

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Kristýna Miková

**Hodnocení znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační  
ochrany**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Tichý

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením  
Mgr. Tomáše Tichého a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci 3.5. 2024

---

Podpis

Chci poděkovat Mgr. Tomáši Tichému za odborné vedení diplomové práce, vstřícný přístup a jeho věcné připomínky v průběhu tvorby této diplomové práce. Chtěla bych poděkovat také RNDr. Evě Reiterové, PhD. za pomoc při statistickém zpracování výsledků výzkumného šetření.

# ANOTACE

**Typ závěrečné práce:** DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Téma práce:** Radiační ochrana v radiodiagnostice

**Název práce:** Hodnocení znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany

**Název práce v AJ:** Assessment of the knowledge of radiology technologists in the field of radiation protection

**Datum zadání:** 2023-01-31

**Datum odevzdání:** 2024-05-03

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Bc. Kristýna Miková

**Vedoucí práce:** Mgr. Tomáš Tichý

**Oponent práce:** Mgr. Tomáš Vávra

**Abstrakt v ČJ:** Tato diplomová práce se zabývá tématem radiační ochrany na pracovištích radiodiagnostiky. V teoretické části práce jsou shrnuty principy a způsoby radiační ochrany, jsou popsány biologické účinky ionizujícího záření a na závěr teoretické části je popsán systém zajištění radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích v České republice.

Cílem praktické části práce je zhodnotit znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Výzkumné šetření v rámci diplomové práce je provedeno pomocí kvantitativního stylu výzkumu. Ke sběru dat byl použit dotazník vlastní tvorby. Dotazníkového šetření se účastnilo 59 radiologických asistentů. Hodnocení úrovně znalostí bylo vyjádřeno pomocí dosaženého počtu bodů z testu odborných znalostí. V rámci výzkumu byli radiologičtí asistenti srovnávaní podle dosaženého vzdělání, absolvování zkoušky zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB a místa výkonu práce. Neprokázal se vliv předpokládaných faktorů na úroveň znalostí.

**Abstrakt v AJ:** This master's thesis addresses the topic of radiation protection in diagnostic radiology workplaces. The theoretical part of the thesis summarizes the principles and methods of radiation protection, describes the biological effects of ionizing radiation, and concludes with an overview of the radiation protection system in diagnostic radiology workplaces in the Czech Republic.

The aim of the practical part of the thesis is to assess the knowledge of radiology technologists in the field of radiation protection. The research investigation within the thesis is conducted using a quantitative research approach. Data collection was performed using a self-designed questionnaire. 59 radiology technologists participated in the questionnaire survey. The assessment of knowledge level was expressed by the achieved score from a test of professional knowledge. During the research, radiology assistants were compared based on their educational attainment, completion of the special expertise examination at the State Office for Nuclear Safety, and their workplace locations. No influence of the presumed factors on the level of knowledge was demonstrated.

**Klíčová slova v ČJ:** radiační ochrana, radiodiagnostika, radiologický asistent, účinky ionizujícího záření, znalosti

**Klíčová slova v AJ:** radiation protection, radiodiagnosis, radiology technologist, effects of ionising radiation, knowledge

**Rozsah:** 74 stran / 3 přílohy

# OBSAH

OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI.....	9
TEORETICKÁ ČÁST .....	10
1 Historie radiační ochrany .....	10
1.1 Historie radiační ochrany v České republice.....	11
2 Biologické účinky ionizujícího záření.....	12
2.1 Deterministické účinky ionizujícího záření.....	12
2.2 Stochastické účinky ionizujícího záření .....	14
3 Principy a způsoby radiační ochrany .....	16
3.1 Principy radiační ochrany .....	16
3.2 Způsoby radiační ochrany .....	20
3.3 Další technické aspekty radiační ochrany v radiodiagnostice .....	22
4 Systém zajištění radiační ochrany .....	25
4.1 Legislativa upravující systém zajištění radiační ochrany .....	25
4.2 Povolení k výkonu činnosti se zdrojem ionizujícího záření .....	26
4.3 Organizace pracoviště se zdrojem ionizujícího záření .....	26
4.4 Osoby se zkouškou zvláštní odborné způsobilosti .....	30
4.5 Dokumentace vedená na radiodiagnostickém pracovišti.....	33
4.6 Kontrolní nástroje radiační ochrany .....	37
PRAKTICKÁ ČÁST .....	40
5 Metodika výzkumu.....	40
5.1 Výzkumné cíle, otázky a hypotézy.....	40
5.2 Charakteristika výzkumného souboru .....	41
5.3 Metoda sběru dat .....	41
5.4 Realizace výzkumu.....	42
5.5 Metody zpracování dat .....	42
6 Výsledky výzkumu.....	42
6.1 Vyhodnocení otázek týkajících se demografických údajů .....	42
6.2 Vyhodnocení testu odborných znalostí z radiační ochrany .....	47
6.3 Vyhodnocení hypotéz .....	48
6.4 Vyhodnocení otázek týkajících se školení a ověřování znalostí z RO .....	52
DISKUSE .....	55

ZÁVĚR.....	58
REFERENČNÍ SEZNAM.....	59
SEZNAM ZKRATEK.....	63
SEZNAM TABULEK.....	64
SEZNAM PŘÍLOH.....	65
PŘÍLOHY.....	66

## ÚVOD

Podle Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) bylo v České republice provedeno v roce 2019 přes 15 500 000 radiodiagnostických vyšetření. Pro srovnání, v roce 2007 bylo na našem území provedeno kolem 13 000 000 radiodiagnostických vyšetření. (ÚZIS, 2020) Tento trend naznačuje rostoucí poptávku po radiologických vyšetřeních v průběhu let, která může být způsobena jak demografickými změnami (stárnutí populace, nárůst populace), tak také rozvojem technologií a zlepšením dostupnosti zdravotní péče. Se vzrůstajícím počtem vyšetření na odděleních radiodiagnostiky stoupá i důležitost dodržování správného postupu radiační ochrany na těchto pracovištích. Radiační ochrana je zásadním prvkem v radiodiagnostice s cílem zajistit bezpečnost a ochranu jak pacientů, tak zdravotnického personálu. Správné postupy radiační ochrany přispívají k minimalizaci rizik spojených s expozicí ionizujícího záření a zajišťují kvalitní a bezpečné poskytování zdravotní péče v oblasti radiodiagnostiky.

K tomu, aby byla radiační ochrana na pracovištích správně aplikována, je zapotřebí, aby radiační pracovníci měli co nejlepší znalosti v této oblasti. Proto musí dobře fungovat systém vzdělávání radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Cílem této diplomové práce je pomocí dotazníkového šetření zmapovat a zhodnotit znalosti radiologických asistentů pracujících na odděleních radiodiagnostiky v oblasti radiační ochrany. Následně jsou v práci srovnány znalosti radiologických asistentů podle úrovně dosaženého vzdělání, absolvování zkoušky ZOZ na SÚJB a místa výkonu práce.

Vstupní studijní literatura:

SÚKUPOVÁ, Lucie. Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi. Praha: Grada Publishing, 2018, 273 s. ISBN 978-80-271-0709-4.

PODZIMEK, František. Radiologická fyzika: Ochrana před ionizujícím zářením. Praha: České vysoké učení technické, 2022. ISBN 9788001069714.

Zákon č. 263/2016 Sb. atomový zákon

Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje



## POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI

### Vyhledávací kritéria:

**Klíčová slova v ČJ:** radiační ochrana, radiodiagnostika, radiologický asistent, účinky ionizujícího záření, znalosti

**Klíčová slova v AJ:** radiation protection, radiodiagnosis, radiology technologist, effects of ionising radiation, knowledge

**Jazyk:** český, anglický

**Období:** 2000–2024

**Další kritéria:** plný text práce, abstrakt v českém/anglickém jazyce, recenzovaná periodika



**Databáze:** EBSCO, Medvik, Pubmed



### Vyřazující kritéria:

- duplicita článků
- články neodpovídající tématu
- nedostupný plný text publikace



### Použité publikace:

- 29 článků a elektronických zdrojů
- 6 knižních publikací
- 5 zákonných norem

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 Historie radiační ochrany

Počátek historie radiační ochrany sahá až k samotnému objevu paprsků rentgenového záření C. W. Röntgenem v roce 1895. Už od počátku bylo rentgenové záření používáno pro radiodiagnostiku a navigaci při chirurgických zákrocích. (David, 2018) Zprvu odborníci nechtěli neviditelnému záření připisovat nějaké škodlivé účinky na lidský organismus. Postupně si však společnost začala všimnout i nevýhod této metody. Mezi první hlášené reakce lidského organismu na záření patřily popáleniny kůže, dermatitida, ztráta vlasů a poškození očí. V návaznosti na tuto skutečnost začaly vznikat první bezpečnostní opatření pro ochranu zdraví. Např. Wolfram Conrad Fuchs ze Chicaga doporučoval umístit rentgenku alespoň 30 cm od těla a provádět co nejkratší expozice. Bostonský zubař William Rollins navrhoval používání ochranných trubic, brýlí z olovnatého skla a kolimaci paprsků. Tyto podněty k radiační ochraně začaly zaznamenávat radiologické společnosti napříč světem, např. Röntgen (předchůdce Britského radiologického institutu) nebo Německá společnost Röntgen. Společnosti začaly v návaznosti na tyto podněty vydávat svá pravidla a doporučení pro používání rentgenového záření. (Malone, 2020)

V roce 1928 se konal Mezinárodní radiologický kongres ve Stockholmu. Na tomto kongresu byl přijat dokument Mezinárodní doporučení pro rentgenovou a radiovou ochranu. Byl vypracován v angličtině, němčině a francouzštině. (Malone, 2020) Na tomto kongresu byla zároveň založena Mezinárodní komise radiologické ochrany (International Commission on Radiological Protection – ICRP) Původně ICRP publikovala články v různých vědeckých časopisech, v dnešní době má sérii vlastních publikací. (SÚJB, 2009) ICRP postupně začala přijímat limity ozáření. Roku 1934 byly stanoveny dávkové limity pro ochranu pracovníků 0,2 R/den (asi 2 mGy/den). Později, v rozmezí let 1956–1958, byly určeny limity dávky pro celé tělo, pohlavní žlázy a kostní dřeň 5 rem/rok (asi 50 mSv/rok) a pro zbylé orgány 15–75 rem/rok (150–750 mSv/rok). Roku 1991 vydala ICRP Doporučení č. 60, kterým byl stanoven systém radiační ochrany, platný principiálně do dnešní doby. Toto doporučení bylo nadále zpracováváno, např. Mezinárodní agentura pro atomovou energii ve Vídni (IAEA) vytvořila v roce 1996 na základě tohoto doporučení Basic safety standards (BSS). Evropská unie zformulovala Směrnici Rady Evropy 96/29, která je základem pro legislativu EU v oblasti radiační ochrany. (Prouza, 2008)

## 1.1 Historie radiační ochrany v České republice

Informace o škodlivých vlivech rentgenového záření na lidský organismus se začaly dostávat i k odborníkům z Česka. Proto byl v roce 1919 zřízen Radiologický ústav v Praze, který začal přijímat doporučení radiační ochrany ze zahraničí. (SÚJB, nedatováno) Začaly vznikat i první ochranné pomůcky pro práci s radioaktivními zářiči. Vývojem ochranných pomůcek se v této době zabýval F. V. Novák, který dával doporučení i v oblasti organizace radiační ochrany. Další významnou osobou, která přispěla k rozvoji radiační ochrany v českých zemích, byl dermatolog K. Gawalowski, který přinesl návrh na zkrácení pracovní doby a prodloužení dovolené radiologických pracovníků. V roce 1942 J. Teinsinger a J. Pirchan vznesli návrh pro zřízení státního úřadu pro kontrolu rentgenových pracovišť. Velký rozvoj zaznamenala radiační ochrana v poválečném Československu. Začaly se provádět pravidelné kontroly na diagnostických (jednou za tři roky) a terapeutických (jednou ročně) pracovištích. Jako zajímavost můžu uvést, že podle Zprávy o ochraně zdraví rentgenologů a osob pracujících na rentgenologických a radioterapeutických pracovištích z roku 1960 byly tři čtvrtiny z provozovaných diagnostických přístrojů nevyhovujících. Dále měli pracovníci dle směrnice ministerstva zdravotnictví zkrácenou 36hodinovou týdenní pracovní dobu a byly zavedeny pravidelné zdravotně preventivní prohlídky. Po změně politického systému v roce 1989 převzaly kontrolu nad radiační hygienou hygienické stanice. (Golisová, 2014) Z důvodu velkého celosvětového rozvoje radiační ochrany a s přibýváním požadavků na žadatele nebo držitele povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření vznikla potřeba založení nezávislého orgánu. Proto byl 1. ledna 1993 založen Státní úřad jaderné bezpečnosti (SÚJB). Tento úřad vykonává státní dozor v celé oblasti využívání jaderné energie a ionizujícího záření. V roce 1995 vznikl Státní úřad radiační ochrany (SÚRO), jako informační a výzkumný orgán v oblasti radiační ochrany. (SÚJB, nedatováno)

## 2 Biologické účinky ionizujícího záření

Následkem ozáření živého organismu ionizujícím zářením může vzniknout velké množství poškození. Jde např. o poškození kůže, kataraktu, neplodnost, poškození plodu u těhotných žen, při vysokých dávkách vznik solidních tumorů nebo leukémie. Konkrétněji jsou poškození rozepsána níže. Při ozáření živého organismu ionizujícím zářením dochází k poškození chemické vazby v buňkách. Toto poškození se následně může projevit biologickým poškozením. Čas, který uplyne od chemického poškození po biologický projev poškození, může být různý. Podle této doby můžeme rozdělit účinky ionizujícího záření na organismus na časné a pozdní. O časném poškození mluvíme v případech, že se projeví v řádu hodin až dnů od ozáření, a pozdní účinky záření (např. vyvolání rakoviny) se mohou projevit i za několik let od ozáření. Avšak častějším dělením účinků ionizujícího záření je dělení dle charakteristiky poškození. A to na účinky stochastické a deterministické. (Súkupová, 2018)

### 2.1 Deterministické účinky ionizujícího záření

Deterministické účinky ionizujícího záření se projeví po zabití nebo poškození velké skupiny buněk v důsledku ozáření tkáně vysokými dávkami. Vznik tohoto poškození je charakterizován prahovou dávkou, kterou je potřeba překročit, aby poškození vzniklo. Prahová dávka je jiná pro různé tkáně. Míra poškození se se vzrůstající dávkou zvyšuje. Pokud není prahová dávka překročena, poškození se neprojeví. Poškození buněčné populace v tkáni se ukáže odpovídajícím klinickým obrazem. Míra poškození a jeho závažnost stoupá s rostoucí dávkou. (Havránková, 2020) V návaznosti na poškození začíná fungovat reparační mechanismus buněk, z tohoto důvodu nemůžeme deterministické účinky záření počítat v delším časovém období. Lidský organismus je odolnější k frakcionovaným dávkám (vyšší prahové dávky), než k dávkám jednorázovým (menší prahové dávky). Mezi konkrétní deterministické účinky ionizujícím zářením patří katarakta, poškození kůže, neplodnost, akutní radiační syndrom, poškození plodu nebo kardiovaskulární onemocnění.

V radiodiagnostice se deterministické účinky vyskytují jen zřídka, a to u pacientů po náročných intervenčních výkonech nebo u lékařů, kteří často vykonávají intervenční zákroky. (Súkupová, 2018) Díky prahovým dávkám pro každou tkáň je radiační ochrana proti deterministickým účinkům relativně jednoduchá, pokud není prahová dávka překročena, deterministické účinky se neprojeví. Radiační ochrana tedy spočívá v hlídání dávek, aby nepřekročily danou prahovou úroveň. Viz princip limitování. (Seidl, 2012)

## **Katarakta**

Zákal oční čočky může vzniknout z důvodu usmrcení nebo poškození buněk a jejich následnému nahromadění v oční čočce. Jako jednorázová dávka pro vznik katarakty se uvádí 0,5 až 2 Gy a pro frakcionovanou dávku práh 5 Gy. Latence takového onemocnění může trvat až desítky let. Dávka záření výrazně ovlivňuje latentní období. Obecně lze konstatovat, že čím vyšší je dávka, tím kratší je latentní doba.

## **Poškození kůže**

Časný přechodný erytém se objeví po ozáření jednorázovou dávkou 2 Gy nejpozději do 24 hodin, toto poškození kůže je podobné spálení od slunce. Závažnější erytém způsobený zánětlivou reakcí kůže se objevuje po 8–10 dnech po ozáření jednorázovou dávkou cca 7 Gy, projevuje se jasně červenou barvou a je doprovázen pocitem tepla a svědění. Rozsah těchto reakcí a doba zotavení závisí na obdržené dávce a objemu (ploše) ozářené kůže. Pokud je dávka ozáření okolo 15 Gy dochází k ulceraci. Jedním z účinků záření je také alopecie, ta vzniká při ozáření kůže dávkou 3 Gy, v takovém případě je reverzibilní. Při vyšších dávkách nad 7 Gy je irreverzibilní.

## **Neplodnost**

Poškození fertility vzniká po ozáření pohlavních žláz. U žen jsou poškozena nezralá vajíčka. Ke snížení plodnosti dochází po dávce 0,65–1,5 Gy a ke sterilitě po dávce nad 6 Gy. Dávka, při které dochází k poškození, závisí na věku ženy, s rostoucím věkem dávka klesá v důsledku nižšího počtu vajíček. U mužů se poškození projevuje ztrátou pohlavních buněk, tato ztráta může být dočasná (už od dávky 2,5 Gy) nebo trvalá (5–6 Gy). (Christofides et al., 2014)

## **Akutní radiační syndrom**

Akutní radiační syndrom (ARS) vzniká po jednorázovém celotělovém ozáření, pokud dávka přesáhne 1 Gy a postihne více než 60 % povrchu těla. S tímto poškozením se během běžné praxe nesetkáváme, objevuje se během havárií např. nehoda jaderného reaktoru. Dle závažnosti rozlišujeme čtyři formy akutního radiačního syndromu. Po ozáření dávkou 1–2 Gy vzniká lehká forma ARS, projevuje se bolestí hlavy, nevolností a zvracením. Po dávce 3–6 Gy se projevuje hematopoetická forma ARS, dochází k poškození kostní dřeně a krvetvorby. Gastrointestinální forma vzniká po ozáření dávkou 6–15 Gy, poškozeny jsou buňky střevní výstelky. Projevuje se zvracením, průjmem, dochází k metabolickému rozvratu. Neurovaskulární forma ARS

se projevuje po dávce 20–50 Gy. Projevuje se zmateností, křečemi, vzniká edém mozku a srdeční selhání. (Pelclová, 2014)

## 2.2 Stochastické účinky ionizujícího záření

Stochastické účinky na tkáň vznikají změnami v genetické informaci buněk, tedy mutacemi. Neexistuje zde prahová dávka jako u účinků deterministických, ale se zvyšující se efektivní dávkou roste pravděpodobnost výskytu poškození. Jde tedy o účinky náhodné. Nemůžeme určit, zda onemocnění vyvolalo ozáření nebo některý z jiných rizikových faktorů. Poškození genetické informace můžeme pozorovat v somatických buňkách, kde může způsobit vznik nádorů, nebo v genetických buňkách, kdy se mutace může přenést na potomstvo. (Ondřej, 2013) Každá tkáň je pro vznik nádorů po ozáření jinak citlivá. Mezi nejcitlivější řadíme kostní dřeň, žaludek, tlusté střevo, plíce a mléčnou žlázu. Stochastické účinky jsou zpravidla účinky pozdní. (Havránková, 2020)

Hlavním cílem radiační ochrany je pak předejít vzniku deterministických účinků a snížit riziko vzniku stochastických účinků na minimum, jak je možné rozumně dosáhnout při uvažování ekonomických a sociálních aspektů. (Súkupová, 2018)

*Tabulka 1 Hlavní účinky ionizujícího záření na člověka*

ČASNÉ	POZDNÍ		
Somatické			Genetické
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akutní nemoc z ozáření</li> <li>• Akutní lokální změny</li> <li>• Akutní radiodermatitida</li> <li>• Poškození fertility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chronická radiodermatitida</li> <li>• Katarakta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zhoubné nádory</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genetické účinky u potomstva</li> </ul>
• poškození vývoje plodu			
Deterministické		Stochastické	

*Zdroj: Havránková, 2020*

### Účinky záření na lidský plod

Před každým výkonem s použitím ionizujícího záření je povinností indikujícího lékaře a radiologického asistenta zjistit, zda pacientka není těhotná. (SÚJB, 2009) Při vyšetření gravidních pacientek by měla být v praxi zvolena zobrazovací metoda, při které se nevyužívá ionizujícího záření. V některých případech se však vyšetření pomocí ionizujícího záření nelze

vyhnout. V takové situaci je potřeba si uvědomit rizika, která při takovém vyšetření mohou vzniknout pro plod. Obecně platí, že při vyšetřeních mimo oblast pánve a břicha je dávka na plod velmi nízká, až zanedbatelná. To se týká jak skiagrafičtých metod, tak i skiaskopických, CT nebo intervenčních výkonů. Riziko ovšem vzniká při vyšetřeních v oblasti břicha a pánve. Neplatí tedy zažitá praxe, že by se gravidní žena nemohla vyšetřit, i když jde o vyšetření oblastí vzdálených od dělohy. Pokud je však plod v blízkosti nebo přímo v poli primárního svazku, může dojít k jeho ozáření. V takovém případě vzniká riziko vzniku deterministických i stochastických účinků. Deterministické účinky na lidský plod jsou malformace, poruchy růstu, vrozené vady, samovolný abort nebo úmrtí novorozence. Stochastické účinky jsou vznik leukémie nebo solidních tumorů. Vliv ionizujícího záření na vývoj plodu závisí nejen na velikosti dávky, ale i na stádiu gravidity. Plod je v různých vývojových fázích jinak radiosenzitivní. Největší radiosenzitivitu u plodu zaznamenáváme v období organogeneze (3.–8. týden těhotenství). Jako prahová dávka pro vznik deterministických účinků na plod se uvádí 100 mSv. (Pelclová, 2014)(Súkupová, 2017)

## **3 Principy a způsoby radiační ochrany**

### **3.1 Principy radiační ochrany**

Jak už bylo řečeno dříve, hlavním cílem radiační ochrany je zamezit vzniku deterministických účinků a vznik stochastických účinků snížit na co nejmenší riziko. K naplnění tohoto cíle slouží čtyři základní principy radiační ochrany. Jde o princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip limitování dávek a princip bezpečnosti zdrojů. (Súkupová, 2018) Tyto principy byly zavedeny již v roce 1977 prostřednictvím publikace ICRP č. 26. Následně byly v roce 1991 doplněny a dále zpracovány v publikaci ICRP č. 60 a v Základním bezpečnostním standardu BSS IAEA 1996. (SÚRO, 2023)

#### **3.1.1 Princip zdůvodnění**

Princip zdůvodnění činnosti vedoucí k ozáření osob se zakládá na skutečnosti, že použití ionizujícího záření v lékařství musí být opodstatněno. Tedy zdůvodněno dostatečným přínosem pro ozářenou osobu nebo společnost, aby došlo ke kompenzaci případné újmy způsobené ozářením. Z každého výkonu, při kterém je použito rentgenovo záření, musí vznikat pro pacienta benefit, např. odhalení onemocnění nebo zlepšení zdravotního stavu pacienta. Súkupová uvádí že až 30 % radiodiagnostických výkonů nejsou správně indikované a přispívají ke zbytečnému ozáření pacienta, jde tedy o nezdůvodněné radiodiagnostické výkony. Ke zlepšení v této problematice slouží dokument Indikační kritéria pro zobrazovací metody, který byl vydán ve Věstníku MZ ČR v roce 2003. Tento dokument slouží jako návod a vzdělávací materiál pro indikující lékaře, většinou neradiology. (Súkupová, 2018) (Seidl, 2012) Z důvodu velkého rozvoje v oblasti zobrazovacích metod je tento dokument v dnešní době zastaralý. Aktuální indikační kritéria pro skiografii dospělých jsou k dohledání ve věstníku MZ ČR č. 3/2019 v Národních radiologických standardech pro skiografii dospělých. (SÚJB, 2021)

#### **3.1.2 Princip optimalizace**

Dalším principem radiační ochrany je princip optimalizace. Ten nám říká, že je potřeba zajistit co nejmenší individuální dávky pacientů a co nejmenší pravděpodobnost a počet ozáření. Stále ovšem musíme přihlížet k aktuálním odborným poznatkům a ekonomickým a společenským hlediskům. Princip optimalizace bývá nazýván jako princip ALARA. Jde o zkratku slov „As low as reasonably achievable“, což můžeme přeložit jako „Tak nízké, jak je



rozumně dosažitelné“. Při lékařském ozáření tedy musí být také přinesena co nejlepší diagnostická informace za použití co nejmenší možné dávky pro pacienta. (Súkupová, 2018)

K optimalizaci lékařského ozáření v radiodiagnostice a intervenční radiologii slouží diagnostické referenční úrovně (DRÚ). V případě DRÚ nejde o závazné limity dávek, ale o úrovně dávek, které slouží k posouzení toho, že v běžných podmínkách nedosáhla pacientova dávka při daném výkonu neobvykle vysoké nebo nízké hodnoty. Tyto hodnoty jsou stanoveny pro ozáření standardního pacienta (dospělý pacient s hmotností 70 kg). Pokud jsou na pracovišti tyto hodnoty opakovaně překračovány, mělo by zdravotnické zařízení lépe optimalizovat radiační ochranu na pracovišti a zhodnotit možné příčiny vysoké radiační zátěže pacientů. (SÚJB, 2021) (SÚRO, 2023)

Rozlišujeme národní a místní diagnostické referenční úrovně. Národní diagnostické referenční úrovně jsou předepsány ve Vyhlášce 422/2016 o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, konkrétně v příloze č. 22 vyhlášky. Ve vyhlášce jsou uvedeny NDRÚ pro skiagrafická vyšetření dospělých, pro skiagraficko-skiaskopická a skiaskopická vyšetření dospělých, pro vyšetření dospělých v intervenční radiologii, pro vyšetření dospělých výpočetní tomografií, pro mamografická vyšetření, pro zubní vyšetření dospělých a pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně. Místní diagnostická referenční úroveň (MDRÚ) se určuje jako průměr středních dávek na jednotlivých přístrojích na pracovišti. Návod na stanovení a kontrolu MDRÚ nalezneme v Národních radiologických standardech. Pokud jsou MDRÚ vyšší, než NDRÚ musí být zjištěny příčiny a možnosti, jak dávky snížit. Pokud je provoz na pracovišti optimalizován a dávky už dále snížit nelze, musí zdravotnické zařízení uvést důvod vyšší MDRÚ nad NDRÚ. (Súkupová, 2018) (Vyhláška 422/2016 Sb.)

Dle atomového zákona je povinností každého, kdo vykonává činnost v rámci expozičních situací, provést optimalizaci radiační ochrany na svém pracovišti. V rámci této povinnosti se stanovují varianty zajištění radiační ochrany na pracovišti, ze kterých je následně vybrána nejvhodnější pro zajištění radiační ochrany a snížení dávek pacientů a pracovníků. Optimalizace probíhá před začátkem činnosti, ale i během průběhu činnosti, tak aby byla radiační ochrana na pracovišti vždy co nejlépe optimalizována. Každý postup optimalizace musí být zapsán v příslušné dokumentaci, tj. Postup optimalizace radiační ochrany. (Zákon č. 263/2016 Sb.)

### 3.1.3 Princip limitování dávek

Lékařské ozáření nepodléhá limitům, proto nejsou pro pacienty stanoveny limity dávek. V případě, kdy by pro lékařské ozáření existovaly dávkové limity, mohlo by docházet k omezování zdravotního a diagnostického přínosu pro pacienty. Regulace lékařského ozáření se tedy řídí prvními dvěma principy. V jiných případech jsou dávkové limity stanoveny. Jde o limity pro učně a studenty, pro obecnou populaci a pro radiační pracovníky, tedy i pro pracovníky v lékařství. Na rozdíl od DRÚ nemohou být tyto limity překročeny. (Súkupová, 2018) (Súkupová, 2017) Konkrétní dávkové limity jsou udány ve vyhlášce č. 422/2016 Sb., pro lepší přehlednost uvádím v tabulce.

*Tabulka 2 Přehled limitů ozáření*

<b>Veličiny</b>	<b>Obecná populace</b>	<b>Radiační pracovníci</b>	<b>Učni a studenti do 18 let</b>
Efektivní dávka za rok	1	50	6
Efektivní dávka za 5 po sobě následujících letech	5	100	-
Ekvivalentní dávka v oční čočce	15	150	50
Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm <sup>2</sup> kůže za rok	50	500	150

*Zdroj: Seidl, 2018*

V případě, kdy u radiačního pracovníka dojde k překročení limitu, musí tento pracovník přerušit práci se zdrojem ionizujícího záření, dokud nebude posouzena jeho zdravotní způsobilost k další práci se zdrojem ionizujícího záření.

Dávky pro personál musí být samozřejmě nějakým způsobem hlídány a kontrolovány. Za tímto účelem vznikl Národní program monitorování. Tento dokument udává pravidla pro zajištění radiační situace po celé České republice a zároveň upravuje systém předávání dat do datového střediska SÚJB. Monitorování osobních dávek tedy probíhá v souladu s tímto dokumentem. (SÚJB, 2018)

### **Osobní monitorování dávek radiačních pracovníků**

Na každém radiodiagnostickém pracovišti musejí být monitorovány dávky záření, které pracovníci obdrží, ať už jde o zevní nebo případně vnitřní ozáření. K tomuto účelu slouží osobní dozimetrie. Úkolem osobního monitorování je ověřování, zda nedošlo k překročení limitů

osobního dávkového ekvivalentu a osobního dávkového ekvivalentu na kůži za rok. (Súkupová, 2018) (Ullmann, nedatováno)

Podle Atomového zákona je povinností každého držitele povolení k vykonávání činností v rámci expozičních situací nebo registranta poskytnout radiačním pracovníkům kategorie A dozimetry pro osobní monitorování. Pracovníci kategorie B mohou být vybaveni osobním dozimetrem, ale jejich monitorování může být zajištěno také výpočtem dávky z údajů o monitorování pracoviště. (Zákon č. 263/2016 Sb.) Tyto dozimetry jsou v případě radiačních pracovníků kategorie A vyhodnocovány jednou za měsíc. V situaci, kdy dojde k nehodě a je možné jednorázové ozáření pracovníka, musí být ihned zajištěno vyhodnocení osobního dozimetru. Vyhodnocování vykonává dozimetrická služba, která následně poskytuje data pracovišti, pracovníkovi a na SÚJB. Dozimetr nosí pracovníci na referenčním místě, jde o přední levou stranu hrudníku, což je mezinárodně přijaté místo pro hodnocení celotělového ozáření. V případě použití ochranné vesty je dozimetr umístěn vně. Radiační pracovník je vybaven dalšími dozimetry v případě, že jeden neměří všechny druhy záření, které přispívají k vnějšímu ozáření osoby nebo v případě, kdy jeden nestačí pro změření přesné efektivní a ekvivalentní dávky, které určují limity. Pracovníci, u kterých je vysoká radiační zátěž na prstech např. na angiografických pracovištích, nosí spolu s osobním dozimetrem ještě dozimetr prstový. (Seidl, 2012) (Kubinyi et al., 2018)

### **3.1.4 Princip bezpečnosti zdrojů**

Poslední z principů radiační ochrany je princip bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření a bezpečného zacházení s nimi. Tento princip nám říká, že každý zdroj ionizujícího záření musí být dostatečně zabezpečen tak, aby nebylo možné nad přístrojem ztratit kontrolu za předvídatelných podmínek. (Hušák, 2009) Všechny zdroje tedy musí procházet periodicky se opakujícími kontrolami. Při kontrolách se hodnotí stabilita a spolehlivost zdroje. (Súkupová, 2018) Před tím, než se zdroj ionizujícího záření začne používat, musí proběhnout přijímací zkouška. Cílem přijímací zkoušky je kontrola, zda nové zařízení splňuje všechny technické náležitosti a vlastnosti, které uvádí výrobce. Následně dále probíhají pravidelné zkoušky dlouhodobé stability, které se u významného zdroje pro lékařské ozáření v radiodiagnostice nebo v intervenční radiologii opakují každých dvanáct měsíců. Zkouška dlouhodobé stability se provádí také v případě, kdy dojde k chybné funkci přístroje, po opravě zdroje nebo po jeho kalibraci. S nejvyšší četností se provádějí zkoušky provozní stálosti. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.) (SÚRO, 2024)

## **3.2 Způsoby radiační ochrany**

Základními faktory, které určují obdrženu dávku, jsou intenzita ionizujícího záření, druh a energie záření, doba expozice a geometrické podmínky (vzdálenost, stínění). Existují tedy tři základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením, jde o ochranu časem, vzdáleností a stíněním. (Ullmann, nedatováno)

### **3.2.1 Ochrana časem**

První princip nám říká, že je důležité nevystavovat se záření zbytečně dlouho, protože velikost dávky je přímo úměrná času strávenému u zdroje ionizujícího záření. Tohoto cíle můžeme dosáhnout např. nepobýváním ve vyšetřovně v době expozice, snížením expozičních časů při skiagrafických výkonech anebo volbou pulzního režimu s co nejmenším počtem pulzů/obrazů za sekundu rentgenky při skiaskopických výkonech. Skiaskopické přístroje jsou v dnešní době vybaveny signalizačním zvukovým zařízením, které po každých 5 minutách upozorní personál na délku ozařování. (Klener, 2000)

### **3.2.2 Ochrana vzdáleností**

Dalším způsobem radiační ochrany je ochrana vzdáleností. Spočívá ve skutečnosti, že dávka klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Je tedy potřeba se držet co nejdále od zdroje ionizujícího záření. (Súkupová, 2018)

Při skiaskopických výkonech by se měl veškerý zdravotnický personál, v případě, kdy je to možné, nacházet co nejdál od pacienta, který je zdrojem sekundárního záření. Sekundární rozptýlené záření je pro personál největším zdrojem ozáření při práci na radiodiagnostických odděleních. (IAEA, 2023)

Stejně jako u personálu platí i u pacientů způsob ochrany vzdáleností. Čím větší je vzdálenost ohniska rentgenky od povrchu těla pacienta, tím menší je dávka na kůži. (Seidl, 2012)

### 3.2.3 Ochrana stíněním

Třetím způsobem radiační ochrany je odstínění záření pomocí vhodného absorbujícího materiálu. Při stínění dochází k podstatné redukci intenzity záření nebo k úplnému odstínění záření. (Ullmann, nedatováno)

Při skiagrafických a CT vyšetřeních je ochrana stíněním zabezpečena stavebními úpravami (barytové omítky, okénko z olovnatého skla, dveře s olovenou vložkou), díky kterým je zamezeno úniku sekundárního záření mimo vyšetřovnu, ve které se ve většině případů při vyšetření personál nenachází. Radiologický asistent nebo jiný zdravotnický personál se během vyšetření pohybuje v prostorách tzv. ovladovny, která je od vyšetřovny dostatečně odstíněná. Je-li potřebná přítomnost pomáhající osoby ve vyšetřovně např. při vyšetření malého dítěte, jde o doprovázející osobu, rodiče nebo zdravotní sestru. Doprovod pacienta musí být řádně poučen o rizicích, být zapsán do sešitu s datem vyšetření, jménem pacienta a typem vyšetření a je nutné vyjádření písemného souhlasu. Samozřejmostí je použití ochranných osobních pomůcek. (Seidl, 2012)

Při práci u rentgenového svazku během skiaskopických výkonů používáme ochranné stínící pomůcky, jako zástěry, límce na ochranu štítné žlázy, brýle, závěsná stínění nebo mobilní zástěny. Ochranné pomůcky musí být pravidelně skiaskopicky kontrolovány, aby byla zamezena práce s nekvalitními nebo poškozenými pomůckami s narušenou celistvostí. Osobní ochranné pomůcky mají daný ekvivalent stínění. U ochranných zástěr obsahujících olovo je tloušťka stínící vrstvy 0,25 mm Pb, 0,35 mm Pb, 0,5 mm Pb nebo 1 mm Pb. U límců na ochranu štítné žlázy nesmí být tloušťka menší než 0,35 mm Pb. Čím větší je stínící ekvivalent, tím je odstíněno více sekundárního záření. Se zvětšující se vrstvou Pb však stoupá hmotnost pomůcek, což může být překážka např. při dlouhých intervenčních výkonech.

Olovená zástěra může snížit obdrženou dávku o více než 90 % v závislosti na energii rentgenového záření a tloušťce oloveného ekvivalentu zástěry. Olovená zástěra s ekvivalentem olova 0,35 mm by měla být pro většinu skiaskopických postupů dostačující. Možné je i použití olovených rukavic, ale pouze v případě, že se ruce nacházejí mimo primární svazek záření. V opačném případě automatický systém řízení expozice spustí zvýšení expozice (kV), což zvýší dávku na ruce i dávku pro pacienty a personál. Při ochraně před rozptýleným zářením se využívá také závěsné stínění, to může být stropní nebo stolní. Stropní stínění bývá obdélníkového tvaru s vykrojeným jedním rohem. Toto vykrojení slouží k přiblížení stínění co nejbližší k pacientovi. (IAEA, 2023) (Súkupová, 2018)

### 3.3 Další technické aspekty radiační ochrany v radiodiagnostice

Ke snížení dávek lékařů na skiaskopických sálech bylo přispěno změnou umístění rentgenky. Dříve byla rentgenka umístěována nad pacientem a detektor obrazu pod pacientem. Současné studie však ukázaly, že pokud umístíme detektor obrazu nad pacienta a rentgenku pod něj, operatér může dosáhnout snížení dávkových příkonů v oblasti hlavy až o 99 %, v oblasti hrudníku o 90 % a v oblasti břicha až o 40 %. Zároveň je nejlepší umístění detektoru co nejbližší k pacientovi. Snížení vzdálenosti pacienta od detektoru obrazu z 20 cm na 5 cm může vést k redukci dávky na vstupu pacienta o 60 %, což má za následek redukci množství rozptýleného záření. Měření ukázala, že rozptýlené záření z těla pacienta je intenzivnější na vstupní straně rentgenového svazku, tj. na straně, kde se nachází rentgenka. Proto je lepší stát během skiaskopického výkonu na straně detektoru, tedy na straně výstupu, a nikoli na straně u rentgenky. Na výstupní stranu obvykle dopadá jen asi 1 % až 5 % záření dopadajícího na tělo pacienta. Pokud tedy lékař stojí na straně procházejícího svazku, setká se s rozptýleným zářením odpovídajícím pouze 1 % až 5 % intenzity vstupního svazku, zatímco na druhé straně se setká s rozptýleným zářením odpovídajícím 100 % intenzity vstupního svazku. Vliv na dávku má také zvolená projekce. Při použití šikmé projekce, musí záření projít silnější částí pacientova těla. Tím dochází ke zvýšení parametrů expozice (kV), aby byla zachována kvalita obrazu. (IAEA, 2023) (Súkupová, 2018)

S rozvahou by také měl být využíván zoom (zvětšení) obrazu. S rostoucím zvětšením roste dávka. U moderních přístrojů je již samozřejmostí použití elektronického zoomu, při kterém nedochází k zvětšení dávky. (Súkupová, 2018)

Velkou rolí ve velikosti obdržené dávky pacienta hraje volba expozičních parametrů. Při zvýšení napětí (kV) na rentgence roste pronikavost svazku, ale také množství fotonů, jde tedy o kvantitativní i kvalitativní změnu. V případě, že nedojde ke snížení elektrického množství (mAs), vzroste dávka pacientovi. Proto platí pravidlo, že při zvýšení napětí musí dojít ke snížení hodnoty mAs, jde o kvantitativní změnu. Většina moderních zobrazovacích systémů založených na rentgenovém záření má nějaký druh automatické kontroly expozice. V radiologii jsou do detektoru obrazu zabudovány ionizační komůrky, které detekují, kdy detektor obdržel cílovou dávku, což umožňuje algoritmu automatické kontroly expozice určit optimální velikost expozičních parametrů. AEC pracuje na principu, kdy při získání snímku dostatečné kvality, ukončí expozici. Použití AEC snižuje dávku pacientovi. (Marsh, Silosky, 2019)(Seidl, 2012)

Při snímkování pacienta je potřeba správné vymezení svazku záření. Při kolimaci svazku na co nejmenší oblast zájmu dochází ke snížení dávky pacienta. Zároveň dochází ke zlepšení kontrastu obrazu díky menšímu množství sekundárního záření. (Seidl, 2012)

K odstranění nízkoenergetického záření ze svazku (vytvzování svazku), které přispívá k vyšší dávce pacientovi, slouží filtrace. Všechny diagnostické přístroje musí být vybaveny filtrací vlastní (okénko krytu rentgenky, chladicí olej) a filtrací přídatnou. Při provozu nad 70 kV má být tloušťka filtrace alespoň 2,5 mm Al. Rentgenky pro mamografii mají filtraci 30  $\mu\text{m}$  Mo nebo 60  $\mu\text{m}$  Rh. Při vytvzování však dochází k poklesu kontrastu obrazu. (Bushong, 2008)

### **Specifika radiační ochrany u dětí**

Velkou pozornost musíme věnovat radiační ochraně při vyšetřování dětí kvůli jejich vyšší radiosenzitivitě oproti dospělým. IAEA zveřejnila data, podle kterých je dětský organismus až desetkrát citlivější k ionizujícímu záření než dospělý. Větší radiosenzitivita je způsobena skutečností, že dětský organismus se stále vyvíjí a má velký počet dělících se buněk. U dětí je také delší očekávaná doba dožití, a tedy větší pravděpodobnost vzniku pozdních účinků ionizujícího záření. V potaz musíme brát také opakování vyšetření a sčítání pravděpodobnosti poškození z jednotlivých vyšetření. Rizika spojená s radiodiagnostickými vyšetřeními jsou však tak malá, že i jejich součet je zanedbatelný.

Stejně jako u dospělých musí být každé lékařské ozáření dítěte dostatečně zdůvodněno. Pokud existuje metoda, která nevyužívá ionizujícího záření, ale dokáže přinést stejnou diagnostickou informaci jako metoda využívající ionizující zařízení, měl by indikující lékař zvolit tuto metodu.

Podstatným faktorem pro radiační ochranu dětí a snížení dávky je nastavení a přizpůsobení radiodiagnostických přístrojů a výběr vyšetřovacích protokolů pro dětské pacienty, které jsou specifikovány podle hmotnosti dítěte. Úlohou radiologického asistenta je tedy správně vymežit oblast zájmu pomocí primárních clon. IAEA také nedoporučuje používání expoziční automatiky (AEC) u dětských pacientů. Rozmístění ionizačních komůrek na skiagrafičeských přístrojích vyhovuje velikosti dospělého člověka, v případě vyšetření malého dítěte nemusí oblast zájmu dostatečně překrývat ionizační komůrku a může být obtížnější získat kvalitní obraz. Z tohoto důvodu je doporučováno pracovat v manuálním režimu. Při práci s napětím pod 70 kV a tloušťkou zkoumaného objektu pod 10 cm není nutné aplikovat protirozptylovou mřížku. Tato podmínka často platí u dětských pacientů, a proto IAEA nedoporučuje používání

mřížky při pediatrické radiologii. V případě, že mřížka je použita, nedojde k významnému zlepšení kvality obrazu, pouze se zvýší dávka o 3–5krát.

Při skiaskopických vyšetřeních platí pro dětské pacienty totožná pravidla jako pro dospělé: umístění detektoru co nejbližší k pacientovi, rentgenka má být umístěna co nejdál od pacienta, využití nízko dávkového módu, použití pulzní skiaskopie a digitálního zoomu. Při CT vyšetření využíváme speciální pediatrické protokoly. Protokoly bývají určeny dle hmotnosti a diagnózy pacienta. Ke snížení radiační zátěže používáme nižší kV než u dospělých, zároveň dojde ke zvýšení kontrastu. Ke snížení dávky pomáhá použití iterativních rekonstrukčních technik, jež vedou k potlačení šumu. V takovém případě můžeme vyšetřovat při nižších hodnotách Kermového indexu výpočetní tomografie (CTDI). Jako prevence ozáření oční čočky při CT mozku je potřeba sklopit gantry podle orbitomeatální linie nebo podložit hlavu dítěte, aby se svazek záření vyhnul oku. (Daníčková, 2014) (IAEA, 2023)



## 4 Systém zajištění radiační ochrany

### 4.1 Legislativa upravující systém zajištění radiační ochrany

V České republice existuje několik legislativních norem, které upravují náležitosti spojené s mírovým využíváním jaderné energie a ionizujícího záření na našem území. Dle jejich ustanovení se řídí provoz na radiodiagnostických pracovištích. Konkrétně jde o Zákon č. 263/2016 Sb. – Atomový zákon a jeho prováděcí předpisy:

- 422/2016 Sb. - Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- 409/2016 Sb. - Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta
- 60/2016 Sb. - Vyhláška o monitorování radiační situace
- 359/2016 Sb. - Vyhláška o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události
- 358/2016 Sb. - Vyhláška o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení
- 408/2016 Sb. - Vyhláška o požadavcích na systém řízení
- 162/2017 Sb. - Vyhláška o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona (SÚJB, nedatováno)

Poskytování specifických zdravotních služeb, mezi které patří také lékařské ozáření, upravuje Zákon č. 373/2011 Sb. o specifických zdravotních službách a jeho prováděcí předpis Vyhláška č. 422/2012 Sb. o stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření.

Dalším předpisem důležitým pro správný chod radiodiagnostického oddělení jsou Národní radiologické standardy (NRS) vydávány ve Věstníku MZČR. Jde o postupy při poskytování zdravotnických služeb, jejichž součástí je lékařské ozáření a ze kterých vycházejí Místní radiologické standardy (MRS) pro konkrétní pracoviště. Pro radiodiagnostiku existují Národní radiologické standardy Skiografie dětí (Věstník MZ č. 14/2022), Mamografie (Věstník MZ č. 3/2021), Intervenční kardiologie (Věstník MZ č. 13/2017), Skiografie dospělí (Věstník MZ č. 3/2019), Intervenční radiologie (Věstník MZ č. 10/2016) a Výpočetní tomografie (Věstník MZ č. 2/2016).

Konkrétní kroky k zajištění radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích podle platné legislativy budou rozebrány v následujících kapitolách.

## **4.2 Povolení k výkonu činnosti se zdrojem ionizujícího záření**

Každý, kdo chce vykonávat činnost v rámci práce se zdrojem ionizujícího záření, tj. i na radiodiagnostických pracovištích, musí od SÚJB získat povolení k této činnosti nebo musí úřad tuto činnost registrovat.

Povolení k činnosti v rámci diagnostiky je nutné v případě, kdy se nakládá se zdrojem ionizujícího záření, k jehož provozu je uživatel oprávněn na základě povolení. Povolení k činnosti se vydává na dobu neurčitou. Registrace zdroje je nutná při používání zubního nebo veterinárního rentgenu a při používání kostního denzitometru. (Zákon č. 263/2016 Sb.)

Při žádosti o povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření v případě používání zdrojů v radiodiagnostice musí žadatel v žádosti uvést identifikaci žadatele, údaje o činnosti a specifikaci pracoviště a zdrojů. V příloze žádosti poté dokládá odůvodnění činnosti, specifikaci zdrojů ionizujícího záření, popis vymezení sledovaného a kontrolovaného pásma, postupy optimalizace radiační ochrany, přehled pracovníků, kteří budou vykonávat činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, program monitorování, analýzu a hodnocení radiační mimořádné události, vnitřní havarijní plán, doklad o získání odborné způsobilosti a program zajištění RO. (SÚJB, nedatováno)

Fyzická osoba, která usiluje o vykonávání činnosti vyžadující povolení nebo registraci, musí být svéprávná, bezúhonná a odborně způsobilá. Právnícká osoba, která usiluje o vykonávání činnosti vyžadující povolení nebo registraci, musí být členem statutárního orgánu, jehož členové jsou osoby svéprávné, bezúhonné a alespoň jedna je odborně způsobilá. (Zákon č. 263/2016 Sb.)

## **4.3 Organizace pracoviště se zdrojem ionizujícího záření**

Stavba, uspořádání a vybavení pracoviště se zdrojem ionizujícího záření musí být realizovány tak, aby zajišťovaly adekvátní ochranu před radiačními riziky pro pracovníky, ostatní osoby a životní prostředí. V případě nehody je nezbytné zajistit rychlou a efektivní dekontaminaci jak osob, tak pracoviště. Schválení způsobilosti pracovišť pro manipulaci s ionizujícím zářením provádí zaměstnanci SÚJB.

### 4.3.1 Kategorizace pracovišť se zdrojem ionizujícího záření

Pracoviště, kde probíhá radiační činnost, se podle Atomového zákona dělí na pracoviště I., II., III. a IV. Kategorie.

Pracoviště I. kategorie je pracoviště, na kterém se nachází:

- a) drobný zdroj ionizujícího záření, který není schvalován Úřadem
- b) kostní denzitometr
- c) zubní nebo veterinární rentgenové zařízení
- d) kabinové rentgenové zařízení
- e) indikační nebo měřicí zařízení s uzavřeným radionuklidovým zdrojem a technické rentgenové zařízení, u kterého není vyžadováno vymezení kontrolovaného pásma

Pracoviště II. kategorie je pracoviště, na kterém se nachází:

- a) jednoduchý zdroj záření, ale pracoviště zároveň není zařazeno do I. kategorie
- b) rentgenový přístroj sloužící k radiodiagnostice nebo radioterapii, kromě kostního denzitometru, zubního nebo veterinárního rentgenu
- c) mobilní defektoskop nebo ozařovač s uzavřeným radionuklidovým zdrojem
- d) indikační nebo měřicí zařízení s uzavřeným radionuklidovým zdrojem a technické rentgenové zařízení, u kterého je vyžadováno vymezení kontrolovaného pásma
- e) mimotělní krevní ozařovač s uzavřeným radionuklidovým zdrojem

Pracoviště III. kategorie je pracoviště, na kterém se nachází:

- a) urychlovač částic, přístroj k radioterapii s uzavřeným radionuklidovým zdrojem nebo přístroj k ozařování předmětů s uzavřeným radionuklidovým zdrojem
- b) uznaný sklad
- c) místo, kde se získává radioaktivní nerost

Pracoviště IV. Kategorie je pracoviště, na kterém se nachází:

- a) jaderné zařízení
- b) úložiště radioaktivního odpadu

### 4.3.2 Kategorizace radiačních pracovníků

Podle Atomového zákona a Vyhlášky o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje se radiační pracovníci pro účely monitorování a pracovnělékařských služeb dělí

na pracovníky kategorie A a kategorie B. Radiační pracovníci jsou řazeni do příslušné kategorie v souladu s jejich možným zdravotním rizikem spojeným s ionizujícím zářením. Během zařazování radiačního pracovníka do příslušné kategorie se bere v úvahu předpokládané ozáření při běžném provozu a potenciální ozáření radiačního pracovníka. Pracovník je zařazen do kategorie A v případě, že by mohl obdržet efektivní dávku větší než 6 mSv/rok, ekvivalentní dávku na oční čočku větší než 15 mSv nebo ekvivalentní dávku na kůži a končetiny větší než 3/10 limitu. Pracovník, který toto nespĺňuje a podle atomového zákona je vyžadována kategorizace, je radiačním pracovníkem kategorie B. Pokud nastane situace, při které by mohlo dojít ke změně ozáření pracovníka, je povinností držitele povolení nebo registranta prověřit správné zařazení pracovníka do příslušné kategorie.

Radiačním pracovníkem mohou být pouze jednotlivci starší 18 let, kromě žáků a studentů ve věku 16 až 18 let, kteří jsou v průběhu svého studia povinni pracovat se zdroji ionizujícího záření. Žáci a studenti v tomto věku mohou být klasifikováni pouze do kategorie B. Pokud jsou žáci a studenti starší 18 let, mohou být klasifikováni do kategorie A nebo B v závislosti na povaze vykonávané činnosti. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

#### **4.3.3 Kategorizace zdrojů ionizujícího záření**

Atomový zákon také stanoví kategorie zdrojů ionizujícího záření. Zdroje ionizujícího záření rozlišujeme na nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné. Toto rozdělení odpovídá míře ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením.

Nevýznamné zdroje ionizujícího záření jsou:

- a) generátor s energií menší než 5 keV
- b) katodová trubice nebo jiné elektrické zařízení s rozdílem potenciálů menším než 30 keV a s příkonem dávkového ekvivalentu ve vzdálenosti 0,1 m od povrchu zdroje menším než 1  $\mu$ Sv/hod

Drobné zdroje ionizujícího záření jsou např.:

- a) generátor záření, který nepatří mezi nevýznamné nebo významné zdroje, stavěný tak, že ve vzdálenosti 1 m od zdroje není příkon dávkového ekvivalentu větší než 1  $\mu$ Sv/hod a příkon dávkového ekvivalentu na místech, kde je obsluha zařízení prováděna výhradně ručně nepřesahuje 250  $\mu$ Sv/hod
- b) přístroj obsahující uzavřený radionuklidový zdroj, který nepatří mezi nevýznamné nebo významné zdroje, stavěný tak, že ve vzdálenosti 1 m od zdroje není příkon

dávkového ekvivalentu větší než  $1 \mu\text{Sv/hod}$  a příkon dávkového ekvivalentu na místech, kde je obsluha zařízení prováděna výhradně ručně nepřesahuje  $250 \mu\text{Sv/hod}$

Jednoduchým zdrojem ionizujícího záření jsou zdroje, které nepatří do žádné jiné kategorie, jsou to např.:

- a) zubní rentgen
- b) kostní denzitometr

Mezi významné zdroje ionizujícího záření patří:

- a) generátor záření sloužící k lékařskému ozáření, s výjimkou drobných zdrojů
- b) urychlovač částic
- c) přístroje k radioterapii pomocí protonů, neutronů nebo s uzavřeným radionuklidovým zdrojem

Velmi významným zdrojem ionizujícího záření je jaderný reaktor.

#### **4.3.4 Kontrolované a sledované pásmo**

##### **Kontrolované pásmo**

Pracoviště, na kterém se nachází zdroj ionizujícího záření a zároveň zde lze předvídat překročení efektivní dávky na hodnotu vyšší než  $6 \text{ mSv/rok}$  nebo překročení ekvivalentní dávky radiačního pracovníka na kůži a končetiny více než  $3/10$  limitu nebo  $15 \text{ mSv}$  pro oční čočku, musí být kvalifikováno jako kontrolované pásmo. Na takovém pracovišti musí být provoz dokumentován a musí být zajištěna radiační ochrana každé fyzické osobě, která se na pracovišti nachází. Držitel povolení je povinen nahlásit úřadu vymezení, změnu vymezení a zrušení kontrolovaného pásma.

Je nezbytné, aby kontrolované pásmo bylo zcela jasně určeno, nejlépe stavebně odděleno. Při vstupu do kontrolovaného pásma se musí nacházet varovné označení se znakem radiačního nebezpečí, napsaným „*Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, nepovoláním vstup zakázán*“ a uvedením druhu zdroje ionizujícího záření a příslušného rizika.

Do kontrolovaného pásma mohou vstupovat jen osoby starší 18 let a řádně poučené o pravidlech chování a o možných rizicích. Toto však neplatí pro osoby, které podstupují lékařské nebo nelékařské ozáření, a studenty, kteří se připravují na práci se zdrojem ionizujícího záření.

Práci ve vymezeném kontrolovaném pásmu smí provádět jen radiační pracovník kategorie A. Ostatní pracovníci smí v kontrolovaném pásmu pracovat pouze v případě, že jde o pracovníka kategorie B a provádí pomoc pacientovi při lékařském ozáření nebo pracuje pod dohledem pracovníka kategorie A v případě, že se jedná o práci náhodnou a nezbytnou. Pohyb jiných osob než pracovníků kategorie A se eviduje. V kontrolovaném pásmu jsou pracovníci vybaveni osobním dozimetrem a ochrannými pomůckami.

### **Sledované pásmo**

Pracoviště, na kterém se nachází zdroj ionizujícího záření a zároveň zde lze předvídat překročení efektivní dávky na hodnotu vyšší než 1 mSv/rok nebo překročení ekvivalentní dávky radiačního pracovníka na kůži, oční čočku a končetiny více než 1/10 limitu, musí být kvalifikováno jako sledované pásmo. Sledované pásmo se nemusí stanovit v případě, kdy by jeho rozsah byl menší než rozsah kontrolovaného pásma. Stejně jako v kontrolovaném pásmu, musí být provoz na takovémto pracovišti dokumentován a musí být zajištěna radiační ochrana každé fyzické osobě, která se na pracovišti nachází. Držitel povolení je povinen nahlásit úřadu vymezení, změnu vymezení a zrušení sledovaného pásma.

Povinností je, aby sledované pásmo bylo zcela jasně určeno, nejlépe stavebně odděleno. Při vstupu do sledovaného pásma se musí nacházet varovné označení se znakem radiačního nebezpečí, napsaným „*Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření*“ a uvedením druhu zdroje ionizujícího záření a příslušného rizika.

Práci ve vymezeném kontrolovaném pásmu smí provádět jen radiační pracovník kategorie A nebo kategorie B. Ve sledovaném pásmu jsou pracovníci povinni pracovat s odpovídajícími ochrannými pomůckami. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

## **4.4 Osoby se zkouškou zvláštní odborné způsobilosti**

Na každém pracovišti se zdrojem ionizujícího záření musí být zajištěn soustavný dohled nad dodržováním pravidel radiační ochrany. Tento dohled provádí na radiodiagnostických pracovištích dohlízející osoba a osoby s přímým dohledem nad radiační ochranou. Všichni tito pracovníci musí mít složenou zkoušku zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB, jsou podřízeni ředitelům nemocnic a jsou odpovědní za bezpečný provoz pracoviště. (SÚJB, 2021) Činnost těchto osob je specifikována ve vyhlášce č. 422/2016 Sb.

## **Činnost dohlížejí osoby dle vyhlášky č. 422/2016 Sb.**

Na pracovištích, kde je vymezeno kontrolované pásmo, je dohlížejí osobou radiační pracovník kategorie A.

Dohlížejí osoba musí zajišťovat pro držitele povolení zejména

- informování radiačního pracovníka a osoby připravující se v kontrolovaném nebo sledovaném pásmu na výkon povolání o věcech důležitých z hlediska radiační ochrany
- vzdělávání radiačního pracovníka
- přípravu programu monitorování, provádění monitorování a hodnocení výsledků monitorování podle programu monitorování
- evidenci osobních dávek, včetně součtu osobních dávek ze všech pracovních činností, radiačního pracovníka
- stanovení efektivní dávky osoby vstupující do kontrolovaného pásma
- provádění optimalizace radiační ochrany a stanovení dávkových optimalizačních mezí
- vedení dokumentace pro povoloanou činnost, včetně programu systému řízení nebo programu zajištění radiační ochrany
- provádění hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany
- evidenci zdrojů ionizujícího záření, zařízení a přístrojů majících vliv na radiační ochranu a vedení informací o jejich pohybu a stavu
- provádění ročních inventurních kontrol zdrojů ionizujícího záření
- organizování přejímacích zkoušek a zkoušek dlouhodobé stability a spolupráci s osobou, která je provádí
- zkoušku provozní stálosti
- šetření radiační mimořádné události, ztráty, odcizení nebo poškození zdroje ionizujícího záření a vypracování návrhů na přijetí nápravných opatření a kontrolu provádění nápravných opatření
- řešení radiologické události
- sledování a řešení neshody, která není radiační mimořádnou událostí, v oblasti radiační ochrany
- dohled nad zajištěním poskytování pracovnělékařských služeb radiačnímu pracovníkovi

- operativní komunikaci s radiačním pracovníkem a jinou osobou, je-li potřebná konzultace s nimi s ohledem na aktuální radiační situaci, a to tak, aby byly informace sdělovány jednoznačně, srozumitelně a bez zbytečného odkladu
- metodické vedení osob s přímým dohledem nad radiační ochranou a koordinaci jejich činností

### **Činnost osoby s přímým dohledem nad RO dle vyhlášky č. 422/2016 Sb.**

Na pracovištích, kde je vymezeno kontrolované pásmo, je osoba s přímým dohledem nad RO radiační pracovník kategorie A.

Osoba s přímým dohledem nad radiační ochranou trvale dohlíží na provádění radiační činnosti na pracovišti, a to:

- spoluprací s dohlížející osobou
- plánováním a připravováním pracovních postupů a zpracováváním dokumentů pro prováděnou činnost
- informováním radiačního pracovníka a jiné fyzické osoby o aktuální radiační situaci a opatřeních reagujících na vzniklou situaci
- prověřováním, zda radiační pracovník a jiná fyzická osoba, která vstupuje do kontrolovaného pásma, při vykonávání radiační činnosti plní požadavky ochrany zdraví a technické a administrativní požadavky k zajištění radiační ochrany
- podílením se na šetření radiační mimořádné události
- podílením se na řešení neshody v oblasti radiační ochrany, která není radiační mimořádnou událostí
- komunikací s radiačním pracovníkem a jinou osobou, je-li potřebná konzultace s nimi s ohledem na aktuální radiační situaci nebo usměrnění jejich činnosti, a to tak, aby byly informace sdělovány jednoznačně, srozumitelně a bez zbytečného odkladu

### **Vzdělávání radiačních pracovníků v oblasti radiační ochrany**

Aby byla zajištěna správná radiační ochrana, je nezbytné, aby pracovníci, kteří pracují anebo manipulují se zdroji ionizujícího záření, měli dostatečné znalosti v oblasti radiační ochrany. Na radiodiagnostickém pracovišti musí být zajištěno vzdělávání radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Oblasti pro vzdělávání jsou: obecná pravidla radiační ochrany, opatření související s radiační ochranou při provádění činností se zdroji ionizujícího záření a seznámení s dokumentací a vnitřními předpisy týkajícími se dané činnosti. Znalosti a způsobilost k bezpečnému výkonu činnosti radiačních pracovníků musí být kontrolovány



před nástupem do zaměstnání a následně nejméně jednou ročně. Výsledky těchto testů musí být zaznamenány. V případě, že radiační pracovník test nesloží, je třeba přijmout nápravná opatření (opakování zkoušky). (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

## **4.5 Dokumentace vedená na radiodiagnostickém pracovišti**

K dodržování správné koncepce radiační ochrany slouží také vedená dokumentace, kterou je povinností vést podle legislativních norem na každém radiodiagnostickém oddělení. Kromě samotného povolení k činnosti, jde o:

### **4.5.1 Program zajištění radiační ochrany**

Prvním základním dokumentem, který musí být vedený na radiodiagnostickém pracovišti, je Program zajištění radiační ochrany. Tento dokument upravuje nakládání se zdrojem ionizujícího záření přímo na pracovišti.

Tento dokument musí obsahovat:

- konkrétní popis povolované činnosti – stručné uvedení, jakým způsobem bude zdroj ionizujícího záření používán, v radiodiagnostice jde o lékařské ozáření
- místo výkonu povolované činnosti – přesné uvedení umístění zdroje ionizujícího záření, adresa pracoviště
- specifikaci zdrojů ionizujícího záření – typ zařízení, kategorie ZIZ, kategorie pracoviště
- popis organizační struktury osoby vykonávající povolovanou činnost
- práva, povinnosti a vzájemné vztahy fyzických osob, které řídí, provádějí nebo hodnotí povolovanou činnost – stanovení odpovědnosti za konkrétní činnosti prováděné se ZIZ, stanovení dohlížející osoby a osob s přímým dohledem nad radiační ochranou, uvedení jejich povinností
- popis způsobu řízení dokumentace a záznamů v rámci povolované činnosti, včetně seznamu této dokumentace a záznamů – druhy dokumentace, kdo dokumentaci zpracovává, komu a kde je přístupná
- popis způsobu předávání informací na SÚJB
- popis způsobu řešení neshod a nápravných opatření – řešení odchylek od běžného provozu, radiologických událostí nebo radiačních mimořádných událostí, popis informování pracovníků

- systém informování a vzdělávání radiačních pracovníků v radiační ochraně – kdo, kdy a jak provádí informování a vzdělávání radiačních pracovníků, jak budou postupovat při mimořádné radiační události
- popis sledování, měření, hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin důležitých z hlediska radiační ochrany – osoba odpovědná za tuto činnost, osoba odpovědná za archivaci těchto záznamů, protokolů zkoušek
- popis poskytování pracovnělékařských služeb radiačním pracovníkům – uvedení odpovědné osoby
- metrologické zjištění měření a měřidel
- způsob zajištění přijímacích zkoušek, zkoušek dlouhodobé stability a provozní stálosti – kdo odpovídá za provedení zkoušek, jak často jsou prováděny
- způsob prošetření, přijetí opatření, omezení následků a předcházení vzniku radiologické události - konkrétní postupy při radiologické události, pravidla prošetření a informování SÚJB, na odděleních radiodiagnostiky může dojít k radiologické události např. v důsledku nadměrné expozice pacienta, při záměně pacienta, z důvodu ozáření jiného orgánu nebo tkáně, než bylo naplánováno nebo při ozáření embrya či plodu přímým svazkem ionizujícího záření během vyšetření těhotné ženy, jde o radiologické události kategorie C
- pravidla pro používání osobních ochranných pomůcek – kdo pomůcky používá, kdo je odpovědný za stav a jejich dostupnost (SÚJB, 2018)

#### 4.5.2 Program monitorování

Na každém radiodiagnostickém pracovišti musí být vytvořen Program monitorování. V dokumentu je povinností držitele povolení uvést části: monitorování pracoviště, osobní monitorování, monitorování výpustí a monitorování okolí. V programu monitorování musí být ošetřena pravidla monitorování za běžného chodu pracoviště, ale také zajištění jakékoli předpokládané odchylky, radiační nehody nebo havárie. Řešení odchylek je prováděno podle připravených a propracovaných postupů. Detailnější obsah pravidel nalezneme ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. Podle programu monitorování na pracovišti musí být možné ověřit dodržování limitů ozáření, prokázat dostatečnou optimalizaci radiační ochrany a brzké napravení odchylek od běžného chodu. V programu monitorování jsou implementovány monitorovací referenční úrovně. Jedná se o parametry odvozené z limitů dávek pro radiační pracovníky. Existují tři skupiny monitorovacích referenčních úrovní:

1. Záznamová úroveň – při překročení této úrovně je povinností výsledky monitorování zaznamenat a uchovat. Úroveň má být stanovena na 1/10 limitů ozáření, případně menší nebo jako nejmenší detekovatelná hodnota dané veličiny.
2. Vyšetřovací úroveň – při překročení této úrovně musí být zahájeno šetření příčiny a zajištění možných důsledků vychýlení sledované veličiny radiační ochrany. Úroveň se stanovuje na 3/10 dávkového limitu nebo jako horní mez běžně se vyskytujících hodnot dané veličiny.
3. Zásahová úroveň – při překročení této úrovně musí dojít k nápravě vzniklého stavu a k zamezení nechtěného rozvoje vzniklého stavu. Musí být přesně uvedeno, o jaký zásah se jedná a jaký byl zvolen další postup. Vše se hlásí dozornému orgánu SÚJB a vše je dále prošetřeno. Úroveň běžně odpovídá hodnotě daného limitu záření. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.) (Kubinyi et al., 2018)

V Programu monitorování jsou dále uvedeny postupy při překročení monitorovacích úrovní, postupy při překročení limitů pro radiačního pracovníka a pravidla pro uchovávání výsledků monitorování. (SÚJB, nedatováno)

#### **4.5.3 Vnitřní havarijní plán**

Vnitřní havarijní plán pracoviště je zpracován podle Vyhlášky č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události. Tento dokument musí obsahovat identifikační údaje držitele povolení, předpokládané mimořádné radiační události, seznam odpovědných osob k řízení odezvy spolu s jejich kontakty, zásahové instrukce a dokumentování činnosti při mimořádné události.

Jednou ročně nebo při každé změně vnitřního havarijního plánu jsou radiační pracovníci proškoleni osobou určenou k řízení odezvy o této skutečnosti. Každé čtyři roky je prováděna revize vnitřního havarijního plánu. (SÚJB, nedatováno)

#### **4.5.4 Analýza a hodnocení radiační mimořádné události**

Analýza a hodnocení radiační mimořádné události je dokument zpracován podle Vyhlášky č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události a obsahuje seznam možných radiačních mimořádných událostí na pracovišti.

Atomový zákon definuje mimořádnou radiologickou událost jako událost, která vede nebo může vést k překročení limitů a která vyžaduje opatření, jež zabráňují jejich překročení. Na radiodiagnostickém pracovišti může vzniknout radiační mimořádná událost prvního stupně, což je událost zvládnutelná silami a prostředky pracovníků v aktuální směně. Jde např. o vniknutí nepovolaných osob do sledovaného nebo kontrolovaného pásma a jejich ozáření přímým svazkem, za překročení obecných limitů, nebo poruchu přístroje, kdy nedojde k ukončení expozice nebo je nastaven maximální expoziční příkon. V takovém případě je potřeba zdroj ionizujícího záření vypnout a viditelně označit nápisem „mimo provoz“. (Zákon č. 263/2016 Sb.) (SÚJB, nedatováno)

Pro každý přístroj na pracovišti musí být samostatně vypracovány následující dokumenty.

#### **4.5.5 Vymezení sledovaného a kontrolovaného pásma**

Dokumentaci ke kontrolovanému pásmu musí obsahovat přesné vymezení pásma, vyznačení konkrétních místností pomocí schématického plánu, zdůvodnění tohoto vymezení, popis zabezpečení proti vniknutí nepovolané osoby, vysvětlení zabezpečení radiační ochrany na pracovišti, počet osob pracujících v kontrolovaném pásmu a způsob jejich informování o možných rizicích.

Dokumentace sledovaného pásma obsahuje vymezení a stínění sledovaného pásma, označení, popis pohybu osob ve sledovaném pásmu, zajištění radiační ochrany a postupy pro činnosti prováděné v kontrolovaném pásmu. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.) (SÚJB, nedatováno)

#### **4.5.6 Postupy optimalizace radiační ochrany**

Pro každý přístroj na radiodiagnostickém pracovišti musí být vypracován dokument Postupy optimalizace radiační ochrany. Tento dokument obsahuje identifikaci přístroje, postupy optimalizace pacientů při lékařském ozáření, postupy optimalizace radiační ochrany pracovníků (stínění vyšetřovny, pracovníci se vyskytují v ovladovně,...), postupy radiační ochrany osob v prostorách sousedících s vyšetřovnou (stínění vyšetřovny) a postupy optimalizace radiační ochrany osob pomáhajících při lékařském ozáření.

Způsob zajištění radiační ochrany je pravidelně jednou ročně revidován. Hodnotí se osobní dávky radiačních pracovníků, zda nebyly překročeny monitorovací úrovně, limity nebo dávkové optimalizační meze. Když dojde k navýšení dávek, proběhne šetření příčin. Na jejich základě poté dojde ke změně v optimalizaci radiační ochrany, např. donucení radiačních

pracovníků k důslednému dodržování postupů radiační ochrany nebo revize standardní činnosti. Revidována je také optimalizace radiační ochrany pacientů pomocí hodnocení místních diagnostických referenčních úrovní. (SÚJB, nedatováno)

## **4.6 Kontrolní nástroje radiační ochrany**

Nad celým systémem radiační ochrany musí existovat určitý režim kontrol, aby nedocházelo k porušování zásad a způsobů radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích. Tyto kontroly jsou zajišťovány pomocí Hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany a interních a externích klinických auditů, které upravuje zákon č. 373/2011 Sb. o speciálních zdravotnických službách.

### **4.6.1 Hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany**

Dohlížející osoba musí na pracovišti provádět hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany. Toto hodnocení se provádí každý rok a následně je záznam o hodnocení odeslán ke kontrole na SÚJB a to do 30. dubna následujícího kalendářního roku.

Dokument zasílaný na SÚJB musí obsahovat:

- posouzení optimalizace na základě výsledků osobního monitorování
- přehled a rozbor odchylek od běžného provozu a překročení monitorovacích úrovní nebo DOM a přijatých opatření
- přehled plnění povinnosti zajišťování a poskytování pracovnělékařských služeb u radiačních pracovníků
- přehled plnění povinnosti vzdělávání radiačních pracovníků
- přehled plnění povinnosti ověřování způsobilosti radiačních pracovníků
- posouzení vybavenosti ochrannými prostředky a pomůckami
- hodnocení stavu zdroje ionizujícího záření na základě výsledků prováděných zkoušek
- přehled a rozbor radiologických událostí a potenciálních radiologických událostí
- přehled revizí místních diagnostických referenčních úrovní

Tento dokument musí být schválen držitelem povolení nebo jeho statutárním orgánem (ředitel nemocnice). (Vyhláška č.422/2016 Sb.) (SÚJB, nedatováno)

#### **4.6.2 Interní klinický audit**

Účelem provádění interního klinického auditu je posoudit, zda zdravotní péče, včetně lékařského ozáření, probíhá podle místních radiologických standardů a zda je respektován program zajištění radiační ochrany na radiodiagnostickém oddělení. Na každém pracovišti probíhá interní klinický audit jednou za rok a provádí jej osoba, která má pracovněprávní vztah s poskytovatelem zdravotních služeb. Tato osoba musí být také odborně způsobilá v oblasti, které se audit věnuje.

Průběh interního klinického auditu musí být zaznamenán, a to termín provedení auditu, jeho zjištění a jména osob, které audit prováděly.

#### **4.6.3 Externí klinický audit**

Účelem provádění externího klinického auditu je posuzování místních radiologických standardů při realizaci zdravotní péče, včetně lékařského ozáření, s cílem zlepšit kvalitu a výsledky poskytované péče pacientovi. Při externím klinickém auditu jsou lékařské postupy porovnávány s národními radiologickými standardy. Na každém pracovišti probíhá externí klinický audit jednou za pět let.

Externí klinický audit provádí osoba, která získala povolení k této činnosti od ministerstva zdravotnictví na základě souhlasného závazného stanoviska SÚJB. Taková osoba nesmí být poskytovatelem zdravotní služby, u které probíhá externí klinický audit nebo jejím společníkem a při provádění auditu musí postupovat nestranně a dodržovat pravidla procesu hodnocení. (Zákon č. 373/2011 Sb.)

Auditorský tým se pro provedení externího klinického auditu a oddělení radiodiagnostiky musí skládat z lékařů se specializací v oboru radiologie a zobrazovací metody, klinického radiologického fyzika se zvláštní odbornou způsobilostí pro radiodiagnostiku a radiologického asistenta se specializovanou způsobilostí pro radiodiagnostiku. Celý tým na pracovišti kontroluje, zda místní radiologické standardy

- jsou zpracovány pro každý zdroj na pracovišti a pro všechny standardní výkony.
- vycházejí z národních radiologických standardů a specifických pracovních podmínek na pracovišti.
- zahrnují správný způsob pro určení a hodnocení dávek pacientům a indikační kritéria.

- stanovují místní diagnostické referenční úrovně a určují způsob hodnocení a evidenci jejich dodržování.
- obsahují požadavky na evidenci a vyhodnocování opakovaných lékařských ozáření pacientů a jejich příčin.
- obsahují požadavky na zaznamenávání, evidenci a archivaci všech dat potřebných ke stanovení dávky nebo aktivity aplikované pacientovi.
- jsou pravidelně aktualizovány a revidovány. (Vyhláška č. 410/2012 Sb.)

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 5 Metodika výzkumu

### 5.1 Výzkumné cíle, otázky a hypotézy

Cílem této diplomové práce je pomocí dotazníkového šetření zhodnotit úroveň znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany.

Pro diplomovou práci byly vypracovány následující výzkumné otázky:

1. Jaká je úroveň znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany v závislosti na vzdělání?
2. Zvyšuje zkouška zvláštní odborné způsobilosti SÚJB povědomí o radiační ochraně?
3. Jak probíhá na pracovištích školení a ověřování znalostí z RO?

Dále byly stanoveny hypotézy:

1. **H01:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle vzdělání.  
**HA2:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle vzdělání.
2. **H02:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty bez a se zkouškou zvláštní odborné způsobilosti SÚJB.  
**HA2:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty bez a se zkouškou zvláštní odborné způsobilosti SÚJB.
3. **H03:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle modalit.  
**HA3:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle modalit.



4. **H04:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle typu zdravotnického zařízení.

**HA4:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle typu zdravotnického zařízení.

## 5.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor je tvořen radiologickými asistenty z České republiky, kteří pracují na odděleních radiodiagnostiky. Věková hranice respondentů není stanovena. Celkem se dotazníkového šetření účastnilo 59 respondentů.

Dotazníkové šetření probíhalo na radiodiagnostických pracovištích těchto zdravotnických zařízení: Ústřední vojenská nemocnice Praha, IKEM, FN Brno, FN Olomouc, FN Ostrava, Městská nemocnice Ostrava, Uherskohradišťská nemocnice a.s., Nemocnice Hranice a.s., Nemocnice AGEL Nový Jičín a.s., Vojenská nemocnice Olomouc. Od všech těchto zařízení byl získán souhlas s výzkumným šetřením.

## 5.3 Metoda sběru dat

Praktická část diplomové práce je založena na metodě kvantitativního designu výzkumu. Jde o deskriptivní průřezovou studii s využitím metody dotazníku vlastní konstrukce. V úvodu dotazníku byli respondenti seznámeni s cílem dotazníku, časovou náročností, byli informováni o dobrovolnosti vyplnění a anonymitě při vyplňování. Samotný dotazník obsahuje 25 otázek a je členěn do tří oblastí. První oblast obsahuje osm otázek a zabývá se demografickými údaji respondentů, jejich dosaženým vzděláním, délkou praxe a místem výkonu práce. Druhá část dotazníku je koncipována jako test odborných znalostí. Skládá se z celkem třinácti otázek z oboru radiační ochrany, kdy respondenti vybírali vždy jednu správnou odpověď ze čtyř. Třetí část dotazníku se zaměřuje na způsob zajištění školení a ověřování znalostí pracovníků z oblasti radiační ochrany na samotných pracovištích. Dotazník je přílohou diplomové práce.

## 5.4 Realizace výzkumu

Před zahájením dotazníkového šetření byla výzkumná část diplomové práce schválena Etickou komisí FZV UP.

Dotazníkové šetření probíhalo online s využitím služby Google Forms. Dotazník byl mezi respondenty rozšířen prostřednictvím vedoucích radiologických asistentů pomocí elektronického odkazu e-mailem, přes který byli přesměrováni na stránku s anonymním dotazníkem. Ve vyplněném dotazníku nebyly uvedeny žádné osobní informace respondenta nebo informace, které by mohly vést k identifikaci respondenta. Byla sbírána elektronická data, která byla následně uložena do programu Microsoft Excel. Sběr dat probíhal v období od 1.7. do 31.12. 2023. Celkem bylo vyplněno 59 dotazníků. Stejný počet dotazníků byl použit ke zpracování dat, ani jeden nebyl vyřazen.

## 5.5 Metody zpracování dat

Výsledky dotazníku byly statisticky zpracovány v programech Tibco Statistica a IBM SPSS. Pro zpracování dat byly využity metody deskriptivní a testovací statistiky, a to konkrétně Mann-Whitneyův U test, rozkladová tabulka, analýza rozptylu (ANOVA) a tabulky četností. Ke statistické analýze byly využity pouze neparametrické testy. Pro analýzu hypotéz byla statistická významnost předpokládána jako  $p$  – hodnota  $<0,05$  (5% hladina významnosti).

## 6 Výsledky výzkumu

V této kapitole jsou statisticky zpracovány jednotlivé otázky z dotazníku, který byl použit pro výzkum v rámci diplomové práce. Následně jsou v kapitole ověřeny stanovené hypotézy.

### 6.1 Vyhodnocení otázek týkajících se demografických údajů

Nejprve je vyhodnocena první část dotazníku, která se zabývá demografickými údaji a vzděláním respondentů. Tato data byla zpracována popisnou statistikou, konkrétně pomocí tabulek četností.

### Otázka č. 1 Jste:

Tabulka 3 Rodová příslušnost respondentů

Rodová příslušnost	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
Muž	20	33,9
Žena	39	66,1
Celkem	59	100

Zdroj: Vlastní výzkum

První otázka měla za cíl zjistit rodovou příslušnost respondentů. Jak můžeme vidět v tabulce č. 3, dotazníkového šetření se z celkového počtu 59 respondentů účastnilo celkem 20 mužů (33,9 %) a 39 žen (66,1 %).

### Otázka č. 2 Kolik je Vám let?

Tabulka 4 Věk respondentů

Věk respondentů	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
18-29	18	30,5
30-39	14	23,7
40-49	10	16,9
50-59	15	25,4
nad 60 let	2	3,4
Celkem	59	100

Zdroj: Vlastní výzkum

Cílem otázky bylo zjistit věkové rozdělení respondentů. Respondenti byli rozděleni podle věku do věkových kategorií. V tabulce č. 4 můžeme vidět, že největší počet zastoupení bylo ve věkové kategorii 18–29 let, kde se dotazníkového šetření účastnilo 18 respondentů (30,5 %). Do věkové kategorie 30–39 let se zařadilo 14 respondentů (23,7 %). Ve věkové kategorii 40 – 49 let odpovídalo 10 respondentů (16,9 %), ve věkové kategorii 50–59 let odpovídalo 15 respondentů (25,4 %) a nejméně bylo respondentů z věkové kategorie nad 60 let, a to 2 respondenti (3,4 %).

### Otázka č. 3 Jaké je Vaše nejvýše dosažené vzdělání?

Tabulka 5 Nejvýše dosažené vzdělání respondentů

Nejvýše dosažené vzdělání	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
Střední zdravotnická škola	2	3,4
Vyšší odborná škola	8	13,6
Vysoká škola – bakalářské studium	35	59,3
Vysoká škola – magisterské studium	14	23,7
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Další otázka měla za cíl zjistit nejvyšší dosažené vzdělání respondentů. Z tabulky č. 5 můžeme vidět, že největší zastoupení ve výzkumném souboru měli respondenti s vysokoškolským vzděláním. Bakalářské studium absolvovalo 35 respondentů (59,3 %) a magisterské studium absolvovalo 14 respondentů (23,7 %). Střední zdravotnickou školu měli 2 respondenti (3,4 %) a vyšší odbornou školu 8 respondentů (13,6 %).

### Otázka č. 4 Jaká je délka Vaší praxe?

Tabulka 6 Délka praxe respondentů

Délka praxe	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
méně než 1 rok	5	8,5
1–5 let	15	25,4
5–10 let	6	10,2
více než 10 let	33	55,9
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Cílem čtvrté otázky bylo zjistit délku praxe radiologických asistentů. Délka praxe byla rozdělena do čtyř kategorií. Podle tabulky č. 6 nejvíce respondentů vykonávalo praxi více než 10 let, konkrétně 33 respondentů (55,9 %). Méně než 1 rok vykonávalo praxi 5 respondentů (8,5 %), 1–5 let vykonávalo praxi 15 respondentů (25,4 %) a praxi dlouhou 5–10 let vykonávalo 6 respondentů (10,2 %).

### Otázka č. 5 Na které modalitě v radiodiagnostice pracujete?

Tabulka 7 Místo výkonu práce respondentů – zobrazovací modalita

Místo výkonu práce – modalita	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
Výpočetní tomografie nebo intervenční radiologie	37	62,7
Ostatní	22	37,3
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Cílem otázky bylo zjistit, na které zobrazovací modalitě v radiodiagnostice respondenti pracují. Bylo rozlišeno mezi respondenty, kteří pracují na pracovištích výpočetní tomografie nebo intervenční radiologie, a na respondenty, kteří pracují na ostatních zobrazovacích modalitách (skiografie, skiaskopie, mamografie, magnetická rezonance). V tabulce č. 7 vidíme, že 37 respondentů (62,7 %) pracovalo na pracovišti výpočetní tomografie nebo intervenční radiologie a 22 respondentů (37,3 %) pracovalo na ostatních zobrazovacích modalitách.

### Otázka č. 6 V jakém typu zdravotnického zařízení pracujete?

Tabulka 8 Místo výkonu práce respondentů – zdravotnické zařízení

Místo výkonu práce – typ zdravotnického zařízení	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
Fakultní nemocnice	24	40,7
Krajská nemocnice	14	23,7
Městská nemocnice	8	13,6
Soukromá nemocnice	13	22
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Cílem otázky bylo zjistit, ve kterém zdravotnickém zařízení respondenti pracují. Podle tabulky č. 8 bylo nejvíce respondentů z fakultních nemocnic, celkem 24 respondentů (40,7 %). V krajské nemocnici pracovalo 14 respondentů (23,7 %), v městské nemocnici pracovalo 8 respondentů (13,6 %) a v soukromé nemocnici pracovalo 13 respondentů (22 %).

**Otázka č. 7 Složil/a jste zkoušku zvláštní odborné způsobilosti k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany?**

*Tabulka 9 Absolvování zkoušky zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB*

Absolvování zkoušky zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB:	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
Ano	25	42,4
Ne	34	57,6
Celkem	59	100

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Cílem sedmé otázky bylo zjistit, zda mají respondenti složenou zkoušku zvláštní odborné způsobilosti k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany na SÚJB. Z tabulky č. 9 je patrné, že zkoušku absolvovalo 25 respondentů (42,4 %) z celkového počtu 59 respondentů. Zkoušku na SÚJB neabsolvovalo 34 respondentů (57,6 %).

**Otázka č. 8 Absolvoval/a jste úspěšně atestační zkoušku v rámci specializačního vzdělávání v oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice?**

*Tabulka 10 Absolvování atestační zkoušky*

Absolvování atestační zkoušky	Četnost	
	Absolutní (n)	Relativní (%)
Ano	26	44,1
Ne	33	55,9
Celkem	59	100

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Cílem této otázky bylo zjistit, zda mají respondenti složenou atestační zkoušku v rámci specializačního vzdělávání. V tabulce č. 10 vidíme, že atestační zkoušku úspěšně absolvovalo 26 respondentů (44,1 %) a 33 respondentů (55,9 %) atestační zkoušku nesložilo.

## 6.2 Vyhodnocení testu odborných znalostí z radiační ochrany

V následující části budou statisticky zpracována data z testu odborných znalostí z oblasti radiační ochrany. Pro zpracování dat byla opět zvolena popisná statistika s využitím tabulek četností. Respondenti vybírali vždy jednu správnou odpověď ze čtyř možných.

Tabulka 11 Test odborných znalostí z radiační ochrany

Otázka		Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Co je hlavním cílem radiační ochrany?	Správná odpověď	45	76,3
	Špatná odpověď	14	23,7
Jak se projevuje princip ALARA při lékařském ozáření?	Správná odpověď	41	69,5
	Špatná odpověď	18	30,5
Jaké jsou stanoveny limity pro lékařské ozáření pacientů?	Správná odpověď	48	81,4
	Špatná odpověď	11	18,6
Jaký je základní způsob radiační ochrany při zevním ozáření?	Správná odpověď	57	96,6
	Špatná odpověď	2	3,4
K čemu slouží diagnostické referenční úrovně?	Správná odpověď	33	55,9
	Špatná odpověď	26	44,1
Kdy je největší radiosenzitivita lidského plodu?	Správná odpověď	43	72,9
	Špatná odpověď	16	27,1
Radiačním pracovníkem kategorie A je?	Správná odpověď	37	62,7
	Špatná odpověď	22	37,3
Mezi lékařské ozáření nepatří?	Správná odpověď	15	25,4
	Špatná odpověď	44	74,6
Pro radiačního pracovníka kategorie A je období pro vyhodnocení osobního dozimetru?	Správná odpověď	56	94,9
	Špatná odpověď	3	5,1
Co platí pro snížení absorbované dávky pacienta a získání dostatečné kvality obrazu?	Správná odpověď	54	91,5
	Špatná odpověď	5	8,5
Co je nejčastějším zdrojem radiačních ozáření pracovníků v radiodiagnostice?	Správná odpověď	54	91,5
	Špatná odpověď	5	8,5
Záměna pacienta a opakování snímků patří k radiologickým událostem:	Správná odpověď	31	52,5
	Špatná odpověď	28	47,5
Jaké je referenční místo pro umístění osobního dozimetru?	Správná odpověď	59	100
	Špatná odpověď	0	0

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka č. 11 je shrnutím úspěšnosti radiologických asistentů z testu odborných znalostí v oblasti radiační ochrany. Obsahuje otázky, které byly respondentům pokládány

prostřednictvím dotazníku a absolutní a relativní četnosti správných a špatných odpovědí. Tyto výsledky se vztahují na odpovědi všech 59 respondentů bez rozdílu ve vzdělání, místa výkonu práce nebo absolvování zkoušky ZOZ SÚJB.

Za účelem rozlišení, zda je znalost v oblasti radiační ochrany dobrá nebo naopak špatná, byla zvolena hranice úspěšného zvládnutí testu 70 %.

Průměrné procento správně zodpovězených otázek z celého testu je 74,7 %. Můžeme tedy říct, že úroveň znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany je na dobré úrovni.

Nejmenší počet správně zvolených odpovědí bylo u otázky, která se týkala klasifikace lékařského ozáření. Na tuto otázku odpovědělo správně 25,4 % respondentů, tj. 15 respondentů z celkových 59. Dále se nejvíce chybovalo v otázkách, které se dotýkaly diagnostických referenčních úrovní a radiologických událostí. Kde správně odpověděla cca polovina respondentů.

Naopak největší procento správných odpovědí bylo u poslední otázky, kdy respondenti odpovídali na otázku, jaké je referenční místo pro umístění osobního dozimetru. U této otázky zvolilo správnou odpověď všech 59 respondentů, tj. 100 %. Dobré výsledky se ukázaly také u otázek, kde byla úspěšnost vyšší než 90 %. Konkrétně jde o otázky týkající se způsobů radiační ochrany, frekvence vyhodnocení osobního dozimetru radiačního pracovníka kategorie A, snížení dávky a zlepšení kvality obrazu a nejčastějším zdrojem ozáření radiačních pracovníků na odděleních radiodiagnostiky.

### **6.3 Vyhodnocení hypotéz**

K hodnocení stanovených hypotéz byly výsledky testu znalostí v oblasti radiační ochrany převedeny na hodnotu průměrného skóre a to tak, že odpovědi byly obodovány na základě správnosti (1 bod za správnou odpověď). Výsledkem je skóre, které ukazuje celkové znalosti respondentů v dané kategorii. Čím vyšší je skóre, tím vyšší je znalost respondentů. Jako hranice úspěšného zvládnutí testu bylo zvoleno 70 %, tj. skóre 9,1.

Výsledky testu byly statisticky analyzovány pomocí Mann-Whitneyova U testu pro binární kategorie (zkouška SÚJB a modalita výkonu práce) a pomocí analýzy rozptylu pro kategorie, které měly dvě a více proměnných. Statistická významnost byla předpokládána jako  $p$  – hodnota  $<0,05$  (5% hladina významnosti).



## Hypotéza č. 1

**H01:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle vzdělání.

**HA2:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle vzdělání.

Tabulka 12 Závislost znalostí z RO na vzdělání

Dosažené vzdělání	Počet respondentů (n)	Skóre	Směrodatná odchylka	
Střední zdravotnická škola	2	10,00	1,41	
Vyšší odborná škola	8	8,88	2,10	
Vysoká škola – bakalářské studium	35	9,54	2,16	
Vysoká škola – magisterské studium	14	10,36	2,68	
				<b>p=0,499</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka č. 12 ukazuje závislost znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany na úrovni dosaženého vzdělání. Hranice úspěšného skóre 9,1 byla překročena u všech kategorií kromě radiologických asistentů s ukončeným studiem na VOŠ. Nejlepší výsledek testu měli respondenti s ukončeným magisterským studiem (10,36 průměrného skóre).

Pomocí analýzy rozptylu byla zjištěna hodnota čísla p. V tomto případě je  $p > 0,05$ . Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle vzdělání. Platí tedy H0.

## Hypotéza č. 2

**H02:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty bez a se zkouškou zvláštní odborné způsobilosti SÚJB.

**HA2:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty bez a se zkouškou zvláštní odborné způsobilosti SÚJB.

*Tabulka 13 Závislost znalostí z RO na absolvování zkoušky ZOZ SÚJB*

Zkouška zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB	Počet respondentů (n)	Skóre	
Ano	25	9,92	
Ne	34	9,47	
			<b>p=0,334</b>

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Tabulka č. 13 ukazuje závislost znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany na absolvování zkoušky ZOZ SÚJB. Hranice úspěšného skóre 9,1 byla překročena u obou kategorií. Lepší výsledek měli respondenti, kteří složili zkoušku ZOZ SÚJB (9,92 průměrného skóre).

Pomocí Mann-Whitneyova U testu byla zjištěna hodnota čísla p. V tomto případě je  $p > 0,05$ . Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty bez a se zkouškou SÚJB. Platí tedy  $H_0$ .

### Hypotéza č. 3

**H03:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle modalit.

**HA3:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle modalit.

*Tabulka 14 Závislost znalostí z RO na místě výkonu práce – modalita*

Místo výkonu práce – modalita	Počet respondentů (n)	Skóre	
Výpočetní tomografie nebo intervenční radiologie	37	9,77	
Ostatní	22	9,50	
			<b>p=0,541</b>

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Tabulka č. 14 ukazuje závislost znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany na místě výkonu práce, co se týká zobrazovacích modalit. Hranice úspěšného skóre 9,1 byla překročena u obou kategorií. Lepší výsledek měli respondenti, kteří pracují na pracovištích Výpočetní tomografie nebo intervenční radiologie (9,77 průměrného skóre).

Pomocí Mann-Whitneyova U testu byla zjištěna hodnota čísla p. V tomto případě je  $p > 0,05$ . Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle modalit. Platí tedy  $H_0$ .

#### Hypotéza č. 4

**H04:** Není signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle typu zdravotnického zařízení.

**HA4:** Existuje signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do dvou skupin podle typu zdravotnického zařízení.

*Tabulka 15 Závislost znalostí z RO na místě výkonu práce – typ zdravotnického zařízení*

Místo výkonu práce – zdravotnické zařízení	Počet respondentů (n)	Skóre	Směrodatná odchylka	
Fakultní nemocnice	24	9,88	1,94	
Krajská nemocnice	14	8,93	2,06	
Městská nemocnice	8	8,88	3,09	
Soukromá nemocnice	13	10,54	2,33	
				<b>p=0,205</b>

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Tabulka č. 15 ukazuje závislost znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany na místě výkonu práce, a to typu zdravotnického zařízení. Hranice úspěšného skóre 9,1 byla překročena u radiologických asistentů z fakultních a soukromých nemocnic. Nejlepší výsledek testu měli respondenti pracující v soukromých nemocnicích (10,54 průměrného skóre).

Pomocí analýzy rozptylu byla zjištěna hodnota čísla p. V tomto případě je  $p > 0,05$ . Nebyl nalezen signifikantní rozdíl v průměrném skóre z testu mezi radiologickými asistenty rozdělenými do čtyř skupin podle typu zdravotnického zařízení. Platí tedy H0.

#### 6.4 Vyhodnocení otázek týkajících se školení a ověřování znalostí z RO

V této části jsou vyhodnoceny otázky týkající se školení a ověřování znalostí RO na radiodiagnostických pracovištích a otázky týkající se dohlížející osoby a osoby s přímým dohledem nad RO. K vyhodnocení byly použity metody popisné statistiky.

*Tabulka 16 Forma školení RO na radiodiagnostických pracovištích*

Forma školení RO	Četnost	
	Absolutní	Relativní (%)
Elektronicky	29	49,2
Přednáška	30	50,8
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

*Zdroj: Vlastní výzkum*

Tabulka č. 16 ukazuje, jakou formou probíhá školení z radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích. Z výsledků můžeme říct, že 29 respondentů (49,2 %) uvedlo, že školení z radiační ochrany probíhá elektronicky. Druhá část respondentů (50,8 %) uvedla, že na jejich pracovišti probíhá školení formou přednášky.

*Tabulka 17 Forma ověřování znalostí z RO na radiodiagnostických pracovištích*

Ověřování znalostí z RO	Četnost	
	Absolutní	Relativní (%)
Test	58	98,3
Ústní prozkoušení	1	1,7
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

*Zdroj: Vlastní výzkum*

V tabulce č. 17 můžeme vidět, jakou formou probíhá ověřování znalostí z radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích. Na většině pracovišť probíhá ověřování znalostí formou testu. Jen jeden respondent uvedl, že přezkoušení probíhá ústně.

Tabulka 18 Dohlížející osoby na radiodiagnostických pracovištích

Dohlížející osoba	Četnost	
	Absolutní	Relativní (%)
Radiologický asistent	27	45,8
Radiologický fyzik	17	28,8
Externí firma	6	10,2
Lékař radiolog	4	6,8
Nevím	5	8,5
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka č. 18 nám ukazuje, kdo na pracovištích vykonává funkci dohlížející osoby. Z odpovědí vyplývá, že nejčastěji tuto funkci vykonává radiologický asistent, tuto možnost uvedlo 27 respondentů (45,8 %). Druhou nejčastější osobou je radiologický fyzik, tuto možnost uvedlo 17 respondentů (28,8 %). V pěti případech respondenti nevěděli, kdo na jejich pracovišti funkci dohlížející osoby vykonává.

Tabulka 19 Osoba s přímým dohledem nad RO na radiodiagnostických pracovištích

Osoba s přímým dohledem nad RO	Četnost	
	Absolutní	Relativní (%)
Radiologický asistent	38	64,4
Radiologický fyzik	11	18,6
Externí firma	4	6,8
Lékař radiolog	2	3,4
Nevím	4	6,8
<b>Celkem</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka č. 19 nám ukazuje, kdo na pracovištích vykonává funkci osoby s přímým dohledem nad RO. Z odpovědí vyplývá, že nejčastěji tuto funkci vykonává radiologický asistent, tuto možnost uvedlo 38 respondentů (64,4 %). Druhou nejčastější osobou je radiologický fyzik, tuto možnost uvedlo 11 respondentů (18,6 %). Ve čtyřech případech respondenti nevěděli, kdo na jejich pracovišti funkci osoby s přímým dohledem nad RO vykonává.

## DISKUSE

V této kapitole jsou shrnuty výsledky diplomové práce ve vztahu k cíli práce, výzkumným otázkám a hypotézám.

Cílem praktické části této diplomové práce bylo zhodnotit úroveň znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. V rámci výzkumu byly také vysloveny výzkumné otázky, které se týkaly úrovně znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany v závislosti na vzdělání a splnění zkoušky zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB. Třetí výzkumná otázka se zaměřovala na hodnocení průběhu školení a ověřování znalostí z radiační ochrany na samotných radiodiagnostických pracovištích. V rámci testování hypotéz byly srovnávány znalosti z radiační ochrany v závislosti na vzdělání, absolvování zkoušky zvláštní odborné způsobilosti SÚJB a místu výkonu práce respondentů.

Ke sběru dat byl použit online dotazník vlastní tvorby. Dotazník byl distribuován radiologickým asistentům pomocí online odkazu. Dotazník obsahoval 25 otázek a byl členěn do tří oblastí. První oblast obsahovala osm otázek a zabývala se demografickými údaji respondentů, jejich dosaženým vzděláním, délkou praxe a místem výkonu práce. Druhá část dotazníku byla koncipována jako test odborných znalostí. Skládala se z celkem třinácti otázek z oboru radiační ochrany, kdy respondenti vybírali vždy jednu správnou odpověď ze čtyř. Třetí část dotazníku se zaměřovala na způsob zajištění školení a ověřování znalostí pracovníků z oblasti radiační ochrany na samotných pracovištích. Všechny odpovědi byly anonymní a zcela dobrovolné. Výzkumný soubor byl tvořen radiologickými asistenty, kteří pracují na odděleních radiodiagnostiky. Všechny vyplněné dotazníky byly použity pro zpracování dat, ani jeden nebyl z výzkumu vyřazen. Celkově bylo vyhodnoceno 59 dotazníků.

Pro dané téma diplomové práce Hodnocení znalostí radiologických asistentů z oblasti radiační ochrany nebyl nalezen žádný podobný nebo srovnatelný výzkum, který by mohl sloužit k porovnání výsledků dotazníkového šetření.

Vyhodnocením výsledků výzkumu ve vztahu k cíli práce bylo zjištěno, že znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany jsou na výborné úrovni. V souhrnném vyhodnocení celého testu odborných znalostí se ukázalo, že na otázky týkající se radiační ochrany na pracovištích radiodiagnostiky bylo odpovězeno správně ze 74,7 %. Tato hodnota se nachází nad stanovenou hranicí pro úspěšné zvládnutí testu. Největší neznalost se u respondentů ukázala u otázky týkající se klasifikace lékařského ozáření, na tuto otázku odpovědělo správně jen 15 respondentů z celkových 59. Naopak největší počet správných

odpovědí byl u otázky zabývající se referenčním místem pro umístění osobního dozimetru. Na tuto otázku odpověděli správně všichni respondenti. Z těchto výsledků můžeme usoudit, že radiologičtí asistenti jsou v oblasti radiační ochrany dobře informováni, vzdělanost v této oblasti je na dobré úrovni. Toto zjištění je důležité z hlediska zvyšujícího se počtu radiodiagnostických vyšetření, kdy je potřeba aby radiační ochrana byla opravdu správně aplikována a dodržována, aby lékařské ozáření nepřispívalo zbytečně ke zvyšování individuální dávky pacienta, ale i radiačního pracovníka.

Následně bylo ve výzkumu zjišťováno, zda existuje vztah mezi úrovní znalostí v oblasti RO a dosaženým vzděláním, místem výkonu práce nebo absolvováním zkoušky ZOZ na SÚJB.

Při analyzování hypotéz se ukázalo, že neexistuje statisticky významný rozdíl v úrovni znalostí z radiační ochrany u radiologických asistentů rozdělených do kategorií podle nejvýše dosaženého vzdělání. Skóre získané v testu bylo srovnatelné u všech čtyřech kategorií a podle hodnoty dosaženého skóre můžeme říct, že znalosti jsou na dobré úrovni. Hladina statistické významnosti nepřekročila 5 %. Můžeme tedy opovědět na výzkumnou otázku č.1: Úroveň znalostí RA v oblasti radiační ochrany se v závislosti na vzdělání neliší a je na dobré úrovni. Tento výsledek může být zkreslen nerovnoměrným rozdělením počtu odpovědí, kdy se středoškolským vzděláním odpovídali jen 2 respondenti, naopak bakalářské studium mělo ukončeno 34 respondentů.

Z vyhodnocení druhé hypotézy vyplývá, že neexistuje statisticky významný rozdíl v úrovni znalostí z radiační ochrany u radiologických asistentů, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle absolvování nebo neabsolvování zkoušky ZOZ na SÚJB. Radiologičtí asistenti, kteří absolvovali zkoušku ZOZ měli srovnatelné skóre s radiologickými asistenty, kteří zkoušku ZOZ neabsolvovali. Hladina statistické významnosti nepřekročila 5 %. U obou skupin respondentů byla překročena úroveň pro úspěšné zvládnutí testu. Z výsledků tedy můžeme usoudit, že znalosti jsou na dobré úrovni. Odpověď na výzkumnou otázku č. 2 je: Zkouška ZOZ nezvyšuje povědomí o radiační ochraně u radiologických asistentů na odděleních radiodiagnostiky. Tento výsledek však neznamená, že by zkouška ZOZ byla zbytečná. Bylo však dokázáno, že všeobecná znalost radiační ochrany a připravenost tyto znalosti správně aplikovat v praxi je na výborné úrovni u radiologických asistentů bez rozdílu absolvování zkoušky ZOZ.

V rámci výzkumu byla zjištěna i skutečnost, že se příliš neliší znalosti z oblasti radiační ochrany u radiologických asistentů rozdělených podle místa výkonu práce. Ať už byli



radiologičtí asistenti rozdělili do kategorií podle zobrazovací modality, na které pracují nebo podle typu zdravotnického zařízení, ve kterém pracují, nebyl dokázán statisticky signifikantní rozdíl v úrovni znalostí v oblasti radiační ochrany. Při rozdělení respondentů podle zobrazovacích modalit, byla v obou případech překročena hranice úspěšnosti zvládnutí testu. Výsledek výzkumu při srovnávání znalostí v závislosti na typu zdravotnického zařízení může být nepřesný z důvodu početně nerovnoměrného rozdělení respondentů do skupin.

Třetí výzkumná otázka se dotýkala způsobu školení a způsobu ověřování znalostí z radiační ochrany na pracovištích radiodiagnostiky. Z dat vyplývá, že školení probíhá buď formou ústní přednášky nebo elektronicky. Ověřování takto nabytých znalostí poté probíhá nejčastěji formou testu. Výsledky však mohou být zkreslené, protože není možné zjistit, kolik respondentů odpovídalo, z jakého konkrétního zdravotnického zařízení.

Celkově výsledky praktické části diplomové práce dokázali výbornou úroveň znalostí RA v oblasti radiační ochrany, a to bez ohledu na dosažené vzdělání, absolvování zkoušky ZOZ na SÚJB nebo místě výkonu práce. Radiologičtí asistenti tedy mají potřebné znalosti ke správnému a účinnému aplikování radiační ochrany v praxi při radiodiagnostických výkonech.

Tato výzkumná práce má několik limitů. Mezi nejzásadnější bych zařadila malý počet respondentů, který byl způsoben nejspíše neochotou radiologických asistentů na dotazník odpovídat. Limitem je také nerovnoměrné rozdělení respondentů do kategorií podle zdravotnického zařízení, ve kterém pracují a podle nejvýše dosaženého vzdělání. Tento fakt mohl přispět k nepřesnosti vyhodnocených výsledků. Vzhledem k tomu, že výzkum probíhal online, existuje možnost, že někteří účastníci hledali správné odpovědi, a to také mohlo přispět ke zkreslení výsledků.

Pro další výzkum v této oblasti bych určitě doporučila provést studii na větším vzorku účastníků a ve více zdravotnických zařízeních, aby byla reprezentována co největší skupina radiologických asistentů. V takovém případě by mohlo dojít k rovnoměrnému rozdělení respondentů do kategorií.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala radiační ochranou a analyzovala znalosti radiologických asistentů pracujících na odděleních radiodiagnostiky v oblasti radiační ochrany.

V teoretické části práce byly shrnuty principy a způsoby radiační ochrany, byly popsány biologické účinky ionizujícího záření, kterým je díky správné radiační ochraně předcházeno, a na závěr teoretické části byl popsán systém zajištění radiační ochrany na radiodiagnostických pracovištích v České republice.

Cílem praktické části diplomové práce bylo zhodnotit úroveň znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Tento cíl byl naplněn. Na základě dotazníkového šetření bylo zjištěno, že úroveň znalostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany je na výborné úrovni. Tato úroveň znalostí se významně nelišila ani při komparaci radiologických asistentů podle dosaženého vzdělání, absolvování zkoušky ZOZ na SÚJB nebo podle místa výkonu práce. Z těchto výsledků lze usoudit, že radiační ochrana na radiodiagnostických pracovištích je správně aplikována prostřednictvím radiologických asistentů, respektive všichni mají potřebné znalosti pro zajištění jejího dodržování na svých pracovištích. Systém vzdělávání radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany, ať už prostřednictvím školení na pracovištích, výukou na školách nebo během skládání zkoušky ZOZ na SÚJB, funguje správně.

Výsledky výzkumného šetření jsou uspokojivé i z pohledu narůstajícího počtu radiodiagnostických výkonů, kdy je podstatné, aby nebylo zbytečně přispíváno k dávce záření pacientům, stejně tak i radiačním pracovníkům. Samozřejmě musí být zachována dostatečná kvalita obrazu. Správná znalost a dodržování radiační ochrany na pracovištích je z tohoto hlediska velmi důležitá.

Teoretická část diplomové práce může poskytnout přehled základních informací o radiační ochraně, který by mohl být užitečný pro studenty nelékařských i lékařských zdravotnických oborů při studiu. Praktická část pak může posloužit jako základ pro další rozsáhlejší výzkum v této problematice.

## REFERENČNÍ SEZNAM

1. BUSHONG, Stewart C., 2008. *Radiologic science for technologists: physics, biology, and protection*. 9th ed. St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier. ISBN 9780323048378.
2. DANÍČKOVÁ, Daniela; CHMELOVÁ, Daša a ROČEK, Miloslav, 2014. Optimalizace radiační zátěže a přizpůsobení radiologických přístrojů pro vyšetření dětí. *Česká radiologie*. Roč. 68, č. 3, s. 212-218. ISSN 1210-7883.
3. DAVID, Čestmír, 2018. Historie radiační ochrany 1895-1945. *Praktická radiologie*. Roč. 2018, č. 4, s. 22-23. ISSN 1211-5053
4. GOLISOVÁ, Jana, 2014. *Historický vývoj ochrany zdraví před účinky ionizujícího záření*. Online. In: FLORENCE – Odborný časopis pro ošetrovatelství a ostatní zdravotnické profese. Dostupné z: <https://www.florence.cz/casopis/archiv-florence/2014/1/historicky-vyvoj-ochrany-zdravi-pred-ucinky-ionizujiciho-zareni/>. [cit. 2023-10-30].
5. HAVRÁNKOVÁ, Renata, 2020. Biologické účinky ionizujícího záření. *Časopis lékařů českých*. Roč. 159, č. 7-8, s. 258-260. ISSN 0008-7335.
6. HUŠÁK, Václav, 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2350-0.
7. CHRISTOFIDES, S.; DANCE, D.R.; MAIDMENT, A.D.A. a MCLEAN, I.D., 2014. *Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students*. Online. Vienna: International atomic energy agency. ISBN 978-92-131010-1. Dostupné z: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1564webNew-74666420.pdf>. [cit. 2024-02-18].
8. IAEA, © 2023. *Patients*. Online. IAEA. Dostupné z: <https://www.iaea.org/topics/radiation-protection/patients>. [cit. 2024-02-06].
9. IAEA, © 2023. *Radiation protection of medical staff in interventional procedures*. Online. IAEA. Dostupné z: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/interventional-procedures/radiation-protection-of-medical-staff-in-interventional-fluoroscopy>. [cit. 2024-02-01].
10. IAEA, © 2023. *Radiation protection of children in radiology*. Online. IAEA. Dostupné z: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/radiology/children>. [cit. 2024-01-09].

11. KUBINYI, Jozef; SABOL, Jozef a VONDRÁK, Andrej, 2018. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0168-9.
12. MALONE, Jim, 2020. X-rays for medical imaging: Radiation protection, governance and ethics over 125 years. Online. *Physica Medica*. Roč. 79, s. 47-64. ISSN 11201797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.09.012>. [cit. 2023-01-21].
13. MARSH, R.M. a SILOSKY, M., 2019. Patient shielding in diagnostic imaging: Discontinuing a legacy practice. Online. *American Journal of Roentgenology*. Roč. 212, č. 4, s. 755–757. ISSN 15463141. Dostupné z: <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20508>. [cit. 2024-02-07].
14. ONDŘEJ, Vladan, 2013. *Základy radiobiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3426-1.
15. PELCLOVÁ, Daniela, 2014. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 3., doplněné vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-2597-3.
16. PROUZA, Zdeněk, 2008. *Principy radiační ochrany – bezpečnost a ochrana zdraví při práci*. Online. BOZPinfo.cz. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/principy-radiacni-ochrany-bezpecnost-ochrana-zdravi-pri-praci>. [cit. 2023-11-20].
17. SEIDL, Zdeněk, 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4108-6.
18. SÚJB, 2009. Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007. Online. In: *Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007*. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/ICRP103\\_dokument.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/ICRP103_dokument.pdf). [cit. 2023-11-21].
19. SÚJB, nedatováno. *Historie a předchůdci SÚJB*. Online. SÚJB. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/historie-a-predchudci-sujb>. [cit. 2023-12-11].
20. SÚJB, nedatováno. *Vznik a vývoj SÚJB*. Online. SÚJB. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/vznik-a-vyvoj-sujb>. [cit. 2023-12-11].
21. SÚJB, 2017. *Dávkové optimalizační meze pro profesionální ozáření*. Online. SÚJB. Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/dokumenty\\_NAZ/Davkove\\_optimalizacni\\_meze\\_souhrn1.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/dokumenty_NAZ/Davkove_optimalizacni_meze_souhrn1.pdf). [cit. 2024-01-29].
22. SÚJB, 2018. *NÁRODNÍ PROGRAM MONITOROVÁNÍ*. Online. SÚJB. Dostupné z: [https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/NPM/010119/NPM\\_text.pdf](https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/NPM/010119/NPM_text.pdf). [cit. 2024-01-03].

23. SÚJB, 2021. *Hodnocení lékařského ozáření*. Online. SÚJB. Dostupné z: [https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske\\_ozareni/Bulletinlo2021.pdf](https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/Bulletinlo2021.pdf). [cit. 2024-03-02].
24. SÚJB, nedatováno. *Používání rentgenů – lékařské ozáření*. Online. SÚJB. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni>. [cit. 2024-03-03].
25. SÚJB, nedatováno. *Vzorová dokumentace pro malé skiagrafické pracoviště*. Online. SÚJB. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/radiacni-ochrana/lekarske-ozareni/vzorova-dokumentace-pro-male-skiagraficke-pracoviste>. [cit. 2024-03-04].
26. SÚJB, nedatováno. *Zvláštní odborná způsobilost (ZOZ) k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiální ochrany*. Online. SÚJB. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/zkousky-zvlastni-odborne-zpusobilosti/zvlastni-odborna-zpusobilost-zoz-k-vykonavani-cinnosti-zvlaste-dulezitych-z-hlediska-radiacni-ochrany>. [cit. 2024-02-19].
27. SÚJB, nedatováno. *Žádost o povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření (používání zdrojů ionizujícího záření v radiodiagnostice)*. Online. In: Sujb.cz. Dostupné z: [https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/Formulare\\_2024/9-2-f-7-rdg.pdf](https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/formulare/Formulare_2024/9-2-f-7-rdg.pdf). [cit. 2024-03-02].
28. SÚKUPOVÁ, Lucie a VACHATA, Petr, 2017. Riziko poškození plodu v důsledku rentgenových výkonů u gravidních žen. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. Roč. 80, č. 3, s. 276-279. ISSN 1210-7859. Dostupné z: <https://doi.org/10.14735/amcsnn2017276>.
29. SÚKUPOVÁ, Lucie, 2017. *Jakým způsobem ovlivňuje napětí rtg svazku dávku pacientovi?* Online. Lucie Sůkupová. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/jakym-zpusobem-ovlivnuje-napeti-rtg-svazku-davku-pacientovi/>. [cit. 2024-02-06].
30. SÚKUPOVÁ, Lucie, 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0709-4.
31. SÚRO, © 2023. *Principy radiální ochrany*. Online. SURO. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/principy-radiacni-ochrany>. [cit. 2023-12-18].
32. SÚRO, © 2024. *Usměrnování lékařského ozáření*. Online. SURO. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/usmernovani-ozareni-pri-cinnostech/usmernovani-lekarskeho-ozareni>. [cit. 2024-03-10].

33. ULLMANN, Vojtech, nedatováno. *Vliv ionizujícího záření na živé organismy – rizika a využití v medicíně*. Online. Nenalezený vydavatel. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm#4>. [cit. 2024-02-05].
34. ULLMANN, Vojtěch, nedatováno. *Www.astronuklfyzika.cz: Jaderná fyzika, radiační fyzika, radioisotopy*. Online. Nenalezený vydavatel. Dostupné z: [astronuklfyzika.cz/strana2.htm](https://astronuklfyzika.cz/strana2.htm). [cit. 2024-02-26].
35. UZIS, 2020. Zdravotnictví ČR: Stručný přehled činnosti oboru radiologie a zobrazovacích metod za období 2007-2019 NZIS REPORT č.K/19 [online]. 1.8. [cit. 2024-04-14]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008333/nzis-rep-2020-k19-a049-radiologie-a-zobrazovaci-metody2019.pdf>

#### Zákonné normy:

36. ČESKO, 2011. *Zákon č. 372/2011 Sb. Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách)*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-372>. [cit. 2024-03-04].
37. ČESKO, 2011. *Zákon č. 373/2011 Sb. Zákon o specifických zdravotních službách*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-373/zneni-20240101?text=klinick%C3%BD%20audit>. [cit. 2024-03-04].
38. ČESKO, 2012. *Vyhláška č. 410/2012 Sb. Vyhláška o stanovení pravidel a postupů při lékařském ozáření*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-410/zneni-20121201?text=klinick%C3%BD%20audit>. [cit. 2024-03-04].
39. ČESKO, 2016. *Vyhláška č. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>. [cit. 2023-12-18].
40. ČESKO, 2016. *Zákon č. 263/2016 Sb. Zákon atomový zákon*. Online. Zákony pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263?text=povolen%C3%AD>. [cit. 2024-03-02].

## SEZNAM ZKRATEK

- AEC – Automatic Exposure Control
- ALARA – As low as reasonably achievable
- ARS – Akutní radiační syndrom
- AZ – Atomový zákon
- BSS – Basic safety standards
- CT – Výpočetní tomografie
- CTDI – Kermový index výpočetní tomografie
- DOM – Dávková optimalizační mez
- DRÚ – Diagnostické referenční úrovně
- FN – Fakultní nemocnice
- FZV UP – Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého
- IAEA – Mezinárodní agentura pro atomovou energii ve Vídni
- IKEM – Institut klinické a experimentální medicíny
- IRCP – Mezinárodní komise radiologické ochrany
- IZ – Ionizující záření
- MN – Městská nemocnice
- MRS – Místní radiologické standardy
- MZČR – Ministerstvo zdravotnictví České republiky
- NRS – Národní radiologické standardy
- RA – Radiologický asistent
- RO – Radiační ochrana
- RTG – rentgen, rentgenový
- SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost
- SÚRO – Státní úřad radiační ochrany
- ÚZIS – Ústav zdravotnických informací a statistiky
- ZOZ – Zvláštní odborná způsobilost

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hlavní účinky ionizujícího záření na člověka .....	14
Tabulka 2: Přehled limitů ozáření.....	18
Tabulka 3: Rodová příslušnost respondentů .....	43
Tabulka 4: Věk respondentů .....	43
Tabulka 5: Nejvýše dosažené vzdělání respondentů .....	44
Tabulka 6: Délka praxe respondentů .....	44
Tabulka 7: Místo výkonu práce respondentů – zobrazovací modalita .....	45
Tabulka 8: Místo výkonu práce respondentů – zdravotnické zařízení .....	45
Tabulka 9: Absolvování zkoušky zvláštní odborné způsobilosti na SÚJB.....	46
Tabulka 10: Absolvování atestační zkoušky.....	46
Tabulka 11: Test odborných znalostí z radiační ochrany .....	47
Tabulka 12: Závislost znalostí z RO na vzdělání .....	49
Tabulka 13: Závislost znalostí z RO na absolvování zkoušky ZOZ SÚJB .....	50
Tabulka 14: Závislost znalostí z RO na místě výkonu práce – modalita.....	51
Tabulka 15: Závislost znalostí z RO na místě výkonu práce – typ zdravotnického zařízení ...	52
Tabulka 16: Forma školení RO na radiodiagnostických pracovištích.....	53
Tabulka 17: Forma ověřování znalostí z RO na radiodiagnostických pracovištích .....	53
Tabulka 18: Dohlížející osoby na radiodiagnostických pracovištích .....	54
Tabulka 19: Osoba s přímým dohledem nad RO na radiodiagnostických pracovištích .....	54



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Informovaný souhlas.....	66
Příloha 2: Dotazník – Znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany .....	68
Příloha 3: Stanovisko Etické komise FZV UPOL .....	74

# PŘÍLOHY

*Příloha 1: Informovaný souhlas*

## **Informovaný souhlas**

Pro výzkumný projekt: Radiační ochrana v radiodiagnostice

Období realizace: listopad 2023 až únor 2024

Řešitelé projektu: Bc. Kristýna Miková, Mgr. Tomáš Tichý

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zjistit úroveň vědomostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Výzkum probíhá formou dotazníku, který se skládá ze tří oblastí. První oblast se zabývá demografickými údaji. Druhá je koncipována jako test znalostí v oblasti radiační ochrany, kdy je vždy jedna odpověď správná. A třetí se zabývá školením a ověřováním znalostí z radiační ochrany v praxi. Dotazník je zcela anonymní a dobrovolný. Časová náročnost je cca 15 minut. Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná rizika.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracovány v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

**Vyplněním tohoto dotazníku souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu.**

## **Příloha 2: Dotazník – Znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany**

# **Znalosti radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany**

Vážená paní, vážený pane,

jsem studentkou navazujícího magisterského studia oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice na Fakultě zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci. Obracím se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření k mé diplomové práci, jehož cílem je zjistit úroveň vědomostí radiologických asistentů v oblasti radiační ochrany. Výzkum probíhá formou dotazníku, který se skládá ze tří oblastí. První oblast se zabývá demografickými údaji a údaji o vzdělání. Druhá je koncipována jako test znalostí v oblasti radiační ochrany, kdy je vždy jedna odpověď správná. A třetí se zabývá školením a ověřováním znalostí z radiační ochrany v praxi. Dotazník je zcela anonymní a dobrovolný. Časová náročnost je cca 15 minut. Výsledky výzkumu budou zpracovány a uvedeny v mé diplomové práci. Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná rizika. Mnohokrát Vám děkuji za vyplnění dotazníku a za Váš čas a ochotu.

Bc. Kristýna Miková

Vyplněním tohoto dotazníku souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu.

### Demografické údaje, údaje o vzdělání

1. Jste:
  - a. muž
  - b. žena
2. Kolik je vám let?
  - a. 18-29
  - b. 30-39
  - c. 40-49
  - d. 50-59
  - e. 60 let a více

3. Jaké je vaše nejvýše dosažené vzdělání v oboru radiologický asistent?
  - a. Střední zdravotnická škola
  - b. Vyšší odborná škola
  - c. Vysoká škola – bakalářské studium
  - d. Vysoká škola – magisterské studium
4. Jaká je délka vaší praxe?
  - a. méně než 1 rok
  - b. 1 až 5 let
  - c. 5 až 10 let
  - d. více než 10 let
5. Na které modalitě v radiodiagnostice pracujete? (Můžete vybrat více možností)
  - a. Skiografie
  - b. Skiaskopie
  - c. Mamografie
  - d. Výpočetní tomografie (CT)
  - e. Magnetická rezonance (MR)
  - f. Intervenční radiologie
6. V jakém typu zdravotnického zařízení pracujete?
  - a. Fakultní nemocnice
  - b. Krajská nemocnice
  - c. Městská nemocnice
  - d. Soukromá nemocnice
  - e. Poliklinika
7. Složil/a jste zkoušky zvláštní odborné způsobilosti k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany?
  - a. Ano
  - b. Ne

8. Absolvoval/a jste úspěšně atestační zkoušku v rámci specializačního vzdělávání v oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice? Pokud ano, kterou? (Můžete vybrat více možností)
- Analogová a digitální skiografie
  - Zobrazování výpočetní tomografií
  - Zobrazovací postupy intervenční radiologie a kardiologie
  - Zobrazování magnetickou rezonancí
  - Zobrazování v mamární diagnostice
  - Neabsolvoval jsem atestační zkoušku

Test odborných znalostí (Vždy jedna odpověď správná)

- Co je hlavním cílem radiační ochrany?
  - Vyloučit vznik stochastických účinků a snížit riziko vzniku deterministických účinků ionizujícího záření
  - Vyloučit všechny účinky ionizujícího záření
  - Vyloučit vznik deterministických účinků a snížit riziko vzniku stochastických účinků ionizujícího záření
  - Vyloučit překročení dávkových limitů u pacientů při lékařském ozáření
- Jak se projevuje princip ALARA při lékařském ozáření?
  - Jde o princip optimalizace a říká, že není možné překročit dávkové limity při lékařském ozáření.
  - Jde o princip zdůvodnění a říká, že každá činnost, která vede k ozáření pacienta musí být odůvodněna přínosem, který vyváží rizika při lékařském ozáření.
  - Jde o princip optimalizace a říká, že je potřeba získat dostatečnou diagnostickou informaci, při co nejnížší dávce záření.
  - Jde o princip zdůvodnění a říká, že lékařské ozáření nemusí být zdůvodněno přínosem, který vyváží rizika při lékařském ozáření.

3. Jaké jsou stanoveny limity pro lékařské ozáření pacientů?
  - a. 5 mSv efektivní dávky za rok
  - b. 20 mSv efektivní dávky za rok
  - c. 10 mSv efektivní dávky za rok
  - d. Lékařské ozáření nepodléhá limitům
4. Jaký je základní způsob radiační ochrany při zevním ozáření?
  - a. Používání osobních dozimetrů
  - b. Větrání nebo používání klimatizace na pracovištích, kde k vnějšímu ozáření dochází
  - c. Užívání jodových tablet
  - d. Ochrana časem, vzdáleností a stíněním
5. K čemu slouží diagnostické referenční úrovně?
  - a. Pro hodnocení kvality snímku
  - b. Pro optimalizaci lékařského ozáření
  - c. Pro tvorbu místních radiologických standardů
  - d. Pro stanovení dávek při ozáření
6. Kdy je nejvyšší radiosenzitivita lidského plodu?
  - a. 0. až 2. týden gravidity (preimplantační fáze)
  - b. 3. až 8. týden gravidity (období organogeneze)
  - c. 9. až 15. týden gravidity
  - d. 16. až 25. týden gravidity
7. Radiačním pracovníkem kategorie A je:
  - a. radiační pracovník, který by mohl obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně
  - b. radiační pracovník, který by mohl obdržet efektivní dávku vyšší než 20 mSv ročně
  - c. radiační pracovník, který by mohl obdržet efektivní dávku vyšší než 10 mSv ročně
  - d. radiační pracovník, který by mohl obdržet efektivní dávku vyšší než 1 mSv ročně

8. Mezi lékařské ozáření nepatří
  - a. Ozáření v rámci léčby nebo vyšetření pacienta
  - b. Ozáření v rámci hodnocení fyzického vývoje dětí a mladistvých ke sportovní kariéře
  - c. Ozáření v rámci pracovnělékařských služeb a preventivní zdravotní péče
  - d. Ozáření v rámci poskytování pomoci fyzické osobě podstupující lékařské ozáření
9. Pro radiačního pracovníka kategorie A je období pro vyhodnocování osobního dozimetru?
  - a. dva týdny
  - b. tři kalendářní měsíce
  - c. dva kalendářní měsíce
  - d. jeden kalendářní měsíc
10. Co platí pro snížení absorbované dávky pacienta a získání dostatečné kvality obrazu?
  - a. Pacient je co nejdále od detektoru a co nejbliže u rentgenky
  - b. Pacient je co nejbliže u detektoru a co nejdále od rentgenky
  - c. Na umístění rentgenky a detektoru nezáleží
  - d. Pacient je ve stejné vzdálenosti od rentgenky a od detektoru
11. Co je nejčastějším zdrojem radiačních ozáření pracovníků v radiodiagnostice?
  - a. Primární svazek rentgenova záření
  - b. Ani jedna z možností není správná
  - c. V radiodiagnostice nedochází k ozáření pracovníků
  - d. Rozptýlené (sekundární) záření
12. Záměna pacienta a opakování snímku patří k radiologickým událostem
  - a. Kategorie A
  - b. Kategorie C
  - c. Nejde o radiologickou událost
  - d. Kategorie B



13. Jaké je referenční místo umístění osobního dozimetru?

- a. Není určeno přesné referenční místo pro umístění dozimetru
- b. Přední levá strana hrudníku
- c. Při používání ochranné stínící zástěry je dozimetr umístěn pod zástěrou
- d. Přední pravá strana hrudníku

Radiační ochrana v praxi (prosím o stručnou odpověď)

1. Jak probíhá školení v oblasti radiační ochrany na vašem pracovišti?
2. Jak na vašem pracovišti probíhá ověřování znalostí v oblasti radiační ochrany?
3. Kdo na vašem pracovišti vykonává funkci dohlížející osoby?
4. Kdo na vašem pracovišti vykonává funkci osoby s přímým dohledem nad radiační ochranou?

### Příloha 3: Stanovisko Etické komise FZV UPOL



Fakulta  
zdravotnických věd

UPOL - 160984/FZV-2023

Vážená paní  
Bc. Kristýna Míková

2023-06-21

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Radiační ochrana v radiodiagnostice**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .**

S pozdravem,

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI  
Fakulta zdravotnických věd  
Etická komise  
Hněvotinská 3, 775 15 Olomouc

Mgr. Renáta Váverková  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP