

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní

Ochrana lidské populace před účinky radioaktivních látek  
Daniela Horáková

Bakalářská práce

2010

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Ústav ekonomiky a managementu  
Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniela HORÁKOVÁ, DiS.**

Studijní program: **B6202 Hospodářská politika a správa**

Studijní obor: **Veřejná ekonomika a správa**

Název tématu: **Ochrana lidské populace před účinky radioaktivních látek**

### **Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

1. Stanovení cíle práce
2. Možnosti zátěže populace radioaktivními látkami
3. Možnosti vnitřní expozice při teroristickém zneužití radioaktivních látek
4. Dotazníkové šetření populace z hlediska nebezpečnosti záření na organismus
5. Formulace závěru a doporučení

Rozsah grafických prací: -  
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

BENEŠ, Jiří, STRÁNSKÝ, Pravoslav, VÍTEK, František. Základy lékařské biofyziky. 1. vyd. Praha : Karolinum, 2005. 196 s. ISBN 80-246-1009-4.

HÁLA, Jiří. Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie. 1. vyd. Brno : Konvoj, 1998. 310 s. ISBN 80-85615-56-8.

MATOUŠEK , Jiří, OSTERREICHER, Jan, LINHART, Petr. CBRN : Jaderné zbraně a radiologické materiály. 1. vyd. Ostrava : SPBI, 2007. 216 s. ISBN 978-80-7385-029-6.

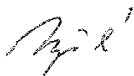
MATOUŠEK , Jiří, URBAN, Iason LINHART, Petr. CBRN : Detekce a monitorování, Fyzická ochrana, Detoxikace. 1. vyd. Ostrava : SPBI, 2008. 232 s. ISBN 978-80-7385-048-7.

ŠVEC, Jiří. RADIOAKTIVITA A IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ. 1. vyd. Ostrava : SPBI spektrum, 2005. 36 s. ISBN 80-86634-62-0.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Petr Linhart, CSc.  
Ústav ekonomiky a managementu

Datum zadání bakalářské práce: 1. července 2009

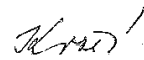
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2010



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.



Ing. Marcela Kožená, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 7. července 2009

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Všechny literární prameny a informace, které jsem pro bakalářskou práci použila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. června 2010

Daniela Horáková

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Petru Linhartovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a podněty v průběhu zpracování bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá jedním z celosvětových problému – ochranou populace před radioaktivními látkami. Bohužel neexistuje žádný živý organismus na této planetě, který by nebyl vystaven účinkům radioaktivních látek. Skutečnost je, že se radioaktivní látky vyskytují v různých podobách po celém světě, způsobuje nemalé škody na zdraví občanů, jejich majetku a v oblasti životního prostředí.

V bakalářské práci je hlavní pozornost věnována ochraně osob před účinky radioaktivních látek na lidský organismus a ochraně před těmito látkami. Jedna z kapitol je věnována část jadernému terorismu jako jedné z velkých hrozeb pro lidstvo.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Radioaktivní látky, radiační ochrana osob, radiační ochrana v jaderné energetice, detekce a monitorování.

## **TITLE**

Civil protection from radioactive agents

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with one of the worldwide challenges – the protection of civilians against radioactive substances. Unfortunately, all organisms living on this planet are exposed to the effects of radioactive substances. Indeed, the simple fact that radioactive substances appear in various forms all over the world causes considerable damage to human health, property and the environment in general.

The thesis focuses mainly on the protection of civilians against the effects of radioactive substances on human organism and on the general protection against these substances. Additionally, the thesis analyzes one of the major related threat of nuclear terrorism.

## **KEYWORDS**

Radioactive agents, detection and monitoring

# Obsah

1. Úvod .....	11
<b>Teoretická část</b>	
2. Původ záření .....	12
2.1 Druhy záření a radioaktivity .....	14
3. Vliv záření na hmotu .....	15
4. Právní předpisy .....	17
5. Ochrana před zářením.....	18
5.1 Ochrana před zevním ozářením.....	18
5.1.1 Radiační monitorování .....	18
5.2 Ochrana před vnitřním ozářením.....	20
5.2.1 Monitorování vnitřní kontaminace .....	21
6. Limity ozáření .....	22
6.1 Kontrolované pásmo.....	23
6.1.1 Povolení ke vstupu do kontrolovaného pásma .....	24
6.2 Sledované pásmo .....	24
7. Radiační havárie .....	25
7.1 Havarijní připravenost .....	25
7.2 Mimořádná událost.....	26
7.3 Vnitřní havarijní plán .....	26
8. Radiační ochrana v jaderné energetice .....	27
8.1 Cesty expozice.....	27
8.2 Opatření následující po radiační havárii.....	27
8.3 Radiační monitoring v okolí jaderných zařízení.....	28
8.4 Ochranná opatření kolem jaderných elektráren.....	29
9. Radioaktivní odpady.....	30
9.1 Dělení odpadů.....	30
9.2 Vyhořelé palivo .....	31
9.3 Nakládání s odpady .....	31
9.4 Úložiště odpadů .....	31
10. Jaderný terorismus.....	33
10.1 Formy terorismu .....	33
10.2 Ochrana před účinky jaderných zbraní.....	33



10.3 Ochrana před pronikavou radiací .....	34
10.4 Ochrana před radioaktivním spadem.....	34
10.5 Obrana proti útoku.....	35
<b>Praktická část</b>	
11. Dotazníkové šetření .....	36
11.1 Hodnocení dotazníkového šetření .....	43
12. Závěr.....	44
13. Použitá literatura.....	46
14. Příloha.....	48

## **Seznam obrázků:**

Obrázek č. 1 - Ozáření populace

Obrázek č. 2 - Intenzita radioaktivního záření zemského povrchu v České republice

Obrázek č. 3 - Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření na organismus

Obrázek č. 4 - Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření

Obrázek č. 5 - Termoluminiscenční dozimetr

Obrázek č. 6 - Filmový dozimetr

Obrázek č. 7 - Filmový dozimetr

Obrázek č. 8 - Kontrolované pásmo

Obrázek č. 9 - Sledované pásmo

Obrázek č. 10 - Výbuch jaderné bomby

# 1. Úvod

Pro svou práci jsem se rozhodla zpracovat téma radioaktivních látek a ochrany populace před nimi.

V dnešní době je problematika ochrany lidské populace před účinky radioaktivních látek velice diskutovaným a kontroverzním tématem. Samozřejmostí je snaha o maximální ochranu obyvatelstva a minimalizaci rizik spojených s účinky radioaktivního záření hlavně v rámci mírového využití jaderné energie, kde se jedná zejména o oblast jaderné energetiky, průmyslové výroby a neustále se zvyšujícím počtu léčebně - medicínských aplikací. Nyní se však do popředí prodrala velice závažná problematika kriminálního a teroristického zneužití takovýchto látek, ať už v rukou jednotlivců či ještě hůře aparátu ne vždy zcela politicky stabilních či autoritářských režimů. Pravidla, postupy a možnosti takové ochrany již nelze vnímat izolovaně, v rámci jednotlivce, potažmo jednotlivých států, ale je nutné kooperovat a koordinovat je na globální úrovni. Tak se také v současnosti v moderním světě děje. V této bakalářské práci se budu snažit ve stručnosti podat informace o druzích a zdrojích ionizujícího záření, jejich možných účincích na zdravotní stav populace a akcentovat budu možnosti ochrany populace před tímto zářením.

Téma bakalářské práce jsem si vybrala z důvodu, že pracuji ve zdravotnickém zařízení a každý den pracuji se zdroji záření. Díky tomu si myslím, že je zbytečné přeceňovat jeho nebezpečnost, ale na druhou stranu ani není vhodné jeho nebezpečnost podceňovat.

Cílem práce je ve stručnosti podat informace týkající se druhů a zdrojů ionizujícího záření, jejich možných dopadů na zdravotní stav populace a možnosti ochrany před jejich negativními účinky. Cílem je rovněž formou dotazníkového šetření zmapovat znalost základních faktů daného tématu v naší populaci.

## 2. Původ záření

Po celou dobu života na Zemi jsou všechny organismy vystaveny radioaktivnímu záření z vesmíru, ze zemské kůry a záření radioaktivních nuklidů přímo obsažených v lidském těle.

Přírodní ozáření je způsobeno dvěma odlišnými zdroji:

- kosmické záření, které je permanentní složkou přírodního radiačního pozadí
- přírodními radionuklidy, které se vyskytují v našem životním prostředí - v půdě, horninách, vodě i v atmosféře

Přírodní radionuklidy dělíme do tří skupin:

- kosmogenní radionuklidy, které vznikají jadernými reakcemi při interakci kosmického záření se stabilními prvky, např.  $^{14}\text{C}$  vznikající reakcí  $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ <sup>1</sup>
- původní primordiální radionuklidy, které vznikly v raných stádiích vývoje vesmíru ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  aj.)<sup>2</sup>
- radionuklidy, které vznikají sekundárně z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady<sup>3</sup>

Největší pozornost je věnována uranu - radiové rudě, zejména Ra-226. Ten se v ovzduší rychle ředí v atmosféře. Ve vnitřních prostorách se může hromadit, jeho obsah v ovzduší budov závisí na řadě faktorů (množství radonu v půdním vzduchu v podloží budovy, izolace základů, stupni ventilace, rozdíl teplot uvnitř a vně budovy, atmosférický tlak).

Zdroje radonu v budovách

- podloží budov (nejvýznamnější zdroj),
- voda dodávaná do budov (pokud obsahuje radon, ten se při koupání, sprchování, mytí nádobí, praní uvolňuje do ovzduší)
- stavební materiály
- zemní plyn dodávaný do budov

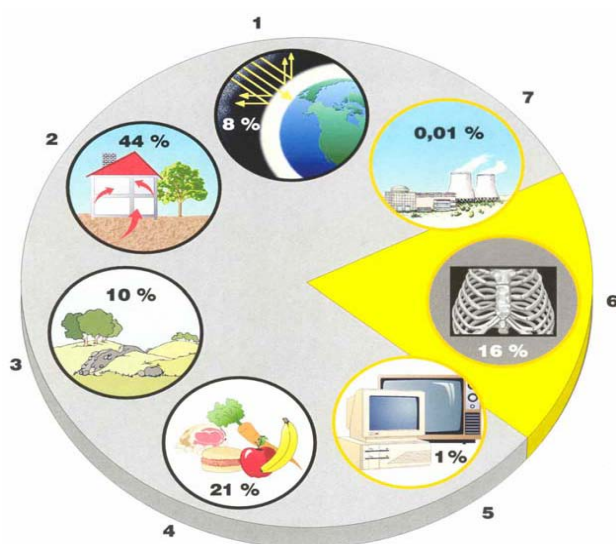
---

<sup>1</sup> ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření [online]. [2002] [cit. 2007-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>>

<sup>2</sup> ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření [online]. [2002] [cit. 2007-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>>

<sup>3</sup> ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření [online]. [2002] [cit. 2007-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>>

1. kosmické záření
2. radon
3. záření zemské kůry
4. vnitřní zdroje
5. průmyslové zdroje
6. lékařské aplikace
7. záření vzniklé činností jaderných zařízení

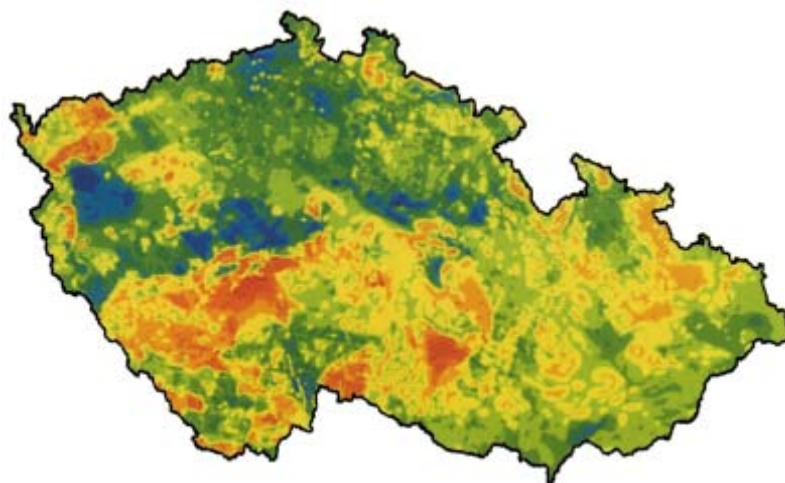


Obrázek č. 1 - Ozáření populace  
Zdroj: ČEZ

#### Umělé zdroje záření

- lékařské aplikace záření - použití ionizujícího záření pro diagnostické a léčebné účely je nejdůležitějším ze všech uměle vytvořených zdrojů záření. Jedná se především o X-záření v rentgenové diagnostice a terapii
- technické a spotřební předměty - výrobky, se kterými se setkáváme v běžném životě, mohou emitovat určité malé množství záření. Toto záření vzniká buď elektronickým způsobem (obrazovky televizní, počítačové, přístrojové), nebo mohou obsahovat radioaktivní látky (požární hlásiče)
- jaderná technika - jaderné reaktory, využívající štěpné reakce uranu především k výrobě energie

Na začátku 20. století, po objevu rentgenového záření a radioaktivity (radioaktivita je fyzikální děj, při němž dochází k samovolné přeměně atomových jader, přičemž je emitováno ionizující záření.)<sup>4</sup>, se k přírodním zdrojům přidává i složka umělá způsobená zejména rentgenovými vyšetřeními, izotopovými diagnostickými metodami, provozem jaderných elektráren a radioaktivním spadem způsobeným pokusnými.



**Intenzita přibývá od modré k červené**

Obrázek č. 2 - Intenzita radioaktivního záření zemského povrchu v České republice  
Zdroj: ČEZ

## 2.1 Druhy záření a radioaktivity

### Záření $\alpha$

Vyskytuje se pouze u nejtěžších jader v oblasti uranu a transuranů, má velmi krátký dolet.

### Záření $\beta$ :

Je to nejčastější druh radioaktivity. Záření je poměrně krátkého doletu (v tkáni cca 3 – 4 mm) Záření alfa a beta obvykle nepředstavuje vážný problém při jejich stínění. Při průniku hmotou záření rychle ztrácí svoji energii a v látce se absorbuje. Proto se záření beta stíní lehkými materiály (dřevo, plasty apod.).

### Záření $\gamma$ :

Je elektromagnetické vlnění.

---

<sup>4</sup> ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření [online]. [2002] [cit. 2007-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>>

### 3. Vliv záření na hmotu

Radioaktivní záření, nazývané též ionizující záření, může způsobovat škody na zdraví. Zabránění těmto škodám spočívá ve snížení kontaktu radioaktivních látek a ionizujícího záření s lidským organismem. Každá dávka záření je spojená s určitým rizikem. Dávky se u jednotlivce sčítají a takto kumulovaná dávka je mírou rizika či újmy pro jednotlivce. Ionizující záření má na lidský organismus převážně negativní vliv.

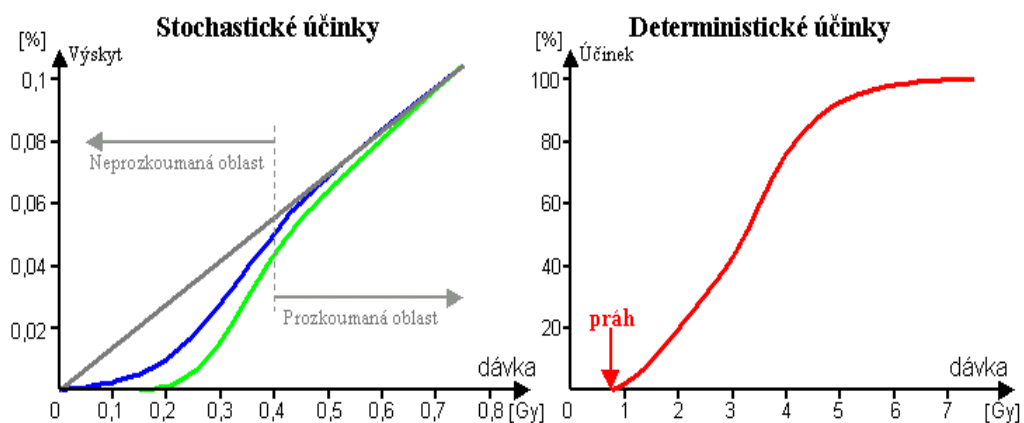
Z hlediska účinků se dělí na nestochastické (deterministické) a stochastické (nahodilé):

Nestochastické účinky jsou takové, které se projeví po ozáření celého těla nebo určité tkáně, nejčastěji jednorázově, takovou dávkou záření, která v jedinci vyvolá s vysokou pravděpodobností pozorovatelné účinky během poměrně krátké doby po ozáření. Nestochastické účinky mají za následek akutní nemoc z ozáření, lokální akutní poškození kůže (nejčastější typ při nehodách se zdroji záření), poškození plodu v děloze, poruchy plodnosti, zákal oční čočky.

Pokud dávka záření není velká, tak se organismus úspěšně vyrovná svými reparačními mechanismy s většinou poškození biologicky aktivních látek. I při malých dávkách však existuje určitá pravděpodobnost, že se poškození opravit nepodaří a vzniknou pozdní trvalé následky genetického nebo nádorového charakteru. Stochastické účinky jsou takové následky, které jsou zcela náhodné, individuální a nepředvídatelné. Stochastické účinky mají za následek vznik nádorových onemocnění, leukémie a genetické poškození dalších generací.

Vlastnosti:	<b>Deterministické účinky</b>	<b>Stochastické účinky</b>
<b>Patogeneze:</b>	Smrt buněk - snížení jejich počtu	Změna cytogenetické informace - mutace
<b>Specifičnost:</b>	Specifický klinický obraz, typický pro účinky záření	Nespecifický obraz, neodlišitelný od spontánních případů
<b>Závislost na dávce:</b>	Účinek se projeví až od určité prahové dávky, pak roste s dávkou	Pravděpodobnost výskytu roste s dávkou od nuly (bezprahová závislost)
<b>Časová závislost:</b>	Většinou poměrně rychlý nástup	Pozdní účinky, dlouhá doba latence

Obrázek č. 4 - Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření na organismus  
Zdroj: vlastní s využitím dat Sújb



Obrázek č.5 - Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření.

- a) Pravděpodobnost výskytu pro stochastické účinky. b) Závažnost poškození pro deterministické účinky.  
 c) Závislosti přežívající frakce buněk  $N/N_0$  na dávce podle lineárně-kvadratického modelu

Zdroj: [astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm](http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm)



## 4. Právní předpisy

Ochrana před zářením, též radiologická ochrana, je věda, jejíž hlavním úkolem je chránit osoby a životní prostředí od škodlivého účinku radiace. Základním cílem radiační ochrany tedy je vyloučit deterministické účinky záření a omezit riziko stochastických účinků na co nejnižší úroveň.

Základní právní předpis, který řeší veškeré činnosti, které souvisejí s používáním jaderné energie, používání zdrojů ionizujícího záření a ochranu osob a životního prostředí před účinky radioaktivního záření, je:

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření „Atomový zákon“.

Nejdůležitější předpisy:

Předpis	Předmět úpravy
vyhláška č. 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.	radiační ochrana (nahrazuje vyhlášku č. 184/1997 Sb.)
vyhláška č. 315/2002 Sb.	zvláště důležité činnosti a odborná způsobilost (mění vyhlášku č. 146/1997 Sb.)
vyhláška č. 316/2002 Sb.	evidence a kontrola jaderných materiálů (mění vyhlášku č. 145/1997 Sb.)
vyhláška č. 317/2002 Sb.	typové schvalování a přeprava (nahrazuje vyhlášky č. 142 a č. 143/1997Sb.)
vyhláška č. 318/2002 Sb.	havarijní připravenost (nahrazuje vyhlášku č. 219/1997 Sb.)
vyhláška č. 319/2002 Sb.	funkce a organizace celostátní radiační monitorovací sítě
vyhláška č. 419/2002 Sb.	osobní radiační průkazy

Pro dohled nad bezpečným používáním zdrojů ionizujícího záření byl zřízen Státní ústav jaderné bezpečnosti (SÚJB).

## 5. Ochrana před zářením

Podle svých fyzikálních a chemických vlastností způsobují zdroje záření buď vnější, nebo vnitřní ozáření. Vnější ozáření způsobují zdroje nacházející se vně organismu, vnitřní ozáření je způsobeno zářením z radionuklidů, nacházejících se v lidském těle. Způsob ozáření a konkrétní dávky záření dále závisejí na výskytu a pohybu jednotlivých zdrojů (přírodních i umělých) v životním prostředí.<sup>5</sup>

### 5.1. Ochrana před zevním ozářením

Ochrana před zevním ozářením spočívá v zeslabení dávky záření na hodnotu, při níž je toto riziko sníženo na zanedbatelnou hodnotu. Základní faktory, které snižují riziko jsou - udržování patřičné vzdálenosti od zdroje záření, odstínění záření a co nejkratší doba pobytu v prostoru, kde se září.

Čas: obdržaná dávka je přímo úměrná době expozice. Což znamená, zbytečně se nezdržovat v prostoru s radioaktivními látkami.

Vzdálenost: je nutné zachovávat, co největší možnou vzdálenost od zdroje záření. Dávka a dávkový příkon klesají s druhou mocninou vzdálenosti (klesá úměrně vzdálenosti umocněné na druhou).

Stínění: nejefektivnější ochranou je odstínění vhodným absorbujícím materiálem. Ochrana stíněním se používá u všech druhů záření s výjimkou alfa záření, které se úplně absorbuje ve stěnách nádob nebo obalů, v nichž se zářič uchovává. U ostatních se intenzita záření snižuje dobře absorbujícím materiálem vhodné tloušťky.<sup>6</sup>

#### 5.1.1 Radiační monitorování

Radiační monitorování je cílené měření veličin charakterizujících záření za účelem zajištění optimální úrovně ochrany osob a pracovního či životního prostředí před škodlivými účinky záření. Monitorování se zpravidla skládá ze tří částí: monitorování osob, monitorování

---

<sup>5</sup> ŠVEC, Jiří. Radioaktivita a ionizující záření. 1. vyd. Ostrava : SPBI spektrum, 2005. 36 s. ISBN 80-86634-62-0.

<sup>6</sup> ŠVEC, Jiří. Radioaktivita a ionizující záření. 1. vyd. Ostrava : SPBI spektrum, 2005. 36 s. ISBN 80-86634-62-0.

pracoviště, monitorování radioaktivních odpadů. Základními veličinami, měřenými při radiačním monitorování, je radiační dávka a dávkový příkon.

Monitorování osob: slouží k určení osobních dávek sledováním, měřením, zaznamenáváním a hodnocením zevního a vnitřního ozáření. U osob pracujících s ionizujícím zářením nebo radioaktivními látkami musí být pravidelně měřena obdržená dávka záření, k tomu slouží především detektory ionizujícího záření (osobní dozimetry), které stanovují celotělovou dávku obdrženou během pracovního procesu z vnějších zdrojů záření.

#### Druhy dozimetrů

- termoluminiscenční
- filmový
- tužkový

Ve stanovených časových intervalech jsou dozimetry vyměňovány a posílány k vyhodnocení dávek na pracoviště Celostátní služby osobní dozimetrie v Praze. Při radiační havárii a podezření z obdržení vysoké dávky lze osobní dozimetr odeslat k vyhodnocení okamžitě.



Obrázek č. 6 - Termoluminiscenční dozimetr  
Zdroj: vlastní



Obrázek č. 7 - Filmový dozimetr  
Zdroj: vlastní



Obrázek č. 8 - Filmový dozimetr  
Zdroj: vlastní

Monitorování pracoviště: upravuje, co se měří, jak často se měří, kde se měří, jak a čím se měří, zabývá se interpretací výsledků měření.

Monitorování radioaktivních odpadů: radioaktivní odpad je odpad vzniklý při používání zdrojů záření, který obsahuje radioaktivní látky. Může být pevný, kapalný nebo plynný.

## 5.2. Ochrana před vnitřním ozářením

Při manipulaci s otevřenými zářiči může dojít k nežádoucímu průniku radioaktivních látek dovnitř organismu - k vnitřní kontaminaci a následnému vnitřnímu ozáření. Vnitřní kontaminace je nejnebezpečnější, protože při ní je organismus zářením zatěžován dlouhodobě. Zvláštním případem vnitřního ozáření je aplikace radioaktivní látky - radioindikátoru, radiofarmaka - do organismu za účelem diagnostiky nebo terapie v nukleární medicíně.

K vnitřní kontaminaci dochází:

- Požitím (ingesce) je nejčastější příčinou vnitřní kontaminace, zvláště při práci v laboratoři. K požití radioaktivní látky dochází přes kontaminované ruce či jiné předměty, které přicházejí do styku s ústy. Do potravy se radioaktivní nuklidy dostávají z rostlin a živočichů. Radioaktivita rostlin pochází převážně z půdy, usazováním radioaktivní nuklidy na nadzemních částech rostlin je významné jen v případě větších havárií jaderných zařízení.

- Vdechnutím (inhalace) dochází při práci s radioaktivními plyny, parami či aerosoly (radioaktivní aerosoly jsou malé prachové částice, na nichž jsou zachyceny radioaktivní nuklidy), kdy se radioaktivní látky dostanou do plic a dále se šíří do organismu
- Pokožkou při kontaminaci povrchu těla s radioaktivními látkami. Látky pronikají přes poraněnou kůži, některé mohou proniknout i přes neporušenou kůži
- Cílená aplikace radiofarmaka je používána pro diagnostiku nebo terapii v nukleární medicíně

### **5.2.1. Monitorování vnitřní kontaminace**

Při nehodách doprovázených příjmem radionuklidů bývá těžké odhadnout přijatou aktivitu. Přesné stanovení radiačních dávek v jednotlivých tkáních a orgánech při vnitřní radioaktivní kontaminaci je obecně úkol velmi složitý a nesnadný. Za tímto účelem se považuje za nutné vždy zahájit u dotčeného jedince sběr exkrementů, jejichž aktivita pak slouží k upřesnění hodnoty příjmu. Absorbovaná dávka závisí nejen na fyzikálních charakteristikách radionuklidů (druhy a energie emitovaného záření, poločas rozpadu), ale i na jeho chemické formě, normální či patologické farmakokinetice - rychlosti hromadění a vylučování látky v orgánech, na anatomických faktorech (velikostech, rozmístění a hustotách orgánů a tkání). Plnou informaci o obsahu radionuklidů v těle pak poskytne měření na celotělovém počítací. Zjišťování vnitřní kontaminace radionuklidů lze provést měřením záření pomocí scintilačního detektoru nad kritickými orgány. Speciální metodou měření vnitřní kontaminace je použití celotělových detektorů záření.

Další metodou monitorování vnitřní kontaminace je měření aktivity vzorků krve a moči.

## 6. Limity ozáření

Základním cílem radiační ochrany tedy je vyloučit deterministické účinky záření a omezit výskyt stochastických účinků na minimum. Vzhledem k novým doporučením v radiační ochraně jsou v mnoha zemích zavedeny nebo se vyvíjí nástroje pro komplexní hodnocení expozic obyvatel, kteří jsou vystaveni ozáření a to jak z přírodních zdrojů, tak i umělých zdrojů ionizujícího záření, se kterými mohou lidé přijít do styku.

Jakákoliv dávka záření je být spojena s určitým rizikem škodlivých účinků, proto je třeba dbát, aby dávky byly co nejnižší. Proto za účelem hodnocení expozice záření byly stanoveny určité hraniční hodnoty dávek, které jsou stále ještě spojeny s velmi malou pravděpodobností poškození zářením. Limity ozáření jsou závaznými ukazateli pro celkové ozáření z radiačních činností, jejichž překročení není ve stanovených případech přípustné. Systém limitů pro omezování ozáření (§ 18 až § 22 vyhláška č. 307/2002 Sb.) je zajištěn stanovením limitů ozáření, odvozených limitů a autorizovaných limitů.<sup>7</sup>

Absorbovaná dávka je energie záření pohlcená v hmotě na jednotku hmotnosti. Jednotkou absorbované dávky je Gray (Gy) = J/ kg<sup>8</sup>. Rozměr jednotky Gy je stejný jako rozměr jednotky ekvivalentní dávky Sv<sup>9</sup> (je taková absorbovaná dávka, která při jakémkoliv typu ionizujícího záření vyvolá v organické látce stejný biologický účinek).

Limity ozáření jsou rozděleny do skupin:

obecné limity (limity pro obyvatelstvo)

limity pro radiační pracovníky (limity pro profesní ozáření)

---

<sup>7</sup> Česko. Radiační ochrana, ve znění pozdějších předpisů. In Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. 2002, 174, s. 2-26.

<sup>8</sup> ULLMANN, Vojtěch. Aplikace ionizujícího záření: jaderné a radiační metody [online]. [2005] [cit. 2010-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm>>.

<sup>9</sup> Sievert. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 3.4.2006, last modified on 28.4.2010 [cit. 2010-06-27]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sievert>>.

## Obecné limity

	Hodnota limitu (mSv)
Efektivní dávka za kalendářní rok	1
Efektivní dávka na oční čočky za kalendářní rok	15
Efektivní dávka v 1 cm <sup>2</sup> kůže za kalendářní rok	50

## Limity pro radiační pracovníky

	Hodnota limitu (mSv)
Efektivní dávka za kalendářní rok	50
Efektivní dávka na oční čočky za kalendářní rok	150
Efektivní dávka v 1 cm <sup>2</sup> kůže za kalendářní rok	500
Efektivní dávka na končetiny za kalendářní rok	500
Efektivní dávka za 5 po sobě jdoucích kalendářních roků	100

Limity ozáření se nevztahují na ozáření z přírodních zdrojů, na lékařské ozáření (při lékařských výkonech), havarijní ozáření osob v důsledku radiační nehody nebo radiační havárie a havarijní ozáření zasahujících osob.

### 6.1. Kontrolované pásmo

Kontrolované pásmo se vymezuje všude tam, kde se očekává, že za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu by ozáření mohlo překročit 3/10 základních limitů pro radiační pracovníky.

Do kontrolovaného pásma mohou vstupovat jen osoby poučené o tom, jak se tam mají chovat, aby neohrozily zdraví své ani zdraví ostatních osob. Na vchodech nebo ohraničení se kontrolované pásmo označuje znakem radiačního nebezpečí.



Obrázek č. 9 - Kontrolované pásmo  
Zdroj: ČEZ

### 6.1.1. Povolení ke vstupu do kontrolovaného pásma

Pro udělení povolení ke vstupu do kontrolovaného pásma musí pracovník splnit následující podmínky:

- být starší jak 18 roků,
- být tělesně a duševně způsobilý,
- úspěšně absolvovat předepsanou zdravotní prohlídku,
- být proškolen a složit úspěšně test pro práci v kontrolovaném pásmu.

Povolení ke vstupu do kontrolovaného pásma vydává oddělení osobní dozimetrická kontrola.

V kontrolovaném pásmu může pracovat jen pracovník, který:

- má platné povolení ke vstupu do kontrolovaného pásma,
- má osobní filmový a elektronický dozimetr,
- má předepsané ochranné pomůcky

### 6.2. 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. Vstup do sledovaného pásma mají pouze osoby s příslušným oprávněním – odborně a zdravotně způsobilé a poučené o možném riziku práce.



Obrázek č. 10 - Sledované pásmo  
Zdroj: ČEZ



## 7. Radiační havárie

Při každé lidské činnosti, ať v oblasti průmyslu, zemědělství, zdravotnictví, vědy a techniky, laboratorní práci, jakož i v běžném životě, se občas něco "nepovede", rozbije, pokazí - dojde k nehodě. To se může stát i na pracovištích s radioaktivními látkami. Pod radiační nehodou rozumíme neplánovanou událost, která má za důsledek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo ozáření osob. Na pracovištích s uzavřenými zářiči může dojít k ozáření osob, na pracovištích s otevřenými zářiči dojde nekontrolovatelnému úniku radioaktivní látky s následnou kontaminací pracovního prostředí nebo pracovníků.

Radiační nehody rozlišujeme podle stupně závažnosti na 3 stupně:

1. stupeň - drobná mimořádná událost, která má lokální charakter a k jejímu řešení jsou dostatečné běžné prostředky obsluhujících pracovníků, nedochází k deterministickým účinkům ozáření.

2. stupeň – mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a jiných osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí. Nevyžaduje opatření k ochraně obyvatel a životního prostředí, k jejímu zvládnutí postačují prostředky pracoviště.

3. stupeň - jedná se o závažnou radiační nehodu spojenou s nebezpečným uvolněním radioaktivních látek do životního prostředí, vyžadující zavedení opatření k ochraně obyvatel a životního prostředí. Nejzávažnější radiační nehoda se nazývá jako radiační havárie (radiační havárie je radiační nehoda, která vyžaduje neodkladné opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí).

### 7.1. Havarijní připravenost

Je to schopnost rozeznat vznik mimořádné události a při jejím vzniku plnit opatření stanovená havarijními plány.

Z hlediska havarijní připravenosti rozlišujeme tyto stavy provozu:

- nominální stavy (plánované)
- abnormální stavy (neplánované)

- neobvyklé události
- mimořádné události

Pro hodnocení radiačních nehod u jaderných reaktorů se používá mezinárodní 7 - stupňová tabulka:

1. stupeň = odchylka od normálního provozu
2. stupeň = porucha
3. stupeň = vážná porucha
4. stupeň = havárie s účinky v jaderném zařízení
5. stupeň = havárie s účinky na okolí
6. stupeň = havárie s vážnými radioaktivními následky
7. stupeň = velká havárie s rozsáhlými radioaktivními následky

## **7.2. Mimořádná událost**

Je to událost důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti nebo radiační ochrany, která vede nebo může vést k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí, případně ke vzniku radiační nehody nebo radiační havárie, a tím i ke vzniku radiační mimořádné situace.

Havarijní plán je soubor plánovaných opatření k likvidaci radiační nehody nebo radiační havárie a k omezení jejich dalších důsledků.

## **7.3. Vnitřní havarijní plán**

Vnitřní havarijní plán je dokument jaderných elektráren schválený Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, který obsahuje soubor všech plánovaných opatření k likvidaci a omezení následků mimořádné události. Popisuje zejména vytvoření technicko organizačních a personálních podmínek pro zjišťování vzniku mimořádných událostí, posuzování jejich závažnosti, vyhlášení mimořádné události, řízení a provádění zásahu, způsoby omezení ozáření zaměstnanců a dalších osob, přípravu zaměstnanců a dalších osob a ověřování havarijní připravenosti.

## 8. Radiační ochrana v jaderné energetice

Pojem ochrana zahrnujeme metody a prostředky varování, detekce, dekontaminace a další opatření v souvislosti s likvidací následků a obnovu činnosti zničených a narušených infrastruktur a systémů.

Radiační havárie vyjadřuje skutečnost, že v jaderné elektrárně došlo k poškození některých ochranných bariér, přičemž lze předpokládat únik takového množství radioaktivních látek do životního prostředí, které vyžaduje provedení opatření na ochranu obyvatelstva.

Veličinou sloužící pro vyjádření rizika vzniku negativních účinků v případě radiační havárie je předpokládána celková dávka obdržena v průběhu méně, než dvou dnů od počátku havárie bez provedení jakýchkoliv ochranných opatření.

Zhruba dvě třetiny vážných radiačních nehod a havárií v posledních 60 ti letech se týkaly zdrojů mimo jaderná zařízení (průmysl, medicína, výzkum). Rozsah těchto nehod je ve srovnání s velkou havárií jaderného zařízení menší, ale i tyto události mohou vést k vysokým dávkám jednotlivcům z obyvatelstva.

vnitřní havarijní plán - plán pro prostory jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se vykonávají radiační činnosti

vnější havarijní plán - plán pro oblast v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se nachází zdroj ionizujícího záření

### 8.1. Cesty expozice

Důležité cesty expozice lidí při nehodě nebo havárii jsou:

- zevní ozáření z poškozeného zařízení nebo zdroje mimo kontrolu
- zevní ozáření z mraku uvolněného radioaktivního materiálu
- zevní ozáření z depozitu radioaktivních látek na povrchu terénu
- kontaminace povrchu těla a oděvu
- požití potravy a vody kontaminované radioaktivními látkami

Vzhledem k tomu, že každá havárie má jiný průběh, tak neexistuje univerzální návod, jak postupovat při havárii. V případě každé nehodě se musí postupovat individuálně.

## 8.2. Opatření následující po radiační havárii

- provedení opatření přímo u zdroje havárie, které jsou zaměřeny na zmírnění následků či snížení potenciálního rizika
- zajištění, aby lidé neobdrželi dávky vedoucí k onemocnění, či dokonce k úmrtí v důsledku ozáření v období několika týdnů až měsíců po havárii (deterministické účinky). Při havárii jaderného reaktoru zabrání časným úmrtím udržení dávek na červenou kostní dřev pod úrovní 1 Sv.
- provedení jakékoliv rozumné akce ke snížení pravděpodobnosti vyvolání zhoubného bujení (stochastických účinků) v důsledku ozáření. Není ale možné, ani rozumné, snižovat případné riziko vzniku nádoru v důsledku radiační havárie na nulu. Není například rozumné přesídlvat obyvatelstvo z oblastí, kde jsou dávkové příkony menší, než v oblastech havárií neovlivněných.



Obrázek č. 11 - Výbuch jaderné bomby

Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>

## 8.3. Radiační monitoring v okolí jaderných zařízení

Za radiační monitorování okolí jaderných zařízení je právně odpovědný provozovatel. Monitorování musí být prováděno podle programu monitorování schváleného SÚJB.

V tomto programu monitorování je stanoven rozsah, frekvence i metody měření a hodnocení výsledků i příslušné referenční úrovně.

Radiační kontrola zahrnuje:

- monitorování pracoviště
- osobní monitorování
- monitorování výpustí
- monitorování okolí

#### **8.4. Ochranná opatření kolem jaderných elektráren**

Kolem jaderných elektráren je kontrolované pásmo, ve kterém se každoročně konají bezpečnostní cvičení, která mají připravit obyvatelstvo žijící v nejbližší vzdálenosti a tím i nejohroženější obyvatelstvo na případnou nehodu jaderného reaktoru. Havarijní cvičení se koná pouze v zónách havarijního plánování jaderných elektráren. Tato cvičení prověřují připravenost orgánů krizového řízení, složek integrovaného záchranného systému, činnost správních orgánů, součinnost při sdělování informací médiím a informování obyvatelstva a dalších subjektů při řešení mimořádné události vzniklé v důsledku radiační havárie.

Jaderné elektrárny jsou povinny každý rok prověřovat svou havarijní připravenost, těchto periodických cvičení se účastní nejen zaměstnanci elektrárny, ale i spolupracující složky integrovaného záchranného systému České republiky. Jednou za tři roky je pak nezbytné uskutečnit cvičení se zapojením dalších orgánů krizového řízení.

Cílem cvičení je prověřit komunikaci mezi dotčenými subjekty, vzájemné informování, vazbu na média, dále pak procvičení vybraných činností v terénu, jako jsou neodkladná opatření (ukrytí, evakuace, dekontaminace), následná ochranná opatření (regulace pohybu osob, regulace spotřeby potravin). Cílem je i ověřit zpracované dokumenty (vnitřní havarijní plán, vnější havarijní plán, typový plán, poplachový plán IZS kraje).

Při vzniku, nebo podezření na vznik radiační havárie se neprodleně přistupuje k uskutečnění předem připravených evakuačních opatření. Evakuace se provádí za 30 km okolí od Jaderné elektrárny.

## 9. Radioaktivní odpady

Ve všech odvětvích, kde se pracuje s radioaktivními látkami, vznikají radioaktivní odpady.

Jednu skupinu radioaktivních odpadů tvoří odpady vznikající v jaderné energetice. Radioaktivní odpad vzniká při těžbě a zpracování uranové rudy, výrobě jaderného paliva, provozu jaderných reaktorů a elektráren, přepracování vyhořelého jaderného paliva, likvidaci jaderných elektráren a při výrobě a používání radioaktivních látek v různých odvětvích lidské činnosti.

Druhou skupinu tvoří takzvané institucionální odpady, které vznikají ve zdravotnictví, průmyslu, zemědělství či výzkumu. Mohou to být např. staré měřicí přístroje a radioaktivní zářiče, znečištěné pracovní oděvy, látky, papír, injekční stříkačky.

Při výrobě jaderné energie a používáním radioaktivních nuklidů vznikají radioaktivní odpady. Základní vlastnost, kterou se liší od odpadů z ostatních lidských činností je radioaktivita. Radioaktivní odpady lze třídit podle různých kritérií. Jsou to skupenství, objemová či hmotnostní aktivita, nebo i podle místa původu.

### 9.1. Dělení odpadů

Odpady vzniklé v kontrolovaném pásmu:

- kapalné nebo pevné
- aktivní nebo neaktivní (podle obsahu radioaktivních látek)

Dle skupenství se dělí:

- Pevné radioaktivní odpady se shromažďují v řádně označených igelitových sáčcích, setříděných podle aktivit a poločasů ve vymírací místnosti, kde se skladují tak dlouho, až jejich aktivita přirozeným rozpadem poklesne pod stanovenou úroveň. Ve vhodných intervalech se proměřují a likvidují jako již neaktivní odpad.
- Kapalné radioaktivní odpady jsou ukládány do vymíracích jímek, odkud jsou do kanalizace nebo čističky vypouštěny až po dostatečném rozpadu.

Většina radioaktivních odpadů se zpracovává a po jistou dobu uchovává izolovaně od životního prostředí, aby pro lidstvo nepředstavovaly riziko v současnou ani budoucnosti. Úprava a zpracování odpadu před jejich uložením závisí na typu a skupenství odpadu. Hlavním účelem zpracování je zmenšit objem odpadu, převést radioaktivní nuklidy do stabilních, nerozpustných forem a uzavřít je do vhodných obalů

## **9.2. Vyhořelé palivo**

Jedním z hlavních problémů současné jaderné energetiky je vyhořelé jaderné palivo, které obsahuje vysoké množství látek s velmi dlouhým poločasem rozpadu.

Vyhořelé jaderné palivo nebo jiné vysoce aktivní odpady je však třeba izolovat od životního prostředí po dobu nesrovnatelně delší než umožňuje izolace v povrchových úložištích, řádově desetitisíce let. Vyhořelé jaderné palivo je v současné době bezpečně skladováno v takzvaných meziskladech.

## **9.3. Nakládání s odpady**

S nebezpečnými radioaktivními odpady je možno nakládat dvojím způsobem:

- Ukládání odpadů na bezpečné úložiště, které by mělo zajistit, aby se dlouhodobé radioisotopy obsažené ve vyhořelém palivu nedostaly po dobu několika tisíc let do biosféry.
- Přepřerování vyhořelého jaderného paliva, při němž je možno některé složky vyhořelého jaderného paliva znovu využít - část dlouhožijících radionuklidů přeměnit na jiné isotopy, které jsou buď stabilní, nebo mají kratší poločasy rozpadu. Vyhořelé jaderné palivo by tak přestane být odpadem a může se stát i důležitou surovinou.

## **9.4. Úložiště odpadů**

Na úložiště radioaktivních odpadů je prostor, objekt nebo zařízení na povrchu nebo v podzemí sloužící k ukládání radioaktivních odpadů.

Na úložiště radioaktivních odpadů, kromě obecných požadavků pro jaderná zařízení a pracoviště IV. kategorie, jsou kladeny požadavky

- úložné prostory úložiště byly chráněny proti obousměrnému průsaku vod a do uzavření úložiště byl vyloučen dlouhodobý kontakt uložených radioaktivních odpadů s vodou,
- úložiště bylo chráněno proti záplavě a zatopení vodami, zejména srážkovými nebo důlními.

Splnění požadavků na radiační ochranu při uložení radioaktivních odpadů musí být prokázáno v bezpečnostních rozbořech možných následků uložení radioaktivních odpadů. Bezpečnostní rozboř musí prokazatelně a věrohodně na základě znalostí o místě, kde má být úložiště postaveno, zhodnotit rizika přicházející v úvahu v provozním období a v období po uzavření úložiště. Z bezpečnostních rozborů jsou odvozeny podmínky přijatelnosti k ukládání radioaktivních odpadů.

V České republice jsou v současné době provozována tři úložiště radioaktivních odpadů, úložiště radioaktivních odpadů Dukovany, úložiště radioaktivních odpadů Richard a úložiště radioaktivních odpadů Bratrství.



## 10. Jaderný terorismus

Pojem jaderný terorismus se vztahuje k teroristickému použití jaderného výbušného zařízení se všemi známými ničivými faktory. Skutečností je, že dosud ani jaderný ani radiologický terorismus použity nebyly.

Zkonstruování jednoduchého jaderného prostředku není v současné době zcela nereálné, neboť konstrukční princip, je relativně prostý, avšak značně nebezpečný. Problémem projektu je získání štěpného materiálu dostatečné kvality.

### 10.1. Formy terorismus

Radiologický terorismus může mít dvě základní formy:

- Špinavá bomba – je určité množství méněcenného radioaktivního materiálu smíchaného s konvenční průmyslovou trhavinou. Při jejím odpálení sice nedochází k žádnému obrovskému výbuchu. Principem je zamoření prostoru a vzniku radioaktivního mraku, který se rychle šíří v závislosti na síle větru, přičemž následný spad radioaktivních částic zamořuje další území. To se následně stává nebezpečným pro další pobyt v něm.
- Cílené údery na jaderná zařízení. Jedná se o zařízení na těžbě základních surovin, zařízení na výrobu palivových článků, jaderné reaktory, závody na přepracování vyhořelého jaderného paliva, mezisklady, trvalá úložiště, odpadové hospodářství institucí, využívajících radioaktivní materiály a úložiště institucionálního jaderného odpadu a konečně i všechny fáze přepravy radionuklidů a štěpného materiálu.

### 10.2. Ochrana před účinky jaderných zbraní

Radiační zbraně představují v dnešní době nejen velké riziko, ale také levný a konstrukčně jednoduchý prostředek.

Principem klasické „atomové“ pumy (štěpné zbraně) je štěpná (řetězová) reakce těžkých atomových jader. Toto štěpení je provázáno velkým množstvím energie.

Termojaderné zbraně, rovněž označované jako vodíkové nebo syntetické, uvolňují energii opačným procesem než je štěpení. Tento proces spočívá na vzniku těžších jader z lehčích. Jediným prvkem, který byl dosud použit pro tuto syntézu, je vodík.

### **10.3. Ochrana před pronikavou radiací**

Záření emitované bezprostředně při jaderném výbuchu se nazývá pronikavá radiace. Efekt je krátkodobý, trvá pouze několik mikrosekund.

Pokud ohrožené obyvatelstvo se včas, po předcházejícím varování, dostane do stálých ochranných objektů, je značná naděje na přežití kritických parametrů tlakové vlny, tj. jak kritického přetlaku v jejím čele, tak kritického podtlaku (zředění), následujícího za jejím čelem a rovněž sekundárních mechanických účinků padajícího zdiva, sutí, létajících trosků a jiných předmětů, a to i v místech, podstatně bližších centru výbuchu. Za vhodné objekty je možné považovat zapuštěné a podzemní polní terénní ochranné i stacionární městské úkryty, které poskytují dokonalou ochranu i před dalšími primárními účinky - pronikavou radiací, světelným (tepelným) zářením a v závislosti na svém vybavení i proti dalším sekundárním účinkům - radioaktivnímu spadu, požárům a jejich toxickým zplodinám.

### **10.4. Ochrana před radioaktivním spadem**

Na rozdíl od primárních účinků, které jsou dílem prvých okamžiků po jaderném výbuchu, radioaktivní zamoření terénu vzniká při pozemním a nízkém vzdušném výbuchu z dvou hlavních zdrojů. Ve srovnání s pronikavou radiací jde o účinek, který působí po podstatně delší dobu.

Ochrana osob před účinky lokálního spadu zahrnuje jednak ochranu před inhalací a ingescí kontaminovaných částic, z nichž jaderný spad sestává, jednak ochranu před sekundárním zářením, kde největší dosah a energii má záření gama. Energie záření, které emituje jaderný spad je ovšem podstatně nižší ve srovnání s primárním zářením tzv. pronikavé radiace. Ochrana před inhalací a ingescí lokálního jaderného spadu poskytují ochranné prostředky.

## 10.5. Obrana proti útoku

Existují tři preventivní metody, jejichž vzájemným skloubením lze minimalizovat případný jaderný útok.

Vzhledem k tomu, že takovýto útok může směřovat vůči jakékoli zemi na světě, je důležitá mezinárodní spolupráce.

Znemožnit přístup k radioaktivním materiálům - zahrnuje zvýšení bezpečnostních opatření u zařízení, která uchovávají radioaktivní materiál

Včasná detekce - používání systémů, které detekují radioaktivní látky. Tyto systémy by měly být nainstalovány v dopravních uzlech, na letištích, v přístavech, tunelech, na nádraží, v metrech, v okolí státních institucí a dalších zranitelných místech. Takové senzory by byly propojeny s centrálou, jež od nich by v reálném čase dostávala informace a byla by tak schopna okamžitě v případě potřeby danou oblast zabezpečit a evakuovat.

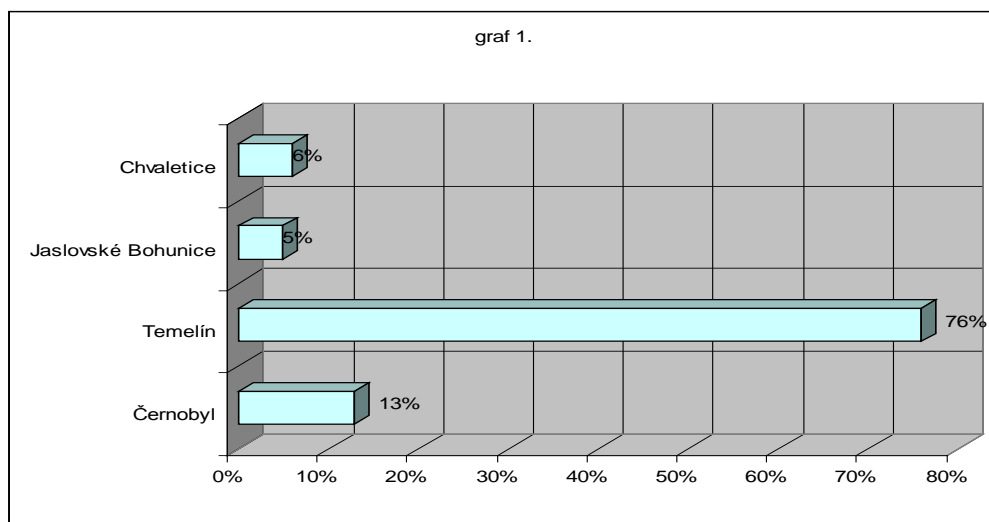
Schopnost okamžitého a účinného zásahu – v případě útoku, co nejrychleji dislokovat krizový tým do dané lokality, zajistit situaci v dané lokalitě.

Nicméně, v současné době je pro řadu teroristických organizací příliš snadné opatřit si radiační zbraň a použít ji proti civilnímu obyvatelstvu, zvláště když je útočník mnohdy ochoten obětovat i svůj vlastní život.

## 11. Vlastní výzkum

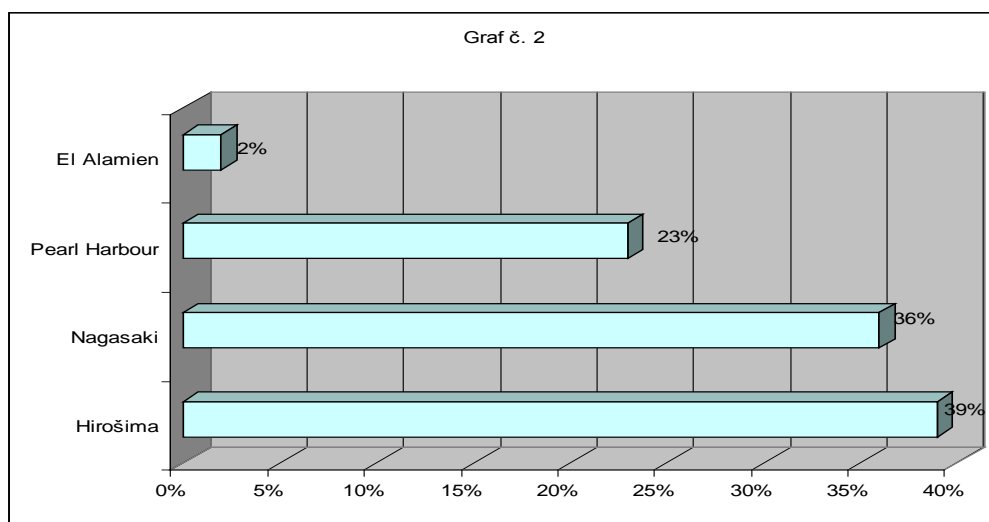
V praktické části jsem provedla dotazníkové šetření. Výzkumu se zúčastnilo 55 osob z toho 31 mužů a 24 žen. Jejich vzdělání bylo následující 12 vysokoškoláků, 17 osob se středoškolským vzděláním s maturitou, 23 osob se středoškolským vzděláním bez maturity a 3 osoby se základním vzděláním.

### 1. Jaká je naše největší jaderná elektrárna?



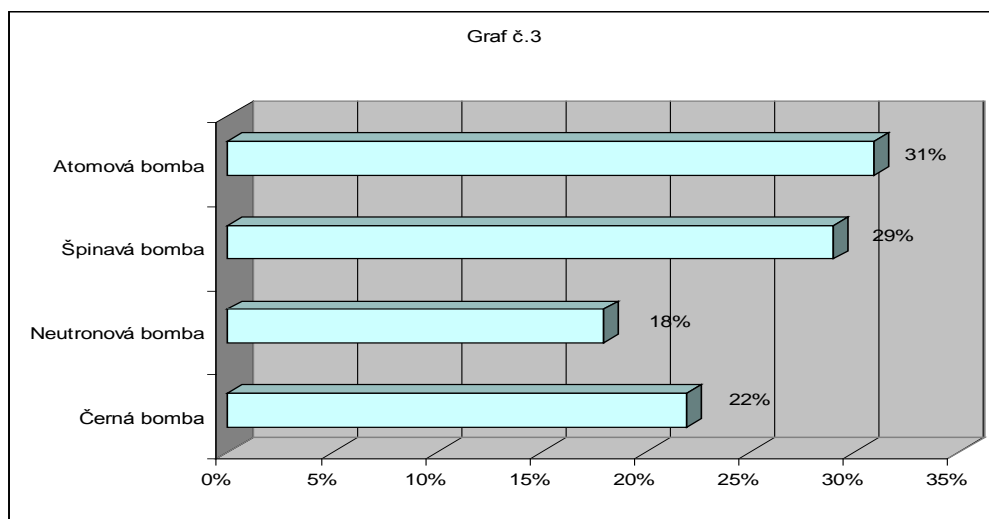
Na tuto otázku 76% dotázaných odpovědělo, že největší jadernou elektrárnou je Temelín, 13% osob odpovědělo, že Černobyl, 6% osob odpovědělo, že Chvaletice a 5% osob jako odpověď uvedlo Jaslovské Bohunice.

## 2. Kde byla poprvé použita jaderná puma proti civilnímu obyvatelstvu?



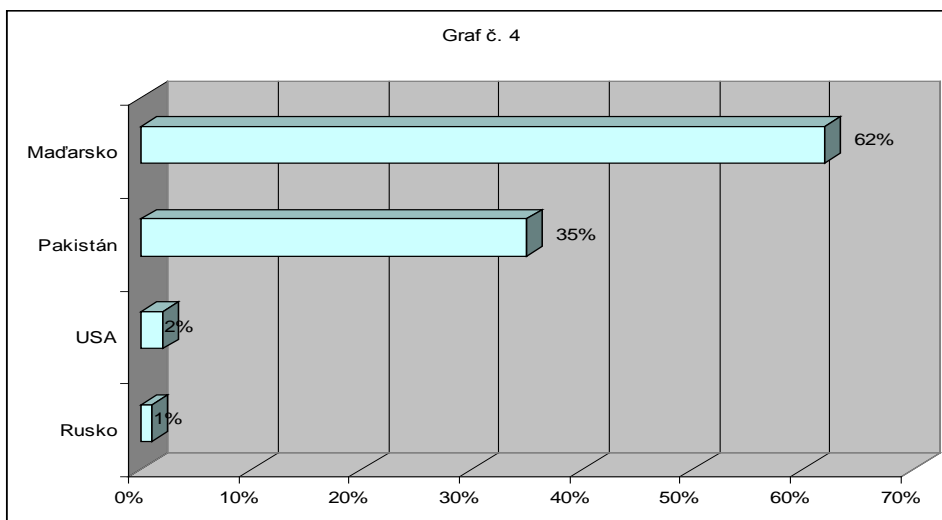
Na otázku, kde byla poprvé použita jaderná puma, odpovědělo 39% tázaných Hirošima, 36% Nagasaki, 23% osob uvedlo Pearl Harbour a 2% uvedlo odpověď El Alamien.

## 3. Jak se nazývá puma s příměsí radioaktivních látek?



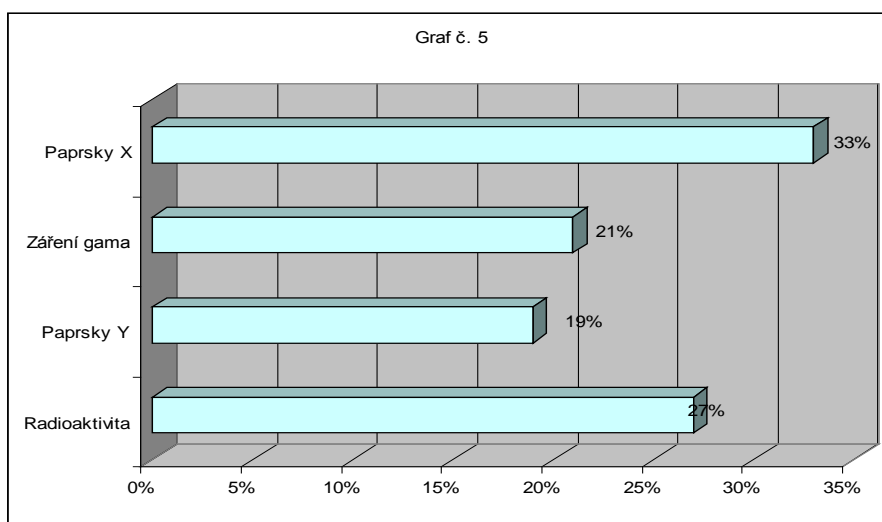
Odpověď na otázku, jak se nazývá puma s příměsí radioaktivních látek zodpovědělo 31% tázaných atomovou bombu, 29% osob uvedlo odpověď špinavá puma, 18% osob uvedlo odpověď neutronová bomba a 22% osob odpovědělo, že správná odpověď je černá bomba.

#### 4. Která země z uvedených nevlastní jadernou pumu?



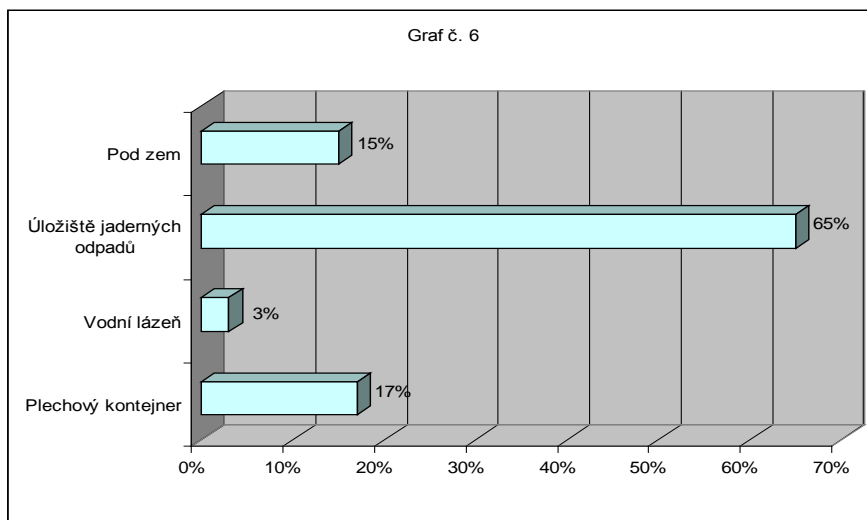
Na otázku, která ze zemí nevlastní jadernou pumu byly odpovědi. 62% osob uvedlo Maďarsko, 35% osob Pákistán, 2% osob uvedla USA a 1% osob Rusko.

#### 5. Jak se nazývá ionizující záření používané v lékařské diagnostice?



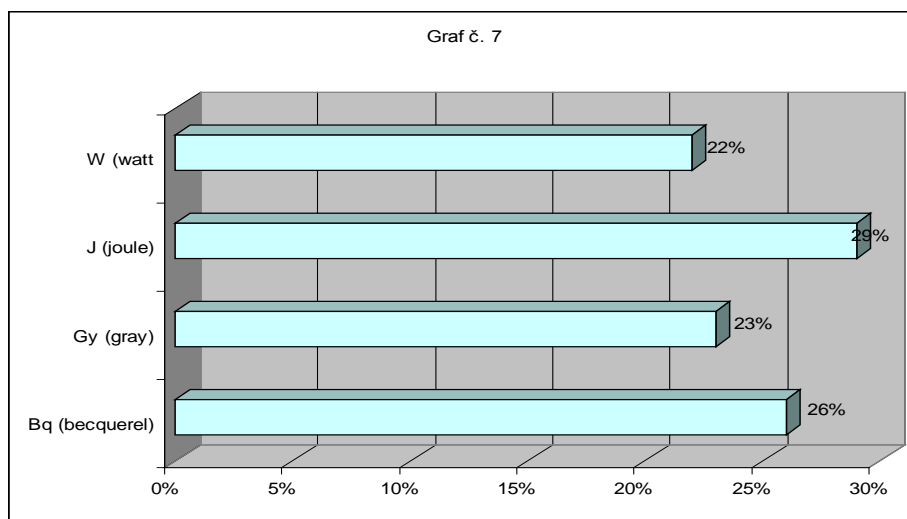
Otázku, jak se nazývá ionizující záření používané v lékařské diagnostice, odpovědělo 33% osob jako správnou paprsky X, 21% odpovědělo záření gama, 19% osob uvedlo paprsky Y a 27% osob odpovědělo jako odpověď radioaktivitu.

## 6. Kam se ukládá jaderný odpad jaderných elektráren?



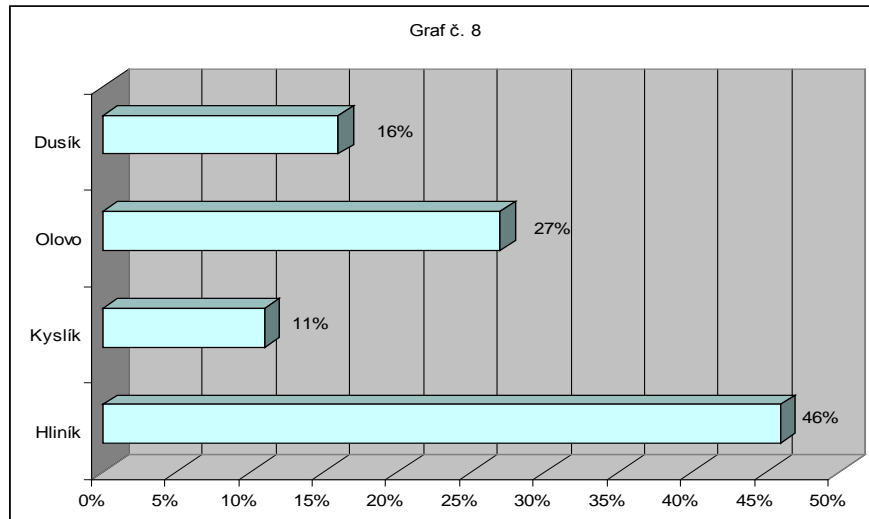
Na otázku, kam se ukládá jaderný odpad, odpovědělo 15% dotázaných, že se ukládá pod zem, 65% dotázaných odpovědělo úložiště jaderných odpadů, 3% osob uvedlo vodní lázeň a 17% osob uvedlo odpověď plechový kontejner.

## 7. Jednotka aktivity radioaktivní látky (počet radioaktivních přeměn za jednotku času) je?



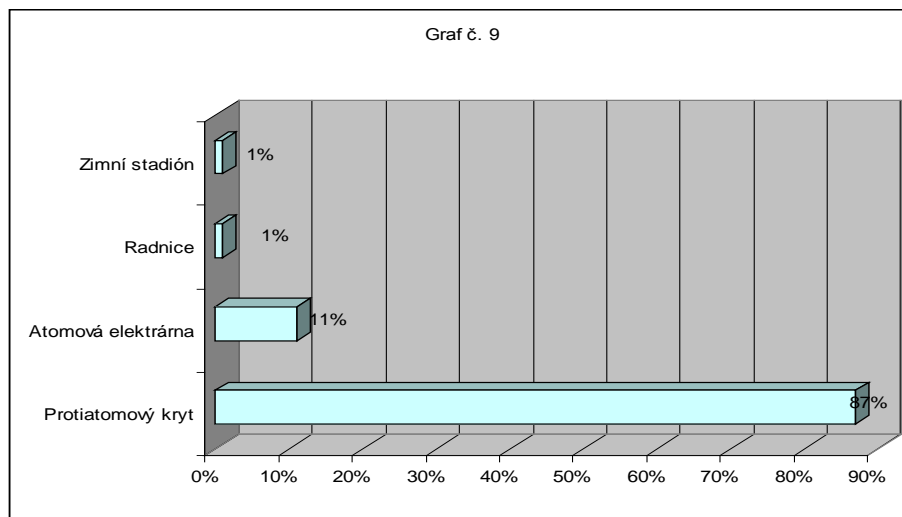
Nejčastější odpovědí na otázku, jaká je jednotka aktivity radioaktivních látek byla u 29% tázaných J (joule), 26% tázaných odpovědělo Bq (becquerel), 23% tázaných odpovědělo Gy (Gray) a 22% tázaných odpovědělo W (watt).

## 8. Jaký prvek je nejčastěji využíván jako ochrana před RTG zářením v lékařství?



Na otázku, která prvek je nejčastěji využíván, jako ochrana RTG záření v lékařství uvedlo 16% osob jako odpověď dusík, 27% osob uvedlo olovo, 11% osob odpovědělo kyslík a 46% osob se domnívá, že správná odpověď je hliník.

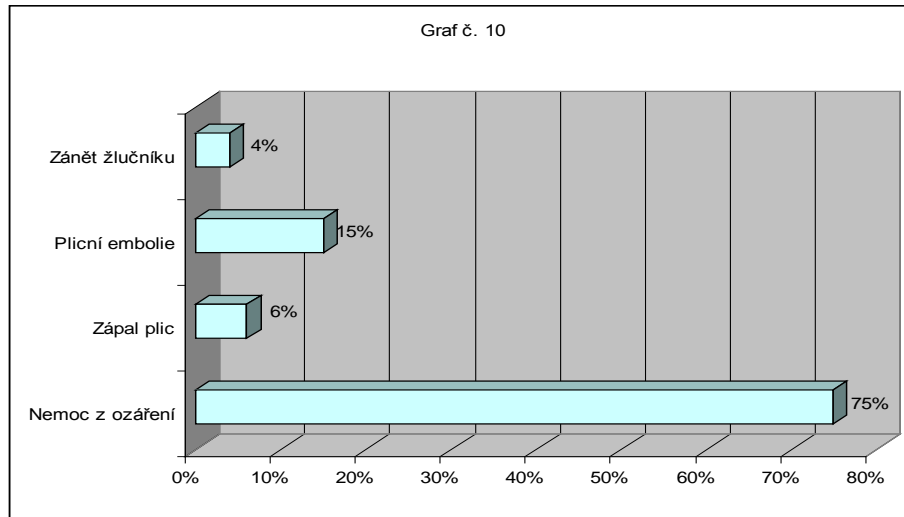
## 9. Místo úkrytu při jaderné nehodě nebo ve válečném stavu?



Na otázku, které místo by bylo nejvhodnější k úkrytu při jaderné nehodě byla nejčastější odpověď protiatomový kryt, kterou uvedlo 87% respondentů, druhá nejčastější odpověď byla atomová elektrárna, kterou uvedlo 11% tázaných, 1% respondentů uvedlo zimní stadión a radnici.

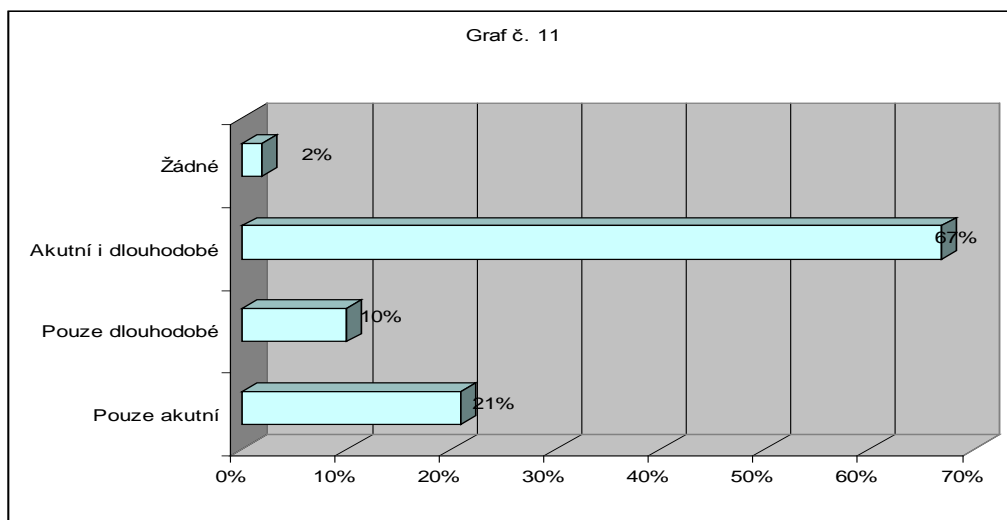


## 10. Nemoc rozvíjející se po ozáření?



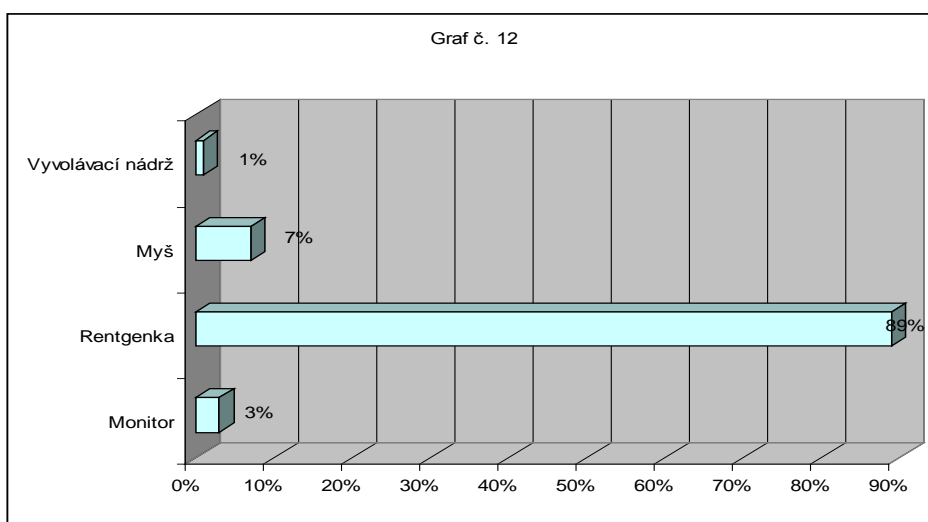
Otázka týkající se nemoci, která se může rozvinout po ozáření byla nejčastější odpověď nemoc z ozáření, kterou uvedlo 75% osob, 4% osob odpovědělo zánět žlučniku, 15% osob uvedlo plicní embolii a 6% uvedlo zápal plic.

## 11. Účinky ionizujícího záření na lidský organismus jsou?



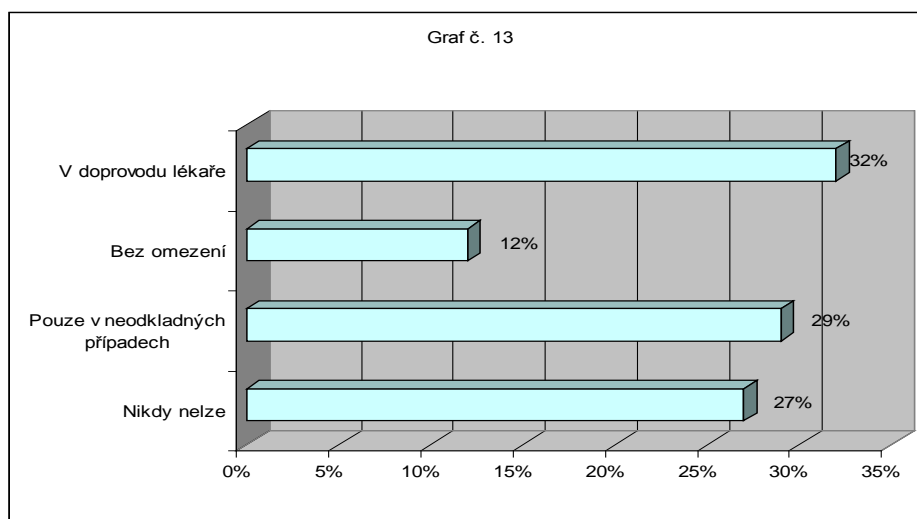
Na otázku, jaké jsou účinky záření na lidský organismus byla nejčastější odpověď akutní i dlouhodobé, kterou uvedlo 67% osob, 2% osob uvedlo, že účinky nejsou žádné, 10% osob uvedlo, že jsou pouze dlouhodobé a 21% osob uvedlo jako odpověď, že jsou pouze akutní.

## 12. Základní složka rentgenového přístroje je?



Na otázku, jaké jsou základní rentgenové přístroje odpovědělo 1% lidí, že vyvolávací nádrž, 7% osob uvedlo myš, 89% osob odpovědělo rentgenka a 3% osob odpovědělo monitor.

## 13. Těhotnou ženu lze vyšetřit rentgenovým přístrojem?



Na otázku, zda lze vyšetřit RTG přístrojem gravidní ženu odpovědělo 32% osob, že pouze v doprovodu lékaře, 12% osob uvedlo, že lze bez omezení, 29% osob uvedlo, že pouze v neodkladných případech a 27% osob uvedlo, že nelze nikdy.

## 11.1 Hodnocení dotazníkového šetření

Z výše uvedeného dotazníku vyplývá, že otázka týkající se naší největší jaderné elektrárny byla odpovězena většinou respondentů správně. Otázka, kde byla poprvé použita jaderná bomba, většinou lidí odpověděla, že místo svržení bylo Hirošima. Otázka, jak se nazývá puma s příměsí radioaktivních látek, na niž je správná odpověď - špinavá bomba byla až druhou nejčastější odpovědí, nejvíce lidí se mylně domnívalo, že je to atomová bomba. Na otázku, která z uvedených zemí nevlastní jadernou pumu odpověděla většina lidí správně, že je touto Maďarsko. Otázku, jak se nazývá ionizující záření používané v lékařské diagnostice, zodpovědělo správně největší procento dotázaných lidí. Na otázku, kam se ukládá jaderný odpad jaderných elektráren, je správná odpověď, že do úložiště jaderných odpadů, což odpovědělo většina správně. Otázka jaká je jednotka aktivity radioaktivní látky, je evidentně již odborná otázka, protože odpověď na tuto otázku většina lidí pouze tipovala. Správná odpověď, že jednotkou je Gy byla třetí nejčastější odpovědí. Odpověď hliník, ačkoliv správná odpověď je olovo, zvolilo na otázku jaký prvek je nejčastěji využíván jako ochrana před RTG zářením v lékařství největší procento osob. Atomový kryt zvolilo jako místo úkrytu při jaderné nehodě správně nejvíce dotázaných. Na otázku, jak se nazývá nemoc rozvíjející se po ozáření odpověděly tři čtvrtiny osob správně, že je to nemoc z ozáření. Účinky ionizujícího záření na lidský organismus jsou akutní i dlouhodobé, což odpovědělo správně většina dotázaných. Základní složka rentgenového přístroje je rentgenka, což jako svoji odpověď správně označilo nejvíce dotázaných osob. To, že těhotnou ženu lze vyšetřit rentgenovým přístrojem pouze v neodkladných případech byla druhá nejčastější odpověď, ačkoliv to je správná odpověď na tuto otázku.

## 12. Závěr

Bakalářskou práci jsem zaměřila na charakteristiku a popis radioaktivní záření. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

V teoretické části jsem se zaměřila na popis základních pojmů (záření, původ záření, zdroje záření, vliv záření na hmotu). Uvedla jsem základní právní předpisy, které upravují práci a zacházení se zdroji radioaktivních látek. Část je věnována popisu toho, jak se bránit před zevním a vnitřním ozářením, jak je možné monitorovat ozářením, limity ozářením pro obyvatelstvo a limity ozářením pro radiační pracovníky. V další části práce je pojednáno o radiačních haváriích a jejich rozdělení dle závažnosti. Na toto téma navazuje radiační ochrana v jaderné energetice, možné cesty expozice ozářením, následná opatření po radiační havárii, radioaktivní odpady, jejich základní dělení a jejich úložiště. Poslední kapitola teoretické části pojednává o jaderném terorismu, popisuje formy terorismu, ochranu před jadernými zbraněmi, ochranu před radioaktivním spadem a ochranu před útokem. Vzhledem k tomu, že radiační ochrana představuje rozsáhlé téma, tak jsem se v této části bakalářské provedla pouze základní popis problému.

Hlavní pozornost v praktické části jsem věnovala zpracování dotazníkového šetření. Cílem tohoto šetření bylo zjistit, jaké je všeobecné povědomí naší populace o radiační ochraně. Vyhodnocením tohoto šetření jsem zjistila, že není rozdíl, zda na otázky odpovídal muž či žena. Rozdíly jsou již patrné mezi osobami se základním vzděláním, se středoškolsky vzdělanými lidmi nebo vysokoškolsky vzdělanými lidmi. Nejméně správných odpovědí měly osoby s nejnižším vzděláním. Největší rozdíly ve správnosti odpovědí jsou dle mého průzkumu rozdíly věkových kategorií. Dle tohoto rozdělení správnosti odpovědí byl zřetelně větší podíl špatných odpovědí u starší populace. Starší generace má příliš velké obavy z radioaktivního záření. Zejména, co se týká lékařského ozářením nebo ozářením, ke kterému může dojít během radiační havárie. Ovšem ze zdrojů jako je záření z přirozeného pozadí nebo nejružnější spotřebiče běžné denní potřeby se záření neobávají. Tento ve většině případů neopodstatněný strach vyplývá z neznalosti daného problému, neboť starší generace nebyla s touto tematikou příliš srozuměna a dostatečně poučena.

Mladší generace odpovídala až na výjimky správně. Tento značný rozdíl je dán patrně tím, že mladší generace je v této oblasti již alespoň částečně vzdělávána ve škole. Další možností je, že mladší generace je schopna všechny nové skutečnosti si ihned zjistit na dnes nejmocnějším médiu a to internetu, kde je možné dohledat skoro všechny poznatky. Díky tomu je možné si vyhledat informace o radiačních látkách a zjistit, že mnohé obavy jsou naprosto nepřiměřené.

Domnívám se, že cíl práce jsem splnila.

### **13. Použitá literatura**

1. HÁLA, Jiří. Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie. 1. vyd. Brno : Konvoj, 1998. 310 s. ISBN 80-85615-56-8.
2. MATOUŠEK, Jiří, ÖSTERREICHER, Jan, LINHART, Petr. CBRN : Jaderné zbraně a radiologické materiály. 1. vyd. Ostrava: SPBI, 2007. 216 s. ISBN 978-80-7385-029-6.
3. MATOUŠEK, Jiří, URBAN, Iason LINHART, Petr. CBRN : Detekce a monitorování, Fyzická ochrana, Detoxikace. 1. vyd. Ostrava: SPBI, 2008. 232 s. ISBN 978-80-7385-048-7.
4. BENEŠ, Jiří, STRÁNSKÝ, Pravoslav, VÍTEK, František. Základy lékařské biofyziky. 1. vyd. Praha : Karolinum, 2005. 196 s. ISBN 80-246-1009-4
5. ŠVEC, Jiří. Radioaktivita a ionizující záření. 1. vyd. Ostrava : SPBI spektrum, 2005. 36 s. ISBN 80-86634-62-0.
6. Česko. Radiační ochrana, ve znění pozdějších předpisů. In Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. 2002, 174, s. 2-26.

### **Internetové zdroje**

1. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie : Aplikace ionizujícího záření [online]. [2000] [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.astronuklfyzika.cz/strana2.htm>>.
2. ULLMANN, Vojtěch. Aplikace ionizujícího záření: jaderné a radiační metody [online]. [2005] [cit. 2010-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm>>.
3. ÖSTERREICHER, Jan , et al. Vedlejší účinky ionizujícího záření I: Definice, metody studia a akce. Vojenské zdravotnické listy [online]. 2003, 52, 3, [cit. 2010-06-22]. Dostupný z WWW: <[http://www.pmfhk.cz/VZL/VZL%203\\_2003/Vzl3\\_10.pdf](http://www.pmfhk.cz/VZL/VZL%203_2003/Vzl3_10.pdf)>.
4. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření [online]. [2002] [cit. 2007-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>>

5. Sujb.cz [online]. 2009 [cit. 2010-06-22]. Nakládání s radioaktivními odpady (RAO). Dostupné z WWW: <[http://www.sujb.cz/?c\\_id=536](http://www.sujb.cz/?c_id=536)>.
  
6. Sievert. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 3.4.2006, last modified on 28.4.2010 [cit. 2010-06-27]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sievert>>.

## 14. Příloha

Vyberte jednu z možností a označte ji.

Váš věk:  15-29  30 – 44  45 – 69  >70

Nejvyšší Vámi dosažené vzdělání:

základní  středoškolské bez maturity  středoškolské s maturitou  vysokoškolské

1. Jaká je naše největší jaderná elektrárna?

Černobylská  Temelín  Jaslovské Bohunice  Chvaletice

2. Kde byla poprvé použita jaderná puma proti civilnímu obyvatelstvu?

Hirošima  Nagasaki  Pearl Barbor  El Alamein

3. Jak se nazývá puma s příměsí radioaktivních látek?

černá  neutronová  špinavá  atomová

4. Která země z uvedených nevlastní jadernou pumu?

Rusko  USA  Pákistán  Maďarsko

5. Jak se nazývá ionizující záření používané v lékařské diagnostice?

radioaktivita  paprsky Y  záření gama  paprsky X

6. Kam se ukládá jaderný odpad jaderných elektráren?

do plechového kontejneru  do vodní lázně  do úložiště jaderných odpadů

pod zem

7. Jednotka aktivity radioaktivní látky (počet radioaktivních přeměn za jednotku času) je?

Bq (becquerel)  Gy (gray)  J (joule)  W (watt)

8. Jaký prvek je nejčastěji využíván jako ochrana před RTG zářením v lékařství?

hliník  kyslík  olovo  dusík



9. Místo úkrytu při jaderné nehodě nebo ve válečném stavu?

- protiatomový kryt  atomová elektrárna  radnice  zimní stadión

10. Nemoc rozvíjející se po ozáření?

- nemoc z ozáření  zápal plic  plicní embolie  zánět žlučníku

11. Účinky ionizujícího záření na lidský organismus jsou?

- pouze akutní  pouze dlouhodobé  akutní i dlouhodobé  žádné

12. Základní složka rentgenového přístroje je?

- monitor  rentgenka  myš  vyvolávací nádrž

13. Těhotnou ženu lze vyšetřit rentgenovým přístrojem?

- nikdy nelze  pouze v neodkladných případech  bez omezení  v doprovodu lékaře