

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Činnost radiologického asistenta v nukleární medicíně z pohledu praktické
aplikace atomového zákona

Veronika Lorencová

Bakalářská práce

2013

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Veronika Lorencová
Osobní číslo: Z10260
Studijní program: B5345 Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Radiologický asistent
Název tématu: Činnost radiologického asistenta v nukleární medicíně z pohledu praktické aplikace atomového zákona
Zadávající katedra: Katedra informatiky, managementu a radiologie

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

1. Sběr informací a studium literatury.
2. Stanovení cílů a metod práce.
3. Konzultace s vedoucím práce.
4. Vypracování teoretické části.
5. Vypracování praktické části.
6. Závěrečná diskuze, zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů.
2. Vyhláška SÚJB č. 315/2002 Sb., kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 146/1997 Sb., kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a o udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků.
3. Vyhláška SÚJB č. 132/2008 Sb., o systému jakosti při provádění a zajišťování činnosti souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd.
4. Zákon č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních).
5. Vyhláška č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků.
6. VÁCLAV HUŠÁK a kol. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.
7. KUPKA Karel, JOZEF KUBINYI, MARTIN ŠÁMAL a kol. Nukleární medicína. Praha: P3K, 2007. ISBN 978-80-9035584-9-2.
8. LANG Otto. Nukleární medicína I - Základní znalosti. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-7184-721-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Kulíř
Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2013


prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Jana Holá, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 6. března 2013

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 9. 5. 2013

Lorencová Veronika

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Ing. Jiřímu Kulířovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho ochotu a za cenné rady a věcné připomínky k mé práci.

ANOTACE

Práce je zaměřená na činnost radiologického asistenta z pohledu praktické aplikace atomového zákona. Práce se zabývá kromě zmíněného zákona i jinými souvisejícími zákony a vyhláškami. Je zde popsána problematika ochrany před ionizujícím zářením jak pacientů, tak personálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Radiologický asistent

Atomový zákon

Radiační ochrana

Nukleární medicína

Ionizující záření

ANNOTATION

The work is focused on the activities of radiology assistant from the perspective of practical application of the Atomic Act. This work deals with in addition to the above Act and other relevant laws and regulations. It describes the issue of protection against ionizing radiation for both patients and staff.

KEYWORDS

Radiology Assistant

Atomic Act

Radiation protection

Nuclear medicine

Ionizing radiation

OBSAH

0 ÚVOD.....	10
ZDRAVOTNICKÝ PRACOVNÍK.....	11
RADIOLOGICKÝ ASISTENT.....	11
ODBORNÁ ZPŮSOBILOST K VÝKONU POVOLÁNÍ.....	11
VÝKON POVOLÁNÍ RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA.....	12
1 CÍL PRÁCE.....	13
2 ČÁST TEORETICKÁ.....	14
2.1 STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST.....	15
2.2 STÁTNÍ ÚŘAD RADIAČNÍ OCHRANY.....	18
2.3 ZÁKON č. 96/2004 Sb.....	18
2.4 ZÁKON č. 18/1997 Sb.....	18
2.5 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA.....	20
2.5.1 USPOŘÁDÁNÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY Z HLEDISKA RADIAČNÍ OCHRANY.....	20
2.6 KONTROLOVANÉ PÁSMO.....	21
2.7 SLEDOVANÉ PÁSMO.....	22
2.8 MONITOROVÁNÍ PRACOVNÍŠTĚ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY.....	23
2.9 OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ.....	23
2.9.1 DRUHY OSOBNÍCH DOZIMETRŮ.....	24
2.9.2 LIMITY EFEKTIVNÍCH DÁVEK E.....	24
2.10 VNITŘNÍ KONTAMINACE RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ.....	25
2.11 PROGRAM MONITOROVÁNÍ.....	26
2.11.1 MONITORACE PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ.....	27
2.11.2 MONITORACE PRACOVNÍCH POVRCHŮ, POVRCHOVÁ KONTAMINACE	27
2.12 DEKONTAMINACE.....	28
2.12.1 DEKONTAMINACE PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ.....	28
2.12.2 DEKONTAMINACE OSOB.....	28
2.13 RADIAČNÍ NEHODA (RADIOLOGICKÉ UDÁLOSTI).....	28
2.14 RADIAČNÍ HAVÁRIE.....	29
2.15 RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ SITUACE.....	29
2.16 ZAJIŠTĚNÍ HAVARIJNÍ PŘIPRAVENOSTI.....	29
2.16.1 HAVARIJNÍ PLÁN.....	30
2.17 RADIOAKTIVNÍ ODPADY.....	30
3 ČÁST PRAKTICKÁ.....	32
3.1 RADIAČNÍ OCHRANA PRACOVNÍKŮ PŘED IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM.....	34
3.1.1 OCHRANA ČASEM.....	35
3.1.2 OCHRANA VZDÁLENOSTÍ.....	35
3.1.3 OCHRANA STÍNĚNÍM.....	35
3.1.4 OCHRANNÉ POMŮCKY.....	36
3.2 OCHRANA PŘED VNITŘNÍ KONTAMINACÍ.....	38
3.3 OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ.....	39
3.4 RADIAČNÍ OCHRANA PACIENTA.....	40
3.4.1 PRINCIP ODŮVODNĚNÍ.....	41
3.4.2 PRINCIP OPTIMALIZACE.....	41
3.4.3 OVLIVNĚNÍ BIODYNAMIKY RADIOFARMAK.....	42
3.5 RADIAČNÍ OCHRANA TĚHOTNÝCH ŽEN.....	42

4 DISKUZE	44
5 ZÁVĚR.....	45
6 POUŽITÁ LITERATURA.....	46

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Organizační schéma Státního úřadu pro jadernou bezpečnost	17
Obrázek 2 Radiační ochrana	34
Obrázek 3 Schéma radiační ochrany před ionizujícím zářením	34
Obrázek 4 Ochranný límec na štítnou žlázu	37
Obrázek 5 Ochranné rukavice	37
Obrázek 6 Olověná zástěra	38
Obrázek 7 Měřič povrchové kontaminace	39
Obrázek 8 Osobní filmový dozimetr	39
Obrázek 9 Osobní termoluminiscenční dozimetr	40
Obrázek 10 Prstový dozimetr	40

0 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá činností radiologického asistenta v nukleární medicíně z pohledu praktické aplikace atomového zákona. Z toho tedy vyplývá, že se zaměřím hlavně na Atomový zákon a prováděcí vyhlášky, radiologického asistenta, na jeho vzdělání, kterého musí dosáhnout, obecný popis výkonu práce a jeho povinnosti, a to především vzhledem k danému zákonu a i dalších souvisejících zákonů a vyhlášek. Povinnosti se budou především týkat nukleární medicíny, o které bych se v krátkosti také chtěla zmínit. Dále bych chtěla zjistit, jak moc se praxe liší od teorie.

ZDRAVOTNICKÝ PRACOVNÍK

Zdravotnickým pracovníkem je každá fyzická osoba vykonávající zdravotnické povolání dle zákona č. 96/2004 Sb. o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních) a která má získanou způsobilost k výkonu zdravotnického povolání. Způsobilost k výkonu povolání zdravotnického povolání získá ten, kdo má odbornou způsobilost dle tohoto zákona, je také zdravotně způsobilý a musí být bezúhonný.¹

RADIOLOGICKÝ ASISTENT

Radiologický asistent je nelékařský zdravotnický pracovník, který své schopnosti může uplatňovat a aplikovat v nukleární medicíně, radioterapii a v radiodiagnostice a všude tam, kde se uplatňují radiologické výkony u pacientů.

Pracovními činnostmi radiologických asistentů jsou:

- Vedení náležitých dokumentací
- Provádění zobrazovacích i nezobrazovacích radiologických postupů
- Na základě předpisu ošetřujícího lékaře provádění ozařovacích technik
- Spolupráce s jinými specialisty a zdravotnickými pracovníky včetně předávání informací o lékařském ozáření, které bylo provedeno
- Provádění a vyhodnocování běžných zkoušek provozní stálosti ve zdravotnických radiologických pracovištích
- Optimalizace radiační ochrany (posuzování indikovaných nebo požadovaných lékařských ozáření, navrhování opatření)
- Informování pacienta nebo zákonných zástupců, sester o výkonu a rizicích spojených s radiologickým výkonem
- Provádění ošetrovatelské specifické péče, která je poskytována při radiologických postupech, aplikace léků, popřípadě i intravenózních diagnostik²

ODBORNÁ ZPŮSOBILOST K VÝKONU POVOLÁNÍ

Odbornou způsobilost k výkonu povolání může radiologický asistent získat buď absolvováním akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru pro přípravu

radiologických asistentů, studiem na vyšších zdravotnických školách v tříletém studiu v oboru diplomovaný radiologický asistent nebo studiem střední zdravotnické školy v oboru radiologický laborant. ¹

VÝKON POVOLÁNÍ RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA

Výkonem povolání radiologického asistenta je považována činnost v rámci ošetrovatelské péče v souvislosti s aplikací lékařského ozáření zejména v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíny. Popřípadě se také může uplatnit i na jiných pracovištích, kde jsou prováděny radiologické výkony. Také se ve spolupráci s lékařem podílí na léčebné a diagnostické péči. ³

1 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce jsou činnosti a úlohy radiologického asistenta na odděleních nukleární medicíny vzhledem k praktické aplikaci atomového zákona. K těmto činnostem patří i nutná bezpečnost práce a radiační ochrana personálu i pacientů. Dále bych se v práci chtěla zaměřit na legislativu, zákon č. 18/1997 Sb. ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, vyhlášku č. 307/2002 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně, zákon č. 96/2004 Sb. o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních), vyhlášku č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků.

Cílem je také, abych se nejenom já, ale i další budoucí radiologičtí asistenti lépe orientovali v zákonech, především v Atomovém zákoně, kterého se bakalářská práce týká a dokázali jsme se pevně a neomylně držet všech zásad a povinností, které nám zákony ukládají, a které bychom měli znát a především je dodržovat. V závěru práce bych chtěla zjistit, zdali se praxe liší od teorie.

2 ČÁST TEORETICKÁ

Jelikož je má bakalářská práce zaměřená zejména na praktickou aplikaci atomového zákona, proto se v teoretické části práce budu zabývat Státním úřadem pro jadernou bezpečnost a také teoretickým popisem atomového zákona a dále zákonů a vyhlášek, které jsou již výše vyjmenované.

2.1 STÁTNI ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST

Používanou zkratkou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost je SÚJB. Tento Úřad je ústředním orgánem státní správy. V čele stojí předseda, kterého jmenuje vláda České republiky. Rozpočet SÚJB je samostatný a přímo se podřizuje vládě ČR.⁴

Úlohou SÚJB je vykonávat státní správu a dozor při využívání jaderné energie a ionizujícího záření, také v oblastech radiační ochrany, jaderné, chemické a biologické ochrany. Do působnosti Úřadu, který je dán zákonem č.18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a také zákonem č. 19/1997 Sb., a zákonem č. 281/2002 Sb., zejména patří:

- Dozor nad jadernou bezpečností, jadernými položkami, fyzickou ochranou jaderných zařízení, radiační ochranou, havarijní připraveností v prostorách jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji ionizujícího záření
- Povolování výkonu činností podle zákona č.18/1997 Sb., například k umístění a následného provozu jaderného zařízení a pracoviště s velmi významnými zdroji ionizujícího záření, nakládání s radioaktivními odpady a nakládání se zdroji ionizujícího záření, přepravě radionuklidových zářičů a jaderných materiálů
- Schvalování veškeré dokumentace, která se vztahuje k zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany stanovené atomovým zákonem, limitů a podmínek provozu jaderných zařízení, způsobu zajištění fyzické ochrany, havarijních řádů pro přepravu jaderných materiálů a radionuklidových zářičů, vnitřních havarijních plánů jaderných zařízení a pracoviště, kde se pracuje se zdroji ionizujícího záření
- Stanovení podmínek a požadavků radiační ochrany všech obyvatel a pracovníků, kteří pracují se zdroji ionizujícího záření (například se stanoví limity ozáření, vymezení kontrolovaných pásem ...), stanovení zóny havarijního plánování a požadavků havarijní připravenosti držitelů povolení podle atomového zákona
- Sledování stavu ozáření obyvatel ČR a pracovníků se zdroji ionizujícího záření
- Koordinace činnosti radiační monitorovací sítě na území celé ČR a zajišťování mezinárodní výměny dat o radiační situaci⁴

Organizační členění úřadu je v souladu s věcným zaměřením a vykonávanými činnostmi a rozděluje se na:

- Úsek jaderné bezpečnosti
- Úsek radiační ochrany
- Úsek řízení a technické podpory

Úsek jaderné bezpečnosti

Do něho se zahrnuje odbor hodnocení jaderných zařízení, odbor jaderných materiálů a odbor kontroly jaderných zařízení.

Úsek radiační ochrany

V tomto úseku je zahrnut odbor zdrojů, odbor usměrňování expozic, samostatné oddělení hodnocení činností v radiační ochraně a odbor radiační ochrany palivového cyklu.

Úsek řízení a technické podpory

Do tohoto úseku se zahrnuje mezinárodní spolupráce, ekonomický odbor a kancelář Úřadu.

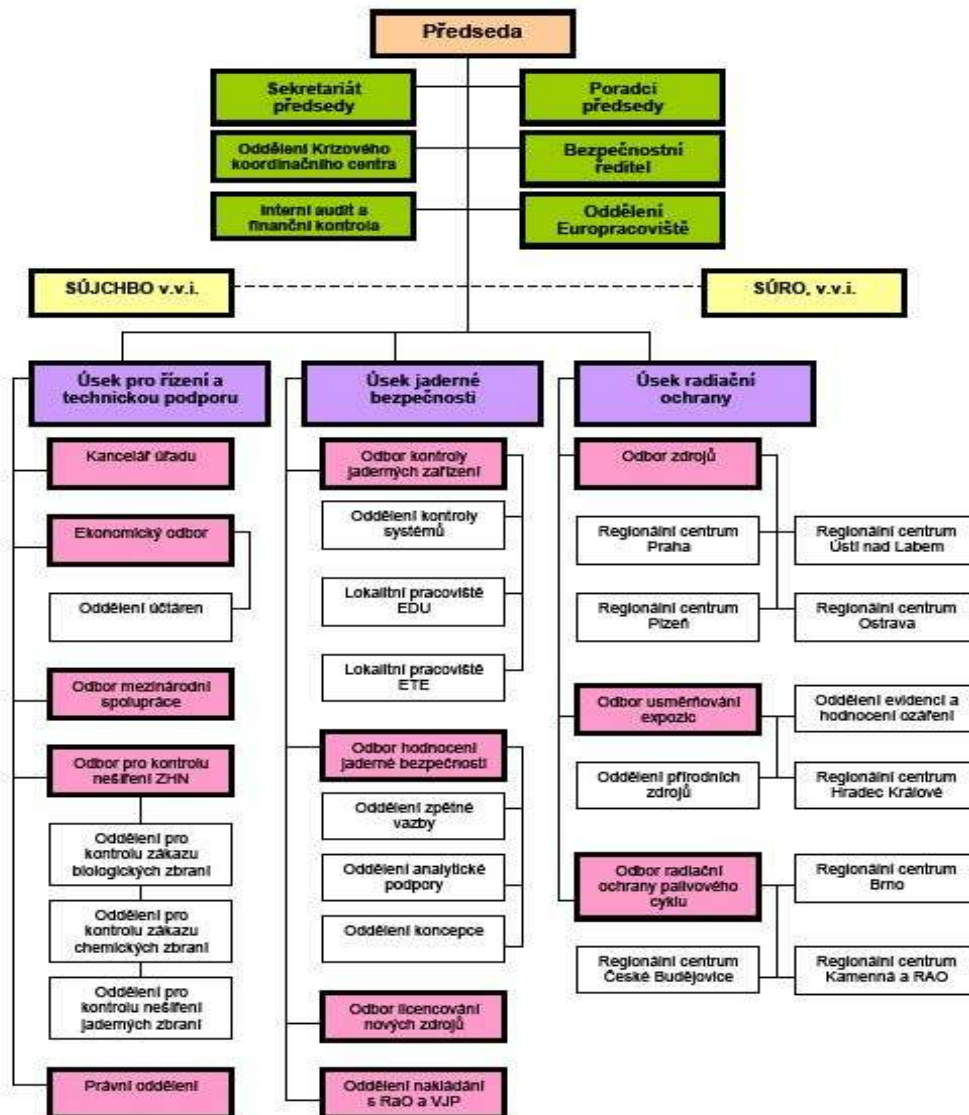
Státní úřad pro jadernou bezpečnost má také svá regionální centra v Praze, v Plzni, Českých Budějovicích, Ústí nad Labem, Hradci Králové, Ostravě a Brně a má i svá lokální pracoviště na JE Dukovany a JE Temelín, které zajišťují plnění úkolů SÚJB v přímé vazbě na regiony.⁴

Státní úřad pro jadernou bezpečnost vykonává ze zákona i mnoho činností v oblasti radiační ochrany (ochrana zdraví a také životního prostředí před účinky ionizujícího záření, které nejsou nijak příznivé). Jedná se hlavně o tyto činnosti:

- státní správu a dozor v oblasti radiační ochrany ve všech pracovištích se zdroji ionizujícího záření: až od jaderných zařízení s otevřenými radionuklidovými zářiči po zubní rentgeny, typové schvalování zdrojů IZ, nakládání s radioaktivními odpady a také uvádění radionuklidů do životního prostředí,
- sledování, posuzování, usměrňování ozáření osob, ozáření z radonu včetně dalších přírodních zdrojů IZ včetně ozáření, které se stanou za havarijních situací,
- koordinaci činnosti radiační monitorovací sítě po celé republice a výměny dat o radiační situaci v okolních státech,
- celostátní evidence zdrojů ionizujícího záření a profesního ozáření (vystavení pracovníků ozáření v rámci výkonu povolání),

- prosazování předpisů radiační ochrany a také ukládání opatření, které vedou k nápravě a pokutám ⁴

Organizační schéma Státního úřadu pro jadernou bezpečnost



Obrázek 1 Organizační schéma Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ⁵

2.2 STÁTNÍ ÚŘAD RADIAČNÍ OCHRANY

Tato instituce se také zabývá ochrannou obyvatelstva před ionizujícím zářením. Přesněji je to veřejná výzkumná instituce zabývající se odbornou činností v oblasti ochrany před ionizujícím zářením, jak jsem již zmiňovala. SÚRO se mimo jiné zabývá výzkumem pro dozorovou a správní činnost SÚJB. Výzkumná činnost se především zabývá bezpečnostním výzkumem, výzkumem radiační monitorovací sítě, výzkumem lékařské expozice ... SÚRO také poskytuje zájemcům vzdělávání v rámci kurzů a školení v oboru radiační ochrany, které samozřejmě splňují veškeré požadavky na vysokou odbornou úroveň.⁶

2.3 ZÁKON č. 96/2004 Sb.

Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních)

1. Tento zákon upravuje:

- a. podmínky získávání způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče
- b. celoživotní vzdělávání zdravotnických pracovníků a vzdělávání jiných odborných pracovníků
- c. podmínky uznávání způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání pro státní příslušníky členských států EU, kteří získali odbornou způsobilost k výkonu zdravotnického povolání v jiném členském státě než v ČR, a podmínky uznávání způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání a činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče pro státní příslušníky mimo členské státy EU a pro absolventy akreditovaných zdravotnických studijních programů ČR v jiném jazyce než českém

2. Tento zákon se nevztahuje na podmínky získávání a uznávání odborné způsobilosti a specializované způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání lékaře, zubního lékaře a farmaceuta, které stanoví zvláštní právní předpis.¹

2.4 ZÁKON č. 18/1997 Sb.

„Atomový zákon“

Zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů.⁷

Byl přijat v roce 1997 a tento zákon byl první, který shrnul a upravil jak systémové právo, které se týká jaderné energie, jaderné bezpečnosti, tak také nakládání s radioaktivními odpady.⁸

Atomový zákon stanovuje nejobecnější pravidla pro práci se zdroji ionizujícího záření, zejména jsou důležité cíle radiační ochrany – vyloučení deterministických a omezení stochastických účinků na minimum. Dále pak Atomový zákon stanovuje principy práce s ionizujícím zářením – zdůvodnění činností (riziko naproti tomu benefit), optimalizace (ozáření obyvatelstva versus náklady na jeho zmenšení), limitování (přírodní zdroje, lékařské expozice).⁹

Atomový zákon nám říká, že zdroje ionizujícího záření se podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí klasifikují jako nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné. Pracoviště, v nichž se vykonávají radiační činnosti, se zařazují do I., II., III. nebo IV. Kategorie. Radiační pracovníci se zařazují do kategorie A nebo B. Jak se zdroje ionizujícího záření rozdělí a do jaké kategorie se zařadí pracoviště, nám stanoví prováděcí právní předpis. Tento předpis nám stanoví i to, do jaké kategorie se zařadí radiační pracovník.⁷

Klasifikace zdrojů:

- Nevýznamné zdroje – není potřeba žádné povolení; ionizační hlásiče požáru; uzavřené radionuklidové zářiče
- Drobné zdroje – u těchto zdrojů platí ohlašovací povinnost pro jejich používání; distribuce je možná jen s povolením SÚJB; spotřební výrobek s radionuklidy; ionizační hlásiče požáru
- Jednoduché zdroje – fyzická nebo právnická osoba musí mít povolení SÚJB pro danou činnost s daným zdrojem
 - Zubní rentgeny
 - Kabinová zařízení
 - Veterinární rentgenová zařízení
 - Kostní denzitometry
- Významné zdroje – nutnost vlastnit povolení SÚJB pro danou činnost s daným zdrojem
 - Generátor záření, který je určený k radioterapii
 - Urychlovač částic

- Zdroj ionizujícího záření, který je určený k radioterapii protony, neutrony a jinými těžkými částicemi
 - Zařízení obsahující uzavřené zářiče, které jsou určeny k radioterapii včetně brachyterapie
 - Radionuklidový ozařovač, který je určený k ozařování potravin a surovin
 - Mobilní defektoskop s uzavřeným radionuklidovým zářičem
 - Vysokoaktivní zářič
- Velmi významné zdroje – tímto zdrojem je jaderný reaktor ¹⁰

2.5 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Nukleární medicína je obor, který se zabývá diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radioaktivních zářičů aplikovaných přímo do těla pacienta. Radiofarmaka se podávají buď parenterální cestou, nejpoužívanější je forma intravenózní, dále se podávají perorálně a také i inhalačně. Používanou zobrazovací metodou je scintigrafie nebo také gamagrafie. Scintilační kamery během scintigrafie snímají obrazy prostorového rozložení aplikovaného radiofarmaka v části, kterou vyšetřujeme. ¹¹

2.5.1 USPOŘÁDÁNÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY Z HLEDISKA RADIAČNÍ OCHRANY

Vzhledem k radiační ochraně – ochraně pracovníků, ostatních osob a životního prostředí – musí být stavba a její uspořádání společně s vybavením pracoviště postaveny tak, aby byla zajištěna optimální a dostatečná ochrana proti záření.

Státní úřad pro jadernou bezpečnost schvaluje všechny projekty a způsobilost pracovišť pro ionizující záření. ⁹

Pracoviště nukleární medicíny jsou pracoviště s otevřenými zářiči a dle závažnosti radiačního rizika se pracoviště dělí do 4 kategorií podle aktivit, které se zpracovávají. ⁹

Pracoviště I. Kategorie - zde se pracuje jen s nízkými aktivitami otevřených zářičů (radionuklidů) s malou radiotoxicitou (drobné zdroje ionizujícího záření), tudíž se stavebně a ani vybavením nijak neliší od chemických laboratoří. ⁹

Pracoviště II. kategorie - zde se pracuje se středními aktivitami otevřených zářičů, mají kontrolované pásmo a je nutné vybavení ochrannými pomůckami, digestoře a také se popřípadě odděluje kanalizace aktivních odpadů.⁹

Pracoviště III. kategorie - zde se pracuje se silnými zdroji záření jako jsou urychlovače, ozařovače v radioterapii a průmyslu. Dále se na pracovišti ve III. kategorii pracuje i s vysokými aktivitami otevřených zářičů, tj. radionuklidů – terapie radiojódem, těžba a zpracování uranové rudy, radiochemické provozny. Na těchto pracovištích se kladou velké nároky na stavební úpravy budovy a její vybavení, jelikož musí být zajištěna co nejrychlejší a neúčinnější očista v případě možné kontaminace. Speciální místnost anebo prostory pro skladování radionuklidů a radioaktivních odpadů jsou nedílnou a nutnou součástí.⁹

V laboratořích musí být stěny a podlahy hladké a také omyvatelné. Prostory by měly být intenzivně větrány s filtrací aktivního vzduchu s vývodem, který ústí nad střechem. Do nádrží, kterým se říká vymírací, se vedou kapalné radioaktivní odpady. Celé pracoviště je z hlediska radiační ochrany dostatečně odstíněno a musí být vybaveno manipulátory, digestořemi a přístroji pro ochrannou dozimetrii. Kontrolované pásmo v budově je odděleno hygienickými smyčkami s měřícím přístrojem kontaminace a umývárnu.⁹

Pracoviště IV. kategorie – zde je provoz jaderných reaktorů a jsou tu umístěny výrobní radionuklidů a úložiště radioaktivních odpadů. Z těchto zdrojů je kromě možnosti ozáření a kontaminace přímo na pracovišti, také možné riziko kontaminace životního prostředí. Z toho vyplývá, že je nutné monitorovat okolí daného pracoviště.⁹

2.6 KONTROLOVANÉ PÁSMO

Kontrolované pásmo je vymezeno na místech, kde se pracuje s ionizujícím zářením a efektivní dávka by mohla být vyšší než 6 mSv za rok nebo kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny. Veškeré vstupy do kontrolovaných pásem musí být viditelně označeny znakem radiačního nebezpečí a upozorněním „Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán“.^{9,10}

Do těchto prostor mají povolený vstup jen osoby poučené a vybavené osobními ochrannými pomůckami a osobními dozimetry. Pobyt jiných osob se eviduje a vstup mají povolen pouze se svolením vedoucího příslušného pracoviště.^{9,10}

V kontrolovaném pásmu mají zákaz pracovat osoby mladší 18 let a těhotné ženy. Pobývat i pracovat na pracovišti mohou ostatní osoby vždy jen v takovém případě, kdy je provozovatel schopen zajistit, aby jejich ozáření nepřekročilo obecné limity.^{9,10}

Na odděleních nukleární medicíny musí být kontrolované pásmo odděleno od tzv. neaktivních místností, jako jsou například odpočinkové místnosti personálu, pracovny apod., hygienickými smyčkami s čistou šatnou, sprchou, umyvadlem i s WC.⁹

Kontrolované pásmo na pracovišti NM je rozděleno do 4 částí:

- a) úsek, kde se přijímají pacienti, úsek pro přípravu a kontrolu radiofarmak
- b) úsek, kde se provádí radionuklidová diagnostika – scintigrafie, SPECT, SPECT/CT, PET/CT)
- c) část lůžková – terapie jódem
- d) vymírací místnost, ve které se skladuje veškerý radioaktivní odpad – ampule, jehly, stříkačky, tampony a další materiál, který byl ve styku s otevřenými radionuklidovými zářiči⁹

Všude tam, kde se na pracovištích nukleární medicíny provádějí terapie jódem 131 (to je možno jen tam, kde je specializované lůžkové pracoviště) musí svou odpadní vodu, která byla kontaminovaná jódem 131, odvádět samostatnou kanalizací z pracoviště do vymíracích jímek a v nich dochází k rozpadu ^{131}I (poločas rozpadu 8 dnů). Uvolňovací úroveň do životního prostředí je aktivita 450 Bq/l. Jód pacient vylučuje močí a tělními tekutinami, proto je mu doporučeno zvýšit osobní hygienu (několikrát denně se sprchovat a brát si čisté oblečení po osprchování).⁹

2.7 SLEDOVANÉ PÁSMO

Sledované pásmo se vymezuje tam, kde by mohla být efektivní dávka vyšší než 1 mSv za rok a kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny.¹⁰

Toto pásmo je vymezeno jako ucelená a jednoznačně určená část pracoviště, která je zpravidla stavebně oddělená. Na veškerých vchodech je sledované pásmo zřetelně označeno upozorněním „Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření“. Zajišťuje se pouze monitorování pracoviště, pokud není stanoveno jinak v monitorovacím programu.^{9, 10,11}

2.8 MONITOROVÁNÍ PRACOVIŠTĚ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

Program monitorování pracoviště nukleární medicíny je nutné zavést všude, kde je vyhlášeno kontrolované a sledované pásmo.

Kontrolované pásmo

- a) osobní monitorování
- b) monitorování vnitřní kontaminace – při práci s ^{131}I (terapie) nebo ^{125}I (diagnostika in vitro)
- c) monitorování pracovního prostředí
- d) monitorování pracovních povrchů, tj. povrchová kontaminace
- e) monitorování radioaktivních odpadů před jejich uvolněním do životního prostředí⁹

Sledované pásmo

Zde se zavádí jen monitorování pracovního prostředí

2.9 OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ

Na odděleních nukleární medicíny radiační pracovníci kategorie A, tj. všichni pracovníci, kteří mohou obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv za rok, mají povinnost nosit osobní dozimetry.⁷

Osobní filmový (termoluminiscenční, polovodičový) dozimetr se nosí na levé přední straně hrudníku (levé prekordium tzv. referenční místo) na oděvu a udává osobní dávkový ekvivalent Hp (10) v hloubce 10 mm pod povrchem těla. Měří záření beta a gama. Jeho rozsah měření je pro Hp (10) – 0,1 mSv – 10 Sv.

Pracovníci, u kterých je zvýšená expozice záření rukou, musí nosit prstové (prstýnkové) termoluminiscenční dozimetry. Tyto dozimetry udávají osobní dávkový ekvivalent Hp (0,07) v hloubce 0,07 mm pod povrchem těla (v bazální vrstvě kůže).

Celostátní služba osobní dozimetrie (CSOD) – se stará o organizaci a vyhodnocování osobních dozimetrů. Monitorovací období je buď jednoměsíční nebo tříměsíční.

Jestliže došlo k neplánovanému jednorázovému ozáření pracovníka, v tom případě se okamžitě provádí vyhodnocení osobních dozimetrů.

Radiační pracovník má právo nahlédnout k výsledkům svého osobního dozimetru.

Limity pro radiační pracovníky se vztahují na součet dávek. To znamená, že se sčítávají všechny dávky, pokud pracuje u více držitelů povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření.¹⁰

2.9.1 DRUHY OSOBNÍCH DOZIMETRŮ

Termoluminiscenční – tyto dozimetry nosí pracovníci, kteří jsou vystaveni riziku ozáření fotony u zdrojů záření gama a rtg energií vyšší než 30 keV popřípadě elektronů s energií nad 2 MeV

Filmový – dozimetry pro pracovníky, kteří jsou vystaveni riziku ozáření fotony, elektrony, tepelnými neutrony

Prstový – pracovníci tento dozimetr nosí v případě, u nichž je nutnost měřit dávky na rukách. Možné riziko ozáření u zdrojů gama a rtg, záření s energií vyšší než 30 keV, popřípadě elektronů s energií nad 2 MeV¹²

Na pracovištích nukleární medicíny se v programu monitorování stanovují tři důležité referenční úrovně pro sledování hodnot osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) a Hp (10) naměřeného osobními dozimetry:

- a) záznamová úroveň – 1/10 odvozeného limitu
- b) vyšetřovací úroveň – 3/10 odvozeného limitu
- c) zásahová úroveň – 10/10 odvozeného limitu⁹

2.9.2 LIMITY EFEKTIVNÍCH DÁVEK E

I. Radiační pracovníci (limity pro profesní ozáření; ozáření, které je v přímé souvislosti s výkonem práce radiačních pracovníků)

- a. 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků a nejvýše 50 mSv v jednom roce
- b. Hodnota 150 mSv se udává pro ekvivalentní dávku v oční čočce za kalendářní rok
- c. Průměrná hodnota 500 mSv/rok pro ekvivalentní dávku v 1 cm² kůže

II. Studenti (vztahuje se na učně a studenty od 16 do 18 let)

- a. 6 mSv/rok
- b. Hodnota 50 mSv pro ekvivalentní dávku v oční čočce za kalendářní rok
- c. Průměrná hodnota 150 mSv/rok pro ekvivalentní dávku v 1 cm² kůže

III. Obyvatelstvo (obecné limity)

- a. 1 mSv/rok a 5 mSv za dobu 5-ti let po sobě jdoucích
- b. Hodnota 15 mSv/rok pro ekvivalentní dávku v oční čočce
- c. Průměrná hodnota pro ekvivalentní dávku 50 mSv/rok v 1 cm²

IV. Zvláštní limity

- a. Osoby, které byly aplikovány radionuklidy v rámci vyšetření a byly následně propuštěny do domácího prostředí a žijí v domácnosti ještě s jinými osobami, se ozáření omezuje tak, aby v součtu za jeden kalendářní rok nepřesáhlo 1 mSv u osob mladších 18-ti let a 5 mSv u ostatních osob.
- b. Těhotná žena, která pracuje na pracovišti nukleární medicíny, musí své těhotenství oznámit zaměstnavateli a ten následně zajistí úpravu podmínek práce, aby součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření plodu alespoň po zbývající dobu těhotenství nepřekročil 1 mSv

V. Ozáření z přírodních zdrojů

Průměrná dávka záření z přírodních zdrojů je cca 3 mSv/rok. Toto záření není započítáváno do žádných limitů, pokud není cíleně využíváno. Využívají je především letci a horníci v uranových dolech apod.¹⁰

2.10 VNITŘNÍ KONTAMINACE RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ

Vnitřní ozáření se na odděleních nukleární medicíny může stát buď vdechnutím, nebo požitím radionuklidu, a z toho důvodu je zde zavedeno a prováděno monitorování vnitřní kontaminace radiačních pracovníků.⁹

Měří se aktivita radionuklidů v těle pracovníka nebo v jeho exkretech a převádí se na příjem pomocí modelů dýchacího traktu, zažívacího traktu a kinetiky příslušných prvků.

Na odděleních nukleární medicíny je velice pravděpodobná kontaminace radionuklidem jódu – ¹³¹I, který se používá v léčbě onemocnění štítné žlázy a ¹²⁵I, který se oproti ¹³¹I používá k diagnostice in vitro v RIA laboratořích. Vzácným případem může být vnitřní kontaminace ^{99m}Tc nebo i dalšími radionuklidy, které se používají pro scintigrafickou diagnostiku. ¹³¹I se do vzduchu dostává při práci s radioaktivními roztoky, jelikož sublimuje a jednak se do ovzduší dostane i vydechnutím pacientem, který byl naaplikován.⁹

Roční limit pro aktivitu ¹³¹I ve štítné žláze je 300 kBq. Tento limit zhruba odpovídá 6 kBq za týden.

Záznamovou úrovní pro oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové pro jedno měření je 2 kBq, vyšetřovací 6kBq a zásahová 20 kBq.⁹

V případě kontaminace ^{99m}Tc nebo i dalšími radionuklidy, které se používají pro scintigrafickou diagnostiku, se provádí měření pracovníka na celotělovém detektoru. Impulzy, které přístroj naměří, jsou pomocí tabulek a modelů převáděny na aktivitu daného radionuklidu v organismu.⁹

Ochrana před vnitřní kontaminací je velice jednoduchá a spočívá v tom, aby se dodržovalo pár jasných pravidel bezpečnosti práce a to:

- a) nucený oběh vzduchu, při kterém musí být vysoká obměna vzduchu za jednotku času
- b) nejíst a nepít v kontrolovaném pásmu, pracovníci by měli používat rukavice při práci s radionuklidy
- c) neolizovat si prsty
- d) práce s radionuklidy v digestoři⁹

2.11 PROGRAM MONITOROVÁNÍ

Podle toho jakým způsobem a v jakém rozsahu nakládáme se zdroji ionizujícího záření nebo s radioaktivními odpady program monitorování dělíme na tyto části:

- a) monitorování pracoviště,
- b) osobní monitorování,
- c) monitorování okolí,
- d) monitorování výpustí.¹¹

V programu monitorování musí být zahrnuto monitorování pro běžný provoz, pro předvídatelné odchylky od běžného provozu a také i pro případy možných radiačních nehod a havárií. Musí se vymezit veličiny, které se budou monitorovat, způsob, rozsah a frekvence měření. Dále návody na vyhodnocování výsledků z měření, hodnoty referenčních úrovní a přehled opatření, kdyby došlo k překročení. Specifikace metod měření a používaných typů měřících přístrojů, pomůcek a jejich parametrů.¹⁰

2.11.1 MONITORACE PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Monitorování provádíme proto, abychom mohli zjistit případné provozní odchylky od běžného provozu, nedostatečnou funkci nebo selhání bariér, které brání rozptylu radioaktivních látek.¹⁰

Monitorováním pracovního prostředí zjišťujeme dávkový příkon. Toto měření se provádí všude, kde se pracuje se zdroji ionizujícího záření včetně vymíracích místností, do kterých se ukládají radioaktivní odpady.^{9,11}

Měření rozlišujeme na kontinuální, kde se používají pevně instalované sondy nebo dalším způsobem je použití přenosných měřičů dávkového příkonu, s nímž se měří v daném místě stanoveném v programu monitorování (tzn. uprostřed místnosti ve výšce jednoho metru nad podlahou, na povrchu krytů).⁹

Dávkový příkon na povrchu krytů, kontejnerů a boxů, ve kterých jsou skladovány radioaktivní látky, nesmí být vyšší než 100 uSv/h a ve vzdálenosti jednoho metru od povrchů 10 uSv/h. Zásahová úroveň pravidelně měřeného dávkového příkonu na pracovišti je rovna pěti až deseti násobku průměrné hodnoty. Vyšetřovací úroveň je 3/10 a záznamová 1/10.⁹

2.11.2 MONITORACE PRACOVNÍCH POVRCHŮ, POVRCHOVÁ KONTAMINACE

V případě, jestliže se pracuje s radionuklidy, je vždy možnost kontaminace těla pracovníka, jeho oděvu, zařízení či podlah.

Monitorování povrchové kontaminace se musí provádět vždy po skončení práce s otevřenými radionuklidovými zářiči, když radiační pracovník vyjde z kontrolovaného pásma a také vždy, je-li podezření na povrchovou kontaminaci.

Jsou dvě metody na měření povrchové kontaminace:

- a) přímá metoda – proporcionální xenonový detektor
 - ten stanovuje hodnoty povrchové kontaminace přímo v Bq/cm²
 - lze použít jen pro gama záření
- b) nepřímá metoda – metoda stěru plochy o určité velikosti vhodným materiálem (buničitá vata, filtrační papír), který se zvlhčí vodou nebo lihem
 - stěr se vloží do nádobky a měření se provádí ve studnovém scintilačním detektoru
 - díky tomu můžeme zjistit o jaký radionuklid se jedná
 - lze použít pro beta a gama záření^{9,11}

2.12 DEKONTAMINACE

2.12.1 DEKONTAMINACE PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Jestliže byla zjištěna kontaminace pracovního prostředí, je pracovník povinen zajistit, aby se kontaminace nešířila dále. Je nutné okamžitě označit plochu, která byla kontaminována a samozřejmě nahlásit nehodu vedoucímu nebo dohlížejícímu pracovníkovi a pod jeho vedením spolupracovat při dekontaminaci.⁹

Při provádění dekontaminace je v první řadě třeba nasadit si rukavice a pomocí filtračního papíru nebo buničité vaty odsát co největší část aktivní tekutiny a dále plochu po odsátí omývat vhodným dekontaminačním prostředkem.⁹

Všechny odpady, co vzniknou v důsledku odstraňování škod, je nutné ukládat do igelitových sáčků a předměty, co byly kontaminované odmořit nebo je také uložit do igelitových sáčků k vyzáření. Kontrola dekontaminace se provádí přeměřováním měřičem povrchové kontaminace.⁹

Pokud se nepovedlo odstranit aktivitu, je potřeba místo nehody označit a přikrýt ochranným papírem nebo fólií. O dalším postupu rozhodne vedoucí či dohlížející osoba.⁹

2.12.2 DEKONTAMINACE OSOB

Při kontaminaci osob musí pracovník svléci všechny kontaminované části oděvu nebo ochranných pomůcek, pokud je použil. Dále musí proměřit kontaminaci povrchu těla a dle potřeby provést očistu omýváním nebo osprchováním. V případě, že je havárie rozsáhlejšího rázu, mluví se o radiační havárii.⁹

2.13 RADIAČNÍ NEHODA (RADIOLOGICKÉ UDÁLOSTI)

Na odděleních nukleární medicíny se pracuje s otevřenými zářiči, a z tohoto důvodu lze předpokládat, že by mohlo dojít, při očekávaném způsobu zdrojů záření k mimořádné události.

Radiační nehoda je událost, při které se uvolní nepřipustné množství radioaktivních látek nebo ionizujícího záření, anebo také nepřipustné ozáření osob.

Důsledky se omezují na prostory pracoviště se zdroji ionizujícího záření.

Radiační nehody rozlišujeme 1.-3. stupněm závažnosti:

1.stupeň

Rozlití nebo rozstříknutí radiofarmaka, znečištění pacienta.

2.stupeň

Dochází k němu zcela výjimečně.

Ztráta nebo odcizení zdroje záření.

3.stupeň

Závažná radiační nehoda spojená s nebezpečným uvolněním radioaktivních látek do životního prostředí, u které se vyžaduje zavedení opatření k ochraně obyvatel a životního prostředí.

Tuto mimořádnou situaci lze zcela vyloučit.^{7,9}

2.14 RADIAČNÍ HAVÁRIE

Radiační havárie je radiační nehoda, která vyžaduje nutné opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí.

Ovlivňuje přímo okolí pracoviště a také životní prostředí, do kterého unikly radioaktivní látky.⁷

2.15 RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ SITUACE

Mimořádná situace je situace, která následuje bezprostředně po radiační havárii nebo může následovat po takové radiační nehodě nebo po takovém zjištění zvýšené úrovně radioaktivity nebo i ozáření, které vyžadují naléhavá opatření na ochranu fyzických osob.⁷

2.16 ZAJIŠTĚNÍ HAVARIJNÍ PŘIPRAVENOSTI

Vyhláška č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu, ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb. k zajištění havarijní připravenosti se vytváří technicko-organizační a personální podmínky pro

- a) zjišťování vzniku mimořádné události,
- b) posuzování závažnosti mimořádné události,
- c) vyhlášení mimořádné události,
- d) řízení a provádění zásahu,
- e) způsoby omezení ozáření zaměstnanců a dalších osob,
- f) ověřování havarijní připravenosti.¹³

Havarijní připravenost se dokladuje Úřadem schváleným vnitřním havarijním plánem, kromě případů stanovených zvláštním právním předpisem a vypracovanými zásahovými instrukcemi.

2.16.1 HAVARIJNÍ PLÁN

Havarijní plán je soubor plánovaných opatření k likvidaci radiačních nehod nebo radiačních havárií a k omezení následků těchto událostí, který se zpracovává pro:

1. prostory jaderných zařízení nebo všech pracovišť, ve kterých se vykonávají radiační činnosti. Tento plán se nazývá vnitřní havarijní plán.
2. přepravu jaderných materiálů a zdrojů ionizujícího záření. Tento plán se nazývá havarijní řád.
3. oblast v okolí jaderných zařízení nebo pracovišť, kde se nacházejí zdroje ionizujícího záření, v nichž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování, která se nazývá zóna havarijního plánování, jinými slovy vnější havarijní plán.⁷

2.17 RADIOAKTIVNÍ ODPADY

Radioaktivní odpady vznikají všude tam, kde se pracuje s radioaktivními látkami. Odpady vznikají buď v jaderné energetice (kapaliny, kaly, vyhořelé palivo) nebo ve zdravotnictví, průmyslu, zemědělství nebo také ve výzkumu. Těmto odpadům říkáme institucionální. Jedná se například o radioaktivní zářiče, znečištěné pracovní oděvy, papír, injekční stříkačky, látky atd.

Dělení radioaktivních odpadů je obvykle podle aktivit (z ní vyplívá míra nebezpečí pro okolí):

- přechodné
- nízkoaktivní
- středněaktivní
- vysokoaktivní

Kromě prvního případu, tedy přechodných odpadů, se zneškodnění provádí tak, že se úplně izolují od životního prostředí. Zůstávají tak po celou dobu, po kterou by mohly pro obyvatelstvo a životní prostředí představovat riziko.

Radioaktivní odpady se uchovávají v úložištích, kde bariéry brání uvolnění nebezpečných látek do okolí. Vždy se čeká, až radioaktivita klesne na úroveň, kdy už je vyloučeno ohrožení jakékoli složky biosféry.¹⁴

Jak už bylo zmíněno, radioaktivní odpady vznikají všude, kde se pracuje s radioaktivními látkami, proto i v nukleární medicíně se musí dodržovat jistá pravidla a nakládat se vzniklými odpady dle příslušných zákonů a vyhlášek. Požadavky jsou definovány v zákonu č. 18/1997 Sb. a ve vyhlášce SÚJB č. 307/2002 Sb.

Radioaktivní odpad dle skupenství dělíme na pevný, kapalný a plynný.

- Pevné – ukládají se do označených nádob nebo igelitových sáčků, třídí se podle aktivit a poločasů ve vymírací místnosti. Potom se čeká, až aktivita klesne pod stanovenou zprošťovací úroveň. Poté se například likvidují spálením. Radioaktivní odpady, které jsou dlouhodobé, se převážejí na centrální úložiště, kde jsou posléze likvidovány.
- Kapalně – tyto odpady jsou vedeny samostatnou kanalizací do vymíracích jímek. Po rozpadu (bývá to nejčastěji 10 poločasů rozpadu) se teprve svedou do kanalizace nebo čističky. Zde je nutné, aby bylo prováděno průběžné monitorování odpadních vod. U dlouhodobých kapalných radioaktivních odpadů je zapotřebí jejich koncentrace a potom v uzavřených nádobách, které musí být dobře utěsněné, skladovat v centrálním úložišti.¹⁵

Vzhledem k ochraně zdraví všech osob na pracovišti radiologický asistent ukládá veškerý odpad do určených nádob, které jsou označeny. Jedná se především o injekční stříkačky, jehly, prádlo, tampony, lahvičky se zbytky radioaktivit, použité rukavice, popřípadě pracovní oděv.

3 ČÁST PRAKTICKÁ

Praktická část bakalářské práce je zaměřená na činnost radiologického asistenta v nukleární medicíně, tudíž zejména na ochranu zdraví před zářením samotných pracovníků, ale i lidí, kteří přijdou na toto oddělení za účelem diagnostickým nebo terapeutickým. Ochrana zdraví se týká samozřejmě také doprovodu pacienta.

Aby ochrana zdraví všech osob na pracovišti byla dostatečná, musí radiologický asistent dodržovat obecná pravidla, která se řídí Atomovým zákonem a dalšími úzce souvisejícími prováděcími právními předpisy. Povinností pracovníka je i to, že každého pacienta, který přijde na oddělení nukleární medicíny na vyšetření, musí poučit jasně a srozumitelně s daným výkonem a jeho průběhem, a také pacientovo počínání, když opouští po výkonu oddělení, jelikož je naaplikován radiofarmakem a tudíž se z něj stal zdroj záření. Tímto může ozařovat osoby, které s ním přijdou do styku.

Každý, kdo provádí činnosti, které souvisejí s využíváním jaderné energie nebo radiační činnosti, je vždy povinen postupovat tak, aby byla přednostně zajišťována radiační ochrana a jaderná bezpečnost.⁷

Cílem je zabránění deterministických účinků a omezení pravděpodobnosti stochastických účinků.

Deterministické účinky: jsou to účinky prahové (jisté, nenáhodné), řadí se sem například akutní nemoc z ozáření

Stochastické účinky: účinky, které mají pozdní efekt a jsou náhodné, bezprahové. Se stoupající dávkou neroste závažnost poškození, ale roste pravděpodobnost výskytu. Do této kategorie se řadí zhoubné nádory nebo genetické projevy.

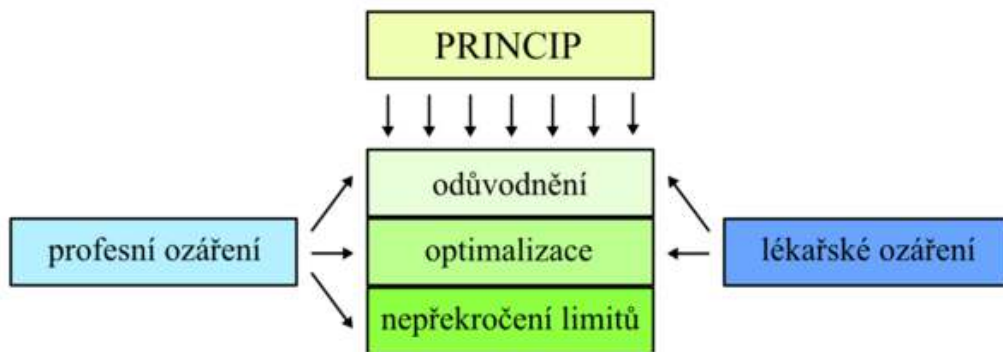
Základem celé radiační ochrany jsou obecně čtyři pravidla (principy). Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření:

- musí dbát především na to, aby toto jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout. Tento princip je nazýván princip ZDŮVODNĚNÍ.
- je povinen dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a taktéž havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek. Toto je princip OPTIMALIZACE, který je občas nazýván ALARA.
- je povinen omezovat ozáření fyzických osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací ozáření z činností vedoucích k ozáření nepřesáhlo v součtu limity ozáření. Princip NEPŘEKROČENÍ LIMITŮ.⁷
- k těmto třem hlavním principům se řadí i princip FYZICKÉ BEZPEČNOSTI ZDROJŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ, který je také velmi důležitý, ale často se na něj bohužel zapomíná a v některých publikacích se o něm autoři nezmiňují. Princip bezpečnosti zdrojů nám říká, že zdroje ionizujícího záření musí být zabezpečeny tak, aby nad nimi nemohla dojít v žádném případě za předvídatelných podmínek ke ztrátě kontroly. Zahrnuje opatření pro zábranu odcizení a přístupu nepovolaných osob ke zdrojům, předávání zdrojů pouze držiteli platného povolení, technická bezpečnost a dobrý technický stav.¹¹

Na zdravotnických pracovištích, kde se provádějí lékařská ozáření, musí být osobní ochranné prostředky a pomůcky pro radiační ochranu všech pracovníků, osob podstupujících

lékařské ozáření a také osob dobrovolně o ně pečujících. Ochranné prostředky a pomůcky jsou používány v rozsahu odpovídajícímu charakteru vyšetření. ¹⁰

Limity ozáření stanovuje SÚJB prováděcím právním předpisem. Limitům ozáření nepodléhá lékařské ozáření, a proto pro lékařské ozáření byly stanoveny diagnostické referenční úrovně (DRÚ). Dále nepodléhá ozáření z přírodních zdrojů, havarijní ozáření zasahujících fyzických osob a havarijní ozáření. ⁷

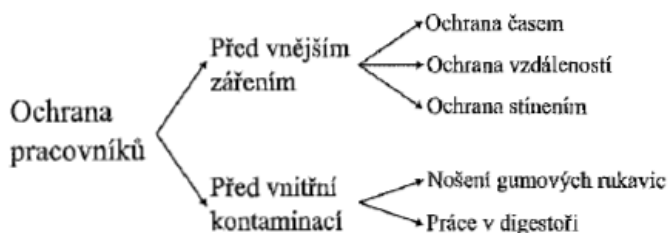


Obrázek 2 Radiační ochrana ¹⁶

3.1 RADIAČNÍ OCHRANA PRACOVNÍKŮ PŘED IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM

Před ionizujícím zářením se můžeme chránit několika základními způsoby. Tyto způsoby jsou tři: ochrana časem, ochrana vzdáleností a ochrana stíněním.

Jsou to ty nejjednodušší a nejzákladnější způsoby radiační ochrany, které bychom na pracovištích nukleární medicíny měli dodržovat.



Obrázek 3 Schéma radiační ochrany před ionizujícím zářením ¹¹

3.1.1 OCHRANA ČASEM

Radiační zátěž pracovníka roste s dobou, po kterou je v blízkosti zdroje ionizujícího záření nebo pacienta, který byl naaplikován radiofarmakem. Pokud tedy zkrátíme dobu pobytu u zdroje, bude menší i absorbovaná dávka záření. Není-li nezbytně nutné, neměl by být pracovník zbytečně dlouho u zdroje ionizujícího záření.

V této metodě je zahrnuto i střídání pracovníků, tam kde jsou vystaveni vyššímu dávkovému příkonu.^{11, 16}

3.1.2 OCHRANA VZDÁLENOSTÍ

Dávka (dávkový příkon) záření gama i rentgenového záření klesají s druhou mocninou vzdáleností od zdroje ionizujícího záření. Pokud tedy bude vzdálenost zvětšena na dvojnásobek, dávka klesne na čtvrtinu původní hodnoty.¹¹

To znamená, že radiologický asistent má být pokud možno co nejdále od pacienta, avšak nesmíme zapomenout, že někteří lidé jsou nedoslýchaví, tak je třeba buď zvýšit hlas, nebo se trochu přiblížit, ale co nejdříve se opět vzdálit.

3.1.3 OCHRANA STÍNĚNÍM

Abychom docílili odstínění záření, je potřeba mezi zdroj záření (pacienta) umístit vrstvu vhodného materiálu. Díky tomu se zeslabí svazek záření a následně i dávka.

Často se používá termín polovrstva (polotloušťka). Přiřazuje se k záření gama. Polovrstva je tloušťka vrstvy materiálu, který zeslabuje dávku na polovinu.

V případě rentgenového nebo gama záření, tak se používají materiály, které obsahují prvky s vysokým protonovým číslem. Jsou to například betonové stropy, podlahy, olověné dveře a kontejnery. V praxi se nejvíce využívá olovo, jelikož má vysokou schopnost absorbovat rentgenové a gama záření a je i cenově nejpříjemnější a snadno dostupné.

Chceme-li odstínit elektrony (záření beta), použijeme materiály, které jsou lehké a obsahují prvky s nízkým protonovým číslem. Je to hlavně hliník a plexisklo.¹¹

V praxi se všechny tři způsoby ochrany před ionizujícím zářením běžně kombinují. U ochrany časem a vzdáleností by si pracovník měl především uvědomit to, aby nečinil na úkor potřebné péče o pacienta. Na oddělení nukleární medicíny často přicházejí lidé, kteří jsou upoutáni na

invalidní vozík nebo lidé, kteří se neobejdou bez francouzských holí nebo i tací, kteří pro velkou bolest nejsou schopni se sami uložit na vyšetřovací stůl. Je nutné takovým pacientům pomoci, ale radiologický asistent se musí naučit vykonávat své povinnosti co nejrychleji a bez chyb, aby jeho pobyt v přítomnosti člověka naaplikovaného radiofarmakem byl co nejkratší. Je na místě i to, aby pracovník jistě povinnosti, například výměna papírových podložek po každém pacientovi, udělal dříve, než pozve do vyšetřovací místnosti dalšího pacienta. Tím si výrazně zkrátí pobyt u zdroje záření.

3.1.4 OCHRANNÉ POMŮCKY

Pracovníci na odděleních nukleární medicíny se kromě výše vypsanych způsobů ochrany před ionizujícím zářením musí chránit i dalšími způsoby. A to ochrannými pomůckami, jelikož přicházejí do přímého styku s radiofarmaky.

Je zde ještě jedno opatření, které se zdá být banální, ale zaměstnanci ho mají respektovat a dodržovat. Je důležité každý den se převlékat do pracovních oděvů. Díky tomuto se zabrání, aby osobní oděvy byly kontaminované radiofarmaky.¹¹

- Pinzety (peány)

Pinzetami si radiologický asistent chrání své ruce proti kontaminaci. Také díky nim se vzdálenost lahvíček, ve kterých je radiofarmakum od ruky zvětší.

- Kryty na injekční stříkačky

Kryty jsou ze stínícího materiálu, tedy z olova.

- Odstínění ovladovny

Ochranná stěna spolu se sledovacím okénkem z olověného skla.

- Olověné oděvy

Tyto oděvy mají nevýhodu, že stěžují pracovníkovi pohyb z důvodu větší hmotnosti.

- Rukavice

- Olověné zástěny

- Kontejnery

- Stínící ochranné obaly

Pokud pracovník manipuluje s radiofarmaky, měl by mít vždy ruce chráněné gumovými rukavicemi proti kontaminaci.



Obrázek 4 Ochranný límec na štítnou žlázu ¹⁷



Obrázek 5 Ochranné rukavice ¹⁷



Obrázek 6 Olověná zástěra ¹⁸

3.2 OCHRANA PŘED VNITŘNÍ KONTAMINACÍ

Pokud se na pracovišti, respektive na různých površích a pracovních pomůckách, dále na oděvech pracovníků a na jeho částech těla (nejčastěji ruce), bude vyskytovat kontaminace, je zde velká pravděpodobnost následné vnitřní kontaminace. Tudíž je zavedeno monitorování povrchové kontaminace. Díky němu je možné průběžně kontrolovat čistotu pracovních ploch a zamezit pozdější vnitřní kontaminace. Radionuklidy se do těla mohou dostat inhalací nebo potravou. Proto je nutné v kontrolovaném pásmu nejíst a nepít.

Povrchová kontaminace by měla být udržována pod směrnými hodnotami. Plošnou aktivitu na površích měříme buď přímo (pomocí přístrojů) nebo nepřímo (stěry). ¹¹

Měření by se mělo provádět vždy po skončení pracovní doby.



Obrázek 7 Měřič povrchové kontaminace⁹

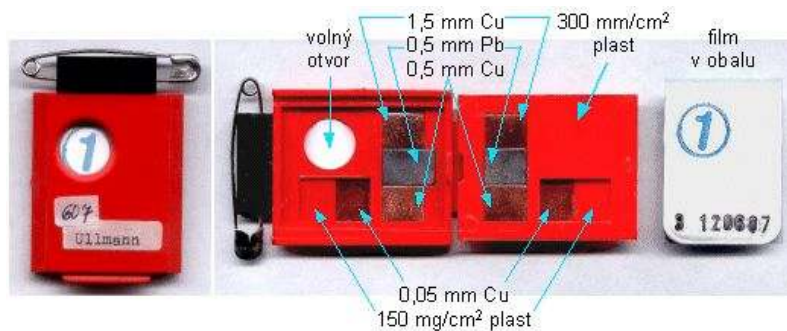
3.3 OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ

Jak už jsem v části teoretické psala, osobní monitorování je povinné pro všechny pracovníky kategorie A, jelikož je u nich pravděpodobnost, že roční efektivní dávka přesáhne 6 mSv .

Radiační pracovník nosí dozimetr filmový nebo termoluminiscenční a nosí ho na přední levé straně hrudníku, na tzv. referenčním místě. Tento dozimetr je schopný měřit záření beta a gama.

V případě, je-li u pracovníka zvýšená expozice rukou, nosí na dominantní ruce prstový (prsténkový) termoluminiscenční dozimetr.

Vyhodnocování se provádí jednou za měsíc.



Obrázek 8 Osobní filmový dozimetr⁹



Obrázek 9 Osobní termoluminiscenční dozimetr¹²



Obrázek 10 Prstový dozimetr¹²

Držitel povolení je mimo jiné povinen zajistit pro radiační pracovníky kategorie A vstupní preventivní prohlídky a také nejméně jedenkrát ročně periodické preventivní lékařské prohlídky. Jestliže Úřad posoudí, že došlo k překročení limitů ozáření, tak v těchto případech musí zajistit mimořádnou preventivní lékařskou prohlídku a následnou preventivní lékařskou prohlídku, je-li Úřadem doporučena. Také pro zaměstnance vykonávající činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, má povinnost zajistit ověřování psychické způsobilosti. Pokud právní předpis nestanoví jinak, náklady na preventivní lékařské prohlídky hradí zaměstnavatel.⁷

3.4 RADIAČNÍ OCHRANA PACIENTA

Pacient se v rámci diagnostiky a léčby vystavuje tzv. lékařskému ozáření. Aby byla snížena radiační zátěž u pacientů (snížení rizika stochastických účinků) musí se dodržovat dva základní principy. Princip odůvodnění a princip optimalizace.

3.4.1 PRINCIP ODŮVODNĚNÍ

Lékařské ozáření osob se odůvodňuje očekávaným přínosem, který vyvažuje rizika, která vznikají nebo mohou vzniknout při těchto činnostech. Do procesu odůvodnění lékařského ozáření je zapojen indikující lékař spolu s aplikujícím odborníkem. Oba berou v úvahu účinky, přínosy a rizika všech dostupných alternativních metod, které mají stejný cíl, ale není v nich zahrnuto lékařské ozáření. Před každým možným ozářením se musí zjistit u pacienta předchozí aplikace radionuklidů a ionizujícího záření. U všech žen, které jsou v reprodukčním věku zjistit možnost gravidity nebo také kojení. Všechny tyto informace se zapisují do pacientovy zdravotnické dokumentace. V případě těhotných žen se lékařské ozáření provádí jen v neodkladných případech. Je vždy nutné zajistit, aby se používala technika, která zajistí maximální ochranu plodu.^{7, 11}

Vyšetření se smějí provádět pouze na základě lékařské indikace.¹¹

Někdy se kladou ještě další otázky při indikaci vyšetření, například, zda-li to už bylo někdy vyšetřeno, jestli je opravdu nutné vyšetření provést nebo jestli je ho nutné provést zrovna nyní a další podobné otázky.¹¹

3.4.2 PRINCIP OPTIMALIZACE

Veškeré lékařské ozáření mají být plánovány a udržovány na co nejnížší rozumně dosažitelné úrovni se zohledněním hospodářských a společenských faktorů. Pro dosažení optimalizace je zaveden systém jakosti.¹¹

Cílem optimalizace v nukleárně medicínském vyšetření je aplikace pouze nezbytného množství dané radioaktivní látky, která má požadovanou čistotu a aktivitu. Ta nám zaručí dostatečnou diagnostickou informaci a radiační zátěž pacienta bude co nejnížší, jak lze dosáhnout.¹¹

Jelikož se na lékařské ozáření nevztahují limity, z toho důvodu nelze použít princip nepřekročení limitů. Kdyby se limity vztahovaly i na lékařské ozáření, tak by omezovaly indikace a provádění vyšetření, která jsou potřebná. Z tohoto důvodu byly zavedeny diagnostické referenční úrovně. Používá se zkratka DRÚ. V některých publikacích můžeme najít i anglickou zkratku DRL (diagnostic reference levels). Tyto diagnostické referenční úrovně jsou uvedeny ve vyhlášce 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky 499/2005 Sb. DRÚ by v klinické praxi neměly být soustavně překračovány, ale bohužel to vždy nejde. Problémem

bývají velmi obézní lidé, neklidní pacienti nebo i pacienti, kteří trpí bolestmi a nedokáží dlouho ležet.¹¹

DRÚ jsou maximální dávky (úrovně aplikovaných aktivit) radiofarmak v rámci lékařského ozáření a jejich překročení se neočekává. Dávky jsou vztahovány na průměrného dospělého člověka o hmotnosti 70 kilogramů. Je důležité DRÚ nezaměňovat s limity. Jsou to jen prostředky pro optimalizaci lékařské optimalizace.¹¹

Lékařské ozáření se smí provádět jen ve zdravotnických zařízeních. A každé toto pracoviště, kde se vyšetření provádí, si může stanovit vlastní diagnostické referenční úrovně (místní diagnostické referenční úrovně). Mohou být vyšší než diagnostické referenční úrovně, ale pouze s odůvodněním.

3.4.3 OVLIVNĚNÍ BOKINETIKY RADIOFARMAK

Jestliže ovlivníme biokinetiku radiofarmaka, docílíme tím snížení absorbované dávky. Dosahuje se toho v případech, kdy je radiofarmakum akumulováno i v jiném orgánu, než v cílovém. Používají se především tyto dvě možnosti - urychlení eliminace radiofarmaka z těla (dostatečná hydratace) a zabránění nebo omezení vniku radiofarmaka do jiného určitého orgánu (blokování štítné žlázy).¹⁶

3.5 RADIAČNÍ OCHRANA TĚHOTNÝCH ŽEN

Přijde-li žena v reprodukčním věku na vyšetření, musí se vždy uvážit možnost těhotenství a zdůvodnit ho. Pokud si žena není jistá jestli je nebo není těhotná, je nutné před radionuklidovým vyšetřením provést těhotenský test. Případné těhotenství je absolutní kontraindikace k provedení vyšetření ženy. Výjimkou jsou vitální indikace, například plicní embolie. Toto vyšetření gravidní žena podstoupit může.

Všechny kojící ženy musí přerušit kojení, jelikož většina radiofarmak přestupuje do mateřského mléka. Radiofarmaka, která jsou značená ^{131}I , ^{67}Ga , ^{201}Tl , tak u nich se musí přerušit kojení na 3 týdny. Přerušit kojení na 12 hodin se týká hippuranu značeného ^{131}I nebo ^{123}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ s výjimkou $^{99\text{m}}\text{Tc-MDP}$, kde se přerušuje kojení dítěte pouze na 4 hodiny.

Ozáření v době gravidity může mít za následek deterministické nebo také stochastické účinky. U prvního případu, tedy u deterministických, může nastat smrt zárodku nebo plodu, malformace a mentální retardace. U druhého případu, u stochastických účinků, mohou vznikat

zhoubné nádory, které se projeví buď v dětství nebo v dospělosti a mohou nastávat genetické změny u potomků dítěte.^{9, 16}

Činností radiologického asistenta v nukleární medicíně je mimo jiné dodržování zásad radiační ochrany personálu a také pacientů. Proto se spolu s lékařem podílejí na tom, aby každý pacient, co přijde na vyšetření, byl plně o všem obeznámen. Před každým vyšetřením obdrží pacient informovaný souhlas, který může, ale nemusí podepsat. Ovšem když ho nepodepíše, vyšetření se neuskuteční. Před podepsáním lékař nemocnému plně vysvětlí léčbu/vyšetření, její význam, o jaké vyšetření se jedná a také i o případných rizicích, která mohou nastat. Po objednání k danému vyšetření dostane pacient papír s pokyny, podle kterých se musí držet (nejíst, nepít nebo naopak hodně pít...). Radiologický asistent mu všechno toto znovu vysvětlí a poučí. Když objednaný člověk přijde dohodnutý den a hodinu na oddělení, před vyšetřením mu personál opět sdělí, co se s ním bude dít a jak se má chovat po příchodu domů. Vysvětlí mu, že se nemá na určitou dobu přibližovat k malým dětem a těhotným ženám. Také aby zvýšil přísun tekutin.

V případě propouštění pacientů po terapeutické léčbě do domácí péče se vše usměrňuje tak, aby ozáření osob, které o ně dobrovolně pečují mimo rámec svých pracovních povinností, navštěvují je nebo s nimi žijí v jedné domácnosti, nepřesáhlo v součtu za jeden kalendářní rok 1 mSv u osob mladších 18 let a 5 mSv u ostatních osob.¹⁹

4 DISKUZE

Cílem práce bylo, zjistit jaké činnosti provádí radiologický asistent z pohledu praktické aplikace atomového zákona a jestli se v nějakých věcech teorie z odborné literatury a zákonů liší od skutečné praxe. Během sběru a studování odborné literatury k danému tématu jsem měla možnost porovnat v rámci odborné praxe, jak je tomu ve skutečnosti s teorií a praxí na pracovišti. Nutno říci, že osobně jsem žádné pochybení jak v ochraně pacientů, tak i samotných pracovníků nezaznamenala. Všichni pracovníci nosí dle zákona povinné dozimetry, dodržují dané principy radiační ochrany (vzdálenost, čas, stínění), pokud je třeba, nosí ochranné pomůcky a chovají se tak, aby bylo vše v souladu s platnými zákony a vyhláškami.

Musím také přiznat, že jako student, který nemá ještě osvojené veškeré návyky během krátké praxe, kterou musíme absolvovat, je velice těžké dodržovat hlavní tři principy ochrany zdraví před ionizujícím zářením (vzdálenost, čas, stínění). Samozřejmě o nich víme, známe je, ale někdy si je neuvědomíme a zbytečně se necháváme vystavovat záření. A z toho důvodu máme nad sebou dozor, který nás upozorní. Proto je třeba se stále zdokonalovat, učit a s postupně získanou praxí provádět vše co nejrychleji, ale bezchybně. Na tomto příkladě je vidět, že samotné studium dané problematiky někdy nestačí. Praxe je opravdu nutná. Zkušenosti z ní jsou neocenitelné.

5 ZÁVĚR

V závěru své práce bych chtěla říci, že orientace v Atomovém zákoně a dalších prováděcích právních předpisů pro mne ze začátku nebyla vůbec jednoduchá. Přesto zpracovat toto téma bylo velice zajímavé a poučné. Během sběru informací k tomuto tématu, jsem se k dané problematice dostala částečně takzvaně „pod kůži“.

Cílem práce bylo, abych se nejenom já, ale všichni budoucí radiologičtí asistenti lépe orientovali v této problematice. Doufám, že se mi povedlo alespoň v dostatečné míře zpřehlednit činnost radiologického asistenta vzhledem k Atomovému zákonu a také, aby si všichni uvědomili, že studování odborné literatury bez absolvování dostatečné praxe ke správnému dodržování všech legislativních předpisů nestačí.

Jak již bylo zmíněno, na pracovištích, kde jsem měla možnost vykonávat praxi, bylo naprosto vše v souladu s právními předpisy a standardy.

6 POUŽITÁ LITERATURA

1. Zákon č. 96/2004 o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2004.
2. Radiologický asistent. *NSP národní soustava povolání* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: http://katalog.nsp.cz/karta_p.aspx?id_jp=15090&kod_sm1=12
3. Slovníček pojmů. *Radiologieplzen.eu* [online]. 2007 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://radiologieplzen.eu/poradna/slovnicek-pojmu/>
4. Úvod. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/o-sujb/uvod/>
5. Organizační struktura SÚJB. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/o-sujb/uvod/>
6. Aktuality. *Státní úřad radiační ochrany* [online]. 2000 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: http://www.suro.cz/cz/index_html
7. Zákon č. 18/1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In: *Sbírka zákonů české republiky*. 1997.
8. Atomový zákon. *RNDr. Miroslav Škaloud* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.skaloud.net/senat/prace-v-senatu/zpravodaj-zakonu-a-vystoupeni-%3E%3E-5-obdobi/atomovy-zakon/>
9. ONM Hradec Králové, doc. MUDr. Jiří Doležal, Ph.D.
10. ČESKO. Vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ruší vyhlášku č. 184/1997 Sb.) ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb., a vyhlášky č. 389/2012 Sb., kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. In: *Sbírka zákonů*. 2005. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/ostatni-predpisy-a-narizeni/307_po_novele_389_2012_bez_priloh_2.pdf#page=1&zoom=auto,0,849
11. VÁCLAV, HUŠÁK a kol. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. Olomouc: Universita Palackého, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0
12. Služby. *Celostátní služba osobní dozimetrie* [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.csod.cz/cz/o-spolecnosti>
13. ČESKO. Vyhláška č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu (ruší vyhlášku č. 219/1997 Sb.), ve znění vyhlášky č. 2/2004 Sb. In: *Sbírka zákonů*. 1997.
14. Radioaktivní odpady. *SÚRAO* [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.rawra.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Radioaktivni-odpady>
15. ULLMAN, Vojtěch. Radiační ochrana. [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>
16. Radiační ochrana. *Klinika nukleární medicíny Lékařské fakulty UP* [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/radiacni-ochrana/>
17. Ochranné rtg pomocky. *DENTnet* [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.dentnet.sk/rtg/ochranne-rtg-pomocky/>
18. Ochranné oděvy proti RTG záření. *Vetcare* [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: http://obchod.vet-care.cz/index.php?cPath=52_11&osCsid=9bflcc2ede3829fa6a57bc950799e001

19. ČESKO. Národní radiologické standardy - nukleární medicína. In: *Věstník MZ ČR*. 2011, 9.