



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

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

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

Bakalářská práce

# Zhodnocení rizik spojených se ztrátou nebo krádeží radioaktivních materiálů používaných pro defektoskopii v průmyslu

Vypracovala: Radka Dudáčková

Vedoucí práce: prof. Dr.rer.nat. Friedo Zölzer, DSc.

České Budějovice 2016

## Abstrakt

Využití a možné zneužití radioaktivních materiálů je jistě jedno ze stále diskutovaných témat. Tato práce se zabývá uvedením do problematiky využívání radioaktivních materiálů v průmyslových aplikacích, potažmo v defektoskopii. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

V teoretické části se zaměřuji na popis jednotlivých defektoskopických metod. Úžeji rozebírám využití ionizujícího záření z hlediska metody prozařovací. Zohlednila jsem možnosti využití prozařovací metody, možná rizika při užití této metody a také doporučené postupy předcházející možným rizikům ohrožení. Dále se zabývám zneužitím radioaktivních materiálů buď ze strany zaměstnanců defektoskopických pracovišť, nebo možným odcizením ZIZ skupinou teroristů apod.

Cílem bakalářské práce je zhodnotit rizika vyplývající z užívání radioaktivních materiálů na průmyslových pracovištích využívající metody defektoskopie v ČR, vyzkoumat úroveň znalostí u zaměstnanců a jejich nadřízených v této oblasti a následně vyhodnotit možná rizika spojená s krádeží, nebo jiným zneužitím radioaktivních materiálů. Informace šířit dále mezi odbornou i laickou veřejnost.

V praktické části jsem stanovila výzkumné otázky. Zaměřují se na informovanost a vzdělanost zaměstnanců a jejich nadřízených v oblasti rizik a jejich vzniku. Předpokládala jsem, že zaměstnanci a vedení defektoskopických pracovišť, znají předpisy a postupy v oblasti zacházení se ZIZ, a že riziko spojené s užíváním radioaktivních materiálů je velmi nízké. Při prozařovací defektoskopické metodě jsou zaměstnanci v kontaktu s radioaktivními materiály, sice nepřímou ale stále je důležité, aby se dodržovali přesně stanovené postupy a dodržovali bezpečnostní standardy.

Výzkum je zhotoven kvalitativní formou – dvěma druhy dotazníků. U obou dotazníků byly použity polootevřené a uzavřené typy otázek. Výzkumný soubor tvoří zaměstnanci a vedení defektoskopických pracovišť.

Dotazníky byly rozdány mezi zaměstnance defektoskopických pracovišť provozující prozařovací metodu. Zaměřuji se především na informovanost zaměstnanců a zkušenost pracovišť s možnými riziky.

V diskuzi podrobně rozebírám získané výsledky dotazníků rozdaných mezi vedoucí a zaměstnance defektoskopických pracovišť. Zjistila jsem, že zkušenost defektoskopických pracovišť s mimořádnými událostmi je takřka nulová, avšak nadřízení nechávají své zaměstnance pravidelně proškolovat a testovat při nácviku havarijních cvičení. Požadují také odbornou způsobilost zaměstnanců, jejich pravidelná školení a přezkušování formou testů. Informovanost zaměstnanců je tedy na dobré úrovni, neboť jsou pravidelně školeni a také musí splňovat zákonné normy.

Na základě ověření výzkumných otázek a z toho plynoucích výsledků může práce sloužit jako výukový materiál na univerzitách zaměřujících se na oblast krizového managementu a krizového řízení. Dále může vzniknout podklad ke zpracování rizik vyskytujících se v defektoskopii využívající prozařovací metodu.

V závěru práce se zabývám hodnocením zjištěných informací a údajů a také analýzou dotazníků a splněním výzkumných otázek.

**Klíčová slova:** radioaktivní materiály; ionizující záření; riziko; defektoskopie

## **Abstract**

The use and possible misuse of radioactive materials is certainly still one of the topics discussed. This work I put into the issue of the use of radioactive materials in industrial applications and in. The work is divided into theoretical and practical part.

In the theoretical part of the focus on the description of the individual NDT methods. I analyze more closely the use of ionizing radiation in terms of methods of transmission. I took into account the possibility of using radiographic method possible risks when using this method, as well as recommended practices prior to the possible risks to. I also deal with the misuse of radioactive materials, either by employees of NDT workplaces, or possible theft of the IRS group of terrorists like.

The aim of the thesis is to assess the risks arising from the use of radioactive materials in industrial workplaces employing methods of non-destructive testing in the Czech Republic, to succeed the level of knowledge of the staff and their superiors in this area and subsequently evaluate the risks associated with theft, or other misuse of radioactive materials. Information spread further among professionals and the general public.

In the practical part I established the research questions. They focus on awareness and education of employees and their superiors about the risks and their origin. I assumed that staff and management of NDT workplaces, know the rules and practices in the handling of the IRS, and that the risk associated with the use sources of ionizing radiation of radioactive materials is very low. When radiographic non-destructive method, workers are in contact with radioactive materials, although indirectly, but still it is important to adhere to well-defined procedures and comply with safety standards.

The research is made by qualitative method - two kinds of questionnaires. Both questionnaires were used semi-open and closed types of questions. The research group consists of employees and management of NDT workplaces. Questionnaires were distributed among employees of NDT workplaces operating radiographic method. The focus is mainly on employee awareness and experience of workplaces with potential risks.

In the discussion I analyze in detail the results of questionnaires distributed among managers and employees NDT workplaces. I found that the experience of NDT workplaces with emergencies is almost zero, but seniors let their employees regularly to train and test while practicing emergency drills. They also want the professional competence of employees, their regular training and testing through tests. The awareness of the employees so it is at a good level, because they are regularly trained and also must meet the statutory standards.

On the basis of the verification of research questions and results stemming from this work can serve as a teaching material in universities focusing on the area of crisis management and crisis management. It may also arise from a base to handle the risks occurring in the non-using the prozařovací method. In conclusion, I discovered the work of evaluation of information and data, and also the analysis of the questionnaires and the fulfilment of the research questions.

Keywords: radioactive materials; ionizing radiation; risk; nondestructive testing

## **Prohlášení**

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

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

V Českých Budějovicích dne 3. 5. 2016

Radka Dudáčková

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu prof. Dr. rer. nat. Friedu Zölzerovi za odborné vedení, rady, připomínky a dohled nad průběhem celé práce.

## Obsah

1. Úvod .....	11
2. Současný stav .....	12
3. Historie nedestruktivního testování .....	13
4. Definice defektoskopie .....	14
4.1. Metody vizuální a optické .....	15
4.2. Metoda kapilární (penetrační) .....	16
4.3. Metoda magnetická .....	17
4.4. Metoda kontroly ultrazvukem .....	18
4.5. Metody prozařovací .....	19
4.5.1. RTG defektoskopická zařízení .....	20
4.5.2. Gama defektoskopie .....	21
4.6. Použití ZIZ v defektoskopii .....	23
4.6.1. Opatření určená pro vedení .....	24
4.6.2. Opatření určená pro zaměstnance .....	27
4.7. Působení záření na zaměstnance v defektoskopii .....	29
4.8. Zneužití radiologických materiálů .....	30
4.8.1. Neúmyslné zneužití .....	31
4.8.2. Úmyslné zneužití -Terorismus .....	32
5. Cíle práce .....	34
5.1. Výzkumné otázky .....	34
5.2. Metodika .....	34
5.2.1. Charakteristika zkoumaného souboru .....	35
5.3. Výsledky .....	36
5.3.1. Odpovědi na otázky dotazníku – vedoucí pracovníci na defektoskopických pracovištích .....	36
5.3.2. Odpovědi na otázky dotazníku – zaměstnanci na defektoskopických pracovištích .....	51



6. Diskuse .....	65
7. Závěr.....	71
8. Seznam informačních zdrojů .....	72
9. Přílohy .....	76

## **Seznam použitých zkratk**

ADR - Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí

AZ - Zákon č.18/97 Sb. - Atomový zákon

ČSN – Česká technická norma

IZ - ionizující záření

JZ - jednoduchý zdroj ionizujícího záření

KP - kontrolované pásmo

NDT - nedestruktivní zkoušení

PJ – příručka jakosti

PZJ - program zabezpečování jakosti

RO - radiační ochrana

RTG – rentgenové záření

SJ - systém jakosti

SP – sledované pásmo

SÚJB - Státní úřad pro jadernou bezpečnost

URZ – radioaktivní zářič

VZ - významný zdroj ionizujícího záření

ZIZ – zdroj ionizujícího záření

UZ – uzavřený zdroj

## 1. Úvod

Jako téma své bakalářské práce jsem si zvolila zhodnocení rizik spojených se ztrátou nebo krádeží radioaktivních materiálů používaných pro defektoskopii. V současné době nás ohrožují nejen globální rizika, s ohrožením zdraví se setkáváme v běžném, každodenním životě.

Naším úkolem by mělo být především riziko minimalizovat na nejnižší možnou úroveň. Proto je důležité rizika, které nás ohrožují dobře analyzovat a zpracovat proti nim účinná řešení.

Pojem radioaktivita a s ní spojené záření je stále pro většinu lidí synonymem pro strach a obavy z toho co se může stát. Pokud však v zájmu pokroku již radioaktivní záření využíváme, musíme se zaměřit na účinnou prevenci a snížení rizik pro vznik mimořádných událostí.

Radioaktivní materiály mají široké spektrum využití napříč různými obory. Od využití v jaderné energetice, přes lékařské účely např. v radioterapii. V průmyslových aplikacích se využívají u hlásičů kouře, radioměrů, ve stanovení čistoty procesů a mnoha dalších. V této práci se zaměřuji na využití pro radiační defektoskopii.

Další metodou využívající ZIZ, která již našla své uplatnění v praxi je defektoskopie. Konkrétně defektoskopie prozařovací. Díky tomu, že využívá radioaktivních materiálů, jsou na pracoviště pracující s touto metodou, kladeny zvýšené nároky. Nadřízení a zaměstnanci se musí řídit předepsanými postupy, vyhláškami a zákony týkající se RO. Je důležité nezapomínat na kvalitní zabezpečení RO, které vyloučí neodůvodněné a nepřijatelné účinky ZIZ na osoby a životní prostředí a hledá možnosti snížení stávající úrovně ozáření.

## 2. Současný stav

Dnešní doba je symbolizována neustálým pokrokem a to ve všech lidských sférách. S vyspělým technickým pokrokem se zvyšuje úroveň metod užívaných v průmyslu. S rostoucí výrobou se však zvyšuje i množství používaných materiálů. V současné době, kdy se riziko zneužití radioaktivních materiálů teroristickými skupinami neustále zvyšuje, by měla defektoskopie být velmi přísně kontrolovanou metodou.

V současnosti existuje velké množství metod, které využívají radionuklidy a ionizující záření nejen v průmyslové praxi. Vybraný radionuklid může být buď trvale instalován v průmyslovém podniku, nebo práci se zářičem vykonávají mobilní specializované týmy odborníků podle potřeby.

V mnoha rozmanitých aplikacích se indikují změny v pohlcování záření (např. defektoskopy, hladinoměry, hlásiče požáru, tloušťkoměry, hladinoměry,) nebo vytvořené elektricky nabitě částice, vyvolávající elektrickou vodivost vzduchu, čímž je možné zamezit výbojům statické elektřiny v prostorách, kde hrozí výbuch atd. (1)

Mezi metody využívající radioaktivní materiály se řadí i prozařovací defektoskopie. Slouží k vyhledávání vnitřních a povrchových vad, ale používá se i při kontrole jakosti svarů. Defektoskopie je velmi důležitá metoda, bez níž by nebyla zajištěna bezporuchovost a bezpečnost v letectví, v jaderné energetice, v chemickém průmyslu a v mnoha dalších oborech.(2)

Nedestruktivní metodu defektoskopie lze popsat jako testování struktury kovových i nekovových materiálů a vnitřních nebo povrchových vad objektů bez zásahů do jejich celistvosti.

Princip prozařování je založen na průchodu rentgenového nebo gama záření materiálem. V místě, kde se nachází defekt, nebo kde je síla materiálu menší, dochází k menšímu zeslabení záření. Na použitém detektoru je zachycen tento rozdíl a následně je zobrazen.

### 3. Historie nedestruktivního testování

V počátcích defektoskopie byla primárním účelem detekce vad. Součástí využití této metody byla snaha, aby struktura nevykazovala makroskopické defekty během své životnosti. Pokud byl již takový defekt nalezen, stával se hlavní příčinou vyřazení součástky ze služby. V rámci zvyšování poptávky se objevily rozmanité techniky využívající ultrazvuk, vířivé proudy, rentgen, barevné detekční tekutiny, magnetické částice aj.

Na počátku sedmdesátých let proběhl obrat v oblasti nedestruktivních vyhodnocovacích metod, především díky schopnosti detekovat malé vady, které se stávaly příčinou vyřazení mnoha částí, za podmínek, že se nezvýšila pravděpodobnost selhání takovýchto komponent. Tím vznikl nový obor mechaniky lomu, který umožnil předpokládat, zda se vada o určité velikosti zvětší pod určitou zátěží, pokud je známa lomová houževnatost materiálu.

*Toto se stalo základem nové filozofie „damage tolerant“ (tzv. přípustnost vad). Komponenty mající defekt mohli být nadále používány tak dlouho, dokud bylo zajištěno, že tyto defekty neporostou do takové velikosti, která by již mohla být příčinou selhání komponenty.(2)*

Potřeba takové informace byla neobyčejně silná obzvláště v obranném a atomovém průmyslu a vedla ke vzniku kvantitativního nedestruktivního vyhodnocování (QNDE) jako nové technickovýzkumné disciplíny. Po celém světě bylo odstartováno mnoho výzkumných programů v odborných centrech, jako například Centrum pro nedestruktivní vyhodnocování na Univerzitě v Iowě (vzniklé z hlavního výzkumného programu v Rockwellském mezinárodním výzkumném centru), Fraunhoferův Institut pro nedestruktivní testování v Saarbruckenu (Německo) a nedestruktivní testovací centrum v Harwellu (Anglie).

## 4. Definice defektoskopie

Nedestruktivní defektoskopie se řadí mezi diagnostické metody, které tvoří nedílnou součást kontrol jakosti výrobku jak v předvýrobní a výrobní etapě, tak v provozu. Bez defektoskopie by dnes již nebyla zajištěna spolehlivost, bezporuchový provoz a především bezpečnost v letectví, v jaderné energetice, v chemickém průmyslu, ale i vysoká kvalita zabezpečení např. mostů, přehrad apod.

Obecně se nedestruktivní defektoskopie zabývá testováním struktury kovových i nekovových materiálů a vnitřních nebo povrchových vad objektů bez zásahů do jejich celistvosti. Materiál se podrobí zkoušce pomocí defektoskopické metody tak aby ho přitom nepoškodili nebo nezničili. Používá se v rozmanitém množství oborů, například v automobilovém průmyslu, v letectví, v dopravě, ale i při kontrole jaderných elektráren, nebo plynovodů či ropovodů, a stále častěji i ve stavebnictví a provozním monitoringu budov.

Za vadu materiálu nebo výrobku považujeme nesprávné chemické složení, vady struktury, odchylky od požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností, necelistvosti (trhliny, praskliny), dutiny (bubliny, póry, staženiny, řediny) vměstky (struskovitost, nekovové a kovové vměstky), tvarové vady, koroze, opotřebení aj.

Nedestruktivní kontrola může být prováděna jak ručně (nutná zručnost a teoretická znalost) tak zcela automatizovaně. Tyto defektoskopické systémy umožňují testovat vybrané výrobní vzorky a 100 % výrobní kontrolu.(3,4) Manuální testování, ale nelze nahradit např. při revizi v leteckém průmyslu, u dopravních prostředků apod. Existuje řada defektoskopických metod, ale není žádná jednotlivá metoda, která by byla jednoznačně použitelná k pokrytí všech požadavků za všech okolností.

Defektoskopické metody se rozlišují podle toho, zda se zkoumají vady povrchové či vnitřní. U povrchových vad se užívá metody vizuální, kapilární nebo magnetické. U vnitřních vad se využívají metody prozáření nebo ultrazvukem.

## 4.1. Metody vizuální a optické

Jedná se o nejjednodušší a finančně nejdostupnější defektoskopickou metodu. Spočívá ve vizuální kontrole povrchu materiálů, svarů, výrobků, odlitků a výkovků. Podle přístupnosti se rozlišuje metoda přímá - zkoušený povrch se prohlíží pouhým okem popř. lupou, zrcátkem, mikroskopem, svarovou měrkou, apod. Nebo metoda nepřímá - pomocí optických zařízení - endoskopů, světelných vláken, a jiných. Ty umožní rozeznat na povrchu detaily, které nejsou přímou vizuální zkouškou pozorovatelné, např. vnitřní povrch nádob.

Vizuální kontrola se používá na zjišťování povrchových necelistvostí (trhlin, koroze, porózity, odkrytých staženin a ředin), porušení prvků ocelových konstrukcí apod. Používá se pro hodnocení charakteru, druhu a rozsahu těchto vad. Jejím prostřednictvím se také ověřuje splnění podmínek předepsaných pro úpravu povrchů při následných nedestruktivních zkouškách, např. metodu UT, MT, PT, RT.(3,4)

Základem vizuální zkoušky je několik předpokladů. Mezi ně se řadí dobře očištěný a přístupný povrch svaru pro vizuální prohlídku. Dobré osvětlení prohlíženého místa přirozeným nebo umělým světlem a ostrý zrak zkoušejícího, který musí být schopen rozeznat požadované drobné detaily.

Závěry a výsledky této zkoušky jsou velmi důležité a mají vždy předcházet všem ostatním kontrolám. Zkušený defektoskopický pracovník již podle vzhledu povrchu bývá schopen předložit správné závěry o možnosti výskytu vnitřních vad. V případech pochybnosti o výskytu vad ve zkoumaném materiálu může být vizuální zkouška doplněna magnetickou nebo kapilární zkouškou. Provádění vizuální kontroly se řídí normou ČSN EN 970.

## 4.2. Metoda kapilární (penetrační)

Kapilární metoda je založena na tzv. kapilárních jevech (povrchové napětí, viskozita, krajový úhel, kapilární elevace a kapilární tlak) zkušebních kapalin (penetrantů a vývojek). Tato metoda umožňuje nalézt vady v povrchových vrstvách materiálu (např. studené spoje, póry, zápaly, trhliny)

Princip metody využívá vzlínivosti a smáčivosti vhodných kapalin (penetrantů) do otevřených dutin v materiálu a jejich barevnosti nebo fluorescence. Pokrývá se jimi zkoušený povrch.

Kapilární metody se dělí podle užití detekčních prostředků na:

1. metody barevné indikace: vada se označuje určitou barvou, která je v kontrastu s jejím obvykle bílým okolím, hodnocení se provádí na denním světle.
2. metody fluorescenční - vada se označuje tak, že při ozáření ultrafialovým světlem zeleně nebo žlutozeleně fluoreskuje, a tím světle kontrastuje s tmavým okolím vady, nepoužívá se vývojka.

Existuje i metoda dvouúčelová, kdy použitý penetrant obsahuje fluorescenční látku, která je zároveň barvivem. (4,5)

Hodnocení je subjektivní a vyžaduje zkušeného pracovníka. Výhodou této metody je nenáročnost, nízká cena, snadná indikace vad a poměrně velká citlivost. Nevýhodou je odhalení vad spojených pouze s povrchem, potřeba čistého a hladkého povrchu, nestálost výsledků a obtížná registrace vad. Kapilární metoda je velmi citlivá na přípravu zkoušeného povrchu – povrch je nutno před zkouškou dobře očistit od mechanických nečistot, rzi, nátěru a také odmastit.

Tato metoda má několik fází, které spočívají v načasování. Jednotlivé fáze se skládají z perfektní přípravy povrchu, odmaštění, nanesení zkušebního penetrantu na zkoušený povrch, odstranění přebytku penetrantu umytím povrchu (většinou proudem vody) od zkušební kapaliny (je třeba opatrnosti, důkladné vymývání vede k vyplavení detekční kapaliny z vad). Následuje osušení povrchu a vyvolání indikace, nanesením „vývojky“ (zajišťuje lepší viditelnost vady – základem vývojek je bílý prášek, např. oxid zinečnatý, nejčastěji suspendovaný v těkavém rozpouštědle, např. acetonu).



Na závěr proběhne prohlídka zkoušeného povrchu a případné posouzení a vyhodnocení indikovaných vad.

Tuto metodu lze aplikovat na všech materiálech (magnetických i nemagnetických) a lze tak zkoušet i těsnost tlakových nádob. Kapilární zkouška se doplňuje metodou prozáření nebo metodou ultrazvuku. Kapilární zkouška se provádí podle normy ČSN EN 579.

### **4.3. Metoda magnetická**

Magnetické metody zkoušení materiálu slouží pro zjišťování plošných vad (trhliny, studené spoje, zaválcované šupiny na pleších...) umístěných na povrchu nebo těsně pod povrchem zkoušeného materiálu s využitím magnetických vlastností materiálů. Rozlišují se 2 druhy magnetické zkoušky:

1. magnetická zkouška prášková (magnetizační prostředky MR Chemie)
2. magnetická zkouška fluorescenční (MR Chemie 76F, Fluoflux-Tiede)

K vytvoření magnetického pole v místě vady je nutno zkoušený předmět zmagnetovat a to kolmo na směr zjišťovaných necelistvostí. K tomu slouží 2 základní způsoby magnetizace.

Pólová magnetizace - na koncích nebo na části zkoušeného předmětu se vytvářejí magnetické póly buď trvale, nebo na určitou dobu.

Cirkulární magnetizace - zde se využívá magnetických účinků elektrického proudu - magnetické pole vytváří uzavřené dráhy, jejichž roviny jsou kolmé ke směru elektrického proudu a slouží ke zjištění podélné necelistvosti.

Výhodou magnetické zkoušky je rychlost, malé náklady na zařízení, snadná obsluha a schopnost odhalit i podpovrchové vady. (4,5) Nevýhodou je práce se špinavou kapalinou, možnost opálení povrchu při magnetizaci průchodem proudu, obtížná zjistitelnost malých a oblých vad. Obtížný je také záznam výsledku zkoušky. Provádění magnetických zkoušek se řídí normami ČSN EN 1290 a ČSN EN 1291.

#### 4.4. Metoda kontroly ultrazvukem

Tato zkouška je založena na principu odrazu vlnění na rozhraní dvou prostředí, která mají odlišné vlastnosti při šíření tohoto vlnění. Mechanické vlnění se šíří celistvým prostředím určitou rychlostí, která je závislá především na druhu prostředí a na frekvenci vlnění. Ultrazvuk charakterizuje mechanické kmitání částic prostředí s frekvencí nad 20 000 Hz.

Lze říci, že tato metoda je založena na principu šíření akustického vlnění kontrolovaným předmětem, jeho reakci na změny ve zkoušeném předmětu a následnou registraci. Zdroje ultrazvukových impulsů jsou ultrazvukové zkušební sondy, jejichž základním prvkem je elektroakustický měnič. Tyto měniče pozmění elektrický signál na mechanický a nejčastěji se používají měniče piezoelektrické. Podle druhu vln, které sonda vysílá a přijímá, se dělí sondy na přímé a úhlové. Jako indikátor se využívá obrazovka, na jejímž stínítku se zobrazují vysílané a přijímané impulsy.

Existuje několik typů ultrazvukových metod. Nejčastěji je možné se setkat s metodou odrazovou – impulsovou. Je použitelná v různých aplikacích a poskytuje informace nejen o vadách, ale i o struktuře materiálu, rozměrech atp. Princip metody spočívá ve vysílání krátkého ultrazvukového impulsu, který se odráží od všech rozhraní (vad i povrchů), vrací se zpět do sondy a časový průběh je zobrazován na obrazovce.

Ultrazvukovou metodou lze získat informace o velikosti vady a její poloze. Touto metodou je možno nalézt vnitřní vady svarů a materiálu plošného charakteru (trhliny, studené spoje apod.). Obtížně zjistitelné jsou objemové vady (bubliny, póry) a plošné vady umístěné rovnoběžně se směrem vlnění. Lze pouze rozpoznat, že se jedná o nějakou vadu a přibližně určit velikost vady. Proto se často doplňují dvě metody - prozařováním a ultrazvukem. (4,5)

Výhodou ultrazvuku je téměř okamžitý výsledek zkoušky, nižší cena zkušebního zařízení, než u prozařování a snadné zkoušení větších tloušťek. Nejsou potřeba žádná zvláštní a nákladná bezpečnostní opatření, jako u prozařování.

Nevýhodou je obtížné někdy i nemožné rozpoznání druhu vady a výsledky nejsou zpravidla dokumentovány (neexistuje trvalý záznam obrazu vad). Pro zkoušení ultrazvukem platí norma ČSN EN 1714.

## 4.5. Metody prozařovací

Metoda spočívá v prozařování materiálu rentgenovými nebo gama paprsky. Princip spočívá v pohlcování ionizačního záření v kontrolovaném výrobku a z následného zviditelnění prošlého záření vhodným detektorem a lze tak stanovit místa, ve kterých se vyskytují vady.

Jedná se o nejstarší metodu nedestruktivního zkoušení. Hlavním cílem je najít skryté vnitřní nebo povrchové vady. Rentgenové i gama záření jsou elektromagnetická vlnění s velmi malou vlnovou délkou (kratší než vlnová délka viditelného spektra světla). Princip metody radiografie je u obou druhů záření stejný. Záleží především na vlastnostech obou záření pronikat materiálem a působit tak na citlivou vrstvu fotografického materiálu. Využívá se vlastnosti každého prvku či slitiny prvků, kterou je různé pohlcení (zeslabení) pronikavého elektromagnetického záření procházejícího tímto materiálem.(6)

Jako zdroje záření se používají RTG lampy (záření X – rentgenové) nebo používáme-li gama záření, tak to vychází z malého množství radioaktivního zářiče (radioaktivních prvků při jejich radioaktivním rozpadu, kterým říkáme radioizotopy – iridium, kobalt).

Jako detektor záření se používá radiografický film. Necháme-li procházet RTG (nebo gama) záření svarovým spojem, tak na protilehlé straně ke zdroji záření dostáváme profil intenzity záření. Intenzitu záření většinou registrujeme pomocí fotografického filmu, na fotoluminiscenčním stínítku (štítku) anebo pomocí speciální elektronky převádíme intenzitu záření do elektronické podoby. (7)

Intenzita záření je vyšší v místech menší tloušťky materiálu, kdy zeslabení může být zapříčiněno například přítomností dutin v materiálu (bubliny, póry). Vyšší intenzita záření se pak na filmu projeví větším zčernáním filmu v daném místě. Na vyvolaném filmu (radiogramu) je trvale zaznamenán průmět takové vady do roviny filmu, který můžeme snadno uchovat i pro pozdější potřebu jako doklad o jakosti svaru.

#### 4.5.1. RTG defektoskopická zařízení

Rentgenová defektoskopie nachází uplatnění všude tam, kde je vyžadována nejvyšší kvalita materiálů a svařovaných spojů: plynovody, lopatky plynových a parních turbín, písty spalovacích motorů, tlakové nádoby jaderných reaktorů apod.

Nejčastěji jsou užívány rentgenové přístroje o napětích 60 až 320 kV, výjimečně až do 450 kV. Stínění krytu rentgenky je jedním ze zásadních parametrů ovlivňujících dávkový příkon v okolí místa prozařování. Požadavky jsou dány technickými normami a solidní výrobci je s rezervou splňují. Neporušenost zářiče je třeba kontrolovat v pravidelných intervalech a vždy po nestandardním mechanickém namáhání (pád apod.)

Pro minimalizaci expozice pracovníků při defektoskopických pracích, zvláště na přechodných pracovištích je nezbytné, aby kabely spojující zářič (rentgenku) s ovládacím panelem byly co nejdelší. Zařízení jsou vybavena kolimačními clonami buď pevnými nebo nastavitelnými pro vymezení svazku do kužele či jehlanu, případně do okolíku (pro centrální snímkování v geometrii  $2\pi$ ). Clony jsou významným prvkem radiační ochrany, přispívají k redukci expozice obsluhujícího personálu i ostatních osob. Dávkový příkon v blízkosti zářiče (rentgenky) lze snížit filtrací svazku.(6,7)

Zařízení musí být vybaveno také odpovídající výstražnou signalizací varující obsluhující personál a jiné osoby, že rentgenka je v činnosti a probíhá expozice. Klidový a pracovní stav rentgenky musí být jasně a jednoznačně rozlišitelný. Je nezbytné, aby rentgenové zařízení bylo v souladu s požadavky technických norem na elektrickou bezpečnost.

#### 4.5.2. Gama defektoskopie

Zdrojem tvrdého záření jsou zde radioizotopy (např. kobalt, selen), jejichž energie záření je poměrně značná (řádově 1 MeV). Pro vyhodnocení defektů na filmu či obrazovce se používá defektoměrů, prozařovaných spolu se zkoušeným objektem. Rozsah defektu je pak porovnáván s různými průměry děr či hloubkou drážek defektoměru.

Výrobek nebo svar se prozáří radioaktivním zářičem např.  $^{192}\text{Ir}$ , a na jeho vnější či opačné straně se umístí kazeta s fotografickým filmem. Kvalifikovaný odborník pak může vzhledem ke schopnosti materiálu absorbovat ionizující záření, přesně určit výskyt vady či poškození ve zkoumaném materiálu.

Prozařování můžeme provádět přes jednu stěnu nebo přes dvě stěny. Aby byla zajištěna identifikace zkoušky, musí být každá oblast zkoušeného předmětu před ozářením označena značkami (písmena, číslice, symboly). Jasnost radiogramu se kontroluje radiografickými měrkami.

Výsledkem zkoušky je tedy radiogram, na kterém je pomocí různého zčernání zobrazen rozdíl pohlcení ionizujícího záření při průchodu kontrolovaným kusem. Prozařováním jsme schopni zkoušet tloušťky materiálů od několika mm až do stovek mm. Rozeznatelnost vad se pohybuje na hranici 1-2 % prozařované tloušťky.

Zkouška prozářením je velmi vhodnou zkouškou hlavně pro objemové vady (bubliny, póry a kovové vměstky). Při hodnocení se určuje druh, velikost, četnost a vzájemná poloha vad zobrazených na radiogramu. (6,7)

Základními složkami gama defektoskopického zařízení je expoziční zařízení se souborem zdroje záření v defektoskopickém krytu a ovládací zařízení. ZIZ je radioaktivní látka hermeticky zapouzdřená. Uzavřený zdroj ionizujícího záření je upevněn v nosiči zdroje v defektoskopickém krytu. UZIZ(18) se rozumí radionuklidový zářič, jehož úprava, například zapouzdřením nebo ochranným překryvem, zabezpečuje zkouškami ověřenou těsnost a vylučuje tak, za předvídatelných podmínek použití a opotřebování, únik radionuklidů ze zářiče.(7)

Záření je emitováno ve všech směrech. Používají se různé typy expozičních krytů – směrové, projekční, speciální.

Směrové expoziční kryty – přístroje, ve kterých je uzavřený zdroj ionizujícího záření přesouván do pracovní polohy uvnitř pracovního krytu, popř. se otvírá a uzavírá vstupní clona. U těchto typů se zdroj záření nevysouvá mimo vlastní kryt. Jejich hlavním pozitivem je to, že se uzavřený zdroj záření nedostane mimo expoziční kryt. Negativní vlastností je horší manipulovatelnost. Nejčastěji se jako zdroje záření využívají  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ . Expoziční kryty pro gama defektoskopii musí splňovat minimálně požadavky specifikované v technických normách – např. ČSN 25 9105 a zároveň, pokud se zařízení transportuje na přechodná pracoviště, požadavky stanovené v předpisech pro transport radioaktivního materiálu.

Speciální expoziční kryty – tzv. typu „mlok“. Mají elektronické dálkové ovládání s pomocí impulsů záření od uzavřeného zdroje  $^{137}\text{Cs}$ . Kryt je vybaven vlastním zdrojem proudu a mobilní jednotkou. Pro tyto typy se téměř výlučně používá  $^{192}\text{Ir}$ , existují však i expoziční defektoskopy s rentgenkou.

Projekční kryty – Skládají se z bloku stínícího materiálu s připojitelnou vnější výjezdovou koncovkou, případně hadicí, do které se zdroj záření vysunuje ze stíněné, nepracovní polohy do pracovní pozice pomocí ovládacího zařízení. Většina ovládacích zařízení je manuálních, existují však i zařízení s elektrickým ovládním, kde lze předvolit expoziční dobu. Pro tento typ krytů se jako zdrojů záření využívá nejčastěji  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ .

Kryty se vyrábějí z ochuzeného uranu, běžné jsou rovněž materiály o vysokém stínícím účinku jako např. wolfram.

Při zhotovení defektoskopů je nutné, aby byl kladen důraz na konstrukci a jeho dostatečné testování. U generátorů záření se zvláštní požadavky kladou pouze na stínění krytu zářiče a na funkčnost blokovacích zařízení. Požadavky se týkají i elektrické bezpečnosti.

## 4.6. Použití ZIZ v defektoskopii

Zdroje ionizujícího záření (ZIZ) se klasifikují podle vzestupného ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením jako nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné, a to na základě (8)

- a) příkonu dávkového ekvivalentu
- b) technické úpravy a způsobu provedení
- c) aktivity a hmotnostní aktivity radionuklidových zářičů, zpravidla ve vztahu ke zprošťovacím úrovním
- d) možnosti úniku radionuklidů z radionuklidových zářičů
- e) možnosti vzniku radioaktivních odpadů a náročnosti jejich zneškodnění
- f) typického způsobu nakládání a související míry možného ozáření
- g) potenciálního ohrožení plynoucího z předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu, neoprávněného použití, nebo nesprávného použití
- h) rizika vzniku radiační nehody nebo havárie, závažnosti následků takové události a možnosti zásahů.

Pracoviště, kde se vyskytují materiály určené pro RT defektoskopii, tj. defektoskop s uzavřeným radionuklidovým zářičem se dle VYHLÁŠKY č. 307/2002 Sb Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně – řadí mezi významné zdroje VZ - stacionární nebo mobilní.

Pracoviště s URZ jsou také zařazena mezi významné ZIZ/ II. kategorie (8) to znamená, že musí být jednoznačně stanoveno, kdo je „vlastníkem“ výše uvedeného procesu. Tedy jaké oddělení pracoviště odpovídá za používání ZIZ a kým je řízeno. Dále musí být stanoveno, kdo zajišťuje činnosti spojené s používáním ZIZ. Určená osoba odpovídá za vybavení vozu při dopravě ZIZ na přechodné pracoviště a za jeho zabezpečení v době mimo použití. Musí být stanoven režim KP a zavedeny příslušné záznamy o vstupu cizích osob. Dále je nutné, aby byly vedeny záznamy o používání ZIZ obsahující informace o provozu ZIZ (lokalita, počet snímků, použitý nuklid). Pro zkoušku prozářením platí také norma ČSN EN 1435 a pro vyhodnocení radiogramů pak ČSN EN 12517 a ČSN EN 25817.

#### 4.6.1. Opatření určená pro vedení

Prozařování je velmi nákladnou zkouškou, vyžadující speciální zařízení, zvláštní bezpečnostní pracoviště a vyškolený personál. Preventivní bezpečnostní opatření, je nutné stanovit při všech činnostech se ZIZ.

Mezi doporučené kontrolní činnosti na pracovišti patří:

- provedení denní zkoušky provozní stálosti
- ZPS defektoskopického zařízení (např. kontrola funkčnosti bezpečnostních, indikačních a ovládacích prvků, přítomnost a neporušenost ochranných zařízení a pomůcek),
- návrh provedení ozáření, provedení vlastní zkoušky - expozice, vyvolání snímku a vyhodnocení, vymezení kontrolovaného pásma KP (na stabilních pracovištích se obvykle vymezuje jednou, na začátku používání zdroje a platí při každé jednotlivé činnosti, pro přechodná pracoviště se KP vymezuje pokaždé při jeho zřízení)

Dále operativní monitorování se stanoví na přechodných pracovištích za účelem vymezení hranice KP.

U defektoskopických zdrojů záření je implementováno do dokumentace, která řeší systémy zabezpečování jakosti pro používání ZIZ v průmyslových aplikacích. Konkrétně to je příručka jakosti (PJ) nebo program zabezpečování jakosti (PZJ). (9)

Systém jakosti musí být popsán za účelem zajištění standardizace prováděných činností a pro ujištění zainteresované strany, že procesy jsou definovány a řízeny. Musí být jednoznačně a srozumitelně stanoveno kdo, co, jak, kdy, kde vykonává, s jakým výsledkem a to minimálně pro všechny činnosti, které jsou důležité z hlediska RO.

Vedení musí zajistit dostatečné finanční, materiálové a personální zdroje pro provádění činností spojených s využíváním ZIZ. To znamená mít dostatečné prostředky pro zajištění předepsaných zkoušek, nákup vhodných měřicích přístrojů a etalonů, zajištění servisu, příslušenství, náhradních dílů, školení pracovníků, vhodných prostor apod. (systém jakosti).



Na defektoskopických pracovištích musí pravidelně probíhat kontrolní činnosti - provedení denní přejímací zkoušky defektoskopického zařízení (např. kontrola funkčnosti bezpečnostních, indikačních a ovládacích prvků, přítomnost a neporušenost ochranných zařízení a pomůcek), návrh provedení ozáření, provedení vlastní zkoušky - expozice, vyvolání snímku a vyhodnocení.

Na defektoskopických přechodných pracovištích, musí být určena osoba, která odpovídá za vymezení KP a SP. Pro kontrolované pásmo se vyhrazuje určená část pracoviště, zpravidla stavebně oddělená, a s takovým bezpečným zajištěním, aby do ní nemohly vstoupit nepovolané osoby. Na vchodech se kontrolované pásmo označuje znakem radiačního nebezpečí a upozorněním "Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán", případně i dalšími informacemi o charakteru zdrojů a rizik s nimi spojených.(10) Pro účely defektoskopie se vymezují kontrolovaná pásma o dvou úrovních a to pro pracovníky se ZIZ a pro ostatní osoby.

Sledovaným pásmem se rozumí prostory, které podléhají soustavnému dohledu pro účely radiační ochrany. Sledované pásmo se na pracovištích se ZIZ vymezuje všude tam, kde by za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu mohlo dojít k ozáření většímu, než je obecný limit pro obyvatelstvo (1 mSv/rok). (11)

Postupy pro vymezení těchto pásem musí být přesně evidovány a dokumentovány v provozních předpisech uživatele a doloženy postupem výpočtu dávkových příkonů ve specifikovaných vzdálenostech.(10,11)

Havarijní připravenost se zajišťuje v rozsahu přiměřeném používaným zdrojům a vykonávaným radiačním činnostem, riziku vzniku nebo závažnosti dopadů MU.

Zajišťuje se ověřováním znalostí havarijního plánu a zásahových instrukcí, systematickým nácvikem činností podle zásahových instrukcí pro všechny zaměstnance a další osoby podílející se na řízení a provedení zásahu tak, a by bylo dosaženo dostatečných zkušeností. Dále také prověřováním funkčnosti technických prostředků, systémů a přístrojů potřebných pro řízení a provádění zásahu. U držitelů povolení k nakládání se ZIZ na přechodných pracovištích, na nichž se má provádět defektoskopie s

použitím uzavřených radionuklidových zářičů, jsou povinnou součástí zajištění havarijní připravenosti pravidelná havarijní cvičení.(318/2002)

Plán havarijních cvičení se zpracovává na kalendářní rok a nejpozději do konce předcházejícího kalendářního roku se předává na SÚJB.

U zařízení, kde je možnost transportu, jsou požadavky stanoveny v předpisech pro transport radioaktivního materiálu. Dle SÚJB bezpečnostního návodu BN-JB-1.13 pro přepravu radioaktivních látek. *Bezpečnostní návod „Přeprava radioaktivních látek“ je určen pro stávající nebo budoucí dopravce a přepravce RL z České republiky i pro další osoby, zabezpečující přepravy a nabízí postupy, dodržením kterých je zajištěn soulad s požadavky atomového zákona, s jeho prováděcími předpisy a s dokumenty MAAE z nichž „atomové právo“ vychází; tyto postupy samozřejmě odpovídají i příslušné legislativě EU.(12,13)*

Držitel UZ, který hodlá uskutečnit přepravu těchto zdrojů nebo zařídit, aby se taková přeprava uskutečnila, musí obdržet předem písemné prohlášení příjemce radioaktivních látek, kterým se potvrzuje, že příjemce dodržuje v členském státě určení všechny příslušné právní předpisy vyplývající ze směrnice 96/29/Euratom a splňuje příslušné vnitrostátní požadavky na bezpečné skladování, využívání nebo zneškodňování takových zdrojů.

Prohlášení se může vztahovat na více než jednu přepravu za předpokladu, že: UZ kterých se prohlášení týká, mají v podstatě stejné fyzikální a chemické vlastnosti, uzavřené zdroje, kterých se prohlášení týká, nepřekračují úrovně aktivity stanovené v prohlášení přepravy, uskutečňuje stejný držitel stejnému příjemci a týká se stejných příslušných orgánů. Prohlášení je vytvořeno formou standardního dokumentu.

Přeprava nebezpečných látek, popřípadě radioaktivních materiálů se řídí dalšími legislativními dokumenty a to: dohodou ADR, která byla zveřejněna ve Sbírce zákonů ze dne 1. července 1987 pod číslem 64 jako vyhláška Ministra zahraničních věcí o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě věcí (ADR), (14) o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákonem č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě ve znění pozdějších předpisů a vyhláškou č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o

chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků ve znění pozdějších předpisů.

Technické zabezpečení se soustředí na kryty, s uschovaným ZIZ, které musí být vybaveny zámky buď bezpečnostního typu tj. uzamykání bez klíče, nebo integrálního typu s klíčem, který nemůže být vytažen, pokud je kryt odemčený. Kryty se mohou skladovat jen v zamčené poloze a pokud možno ještě pod druhým uzamčením v kontejneru, trezoru či ocelové skříni. Pokud se skladuje pracovní kryt samotný (bez transportního kontejneru) a dávkový příkon na jeho povrchu resp. v 1 m je vyšší, než je požadováno pro transportní kryty, zvláště pokud je skladováno více krytů, pak je nutno skladovací prostory vymezit jako kontrolované pásmo. Odemykat kryty mohou pouze osoby k tomu určené. (7)

#### **4.6.2. Opatření určená pro zaměstnance**

Především jde o zajištění odborné způsobilosti a potřebné kvalifikace pro zacházení s defektoskopickými přístroji. Jedním z dokumentů, kde byly uvedeny postupy pro ZOZ byla česká technická norma ČSN EN 1435, která zajišťovala až do roku 2013 definování základních pojmů používaných v normě a jejich významů, specifikace základních rysů radiografických technik, včetně zásad kompenzace, dále pak obecné zásady přípravných operací a všeobecné požadavky. Od 1.9.2013 normu nahradila ČSN EN ISO 17636-1 a ČSN EN ISO 17636-2. Je důležitá především pro technické pracovníky a stanovuje postupy při prozařování.

Dále norma ČSN EN ISO 9712 (Tato mezinárodní norma zavádí zásady pro kvalifikaci a certifikaci pracovníků, kteří provádějí nedestruktivní zkoušení (NDT) v průmyslu. V normě jsou stanoveny odpovědnosti: certifikačního orgánu, zkušebního střediska, zaměstnavatele, uchazeče o certifikaci.(15)

Norma určuje:

1. kvalifikační stupně odborné způsobilosti
2. požadavky na školení, průmyslovou praxi a kvalifikační zkoušku
3. způsob certifikace a recertifikace

Cesta k získání certifikátu dle EN ISO 9712:

- 1) Podání přihlášky ke školení v některém ze školicích středisek
- 2) Absolvování školení v dané metodě, stupni a sektoru
- 3) Absolvování části povinné praxe pod dohledem kvalifikované osoby
- 4) Prověření zrakové způsobilosti
- 5) Podání přihlášky ke kvalifikační zkoušce v některém z našich zkušebních středisek
- 6) Absolvování kvalifikační zkoušky v dané metodě, stupni a sektoru
- 7) Absolvování zbylé části povinné praxe pod dohledem kvalifikované osoby
- 8) Podání žádosti o certifikaci
- 9) Udělení certifikátu v dané metodě, stupni a sektoru

Je nezbytné, aby osoby, které se ZIZ pracují, byly náležitě poučeny o vlastnostech ZIZ a případných rizicích spojených s jeho používáním. Součástí školení musí být i informace, jak postupovat v případě odchylek od normálního provozu - koho informovat, jak se chovat. Informace by měla být zaměřena konkrétně k pracovišti a používanému ZIZ a pracovníci musí své znalosti a pochopení věci prokázat zkouškou, jejíž součástí musí být i praktické provádění činností a řešení MU.

Posouzení SJ, zda odpovídá legislativním požadavkům a požadavkům stanoveným organizací, provádějí pracovníci průběžně. (15,16) V případě zjištění neshod informují osobu odpovědnou za řádné používání ZIZ a ta zajistí jejich neprodlené odstranění. Pokud je zjištěna neshoda mezi skutečným prováděním činností a jejich popisem v dokumentaci, kompetentní osoby posoudí, zda je neshoda v postupu nebo dokumentaci a podle toho jsou provedena příslušná nápravná opatření. Přijaté změny musí být posouzeny z hlediska jejich možného vlivu na RO, která jejich přijetím nesmí být snížena.

#### 4.7. Působení záření na zaměstnance v defektoskopii

Veličiny charakterizující působení IZ na člověka vycházejí z několika veličin jako dávka, což je energie, kterou IZ předá buňkám, tkáním a orgánům lidského organismu.(16) Ekvivalentní dávka charakterizuje citlivost dané tkáně k různým druhům IZ. Efektivní dávka byla vytvořena k hodnocení účinků celotělového ozáření. Je definována jako tzv. efektivní dávka E. Je definována jako součet vážených středních hodnot ekvivalentních dávek  $H_t$  v tkáních nebo orgánech lidského těla.

Limity pro radiační pracovníky jsou

- a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků
- b) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 50 mSv za kalendářní rok
- c) pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 150 mSv za kalendářní rok
- d) pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm<sup>2</sup> kůže hodnota 500 mSv za kalendářní rok,
- e) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky hodnota 500 mSv za kalendářní rok. (17,18)

Limity pro radiační pracovníky se vztahují na profesní ozáření, tj. na ozáření, kterému jsou vystaveni v přímém vztahu k vykonávané práci radiační pracovníci  
č. 307/2002 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb., § 20,

## 4.8. Zneužití radiologických materiálů

Pro využití radionuklidů pro zbraňové nebo jiné nepřátelské účely včetně organizovaného zločinu a jeho nejvyšší formy – terorismu jsou podstatné některé základní vlastnosti radionuklidů.

Hodnota D – definice nebezpečného zdroje. Hodnota D představuje takové množství radioaktivního materiálu, který nekontrolován může způsobit exponovanému jedinci smrt nebo trvalé poškození, které vážně sníží kvalitu jeho života. Poslední publikace MAAE (IAEA) z r. 2006 uvádí na 420 hodnot D pro velmi široké spektrum radionuklidů počínaje H-3 a konče transurany – Cf-254, přičemž vychází z deterministických zdravotních účinků, jak letálních, tak neletálních v závislosti na různých expozičních scénářích, které jsou ovšem velmi významné. (19)

Při vážném překročení limitů se projeví tzv. deterministické účinky. To znamená, absorbovaná dávka překročila prahovou hranici. K tomu může dojít v případě havárií nebo např. při úniku radioaktivního materiálu do okolního prostředí. Příkladem bezprostředního ohrožení života je jednorázová vysoká dávka ozáření – např. celotělové ozáření efektivní dávkou zářením gama vyšší než 6 Sv. Bez léčby je považováno za smrtelné.

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES) slouží k okamžité komunikaci s veřejností. Informováním o událostech ve srozumitelném znění může stupnice usnadnit vzájemné porozumění mezi, veřejností a sdělovacími prostředky. Stupnice byla vytvořena mezinárodní skupinou expertů svolaných společně Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) a Agenturou pro jadernou energii při Organizaci pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA). Stupnice rovněž odráží zkušenosti získané z využívání podobných stupnic ve Francii a Japonsku i z návrhů stupnic zvažovaných v několika dalších zemích. Nejdříve byla stupnice určitou dobu zkušebně používána ke klasifikaci událostí v jaderných elektrárnách. Po té byla rozšířena a uzpůsobena tak, aby umožňovala použití ve všech zařízeních spojených s civilním jaderným průmyslem. V současné době je úspěšně používána v 60 zemích.

Vydání příručky INES může být použito pro jakoukoliv událost spojenou s radioaktivním materiálem a/nebo s radiací a pro jakoukoliv událost, která by se vyskytla v průběhu přepravy radioaktivního materiálu.

Stupnice zařazuje události do sedmi stupňů: vyšší stupně (4–7) se označují jako „havárie“, nižší (1–3) „nehody“. Události, které nemají žádný bezpečnostní význam a jsou klasifikovány stupněm 0 (pod stupnicí), se nazývají „odchylky“. Události, které vůbec nesouvisejí s bezpečností, se označují jako události „mimo stupnicí“. Použité výrazy nejsou považovány ani za přesné, ani za definitivní. Každý stupeň je podrobně definován v částech III a IV této příručky. Události se posuzují podle tří rozdílných dopadů reprezentovaných jednotlivými sloupci: dopad do okolí, vliv na jaderné zařízení a dopad na hloubkovou ochranu.

Dále dle zahraniční publikace Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency vydané mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) se řadí pracoviště s radioaktivními materiály do 5 kategorií. Průmyslové ozařovače, zahrnující i defektoskopy se řadí do kategorie čtvrté, především kvůli zabezpečení přepravy radioaktivních materiálů používaných pro metodu prozařovací. (20, 21) Příručka je určena především záchranným složkám, kde popisuje možné MU a návrhy a postupy jak se v těchto případech chovat.

#### **4.8.1. Neúmyslné zneužití**

Ke zneužití materiálů užívaných v defektoskopii může dojít několika způsoby. Jako základní rozdělení bychom mohli uvést zneužití úmyslně či neúmyslně.

V případě nesprávně proškoleného zaměstnance může dojít k neopatrné manipulaci s gamma zářičem, při které se zvyšuje riziko stochastických účinků. Dále se může v blízkosti ZIZ vyskytnout nepovolaná osoba, pokud nebudou dostatečně vyznačena kontrolovaná pásma. Dále se vyskytuje riziko vzniku dopravní nehody při převozu radioaktivního materiálu. Přeprava je zajištěna dle předpisů ADR a dalších, nicméně eventualita dopravní nehody existuje.

Další možností zneužití je krádež zdroje záření. Tato krádež by mohla být provedena i neúmyslně, tedy ne za účelem zneužití ZIZ. Jako příklad uveďme zloděje, který ukradne vůz, v němž se ZIZ převáží. Za předpokladu, že okrádající neví, co ukradl. (22)

Ochrana obyvatelstva by se v případě nálezu ZIZ zaměřila na zajištění lékařské péče postiženým osobám, jejich evakuaci do příslušného zdravotnického zařízení a na varování obyvatelstva v okolí radiační mimořádné události. Také by obyvatelstvo bylo dále informováno o možných postupech a chování v místě vzniku mimořádné události.

#### **4.8.2. Úmyslné zneužití -Terorismus**

V případě úmyslného zneužití je nutné brát v úvahu daleko vyšší rizika nejen pro pracovníky na defektoskopických pracovištích ale i pro okolní obyvatelstvo.

Riziko terorismu spíše narůstá a je umožněno také díky vědeckotechnickému vývoji a otevřeným přístupem k informačním zdrojům, které nechtěně přispívají k vědecké a technické úrovni dobře organizovaných velkých teroristických skupin. Stále se rozrůstající systém rozšiřování informací především globálními počítačovými sítěmi dovoluje rychlý a anonymní přístup k informacím bez nebezpečí odhalení.

Brutalita teroristických útoků stále narůstá, a proto je důležité stanovovat dohody a postupy na mezinárodní úrovni. (23)

Rozlišujeme dva typy radiologického terorismu. Využití radioaktivní látky nebo ZIZ na veřejných místech, kdy teroristé vyhledávají oblasti s vysokým počtem osob. Vyhovujícím prostředím mohou být pro ně např. hromadné prostředky.

Druhou možností je přímý útok na zařízení provozující jaderné zařízení, také ale pracoviště nakládající se ZIZ.

Tyto dva typy útoků se liší především místem a časem. Na veřejných místech mohou útoky proběhnout kdykoliv, ale je problémovější dostat radioaktivní materiál na místo určení útoku. Oproti tomu zařízení se ZIZ jsou na předem známých místech,



ovšem mají vysoké stupně zabezpečení a ochrany. Je tedy problémovější proniknout do těchto zařízení a způsobit jejich závažná poškození.

Mezi nejčastěji zmiňované formy teroristických útoků patří tzv. „špinavá bomba“. Špinavou bombou se myslí určité množství radioaktivního materiálu smíchaného s klasickou výbušninou. Špinavá bomba využívá nálože s konvenční náplní (např. trinitrotoluenem) k rozptýlení radioaktivních materiálů a ve srovnání s výbušnými jadernými zbraněmi je její bezprostřední ničivý účinek zanedbatelný. (24)

Při jejím odpálení tedy nedochází k žádnému obrovskému výbuchu. Její princip tkví v zamoření prostoru exploze a vzniku radioaktivního mraku, který se rychle šíří v závislosti na síle větru, přičemž následný spad radioaktivních částic zamořuje další a další území

Mezi radioaktivní materiály, které by se mohly k výrobě špinavé bomby využít, se řadí i Cesium-137 a Kobalt-60. Oba materiály se využívají v prozařovací defektoskopii a je tedy možné, že defektoskopická pracoviště by se mohla objevit v hledáčku teroristických skupin. Uvažuje se, že tato situace by mohla nastat, neboť ZIZ umístěné na těchto pracovištích mají sice stanovena bezpečnostní opatření, ale v případě vniknutí cizích sob do těchto projektů by mohlo dojít k situaci, kdy by se teroristé zmocnili radioaktivních materiálů a na výrobu špinavé bomby je zkusili využít. (24,25)

Tato „dirty bomb“ by mohla být umístěna např. v hromadném prostředku a následně způsobit vážnou MU.

## 5. Cíle práce

Cíle práce byly určeny:

- Zhodnotit rizika zneužití radioaktivních materiálů
- Blíže prozkoumat defektoskopické metody
- Zpracovat literární přehled.

### 5.1. Výzkumné otázky

Jaká je zkušenost pracovišť v ČR se ztrátou nebo krádeží radioaktivních materiálů používaných pro defektoskopii?

Jaká je informovanost pracovníků o rizicích spojených s metodou defektoskopie?

### 5.2. Metodika

V práci jsem nejdříve zpracovala dostupnou literaturu a publikace týkající se metody defektoskopie, radioaktivních materiálů, ionizujícího záření, možných rizik, radiologického terorismu a dalších potřebných materiálů.

Sběr dat byl prováděn technikou dotazníků – kvalitativní formou metody dotazování. Data byla zpracována za účelem testování výzkumných otázek a následně splnění cílů. Dotazník byl rozdán v deseti místech průmyslových provozů provozujících defektoskopii s využitím radioaktivních materiálů.

Dotazník (viz příloha 1) určený pro vedoucí pracovníky defektoskopických pracovišť obsahoval 15 otázek, z toho 13 otázek bylo tvořeno otevřenou formou a 2 otázky byly tvořeny uzavřenou formou. Na každou uzavřenou formu otázky byla možná jedna správná odpověď.

Dotazník (viz příloha 2) určený pro zaměstnance defektoskopických pracovišť obsahoval 15 otázek, z toho 11 otázek bylo tvořeno uzavřenou formou, 1 otázka byla polootevřenou formou a 3 otázky byly otevřenou formou. Na každou uzavřenou formu

otázky byla možná jedna správná odpověď – na tuto skutečnost byli respondenti upozorněni.

### **5.2.1. Charakteristika zkoumaného souboru**

Dotazníky byly rozdány v deseti místech průmyslových provozů provozujících defektoskopii s využitím radioaktivních materiálů. Průmyslové provozy provozující defektoskopii byly vybrány dle jejich defektoskopické činnosti se zaměřením na prozařovací metodu – s rozmístěním v 8 krajích České republiky.

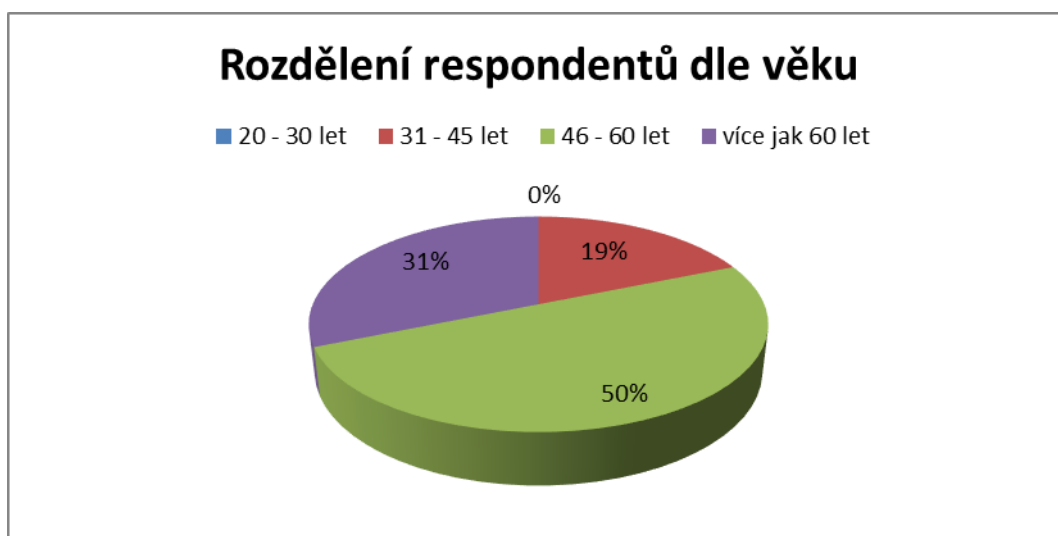
Celkem bylo rozdáno 60 dotazníků z návratností 38 dotazníků. 30 dotazníků bylo rozdáno na řídicí oddělení vedoucím pracovníkům a 30 dotazníků na pracoviště defektoskopie. Otázky se zaměřovaly na znalosti zaměstnanců a jejich nadřízených v oblasti možných rizik zneužití ionizujícího záření.

Data z těchto dotazníků byla poté vyhodnocena a použita k vypracování výzkumné části bakalářské práce.

## 5.3. Výsledky

### 5.3.1. Odpovědi na otázky dotazníku – vedoucí pracovníci na defektoskopických pracovištích

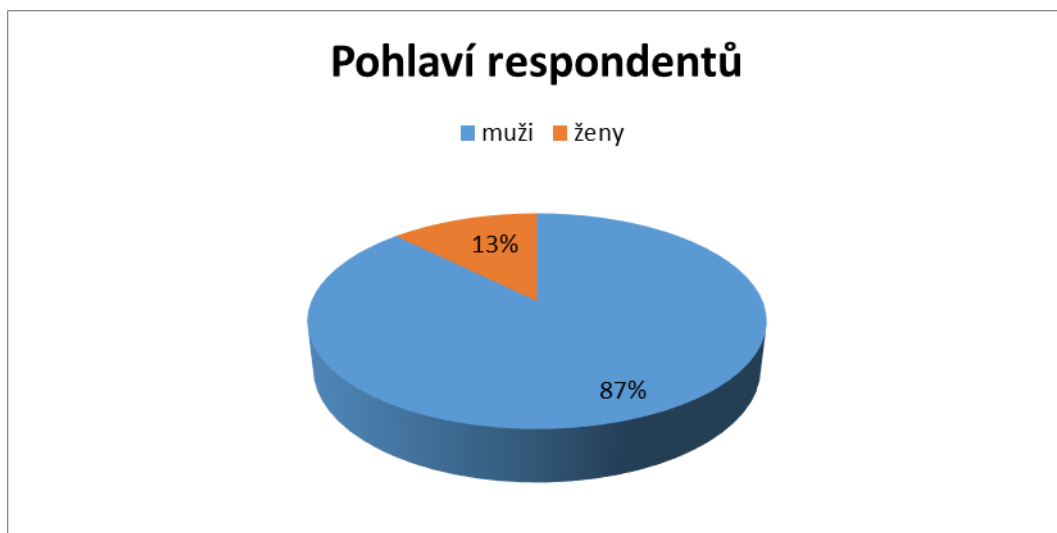
Otázka č. 1 : Uveďte prosím Váš věk?



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz věkové kategorie odpovídalo 50 % respondentů 46 – 60 let, 31 % respondentů více jak 60 let a 19 % respondentů 31 – 45 let. Ve věku mezi 20- 30 lety nebyl žádný z dotázaných respondentů.

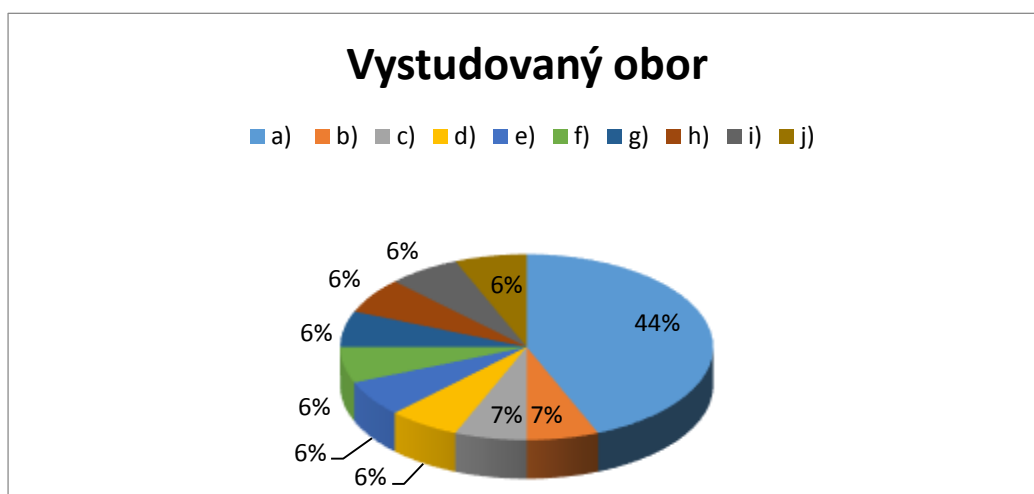
**Otázka č. 2 : Uved'te prosím pohlaví?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz pohlaví odpovídalo 87 % respondentů muži, 13 % respondentů byli ženy.

### Otázka č. 3 : Váš vystudovaný obor?

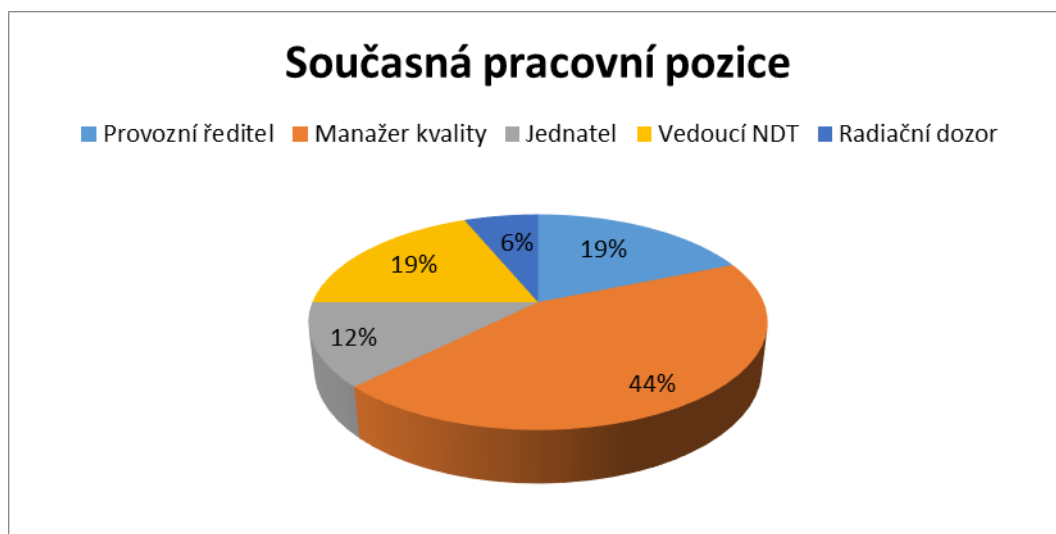


Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) SPŠ, SPŠE, SOŠ nebo SZŠ	7
b) VŠ management	1
c) VŠB	1
d) VŠ dopravy a spojů	1
e) Lékařství	1
f) UJEP – ekonomiku a management řízení výroby	1
g) ČVUT – FEL	1
h) VŠ – Technická kybernetika	1
i) Biochemie	1
j) Všeobecné vzdělání	1

Tabulka 1

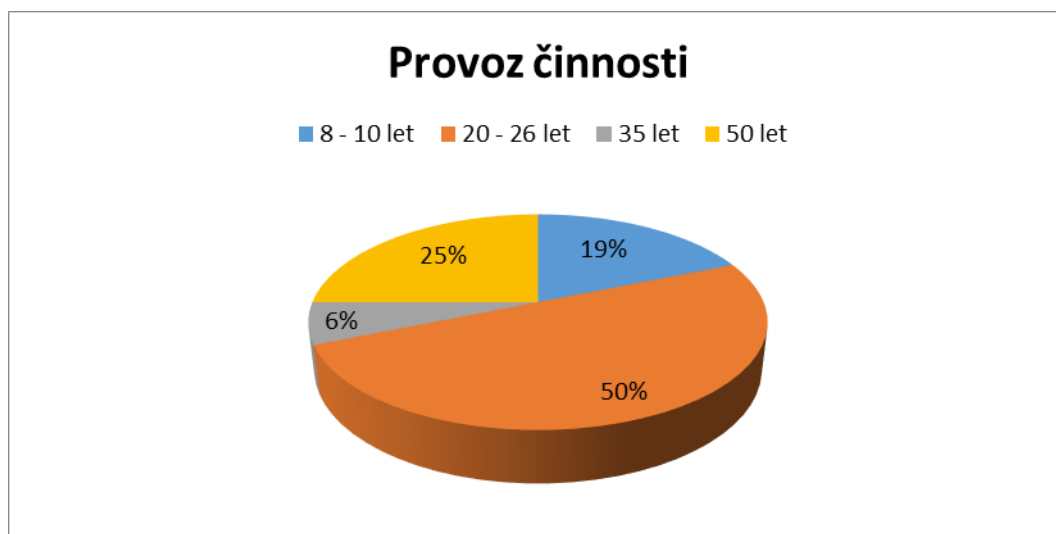
**Otázka č. 4 : V jaké pracovní pozici v současné době pracujete?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz současné pracovní pozice odpovídalo 44 % respondentů manažer kvality, 19 % respondentů provozní ředitel, 19 % respondentů vedoucí NDT, 12 % jednatel, 6 % radiační dozor.

**Otázka č. 5 : Jak dlouho se vaše společnost zabývá metodou defektoskopie?**

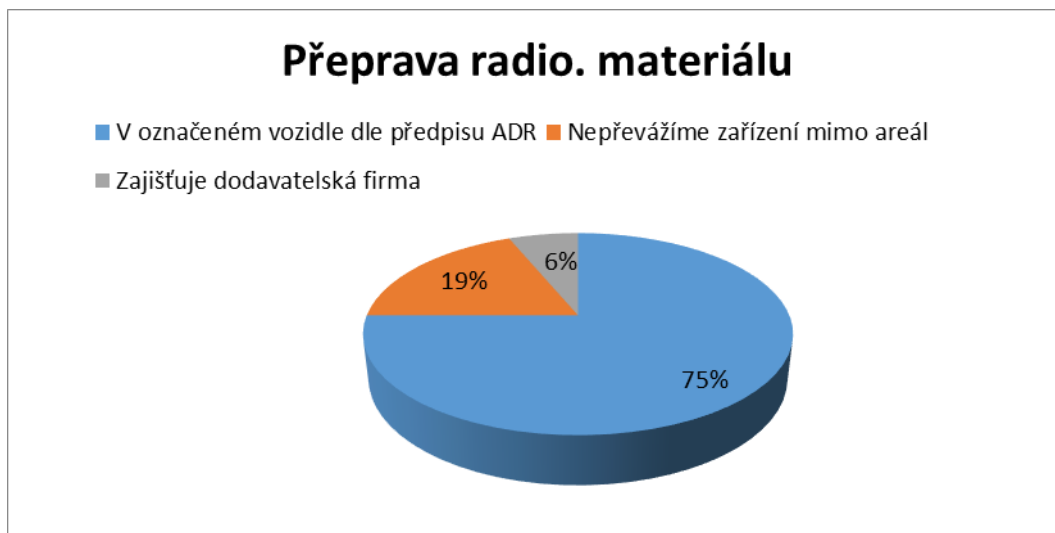


Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz současné pracovní pozice odpovědělo 44 % respondentů manažer kvality, 19 % respondentů provozní ředitel, 19 % respondentů vedoucí NDT, 12 % jednatel, 6 % odpovědělo radiační dozor.



**Otázka č. 6 : V případě přepravy radioaktivního materiálu, jak je zajištěn jeho převoz?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz převozu radioaktivního materiálu uvedlo 75 % respondentů v označeném vozidle dle předpisu ADR, 19 % respondentů nepřevážíme zařízení mimo areál, 6 % respondentů zajišťuje služby dodavatelská firma.

**Otázka č. 7 : Došlo někdy v blízkosti vaší firmy k mimořádné události? (např. radiační nehoda, povodně, požár). Pokud ano, uveďte prosím v jakém časovém období. Pokud ne, můžete uvést, k jaké by případně mohlo dojít?**

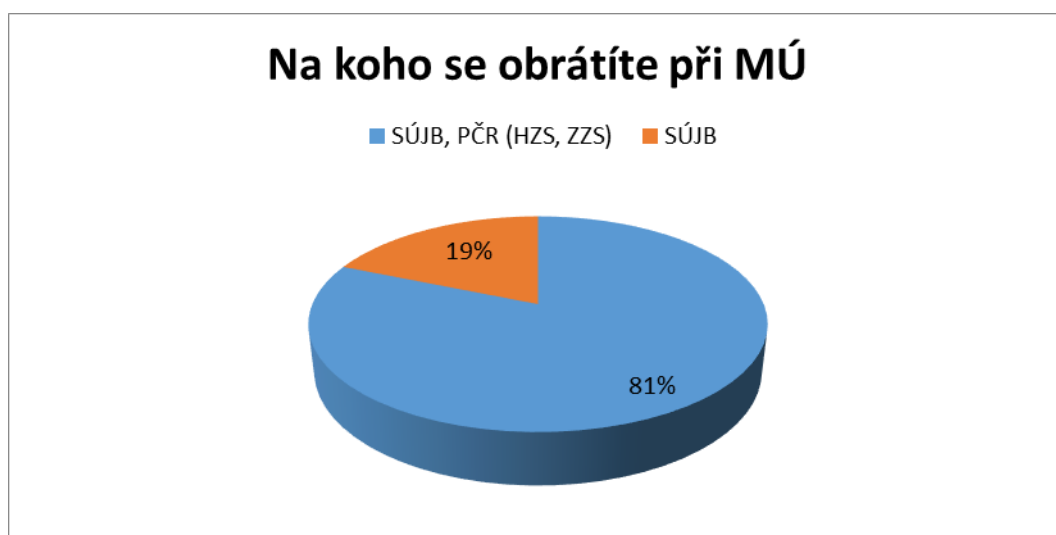


Zdroj: Vlastní výzkum

Odpovědi na možné MU:

1. neukončená expozice - ovládací pult nefunguje - nejde vypnout generátor záření - požár ve zkušební kobce - uvíznutí URZ ve výjezdové hadici - zaseknutí dálkového ovládání - nelze zatáhnout URZ do krytu - odcizení zářiče
2. Dojít může ke všemu možnému. Radiační nehodu způsobí amatér nerozumnou manipulací, nebo profesionál - blbec obdobně. Z ostatního se může stát cokoli. Pro případ požáru je objekt oznámen HZS s plánkem umístění IZ.
3. Při přepravě není tak velké nebezpečí jako při vlastní práci, kdy hrozí poškození součástí, které ovládají pohyb zářiče.
4. Ne, ale máme výjezdovou havarijní skupinu s pravidelnými tréninky, například se zalomením výjezdové hadice, ve které se nalézá zářič.

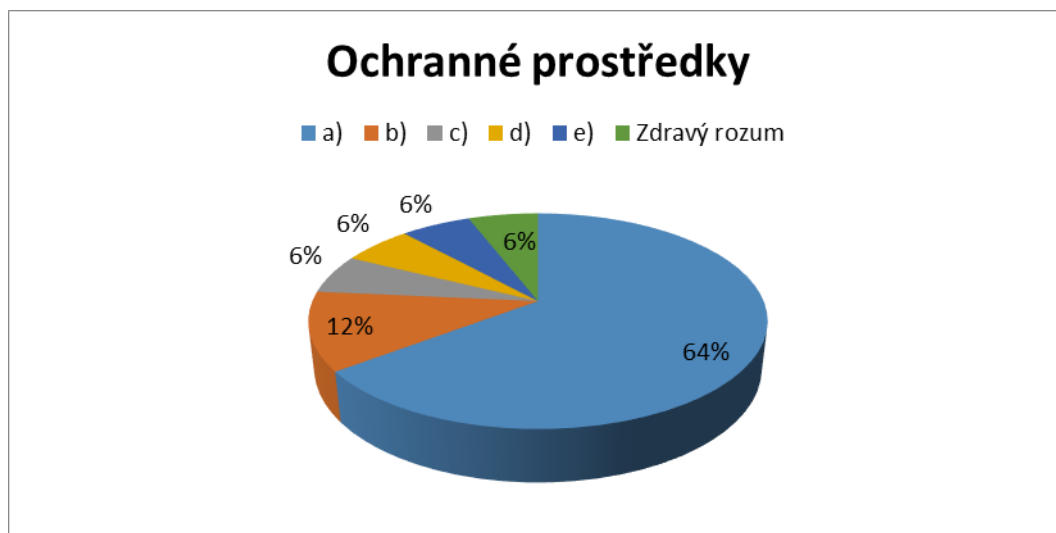
**Otázka č. 8 : Pokud by ve Vaší společnosti došlo k mimořádné události (nehodě, nebo zcizení radioaktivního materiálu), příp. uzavřeného radioaktivního zářiče, na jaké orgány je třeba se obrátit? Uveďte prosím.**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz na jaký orgán se obrátit při vzniku MU odpovědělo 81 % respondentů SÚJB, PČR, popř. HZS, ZZS, 19 % respondentů uvedlo pouze SÚJB.

**Otázka č. 9 : Jaké používáte ochranné prostředky k osobní ochraně?**

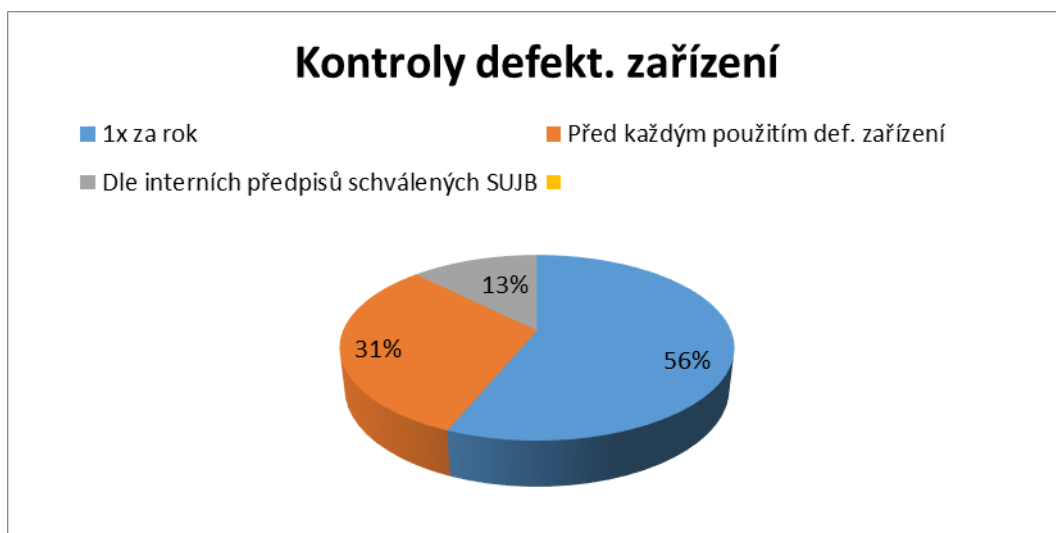


Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Osobní dozimetry, měřič dávk. příkonu	11
b) Olověné cihly, rukavice, pláště	2
c) Monitorovací přístroj opera.tměřič radiace RDS-30	1
d) Signální hlásiče záření	1
e) Kolimátor	1
f) Zdravý rozum	1

Tabulka 2

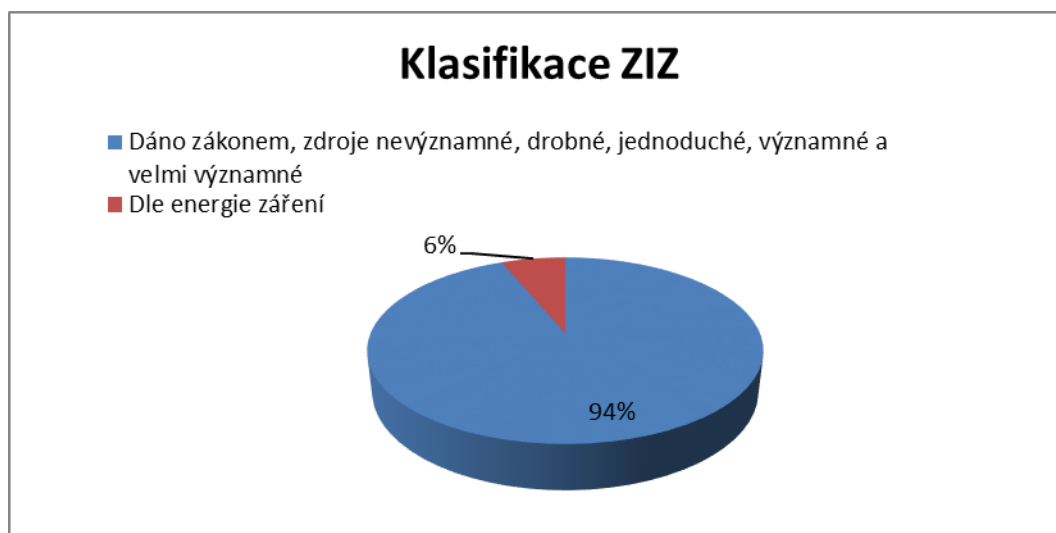
**Otázka č. 10 : Jak často u vás ve firmě probíhají kontroly defektoskopických zařízení?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz jak často u Vás ve firmě probíhají kontroly defekt. zařízení odpovědělo 56 % respondentů 1x za rok, 31 % respondentů odpovědělo před každým použitím defekt. zařízení a 13 % respondentů uvedlo dle interních předpisů SÚJB.

**Otázka č. 11 : Podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením se zdroje ionizujícího záření klasifikují?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením se zdroje ionizujícího záření klasifikují, odpovědělo 94 % respondentů dáno zákonem, zdroje nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné, 6% respondentů odpovědělo dle energie záření.

**Otázka č. 12 : Jaké zdravotní následky dle vašeho názoru hrozí pracovníkovi, který obdrží celotělovou efektivní dávku záření, vyšší než je přípustné? (Efektivní dávka za rok pro rad. pracovníky max. 50 mSv)**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz jaké zdravotní následky dle vašeho názoru hrozí pracovníkovi, který obdrží celotělovou efektivní dávku záření, vyšší než je přípustné, odpovědělo 44 % respondentů stochastické účinky, zhoubné nádory, leukémie, genetické změny. 37 % respondentů odpovědělo nestochastické účinky, tj akutní nemoc z ozáření, radiační zánět kůže, intenzita projevu stoupá s dávkou, 19 % respondentů odpovědělo poškození tkáně, gonád, kostní dřeně.

**Otázka č. 13 : Myslíte, že Vaši podřízení mají obecnou představu o dávkách záření a rizicích s nimi spojených?**

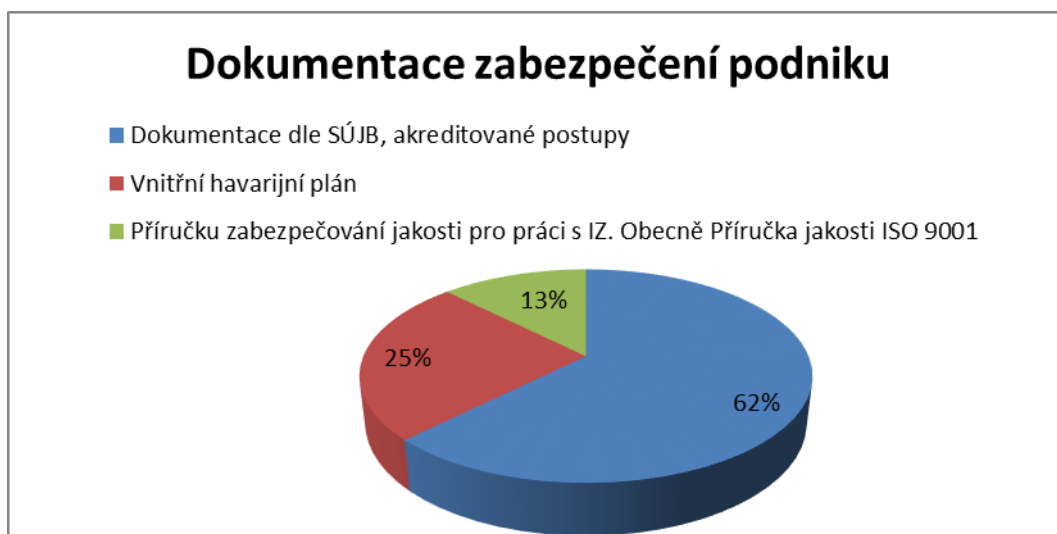


Zdroj: Vlastní výzkum

Na otázku myslíte, že Vaši podřízení mají obecnou představu o dávkách záření a rizicích s nimi spojených, odpovědělo 100 % respondentů, že ano.



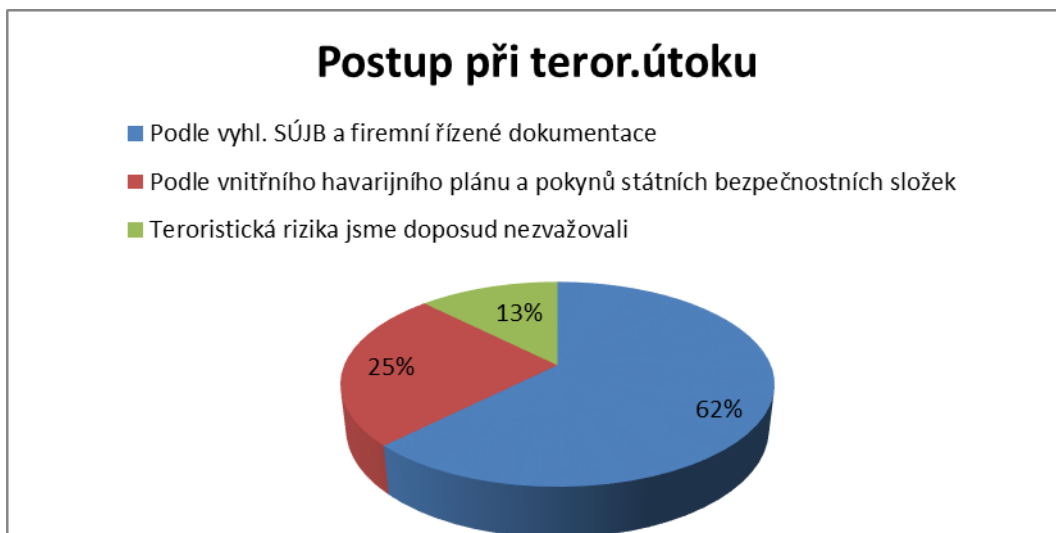
**Otázka č. 14 : Jakou dokumentaci ohledně zabezpečení podniku máte k dispozici?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na otázku jakou dokumentaci ohledně zabezpečení podniku máte k dispozici z prvního dotazníku, odpovědělo 56 % respondentů dokumentace dle SÚJB a akreditované postupy, 25 % respondentů odpovědělo vnitřní havarijní plán, 13 % respondentů odpovědělo příručku zabezpečování jakosti pro práci S IZ (ISO 9001)

**Otázka č. 15 : V případě teroristického útoku budete postupovat podle jaké dokumentace?**



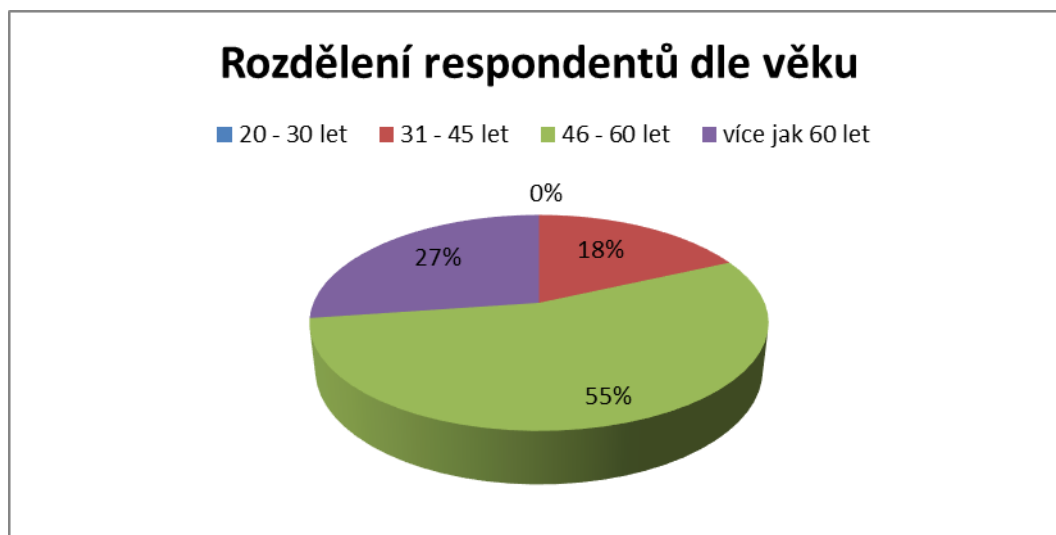
Zdroj: Vlastní výzkum

Odpovědi na otázku podle jaké dokumentace budete postupovat v případě teroristického útoku, uvedlo několik respondentů tyto možnosti:

1. Řídíme se např. národními předpisy Letecký předpis L17, Národní bezpečnostní program ochrany civilního letectví, Bezpečnostní program letiště Praha/Ruzyně a další. Absolvujeme též pravidelná bezpečnostní školení každé dva roky.
2. Žádné. V případě teroristického útoku se budu chovat dle svého nejlepšího vědomí a svědomí!
3. HaHa kdo by na nás útočil??? Zas tak zajímavý materiál nedržíme. Samozřejmě dle Havarijního plánu.

### 5.3.2. Odpovědi na otázky dotazníku – zaměstnanci na defektoskopických pracovištích

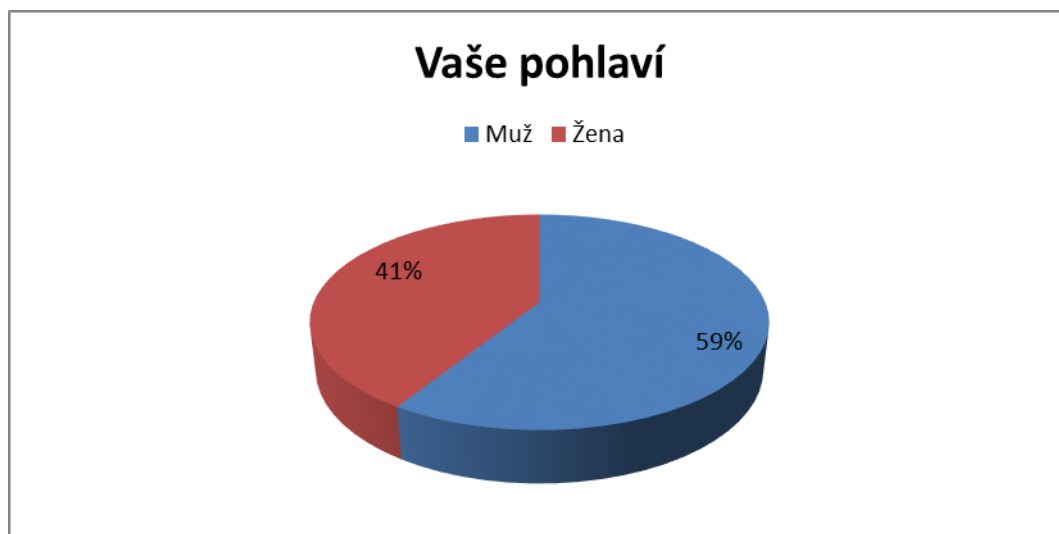
Otázka č. 1 : Uveďte prosím Váš věk?



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz věkové kategorie odpovědělo 55 % respondentů 46 – 60 let, 27 % respondentů více jak 60 let a 18 % respondentů 31 – 45 let. Ve věku mezi 20- 30 lety nebyl žádný z dotázaných respondentů.

**Otázka č. 2 : Uved'te prosím pohlaví?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na dotaz pohlaví odpovědělo 59 % respondentů muži, 41 % respondentů byli ženy.

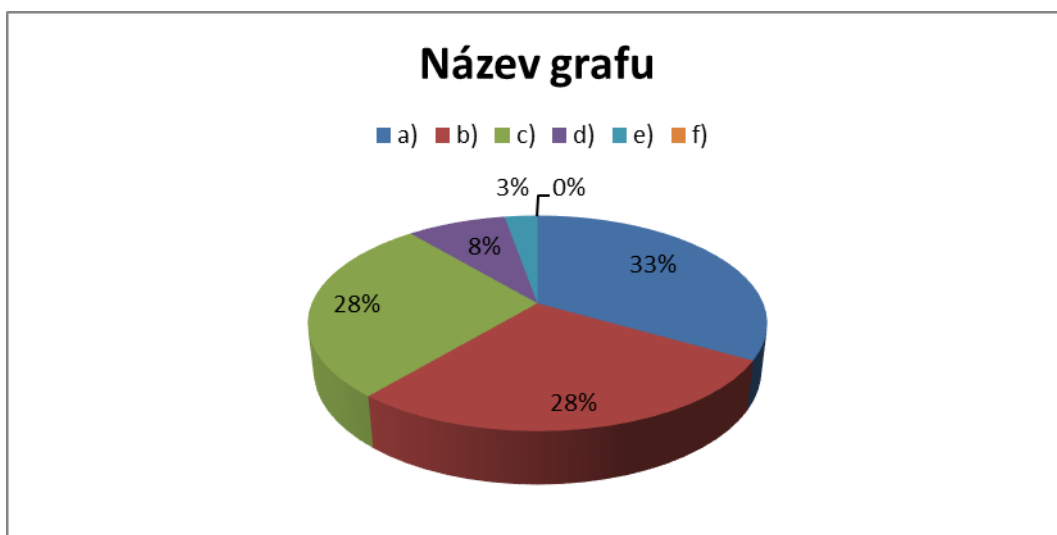
**Otázka č. 3 : Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Jako nejvyšší dosažené vzdělání odpovědělo 64 % respondentů vysokoškolské, ve 32 % střední odborné zakončené maturitou a 4% respondentů uvedlo vzdělání vyšší odborné.

**Otázka č. 4: S jakými zdroji pracujete?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Selen Se-75	12
b) Iridium Ir-192	10
c) Jiné (Rtg. lampy)	10
d) Kobalt Co -60	3
e) Cesium Cs-137	1
f) Yterbium Yb-169	0

Tabulka 3

**Otázka č. 5 : Jak je ve vaší společnosti skladován radioaktivní zdroj?**

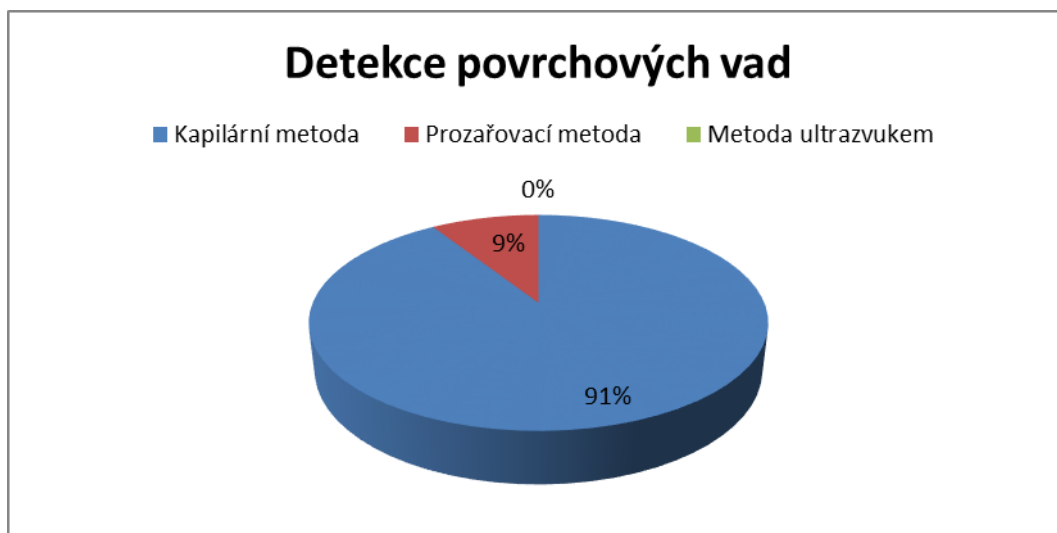


Zdroj: Vlastní výzkum

Na otázku uskladnění ZIZ na pracovišti odpovědělo 68 % respondentů přesně určenou místnost, 32 % respondentů odpovědělo, že ZIZ neskladují.

**Otázka č. 6:**

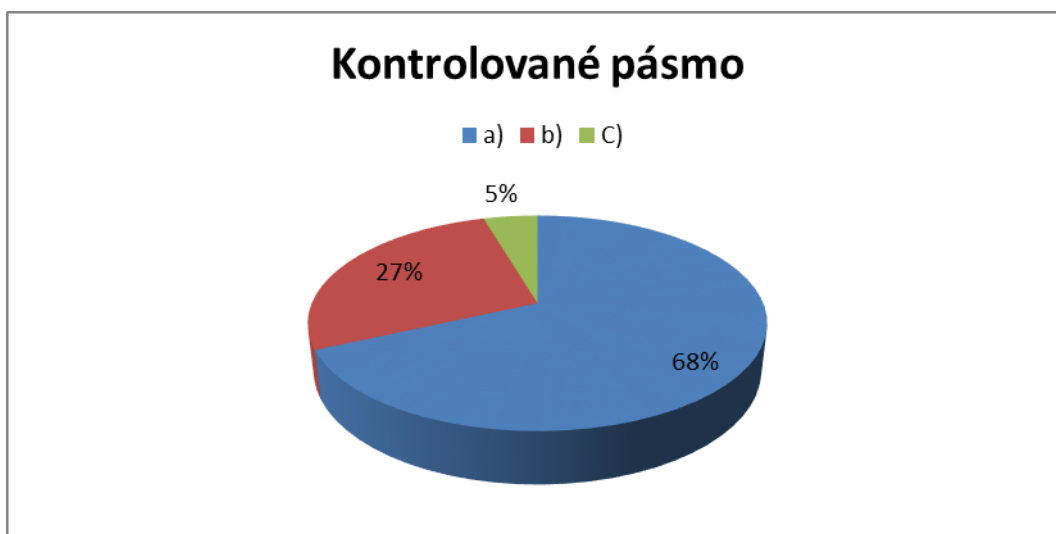
**Která z uvedených defektoskopických metod je nejvhodnější k detekci povrchových vad?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na otázku která z uvedených defektoskopických metod je nejvhodnější k detekci povrchových vad, z druhého dotazníku odpovědělo 91 % respondentů kapilární metodu, pouze 9 % respondentů uvedlo metodu prozařovací.

**Otázka č. 7: Označte správný údaj týkající se pojmu kontrolované pásmo?**



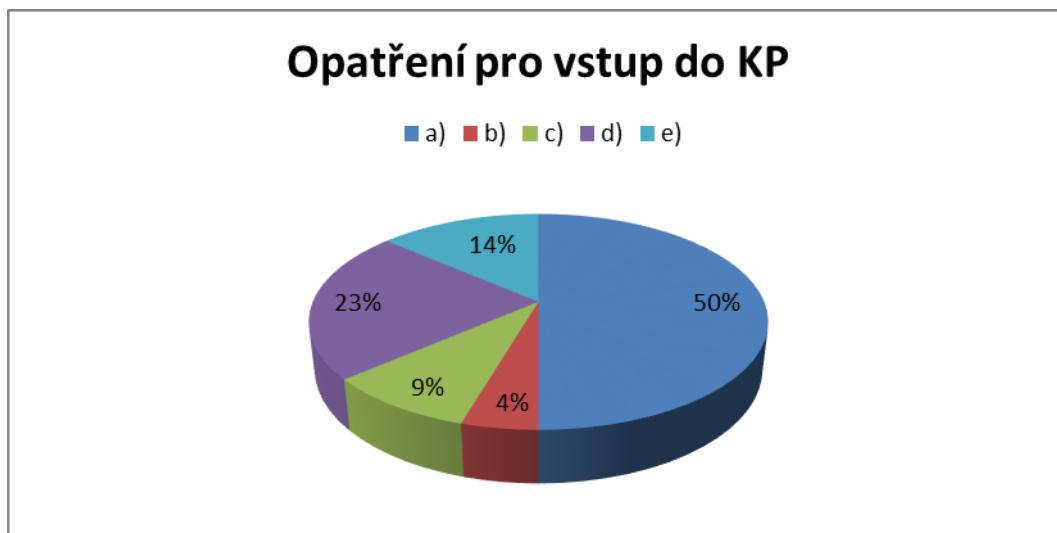
Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Vymezuje se všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo kde by ekv. dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny	15
b) Vymezuje se všude tam, kde ozáření osob může překročit 1/10 dávkového limitu	6
c) Pracovníci, kteří vykonávají činnosti v kontrolovaném pásmu, jsou zařazeni do kategorie B	1

Tabulka 4



**Otázka č. 8: Jaké byste určil (a) speciální opatření pro vstup cizích osob do oblasti kontrolovaného pásma?**



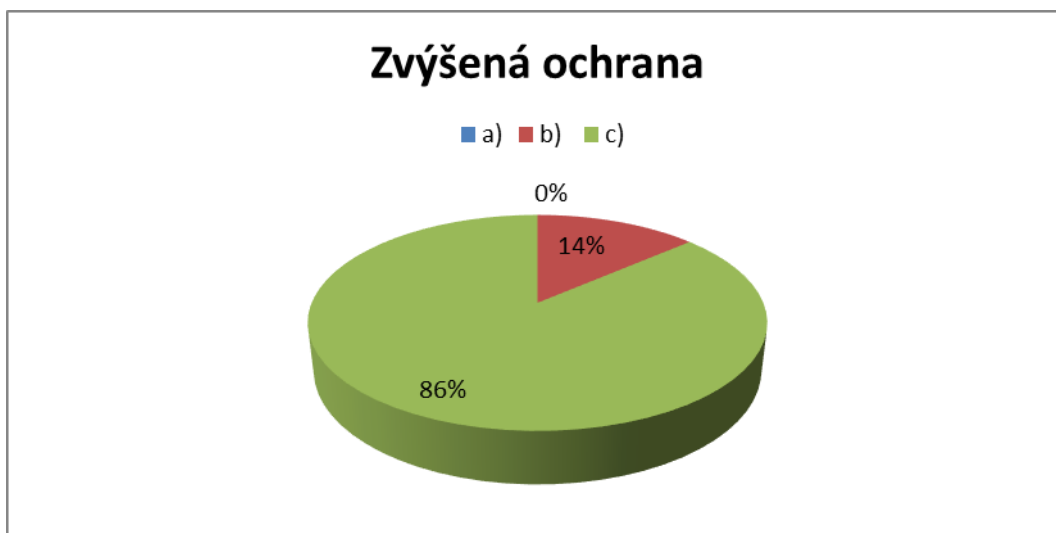
Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Cizí osoby vstup pouze s pracovníky kategorie A	11
b) Do KP žádné cizí osoby nesmějí	1
c) uzamčené prostory, návštěvy zapsat do deníku návštěv KP	2
d) Na základě změření dávk. příkonu, vymezení kontrolovaného pásma pomocí výstražných tabulek	5
e) vybavit dozimetrem	3

Tabulka 5

**Otázka č. 9:**

**Požadavek regulované/zvýšené ochrany lze vymezit prostorově, a proto se zavádějí tzv.?**

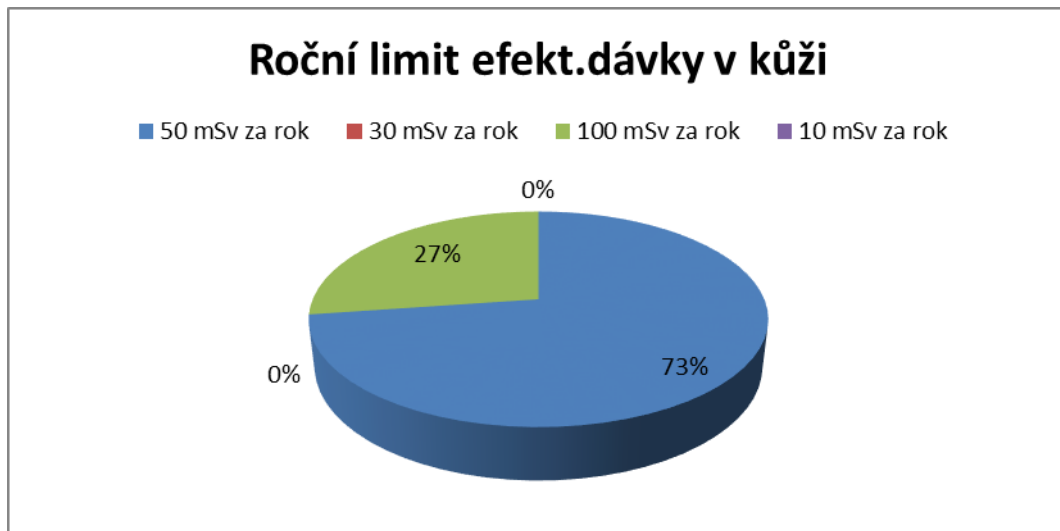


Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Vysoce chráněná pásma, jako oblasti, kde jsou nebo mohou být vyžadována zvláštní ochranná a bezpečnostní opatření a chráněná pásma tam kde není třeba vytvářet vysoce chráněná pásma.	0
b) Radiační pásma, jako oblasti, kde jsou nebo mohou být vyžadována zvláštní ochranná a bezpečnostní opatření a nízkoradiační pásma tam kde není třeba vytvářet radiační pásma.	3
c) Kontrolovaná pásma, jako oblasti, kde jsou nebo mohou být vyžadována zvláštní ochranná a bezpečnostní opatření a sledovaná pásma tam kde není třeba vytvářet kontrolovaná pásma.	19

Tabulka 6

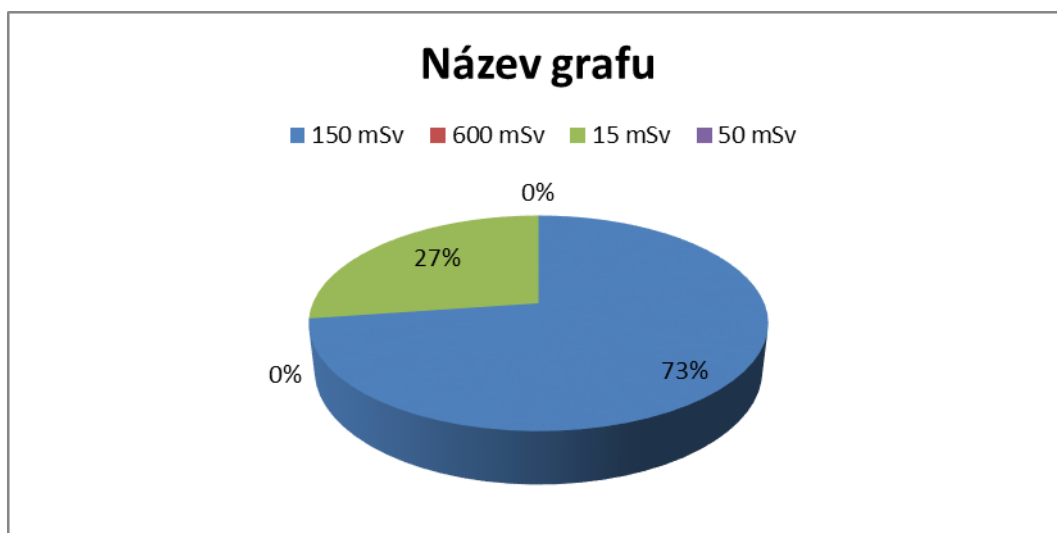
**Otázka č. 10: Jaký je roční limit ekvivalentní dávky v 1 cm<sup>2</sup> kůže? (pracovníci s IZ)**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na otázku jaký je roční limit efektivní dávky v 1 cm<sup>2</sup> kůže z druhého dotazníku, odpovědělo 73 % respondentů 50 mSv za rok. 27 % respondentů odpovědělo 100 mSv za rok.

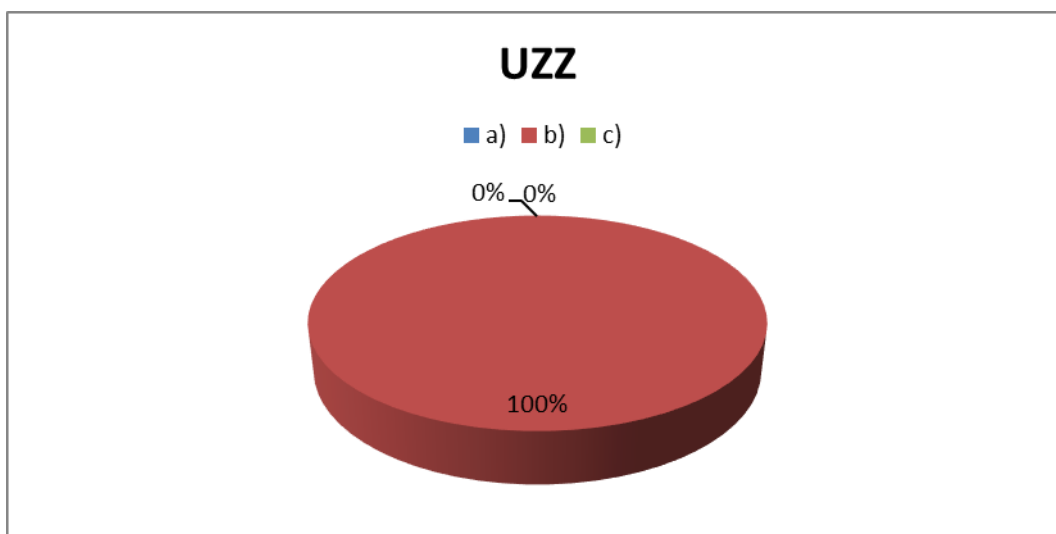
**Otázka č. 11: Jaký je roční limit pro ekvivalentní dávku v oční čočce u pracovníků se zářením?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Na otázku jaký je roční limit pro ekvivalentní dávku v oční čočce u pracovníků se zářením z druhého dotazníku, odpovědělo 73 % respondentů 150 mSv, tedy správnou odpověď. 27 % respondentů odpovědělo 15 mSv. Možnost 50 mSv nebo 600 mSv ne zvolil žádný z respondentů.

**Otázka č. 12: Znáte charakteristiku uzavřeného zdroje záření?**

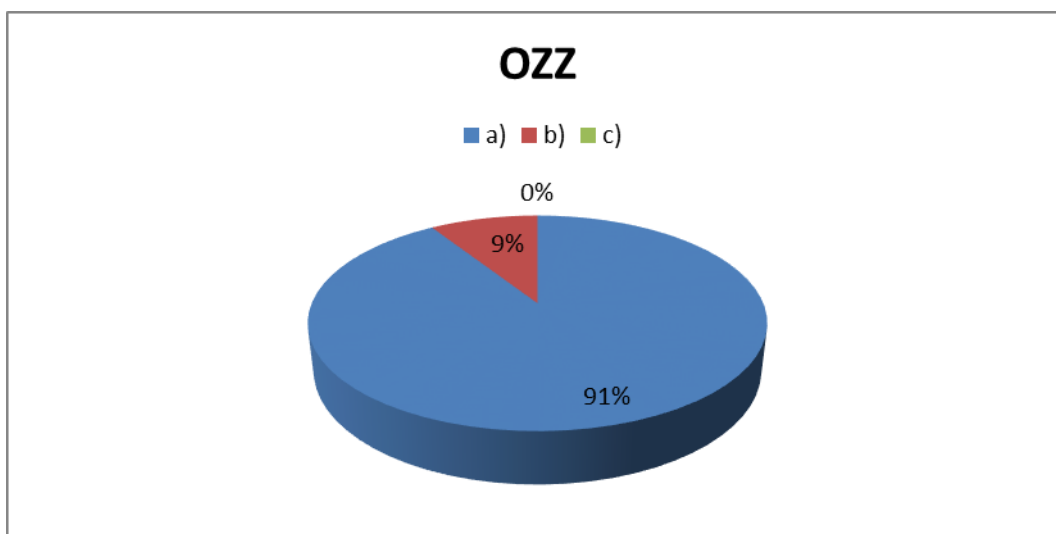


Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Radionuklidový zářič, jenž je zabezpečen v nádobě, která je vyplněna stlačeným vakuem. Je viditelně označen nápisem uzavřený zdroj.	0
b) Radionuklidový zářič, jehož úprava, například zapouzdřením nebo ochranným překryvem, zabezpečuje zkouškami ověřenou těsnost a vylučuje tak, za předvídatelných podmínek použití a opotřebování, únik radionuklidů ze zářiče.	22
c) Radionuklidový zářič, je v několika ochranných vrstvách, tvořených silným kovem.	0

Tabulka 7

**Otázka č. 13: Znáte charakteristiku otevřeného zdroje záření?**

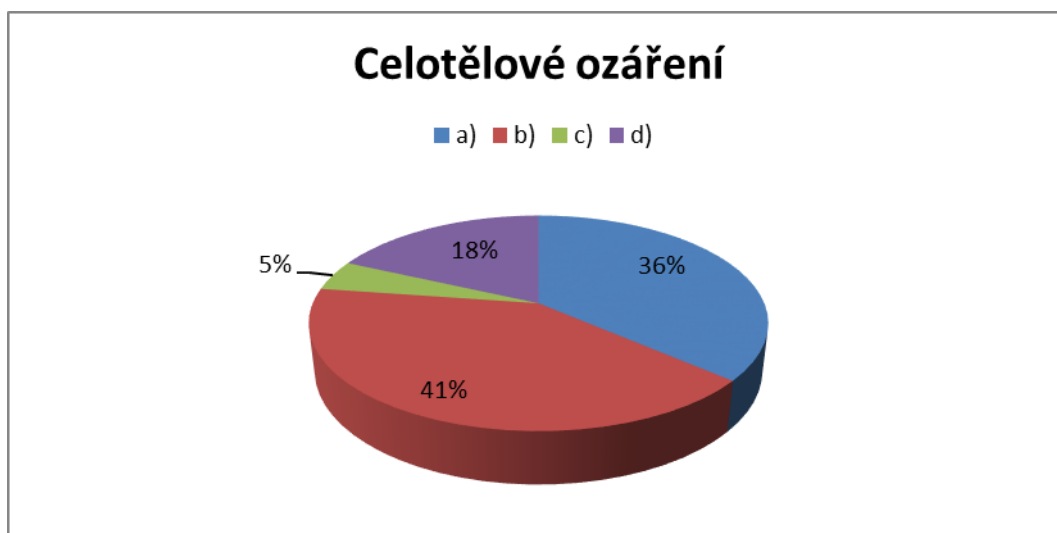


Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Otevřený zářič nesplňuje podmínky pro uzavřený zářič – jsou to zejména radioaktivní roztoky, plyny, aerosoly, prášky apod.	20
b) Otevřený zářič, obsahuje radioaktivní materiál uzavřený v kapsli, kde má omezenou schopnost se rozptylovat.	2
c) Tvoří jej pouze alfa zářiče s $\alpha$ -částicemi	0

Tabulka 8

**Otázka č. 14: Jaké zdravotní účinky, po celotělové dávce ionizujícího záření byste očekával (a) v průběhu několika dnů? (kolem 1 Gy a více)**



Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Akutní nemoc z ozáření	8
b) Popálení až smrt	9
c) Stochastické účinky	1
d) Poškození kůže, zraku	4

Tabulka 9

**Otázka č. 15 : Jaké zdravotní účinky, po jednorázové celotělové dávce ionizujícího záření byste očekával (a) v průběhu několika let?**



Zdroj: Vlastní výzkum

Odpověď	Respondenti
a) Genetické změny, zhoubné nádory, stochastické účinky	17
b) Ztráta krvinek, bílé krvinky, destičky	5

Tabulka 10



## 6. Diskuse

Vedoucí a zaměstnanci defektoskopických pracovišť mají povinnosti určené ze zákona v rámci předepsaných norem, kvalifikací a znalosti vyhlášek. Předmětem zkoumání v praktické části práce bylo zaměření na znalosti zaměstnanců defektoskopických zařízení a také možnou zkušenost těchto pracovišť s výskytem MU. Výsledkům předcházela popis metod vyskytujících se v současné době v defektoskopii. Dále vyhlášky a nařízení ukládající povinnosti jak nadřízeným tak zaměstnancům defektoskopických pracovišť. Popsala jsem i možná rizika a ohrožení těchto pracovišť především z vnějších zdrojů. Na pracoviště defektoskopie jsem rozdala dva druhy dotazníků. První z dotazníků byl určen vedení a vedoucím pracovníkům. Druhý z dotazníků byl zaměřen na zaměstnance v oboru defektoskopie.

V prvním dotazníku na otázku věku odpovídalo na dotaz věkové kategorie 50 % respondentů 46 – 60 let, 31 % respondentů více jak 60 let a 19 % respondentů 31 – 45 let. Ve věku mezi 20- 30 lety nebyl žádný z dotázaných respondentů.

Ve druhém dotazníku odpovídalo na dotaz věkové kategorie 50 % respondentů 46 – 60 let, 31 % respondentů více jak 60 let a 19 % respondentů 31 – 45 let. Ve věku mezi 20- 30 lety nebyl žádný z dotázaných respondentů. Z odpovědí je patrné, že na vedoucích pozicích defektoskopických pracovišť jsou zaměstnání především pracovníci v rozmezí věku 46 – 60 let, totožná věková kategorie je v převaze i u jejich zaměstnanců. Protikladem je ovšem věk mezi 20- 30 lety, kdy se ani u jedné skupiny nevyskytuje žádný jedinec.

Na otázku pohlaví uvedlo v prvním dotazníku 87 % respondentů muž, pouze 13 % respondentů byli ženy. Ve druhém dotazníku byl již poměr mužů a žen vyrovnanější. A to 59 % respondentů byli muži, 41 % respondentů byli ženy. Na vedoucích pozicích defektoskopických pracovišť převažují z velké části muži. Oproti tomu u zaměstnanců defekt. pracovišť jsou stavy vyrovnanější a muži převažují o pouhých 9% oproti ženám.

Na otázku vzdělání uváděli respondenti prvního dotazníku rozmanité odpovědi. S jasnou převahou 44% respondentů uvedlo jako obor vzdělání SPŠ, SPŠE, SOŠ nebo SZŠ. Po 6 % vystudovali respondenti obor radiologický laborant, VŠ management,

VŠB, VŠ dopravy a spojů, UJEP – ekonomiku a management řízení výroby, ČVUT – FEL, VŠ – Technická kybernetika, Biochemie a všeobecné vzdělání a také Lékařství.

Ve druhém dotazníku jako nejvyšší dosažené vzdělání uváděli respondenti v 64 % vysokoškolské zakončené titulem, ve 32 % střední odborné zakončené maturitou a 4% respondentů uvedlo vzdělání vyšší odborné. Ve více jak nadpoloviční většině tedy převažuje u zaměstnanců defekt. pracovišť vysokoškolské vzdělání.

Na otázku v jaké pracovní pozici v současné době pracují, z prvního dotazníku uváděli respondenti ve 44 % manažer kvality, 19 % respondentů provozní ředitel, 19 % respondentů vedoucí NDT, 12 % jednatel, 6 % radiační dozor. Převažovala tedy pozice manažera kvality.

Na otázku druhého dotazníku s jakými zdroji pracují, kdy bylo možno zvolit kombinaci více odpovědí, uvádělo 33 % respondentů Selen Se-75, 28 % respondentů Iridium Ir-192, 28% jiné – specifikace RTG lampy, 8 % respondentů Kobalt Co-60 a Yterbium Yb-169 neuvedl nikdo z respondentů. Na pracovištích defektoskopie tedy jako ZIZ převažuje Selen Se-75.

Na otázku jak dlouho se Vaše společnost zabývá metodou defektoskopie z prvního dotazníku, odpovědělo 50 % respondentů rozmezí 20 – 26 let, 25 % 50 a více let, 19 % respondentů 8- 10 let a 6 % respondentů přibližně 35 let. Metodou defektoskopie se zabývá polovina pracovišť přibližně 20- 26 let, za tuto dobu už jistě mají spoustu zkušeností a dokáží správně vyškolit své zaměstnance a rozeznat možná rizika. Zaujalo mne i provoz společností s 50- letou historií, což je v průmyslovém odvětví podle mne obdivuhodné.

Na otázku uskladnění ZIZ na jejich pracovišti z druhého dotazníku odpovědělo 68 % respondentů, že k tomu mají přesně určenou místnost, 32 % respondentů uvedlo, že ZIZ vůbec neskladují. V nadpoloviční většině je tedy ZIZ umístěn na defektoskopických pracovištích v k tomu určených místnostech.

Na otázku zajištění převozu radioaktivních materiálů z prvního dotazníku uvedlo 75 % respondentů v označeném vozidle dle předpisu ADR, 19 % respondentů nepřeváží zařízení mimo areál, 6 % respondentů zajišťuje služby dodavatelská firma. Pracoviště se v případech převozu řídí podle předepsaných předpisů.

Na otázku která z uvedených defektoskopických metod je nejvhodnější k detekci povrchových vad, z druhého dotazníku odpovědělo 91 % respondentů kapilární metodu, pouze 9 % respondentů metodu prozařovací. Metodu ultrazvukem ne zvolil nikdo z respondentů

Na otázku zda někdy došlo v blízkosti firmy k mimořádné události (např. radiační nehoda, povodně, požár) a případně uvedení možnosti k jaké MU by mohlo dojít z prvního dotazníku, odpovědělo 100 % respondentů, že nedošlo. Jako možné MU respondenti uváděli možnosti neukončené expozice, ovládací pult nefunguje, nejde vypnout generátor záření, požár ve zkušební kobce, uvíznutí URZ ve výjezdové hadici, zaseknutí dálkového ovládní, nelze zatáhnout URZ do krytu, odcizení zářiče. Radiační nehodu způsobí amatér nerozumnou manipulací, nebo profesionál - blbec obdobně. Z ostatního se může stát cokoli. Pro případ požáru je objekt oznámen HZS s plánkem umístění IZ. Při přepravě není tak velké nebezpečí jako při vlastní práci, kdy hrozí poškození součástí, které ovládají pohyb zářiče. Na tyto MU probíhají v rámci havarijních plánů cvičení.

Na otázku označení správného údaje týkající se pojmu kontrolované pásmo z druhého dotazníku, odpovědělo 68 % respondentů vymezuje se všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo kde by ekv. dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny, 27 % respondentů vymezuje se všude tam kde ozáření osob může překročit 1/10 dávkového limitu a 5 % respondentů odpovědělo pracovníci, kteří vykonávají činnosti v kontrolovaném pásmu, jsou zařazeni do kategorie B. Tento výsledek byl pro mne trochu překvapivým, neboť jsem se domnívala, že pojem kontrolované pásmo budou znát všichni nebo alespoň většina respondentů.

Na otázku pokud by ve Vaší společnosti došlo k mimořádné události (nehodě, nebo zcizení radioaktivního materiálu), příp. uzavřeného radioaktivního zářiče, na jaké orgány je třeba se obrátit při MU z prvního dotazníku, odpovědělo 81 % respondentů SÚJB, PČR, popř. HZS, ZZS, 19 % respondentů uvedlo pouze SÚJB. Většina respondentů by se tedy správně obrátila na veškeré orgány nezbytné k řešení MU.

Na otázku Jaké byste určil (a) speciální opatření pro vstup cizích osob do oblasti kontrolovaného pásma, odpovědělo 50 % respondentů cizí osoby vstup pouze s pracovníky kategorie A, 23 % respondentů vstup na základě změření dávk. příkonu, vymezení kontrolovaného pásma pomocí výstražných tabulek, 14 % respondentů vstup s dozimetrem, 9 % respondentů uzamčené prostory, návštěvy zapsat do deníku návštěv KP a 4 % respondentů do KP žádné cizí osoby nesmějí. Zaměstnanci by tedy v polovině případů vpustili do kontrolovaného pásma pouze osoby s certifikací.

Na otázku jaké používáte ochranné prostředky k osobní ochraně z prvního dotazníku, odpovědělo 69 % respondentů osobní dozimetry, měřič dávk. příkonu a ochrana vzdáleností, 12 % respondentů uvedlo ochranné olověné stěny, rukavice, pláště, 6 % respondentů odpovědělo monitorovací přístroj nebo měřič radiace RDS-30 nebo signální hlásiče záření a také kolimátor a zdravý rozum. Podle většiny respondentů jsou tedy brány za účinnou ochranu pomůcky osobní kontroly IZ a ochrana vzdáleností, která je i stanovena v doporučeních RO.

Na otázku pro požadavek regulované/zvýšené ochrany lze vymežit prostorově, a proto se zavádějí tzv. ...z druhého dotazníku, odpovědělo 86% respondentů kontrolovaná pásma, jako oblasti, kde jsou nebo mohou být vyžadována zvláštní ochranná a bezpečnostní opatření a sledovaná pásma tam kde není třeba vytvářet kontrolovaná pásma. 14 % respondentů uvedlo radiační pásma, jako oblasti, kde jsou nebo mohou být vyžadována zvláštní ochranná a bezpečnostní opatření a nízkoradiační pásma tam kde není třeba vytvářet radiační pásma. Pojem vysoce chráněná pásma, ne zvolil žádný z respondentů. Většina zaměstnanců tedy bezpečnostní opatření typu kontrolované pásma zná.

Na otázku jak často u Vás ve firmě probíhají kontroly defektoskopických zařízení v prvním dotazníku odpovědělo 56 % respondentů 1 x za rok, 31 % respondentů před každým použitím defekt. zařízení a 13 % odpovědělo dle interních předpisů SÚJB. Kontroly 1 x za rok jsou dány ze zákona a pracoviště tak splňují požadavky.

Na otázku jaký je roční limit efektivní dávky v 1 cm<sup>2</sup> kůže z druhého dotazníku, odpovědělo 73 % respondentů 50 mSv za rok, tedy správnou odpověď. 27 % respondentů odpovědělo 100 mSv za rok, 10 a 30 mSv nezvolil nikdo z respondentů.

Na otázku podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením se ZIZ klasifikují, odpovědělo 94 % respondentů zdroje nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné, dáno zákonem, 6 % respondentů odpovědělo dle energie záření. Většina vedoucích zaměstnanců tedy uvedla správnou definici.

Na otázku jaký je roční limit pro ekvivalentní dávku v oční čočce u pracovníků se zářením z druhého dotazníku, odpovědělo 73 % respondentů 150 mSv, tedy správnou odpověď. 27 % respondentů odpovědělo 15 mSv. Možnost 50 mSv nebo 600 mSv nezvolil žádný z respondentů. Zde bylo trochu překvapivým zjištěním, že pouze 70 % zaměstnanců zná limity ekvivalentních dávek.

Na otázku jaké zdravotní následky dle vašeho názoru hrozí pracovníkovi, který obdrží celotělovou efektivní dávku záření, vyšší než je přípustné? (Efektivní dávka za rok pro rad. pracovníky max. 50 mSv) z prvního dotazníku, odpovědělo 44 % stochastické účinky, zhoubné nádory, leukémie, genetické změny. 37 % respondentů odpovědělo nestochastické účinky, tj. akutní nemoc z ozáření, radiační zánět kůže, intenzita projevu stoupá s dávkou, 19 % respondentů odpovědělo poškození tkáně, gonád, kostní dřeně.

Na otázku znáte charakteristiku uzavřeného zdroje záření z druhého dotazníku, odpovědělo 100 % respondentů správně a to radionuklidový zářič, jehož úprava, například zapouzdrněním nebo ochranným překryvem, zabezpečuje zkouškami ověřenou těsnost a vylučuje tak, za předvídatelných podmínek použití a opotřebování, únik radionuklidů ze zářiče.

Na otázku myslíte, že Vaši podřízení mají obecnou představu o dávkách záření a rizicích s nimi spojených, odpovědělo 100 % respondentů, že ano. Blíže specifikovali uvedením zvláštní odborné způsobilosti, podřízení mají ZOS, zbývající jeden podřízený je pravidelně proškolen a zkoušen, každoročně musí všichni pracovníci se ZIZ absolvovat havarijní cvičení, test ze znalostí problematiky. Vše se záznamem o účasti. Dle mého tedy splňují podmínky a nařízení daná ze zákona.

Na otázku znáte charakteristiku otevřeného zdroje záření z druhého dotazníku, odpovědělo 91 % respondentů, otevřený zářič nesplňuje podmínky pro uzavřený zářič – jsou to zejména radioaktivní roztoky, plyny, aerosoly, prášky apod. Pouhých 9 % respondentů odpovědělo otevřený zářič, obsahuje radioaktivní materiál uzavřený v kapsli, kde má omezenou schopnost se rozptýlovat. Tuto definici tedy znají většinou všichni zaměstnanci s defektoskopií.

Na otázku jakou dokumentaci ohledně zabezpečení podniku máte k dispozici z prvního dotazníku, odpovědělo 56 % respondentů dokumentace dle SÚJB a akreditované postupy, 25 % respondentů odpovědělo vnitřní havarijní plán, 13 % respondentů odpovědělo příručku zabezpečování jakosti pro práci S IZ (ISO 9001) Okolo 13 % pracovišť by stačilo k činnosti pouze příručka zabezpečování jakosti, což by mohlo vzhledem k nařízením ze zákona být doporučením k provedení kontroly.

Na otázku jaké zdravotní účinky, po celotělové dávce ionizujícího záření byste očekával (a) v průběhu několika dnů? (kolem 1 Gy a více) z druhého dotazníku, odpovědělo 41 % respondentů popálení až smrt, 36 % respondentů akutní nemoc z ozáření, 18 % respondentů poškození kůže a zraku a 5 % respondentů uvedlo stochastické účinky.

Na otázku v případě teroristického útoku budete postupovat podle jaké dokumentace z prvního dotazníku, odpovědělo 62 % respondentů podle vyhlášky SÚJB a firemní řízené dokumentace, 25 % respondentů podle vnitřního havarijního plánu a 13% respondentů uvedlo, že teroristická rizika dosud nezvažovali.

Na otázku jaké zdravotní účinky, po jednorázové celotělové dávce ionizujícího záření byste očekával (a) v průběhu několika let z druhého dotazníku, odpovědělo 77 % respondentů genetické změny, zhoubné nádory, stochastické účinky a 23 % respondentů odpovědělo, ztráta krvetvorby, bílé krvinky, destičky.

## 7. Závěr

Na závěr mojí bakalářské práce bych chtěla shrnout poznatky o defektoskopii, jejím využití, zabezpečení a rizik z ní plynoucích. Cílem mojí bakalářské práce bylo zhodnocení rizik spojených se ztrátou nebo krádeží radioaktivních materiálů používaných pro defektoskopii v průmyslu.

V minulosti již byly popsány případy výskytu zdrojů ionizujícího záření mezi obyvatelstvem. Je tedy důležité neustále se zdokonalovat ve svých vědomostech a znalostech, které jsou pro provoz defektoskopické činnosti potřeba.

V teoretické části jsem začala popisem defektoskopických metod, soustředila jsem se poté především na metody gama a rentgenové. Rozebrala jsem opatření na defektoskopických pracovištích týkající se jak nadřizovaných tak jejich zaměstnanců.

Uvedla jsem možnosti zneužití radioaktivních materiálů vyskytujících se v defektoskopii.

Stanovila jsem si dvě výzkumné otázky a to jaká je zkušenost pracovišť v ČR se ztrátou nebo krádeží radioaktivních materiálů používaných pro defektoskopii. Druhá výzkumná otázka byla, jaká je informovanost pracovníků o rizicích spojených s metodou defektoskopie. Metodikou dotazníků jsem zjišťovala, zda jsou zaměstnanci a nadřizování defektoskopických pracovišť dostatečně obeznámeni s problematikou rizik vyskytujících se v jejich oboru.

Zkušenost pracovišť s mimořádnými událostmi je podle výzkumu nízká. Může sice dojít k nějakým komplikacím při manipulaci se zdroji, toho si jsou ale dotyční vědomi. Teroristická rizika uvádějí nadřizování spíše jako nepravděpodobná.

Úroveň znalostí zaměstnanců je podle mne na poměrně dobré úrovni. V některých otázkách jsem byla však překvapena, že se odpovědi rozcházel. Bylo to především u určitých definic dle zákona, případně veličin vyskytujících se v radioaktivitě. K provozu jejich činnosti je zapotřebí velké množství dokumentace, předepsaných postupů a vědomostí. Také mají ze zákona předepsána havarijní cvičení a různé testy znalostí. Je potřeba, aby jejich znalosti a vědomosti byly stále doplňovány o nové poznatky.

## 8. Seznam informačních zdrojů

- (1) *Pojem nedestruktivní defektoskopie*. [online]. 2008 [cit. 2016-03-010]. Dostupné z: <http://www.ndt.cz/prilohy/2/prehled.pdf>
- (2) RNDr. Kusala Jaroslav. Jaderná energetika, Součást vzdělávacího programu SVĚT ENERGIE. *Radioaktivita slouží*. [online]. 2004 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k23>
- (3) *Začátky nedestruktivního vyhodnocování*. In: <http://www.ndt.cz> [online]. 2008 [cit. 2016-03-010]. Dostupné z: <http://www.ndt.cz/prilohy/3/historie.pdf>
- (4) Controltest s.r.o. *Metody NDT*. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z <http://www.controltest.cz/metody-ndt/prozarovanim.php>
- (5) TechMagazín: měsíčník pro technické obory, vědu, výzkum, strojírenství, plastikářský a automobilový průmysl, IT a technické školství. *Metody nedestruktivního zkoušení*. Techmagazín. TECH MEDIA PUBLISHING, 2011, 2(8/2011), 59. ISSN 1804-5413.
- (6) Doc. Ing. HOBST, Leonard CSc. Zkušebnictví a technologie Modul BI02-M03, *Radiační defektoskopie*. [cit. 2016-04-010]. Dostupné z: <http://www.unium.cz/materialy/vut/fast/bi02-zkusebnictvi-a-technologie-m03-radiacni-defektoskopie-m35287-p1.html>
- (7) KLENER, Vladislav (ed.). *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 80-238-3703-6.



(8) VYHLÁŠKA 307/2002 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002, *O radiační ochraně*. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/307\\_po\\_novele.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/307_po_novele.pdf)

(9) Státní ústav radiační ochrany: *Zpracování programu zabezpečování jakosti pro používání zdrojů ionizujícího záření v průmyslových aplikacích: defektoskopie, karotážní pracoviště, průmyslové ozařovače, průmyslové analyzátory a indikátory*: [doporučení]. 1. Praha, 2001. Radiační ochrana. ISBN 80-238-7293-1.

(10) VYHLÁŠKA 184/1997 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 24. července 1977, *O požadavcích na zajištění radiační ochrany*. [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/sb066-97.pdf>

(11) ČESKO. Zákon č. 18/1997 Sb., ze dne 24. ledna 1997 *O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění*. Dostupný také z [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy\\_zakon\\_20150107.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy_zakon_20150107.pdf)

(12) Státní ústav radiační ochrany: *Přeprava radioaktivních látek: bezpečnostní návod BN-JB-1.13*. Praha, 2011. Jaderná bezpečnost

(13) Státní ústav radiační ochrany: *Změny v pravidlech pro bezpečnou přepravu radioaktivních látek*. Praha, 2001. Radiační ochrana. ISBN 80-238-8717-3.

(14) VYHLÁŠKA 64/1987 Sb. ministra zahraničních věcí ze dne 26. května 1987 *O Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR)*  
Dostupná také z [http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni\\_doprava/Nakladni\\_doprava/adr/Preprava\\_nebezpecnych\\_veci.htm](http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Nakladni_doprava/adr/Preprava_nebezpecnych_veci.htm)

(15) ČSN EN ISO 9712. *Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT*. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.

Dostupné také z: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1931>

(16) SCHOLZ, Roland. *Ohrožení života radioaktivním zářením: studie zpracovaná z pověření společnosti Mezinárodní lékaři pro odvrácení jaderné války, lékaři za sociální odpovědnost (IPPNW)*. 3., nové přeprac. a rozšířené vyd. Přeložil Jan Kasl. České Budějovice: Sdružení Jihočeské matky, 2003.

(17) VYHLÁŠKA 146/1997 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 18. června 1997, *kteřou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků*, ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb. [cit.2016-02-20].

Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/146\\_97.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/146_97.pdf)

(18) Publikace ICRP 103. *Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007*, vol. 37, 2007

(19) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, CONTRIBUTORS TO DRAFTING AND REVIEW AALTONEN, H. .. [et al.]. *Method for developing arrangements for response to a nuclear or radiological emergency: updating IAEA-TECDOC-953* [online]. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003[cit. 2016-05-01]. Available from

[http://wwwpub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/method2003\\_web.pdf](http://wwwpub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/method2003_web.pdf) ISBN 92-011-1503-2

(20) INES: *mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí : uživatelská příručka*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost v nakl. Nuklin, 2005, 87 s. Bezpečnost jaderných zařízení. ISBN 80-707-3097-8.

(21) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-Values)* [online]. Vienna, EPR-D-Values, 2006. [cit.2011-04-11] Available from www: [http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR\\_D\\_web.pdf](http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR_D_web.pdf)

(22) MAŠEK, Ivan, Otakar J. MIKA a Miloš ZEMAN. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. ISBN 80-214-3336-1.

(23) MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART. *CBRN: jaderné zbraně a radiologické materiály*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-029-6.

(24) MIKA, Otakar J. *Současný terorismus: řešení krizových situací*. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-725-4409-8.

(25) U.S.NRC *Dirty Bombs* [online], 2012. FACT SHEET Office of Public Affairs [cit.2011-04-08] Available from www: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/fs-dirty-bombs.htm>

## **9. Přílohy**

**Tabulka A** – Správné odpovědi pro dotazník č. 2 – určen zaměstnancům defektoskopických pracovišť.

**Tabulka A** - Seznam správných odpovědí pro dotazník č. 2 – určen zaměstnancům defektoskopických pracovišť.

Otázka	Správná odpověď
6. Která z uvedených defektoskopických metod je nejvhodnější k detekci povrchových vad?	Kapilární metoda.
7. Označte správný údaj týkající se pojmu kontrolované pásma	Vymezuje se všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny.
9. Požadavek regulované/ zvýšené ochrany lze vymezit prostorově, a proto se zavádějí tzv.	Kontrolovaná pásma, jako oblasti, kde jsou nebo mohou být vyžadována zvláštní ochranná a bezpečnostní opatření a sledovaná pásma tam kde není třeba vytvářet kontrolovaná pásma.
10. Jaký je roční limit ekvivalentní dávky v 1 cm <sup>2</sup> kůže? (průměrná efekt. dávka pro pracovníky s IZ)	50 mSv za kalendářní rok.
11. Jaký je roční limit pro ekvivalentní dávku v oční čočce u pracovníků	15 mSv za kalendářní rok

12. Znáte charakteristiku uzavřeného zdroje záření?	Radionuklidový zářič, jehož úprava, například zapouzdřením nebo ochranným překryvem, zabezpečuje zkouškami ověřenou těsnost a vylučuje tak, za předvídatelných podmínek použití a opotřebování, únik radionuklidů ze zářiče.
13. Znáte charakteristiku otevřeného zdroje záření?	Otevřený zářič nesplňuje podmínky pro uzavřený zářič – jsou to zejména radioaktivní roztoky, plyny, aerosoly, prášky apod.