISBN 80-7040-708-5.
- (24) TOMÁŠEK, Josef, et al. *EIA 2001- Dokumentace o hodnocení vlivu na životní prostředí stavby – Sanace, rekultivace a vyřazování odkališť po uranové činnosti na lokalitě Mydlovary*. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, červen 2001, 260 s.

- (25) TOMÁŠEK, Josef, et al. *Chemická úpravná MAPE Mydlovary: Analýza rizika zahlazování následků hornické činnosti*. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2003. 80 s.
- (26) TOMÁŠEK, Josef, et al. *Oznámení o záměru POUŽITÍ VYŘAZENÝCH PNEUMATIK PRO KONSTRUKCI ROZNÁŠECÍ VRSTVY PŘI SANACI ODKALIŠTĚ K IV/E*. Mníšek pod Brdy : SOM Mníšek pod Brdy, duben 2004. 113 s.
- (27) *Uživatelský manuál TerEx : Software pro rychlý odhad následku havárií a teroristických útoku, verze 2.9*. Praha: T-SOFT, 2007. 49 s.
- (28) VONDRÁK, Ivo, Drahoslav RYBA a Dana DRÁBOVÁ. *OCHRANA OBYVATELSTVA - NEBEZPEČNÉ LÁTKY 2012*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1. - 2. února 2012. ISBN 978-80-7385-109-5.

Legislativa:

- (29) Česko. VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307 ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2002, Částka 113, s. 6362 - 6540.
- (30) Česko. ZÁKON č. 18 ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 1997, Částka 5, s. 82 - 106.
- (31) Česko. ZÁKON č. 40 ze dne 8. ledna 2009 trestní zákoník. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2009, Částka 11, s. 354 - 464.

- (32) Česko. Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2000, Částka 73, s. 3461-3474. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb073-00.pdf>.
- (33) STČ - 01/IZS. *Katalogový soubor, typová činnost složek IZS při společném zásahu uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně*. [Praha]: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004. 38 s. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/dokumentace/add5/stc01.pdf>

Internetové odkazy:

- (34) ECKERMAN, Keith F. a Jeffrey C. RYMAN. FEDERAL GUIDANCE REPORT NO. 12: EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER, AND SOIL. RYMAN, Jeffrey C. Radiation Protection [online]. 1993 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/radiation/docs/federal/402-r-93-081.pdf>
- (35) *Doporučení ICRP č. 103: Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany* [online]. 2007 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/ICRP103_dokument.pdf
- (36) GUBRICKÝ, Václav. *ŠPINA VÁ BOMBA A KRIZOVÉ ŘÍZENÍ PŘI JEJÍM POUŽITÍ PROTI CIVILNÍMU OBYVATELSTVU* [online]. České Budějovice, 2008 [cit. 2011-12-10]. Dostupné z: http://theses.cz/id/vls82t/downloadPraceContent_adipIdno_11127. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta.

- (37) HLASOVÁ, Eva. *Podnět na ČIŽP* [online]. 27. února 2003 [cit. 2011-11-08]. 2. Chemická úpravna uranové rudy Mydlovary MAPE. Dostupné z: http://www.jihoceskematomy.cz/old/informations/uran_mape.htm
- (38) HUSOVÁ, Iva. *Informovanost a postoje obyvatelstva Mydlovar v návaznosti na rizika úniku radioaktivity z bývalé úpravný uranových rud MAPE Mydlovary* [online]. České Budějovice, 2010 [cit. 2011-12-17]. Dostupné z: <https://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/KvalifPraceDownloadServlet?typ=1&adipidno=16374>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta.
- (39) Ionizující záření. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ionizuj%C3%ADc%C3%AD_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD
- (40) KAŇKOVÁ, Jaroslava. *Toxicology - Prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc* [online]. 16. 04. 2006 [cit. 2011-12-18]. Špinavá bomba. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=31>
- (41) MAPE Mydlovary. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 21. 2. 2007, last modified on 21. 2. 2007 [cit. 2011-11-08]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/MAPE_Mydlovary
- (42) *Mapy.cz* [online]. c 2011 [cit. 2011-12-17]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- (43) *Metodický návod pro měření na pracovištích, kde může dojít k významnému zvýšení ozáření z přírodních zdrojů, a určení efektivní dávky* [online]. Praha: SÚJB, 2008 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/pracoviste.pdf>

- (44) *Mydlovary | DIAMO, státní podnik* [online]. c2011 [cit. 2011-11-08]. Uranové rudy. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/mydlovary>
- (45) *Obec Mydlovary: Životní prostředí* [online]. © 2012 [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.mydlovary.cz/index.php?nid=1416&lid=CZ&oid=145644>
- (46) *Poločas přeměny*. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 17. 3. 2005, last modified on 21. 9. 2011 [cit. 2011-12-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Poločas_přeměny
- (47) *Postup při záchytu radioaktivních materiálů: Doporučení*. [online]. Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2002 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/Zachyt_rad_materiálu.pdf
- (48) *Postupy při výpočtu ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy uvolňovanými do životního prostředí a při posuzování zásahů v oblastech ovlivněných hornickou činností* [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2008 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/18_PZIZ_ukon_horn_cinnost_revize.pdf
- (49) PROUZA, Zdeněk. *Radiologický terorismus z pohledu zajištění požadavků radiační ochrany* [online]. Praha: Státní ústav radiační ochrany, 2008 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: [101](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=radiologick%C3%BD%20terorismus%20z%20pohledu%20zaji%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD%20po%C5%BEadavk%C5%AF%20radia%C4%8Dn%C3%AD%20ochrany&source=web&cd=1&ved=0CCQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.hzscr.cz%2Fsoubor%2F03-</p>
</div>
<div data-bbox=)

radiologicky-terorismus-z-pohledu-zajisteni-pozadavku-radiacni-ochrany-
pdf.aspx&ei=M0N3T-
6AMMmKswaJtZylBA&usg=AFQjCNHD1ZP_v8jeeRDZGx4kBKW2PrF7YA
&cad=rja

- (50) *Radiobiologie* [online]. [2012] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/>
- (51) Radium. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 22. 11. 2004, last modified on 22. 8. 2011 [cit. 2011-11-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Radium>
- (52) Radon. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2. 8. 2004, last modified on 25. 9. 2011 [cit. 2011-11-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Radon>
- (53) ŠVEHLA, Jaroslav. Pohled na oblast bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE-Mydlovary u Českých Budějovic. In *Těžba uranu v souvislostech: Sborník příspěvků ze semináře o problematice případné obnovy těžby uranu* [online]. Liberec: Nadace Partnerství, 2008 [cit. 2011-11-08]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/data/energetika/seminare/tezba/sbornik.pdf>
- (54) *Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení a plánování obrany státu*. Praha: Ministerstvo vnitra České republiky, 2009. [cit. 2011-11-17]. 64 s. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/soubor/terminologicky-slovník-offline-verze.aspx>
- (55) ULLMANN, Vojtěch. *JADERNÁ FYZIKA a FYZIKA IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ* [online]. [cit. 2012-02-24]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>

- (56) Uran. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 29. 10. 2004, last modified on 1. 10. 2011 [cit. 2011-11-08]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Uran_%28prvek%29

8 KLÍČOVÁ SLOVA

MAPE Mydlovary

Ionizující záření

Radionuklid

Radiologické zbraně

Špinavá bomba

9 PŘÍLOHY

Obrázek 6 – Upozornění v prostoru bývalého areálu MAPE Mydlovary



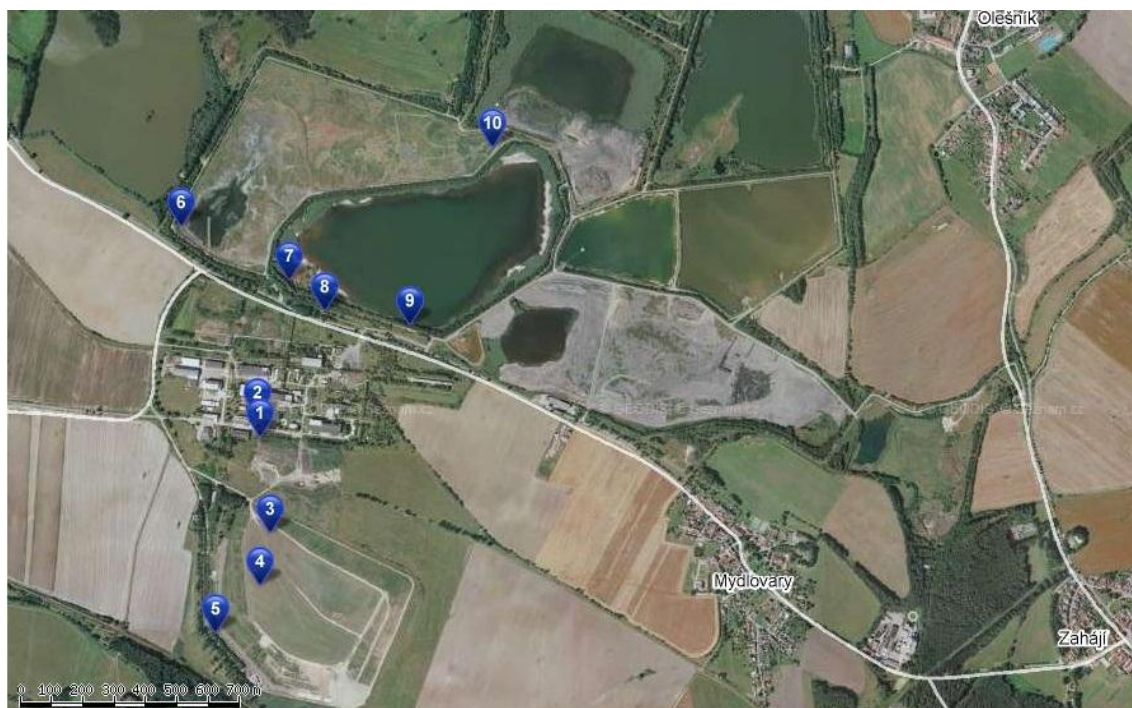
Obrázek 7 – Příprava sanačních a rekultivačních prací na odkališti K IV E



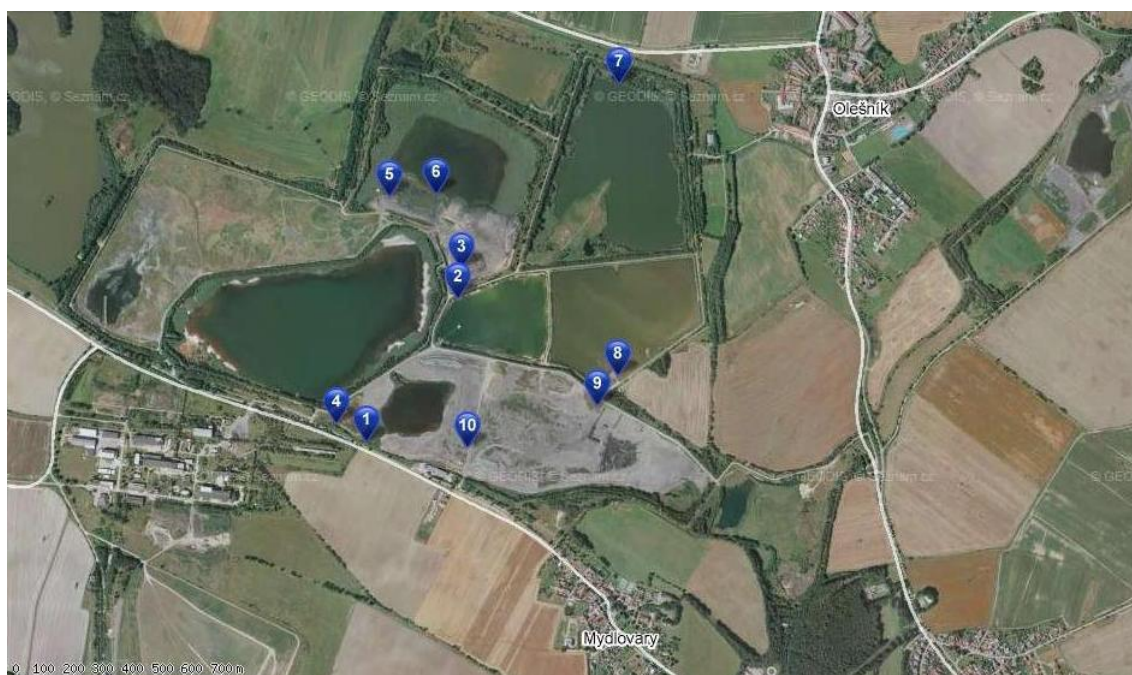
Obrázek 8 – Sanační a rekultivační práce na odkališti K I



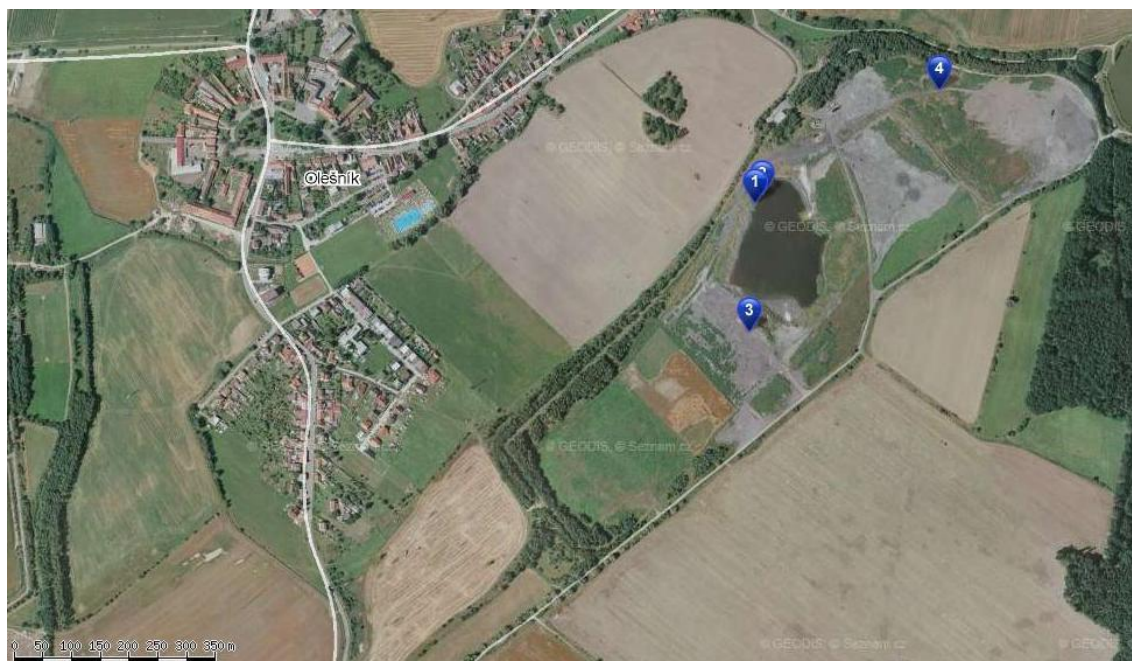
Obrázek 9 – Stanoviště odběru vzorků a měření - Areál MAPE, Odkaliště K I, K IV D, K IV R (42)



Obrázek 10 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K IV E, K IV C1F, K IV C2, K IV C1Z (42)



Obrázek 11 - Stanoviště odběru vzorků a měření - Odkaliště K III (42)



Obrázek 12 - Radiometr FH 40G-L10 (Eberline)



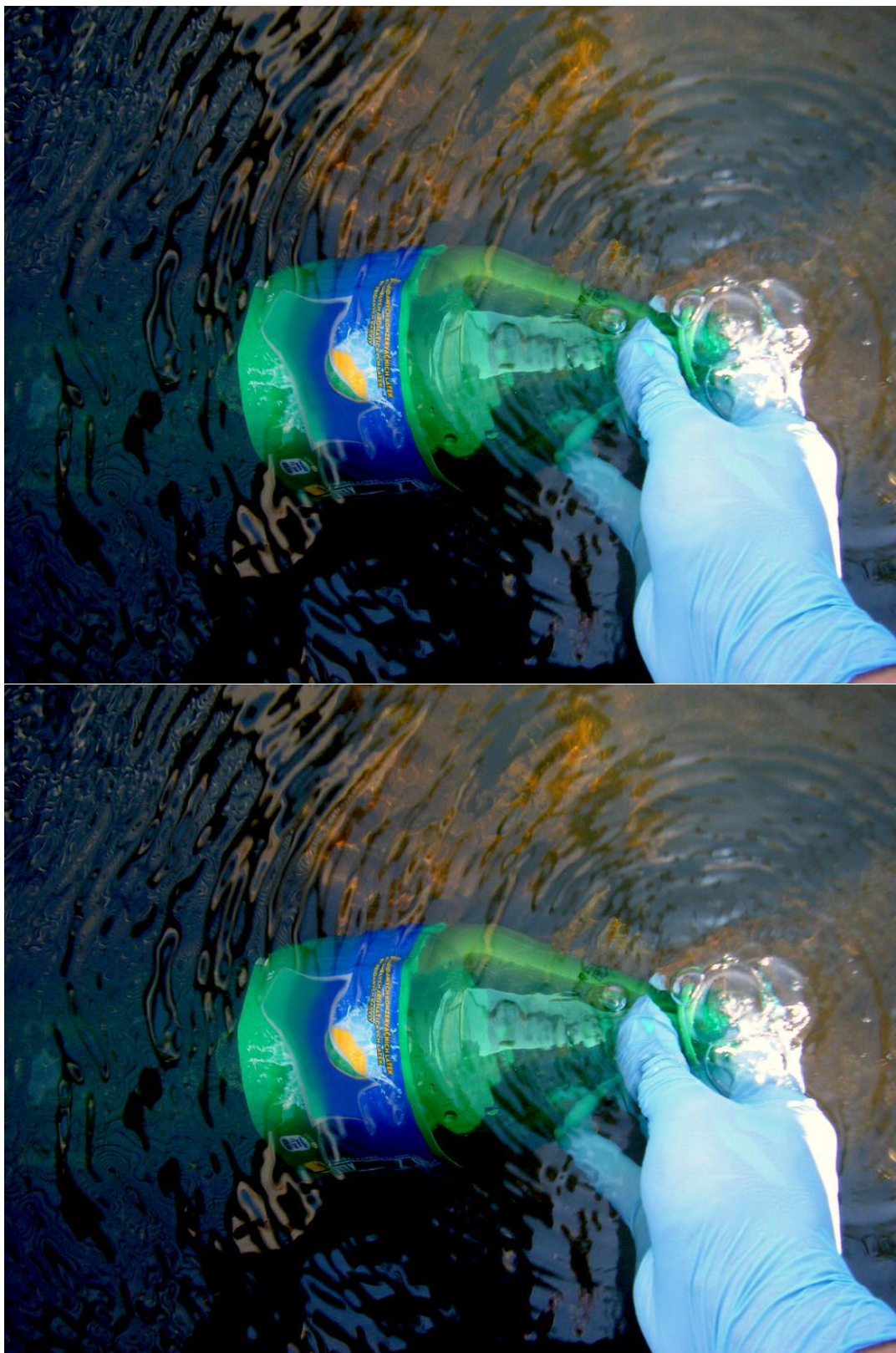
Obrázek 13 – Odběr vzorku půdy na odkališti



Obrázek 14 – Odběr vzorku půdy na odkališti



Obrázek 15 – Odběr vzorku vody z odkaliště



Obrázek 16 – Přípravek pro měření příkonu dávkového ekvivalentu pomocí radiometru FH 40G-L10



Obrázek 17 - Měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama pomocí radiometru FH 40G-L10 (Eberline) ve výšce 0,05 metru.



Obrázek 18 - Měření příkonu dávkového ekvivalentu záření gama pomocí radiometru FH 40G-L10 (Eberline) ve výšce 1 metr



Obrázek 19 - Ověřovací list radiometru FH 40G-L10 (Eberline), str. 1

Autorizované metrologické středisko K 112



ČEZ, a. s., divize Výroba
Metrologie ionizujícího záření 905002260
Jaderná elektrárna Temelín
373 05 Temelín

K 112

Celkový počet stran: 2

Potvrzení o ověření
stanoveného měřidla č. J 61.ETE.11.OLR.0088

Typ přístroje: FH 40G-L10
Typové schválení: TCM 441/96 - 2477
Výrobní číslo: 013327
SJZ: SRH3CR32
Výrobce: Thermo ELECTRON CORPORATION
Zadavatel: 905002260 – LMIZ ETE
ČEZ, a. s. – Jaderná elektrárna Temelín
Místo měření: Metrologie ionizujícího záření ETE
Číslo měření: 201109050003
Způsob měření: Přímé porovnání dle metodického postupu J 61.02.R 01.1 Měřidla fotonového záření v rozsahu příkonu kermy ve vzduchu (1E-07 až 10) Gy/h v etalonovém svazku záření gama s energií 0,6616 MeV (ČSN EN 60 846; ČSN IEC 1017-1,-2; ČSN IEC 1018; IEC 61526; ISO 4037-1, -2, -3)

Rozsah měření: H*(10) (1,0E-07 – 1,0E+00) Sv
H*(10) (1,0E-07 – 9,9E-02) Sv/h

Datum přijetí: 05.09.2011

Datum měření: 05.09.2011

Datum vystavení: 06.09.2011

Podmínky měření:

	teplota	tlak	relativní vlhkost
pro H*(10)	(22,4 ± 0,5) °C	(95625 ± 500) Pa	(55,1 ± 5,0) %
pro H*(10)	(22,4 ± 0,5) °C	(95700 ± 500) Pa	(58,5 ± 5,0) %

Použité etalony:	Etalon	Izotop	Platnost do	Navázání
	OG8-1	Cs137	10.05.2013	ČMI-IIZ Praha
	OG8-2	Cs137	10.05.2013	ČMI-IIZ Praha
	OG8-3	Cs137	10.05.2013	ČMI-IIZ Praha
	OG8-4	Cs137	10.05.2013	ČMI-IIZ Praha

Referenční bod:

pro H*(10) je vymezen hrotem trojúhelníku na krytu a čtvercovou značkou na čele radiometru
pro H*(10) je vymezen hrotem trojúhelníku na krytu a čtvercovou značkou na čele radiometru

Měření vyhovělo požadavkům ČSN IEC 1017-1, ČSN IEC 1018 a v souladu s § 9, odst. 2 zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění a § 6 vyhlášky č. 262/2000 Sb. v platném znění bylo opatřeno úřední značkou s letopočtem '11' na místech určených v certifikátu (rozhodnutí) o schválení typu.

Toto potvrzení se vydává jako nepovinný doklad o ověření stanoveného měřidla na základě zvláštního požadavku vlastníka měřidla.

Obrázek 20 – Ověřovací list radiometru FH 40G-L10 (Eberline), str. 2

J 61.ETE.11.OLR.0088

Měřil: Kroniková Miroslava

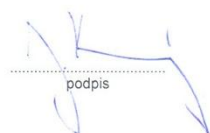

.....
podpis

Schválil: Mgr. Leština Štěpán
zástupce vedoucího laboratoře pro ETE




.....
podpis

Převzal:


.....
podpis

Ověřovací list