

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

**Zhodnocení rizik spojených s únikem radioaktivního
jódu z oddělení nukleární medicíny při požáru**

bakalářská práce

Autor práce: Lucie Rambousková

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Ochrana obyvatelstva se zaměřením na CBRNE

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

Datum odevzdání práce: 14.8.2012

Abstrakt

Nukleární medicína je lékařský obor, který slouží k diagnostice a léčbě pomocí radioaktivních izotopů. Nukleární medicína patří mezi minimálně zatěžující neinvazivní vyšetřovací metody. Na rozdíl od diagnostické radiologie, která zobrazuje strukturu orgánů, nukleární medicína umožňuje získávat informace nejen anatomické, ale hlavně o orgánových funkcích či metabolismu. V mnoha případech jde o unikátní diagnostická vyšetření, která umožňují zjistit nemoc či její rozsah dříve, a tím zvýšit možnost úspěšné léčby. Při práci s otevřenými zářiči na oddělení nukleární medicíny lze předpokládat, že může dojít, při očekávaném způsobu používání zdrojů záření pouze k mimořádné události 1. stupně (rozlití nebo rozstříknutí radiofarmaka, znečištění pacienta) a zcela výjimečně k mimořádné události 2. stupně (ztráta nebo odcizení zdroje záření). Mimořádnou událostí 3. stupně je radiační havárie s velice minimální pravděpodobností vzniku.

Cílem bakalářské práce je zmapovat distribuci a uložení radioaktivního jódu na oddělení nukleární medicíny daných nemocnic v ČR, zjistit úroveň znalostí u zdravotnického personálu a příslušníků HZS a jejich využití v praxi při úniku radioaktivního jódu a vyhodnotit míru rizik spojenou s únikem radioaktivního jódu při požáru.

Hypotéza předpokládá, že zdravotnický personál a příslušníci HZS vědí, jak postupovat v případech úniku radioaktivního jódu z oddělení nukleární medicíny, a že míra rizika spojená s únikem radioaktivního jódu při požáru je zanedbatelná.

Výzkum je zpracován kvalitativní formou výzkumu - dotazník a metoda řízeného rozhovoru. V rozhovoru bude použit polootevřený a uzavřený typ otázek. Výzkumný soubor tvoří pracovníci oddělení nukleární medicíny a příslušníci HZS.

Bakalářská práce bude použita pro podrobnější studium dané problematiky. Dále může být použita v přednáškách a seminářích zdravotnických pracovníků a příslušníků HZS.

Klíčová slova: riziko, radioaktivní jód, nukleární medicína, požár, radioaktivita, onemocnění štítné žlázy

Abstract

Nuclear medicine is the branch of medicine that is used to diagnosis and treatment with radioactive isotopes. Nuclear medicine is one of the least burdensome non-invasive methods of investigation. In contrast to diagnostic radiology, which shows the structure of organs , nuclear medicine provides information not only anatomical , but also on organ functions and metabolism. In many cases it is a unique diagnostic test that can detect the disease or its extent before, and thus increase the chance of successful treatment. When working with open emitters for nuclear medicine department can be assumed that may occur in the expected manner of use of radioactive sources only incident of First Instance (spilling or splashing radiopharmaceuticals, patient pollution) and very rarely an emergency occurs the second stage (the loss or theft of resources radiation). An extraordinary event is the third-degree radiation accident with very minimal probability of occurrence.

The aim of the Bachelor thesis is to map the distribution and the storage of radioactive iodine in the Department of nuclear medicine of the hospitals in the Czech Republic, to determine the level of knowledge of the medical staff and members of the fire rescue Corps and their application in practice, in the release of radioactive iodine, and assess the degree of risk associated with the release of radioactive iodine in the fire.

The hypothesis assumes that the medical staff and members of the fire rescue Corps know how to proceed in cases of leakage of radioactive iodine from the Department of nuclear medicine, and that the level of risks associated with the release of radioactive iodine in the fire is negligible. It is a form of qualitative research, research-questionnaire and interview-driven method. In an interview, polootevřený will be used and the type of closed questions. The research staff of the Department consists of a set of nuclear medicine and the members of the fire rescue Corps.

Thesis will be used for more detailed study of the issue. It may also be used in lectures and seminars, health workers, and a fire department Rescue Corps.

Keywords:

the risk, radioactive iodine , nuclear medicine , fire , radioactivity, thyroid disease

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval(a) 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 14. 8. 2012

.....

Lucie Rambousková

Poděkování

Děkuji doc. Dr. rer. nat. Friedo ZÖLZEROVI za cenné podněty a připomínky při zpracování mé bakalářské práce.

OBSAH:

ÚVOD	9
1 SOUČASNÝ STAV	10
1.1 Radioaktivní jód	10
<i>1.1.1 Veličiny související s radioaktivním jódem</i>	<i>12</i>
<i>1.1.2 Metabolismus radioaktivního jódu v organismu</i>	<i>14</i>
<i>1.1.3 Využití radioaktivního jódu v medicíně</i>	<i>14</i>
<i>1.1.4 Měření radioaktivity v závislosti na radioaktivní jód</i>	<i>15</i>
1.2 Anatomie a fyziologie štítné žlázy	18
1.3 Onemocnění štítné žlázy v závislosti na ozáření radioaktivním jódem	19
<i>1.3.1 Hypertyreóza štítné žlázy</i>	<i>19</i>
<i>1.3.2 Nádorová onemocnění štítné žlázy</i>	<i>19</i>
<i>1.3.3 Jaderná havárie v Černobylu a nádorová onemocnění</i>	<i>19</i>
1.4 Radioaktivita	22
1.5 Požár	26
<i>1.5.1 Typy a fáze požárů</i>	<i>26</i>
<i>1.5.2 Rozdělení hasicích přístrojů</i>	<i>28</i>
<i>1.5.3 Evakuace osob</i>	<i>30</i>
2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	31
2.1 Cíl práce	31

2.2 Hypotéza práce	31
3 METODIKA	32
3.1 Metodika práce	32
3.2 Charakteristika zkoumaného souboru	32
4 VÝSLEDKY	33
4.1 Odpovědi na otázky dotazníku – zdrav. personál odd. nukl. medicíny	33
4.2 Odpovědi na otázky dotazníku – příslušníci HZS	51
4.3 Výsledky z rozhovorů – specialisté z odd. nukl. medicíny	66
5 DISKUZE	67
6 ZÁVĚR	74
7 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	75
8 PŘÍLOHY	80
8.1 Příloha 1 – Dotazník – zdrav.personál odd. nukl. medicíny	80
8.2 Příloha 2 – Dotazník – příslušníci HZS	86
8.3 Příloha 3 – Radiační havárie – Černobyl	90

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

^{131}I	radioizotop z jódu
Bq	becquerel
t	čas
N	počet radionuklidů
Sv	sievert
D	absorbovaná dávka
T	tkáň
R	typ záření
W_R	radiační váhový faktor
H_T	ekvivalentní dávka v orgánu či tkáni
W_T	váhový faktor pro orgán nebo tkáň
EEG	elektroencefalograf
He	hélium
M	mateřské jádro
D	dceřiné jádro
TSH	glandotropní hormon
Xe	xenon
Kr	krypton
Te	tellur
Cs	cesium
zdrav.	zdravotnický
odd.	oddělení
nukl.	nukleární
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci

ÚVOD

Po celou dobu trvání a evoluce života na Zemi jsou všechny organismy vystaveny ionizujícímu záření z přírodních zdrojů - z kosmického záření a z přírodních radionuklidů. Stejně je tomu i po celou dobu existence člověka. Od začátku 20. stol., po objevu rtg záření a radioaktivity, přistupuje k přírodním zdrojům i řada umělých zdrojů ionizujícího záření, které se stále častěji využívají v mnoha oborech medicíny, výzkumu i průmyslu.

Použití ionizujícího záření pro diagnostické a léčebné účely v medicíně je nejdůležitějším ze všech uměle vytvořených zdrojů záření. Jedná se především o X-záření v rentgenové diagnostice a terapii, radioterapii γ -zářením a diagnostické a terapeutické použití otevřených radionuklidů v nukleární medicíně. Celková průměrná dávka z lékařského ozáření se odhaduje na cca 0,3 mSv/rok (je však velmi silně individuálně i geograficky závislá).

Prokázané škodlivé deterministické účinky silného záření, jakož i riziko škodlivých stochastických účinků slabého záření (odhlédneme-li zde od shora zmíněných alternativních možností účinků nízkých dávek záření), vede k nutnosti ochrany před ionizujícím zářením. Tato radiační ochrana či radiační hygiena představuje systém technických a organizačních opatření k omezení nežádoucího ozáření fyzických organismů (především osob).

Stavba, uspořádání a vybavení pracoviště musí být provedeny tak, aby byla zajištěna dostatečná radiační ochrana pracovníků, ostatních osob a životního prostředí. V případě nehody musí být umožněna co nejrychlejší a nejúčinnější dekontaminace osob i pracoviště. Projekty a způsobilost pracovišť pro ionizující záření schvalují pracovníci SÚJB.

1 SOUČASNÝ STAV

1.1 Radioaktivní jód

Jod-131 (^{131}I), také nazýván radiojódem, je důležitý radioizotop z jódu. Je spojen s jadernou energií, lékařskými diagnostickými a léčebnými postupy, a zemním plynem. ^{131}I také hraje významnou roli jako radioaktivní izotop přítomný v jaderných štěpných produktech. ^{131}I je hlavním štěpným produktem uranu, plutonia, který zahrnuje téměř 3% z celkového počtu produktů štěpení (podle hmotnosti). ^{131}I je také hlavní produkt štěpení uranu-233, vyrobený z thoria. ^(1,21)

Vzhledem k jeho způsobu rozpadu beta, u ^{131}I je pozoruhodné, že způsobuje mutace a smrt v buňkách, které pronikají do dalších buněk až několik milimetrů od ozáření. Z tohoto důvodu vysoké dávky izotopu jsou někdy méně nebezpečné než malé dávky, protože mají tendenci zabít buňky štítné žlázy, tkání, které by jinak podlehly rakovině v důsledku radiace. Například u dětí léčených mírnou dávkou ^{131}I pro adenom štítné žlázy byl detekovatelný nárůst rakoviny štítné žlázy, ale u dětí léčených mnohem vyššími dávkami ne. Stejně tak většina studií s velmi vysokými dávkami ^{131}I pro léčbu onemocnění Graves se nepodařilo najít žádný nárůst rakoviny štítné žlázy, i když lineární zvýšení rizika rakoviny štítné žlázy u ^{131}I je absorpce v mírných dávkách. Tak, ^{131}I , je stále méně využíván v malých dávkách v lékařství (zejména u dětí), ale stále častěji se používá pouze ve velkých a maximální léčebných dávkách, jako způsob zabíjení cílových tkání. Toto je známé jako "terapeutické použití." ^(1,21)

^{131}I může být "viděn" v nukleární medicíně u technik zpracování obrazu (tj. gama kamery) je-li to pro terapeutické účely, protože asi 10% své energie a radiační dávky je přes gama záření. 90% záření (beta záření) způsobuje poškození tkáně bez přispívání k jakékoli schopnosti vidět "obraz" izotopů. Ostatní méně škodlivé radioizotopy jódu jsou preferovány v situacích, kdy jsou vyžadována pouze jaderná zobrazování. Izotop ^{131}I je ještě občas použitelný pro čistě diagnostické práce, vzhledem k jeho nízké nákladovosti v porovnání s ostatními radioizotopy jódu. Velmi malé lékařské zobrazovací dávky ^{131}I neprokázaly žádný nárůst rakoviny štítné žlázy.

Dostupnost ^{131}I se zajišťuje snadným vytvořením ^{131}I neutronovým ozářením přírodním telurem v jaderném reaktoru a následným oddělením ^{131}I různými jednoduchými metodami (tj. zahřátím odebrán těkavý jód). Naopak, ostatní radioizotopy jódu se obvykle vytváří mnohem dražšími technologiemi, počínaje v reaktoru ozářením drahých kapslí pod tlakem xenonovým plynem. ^(1,21)

^{131}I je také jedním z nejčastěji používaných gama-vyzařujícím radioaktivním průmyslovým tracerem. ^(1,21)

Mnohem menší vedlejší dávky ^{131}I , než jsou použity v lékařských léčebných postupech, jsou považovány za hlavní příčinu zvýšené rakoviny štítné žlázy po náhodném jaderném zamoření. ^(1,21)

Radionuklid ^{131}I je tedy smíšeným zářičem beta a gama s poločasem přeměny 8,04 dne. Záření beta je především vhodné pro léčbu, kdy maximální dosah záření v měkké tkáni je 2,4 mm a střední dosah 0,5 mm. Tyto krátké dosahy ve tkáních umožňují lokalizované ozáření cílových tkání a to bez významného účinku na zdravou tkáň v okolí. ^(1, 21)

1.1.1 Veličiny související s radioaktivním jódem

Aktivita

Je definována jako podíl středního počtu samovolných radioaktivních přeměn z daného energetického stavu v určitém množství radionuklidu za krátkou dobu. Aktivitou se tedy rozumí počet radioaktivních přeměn za jednotku času. Jedná se o jednu radioaktivní přeměnu na jednu sekundu. ^(2,3)

Tato fyzikální veličina se značí písmenem „A“ a udává se v jednotkách „becquerel“ (Bq). ^(2,3)

$$A = \frac{dN}{dt}$$

N – počet radioaktivních atomů

t – čas

d – nekonečně malý přírůstek uvažované veličiny ^(1,3)

Dávka, absorbovaná dávka

Jedná se o podíl střední sdělené energie, předané ionizujícím zářením látce v malém prostoru, a hmotnosti této látky. ^(1,3)

Jednotkou absorbované dávky je joule na kilogram a zavedl se pro ni název gray (Gy). ^(2,4)

Ekvivalentní dávka

Jedná se o součet součinů absorbované dávky ve tkáni působením záření a radiačního váhového faktoru, kde se sčítají příspěvky od jednotlivých druhů záření. ^(1,2)

Jednotkou ekvivalentní dávky je sievert (Sv).^(2,4)

$$H_T = W_R * D_T$$

D – absorbovaná dávka

T – tkáň

R – typ záření

W_R – radiační váhový faktor^(2,4)

Efektivní dávka

Je to součet všech vážených středních hodnot ekvivalentních dávek v tkáních nebo orgánech lidského těla.^(1,3)

$$E = \sum_T W_T H_T$$

H_T – ekvivalentní dávka v orgánu či tkáni T

W_T – váhový faktor pro orgán nebo tkáň

Poločas radioaktivní přeměny

Tato veličina je definována jako doba, za kterou klesne počet atomů na polovinu původní hodnoty.^(2,3)

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

1.1.2 Metabolismus radioaktivního jódu v organismu

Radiojod se zejména dostává do organismu perorální cestou a je aplikován ve formě želatinových kapslí nebo roztoku jodidu sodného.^(19,21)

Po následném příjmu ingescí se ^{131}I dostává z gastrointestinálního traktu do krve a za pomoci krve do štítné žlázy, kde se shromáždí okolo 30%. Nevstřebaný radiojod je vylučován močí, v malé míře stolicí, potem a perspirací. Štítnou žlázu opouští jód vázaný na organické molekuly, které se zde vytvářejí.^(12,19,21)

Je možno počítat s tím, že resorbce ^{131}I je skončena do do jedné hodiny od podání želatinové kapsle, popřípadě roztoku. K rozptylování jodidu dochází v plazmě extracelulární tekutině. Ve štítné žláze prochází ^{131}I velmi rychle folikulární buňkou a tyreoidální tkáň je hlavně ozařována z koloidu.^(19,21)

Do několika hodin po podání se v krvi objevuje značený tyroxin. Radioaktivní tyroxin se hromadí v játrech, kde následně dochází k jeho konjugaci a sekreci do žlučových cest, dále se žlučí vylučuje do střeva a větší částí se znovu vstřebává do portálního oběhu.^(12,19,21)

1.1.3 Využití radioaktivního jódu v medicíně

Za původní a stále standardní radionuklid pro posouzení akumulčních schopností a následné léčby štítné žlázy je považován ^{131}I (viz podkapitola 1.1).^(5,6)

Principem této léčby hromadění jódu z krve štítnou žlázou a využití tohoto jódu k tvorbě tyreoidálních hormonů.^(6,7)

Terapie tyreotoxikózy za pomoci radiojódu se z počátku prováděla pouze u osob starších 40 let, postupem času se začala provádět bez ohledu na věk a dnes je již prováděna i u dětí (viz podkapitola 1.1). Za jedinou jednoznačnou kontraindikaci je považována gravidita. Nespornou výhodou této léčby je fakt, že většina pracovišť ji provádí ambulantně, což oceňují hlavně léčené osoby. Nevýhodou podání ^{131}I se stává

hypotyreóza, která může do 6 měsíců po aplikaci. To se děje cca u 20 – 25% léčených pacientů (viz podkapitola 1.3.1).^(6,15)

Dále se přistupuje k léčbě radiojódem v případě, pokud je diagnostikován diferencovaný nádor štítné žlázy (viz podkapitola 1.3.2). Tato léčba je prováděna systematicky, aby došlo k destrukci štítné žlázy a následně se docílilo plné atyreózy z funkčních důvodů. Nejprve se provede tyreoblace, následně se podá radioaktivní jód (dávky se pohybují mezi 3,7 – 4,4 GBq), nechá se rozvinout hypotyreóza a pacienta se dále sleduje ambulantně v určených kontrolách.^(6,15)

U léčby hypertyreózy je nejčastěji aplikuje aktivita v rozmezí od 300 MBq do 800 MBq a maximální aktivita může dojít až ke 2000 MBq. Dojde-li k léčbě diferencovaného karcinomu štítné žlázy, aplikované aktivity se pohybují od 3,4 GBq do 10 GBq.^(6,15,21)

1.1.4 Měření radioaktivity v závislosti na radioaktivní jód

U radioaktivity se jedná o záření, které člověk nemůže jen tak ve svém okolí přímo registrovat, měl by být vybaven vhodnými přístroji pro zjištění přítomnosti záření a zjištění jeho intenzity. Takové přístroje zajišťují bezpečnost osob tam, kde hrozí riziko úniku radioaktivních látek z vymezených prostor, případně zamoření. Měřicí přístroje jsou samozřejmě využívány i v profesionálních podmínkách pro zjištění kvantitativních parametrů zářiče.^(1,3,39)

Detekční zařízení lze rozdělit na několik skupin: ^(12,38)

- Osobní indikátory záření a dozimetry - například přístroje řady PTR.
- Měřidla záření udávající intenzitu ve vhodných fyzikálních jednotkách - například TBqmetr, NDmetr a další.
- Cejchovaná měřidla pro přesné měření radioaktivního záření - BQ Metr
- Průmyslově využívané automatizované měřicí celky (i jako stanovená měřidla) - například TLDmetr.

- Laboratorní a výzkumná měřidla - například sestava pro Koincidenční měření

V profesionální sféře se používají měřidla radioaktivity od samého počátku využití radioaktivity, cena značkových měřicích přístrojů je však obvykle velmi vysoká. Přitom mnohdy tato univerzální a mnohofunkční zařízení nevyhovují přesně v praxi požadovanému účelu a jejich široké vlastnosti nejsou většinou využity. ^(12,38)

Radiační monitorování je tedy cílené měření veličin charakterizujících záření za účelem zajišťování optimální úrovně ochrany osob a životního či pracovního prostředí před škodlivými účinky ionizujícího záření. Monitorování lze provádět na pracovištích s ionizujícím zářením a popřípadě i v okolí zdrojů ionizujícího záření. Základními měřenými veličinami při radiačním monitorování, je dávkový příkon a radiační dávka. Jejich přímé měření lze provést pomocí tzv. dozimetrů, to jsou speciálně upravené radiometry, cejchované v jednotkách dávky (Gray, Sievert). Vedle toho se mohou použít metody odvozeného stanovení dávek na základě jiných veličin, např. aktivity radionuklidů. ^(12,38)

Referenční úrovně

Pro hodnocení výsledků měření při monitorování lze stanovit určité význačné hodnoty, jejichž dosažení může signalizovat určitou anomální radiační situaci a je popřípadě pokynem pro zahojování příslušných opatření radiační ochrany. Lze zavést tři druhy referenčních úrovní: ^(38, 42)

- **Záznamová úroveň**

Tato úroveň stanoví nejnižší hodnotu monitorované veličiny, od které má význam ji zaznamenávat a hodnotit v dokumentaci. Jako záznamová úroveň se většinou vezme nejmenší detekovatelná hodnota měřené veličiny nebo hodnota pozadí. Tato hodnota bývá závislá na druhu měřené veličiny, konkrétních podmínkách měření a vlastnostech měřicích přístrojů, které lze použít k monitorování.

- **Vyšetřovací úroveň**

Dosažení vyšetřovací úrovně bývá již příznakem ne zcela běžné radiační situace na pracovišti a může být podnětem k šetření jeho důsledků a příčin. Vyšetřovací úroveň se zpravidla stanoví jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot, u osobních radiačních dávek poté popřípadě jako 0,3-násobek příslušného limitu pro radiační pracovníky.

- **Zásahová úroveň**

Dosažení této úrovně signalizuje radiační nehodu, spojenou se zvýšeným radiačním rizikem, a bývá podnětem k neprodlenému varování a podniknutím kroků k ochraně osob a prostředí podle havarijního řádu daného pracoviště.

Radiační monitorování se většinou skládá ze tří částí: monitorování pracoviště, monitorování osob, monitorování radioaktivních odpadů a popřípadě monitorování okolí pracoviště s ionizujícím zářením. ^(12,38,42)

1.2 Anatomie a fyziologie štítné žlázy

Štítná žláza je uložena ve spodině laryngu, sestupuje ke kořeni jazyka a dále dolů před tracheu, kde se rozděluje na dva laloky, které jsou navzájem propojeny istmem. Oba dva laloky štítné žlázy mají oválný tvar o velikosti cca 2,5x4-5x1-1,5 cm, kdy prvý lalok může být nepatrně větší než levý. Velikost thyreoidy závisí především na věku, tělesné hmotnosti a také na příjmu jódu. U dospělého člověka váží přibližně 15 - 20 g. Cévní zásobení štítné žlázy je bohaté a průtok krve žlázou se pohybuje okolo 50 - 100 ml/min.^(21,30)

Thyreoidu tvoří skupina folikulů různé velikosti, které jsou vystlány vrstvou tyreoidálního epitelu. V klidovém stavu jsou thyreocyty ploché, zvýší se v případě stimulace TSH.^(31,30)

Štítnou žlázu lze řadit mezi žlázy s vnitřní sekrecí. Štítná žláza produkuje tři hormony (tyroxin, trijodtyronin a kalcitonin), které jsou nezbytné pro správné prospívání jedince. Hormony plní řadu funkcí a mezi hlavní se řadí vliv na vývoj a látkovou výměnu organismu. Ovlivňují růst a dozrávání jedince, zejména mozku a nervového ústrojí. U dospělého organismu je hlavně vliv metabolický, což znamená zvyšování přeměny látek a zvyšování spotřeby kyslíku hormony štítné žlázy. Pokud jedinec trpí nedostatkem výše jmenovaných hormonů, dochází ke zpomalování metabolických dějů a naopak.^(21,30)

Mezi další účinky hormonů patří vliv na oběhovou soustavu (zvyšování tepové frekvence), vliv na kosterní svaly (mění rychlost kontrakce), vliv na zažívací trakt, krvetvorbu, imunitní systém a kůži.^(21,30,34)

1.3 Onemocnění štítné žlázy v závislosti na ozáření radioaktivním jódem

1.3.1 Hypertyreóza štítné žlázy

Jedná se o syndrom, který je doprovázen zvýšenou sekrecí hormonů štítné žlázy a současnou odpovědí periferních tkání na tuto zvýšenou sekreci.^(15,21)

Ke klinickému obrazu se řadí hypersekrece tyreoidálních hormonů, svalová slabost, hmotnostní úbytek, dochází ke stimulaci sympatoadrenergního systému s tachykardií, vzestupu minutového srdečního objemu, sklonům k arytmiím, k srdečnímu selhávání. Dále se mohou objevovat neuropsychické projevy jako třes, neklid, nespavost, nervozita, ale i změny osobnosti a nález na EEG. Vyskytuje se zvýšený oční lesk, teplota opocená kůže a jsou poškozena kožní adnexa, což se projevuje vypadáváním vlasů a zvýšenou lomivostí nehtů.^(15,21)

1.3.2 Nádorová onemocnění štítné žlázy

Nádory štítné žlázy jsou považovány za poměrně vzácné, přesto během posledních let lékaři zaznamenali jejich nárůst. V České republice se diagnostikuje ročně zhruba 200 pacientů. Většina dnešních nádorů pochází z folikulárního epitelu. Tyto nádory mají papilární či folikulární stavbu a vyskytují se ve všech věkových skupinách. Jejich výhodné biologické vlastnosti umožňují dlouhodobé přežití, především u mladých pacientů s nepokročilým stádiem.^(15,21)

Mezi hlavní formy patří izolovaný uzel ve štítné žláze, uzlinový syndrom, metastatický plicní rozsev a kostní metastázy u starších pacientů.^(15,21)

U těchto nádorů se převážně začíná chirurgickou léčbou s kombinací léčby radioaktivním jódem, popřípadě chemoterapií.^(15,21)

1.3.3 Jaderná havárie v Černobyli a nádorová onemocnění

Za prokazatelný pozdní účinek havárie v Černobyli, jehož důsledkem je radioaktivní zamoření, je považován zvýšený výskyt rakoviny štítné žlázy u osob

ozářených v dětském věku (tzn. do 18 let věku). Jednalo se o děti z Běloruska a v menší míře z Ukrajiny a Ruska, které byly v době havárie zasaženy radioaktivním jódem jak vdechnutím, tak hlavně v důsledku pití mléka od krav, které se pásly na kontaminované travě. Jaderná havárie měla své následky – v průběhu let 1992 až 2000 bylo v uváděných zemích diagnostikováno přibližně 4000 případů rakoviny štítné žlázy u dětí a mládeže ve věku do 18 let. Z toho celkem 9 malých pacientů (8 v Bělorusku, 1 v Rusku) zemřelo na rakovinu štítné žlázy. Neexistují žádná data, která by potvrdovala další výskyt rakoviny štítné žlázy mezi dospělými (viz příloha 3).^(37,43,44)

Pokud jde o další typy nádorových nemocí, nebyl mezi širokou veřejností do roku 2004 zaznamenán větší nárůst (nad přirozenou úroveň) úmrtnosti způsobený leukémií nebo jinými typy rakoviny (s výjimkou právě rakoviny štítné žlázy u dětí), který by byl vyvolán značnou radiací v důsledku jaderné havárie v Černobylu. Ve skupině přímých zasahujících likvidátorů jaderné havárie (tedy zaměstnanci, záchranáři, hasiči, asanační pracovníci, atd.), kteří byli zasaženi vysokou dávkou radiace (v průměru 107 mSv), byla uvedena zvýšená úmrtnost způsobená leukémií, jinými nádorovými nemocemi nebo nemocemi oběhového systému vyvolanými zvýšenou radiací v důsledku jaderné havárie v Černobylu. Dosud nebyl prokázán žádný vliv radioaktivního záření na výskyt vrozených vad nebo jiných genetických efektů. Zhruba od poloviny roku 1986 se ve statistikách sice začal vyskytovat nárůst vrozených vad a to jak v zasažených, tak i nezasažených oblastech Běloruska. Odborná veřejnost však tento růst spíše přičítají zlepšené úrovni registrace takových onemocnění. Bylo známo, že registrace vrozených poruch a malformací byla do jaderné havárie v Černobylu v Sovětském svazu na nízké velmi úrovni.^(37,43,44)

Nyní se uvádí, že havárie jaderné elektrárny nějakým způsobem zasáhla zhruba 600 tisíc osob. Oficiální dokumenty tedy rozdělují oběti radioaktivního zamoření do více skupin. Jde především o skupinu „zasahujících likvidátorů“, kam patří pracovníci záchranných a asanačních čet, zaměstnanci elektrárny, policisté a hasiči. Do konce roku 1987 čítal počet lidí patřících do této skupiny 200 – 240 tisíc. V pozdějších letech však počet registrovaných „zasahujících likvidátorů“ stoupl až trojnásobně (některé udávající zdroje přičítají tento nárůst sociálním výhodám od státu). Jinou postiženou

skupinou se stává 116 tisíc osob žijících v oblastech, které kontaminovalo radioaktivní zamoření v širším okolí Černobylské krajiny a kteří byli evakuováni krátce po havárii (do poloviny srpna 1986) do nepostižených oblastí. Dalších 220 tisíc lidí, žijících na kontaminovaných územích Běloruska, Ruska a Ukrajiny, bylo evakuováno později. (37,43,44)

Nejvyššími dávkami radioaktivního záření byli zasaženi pracovníci jaderné elektrárny, kteří se byli na místě (a blízkém okolí) nehody a záchranáři, kteří řešili akutní následky jaderné havárie – a to během prvního dne, tedy 26. dubna 1986. Týkalo se to zhruba 1000 osob. V této skupině mohly dávky ozáření dosahovat hodnot až v rozmezí 2 – 20 Gy. (37,43,44)

Pokud jde o „zasahující likvidátory“ havárie, kteří po nějakou další dobu v období 4 let po havárii vykonávali asanační práce, dávky ozáření zde dosáhly nejvýše 500 mSv (u řádově pouze několika procent zasahujících likvidátorů jaderné nehody), přičemž průměrná dávka ozáření byla 100 mSv. Zhruba 10 % zasahujících likvidátorů bylo zasaženo dávkou na úrovni 250 mSv. (37,43,44)

Dávky, jimiž byly zasaženy osoby evakuované z okolí havarovaného reaktoru, se stále odhadují v průměru na 17 mSv (Ukrajina), respektive 31 mSv (Bělousko). Pro širokou veřejnost žijící v oblastech (území Běloruska, Ukrajiny, Ruska), které byly zasaženy dopady havárie, se průměrná efektivní dávka akumulovaná za období 1986 – 2006 odhaduje na 10 – 20 mSv (dle zprávy Černobylského fóra). (37,43,44)

V pozdějších letech po havárii jaderné elektrárny Černobyl, tzn. v letech 1987 až 2004, zemřelo z různých příčin celkem 19 lidí ze skupiny s diagnostikovaným Akutním radiačním syndromem. U většiny z nich však příčiny úmrtí nesouvisí s ozářením. Za zmínku stojí, že řada lidí, kteří přežili akutní nemoc z ozáření, přivedla později na svět zdravé potomky. U široké veřejnosti z okolí Černobylu, které bylo zasaženo radioaktivním zamořením z havarované jaderné elektrárny, se zmiňovaná nemoc (Akutní nemoc z ozáření / Akutní radiační syndrom) vůbec neprojevila. (37,43,44)

1.4 Radioaktivita

Jev, při kterém se nestabilní jádro určitého nuklidu samovolně přeměňuje na jádro jiného nuklidu za současného vzniku ionizujícího záření, se nazývá radioaktivní přeměnou. Nestabilní jádro je označováno jako mateřské (M) a jádro, které vzniká jako dceřiné (D). Tento jev je statistický, ale lze stanovit pouze pravděpodobnost, s jakou se jádra určitého radionuklidu přemění za jednotku času. ^(7,18,39)

Jednotlivé radionuklidy mají charakteristické parametry: ^(7,18,39)

1. Typ přeměny
2. Poločas přeměny
3. energii emitované částice

Některé společné jevy doprovázející radioaktivitu

Zpětný odraz jader

Při emisi částic a kvant radioaktivního záření dojde vlivem zákona zachování hybnosti (akce a reakce) ke zpětnému odrazu jádra, které přebírá malou část kinetické energie rozpadu. Tento jev se projevuje u každé radioaktivní přeměny, nejvýrazněji u radioaktivity, protože α -částice mají vysokou hmotnost a jsou emitovány s vysokou kinetickou energií a hybností. Zpětný odraz většinou vede k uvolnění atomů z krystalové mřížky minerálů. Kinetická energie odražených jader se nakonec projevuje tepelnými účinky. ^(18,39)

Tepelné účinky radioaktivity

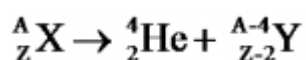
Jev, který doprovází všechny druhy radioaktivity: je to teplo. Při radioaktivní přeměně vyletává z jádra velkou rychlostí částice (kvantum) záření. Podle zákona akce a reakce tím bude jádro odmrštěno opačným směrem - bude mu přidělena kinetická energie pohybu. Podobně při absorpci záření bývá látce předávána energie na úrovni kinetické energie atomů. A kinetická energie pohybu atomů látky není nic jiného než teplo. Při každé další a další radioaktivní přeměně se takto mohou a budou rozkmitávat atomy látky na větší a stále větší kinetickou energii - radioaktivní látka se začne zahřívat. ^(7,14)

Typy radioaktivních přeměn:

Přeměna alfa

Dochází k emisi alfa částic, heliového jádra ${}^2_4\text{He}$, tím se sníží počet jaderných částic o čtyři. Neboť mezi těmito částicemi jsou dva protony, posouvá se prvek v periodické soustavě o dvě místa nalevo.^(2,39)

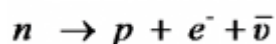
Při emisi částice α se mateřské jádro mění podle schématu:



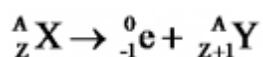
Dolet alfa částic je však velmi malý, v kapalinách a pevných látkách dosahuje milimetrů, v plynech řádově několik centimetrů, zato jsou tyto částice silně ionizující.^(2,39)

Přeměna beta⁻

Při přeměna β^- se z mateřského jádra emituje elektron, jeho emisí dochází k přeměně jednoho neutronu v proton. Z jádra atomu vychází záporně nabitý elektron a neutrální částice neutrino.



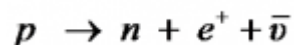
V tomto případě dochází ke zvýšení protonového čísla. Nově vzniklý atom se v periodické soustavě posouvá o jedno místo napravo.^(1,39)



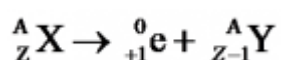
Dolet částic β^- je větší než u alfa částic, jelikož jsou částice beta relativně malé a lehké, jsou rozptylovány s malými ztrátami energie. V plynech se dolet beta záření pohybuje v průměru několika metrů, v kapalinách několik centimetrů a v pevných látkách několik milimetrů.^(2,7,39)

Přeměna beta+

Jádro emituje pozitron, který vzniká přeměnou protonu v jádře na neutron, pozitron a neutrino. ^(1,3,39)



Při přeměně β^+ se hmotnostní číslo prvku nezmění, protonové číslo se zmenší o 1. Prvek se posune o jedno místo vlevo v periodické soustavě prvků. ^(1,3,39)



Elektronový záchyt (K-záchyt)

Jedná se o záchyt elektronu z elektronového obalu (nejčastěji elektronu ze sféry K) do jádra. Obsahuje-li jádro o jeden proton více než připouští jeho stabilita, zachytí jeden elektron z K-orbitu a absorbuje ho. Proton v jádře se přemění na neutron. Uprázdňené místo v K-orbitu se doplní elektronem z vyššího orbitu a přebytek energie se vyzáří ve formě fotonu. ^(2,3,39)

Při elektronovém záchytu se hmotnostní číslo prvku nezmění, protonové číslo se zmenší o 1. Prvek se posune o jedno místo vlevo v periodické soustavě prvků. ^(1,3,39)

Přeměna gama

Jadernou reakcí kteréhokoliv typu zpravidla nevzniká výsledné jádro ve svém základním (nejnižším) energetickém stavu. Většinou jak po vynucené, tak i po spontánní přeměně zůstává ve stavu energeticky vzbuzeném. Nadbytečné energie se při přímém nebo postupném návratu do základního stavu zbavuje kromě emise částice také emisí jednoho nebo několika fotonů záření γ . Doba existence excitovaného jádra je obecně nesmírně krátká a přímo neměřitelná, takže foton se vyzáří prakticky současně s emisí hmotné částice. ^(1,3,39)

Ionizující záření γ je příbuzné jak rentgenovým paprskům, tak i světlu, ovšem s kratší vlnovou délkou (kolem 10^{-13} m). Vzhledem k velmi krátkým vlnovým délkám má záření γ velkou energii a tudíž vysokou pronikavost. U přirozeně radioaktivních prvků často doprovází přechod excitovaného dceřiného jádra do stabilnějšího stavu při přeměně α a β .^(2,4,39)

Přeměnou γ se protonové ani hmotnostní číslo prvku nemění.

Jen za určitých podmínek může nabýt doba života vzbuzené formy atomu dostatečně veliké, měřitelné hodnoty. Takové jádro jeví svou vlastní radioaktivitu γ o určitém charakteristickém poločasu. Jde tu o izomerii jádra a přechod metastabilní formy v nižší nebo základní stav se nazývá izomerický přechod.^(2,3,39)

1.5 Požár

Za požár je považováno každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení či zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí. Za nežádoucí hoření je dále považováno, pokud došlo k bezprostřednímu ohrožení osob, zvířat, materiálních hodnot či životního prostředí. ^(23,40)

Požár bývá nekontrolovatelný oheň, při kterém dochází: ^(23,40)

- ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí, nebo
- k bezprostřednímu ohrožení osob, zvířat, materiálních hodnot nebo životního prostředí,
- k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat.

Vzniká obvykle buď v důsledku přírodního neštěstí, úmyslným zapálením (žhárství) nebo technické chyby. ^(23,40)

1.5.1 Typy a fáze požárů

Požáry lze rozdělit: ^(17,36)

1. Podle hořících látek:

Požáry pevných látek – na hasicích přístrojích jsou značeny jako A, nebo u lehkých kovů jako D

Požáry plynných látek – na hasicích přístrojích značeny jako požáry typu C

Požáry kapalných látek – na hasicích přístrojích značeny jako požáry typu B

Požáry kombinované – složené z předešlých možností

2. Podle rozsahu:

Malé – ohroženy jednotlivé osoby, plochy v rozloze m², části budov

Střední – ohroženy desítky osob, plochy o rozloze stovek m², celé budovy

Velké – ohroženy stovky osob, plochy v hektarech či desítkách hektarů, bloky domů

Katastrofické – ohroženy tisíce lidí, plochy ve stovkách hektarů, celé čtvrti obcí

3. *Podle doby trvání:*

Krátkodobé – trvání je řádově v hodinách

Střednědobé – trvání je řádově v desítkách hodin

Dlouhodobé – trvání je nad čtyři dny

4. *Podle polohy:*

Podzemní – pod úrovní místního terénu

Přízemní – na úrovni místního terénu

Nadzemní – nad úrovní země do 27 m (středně vysoké požáry- dostupné standardní výškovou technikou), nad 27 m (výškové požáry)

5. *Podle možnosti šíření:*

Nerozšiřující se požáry

Rozšiřující se požáry

6. *Podle zjistitelnosti:*

Otevřené – viditelné plameny, kouř...

Skryté – nejsou snadno zjistitelné (požáry v mezistropí, ve stěnách apod.)

Požár je většinou charakterizován čtyřmi fázemi, které mohou být velmi rozdílné a závisí především na množství a druhu hořících látek. ^(17,36)

1. *Fáze*

Za první fázi je považován časový úsek od vzniku požáru až do počátku intenzivního hoření. Podle statistických údajů obvykle tato fáze trvá od třech do desíti minut. Intenzita hoření je poměrně malá, proto je tato fáze nejideálnější pro zahájení

hasebních prací. Likvidace první fáze bývá poměrně jednoduchou a škody způsobené požárem jsou minimální. ^(17,36)

2. Fáze

Jedná se o časový interval od počátku intenzivního hoření až do doby, kdy jsou požárem zasaženy všechny hořlavé materiály a konstrukce objektu. Dalo by se říci, že situace bývá již velmi složitá, jelikož kovové konstrukce ztrácejí pevnost a hrozí nebezpečí jejich zřícení. ^(17,36)

3. Fáze

Je časový interval od konce druhé fáze (v daném objektu hoří všechny hořlavé látky, intenzita hoření dosahuje maxima) až do začátku poklesu intenzity hoření. Bývají narušeny i ostatní nosné prvky a dochází ke zřícení. Jednotky se při zásahu především zaměřují na ochlazování a ochranu okolních objektů. ^(17,36)

4. Fáze

Jde o časový úsek od počátku snižování intenzity hoření až do úplného vyhoření hořlavých látek. V této fázi hrozí zřícení vnitřního i obvodového zdiva, schodišť apod. Jednotky se zaměřují na dohašování ohnisek požáru. ^(17,36)

1.5.2 Rozdělení hasicích přístrojů

Hasicí přístroj je jedním z věcných prostředků požární ochrany. Slouží především k operativnímu zdolávání požárů v počáteční fázi rozvoje. ^(24,33,36)

1. Rozdělení podle druhu hasicí látky ^(24,33)

- *Vodní.* Hasicí látkou se stává voda, která obsahuje potaš, chránící proti zamrznutí. Nelze s ním hasit elektrická zařízení pod napětím. Hasebním účinkem vody je především ochlazování (chladicí efekt). Vodní hasicí přístroje jsou vhodné pro hašení požárů pevných látek.

- *Pěnový*. Mimo obsahuje i pěnidlo, které při provzdušnění začne vytvářet pěnu. Díky pěnidlu dochází k snadnějšímu smáčení, nicméně vytvořená pěna izoluje hořící látky od vzdušného kyslíku - pracuje na principu dusivého efektu. Lépe tedy než samotná voda hasí pevné látky, ale především se používá k hašení hořlavých kapalin. Přístrojem nelze hasit elektrická zařízení pod napětím, protože pěna je vodivá.
- *Práškový*. Hasivem se stává speciální nebo univerzální jemný prášek, hnaný plynem. Jedná se o poměrně velmi účinné hasivo, jehož velkou výhodou bývá nevodivost. Je možné tedy s ním hasit i elektrická zařízení pod napětím. Hasebním efektem je stěnový efekt. Je nevhodný do daných prostor, kde jsou přístroje citlivé na prach (elektronická zařízení atd.).
- *Sněhový*. Hasivem je oxid uhličitý. Hasivo mívá po opuštění tlakové nádoby velmi nízkou teplotu – při ústí hubice asi $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nelze jím hasit sypké materiály, neboť proud plynu je velice prudký. Není vhodný pro hašení pevných látek.
 - *Halonový*. Hasivem jsou halonové plyny. Stává se o nejúčinnější hasební látkou. Hasebním účinkem bývá fyzikálně-chemický efekt. Hasivo má však velmi negativní vliv na ozónovou vrstvu Země. Hasivo je jedovaté. Nesmí se proto používat ve špatně větratelných prostorech, na žhoucí látky a na požáry lehkých kovů.

2. Hasicí přístroje podle provedení^(24,33,36)

Podle provedení rozlišujeme:

- přenosné hasicí přístroje
- pojízdné hasicí přístroje
- přívěsné hasicí přístroje

3. Hasicí přístroje podle tříd požárů^(24,33,36)

Jednotlivé hasicí přístroje je možno použít na požáry různých látek. Proto se požáry dělí do následujících tříd:

- *A – pevné látky* – vhodné jsou pěnové, vodní a práškové hasicí přístroje
- *B – hořlavé kapaliny* – je možné použít práškové, pěnové a sněhové hasicí přístroje
- *C – plyny* – používají se sněhové a práškové hasicí přístroje
- *D – hořlavé kovy (alkalické a lehké kovy)* – hasí se speciálními prášky
- *E – elektrické zařízení pod proudem* - hasí se do 1000 V sněhovým nebo práškovým přístrojem, nad 1000 speciálními přístroji.
- *F – jedlé rostlinné a živočišné oleje a tuky v kuchyňských zařízeních* – hasí se speciálním hasivem

1.5.3 Evakuace osob

Pojem evakuace zatím nebyl přesně vymezen. Z pohledu požární ochrany je ho možno chápat jako krátkodobý proces zakončený přemístěním unikajících osob bez pomoci zvenčí na volné prostranství nebo do jiného bezpečného prostoru. ^(17,24,33)

Z pohledu ochrany obyvatelstva jej lze chápat jako proces dlouhodobější, neboť řeší i následnou péči o evakuované osoby (náhradní ubytování, strava). ^(17,24)

Dělení evakuace ^(17,24,36)

- Z hlediska rozsahu opatření:

Evakuace objektová – zahrnuje evakuaci osob jedné nebo malého počtu obytných budov

Evakuace plošná – zahrnuje evakuaci obyvatelstva z části nebo celého urbanistického celku či většího územního prostoru

- Z hlediska doby trvání:

Evakuace krátkodobá – ohrožení nevyžaduje dlouhodobé opuštění prostoru, není zapotřebí realizovat opatření související s následnou péčí pro evakuované osoby

Evakuace dlouhodobá – ohrožení vyžaduje dlouhodobé opuštění objektu, je zapotřebí je realizovat opatření související s následnou péčí (náhradní ubytování, strava)

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 Cíle práce

Cíle předkládané práce byl stanoven:

- Zmapovat distribuci a uložení radioaktivního jódu na oddělení nukleární medicíny daných nemocnic v ČR.
- Zjistit úroveň znalostí u zdravotnického personálu a příslušníků HZS a jejich využití v praxi při úniku radioaktivního jódu.
- Vyhodnotit míru rizik spojenou s únikem radioaktivního jódu při požáru.

2.2 Hypotézy

Hypotéza bakalářské práce byla formulována:

- Zdravotnický personál a příslušníci HZS vědí, jak postupovat v případech úniku radioaktivního jódu z odd. nukleární medicíny.
- Míra rizika spojená s únikem radioaktivního jódu při požáru je zanedbatelná.

3 METODIKA

3.1 Metodika práce

Sběr dat byl prováděn technikou dotazníků – kvantitativní formou metody dotazování a formou řízeného rozhovoru. Data byla zpracována za účelem testování hypotéz a následně splnění cílů. Dotazník byl rozdán v jedenácti místech působení oddělení nukleární medicíny a do deseti pracovišť HZS.

Dotazník (viz příloha 1) obsahoval 16 otázek, z toho 15 otázek bylo tvořeno uzavřenou formou a 1 otázka polootevřenou formou. Na každou uzavřenou formu otázky byla možná jedna správná odpověď – na tuto skutečnost byli respondenti upozorněni.

Dotazník (viz příloha 2) obsahoval 13 otázek, z toho 11 otázek bylo tvořeno uzavřenou formou a 2 otázky polootevřenou formou. Na každou uzavřenou formu otázky byla možná jedna správná odpověď – na tuto skutečnost byli respondenti upozorněni.

Rozhovor byl veden se specialisty na nukleární medicínu. Otázky se zaměřovaly na množství a dobu uskladnění radioaktivního jódu na oddělení nukleární medicíny.

3.2 Charakteristika zkoumaného souboru

Dotazníky byly rozdány v jedenácti místech působení oddělení nukleární medicíny a do deseti pracovišť HZS, kde cílovou skupinu tvořil zdravotnický personál oddělení nukleární medicíny a příslušníci HZS. Oddělení nukleární medicíny a pracoviště HZS byla vybrána náhodně – rozmístěním ve všech 14 krajích České republiky. Celkem bylo rozdáno 170 dotazníků z návratností 120 dotazníků. 78 dotazníků byla rozdána na oddělení nukleární medicíny a 92 dotazníků na pracoviště HZS. Data z těchto dotazníků byla poté vyhodnocena a použita k vypracování výzkumné části bakalářské práce.

4 VÝSLEDKY

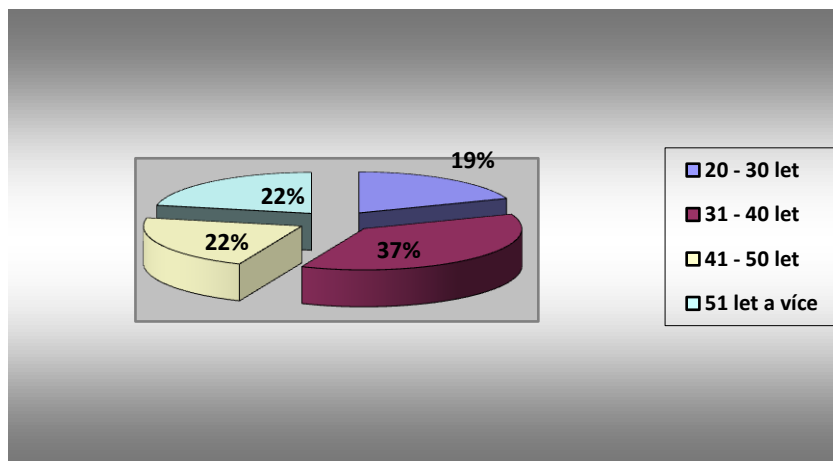
4.1 Odpovědi na otázky dotazníku – zdravotnický personál oddělení nukleární medicíny

1. otázka dotazníku- Uveďte Váš věk?

Tab. 1 – Věk respondenta

Odpověď	Respondenti
20 – 30 let	15
31 – 40 let	29
41 – 50 let	17
51 let a více	17

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 1 – Věk respondenta

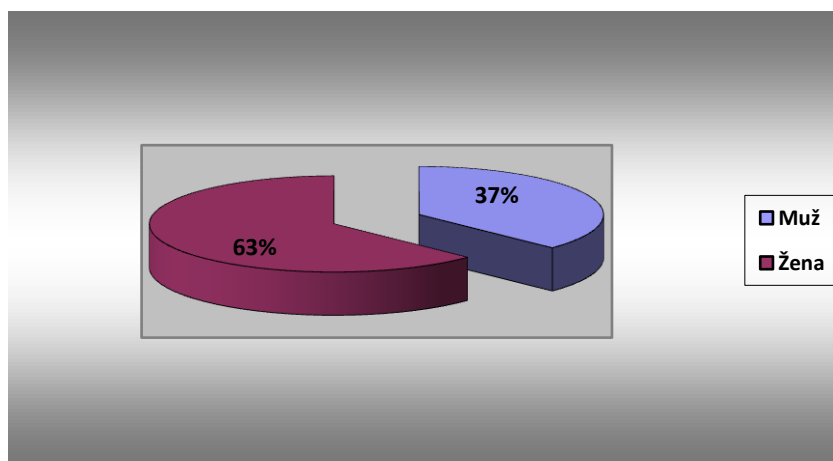
Na otázku věku odpovídalo 19% respondentů 20 – 30 let, 37% respondentů 31 – 40 let, 22% respondentů 41 – 50 let a 22% respondentů 51 let a více.

2. otázka dotazníku- Vaše pohlaví?

Tab. 2 – Pohlaví respondenta

Odpověď	Respondenti
Muž	29
Žena	49

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 2 – Pohlaví respondenta

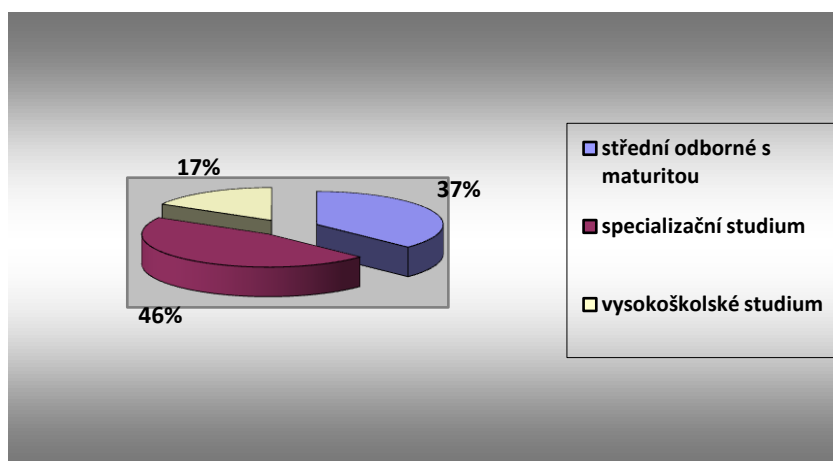
Na otázku pohlaví respondenta odpovídalo 37% respondentů mužů a 63% respondentů žen.

3. otázka dotazníku- Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

Tab. 3 – Vzdělání respondenta

Odpověď	Respondenti
Střední odborné s maturitou	29
Specializační studium	36
Vysokoškolské studium	13

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 3 – Vzdělání respondenta

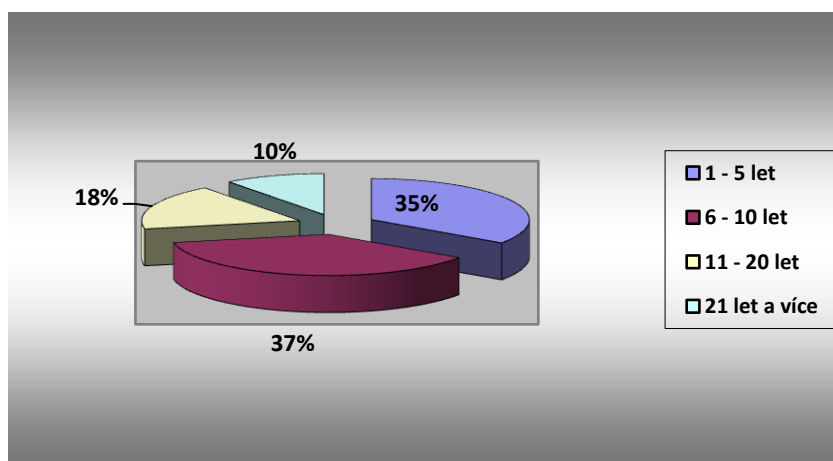
Na otázku vzdělání odpovídalo 37% respondentů střední odborné s maturitou, 46% respondentů specializační studium a 17% respondentů vysokoškolské studium.

4. otázka dotazníku- Jak dlouho pracujete na oddělení nukleární medicíny?

Tab. 4 – Délka praxe respondenta

Odpověď	Respondenti
1 – 5 let	27
6 – 10 let	29
11 – 20 let	14
21 let a více	8

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 4 – Délka praxe respondenta

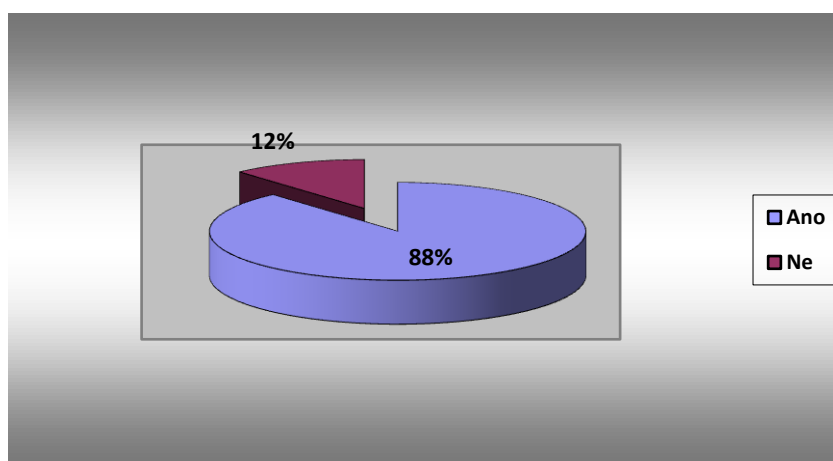
Na otázku délky praxe na oddělení nukleární medicíny odpovídalo 35% respondentů 1 - 5 let, 37% respondentů 6 - 10 let, 18% respondentů 11 - 20 let a 10% respondentů 21 let a více.

5. otázka dotazníku- Pracujete na Vašem oddělení s radioaktivním jódem?

Tab. 5 – Práce s radiojódem

Odpověď	Respondenti
Ano	69
Ne	9

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 5 – Práce s radiojódem

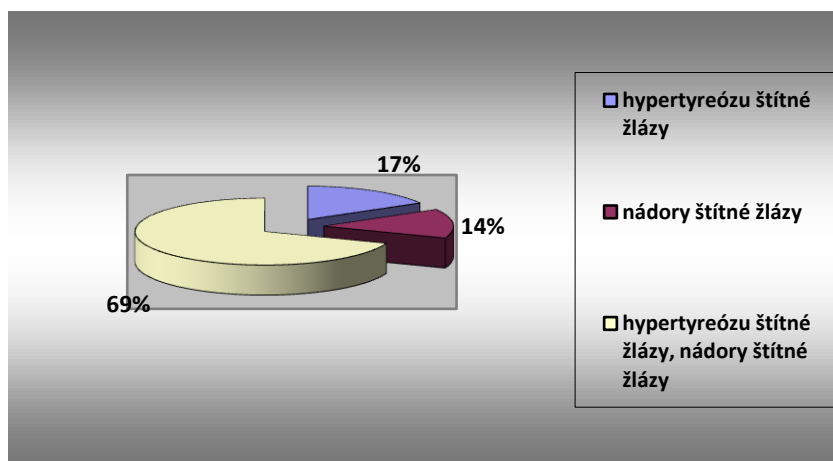
Na otázku, zda respondent pracuje s radioaktivním jódem, odpovídalo 88% respondentů ano a 12% respondentů ne.

6. otázka dotazníku- Která onemocnění štítné žlázy na vašem oddělení léčíte radioaktivním jódem?

Tab. 6 – Případná léčba různých onemocnění štítné žlázy

Odpověď	Respondenti
Hypertyreózu štítné žlázy	13
Nádory štítné žlázy	11
Hypertyreózu štítné žlázy, nádory štítné žlázy	54

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 6 – Případná léčba různých onemocnění štítné žlázy

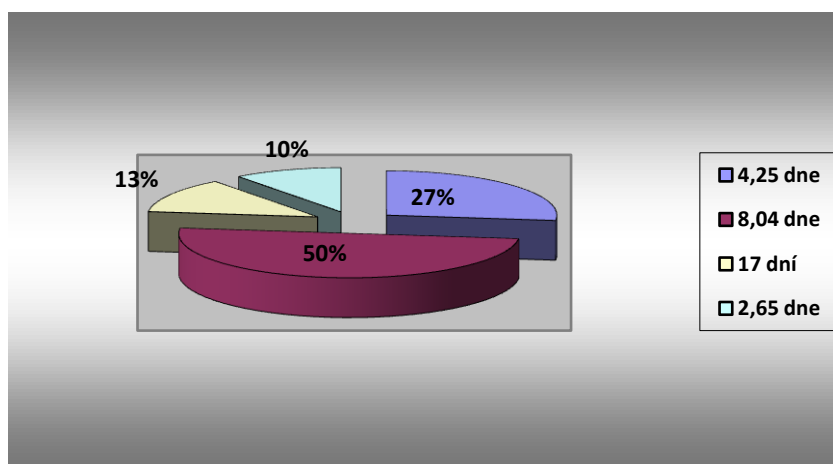
Na otázku, která onemocnění štítné žlázy léčí na oddělení nukleární medicíny radioaktivním jódem, odpovídalo 17% respondentů hypertyreózu štítné žlázy, 14% respondentů nádory štítné žlázy a 69% respondentů hypertyreózu štítné žlázy a nádory štítné žlázy.

7. otázka dotazníku- Víte, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu?

Tab. 7 – Poločas přeměny radioaktivního jódu

Odpověď	Respondenti
4,25 dne	21
8,04 dne	39
17 dní	10
2,65 dne	8

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 7 – Poločas přeměny radioaktivního jódu

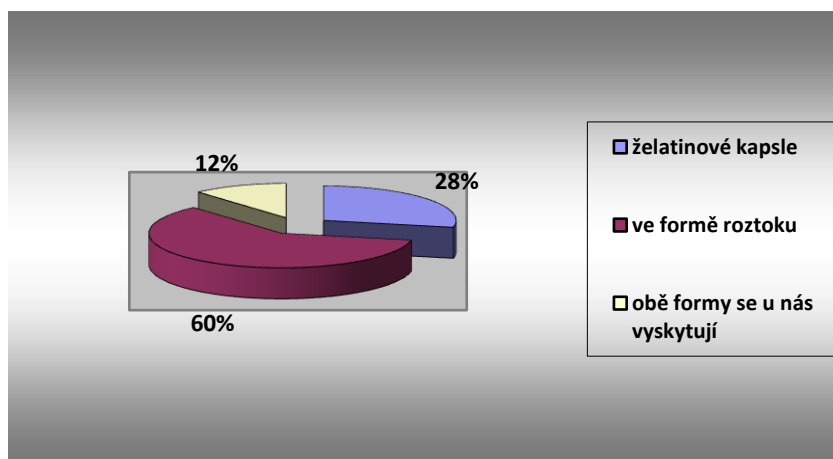
Na otázku, zda respondenti vědí, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu, odpovídalo 27% respondentů 4,25 dne, 50% respondentů 8,04 dne, 13% respondentů 17 dní a 10% respondentů 2,65 dne.

8. otázka dotazníku- V jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na Vašem oddělení?

Tab. 8 – Lékové formy radioaktivního jódu

Odpověď	Respondenti
Želatinové kapsle	22
Ve formě roztoku	47
Obě formy se u nás vyskytují	9

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 8 – lékové formy radioaktivního jódu

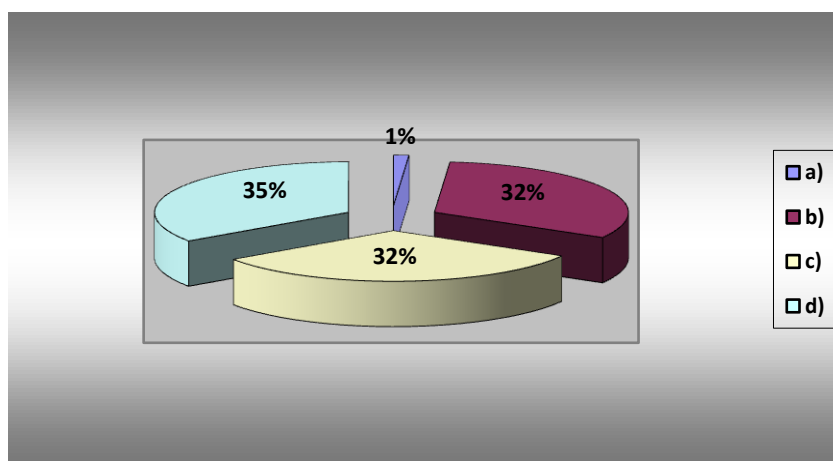
Na otázku, v jaké lékové formě se radioaktivní jód vyskytuje na daném oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 28% respondentů želatinové kapsle, 60% respondentů ve formě roztoku a 12% respondentů obě formy se u nás vyskytují.

9. otázka dotazníku- Jak je skladován radioaktivní jód na Vašem oddělení?

Tab. 9 – Skladování radioaktivního jódu

Odověď	Respondenti
a) Neskladujeme, neboť ho hned po doručení podáváme pacientovi	1
b) Na uskladnění máme přesně určenou místnost – aplikační místnost	25
c) Řídíme se dle pokynů dodavatele a atomovým zákonem	25
d) ¹³¹ I je uložen ve skleněné lékovce a olověném kontejneru, skladujeme při teplotě 15 – 25 stupňů Celsia	27
e) Není důvod ke zvláštnímu uskladnění	0

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 9 – Skladování radioaktivního jódu

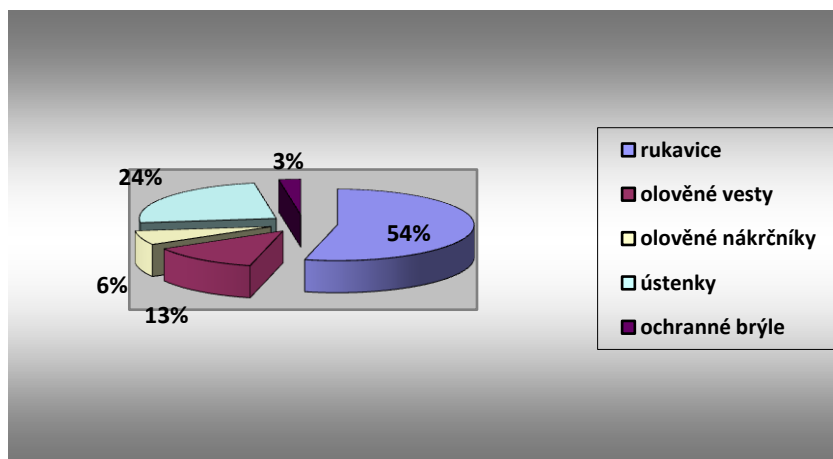
Na otázku uskladnění radioaktivního jódu odpovídalo 1% respondentů - neskladujeme, neboť ho hned po doručení podáváme pacientovi, 32% respondentů - na uskladnění máme přesně určenou místnost – aplikační místnost, 32% respondentů - řídíme se dle pokynů dodavatele a atomovým zákonem, 35% respondentů - ¹³¹I je uložen ve skleněné lékovce a olověném kontejneru, skladujeme při teplotě 15 – 25 stupňů Celsia a žádný respondent nevyužil možnosti odpovědi. není důvod ke zvláštnímu uskladnění.

10. otázka dotazníku- Jaké používáte ochranné pomůcky k osobní ochraně?

Tab. 10 – Vlastní ochranné pomůcky

Odpověď	Respondenti
Rukavice	42
Olověné vesty	10
Olověné nákrčníky	5
Ústenky	19
Ochranné brýle	2
Žádné nepoužívám, přijde mi to zbytečné	0

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 10 – Vlastní ochranné pomůcky

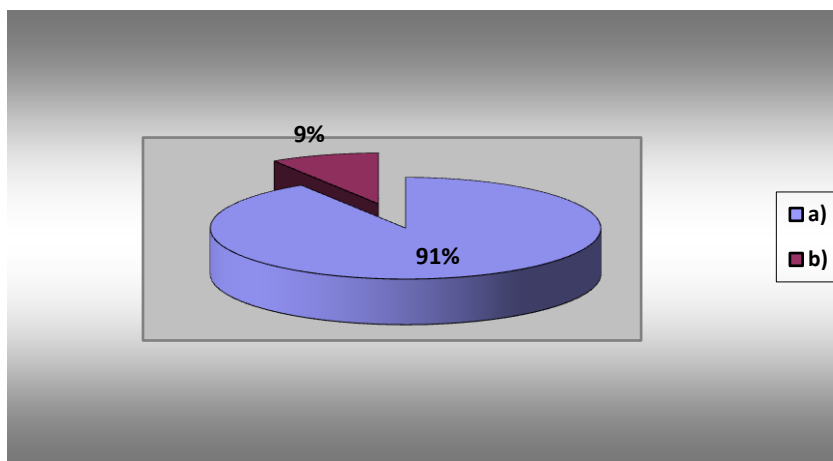
Na otázku, jaké pomůcky používají k osobní ochraně na oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 54% respondentů rukavice, 13% respondentů olověné vesty, 6% respondentů olověné nákrčníky, 24% respondentů ústenky a 3% respondentů ochranné brýle.

11. otázka dotazníku- Jak na Vašem oddělení zacházíte s prádlem od pacientů po aplikaci radiojodu?

Tab. 11 – Zacházení s prádlem od pacientů

Odpověď	Respondenti
a) Prádlo si pereme prvotně na našem oddělení a následně projde dozimetrickou kontrolou a posíláme do centrální prádely	71
b) Nemáme důvod dodržovat speciální opatření, posíláme hned do centrální prádely	7

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 11 – Zacházení s prádlem od pacientů

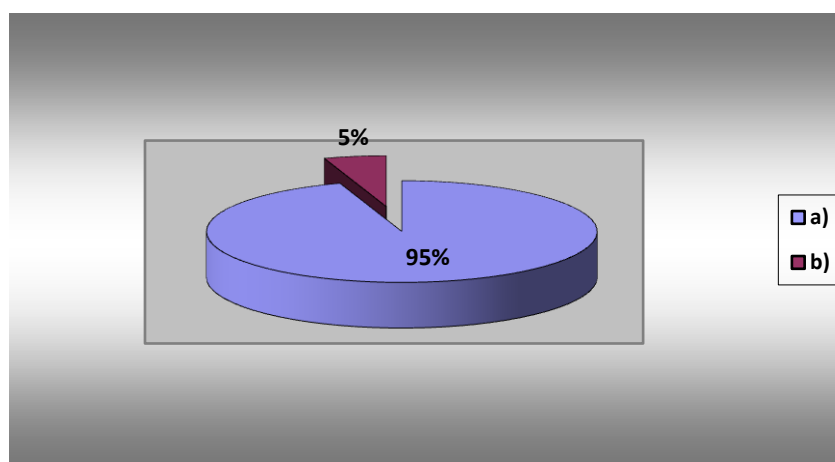
Na otázku, jak na oddělení zachází s prádlem od pacientů po aplikaci radiojodu, odpovídalo 91% respondentů, že prádlo si perou prvotně na oddělení a následně projde dozimetrickou kontrolou, poté ho posílají do centrální prádely a 9% respondentů nemá důvod dodržovat speciální opatření, posílají hned do centrální prádely.

12. otázka dotazníku- Platí na Vašem oddělení nějaká speciální opatření, která se týkají návštěv cizích osob??

Tab. 12 – Speciální opatření týkající se návštěv

Odpověď	Respondenti
a) Ano, pracuji v kontrolovaném pásmu, každý cizí člověk při vstupu na naše oddělení se musí zapsat do učené knihy, kde se také zaznamenává doba, po kterou pobýval v kontrolovaném pásmu	74
b) Ne	4

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 12 – Speciální opatření týkající se návštěv

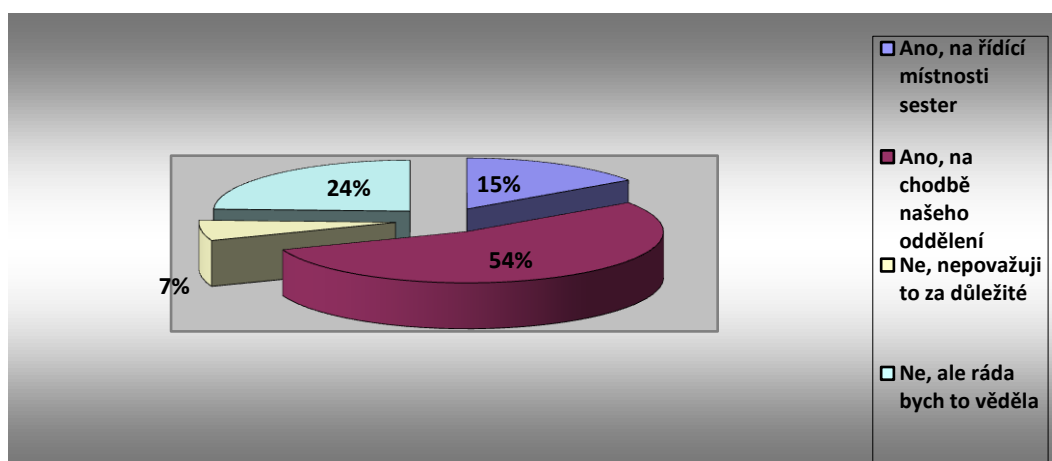
Na otázku, zda platí na oddělení nukl. medicíny nějaká speciální opatření týkající se návštěv, odpovídalo 95% respondentů ano, pracuji v kontrolovaném pásmu, každý cizí člověk při vstupu na jejich oddělení se musí zapsat do učené knihy, kde se zaznamenává doba, po kterou pobýval v kontrolovaném pásmu a 5% respondentů ne.

13. otázka dotazníku- Věděl/a, kde je na vašem oddělení uložena požární poplachová směrnice?

Tab. 13 – Uložení požární poplachové směrnice

Odpověď	Respondenti
Ano, na řídicí místnosti sester	12
Ano, na chodbě našeho oddělení	42
Ne, nepovažuji to za důležité	5
Ne, ale rád/a bych to věděl/a	19

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 7 – Poločas přeměny radioaktivního jódu

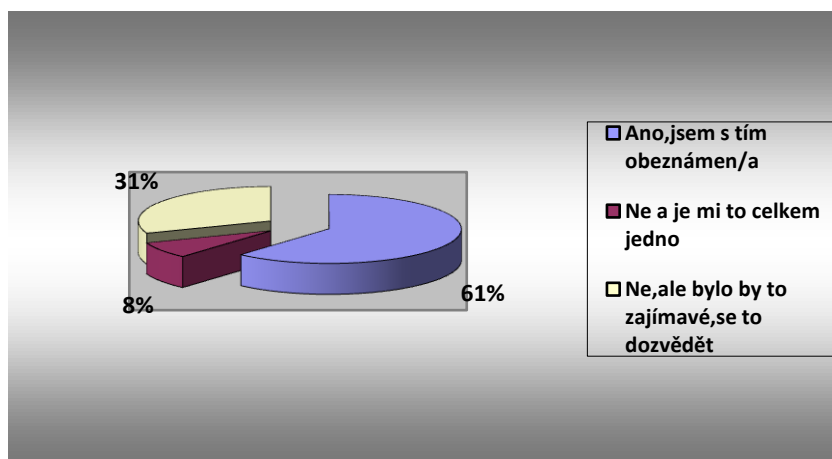
Na otázku, zda respondenti vědí, zda ví, kde je uložena požární poplachová směrnice na jejich oddělení, odpovídalo 15% respondentů ano, na řídicí místnosti sester, 54% respondentů ano, na chodbě oddělení, 7% respondentů ne, nepovažuji to za důležité a 24% respondentů ne, ale rád/a bych to věděl/a.

14. otázka dotazníku- Pokud by na Vašem oddělení začalo hořet, věděl/a byste, jak se zachovat??

Tab. 14 – Možná reakce na požár

Odpověď	Respondenti
Ano, jsem s tím obeznámen/a	48
Ne a je mi to celkem jedno	6
Ne, ale bylo by zajímavé se to dozvědět	24

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 14 – Možná reakce na požár

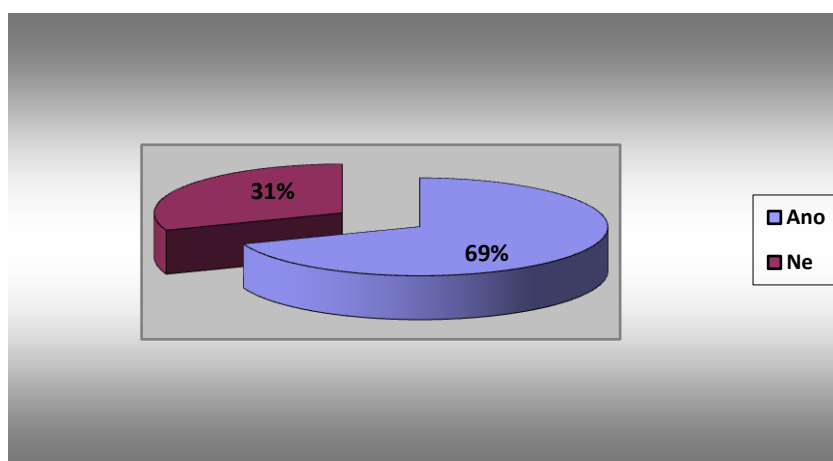
Na otázku, zda má pracovník povědomí o tom, jak se chovat při požáru, odpovídalo 61% respondentů ano, jsou s tím obeznámeni, 8% respondentů neví a je jim to jedno a 31% respondentů neví, ale bylo by pro ně zajímavé, se to dozvědět.

15. otázka dotazníku- Víte, kde na Vašem oddělení je uložen hasicí přístroj?

Tab. 14 – Uložení hasicího přístroje

Odpověď	Respondenti
Ano	54
Ne	24

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 15 – Uložení hasicího přístroje

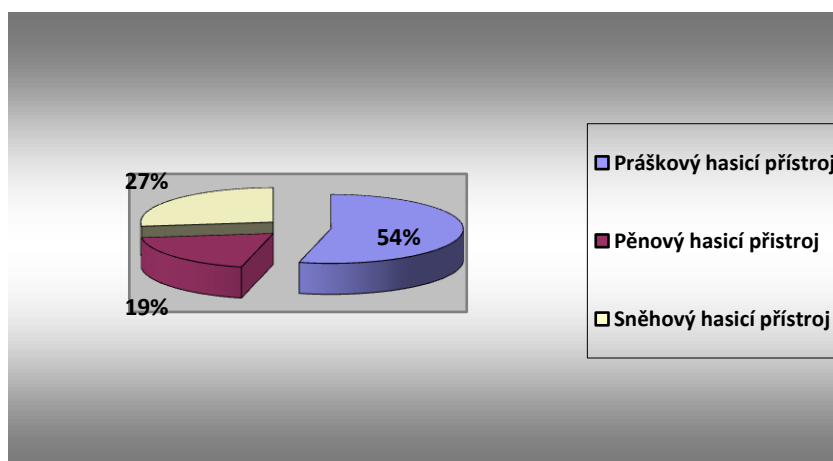
Na otázku, zda respondent ví, kde je uložen hasicí přístroj, odpovídalo 69% respondentů ano a 31% respondentů ne.

16. otázka dotazníku- Jakým typem hasicího přístroje byste hasil/a (otevřená otázka):

Tab. 16a – Papír, pevné látky

Odpověď	Respondenti
Práškový hasicí přístroj	42
Pěnový hasicí přístroj	15
Sněhový hasicí přístroj	21

Zdroj: vlastní výzkum



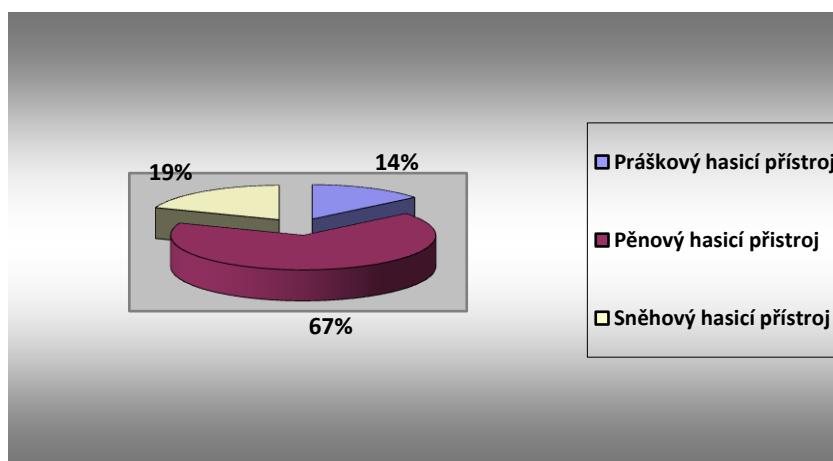
Graf 16a – Papír, pevné látky

Na otázku, jakým způsobem by respondent hasil papír, pevné látky, odpovídalo 54% respondentů práškovým hasicím přístrojem, 19% respondentů pěnovým hasicím přístrojem a 27% respondentů sněhovým hasicím přístrojem.

Tab. 16b – Hořící kapaliny

Odpověď	Respondenti
Práškový hasicí přístroj	11
Pěnový hasicí přístroj	52
Sněhový hasicí přístroj	15

Zdroj: vlastní výzkum



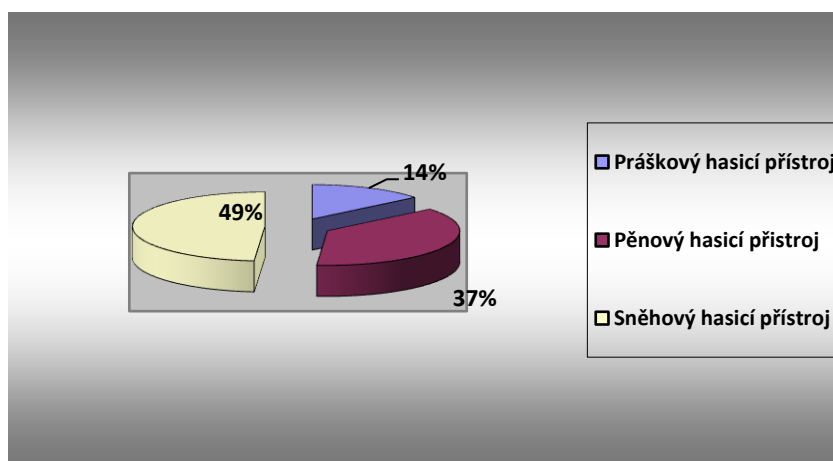
Graf 16b – Hořící kapaliny

Na otázku, jakým způsobem by respondent hasil hořící kapaliny, odpovídalo 14% respondentů práškovým hasicím přístrojem, 67% respondentů pěnovým hasicím přístrojem a 19% respondentů sněhovým hasicím přístrojem.

Tab. 16c – Elektronické zařízení

Odpověď	Respondenti
Práškový hasicí přístroj	11
Pěnový hasicí přístroj	29
Sněhový hasicí přístroj	38

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 16c – Elektronické zařízení

Na otázku, jakým způsobem by respondent hasil elektronické zařízení, odpovídalo 14% respondentů práškovým hasicím přístrojem, 37% respondentů pěnovým hasicím přístrojem a 49% respondentů sněhovým hasicím přístrojem.

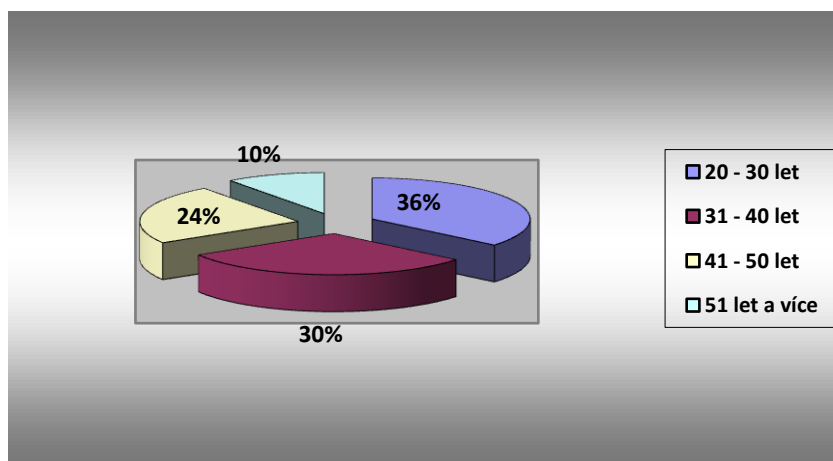
4.2 Odpovědi na otázky dotazníku – příslušníci HZS

1. otázka dotazníku- Uveďte Váš věk?

Tab. 17 – Věk respondenta

Odpověď	Respondenti
20 – 30 let	32
31 – 40 let	27
41 – 50 let	21
51 let a více	9

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 17 – Věk respondenta

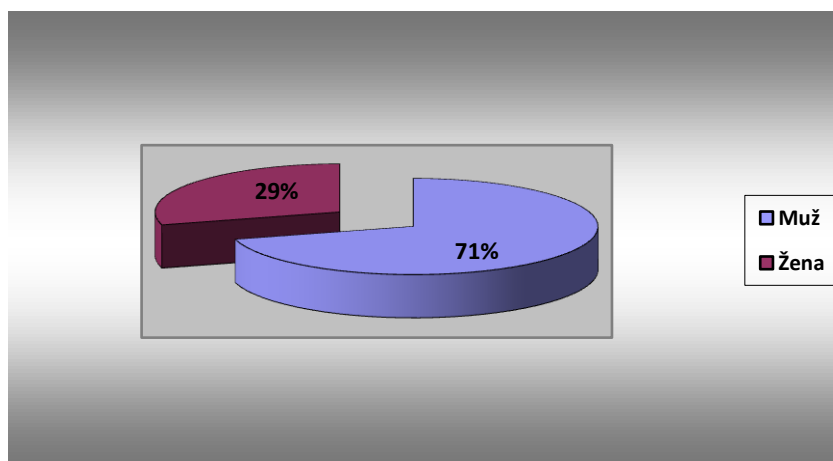
Na otázku věku odpovídalo 36% respondentů 20 – 30 let, 30% respondentů 31 – 40 let, 24% respondentů 41 – 50 let a 10% respondentů 51 let a více.

2. otázka dotazníku- Vaše pohlaví?

Tab. 18 – Pohlaví respondenta

Odpověď	Respondenti
Muž	65
Žena	27

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 18 – Pohlaví respondenta

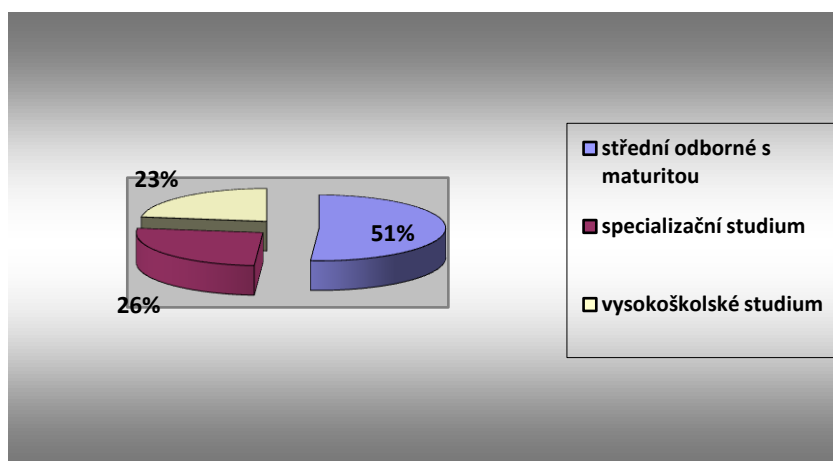
Na otázku pohlaví respondenta odpovídalo 71% respondentů mužů a 27% respondentů žen.

3. otázka dotazníku- Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

Tab. 19 – Vzdělání respondenta

Odpověď	Respondenti
Střední odborné s maturitou	47
Specializační studium	24
Vysokoškolské studium	21

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 19 – Vzdělání respondenta

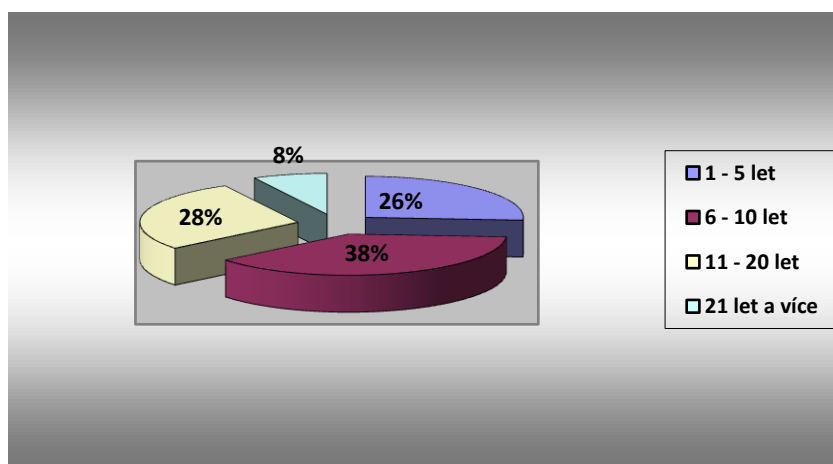
Na otázku vzdělání odpovídalo 51% respondentů střední odborné s maturitou, 26% respondentů specializační studium a 23% respondentů vysokoškolské studium.

4. otázka dotazníku- Jak dlouho pracujete na pracovišti HZS?

Tab. 20 – Délka praxe respondenta

Odpověď	Respondenti
1 – 5 let	24
6 – 10 let	35
11 – 20 let	26
21 let a více	7

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 20 – Délka praxe respondenta

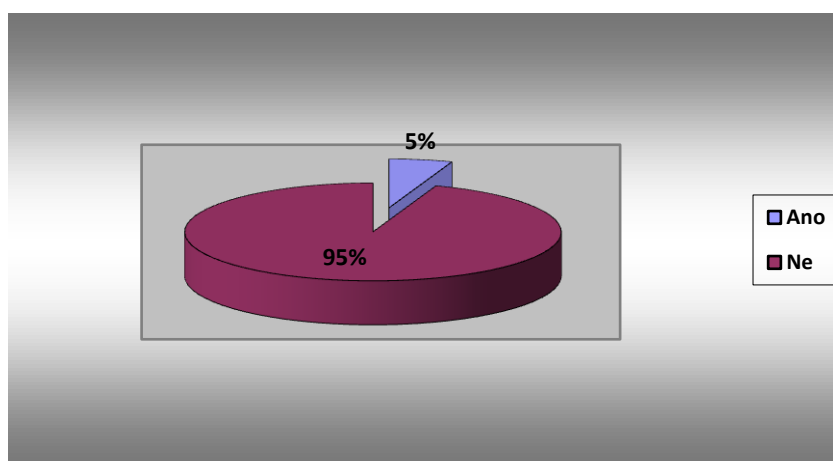
Na otázku délky praxe na pracovišti HZS odpovídalo 26% respondentů 1 - 5 let, 38% respondentů 6 - 10 let, 28% respondentů 11 - 20 let a 8% respondentů 21 let a více.

5. otázka dotazníku- Setkali jste se při své práci s únikem radioaktivního jódu?

Tab. 21 – Únik radioaktivního jódu

Odpověď	Respondenti
Ano	5
Ne	87

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 21 – Únik radioaktivního jódu

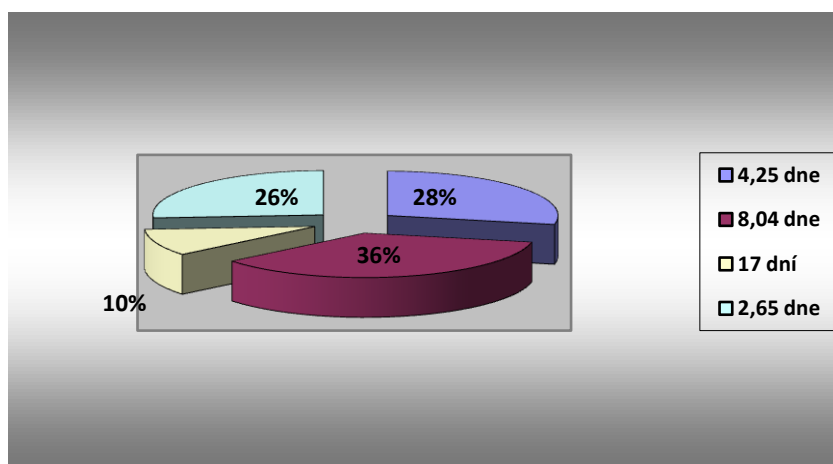
Na otázku, zda respondent se setkal s únikem radioaktivního jódu, odpovídalo 95% respondentů ano a 5% respondentů ne.

6. otázka dotazníku- Víte, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu?

Tab. 22 – Poločas přeměny radioaktivního jódu

Odpověď	Respondenti
4, 25 dne	26
8, 04 dne	33
17 dní	9
2, 65 dne	24

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 22 – Poločas přeměny radioaktivního jódu

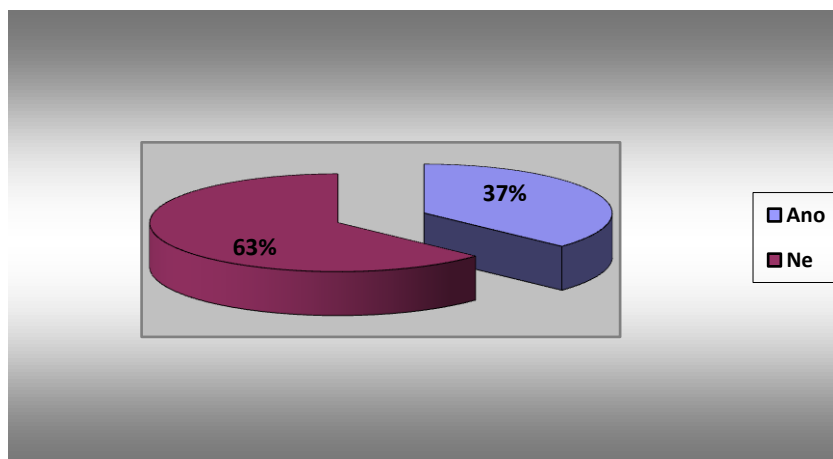
Na otázku, zda respondenti vědí, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu, odpovídalo 28% respondentů 4,25 dne, 36% respondentů 8,04 dne, 10% respondentů 17 dní a 26% respondentů 2,65 dne.

7. otázka dotazníku- Znáte některá onemocnění štítné žlázy léčené radioaktivním jódem? (otevřená otázka)

Tab. 23 – Onemocnění štítné žlázy

Odpo věď	Respondenti
Ano	34
Ne	58

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 23 – Onemocnění štítné žlázy

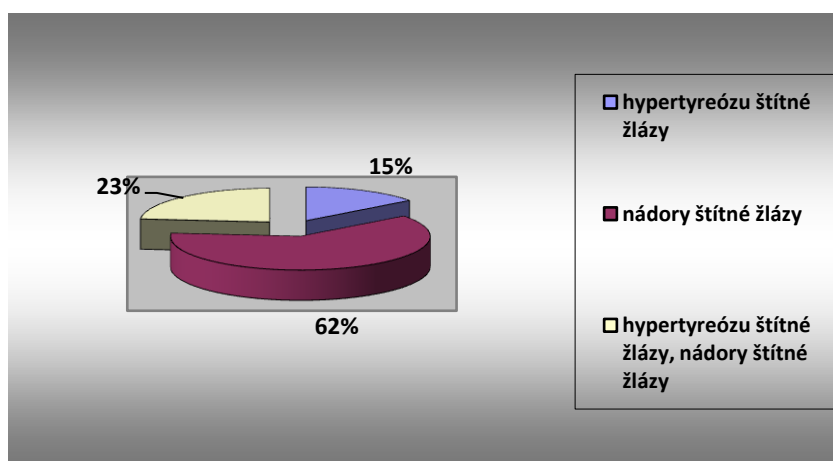
Na otázku, zda respondent zná některá onemocnění štítné žlázy léčená radioaktivním jódem, odpovídalo 37% respondentů ano a 63% respondentů ne.

Odpověď na otázku 7: ano, jaká....:

Tab. 23a – Onemocnění štítné žlázy

Odpověď	Respondenti
Hypertyreózu štítné žlázy	5
Nádory štítné žlázy	21
Hypertyreózu štítné žlázy, nádory štítné žlázy	8

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 23a – onemocnění štítné žlázy

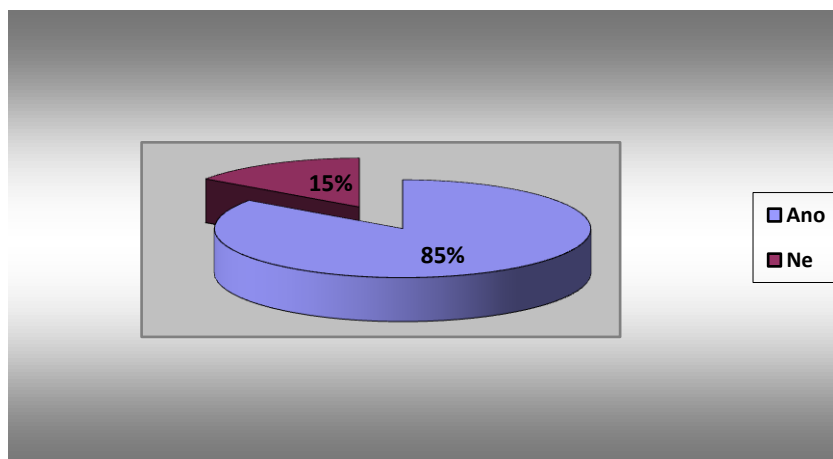
Na otázku, která onemocnění štítné žlázy léčená radioaktivním jódem respondent zná (při odpovědi ano na otázku 7), odpovídalo 15% respondentů hypertyreózu štítné žlázy, 62% respondentů nádory štítné žlázy a 23% respondentů hypertyreózu štítné žlázy a nádory štítné žlázy.

8. otázka dotazníku- Myslíte si, že na oddělení nukleární medicíny pracovníci dodržují zásady práce s radioaktivním jódem?

Tab. 24 – Zásady práce s radioaktivním jódem

Odpověď	Respondenti
Ano	78
Ne	14

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 24 – Zásady práce s radioaktivním jódem

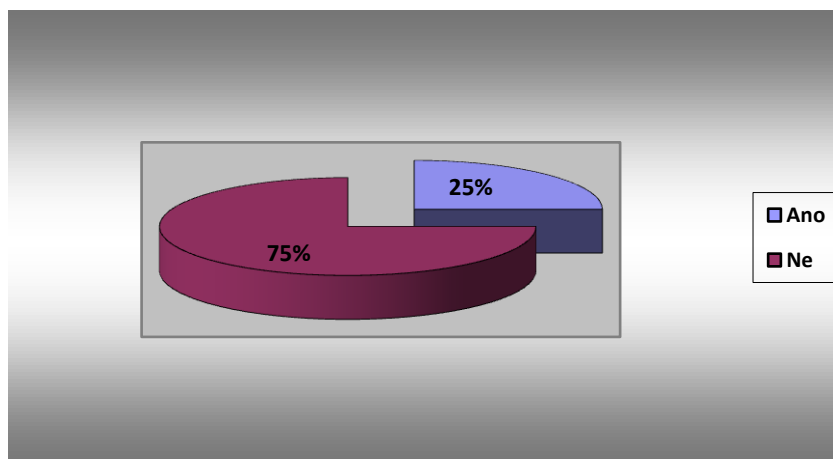
Na otázku, zda si respondent myslí, že na oddělení nukleární medicíny dodržují zásady práce s radioaktivním jódem, odpovídalo 85% respondentů ano a 15% respondentů ne.

9. otázka dotazníku- Víte, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na oddělení nukleární medicíny? (otevřená otázka)

Tab. 25 – Možné lékové formy

Odpověď	Respondenti
Ano	23
Ne	69

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 25 – Možné lékové formy

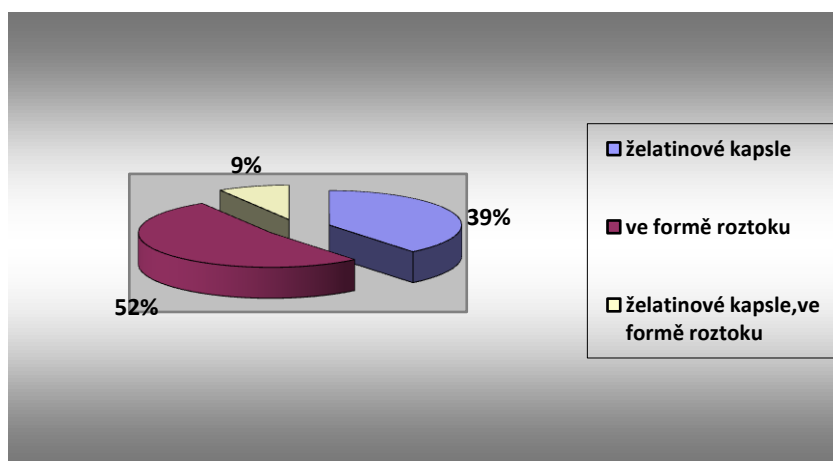
Na otázku, zda respondent ví, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 25% respondentů ano a 75% respondentů ne.

Odpověď na otázku 9: ano, v jakých.....:

Tab. 25a – Možné lékové formy

Odpověď	Respondenti
Želatinové kapsle	9
Ve formě roztoku	12
Želatinové kapsle, ve formě roztoku	2

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 25a – Možné lékové formy

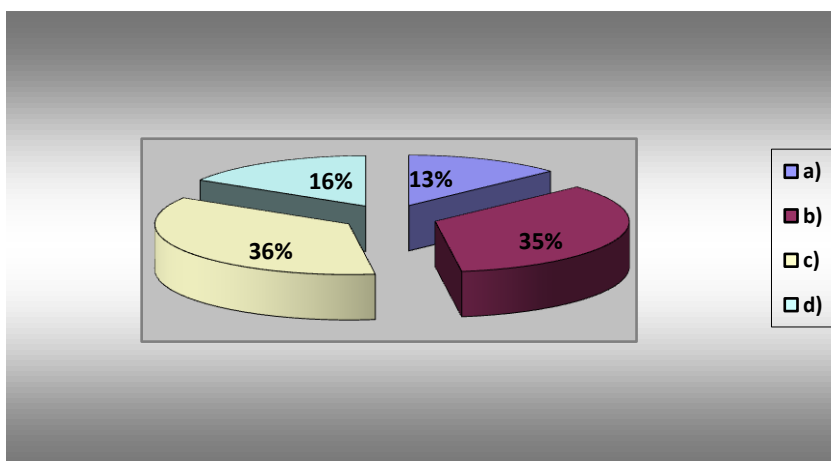
Na otázku, zda respondent HZS ví, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na daném oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 39% respondentů želatinové kapsle, 52% respondentů ve formě roztoku a 9% respondentů želatinové kapsle, ve formě roztoku.

10. otázka dotazníku- Jak je skladován radioaktivní jód na oddělení nukleární medicíny?

Tab. 26 – Skladování radioaktivního jódu

Odpořev'	Respondenti
f) Neskladují ho, neboť ho hned po doručení podávají pacientovi	12
g) Na uskladnění mají přesně určenou místnost – aplikační místnost	32
h) Řídí se dle pokynů dodavatele a atomovým zákonem	33
i) ^{131}I je uložen ve skleněné lékovce a oloveném kontejneru, skladují ho při teplotě 15 – 25 stupňů Celsia	15
j) Není důvod ke zvláštnímu uskladnění	0

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 26 – Skladování radioaktivního jódu

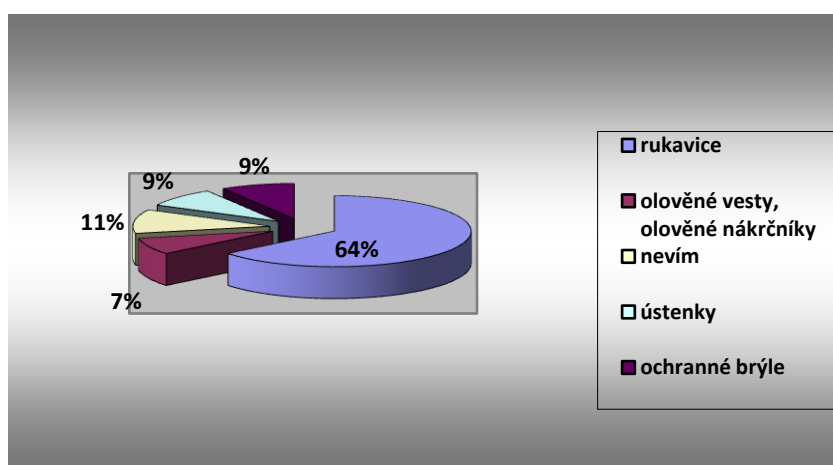
Na otázku uskladnění radioaktivního jódu odpovídalo 13% respondentů – neskladují ho, neboť ho hned po doručení podávají pacientovi, 35% respondentů - na uskladnění mají přesně určenou místnost – aplikační místnost, 36% respondentů - řídí se dle pokynů dodavatele a atomovým zákonem, 16% respondentů - ^{131}I je uložen ve skleněné lékovce a oloveném kontejneru, skladují ho při teplotě 15 – 25 stupňů Celsia a žádný respondent nevyužil možnosti odpovědi - není důvod ke zvláštnímu uskladnění.

11. otázka dotazníku- Víte, jaké ochranné pomůcky používají na oddělení nukleární medicíny k osobní ochraně?

Tab. 26 – Ochranné pomůcky

Odpověď	Respondenti
Rukavice	59
Olověné vesty, olověné nákrčníky	7
Nevím	10
Ústenky	8
Ochranné brýle	8
Žádné nepoužívají	0

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 26 – Ochranné pomůcky

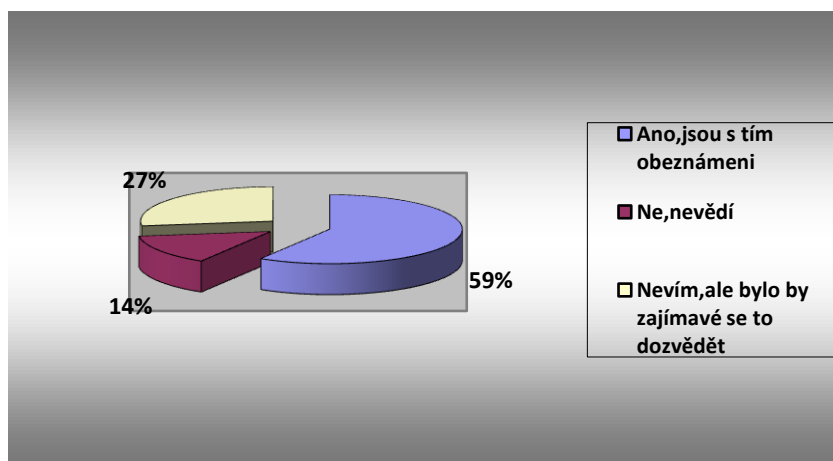
Na otázku, jaké pomůcky používají k osobní ochraně na oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 64% respondentů rukavice, 7% respondentů olověné vesty, olověné nákrčníky, 11% respondentů neví, 9% respondentů ústenky a 9% respondentů ochranné brýle, nikdo z respondentů nevedl, že by nepoužívali žádné ochranné pomůcky.

12. otázka dotazníku- Myslíte si, že pracovníci oddělení nukleární medicíny vědí, jak se zachovat při požáru v souvislosti s únikem radioaktivního jódu?

Tab. 27 – Reakce na požár s únikem radioaktivního jódu

Odpověď	Respondenti
Ano, jsou s tím obeznámeni	54
Ne, nevědí	13
Nevím, ale bylo by zajímavé se to dozvědět	25

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 27 – Reakce na požár s únikem radioaktivního jódu

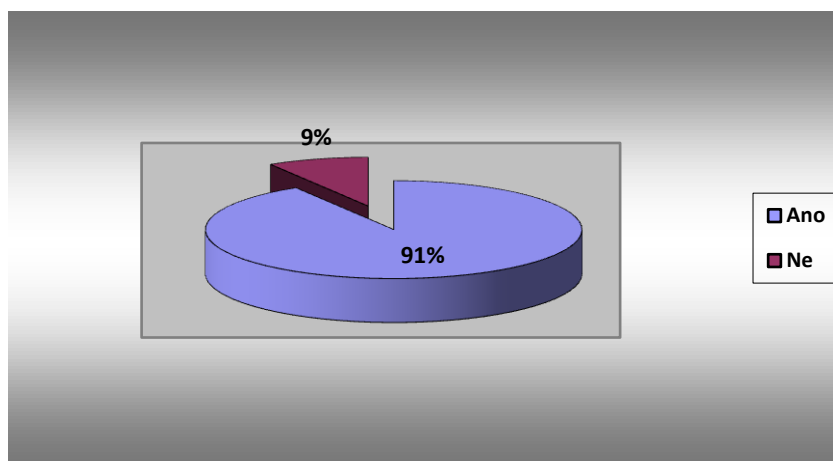
Na otázku, zda respondent HZS má povědomí o tom, zda pracovník oddělení nukleární medicíny ví, jak se chovat při požáru v souvislosti s únikem radioaktivního jódu, odpovídalo 59% respondentů ano, jsou s tím obeznámeni, 14% respondentů ne, nevědí a 27% respondentů neví, ale bylo by pro ně zajímavé, se to dozvědět.

13. otázka dotazníku- Myslíte si, že vědí pracovníci na oddělení nukleární medicíny, kde je na jejich oddělení uloženy hasicí přístroj a požární poplachová směrnice?

Tab. 28 – Uložení hasicího přístroje a požární poplachové směrnice

Odpověď	Respondenti
Ano	84
Ne	8

Zdroj: vlastní výzkum



Graf 28 – Uložení hasicího přístroje a požární poplachové směrnice

Na otázku, zda si respondent HZS myslí, že pracovníci oddělení nukleární medicíny vědí, kde na jejich oddělení je uložen hasicí přístroj a požární poplachová směrnice, odpovídalo 91% respondentů ano a 9% respondentů ne.

4.3 Výsledky z rozhovorů – specialisté z odd. nukleární medicíny

Dotazem učiněným specializovaným pracovníkům oddělení nukleární medicíny několika zdravotnických zařízení různých typů bylo zjištěno následující. Průměrně je zde uskladňováno 15 GBq radioaktivního jódu týdně. Konkrétní množství závisí na velikosti spádového zdravotnického zařízení. Radioaktivní materiál je zde uskladňován po dobu několika hodin až dnů. Doba uskladnění závisí na formě dodaného (požadovaného) radioaktivního jódu, který je pacientům podáván buď ve formě želatinových kapslí nebo ve formě roztoku. Radioaktivní jód dodaný formou želatinových kapslí je na oddělení uskladňován, počínaje od doby dodání na odd. do doby podání pacientům, v časovém intervalu několika minut až hodin. V případě radioaktivního jódu dodaného ve formě roztoku se doba jeho uskladnění na jednotlivých odděleních nukleární medicíny pohybuje v řádu několika dnů

5 DISKUZE

Na otázku věku odpovídalo z oddělení nukleární medicíny 19% dotázaných (15 respondentů) 20 – 30 let, 37% dotázaných (29 respondentů) 31 – 40 let, 22% dotázaných (17 respondentů) 41 – 50 let a 22% dotázaných (17 respondentů) 51 let a více, z pracoviště HZS na otázku věku odpovídalo 36% dotázaných (32 respondentů) 20 – 30 let, 30% dotázaných (27 respondentů) 31 – 40 let, 24% dotázaných (21 respondentů) 41 – 50 let a 10% dotázaných (9 respondentů) 51 let a více. Z odpovědí je patrné, že na oddělení nukleární medicíny jsou zaměstnání hlavně pracovníci v rozmezí věku 31 – 40 let, avšak na pracovišti HZS pracovníci v rozmezí věku 20 – 30 let.

Na otázku pohlaví respondenta na oddělení nukleární medicíny odpovídalo 37% (29 respondentů) mužů a 63% (49 respondentů) žen, na pracovišti HZS na otázku pohlaví respondenta odpovídalo 71% (65 respondentů) mužů a 29% (27 respondentů) žen. Na oddělení nukleární medicíny jsou zaměstnány v nadpoloviční většině ženy, naopak na pracovišti HZS téměř ve $\frac{3}{4}$ muži.

Na otázku vzdělání na oddělení nukleární medicíny odpovídalo 37% dotázaných (29 respondentů) střední odborné s maturitou, 46% dotázaných (36 respondentů) specializační studium a 17% dotázaných (13 respondentů) vysokoškolské studium, na otázku vzdělání na pracovišti HZS odpovídalo 51% dotázaných (47 respondentů) střední odborné s maturitou, 26% dotázaných (24 respondentů) specializační studium a 23% dotázaných (21 respondentů) vysokoškolské studium. Na oddělení nukleární medicíny má téměř polovina pracovníků specializační studium, avšak na pracovišti HZS je polovina pracovníků se středním odborným vzděláním s maturitou.

Na otázku délky praxe na oddělení nukleární medicíny odpovídalo 35% dotázaných (27 respondentů) 1 - 5 let, 37% dotázaných (29 respondentů) 6 - 10 let, 18% dotázaných (14 respondentů) 11 - 20 let a 10% dotázaných (8 respondentů) 21 let a více, na otázku délky praxe na pracovišti HZS odpovídalo 26% dotázaných (24 respondentů) 1 - 5 let, 38% dotázaných (35 respondentů) 6 - 10 let, 28% dotázaných (26 respondentů) 11 - 20 let a 8% dotázaných (7 respondentů) 21 let a více. Na oddělení

nukleární medicíny má více než $\frac{1}{4}$ pracovníků 6 až 10 ti letou praxí a stejně tak je poměrově nejvíce pracovníků HZS s 6 až 10 ti letou praxí.

Na otázku, zda respondent na oddělení nukleární medicíny pracuje s radioaktivním jódem, odpovídalo 88% dotázaných (69 respondentů) ano a 12% dotázaných (9 respondentů) ne, na otázku, zda respondent HZS se někdy setkal s únikem radioaktivního jódu, odpovídalo 5% dotázaných (5 respondentů) ano a 95% dotázaných (87 respondentů) ne. Pracovníci oddělení nukleární medicíny ve většině případů pracují s radioaktivním jódem, naproti tomu pracovníci HZS se ve většině případů nikdy neseťkali s únikem radioaktivního jódu.

Na otázku, zda respondenti oddělení nukleární medicíny vědí, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu, odpovídalo 27% dotázaných (21 respondentů) 4,25 dne, 50% dotázaných (39 respondentů) 8,04 dne, 13% dotázaných (10 respondentů) 17 dní a 10% dotázaných (8 respondentů) 2,65 dne, na otázku, zda respondenti pracoviště HZS vědí, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu, odpovídalo 28% dotázaných (26 respondentů) 4,25 dne, 36% dotázaných (33 respondentů) 8,04 dne, 10% dotázaných (9 respondentů) 17 dní a 26% dotázaných (24 respondentů) 2,65 dne. Na oddělení nukleární medicíny polovina pracovníků ví, jaký je poločas rozpadu radioaktivního jódu, avšak pracovníci HZS tento fakt ví v $\frac{1}{4}$ případů.

Na otázku, která onemocnění štítné žlázy léčí na oddělení nukleární medicíny radioaktivním jódem, odpovídalo 17% dotázaných (13 respondentů) hypertyreózu štítné žlázy, 14% dotázaných (11 respondentů) nádory štítné žlázy a 69% dotázaných (54 respondentů) hypertyreózu štítné žlázy a nádory štítné žlázy. Na otázku, zda respondent HZS zná některá onemocnění štítné žlázy léčená radioaktivním jódem, odpovídalo 37% dotázaných (34 respondentů) ano a 63% dotázaných (58 respondentů) ne. Na otázku, která onemocnění štítné žlázy léčená radioaktivním jódem respondent zná (při odpovědi ano na otázku 7), odpovídalo 15% dotázaných (5 respondentů) hypertyreózu štítné žlázy, 62% dotázaných (21 respondentů) nádory štítné žlázy a 23% dotázaných (8 respondentů) hypertyreózu štítné žlázy a nádory štítné žlázy. Na oddělení nukleární medicíny ve $\frac{3}{4}$ případů léčí radioaktivním jódem hypertyreózu štítné žlázy i nádory

štítné žlázy, avšak pracovníci HZS v nadpoloviční většině nezná onemocnění štítné žlázy léčené radioaktivním jódem, pokud je znají, tak ve většině případů vědí o nádorech štítné žlázy.

Na otázku, zda si respondent HZS myslí, že na oddělení nukleární medicíny dodržují zásady práce s radioaktivním jódem, odpovídalo 85% dotázaných (78 respondentů) ano a 15% dotázaných (14 respondentů) ne. Pracovníci HZS v podstatné většině věří, že pracovníci oddělení nukleární medicíny dodržují zásady práce s radioaktivním jódem.

Na otázku, v jaké lékové formě se radioaktivní jód vyskytuje na daném oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 28% dotázaných (22 respondentů) želatinové kapsle, 60% dotázaných (47 respondentů) ve formě roztoku a 12% dotázaných (9 respondentů) obě formy se u nás vyskytují. Na otázku, zda respondent HZS ví, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 25% respondentů ano a 75% respondentů ne. Při odpovědi ano na otázku 9 dotazníku pro HZS, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na daném oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 39% dotázaných (9 respondentů) želatinové kapsle, 52% dotázaných (12 respondentů) ve formě roztoku a 9% dotázaných (2 respondentů) želatinové kapsle, ve formě roztoku. Na oddělení nukleární medicíny v nadpoloviční většině odpovídali pracovníci, že užívají radioaktivní jód ve formě roztoku. Pracovníci HZS však neví, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na oddělení nukleární medicíny.

Na otázku uskladnění radioaktivního jódu odpovídalo 1% dotázaných (1 respondent) - neskladujeme, neboť ho hned po doručení podáváme pacientovi, 32% dotázaných (25 respondentů) - na uskladnění máme přesně určenou místnost – aplikační místnost, 32% dotázaných (25 respondentů) - řídíme se dle pokynů dodavatele a atomovým zákonem, 35% dotázaných (27 respondentů) - ^{131}I je uložen ve skleněné lékovce a oloveném kontejneru, skladujeme při teplotě 15 – 25 stupňů Celsia a žádný respondent nevyužil možnosti odpovědi - není důvod ke zvláštnímu uskladnění. Na otázku uskladnění radioaktivního jódu (vědomosti příslušníků HZS) odpovídalo 13%

dotázaných (12 respondentů) – neskladují ho, neboť ho hned po doručení podávají pacientovi, 35% dotázaných (32 respondentů) - na uskladnění mají přesně určenou místnost – aplikační místnost, 36% dotázaných (33 respondentů) - řídí se dle pokynů dodavatele a atomovým zákonem, 16% dotázaných (15 respondentů) - ¹³¹I je uložen ve skleněné lékovce a olověném kontejneru, skladují ho při teplotě 15 – 25 stupňů Celsia a žádný respondent HZS nevyužil možnosti odpovědi - není důvod ke zvláštnímu uskladnění.

Na otázku, jaké pomůcky používají respondenti k osobní ochraně na oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 54% dotázaných (45 respondentů) rukavice, 13% dotázaných (10 respondentů) olověné vesty, 6% dotázaných (5 respondentů) olověné nákrčníky, 24% dotázaných (19 respondentů) ústenky a 3% dotázaných (2 respondenti) ochranné brýle a žádný respondent neodpověděl, že by nepoužíval žádné ochranné pomůcky kvůli zbytečnosti. Na otázku pro příslušníky HZS, jaké pomůcky používají k osobní ochraně na oddělení nukleární medicíny, odpovídalo 64% dotázaných (59 respondentů) rukavice, 7% dotázaných (7 respondentů) olověné vesty, olověné nákrčníky, 11% dotázaných (10 respondentů) neví, 9% dotázaných (8 respondentů) ústenky a 9% dotázaných (8 respondentů) ochranné brýle, nikdo z respondentů neuvedl, že by nepoužívali žádné ochranné pomůcky.

Na otázku, jak na oddělení nukleární medicíny respondenti zachází s prádlem od pacientů po aplikaci radiojodu, odpovídalo 91% dotázaných (71 respondentů), že prádlo si perou prvotně na oddělení a následně projde dozimetrickou kontrolou, poté ho posílají do centrální prádely a 9% dotázaných (7 respondentů) nemá důvod dodržovat speciální opatření, posílají hned do centrální prádely.

Na otázku, zda platí na oddělení nukleární medicíny nějaká speciální opatření týkající se návštěv, odpovídalo 95% dotázaných (74 respondentů) ano, pracují v kontrolovaném pásmu, každý cizí člověk při vstupu na jejich oddělení se musí zapsat do učené knihy, kde se zaznamenává doba, po kterou pobýval v kontrolovaném pásmu a 5% dotázaných (4 respondenti) ne.

Na otázku, zda respondenti oddělení nukleární medicíny vědí, zda ví, kde je uložena požární poplachová směrnice na jejich oddělení, odpovídalo 15% dotázaných (12 respondentů) ano, na řídicí místnosti sester, 54% dotázaných (42 respondentů) ano, na chodbě oddělení, 7% dotázaných (5 respondentů) ne, nepovažují to za důležité a 24% dotázaných (19 respondentů) ne, ale rád/a bych to věděl/a.

Na otázku, zda má pracovník oddělení nukleární medicíny povědomí o tom, jak se chovat při požáru, odpovídalo 61% dotázaných (48 respondentů) ano, jsou s tím obeznámeni, 8% dotázaných (6 respondentů) neví a je jim to jedno a 31% dotázaných (24 respondentů) neví, ale bylo by pro ně zajímavé, se to dozvědět. Na otázku, zda respondent HZS má povědomí o tom, zda pracovník oddělení nukleární medicíny ví, jak se chovat při požáru v souvislosti s únikem radioaktivního jódu, odpovídalo 59% dotázaných (54 respondentů) ano, jsou s tím obeznámeni, 14% dotázaných (13 respondentů) ne, nevědí a 27% dotázaných (25 respondentů) neví, ale bylo by pro ně zajímavé, se to dozvědět. Na oddělení nukleární medicíny mají v nadpoloviční většině povědomí o tom, jak se chovat při požáru a pracovníci HZS v nadpoloviční většině věří, že pracovníci oddělení nukleární medicíny vědí, jak se chovat při požáru v souvislosti s únikem radioaktivního jódu.

Na otázku, zda respondent oddělení nukleární medicíny ví, kde je uložen hasicí přístroj, odpovídalo 69% dotázaných (54 respondentů) ano a 31% dotázaných (24 respondentů) ne. Na otázku, jakým způsobem by respondent na oddělení nukleární medicíny hasil papír, pevné látky, odpovídalo 54% dotázaných (42 respondentů) práškovým hasicím přístrojem, 19% dotázaných (15 respondentů) pěnovým hasicím přístrojem a 27% dotázaných (21 respondentů) sněhovým hasicím přístrojem. Na otázku, zda si respondent HZS myslí, že pracovníci oddělení nukleární medicíny vědí, kde na jejich oddělení je uložen hasicí přístroj a požární poplachová směrnice, odpovídalo 91% dotázaných (84 respondentů) ano a 9% dotázaných (8 respondentů) ne. Na oddělení nukleární medicíny pracovníci ve většině případů vědí, kde je uložen hasicí přístroj a pracovníci HZS věří téměř ve 100% případů, že pracovníci nukleární medicíny ví, kde mají uložen hasicí přístroj i požární poplachovou směrnici.

Na otázku, jakým způsobem by respondent hasil hořící kapaliny, odpovídalo 14% dotázaných (11 respondentů) práškovým hasicím přístrojem, 67% dotázaných (52 respondentů) pěnovým hasicím přístrojem a 19% dotázaných (15 respondentů) sněhovým hasicím přístrojem.

Na otázku, jakým způsobem by respondent hasil elektronické zařízení, odpovídalo 14% dotázaných (11 respondentů) práškovým hasicím přístrojem, 37% dotázaných (29 respondentů) pěnovým hasicím přístrojem a 49% dotázaných (38 respondentů) sněhovým hasicím přístrojem.

Z diskuze se specializovaným pracovníkem oddělení nukleární medicíny jsem dospěla k jednoznačnému názoru, že nelze přesně matematicky stanovit míru zdravotního rizika pro příslušníky HZS, zasahující v případě mimořádné události na oddělení nukleární medicíny, souvisejícího s délkou jejich pobytu v radioaktivitou zasaženém prostředí. Předmětný matematický výpočet je závislý na několika, v danou chvíli, neznámých faktorech, které nelze předem definovat. Z tohoto důvodu je nutno vycházet z obsahu dostupných článků s věcí souvisejících, z kterých vyplývá, že podání radioaktivního jódu pacientům zvyšuje riziko nádorového bujení řádově o 20 %.^(48,49,50) Vzhledem ke skutečnosti, že příslušníci HZS neužijí, na rozdíl od pacientů, radioaktivní jód v rámci zásahu perorálně a v zamořeném prostoru se budou pohybovat pouze omezenou dobu, je předpoklad vlivu radioaktivního jódu na jejich organismus, respektive jejich zdraví, zanedbatelný ve srovnání s uvedeným rizikem vůči pacientům.

Pokud se vrátíme zpět k veličinám a jednotkám J. Hillová uvádí, že absorbovaná dávka a kerma jsou si prakticky rovny v případě, že existuje rovnováha nabitých částic a lze-li zanedbat vzniklé brzdné záření. Jinak tedy řečeno, dochází k rovnováze nabitých částic tehdy, jsou-li součty energií, s výjimkou klidových energií nabitých částic vstupujících do objemu, stejné jako ty, které z objemu vystupují.

Havárii s únikem nebezpečných látek definuje zákon č. 353/1999 Sb. jako „... mimořádnou, částečně nebo zcela neovladatelnou, časově a prostorově ohraničenou událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním

objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a která vede k bezprostřednímu nebo následnému závažnému poškození nebo ohrožení života a zdraví občanů, hospodářských zvířat, životního prostředí nebo ke škodě na majetku“. L. Zezulka uvádí, že radiační nehodou se rozumí ztráta nad zdrojem ionizujícího záření, spojená s podezřením, že došlo, nebo s nebezpečím, že dojde k radiační nehodě následkem neplánovaného zvýšení dávkového příkonu nebo rozptylu radioaktivní látky. Z toho vyplývá, že cílem opatření při radiační nehodě především spočívají v omezení radiační expozice postižených osob na dosažitelnou úroveň, včetně rychlého vyvedení osob z místa nehody.

Expozice pracovníků na pracovištích dle J. Ševce se zdroji ionizujícího záření může být značně rozdílná a relativně vyšší dávky lze očekávat u menšího okruhu pracovníků, kteří přímo pracují ze zdroje ionizujícího záření nebo v jejich blízkosti. Nejspíše vzhledem k nákladovosti individuální dozimetrické kontroly je přirozené, že se pozornost soustřeďuje na tuto menší skupinu pracovníků.

Návrhem řešení daného problému by bylo intenzivnější proškolení pracovníků oddělení nukleární medicíny s dostatečnými názornými pomůckami, možné praktické nácviky postupů při úniku radioaktivního jódu následkem požáru, motivace zaměstnanců ve smyslu různorodosti a nápaditosti školení – možnost workshopů a konstruktivnější řešení praktického zapojení příslušníků HZS.

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zmapovat distribuci a uložení radioaktivního jódu na oddělení nukleární medicíny daných nemocnic v České republice, zjistit úroveň znalostí u zdravotnického personálu a příslušníků HZS a jejich využití v praxi při úniku radioaktivního jódu a vyhodnotit míru rizik spojenou s únikem radioaktivního jódu při požáru.

Hypotézy předpokládaly, že zdravotnický personál a příslušníci HZS vědí, jak postupovat v případech úniku radioaktivního jódu z oddělení nukleární medicíny, a že míra rizika spojená s únikem radioaktivního jódu při požáru je zanedbatelná. Hypotézy byly vlastním výzkumem bakalářské práce potvrzeny.

Výzkum je zpracován kvalitativní formou výzkumu - dotazník a metoda řízeného rozhovoru. V rozhovoru bude použit polootevřený a uzavřený typ otázek. Výzkumný soubor tvoří pracovníci oddělení nukleární medicíny a příslušníci HZS.

Dalším možným řešením problému do budoucna je efektivita školení BOZP v souvislosti úniku radioaktivního jódu při požáru pro pracovníky oddělení nukleární medicíny a zvýšení znalostí formou workshopů z pracovníků HZS v souvislosti na prvek radioaktivní jód.

Bakalářská práce bude použita pro podrobnější studium dané problematiky. Dále může být použita v přednáškách a seminářích zdravotnických pracovníků a příslušníků HZS.

7 ZDROJE INFORMACÍ

1. BAKOS, K. a kol. *Nukleární medicína*. vyd. 2. Gentiana Jilemnice, 1996. 149 s. ISBN 80-902133-3-2
2. BALOG, K., Bártlová, I., *Základy toxikologie*, SPBI, Ostrava, 1998, 107 s., ISBN 80-86111-29-6
3. BÁRTLOVÁ, I., *Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků*, SPBI, Ostrava, 2008, 49 s., ISBN 978-80-7385-050-0
4. DRÁBKOVÁ, J.: *Akutní stavy v první linii*, 1. vydání Praha, grada Publishing 1997, 237 s.
5. DRÁBKOVÁ, J.: Aktuality v medicíně katastrof, Supplementum Referátového výběru ARIM 2/1998
6. Farmaceutika, *Sodium Iodide (^{131}I) inj.* posled. aktualizace-16. října 2008 [cit. 2012-01-07] dostupné z: <http://www.farmaceutika.info/sodium-iodide-i-131-inj>
7. Feltl, D., Cvek J. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Tobiáš, 2008, 105 s., ISBN 9788073111038.
8. FOLWARCZNY, L., POKORNÝ, J. *Evakuace osob*. vyd. 1. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2006. 125 s. ISBN 80-86634-92-2
9. HEŘMANSKÁ, J., SINGER, J. *Klinická dozimetrie*. vyd. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Zdravotně sociální fakulta, 2005. 60 s. ISBN 80-7040-759-X
10. JOINER, M., VAN DER KOGEL, A. ET AL. *Basic Clinical Radiobiology*. London: Hodder Arnold, 2009, 375 s., ISBN 978-0-340-929-667.
11. KARU, T. *Ten Lectures on Basic Science of Laser Phototherapy*. Spjutvägen: Prima Books AB, 2007, 414 s., ISBN 978-91-976478-0-9.

12. KOLEKTIV AUTORŮ. *Nukleární medicína*. vyd.3. Gentiana Jilemnice, 2000. ISBN 80-902133-9-1
13. KOLEKTIV AUTORŮ. *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření*. Ostrava: Dům techniky Ostrava, 1998, ISBN 80-02-01230-5.
14. KOLEKTIV AUTORŮ. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha pro Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. 619 s. ISBN 80-238-3703-6
15. KOLEKTIV AUTORŮ. *Stručný přehled farmakologie pro radiologické asistenty*. vyd.1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Zdravotně sociální fakulta, 2007. 101 s. ISBN 978-80-7040-967-1
16. KORANDA, P., MYSLIVEČEK, M., HUŠÁK, V. *Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči*. vyd.1. Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. 36 s. ISBN 80-244-0415-X
17. KOTINSKÝ, P., HEJDOVÁ, J. *Dekontaminace*. vyd.1. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2003. 126 s. ISBN 80-86634-31-0
18. KUNA, P., NAVRÁTIL, L. a kol. *Klinická radiobiologie*. vyd.1. Manus, Praha, 2005. 222 s. ISBN 80-86571-09-2
19. KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M. a kol. *Nukleární medicína*. vyd.1. Praha, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-2
20. LEPIL, O. *Fyzika pro gymnázia - Optika*. Praha: Prometheus, 2002, 135 s., ISBN 9421080.
21. LÍMANOVÁ, Z., NĚMEC, J., ZAMRAZIL, V. *Nemoci štítné žlázy*. vyd.1. Galén, Praha, 1995. 197 s. ISBN 80-85824-256
22. MARKALOUS, B., GREGOROVÁ, M. *Nemoci štítné žlázy*. vyd.2. Triton, 2004. 134 s. ISBN 80-7254-492-6

23. MARTÍNEK, B. A KOL., *Ochrana člověka za mimořádných událostí*, MV – GŘ HZS ČR, Praha, 2003, 119 s., ISBN 80-86640-08-6
24. MARTÍNEK, B., LINHART, P. A KOL., *Ochrana obyvatelstva*, modul E, učební pomůcka pro vzdělávání v oblasti krizového řízení, MV-GŘ HZS ČR, Praha, 2006. 127 s., ISBN 978-80-7251-298-0
25. MATOUŠEK, J., BENEDÍK, J., LINHART, P., *CBRN – biologické zbraně*, SPBI, Ostrava, 2007, 186 s., ISBN 978-80-7385-003-6
26. MATOUŠEK, J., URBAN, I., LINHART, P. *CBRN - detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. Ostrava: SPBI, 2008, 232 s., ISBN 978-80-7385-048-7.
27. MATOUŠEK, J., LINHART, P., *CBRN – chemické zbraně*, SPBI, Ostrava, 2005, 151 s., ISBN 80-86634-71-X
28. MATOUŠEK, J., ÖSTERREICHER, J., LINHART, P. *CBRN Jaderné zbraně a radiologické materiály*. vyd.1. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007. 216 s. ISBN 978-80-7385-029-6
29. MYSLIVEČEK, M., HUŠÁK, V., KORANDA, P. *Nukleární medicína I*. Olomouc, 1995. 124 s. ISBN 80-7067-511-X
30. MÜLLER, S.: *Memorix – neodkladné stavy v medicíně*, 1. vydání Praha, Scintia Medica 1992, 362 s., ISBN 80 – 85526 – 16 – 6, přeloženo s němčiny. původně Memorix – Spezial Notfallmedizin – 1. vydání, Weinheim ed. Medizin 1991
31. NAVRÁTIL, L., ROSINA, J. ET AL. *Biofyzika v medicíně*. Praha: Manus, 2003, 398 s., ISBN: 80-86571-03-3 .
32. NAVRÁTIL, L., ROSINA, J. ET AL. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada Publishing, 2005, 524 s., ISBN 80-247-1152-4.
33. NAVRÁTIL, L., BRÁDKA, S., *Úkoly krizového managementu v ochraně obyvatelstva*, ZSF JU, České Budějovice, 2006, 80 s., ISBN 80-7040-881-2
34. NEMĚC, J. *Léčba nemocí štítné žlázy radiojodem*. vyd.1. Avicenum, 1974. 180 s. ISBN 08-064-74

35. NĚMEC, J. *Základy sesterské práce na lůžkových odděleních pro léčbu otevřenými radioaktivními zářiči*. vyd. 2. Brno, 1975. 38 s. výr. č. 142/75
36. ORLÍKOVÁ, K. *Hasební látky*. vyd. 1. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 1995. 90 s. ISBN 80-902001-0-9
37. PROUZA, Z., ŠVEC, J. *Zásahy při radiační mimořádné události*. vyd. 1. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. 125 s. ISBN 978-80-7385-046-3
38. SINGER, J. *Dozimetrie ionizujícího záření*. České Budějovice: ZSF JU, 2005, 67 s., ISBN 80-7040-712-2.
39. SINGER, J., HEŘMANSKÁ, J. *Principy radiační ochrany*. vyd. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Zdravotně sociální fakulta, 2004. 111 s. ISBN 80-7040-708-5
40. SKŘEHOT, P. A KOL., *Prevence nehod a havárií*, 1. díl Nebezpečné látky a materiály, Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. & T-SOFT a.s., Praha, 2009, ISBN 978-80-86973-70-8
41. STÁRKA, L. a kol. *Endokrinologie*. Maxdorf, 1997. 330 s. ISBN 80-85800-77-2
42. SÚJB, *Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na oddělení nukleární medicíny*. Praha, 2000 [cit. 2012-30-05] dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/MP_terapie_stitne_zl_azy.pdf
43. ŠTOREK, J. Zásady traumatologického plánování ve zdravotnickém právním celku. *Urgentní medicína*, 3/2001, s. 8-9
44. URBÁNEK, P. Péče o raněné. *Urgentní medicína*. 4/2001, s. 28-30
45. VOKURKA, M., HUGO, J., KOL. *Praktický slovník medicíny*. 6. rozšířené vyd. Maxdorf 2000: Praha, 490 s., ISBN 80-85912-38-4

46. VRÓNSKÝ, R A KOL. Aktivace traumatologického plánu při hromadných neštěstích ve FN Ostrava. *Urgentní medicína*. 4/2008, s. 8 – 11
47. Zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky
48. BHATTACHARYYA, N.,CHIEN, W. *Risk of sekond primary malignancy after radioactive ionide treatment for differentiated toroid carcinoma*. 2006, [online]. [cit. 2012-13-08] dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.gov/pubmed/16944659>
49. SAWKA, AM.,TRABANE, L. *sekond primary malignancy risk after radioactive iodine treatment for thyroid cancer: a systematic review and meta-analysis*. 2009, [online]. [cit. 2012-13-08] dostupné z: <http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19281429>
50. SUBRAMANIAN, S.,GOLDSTEIN, DP. *Second primary malignancy risk in thyroid cancer survivors: a systematic review and meta-analysis*. 2007, [online]. [cit. 2012-13-08] dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18020916>

8 PŘÍLOHY

8.1 Příloha 1 – Dotazník – zdravotnický personál oddělení nukleární medicíny

Dobrý den,

Jmenuji se Lucie Rambousková a studuji Zdravotně sociální fakultu v Českých Budějovicích obor Ochrana obyvatelstva se zaměřením na chemické, biologické, radiologické a jaderné noxy a výbušniny. A tímto bych se na Vás chtěla obrátit s prosbou o vyplnění dotazníku, který se týká mé bakalářské práce na téma – Zhodnocení rizik spojených s uvolněním radioaktivního jódu z oddělení nukleární medicíny při požáru.

Jsem si vědoma, že se žádosti o nejrůznější vyplňování dost rozmáhají, a že v určité fázi už člověk nemá na další odpovídání náladu. Ovšem k mnoha závěrečným pracím právě praktické části patří jaksi automaticky. Velmi mi vyplněním dotazníku pomůžete.

Dotazník je naprosto anonymní a údaje z něho získané budou použity pouze k zpracování výše uvedené bakalářské práce.

S pozdravem a přáním hezkého dne, Lucie Rambousková.

1. Uveďte Váš věk?

- 20 – 30 let
- 31 – 40 let
- 41 – 50 let
- 51 let a více

2. Vaše pohlaví?

- Muž
- Žena

3. Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

- Střední odborné s maturitou
- Specializační studium
- Vysokoškolské studium

4. Jak dlouho pracujete na oddělení nukleární medicíny?

- 1 – 5 let
- 6 – 10 let
- 11 – 20 let
- 21 let a více

5. Pracujete na Vašem oddělení s radioaktivním jódem?

- Ano
- Ne

6. Která onemocnění štítné žlázy na Vašem oddělení léčíte radioaktivním jódem?

- Hypertyreózu štítné žlázy
- Nádory štítné žlázy
- Hypertyreózu štítné žlázy, nádory štítné žlázy

7. Víte, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu?

- 4, 25 dne
- 8,04 dne
- 17 dní
- 2, 65 dne

8. V jakých lékových formách se radioaktivní jó vyskytuje na Vašem oddělení?

- Želatinové kapsle
- Ve formě roztoku
- Obě formy se u nás vyskytují

9. Jak je skladován radioaktivní jód na Vašem oddělení?

- Neskladujeme, neboť ho hned po doručení na naše oddělení podáváme pacientovi
- Na uskladnění máme přesně určenou místnost – aplikační místnost
- Řídíme se podle pokynů od dodavatele a atomovým zákonem
- ^{131}I je uložen ve skleněné lékovce a olověném kontejneru, skladujeme při teplotě 15 – 25 °C
- Není důvod ke zvláštnímu uskladnění

10. Jaké používáte ochranné pomůcky k osobní ochraně?

- Rukavice
- Olověné vesty
- Olověné nákrčníky
- Ústenky

- Ochranné brýle
- Žádné nepoužívám, přijde mi to zbytečné

11. Jak na Vašem oddělení zacházíte s prádlem od pacientů po aplikaci radiojódu?

- Prádlo si pereme prvotně na našem oddělení a následně projde dozimetrickou kontrolou a posíláme do centrální prádelny
- Nemáme důvod dodržovat speciální opatření, posíláme hned do centrální prádelny

12. Platí na Všem oddělení nějaká speciální opatření, která se týkají návštěv cizích osob?

- Ano, pracuji v kontrolovaném pásmu, každý cizí člověk při vstupu na naše oddělení se musí zapsat do učené knihy, kde se také zaznamenává doba, po kterou pobýval v kontrolovaném pásmu
- Ne

13. Věděl/a byste kde je na Vašem oddělení uložena požární poplachová směrnice?

- Ano, na řídicí místnosti sester
- Ano, na chodbě našeho oddělení
- Ne, nepovažuji to za důležité
- Ne, ale rád/a bych to věděl/a

14. Pokud by na Vašem oddělení začalo hořet věděl/a byste, jak se zachovat?

- Ano, jsem s tím obeznámen/a
- Ne a je mi to celkem jedno
- Ne, ale bylo by zajímavé se to dozvědět

15. Víte, kde na Vašem oddělení je uložen hasící přístroj?

- Ano
- Ne

16. Jakým typem hasícího přístroje byste hasil/a:

- Papír, pevné látky _____
- Hořící kapaliny _____
- Elektronická zařízení _____

8.2 Příloha 2 – Dotazník – příslušníci HZS

Dobrý den,

jmenuji se Lucie Rambousková a studuji Zdravotně sociální fakultu v Českých Budějovicích obor Ochrana obyvatelstva se zaměřením na chemické, biologické, radiologické a jaderné noxy a výbušniny. A tímto bych se na Vás chtěla obrátit s prosbou o vyplnění dotazníku, který se týká mé bakalářské práce na téma – Zhodnocení rizik spojených s uvolněním radioaktivního jódu z oddělení nukleární medicíny při požáru.

Jsem si vědoma, že se žádosti o nejrůznější vyplňování dost rozmáhají, a že v určité fázi už člověk nemá na další odpovídání náladu. Ovšem k mnoha závěrečným pracím právě praktické části patří jaksi automaticky. Velmi mi vyplněním dotazníku pomůžete.

Dotazník je naprosto anonymní a údaje z něho získané budou použity pouze k zpracování výše uvedené bakalářské práce.

S pozdravem a přáním hezkého dne, Lucie Rambousková.

1. Uveďte Váš věk?

- 20 – 30 let
- 31 – 40 let
- 41 – 50 let
- 51 let a více

2. Vaše pohlaví?

- Muž
- Žena

3. Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

- Střední odborné s maturitou
- Specializační studium
- Vysokoškolské studium

4. Jak dlouho pracujete na pracovišti HZS?

- 1 – 5 let
- 6 – 10 let
- 11 – 20 let
- 21 let a více

5. Setkali jste se při své práci s únikem radioaktivního jódu?

- Ano
- Ne

6. Víte, jaký je poločas přeměny radioaktivního jódu?

- 4, 25 dne
- 8,04 dne
- 17 dní
- 2, 65 dne

7. Znáte některá onemocnění štítné žlázy léčené radioaktivním jódem?

- Ne
- Ano, jaká:
 - Hypertyreózu štítné žlázy
 - Nádory štítné žlázy
 - Hypertyreózu štítné žlázy, nádory štítné žlázy

8. myslíte si, že pracovníci na oddělení nukleární medicíny dodržují zásady práce s radioaktivním jódem?

- Ano
- Ne

9. Víte, v jakých lékových formách se radioaktivní jód vyskytuje na oddělení nukleární medicíny?

- Ne
- Ano, v jakých:
 - Želatinové kapsle
 - Ve formě roztoku
 - Želatinové kapsle, ve formě roztoku

10. Jak je skladován radioaktivní jód na oddělení nukleární medicíny?

- Neskladují ho, neboť ho hned po doručení na oddělení nukleární medicíny podávají pacientovi
- Na uskladnění mají přesně určenou místnost – aplikační místnost
- Řídí se podle pokynů od dodavatele a atomovým zákonem
- ^{131}I je uložen ve skleněné lékovce a olověném kontejneru, skladují ho při teplotě 15 – 25 °C
- Není důvod ke zvláštnímu uskladnění

11. Víte, jaké ochranné pomůcky používají na oddělení nukleární medicíny k osobní ochraně?

- Rukavice
- Olověné vesty, olověné nákrčníky
- Nevím
- Ústenky
- Ochranné brýle
- Žádné nepoužívají

12. Myslíte si, že pracovníci oddělení nukleární medicíny vědí, jak se zachovat při požáru v souvislosti s únikem radioaktivního jódu?

- Ano, jsou s tím obeznámeni
- Ne, nevědí
- Ne, ale bylo by zajímavé se to dozvědět

13. Myslíte si, že vědí pracovníci na oddělení nukleární medicíny, kde je na jejich oddělení uloženy hasicí přístroj a požární poplachová směrnice?

- Ano
- Ne

8.3 Příloha 3 - Radiační havárie – Černobyl

V posledních desetiletích nejtěžší radiační havárií (7. stupně) se stala 26. dubna 1986 v jaderné elektrárně v Černobylu. Při destrukci jaderného reaktoru došlo k rozšířené kontaminaci životního prostředí radioaktivními štěpnými produkty a k ozáření 232 osob velmi vysokými dávkami záření (jednotky až desítky Sv), spojenými s deterministickými účinky i akutním poškozením zdraví; v 31 případech ozáření se jednalo dokonce o účinky smrtelné (z toho 2 pracovníci jaderné elektrárny byli usmrceni přímo při výbuchu reaktoru, avšak i kdyby se tak v ten okamžik nestalo, obdrželi by smrtelnou dávku záření). Dalších mnoho tisíc osob dostalo dávku záření desítky až stovky mSv, u níž se dalo očekávat zvýšený výskyt stochastických účinků.

Přes veškerou závažnost situace a místní tragičnost černobylské havárie se však její důsledky naštěstí později ukázaly být podstatně menší, než se zpočátku zdálo. A mnohonásobně menší (přinejmenším 100krát menší), než informovaly některé propagandistické materiály, zmanipulované, ať již z politických důvodů (antisovětlismus, antikomunismus) nebo z pohnutek partikulárních zájmů (boj proti jaderné energii apod.). Černobylská havárie se stala určitým mezníkem v jaderné energetice a radiační ochraně. Přispěla k podstatnému zpřísnění bezpečnostních předpisů a norem radiační ochrany nejen v jaderné energetice, ale v celé sféře aplikací ionizujícího záření. ^(37,43,44)

Sled událostí radiační havárie Černobyl

25. dubna 1986 bylo zahajováno odstavení 4. bloku z provozního výkonu s nahlížením na plánovanou opravu. Před odstavením bloku mělo docházet k provedení celkem běžného experimentu, který měl zkoušet funkci nového regulátoru magnetického pole rotoru a ověřovat, jestli bude turbogenerátor při rychlém uzavření přívodu páry do turbíny při svém setrvačném doběhu ještě téměř 40 vteřin napájet proudem čerpadla havarijního chlazení. Experiment měl probíhat podle následujícího schématu: ^(37,43,44)

- a) snižování výkonu reaktoru na 25 – 30% (700 – 1000 Mwt), což byl nejnižší výkon, při kterém je povolen provoz tohoto reaktoru,
- b) odstavení prvního ze dvou turbogenerátorů připojených k reaktoru,
- c) odpojování systému havarijního chlazení (pokud by nebylo odpojováno a začalo působit v průběhu testu v souladu s předpisy, byly by bývaly výsledky měření nevěrohodné),
- d) přerušování přívodu páry ke druhé turbíně, tento krok měl být zároveň signálem pro systém havarijní ochrany k automatickému odstavení reaktoru.

Experiment byl od začátku brán jednoznačně jako elektroenergetická záležitost, nevýznamná z hlediska jaderné bezpečnosti, a regulovali jej elektrotechnici, nikoliv specialisté na jadernou bezpečnost a provozní režimy. ^(37,43,44)

Na rozdíl od plánu probíhal experiment následovně: ^(37,43,44)

Snižování výkonu reaktoru počalo 25. dubna ve 13 hodin.

V 13.05 hod. byl snížen výkon téměř na polovinu a byl odstaven první turbogenerátor. Poté byl odpojen systém havarijního chlazení. Následovně bylo na neplánovanou žádost energetického dispečinku další snižování výkonu pozastaveno prakticky na devět hodin. V průběhu této doby zůstal systém havarijního chlazení odpojen. Postup dalších událostí to příliš neovlivnilo, ale svědčí to o přístupu provozního personálu k dodržování provozních předpisů. Ty delší provoz bez připraveného havarijního dochlazování samozřejmě nepovolují. Časové odročení způsobilo, že experimentu se ujala k provedení nová směna, která na experiment nebyla připravena.

Od 23.10 hod. docházelo k dalšímu poklesu výkonu, přitom však došlo k další velmi neobvyklé události. Chybou operátora jaderné elektrárny došlo k prudkému poklesu reaktoru až na 30 Mwt – v důsledku to znamená, že došlo prakticky k úplnému zastavení štěpné řetězové reakce. Při provozu na tak velmi nízkém výkonu dochází k prudkému nárůstu koncentrace jader ^{135}Xe (jednalo se o tzv. xenonové otravě reaktoru) a reaktoru hrozilo nebezpečí „pádu do jódomé jámy“. To je určitý stav, v němž při absenci štěpení převažuje v palivu v důsledku jeho radioaktivních přeměn tvorba parazitních radionuklidů absorbující přítomné neutrony v takovém rozsahu, že štěpnou reakci nelze po jistou dobu obnovovat. V tu chvíli měli operátoři jaderné elektrárny experiment ukončit a reaktor definitivně odstavit. Dostali jej totiž do značně nestabilního stavu mimo oblast povoleného chodu. I přes toto první hrubé nedopatření se však rozhodli pokračovat v experimentu. Značné otravě reaktoru se režim regulace výkonu bránil vytahováním regulačních tyčí z aktivní zóny, což způsobilo zvýšení růstu výkonu reaktoru a současně docházelo ke snižování operativní zásoby reaktivity. Půl hodiny před jadernou havárií se výkon reaktoru stabilizoval na 200 Mwt. V takovém stavu byl však chod reaktoru zakázán. Reaktor byl v té době v nestabilním stavu, operátoři jaderné elektrárny však pokračovali dál v přípravě experimentu. Dostali se přitom do obrovských problémů s udržením správných hodnot tlaku a obsahu páry v reaktoru. Snížený vývin páry v reaktoru měl poté za následek snížení tlaku a hladiny vody v separátorech. Pokles hodnot těchto parametrů se stal signálem pro zafungování antihavarijní ochrany 1. stupně (z příčiny nevyhovujícího chlazení aktivní zóny), a za normálních okolností by v této době zasáhly odpovídající režimy automatické ochrany. Operátor jaderné elektrárny však tuto ochranu zablokoval, aby tím zabránil odstavení reaktoru a mohl tak pokračovat v experimentu. Tím se dopustil další osudové chyby (již druhé). Reaktor v té době fungoval podle plánu pouze s jedním připojeným turbogenerátorem, jehož odstavení se přichystalo v úplném závěru experimentu.

V 01.22 hod (26. dubna) si operátoři jaderné elektrárny nechali vypsát počítačové vyhodnocení stavu reaktoru. Operátoři věděli, že množství regulačních tyčí v aktivní

zóně odpovídá necelé polovině povolené hodnoty. Po tomto zjištění měli operátoři okamžitě odstavit reaktor, ještě stále by to bylo přes předchozí hrubé chyby možné. Opět se rozhodli pokračovat. K šesti dosud hlavním pracujícím cirkulačním čerpadlům i obě záložní. Přitom šest pracujících cirkulačních čerpadel by plně postačilo pro chlazení aktivní zóny i při práci reaktoru na nominálním výkonu 3200 Mwt. Připojení obou záložních hlavních cirkulačních čerpadel bylo motivováno snahou operátora jaderné elektrárny zajišťovat dostatečné chlazení aktivní zóny i po ukončení plánovaného experimentu, při kterém 4 hlavní cirkulační čerpadla měli sloužit jako elektrická zátěž dobíhajícího turbogenerátoru. Zvýšený průtok chladiva aktivní zónou měl však za důsledek pokles obsahu páry v chladivu a tím další snížení reaktivity, na který režim regulace výkonu reagoval dalším vytahováním regulačních tyčí. Provozní zásoba reaktivity reaktoru klesla na 6 až 8 tyčí, což už bylo v naprostém rozporu s předpisy požadovanou zásobou 30 tyčí. Otrávený reaktor, o teplotě chladiva jen o málo větší než bývá teplota sytosti, byl velice nestabilní. I velmi malá proměna teploty nebo tlaku chladiva může vyvolat v takovém stavu velké změny v obsahu páry, a tím tedy i velké změny výkonu. Vytažená absorpční tyč bývá při tom málo účinná při regulaci reaktoru, protože zasahuje jen do oblastí s nejnižším neutronovým tokem a poměrně velká změna její polohy ovlivní výkon reaktoru pouze málo. Jednu minutu před počátkem experimentu operátor jaderné elektrárny prudce průtok napájení vody na vstupu do reaktoru. Cílem bylo snad pokles budoucího přívodu teplé vody do separátoru po chystaném otevření přepouštěcí stanice do kondenzátoru.

V 01:23 hod se operátoři jaderné elektrárny dopustili poslední osudové chyby. Operátoři zablokovali havarijní signál, který by po uzavření přívodu páry na turbínu odstavil automaticky reaktor. Chtěli si v rozporu s plánem zajistit opakování experimentu, kdyby se náhodou neprokázalo prodloužení doby dodávky elektrické energie od turbogenerátoru. Kromě toho byl nepřetržitě vypnut systém havarijního chlazení aktivní zóny s cílem vyhnout se jeho zásahu do procesu experimentu. Uzavřením rychlouzavíracího ventilu turbogenerátoru započal plánovaný experiment. Reaktor fungoval dále na výkonu 200 Mwt. Pokles výkonu 4 hlavních cirkulačních čerpadel od dobíhajícího turbogenerátoru dále vedlo k podstatnému poklesu průtoku

chladící vody reaktorem, rostla její teplota a tlak. To mělo společně s nestabilním stavem reaktoru za následek zvýšený vývin páry a tím i zvýšení reaktivity a výkonu reaktoru. Reaktor byl v té chvíli v nestabilním stavu s rostoucí reaktivitou – díky klidnému dutinovému teplotnímu koeficientu reaktivity. Režim regulace výkonu ze začátku bránil vzrůstu výkonu zasouváním absorpčních tyčí. Po jejich úplném zasunutí pokračoval růst výkonu naprosto nekontrolovatelně a dosahoval výkon cca 1600 Mwt. Pokračující snížení průtoku chladiva a vzrůstající množství páry vedl ke krizi varu, přehřátí paliva a destrukci pokrytí paliva. V tlakových kanálech rostl dále tlak do té míry, že překonal nakonec výtlač pracujících hlavních cirkulačních čerpadel a zcela zabraňoval chlazení aktivní zóny. Vzrůstající tlak vedl k destrukci tlakových kanálů i k narušení geometrie aktivní zóny.

V 01:23:40 se neodvratně katastrofa blížila. Operátoři jaderné elektrárny dali tlačítkem jasný signál havarijní ochrany 1. stupně k havarijnímu odstavení reaktoru zasunutím regulačních tyčí. Ty však byly skoro všechny úplně vytažené z aktivní zóny a jejich účinek byl proto velmi pomalý na to, co se v reaktoru dělo. Havarijní tyče se počaly rychlostí cca 0,4 m/s zasouvat do aktivní zóny, ale „ po několika vteřinách bylo slyšet úder“ a tyče se zarazily před dolní polohou. Přesto se v tomto okamžiku zřejmě postavila řetězová reakce. Při uvedené rychlosti se za 10 vteřin tyče zasunou o 4 metry, takže v čase 01:23:50 musela tedy být narušena geometrie uprostřed aktivní zóny.

Přibližně v 01:24, z toho vyplývá pouhou minutu po zahájení experimentu, postupně došlo ke dvěma výbuchům. Náhlé zvýšení produktů tepla způsobilo porušení palivových článků a reakcí vody s malými částicemi horkého paliva docházelo k výbuchu páry. Reaktor byl přetlakován až tak, že pára při první explozi pozvedla a odsunula horní betonovou desku reaktoru o váze téměř 1000 tun. Ke druhé explozi došlo o 2 až 3 vteřiny později. Nebylo dále jednoznačně objasněno, zda tato exploze byla zapříčiněná reakcí vodíku vzniklého chemickými reakcemi mezi unikající párou a zirkoniem (které je obsaženo v trubkách tlakových kanálů) nebo reakce mezi párou a grafitem se vzduchem nebo to byl dopad druhé výkonové exkurze. Exploze rozmetaly

určitou část aktivní zóny, včetně paliva a hořícího grafitu, zapříčinily destrukci horní části budovy reaktoru a poškození a obnažení aktivní zóny a přispěly ke vzniku požáru na střeše turbínové haly a v prostorách reaktorové haly.

V 02:20 byl požár na 4. bloku konečně lokalizován, o necelé 3 hodiny později uhašen za cenu života profesionálních hasičů, kteří tak předešli rozšíření požáru na další bloky elektrárny.

Likvidace následků havárie

Prvním krokem likvidace následků havárie se stalo hašení požárů v reaktorové hale a na střeše turbínové haly 4. bloku. Hašení vykonávalo především 29 mužů speciálního požárního útvaru. V 05:00 hod byl požár plně uhašen. Důsledkem požáru došlo ke zhroucení závážejícího stroje a velké části střechy reaktorové haly na obnažení aktivní zóny. ^(37,43,44)

Fotografie pořízené s vrtulníků 3 dny po havárii ukazovaly, že skoro čtvrtina grafitových bloků hořelo. Hoření grafitu proběhlo při teplotě kolem 5000 stupňů Celsia, taž palivo a jeho okolí se s velkou pravděpodobností roztavilo. Hoření grafitu pravděpodobně probíhalo pouze na povrchu aktivní zóny. Uvnitř aktivní zóny se vznikalo pouze zbytkové teplo rozpadem štěpných produktů a teplota paliva nepřesovala podle odhadů 2000 stupňů Celsia, takže nemohlo docházet k tavení. Při této teplotě se však z paliva stále uvolňovaly vzácné plyny a těkavé štěpné látky, především J, Xe, Kr, Te a Cs a dostaly se do atmosféry. ^(37,43,44)

Aby se předešlo dalším únikům, byl reaktor postupně zahrnut 5000 tunami sloučenin boru, dolomitu, písku, olova a hlíny shazováním z výšky kolem 200 metrů z rychle přilétávajících vrtulníků. Reaktor byl tak pokryt vrstvou sypkých materiálů, které dostatečně uhasily požár grafitu a z části absorbovaly unikající radioaktivní aerosoly. Podle sovětských zpráv byl od 6. května únik aktivity téměř zastaven. Od 7. května byla aktivní zóna stále chlazena tekutým dusíkem a 8. května poklesla teplota v ní cca 300 stupňů celsia. do 17. května (tj. do 20 dnů po havárii) klesla teplota v aktivní zóně na 200 – 250 stupňů celsia a stabilizovala se při přirozeném chlazení proudícím vzduchem. Necelé dva týdny po jaderné havárii bylo rozhodnuto

zakonzervovat celý havarovaný blok včetně stroje do betonové obálky s vestavěným chladicím systémem – do tzv. „sarkofágu“. Tento chladicí systém by měl odvádět zbytkové teplo vyvíjené v aktivní zóně po dobu několika set let. ^(37,43,44)