



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

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

**Optimalizace radiační ochrany na oddělení
radiodiagnostiky FN Plzeň**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: **OCHRANA OBYVATELSTVA**

Autor: Bc. Daniela Šeflová

Vedoucí práce: Mgr. Zuzana Freitinger-Skalická, Ph.D

České Budějovice 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „*Optimalizace radiační ochrany na oddělení radiodiagnostiky FN Plzeň*“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne 12. srpna 2018

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala paní Mgr. Zuzaně Freitinger-Skalické, Ph.D za odborné vedení práce, paní Mgr. Janě Štěpánkové a panu Mgr. Pavlu Nedbalovi, DiS, za cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

Abstrakt

Optimalizace radiační ochrany na oddělení radiodiagnostiky FN Plzeň

V diplomové práci s výše uvedeným názvem jsem v úvodní části obecně popsala danou problematiku. V diplomové práci je popsáno ionizující záření, historie a současnost, jeho druhy a využití a také ochranné pomůcky, které jsou nezbytně nutně používány při práci s ionizujícím zářením. Zabývala jsem se principem monitorování pracovníků, pracovišť i pacientů, dále limitováním a veškerými veličinami, které popisují nebo charakterizují ionizační záření. V další části diplomové práce jsem se zaměřila na dozimetrii, kde jsem popsala druhy dozimetrů. V diplomové práci jsou uvedeny právní předpisy – zákony, vyhlášky a nařízení vlády, které dávají právní rámec dané problematice. V závěrečné části této práce jsem popsala radiodiagnostickou činnost na oddělení Digitální subtrakční angiografie, Gastroenterologie a Intervenční kardiologie, Fakultní nemocnice Plzeň, z jejichž činnosti jsem čerpala podklady pro tuto práci.

Cílem této diplomové práce bylo zjistit naměřené hodnoty dávek ionizujícího záření u zdravotnického personálu a analyzovat zajištění radiační ochrany na oddělení radiodiagnostiky FN Plzeň. K porovnání byly využity naměřené hodnoty z osobních dozimetrů zdravotnického personálu na uvedených pracovištích FN Plzeň.

V teoretické části jsem využila veškerých dostupných zdrojů, zahraniční i české literatury. Zdroje jsou uvedeny na závěr této práce. Práce je zaměřena na kvantitativní výzkum, který jsem použila v praktické části pomocí statistiky.

Veškeré zjištěné hodnoty z osobních dozimetrů jsem získala z evidence Fakultní nemocnice v Plzni. Údaje uvedené v diplomové práci jsou naměřené dávky zdravotnického personálu za posledních sedm let. Dávky byly naměřeny pomocí OSL dozimetrů, které jsou v dnešní době nejpoužívanějším dozimetrem ve zdravotnictví. Hlavním záměrem diplomové práce, vzhledem k tomu, že pracuji jako radiologická asistentka, bylo zkoumání dávek u radiologických asistentů, lékařů a zdravotních sester na oddělení radiodiagnostiky FN Plzeň, nikoli u pacientů, kteří byli na těchto odděleních vyšetřeni. Z hlediska pacientů se jedná o lékařské ozáření, a v tomto případě není stanoven limit pro ozáření.

Klíčová slova

Ionizující záření; radiační ochrana; monitorování; dozimetrie; měření osobních dávek a legislativa.

Abstract

Optimization of Radiation Protection at the Department of Radiology at FN Plzeň

In the diploma thesis with the above name, I have described the subject in general in the introductory part. The diploma thesis describes ionizing radiation, history and present, its types and uses as well as protective aids, which are necessary to use when working with ionizing radiation. I have dealt with the principle of monitoring workers, workplaces and patients, as well as limitations and all the quantities that describe or characterize ionizing radiation. In the next part of my diploma thesis I focused on dosimetry, where I described types of dosimeters. The diploma thesis deals with legislation - laws, decrees and government orders, which give the legal framework of the given issue. In the final part of this thesis I have described the radiodiagnostic activity in the Department of Digital Subtraction Angiography, Gastroenterology and Interventional Cardiology, Pilsen University Hospital, from whose activities I drew background material for this work.

The aim of this diploma thesis was to find out the measured values of doses of ionizing radiation in the medical staff and to analyze the radiation protection provision at the Department of Radiology at FN Pilsen. For comparison, the measured values from the personal dosimeters of the medical staff at the mentioned workplaces at FN Plzeň were used.

In the theoretical part I used all available sources, foreign and Czech literature. Resources are provided at the end of this paper. The work is focused on quantitative research, which I used in the practical part with statistics.

All obtained values from personal dosimeters were obtained from the records of the University Hospital in Pilsen. The data presented in the diploma thesis are measured doses of healthcare personnel for the last seven years. Doses were measured using OSL dosimeters, which are today the most widely used dosimetry in health care. The main aim of the thesis, given that I work as a radiological assistant, was the examination of the doses of radiological assistants, doctors and nurses in the Department of Radiology of the Faculty of Nursing in Pilsen, not in the patients who were examined in these departments. In terms of patients, this is a medical exposure, and in this case there is no limit for irradiation.

Key words

Ionizing radiation; radiation protection; monitoring; dosimetry; measurement of personal benefits and legislation.

Obsah

Úvod.....	10
1 Teoretická část	12
1.1 Stručná historie a současnost	12
1.2 Druhy ionizujícího záření	13
1.3 Využití ionizujícího záření.....	15
1.4 Principy radiační ochrany	16
1.4.1 Princip odůvodnění.....	17
1.4.2 Princip optimalizace	17
1.4.3 Princip limitování	19
1.5 Způsoby radiační ochrany.....	22
1.6 Kategorizace radiačních pracovníků.....	24
1.7 Monitorování	25
1.7.1 Monitorování pracoviště.....	26
1.7.2 Osobní monitorování radiačních pracovníků	26
1.7.3 Monitorování výpustí	28
1.7.4 Monitorování okolí.....	29
1.8 Základní veličiny	29
1.9 Dozimetry	34
1.9.1 Využití a princip	34
1.9.2 Druhy dozimetrů.....	34
1.10 Legislativa	41
1.11 Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň.....	43
1.11.1 DSA - Digitální subtrakční angiografie.....	43
1.12 Gastroenterologie – ERCP	44
1.13 Kardiologické oddělení	45
2 Cíle práce a hypotézy	48

3	Metodika výzkumu.....	49
3.1	DSA – digitální subtrakční angiografie	49
3.2	Intervenční kardiologie	50
3.3	Gastroenterologie – ERCP	51
4	Výsledky	52
4.1	Digitální subtrakční angiografie	52
4.2	Intervenční kardiologie	74
4.3	Gastroenterologie – ERCP	96
5	Diskuze.....	109
6	Závěr	112
7	Seznam literatury	114
8	Zkratky	118
9	Seznam obrázků	119
10	Seznam tabulek.....	120
11	Seznam grafů	121

Úvod

Každý, kdo užívá zdrojů ionizujícího záření, je povinen v mezích své působnosti činit všechna potřebná opatření k ochraně své, svých spolupracovníků i ostatních osob vyskytujících se v kontrolovaném či sledovaném pásmu. Základním legislativním rámcem pro práci s ionizujícím zářením je v současné době „Nový atomový zákon“, který byl přijat 14. července 2016 jako zákon č. 263/2016 Sb. Tímto zákonem a příslušnými platnými vyhláškami se řídí i Fakultní nemocnice Plzeň. Fakultní nemocnice je moderní nemocnice s kvalitními a špičkovými přístroji pro odhalení různých diagnóz.

V této práci jsou použity údaje z činnosti Kliniky zobrazovacích metod FN Plzeň. V oblasti radiační ochrany, je klinika vybavena nejrůznějšími ochrannými pomůckami, které jsou nezbytné pro používání a využívání rentgenového záření pro lékařské účely. Tato práce se věnuje činnosti radiologických asistentů, lékařů a zdravotních sester na Klinice zobrazovacích metod, s představením Digitální subtrakční angiografie, na Kardiologickém oddělení a Gastroenterologii v oblasti radiační ochrany. Cílem práce bylo porovnání naměřených dávek z dozimetrů a vzájemné srovnání v diplomové práci vyjmenovaných pracovišť.

Téma diplomové práce „Optimalizace radiační ochrany na oddělení radiodiagnostiky FN Plzeň“ jsem si vybrala z toho důvodu, že pracuji ve Fakultní nemocnici v Plzni jako radiologická asistentka a zajímalo mě porovnání naměřených osobních dávek z dozimetrů u zdravotnického personálu na vybraných odděleních. Dalším důvodem, který mě vedl k výběru tohoto tématu, jsou možnosti radiodiagnostických vyšetření v dnešní době, kdy pomocí ionizujícího záření v oblasti zobrazování lidských anatomických a tkáňových struktur, je následně zajištěna a identifikována diagnóza pacienta. Při těchto vyšetřeních nejsou vystavováni ionizujícímu záření pouze pacienti, ale i zdravotnický personál. V diplomové práci jsem se zabývala touto problematikou, s cílem zjistit rozdíly v naměřených dávkách ve zkoumaném období i s porovnáním naměřených hodnot mezi již zmíněnými odděleními.

V diplomové práci je popsán stručně vývoj ionizujícího záření. Společně s radiační ochranou je nejzákladnějším tématem této práce. Část práce je věnována dozimetrii, jsou uvedeny druhy dozimetrů a popis důležitých veličin z oblasti ionizujícího záření

a radiační ochrany. V závěrečné části práce je uvedena legislativa – zákony, vyhlášky a nařízení vlády, které právně ošetřují problematiku ionizujícího záření a radiační ochrany.

1 Teoretická část

Ionizující záření

1.1 Stručná historie a současnost

Německý fyzik Wilhelm Konrád Röntgen (1845 – 1923), 8. listopadu 1895 objevil paprsky X ve fyzikálním ústavu ve Würzburgu v Německu. Tento objev přispěl k rozvoji oboru radiologie a následně pak i oboru radiologické asistence. Samostatný objev byl učiněn při pokusech s katodovými trubicemi, kdy vědec a fyzik svůj objev shrnul v devítistránkové zprávě „O novém druhu záření“. V roce 1896 bylo publikováno celkem 1 000 časopiseckých sdělení o různém způsobu využití záření v medicíně. Když W. K. Röntgen dokončil svou přednášku o novém druhu záření, švýcarský anatom a fyziolog Rudolf Albert Kölliker navrhl, aby neznámé záření bylo pojmenováno po svém objeviteli, tedy rentgenové záření. Röntgen jako první získal v roce 1901 Nobelovu cenu za fyziku, ale svůj objev si nikdy nenechal patentovat. (Vomáčka, 2012; Ferda, 2015)

Ionizující záření zahrnuje rentgenové záření, gama záření a částicové neboli korpuskulární záření. Má schopnost ionizovat prostředí, kterým prochází. (Brounková a kol., 2007)

V diagnostických a terapeutických přístrojích je umělým zdrojem rentgenového záření především rentgenka. Rentgenka je skleněná vakuovaná trubice, v níž se nachází dvě elektrody. Kladně nabitá anoda a záporně nabitá katoda. Z katody vylétávají termoemisi uvolněné elektrony, které jsou pak prudce zabrzděny o kladnou anodu. Vzniká brzdné záření, jež je směsicí fotonů různých vlnových délek. Dále pak vzniká charakteristické záření jen určitých vlnových délek závislých na materiálu ohniska anody. RTG záření spadá do skupiny elektromagnetického vlnění, do kterého patří viditelné světlo, rozhlasové vlny, UV záření, infračervené nebo kosmické záření. RTG záření je pronikavé o velmi krátkých vlnových délkách ($10^{-8} - 10^{-12}$ m) a velmi vysokých frekvencích. V diagnostice se využívá záření o vlnové délce $10^{-9} - 10^{-11}$ m. Rentgenové záření prochází hmotou i vakuem, šíří se přímočaře, má ionizační účinky, což znamená, že množství energie, které záření nese je zcela postačující k uvolnění elektronu z atomu. (Vomáčka, 2012; Ferda, 2015; Seidl, 2012)

Vzniklé rentgenové záření je neviditelné a jeho intenzity ubývá se čtvercem vzdálenosti. Rentgenové záření prochází hmotou, ve které se částečně absorbuje a tím vyvolává ionizaci a excitaci atomů. Ionizace je společně s luminiscenčním efektem základem moderního zobrazování. Primární ionizace může způsobit další ionizaci tím, že vyrazí elektrony z jiných neutrálních atomů předáním části své energie uvolněnými elektrony. Ionizace také se využívá k měření intenzity rentgenového záření – ionizační komůrky. Proto, čím je záření intenzivnější, tím je počet ionizací větší. (Herring, 2007; Hála, 1998)

Biologické vlastnosti rentgenového záření představují negativní účinky absorbovaného záření na živou hmotu, které jsou především podmíněny excitací a ionizací atomů živé hmoty. Nejcitlivější na záření jsou rychle se dělící buňky, které z pravidla mohou být poškozeny především díky narušením molekul DNA. Biologické účinky se rozdělují na deterministické a stochastické. Deterministické účinky jsou prahové, tudíž se projevují, když dávka ve tkáni nebo orgánu překročí určitý limit. Mezi typické příklady deterministických účinků patří nemoc z ozáření, katarakta nebo radiační dermatitida. Relativně nízké dávky, se kterými se můžeme setkat v radiodiagnostice, mohou být příčinou bezprahových, tedy stochastických účinků. Příkladem stochastických účinků je vznik zhoubných nádorů nebo genetické mutace. Je nutné, aby každé provedené lékařské ozáření bylo promyšleno, správně indikováno a optimalizováno, za využití všech způsobů radiační ochrany, mezi které patří clonění vyšetřované oblasti nebo vykrývání gonád u dětí i u dospělých při snímkování pánve. Cílem radiační ochrany je tedy vyloučit všechny deterministické účinky a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků. (Vomáčka, 2012; Ferda, 2015; Seidl, 2012)

1.2 Druhy ionizujícího záření

Ionizující záření rozdělujeme do dvou skupin, přírodní zdroje ionizačního záření a umělé zdroje ionizačního záření. Mezi přírodní zdroje patří terestrální, kosmické, vnitřní a vnější ozáření. (Hušák, 2009; Brounková, 2007)

Umělé zdroje představují rentgenky, radionuklidy, urychlovače, jaderné reaktory a další. Základní rozdělení zdrojů ionizujícího záření je na záření alfa, beta, gama, X záření, neutronové záření a fotony. (Hušák, 2009; Kuna, 2005)

Další rozdělení je přímo a nepřímo ionizující záření. Přímou ionizující záření představuje zejména elektrony, pozitrony, protony, dále částice alfa a beta, které jsou tvořeny nabitými částicemi a disponují velkou energií k vyvolání ionizace. Naopak nepřímo ionizující záření má všechny částice nenabitě, což vede k tomu, že samy nemohou vyvolat ionizační proces, pouze tehdy, když při vzájemném působení dokážou uvolnit sekundárně nabitě částice, které pak následně mohou ionizovat okolí. (Kupka, 2007; Ullmann, 2008)

- Alfa záření – α je to korpuskulární neboli částicové a přímo ionizující záření, má silné ionizační účinky ale velmi malý dosah. Je tvořeno jádrem helia. Částice nesou dva kladné náboje a klidovou hmotnost mají $6,656 \cdot 10^{-27}$ Mezi zástupce zdrojů alfa záření patří například radium nebo uran. (Ionizující záření, 2018)
- Beta záření – β^- - korpuskulární a přímo ionizující záření, při rozpadu z jádra vylétají částice β^- - elektrony e^- , díky malé hmotnosti částic je zakřivená trajektorie částic v elektrickém i magnetickém poli. Elektrickými účinky ionizuje látku, tím se zbrzdí a v látkovém prostředí má poměrně krátký dolet, v tkáni jen 3 – 4 mm. Mezi zástupce zdrojů β^- záření patří například uhlík a draslík. (Kolektiv autorů, 2003; Ullmann, 2008)
- β^+ - korpuskulární a přímo ionizující záření, při rozpadu z jádra částic vylétají částice β^+ pozitrony e^+ . Po zabrzdění dochází k anihilaci pozitronu e^+ s elektronem e^- vznikají 2 fotony gama záření o vysoké energii 511keV. Nejčastější využití je Pozitronová emisní tomografie PET. (Kolektiv autorů, 2003)
- Gama záření – γ je elektromagnetické nepřímo ionizující záření o krátké vlnové délce. Vzniká spolu s α či β zářením při radioaktivním rozpadu jader. γ záření je velmi pronikavé záření, nenesou žádný elektrický náboj, nevzniká jiný izotop, jádro pouze ztrácí část své energie. Toto záření má čárové spektrum. Mezi zástupce zdrojů γ záření patří například kobalt.
- X záření, rentgenové záření – pronikavé záření s krátkou vlnovou délkou, rozdělujeme na brzdné a charakteristické záření.

- Brzdné záření – je fotonové záření, které má spojité spektrum. Vzniká prudkým zabrzděním nabitých částic v elektrických polích částic.
- Charakteristické záření – je to také fotonové záření, které má spojité spektrum. Vzniká při přechodu jednoho elektronu atomového obalu na nižší energetickou hladinu nebo také při rekombinaci iontu s volným elektronem.
- Neutronové záření – vzniká uměle v jaderných reaktorech nebo při jaderné explozi. Má vysokou pronikavost díky tomu, že nenes elektrický náboj. Neztrácí energii přímou ionizací. (Ionizující záření, 2018; Kolektiv autorů, 2003; Ullmann, 2008)

Zdrojem ionizačního záření může být látka, předmět, přístroj nebo takové záření, které je schopno vydávat ionizační záření nebo uvolňovat radioaktivní látky. Následující rozdělení představuje přírodní zdroje ionizujícího záření, které charakterizuje kosmické záření a přírodní radionuklidy a umělé zdroje ionizujícího záření. Mezi kosmické záření řadíme galaktické a sluneční záření a radiační pásy Země. Přírodní radionuklidy zastupují kosmogenní a primordiální radionuklidy a také vznikající sekundárně se tvořící přeměnové řady. Umělé zdroje ionizujícího záření reprezentují cyklotrony, jaderné reaktory, klasický rentgen, mamograf a výpočetní tomografie CT, dále terapeutická zařízení jako například rentgenové ozařovače, lineární urychlovače, cesiové či kobaltové gama ozařovače nebo Leksellův gama-nůž a v poslední řadě také radiofarmaka využívané hlavně v nukleární medicíně. (Ullmann, 2008; Kolektiv autorů, 2003)

1.3 Využití ionizujícího záření

Rentgenové záření se ve zdravotnictví hlavně používá k zobrazení anatomických, fyziologických struktur i patologických změn či procesů. Nejčastějším využitím rentgenové záření je konvenční rentgen, který nám zobrazuje hlavně kostěné struktury. (Frank, 2005; Ferda, 2015)

Další je skiaskopické vyšetření, pomocí kterého dokážeme zobrazit dynamické děje v lidském těle, například pasáž trávicím traktem, což je zobrazení průchodu kontrastní látky trávicím traktem pacienta. Dále pomocí rentgenového záření můžeme vyšetřit nemocné na výpočetní tomografii – CT, kde dokážeme zobrazit milimetrové řezy třemi

rovinami. Pozitronová emisní tomografie - PET/CT je další metodou zobrazování pomocí rentgenového záření. Díky této metodě můžeme po aplikování pacienta radioaktivní látkou detekovat různá patologická místa či ložiska v těle pacienta. Nejčastější indikací k vyšetření PET/CT jsou zánětlivá nebo nádorová onemocnění. Ionizační záření dokáže zobrazovat, ale i léčit. Tohoto využití mají na onkologickém a radioterapeutickém pracovišti, kde ozařují onkologické pacienty. (Vomáčka, 2012; Ferda, 2015)

1.4 Principy radiační ochrany

Podle nového atomového zákona č. 263/2016 Sb., a vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje jsou definovány principy radiační ochrany a stanoveny limity pro obyvatele, pro radiační pracovníky a pro žáky a studenty. (Zákon č. 263/2016 Sb.; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Radiační ochrana se dělí na stochastické a deterministické neboli nestochastické účinky. U stochastických účinků hrají nejdůležitější roli buněčné mutace. Gametické mutace se objevují pouze v zárodečných buňkách, somatické mutace tj. mutace v tkáních mimo gonády. Mutace se v populaci vyskytují spontánně, ale bylo dokázáno, že účinky ionizujícího záření se výskyt těchto mutací výrazně zvyšuje. Proto stochastické účinky vyjadřují určitou pravděpodobnost vzniku mutací a nádorového onemocnění. Při hodnocení je velmi důležitá doba latence, to je doba mezi ozáření a vznikem poškození. Téměř 3 -10 krát jsou děti a mládež citlivější na ionizační záření než dospělí. Deterministické účinky jsou naopak charakterizovány buněčnými ztrátami v populacích. Bezpodmínečně se objevují pro překročení určitého dávkového prahu. S rostoucí dávkou z ozáření vzniká větší míra poškození. Nejčastějšími projevy deterministických účinků jsou akutní nemoc z ozáření, sterilita, poškození kůže nebo zákal oční čočky. Z výše uvedených skutečností vyplývá, že cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na nejnižší možnou přijatelnou míru. (Klener, 2000; Musílek, 1992)

Mezi základní principy radiační ochrany patří: princip odůvodnění, princip optimalizace a princip limitování. (Koláček a kol., 2017)

1.4.1 Princip odůvodnění

Podle vyhlášky 422/2016 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost platí, že pro veškeré radiační činnosti nebo nové kategorie, které jsou nebo mají být zavedeny do praxe, musí být z hlediska hospodářských a společenských odůvodněny a nesmí způsobit žádnou zdravotní újmu. U lékařského ozáření je princip odůvodnění zcela očekávaný a to z důvodu uskutečnění preventivní péče u osob, u kterých může být odhalena nemoc a následně zahájena léčba. Je však důležité, aby veškeré radiační vyšetření bylo indikováno lékařem, který má dostatečnou praxi ve vztahu k využívání zobrazovacích a léčebných postupů. Zvláštní způsob principu odůvodnění je screeningové vyšetření v rámci preventivního vyšetření a včasného odhalení vážné nemoci. Pokud se nejedná o lékařské ozáření, vyžaduje se zvláštní odůvodnění a použití správných technik a nesmí být překročeny optimalizační meze. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.4.2 Princip optimalizace

Každý, kdo provádí činnost v rámci expozičních situací, musí při optimalizaci radiační ochrany stanovit varianty zajištění radiační ochrany a z nich vybrat optimální variantu v příslušné expoziční situaci. *„Výběr optimální varianty zajištění radiační ochrany musí být proveden porovnáním možností snížení plánovaných a potenciálních dávek fyzickým osobám nebo skupinám obyvatelstva. Opatření přijímaná k ochraně fyzických osob nebo skupin obyvatelstva proti vlivu zdroje ionizujícího záření mohou být uplatněna u zdroje ionizujícího záření, v prostředí mezi zdrojem ionizujícího záření a fyzickou osobou nebo u fyzické osoby.“* Přesnost omezení velikosti ozáření přímo u zdroje ionizujícího záření musí být při výběru optimální varianty zajištění radiační ochrany. Musí být také vzaty v úvahu reprezentativní znaky, které souvisí s příslušnou činností. Je-li to možné, při výběru optimální varianty zajištění radiační ochrany lze provést porovnání nákladů na různá opatření ke zvýšení radiační ochrany zejména k vybudování dodatečných bariér nebo přemístění fyzických osob. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Princip optimalizace představuje určitý systém opatření, pomůcek a nástrojů, podle kterých lze zabezpečit, že ozáření osob dosáhne minimálních hodnot. Optimalizace se musí provádět před každým zahájením činnosti, která vede k ozáření, porovnáním nebo posouzením variant řešení radiační ochrany. Pokud dojde k vykonání činnosti ozáření pravidelným rozbořem je zapotřebí i v této variantě optimalizace. Z hlediska sociálního

i hospodářského je cílem principu optimalizace zajištění počtu ozařovaných osob a osobních dávek na takovou možnou úroveň, jak je to jen možné za předpokladu dosažení co nejmenších dávek. (Singer, 2004)

Pod názvem ALARA, v anglickém jazyce As Low As Reasonably Achievable se skrývá princip optimalizace. Cyklickým procesem, kterým se uplatňuje optimalizace s doporučením ICRP musí obsahovat:

- identifikace alternativ ochrany,
- prosazení vybrané alternativy,
- vhodné zvolení optimalizační meze,
- vyhodnocení expozičních situací,
- výběr nejlepší možnosti za dané situace,
- posuzování expoziční situace,
- posuzování vyhnutí se nehodám.

Každý, kdo provádí činnosti v rámci expozičních situací, musí používat pravidelně postupy optimalizace radiační ochrany tak, aby nebyly opomenuty žádné nově vzniklé podmínky pro příslušnou expoziční situaci. Postupy optimalizace radiační ochrany se využívají v nových možnostech zajištění radiační ochrany pro danou expoziční situaci a to v okamžiku, dojde-li k překročení limitů ozáření, které jsou stanoveny v referenčních úrovních nebo v dávkových optimalizačních mezích. *„U lékařského ozáření pro radioterapeutické účely, včetně léčebných aplikací radionuklidu, musí být ozáření cílových objemů u každé fyzické osoby podstupující léčbu jednotlivě plánováno a jejich dosažení odpovídajícím způsobem ověřeno, přičemž musí být vzato v úvahu, že dávky pro objemy a tkáň nejsou cílové, musí být tak nízké, jak je to při zamýšleném radioterapeutickém účelu ozáření rozumně dosažitelné.“* (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Dosavadní zkušenosti s podobnými činnostmi a zdroji ionizujícího záření tak, aby úroveň radiační ochrany nebyla nižší, než již bylo dosaženo, a vlivy jiných činností a zdrojů ionizujícího záření tak, aby nehrozilo překročení limitů ozáření, musí být zohledněny při stanovování dávkových optimalizačních mezí pro radiační činnost nebo zdroj ionizujícího záření. Postup optimalizace radiační ochrany musí být dokumentován. Dokumentace optimalizace radiační ochrany musí strukturovaně a systematicky popisovat postup, musí v expoziční situaci použité při optimalizaci

zohlednit všechna významná hlediska a musí obsahovat použité varianty zajištění radiační ochrany.

Cílem zajištění bezpečnosti zdrojů je omezení důsledků nehody a snížení vzniku událostí, které mohou způsobovat zvýšené ozáření. (Singer, 2004)

1.4.3 Princip limitování

V počátku vzniku radiační ochrany nebyly zavedeny limity ozáření. V úvahu se bralo pouze překročení dávkového prahu deterministických účinků. Proto byly stanoveny limity, které představují jakési prahy nebo hranice mezi přijatelné a nepřijatelné dávky z ozáření. Limity ozáření jsou jakési ukazatele pro ozáření z radiačních činností.

Obecné limity pro obyvatele z ozáření ze všech povolených nebo registrovaných činností za jeden kalendářní rok ukazuje následující tabulka:

Tabulka 1: Obecné limity pro obyvatele

Obecné limity pro obyvatele	
Pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření	1 mSv
Pro ekvivalentní dávku v oční čočce	15 mSv
Pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm ² kůže, bez ohledu na velikost ozářené plochy	50 mSv

Zdroj: (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Tabulka 2: Limity pro radiačního pracovníka

Limity pro radiačního pracovníka	
Pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření	20 mSv
Pro efektivní dávku v oční čočce	50 mSv/rok
	100 mSv/5let
Pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm ² kůže, bez ohledu na velikost ozářené plochy	500 mSv/rok
Pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky	500 mSv/rok

Zdroj: (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Tabulka 2 ukazuje limity pro radiačního pracovníka, které musí být použity pro omezení profesního ozáření.

Pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření je hodnota schválena Úřadem podle § 63 odst. 4 atomového zákona č. 263/2016 Sb., nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok.

Posouzení, zda nedošlo k překročení limitů, musí být prováděno soustavně, musí se zohledňovat součet dávek ze všech cest ozáření a při všech pracovních činnostech, které radiační pracovník vykonává a také se zohledňuje v případě radiačního pracovníka, který není externím pracovníkem, vykonávání pracovních činností, při kterých je nebo může být vystaven ozáření podléhajícímu limitům pro radiačního pracovníka, pro více ohlašovatelů, registrantů nebo držitelů povolení. Radiační pracovník, u kterého bylo zjištěno překročení limitů, musí být dočasně převeden na jinou práci nebo dočasně vyřazen z práce se zdrojem ionizujícího záření do doby, než je posouzena jeho zdravotní způsobilost k další práci se zdroji ionizujícího záření a následně musí být stanoveny podmínky pro tuto práci. Pokud u radiačního pracovníka dojde k zjištění překročení limitů, ale je zdravotně způsobilý, není důvodem pro jeho vyloučení

z obvyklé pracovní činnosti nebo pro přeložení na jiné pracoviště, pokud osoba, pro niž pracovní činnost vykonává, nemá k takovému vyloučení jiné závažné důvody.

Následující tabulka 3 znázorňuje limity pro žáky a studenty, kteří vykonávají odbornou praxi v rámci svého studia.

Tabulka 3: Limity pro žáka a studenta

Limity pro žáka a studenta	
Pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření	6 mSv
Pro ekvivalentní dávku v oční čočce	15 mSv
Pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm ² kůže, bez ohledu na velikost ozářené plochy	150 mSv
Pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky	150 mSv

Zdroj: (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Dodržování limitů u žáků a studentů musí posuzovat držitel povolení, na jehož pracovišti žáci a studenti v rámci svého studia pracují se zdrojem ionizačního záření. Posuzování zda nedošlo k překročení limitů, musí být prováděno soustavně, a musí se zohlednit součet dávek ze všech cest ozáření a při všech činnostech, které žák nebo student vykonává v rámci své praxe při studiu. Tyto limity uvedené v tabulce 3 jsou stanovené pro žáky a studenty od 16 do 18 let a jsou za jeden kalendářní rok. Pokud student nebo žák nedovršil 16. rok života a vykonává práci v rámci praxe při studiu se zdroji ionizujícího záření, platí stanovené limity shodné s obecnými limity pro obyvatele. Naopak pro studenty a žáky, staršími 18 let, kteří vykonávají práci se zdroji ionizujícího záření, jsou stanoveny shodné limity jako pro radiační pracovníky. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Tabulka 4: Odvozené limity

Odvozené limity	
Pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm	500 mSv/rok
Pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 3 mm	20 mSv/rok
Pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm	20 mSv/rok

Zdroj: (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Tabulka 4 ukazuje odvozené limity pro dávkový ekvivalent v určitých hloubkách kůže.

Limity pro radiační pracovníky se považují za nepřekročené, pokud nejsou překročeny kvantitativní ukazatele vyjádřené v měřitelných veličinách. Tyto limity v tabulce 4 jsou odvozené limity pro zevní ozáření. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.5 Způsoby radiační ochrany

Každé pracoviště a každá osoba pracující s ionizujícím zářením musí pečlivě a zodpovědně respektovat používání ochranných pomůcek a dodržovat zásadní pravidla pro radiační ochranu. Každé pracoviště musí být vybaveno ochrannými pomůckami jako například olověná zástěra, nákrčníky, olověné vesty, brýle, rukavice a další. (Ferda, 2015)

Každá osoba pracující se zdroji ionizujícího záření, zařazená jako pracovník kategorie A má povinnost nosit dozimetr na referenčním místě, tzn. v levém horním kraji hrudníku. Dále se musí chránit před zářením z hlediska času tak, že se bude pohybovat v prostoru ionizujícího záření jen na nezbytně nutnou dobu, v diagnostice na nukleární medicíně musí plně informovat pacienta před aplikací radioaktivní látkou o prováděném výkonu, po naaplikování se pacient chová jako přímý otevřený zářič. Další důležitou veličinou je vzdálenost. Čím dál se budeme vyskytovat od zdroje ionizujícího záření, tím bude dávka menší, z tohoto vyplývá, že záření klesá se čtvercem vzdálenosti. Posledním z bodů je stínění, kdy je zapotřebí používat ochranné pomůcky, centrovat pouze na vyšetřovanou oblast zájmu a co nejvíce kolimovat vyšetřované pole, abychom maximálně šetřili zdravé nevyšetřované oblasti. (Vomáčka, 2012; Ferda, 2015)

Na základě typu zdroje a jeho způsobu používání jsou uplatňovány na konkrétním druhu pracoviště určité zásady práce se zdroji ionizujícího záření, které vedou ke snížení dávek u pacientů i zdravotnického personálu. Pro dodržení a dosažení kvalitní dobré optimalizace a pro snížení dávek při intervenčních vyšetřeních je zapotřebí se řídit několika zásadami. V dnešní době dochází k velkému rozvoji intervenčních výkonů, které se staly nedílnou součástí lékařské praxe. Pro minimalizaci dávek jak lékařů, tak i pacientů jsou stanoveny postupy praxe při lékařském ozáření. Je to například skiagrafický „cine“ mód (SG) vs. Skiaskopický mód (SS). Je známo, že když se bude používat SS mód, výsledná dávka bude až 15x nižší než dávka při SG módu. Proto je vhodné používat SG mód pouze v nezbytně nutné míře. Dalším důležitým faktem je výběr dávkového módu a zvětšení. Nejvhodnější je používání „low-dose“ mód. Když použijeme zvětšení a „high-dose“ módu zároveň, může být dávka pacientovi až 20x vyšší. Významný je také používání webe filtru, který zlepšuje kontrast obrazu a redukcí prozařovaného objemu se zmenší také dávka pacientovi. I výběr správné kolimace redukuje rozptýlené záření, čímž se zlepší kontrast obrazu a zároveň se zmenší ozáření personálu. Nesmíme zapomenout na velkou vzdálenost mezi ohniskem a kůží. Dvojnásobná vzdálenost ohnisko – kůže zmenší dávky na kůži až na čtvrtinu, trojnásobná vzdálenost až na devítinu. Velkou roli hraje malá vzdálenost mezi pacientem a detektorem, když umístíme detektor co nejbližší, k pacientovi jak je to jen možné, dospějeme k významnému snížení dávek pacienta i personálu. Je-li to možné, je vhodnější používat častěji PA projekce oproti bočním a šikmým. Základním bezpečnostním opatřením je používání ochranných pomůcek, jako jsou olověné zástěry a nákrčníky, které redukují dávky personálu až o 95 %. Velmi důležité je používat rentgenku vždy pod vyšetřovacím stolem, tedy pod pacientem a detektor mít umístěný nad stolem s pacientem. Další redukce dávek je možná používáním ochranných brýlí nebo závěsného stínění vedle stolu a stropního závěsu. Při optimalizovaném provádění výkonů a používání ochranných pomůcek je možné očekávanou dávku personálu významně snížit, což umožňuje provádět praxi celoživotně. Zejména dodržováním základních způsobů radiační ochrany před zářením a to vzdáleností, časem a stíněním. (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2015)

Při skiaskopii je nutné dodržovat postupy pro snížení dávek hlavně tím, že budeme maximalizovat vzdálenost mezi rentgenkou a pacientem, budeme minimalizovat vzdálenost mezi pacientem a receptorem obrazu a také skiaskopický čas. Je vhodné

používat pulzní skiaskopii s co nejnižší frekvencí snímků, která ještě zaručí požadovanou diagnostickou informací. Při dlouhých a náročných výkonech je důležité nevystavovat stejné oblasti kůže ozáření v různých projekcích. Změny vstupu rentgenového svazku do těla lze dosáhnout otočením rentgenky kolem pacienta. Bereme na vědomí, že snímování objemnějších pacientů nebo silnějších částí těla vede ke zvýšení vstupní povrchové dávky. Zvětšení by mělo být používáno s rozvahou, obvykle zvyšuje vstupní povrchovou dávku. Veškeré informace o změně dávky se změnou zvětšení jsou uvedeny v protokolech přijímací zkoušky a zkoušek dlouhodobé stability. Je zapotřebí minimalizovat délku a počet skiagrafických sekvencí na klinicky přijatelnou úroveň. Pokud je to možné, měl by být záznam proveden z již provedeného snímku, k tomuto slouží funkce „last image hold“. Důležitým postupem je kolimace rentgenového svazku pouze na oblast zájmu, sníží se tak dávka pacientovi, personálu alepší se kvalita zobrazení. (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2015)

1.6 Kategorizace radiačních pracovníků

Každá fyzická osoba, která je vystavená profesnímu ozáření je radiačním pracovníkem. Při tom není důležité, zda se jedná o zaměstnance nebo o osobu samostatně podnikající. Pojem profesní ozáření se rozumí ozáření fyzických osob v souvislosti s výkonem práce při radiačních činnostech. Pro účely monitorování a lékařského dohledu se radiační pracovníci podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením zařazují do kategorie A nebo B. Toto rozdělení je stanoveno na základě očekávaného ozáření za běžného provozu a při předvídatelných poruchách nebo odchylkách od běžného provozu, s výjimkou ozáření v důsledku radiační nehody nebo havárie.

- Pracovníci kategorie A – jsou pracovníci, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv za rok, ekvivalentní dávku vyšší 15 mSv na oční čočku a nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro kůži a končetiny.
- Pracovníci kategorie B – jsou ostatní pracovníci, kteří nesplňují kritéria pro pracovníka A.

(Žáčková, 2011; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.7 Monitorování

Program monitorování obsahuje tyto kategorie: monitorování pracovišť, osobní monitorování, monitorování výpustí a monitorování okolí. Celkový program monitorování musí zahrnovat monitorování pro běžný provoz, pro předvídatelné odchylky od běžného provozu a pro případy radiačních nehod a radiačních havárií. Program monitorování musí být navržen takovým způsobem a v takovém rozsahu, aby za provozu pracoviště umožňoval ověření požadavků limitování ozáření, prokazování, že radiační ochrana je optimalizována, aby byly včas zjištěny odchylky od běžného provozu a aby dostatečně fungovalo včasné varování před vznikem mimořádné události. (Klímek, 2016)

Monitorování představuje měření veličin dozimetrie a radiační ochrany, které charakterizují ionizační záření představující zdroj a pole záření. Monitorování nezahrnuje jen pole záření, ale i ozáření radiačních pracovníků včetně dalších osob, kteří se mohou dostat do styku s ionizačním zářením. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Monitorovací úrovně jsou kritéria nebo hodnoty rozhodné pro předem stanovené postupy nebo opatření. Monitorovací úrovně, při kterých dojde k překročení limitu, který je stanoven na 20 mSv efektivní dávky, je potřeba tento údaj zaznamenávat a evidovat, označují se jako záznamové úrovně. **Záznamové úrovně** se z pravidla stanovují jako odpovídající jedné desetiné limitů. Metody monitorování jsou voleny tak, aby nejmenší detekovatelná hodnota měřené veličiny radiační ochrany byla menší než takto stanovená záznamová úroveň. Monitorovací úrovně, jejichž překročení je předmětem k následnému šetření o příčinách a možných důsledcích zjištěného výkyvu sledované veličiny radiační ochrany, se označují jako vyšetřovací úrovně. **Vyšetřovací úrovně** u osobního monitorování se zpravidla stanovují jako odpovídající třem desetínám limitů ozáření nebo jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot. Monitorovací úrovně, jejichž překročení je podnětem k zahájení nebo zavedení opatření ke změně zjištěného výkyvu sledované veličiny radiační ochrany se označují jako zásahové úrovně. U **zásahových úrovní** vymezených v programu monitorování se musí uvádět přesně, o jaký zásah se jedná a jakým postupem se o něm rozhoduje. (Žáčková, 2011, Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Ověřování parametrů a veličin v programu monitorování, na které klade důraz radiační ochrana, musí být v souladu s praxí. V běžném provozu monitorování obsahuje

předvídatelné odchylky. Všechna pracoviště, která pracují a využívají zdroje ionizačního záření, musí být připravena na operativní monitorování, tzn. ztrátu kontroly nad zdrojem, při které nelze vyloučit vznik radiační nehody. (Klener, 2000)

1.7.1 Monitorování pracoviště

Na všech kategoriích pracovišť, kromě pracoviště kategorie I., kde jsou využívány převážně drobné zdroje ionizujícího záření a zároveň nejsou otevřenými radionuklidovými zdroji, monitorování pracoviště musí být prováděno sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů na pracovišti. Podle druhů používaných zdrojů ionizujícího záření musí být monitorování pracoviště prováděno: monitorováním příkonu prostorového dávkového ekvivalentu na pracovišti, monitorováním objemových aktivit v ovzduší pracoviště a plošných aktivit na pracovišti, nebo také měřením neúčinného záření. Před zevním a vnitřním ozářením účinnost ochrany musí být ověřována měřením příkonu prostorového dávkového ekvivalentu, objemové aktivity a dalších veličin nezbytných pro ověření účinnosti ochrany před zevním a vnitřním ozářením u zdroje ionizujícího záření a na místech práce s ním, v místech, kde se mohou vyskytovat radiační pracovníci nebo jiní fyzické osoby. Účinnost ochrany musí být ověřována při zahájení provozu pracoviště, při změně v pracovních postupech, při změně zajištění radiační ochrany nebo při změně radiační situace. Při vzniku radioaktivní kontaminace musí být monitorování na pracovišti s otevřeným radionuklidovým zdrojem prováděno tak, aby umožnilo signalizovat provozní odchylky od běžného provozu a nedostatečnou funkci nebo selhání bariér bránících rozptylu. Dále musí být potvrzeno nepřekročení hodnot pro radioaktivní kontaminaci povrchu. Na pracovišti kategorie IV. a na pracovišti, kde je vykonávána činnost související se získáváním radioaktivního nerostu musí být prováděno soustavné monitorování objemových aktivit radionuklidů v ovzduší. Na jiném pracovišti kategorie III., pracoviště s otevřeným radionuklidovým zdrojem, kde s ohledem na charakter používaného radionuklidového zdroje a způsobu nakládání s ním, může dojít ke kontaminaci ovzduší, musí být též prováděno soustavné monitorování objemových aktivit radionuklidů v ovzduší. (Kibus, 2018; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.7.2 Osobní monitorování radiačních pracovníků

Osobní monitorování radiačního pracovníka je prováděno zejména k určení osobních dávek a to sledováním, měřením a hodnocením zevního a vnitřního ozářením

radiačního pracovníka. Pro radiačního pracovníka kategorie A musí být zajištěno osobní monitorování zevního ozáření osobním dozimetrem a to v intervalu každého kalendářního měsíce. Osobní dozimetr je radiační pracovník povinen nosit na tzv. referenčním místě, které představuje levá přední strana hrudníku. Pokud radiační pracovník použije ochranné stínící vesty nebo zástěry, musí být osobní dozimetr umístěn vně zástěry nebo vesty. Pokud radiační pracovník nosí jeden osobní dozimetr, který neumožňuje přesně změřit a určit efektivní a ekvivalentní dávky v orgánech a tkáních, pro které jsou dle zákona stanoveny limity, radiační pracovník je povinen nosit další osobní dozimetr, který umožňuje určit efektivní a ekvivalentní dávky. Osobní dozimetr, který nosí radiační pracovník, musí měřit všechny druhy záření, kterým je radiační pracovník vystaven pomocí zevního ozáření. Pokud osobní dozimetr nesplňuje tento požadavek, musí být radiační pracovník vybaven dalšími osobními dozimetry, pokud nestanoví program monitorování jiný způsob osobního monitorování. Když radiační pracovník vykonává činnosti, které jsou prováděny a kontrolovány pomocí zdroje ionizujícího záření za jeho přítomnosti v ozařovně v blízkosti zdroje ionizujícího záření a také podle programu monitorování je dále vybaven ochranou stínící zástěnou a současně nosí dva dozimetry, jeden na ochranné a stínící zástěře či vestě a druhý pod ní. Jestliže je na osobním dozimetru umístěném na zástěře naměřena hodnota osobního dávkového ekvivalentu v hloubce 10 mm vyšší než 10 mSv, musí být vyhodnocen i druhý dozimetr umístěný pod ochrannou stínící zástěrou, a na základě vyhodnocení obou dozimetrů musí být stanoven koeficient zeslabení použité stínící zástěry a efektivní dávka obdržená radiačním pracovníkem je pak zohledněna ozářením nekrytých částí těla. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Nelze-li na pracovišti vyloučit překročení limitů ozáření v důsledku jednorázového zevního ozáření, radiační pracovník je vybaven operativními osobními dozimetry, které mají funkci zřetelné signalizace překročení nastavené úrovně u monitorované veličiny. (Kibus, 2018)

Pokud ionizující záření způsobí jednorázovým ozářením překročení pětinasobek limitů pro radiační pracovníky, osobní monitorování radiačního pracovníka musí umožnit stanovení dávek a jejich distribuce v těle radiačního pracovníka. *Na pracovišti, kde může dojít k vnitřnímu ozáření radiačního pracovníka, se příjmy radionuklidů nebo úvazky efektivní dávky z vnitřního ozáření jednotlivých radiačních pracovníků musí zjišťovat měřením aktivity radionuklidů v těle radiačního pracovníka nebo v jeho*

exkretech a jejím přepočítáním na příjem radionuklidů nebo úvazku efektivní dávky pomocí modelů dýchacího traktu, zažívacího traktu a kinetiky příslušných chemických prvků. Pokud měření u radiačního pracovníka není možné, lze příjem radionuklidů nebo úvazek efektivní dávky stanovit měřením objemové aktivity radionuklidů v ovzduší pracoviště a následným přepočtením na příjem radionuklidů nebo úvazku efektivní dávky pomocí modelů dýchacího traktu, zažívacího traktu a kinetiky příslušných chemických prvků. Na pracovišti kategorie IV. a nejméně jednou ročně při práci s otevřeným radionuklidovým zdrojem musí být měření aktivity radionuklidů v těle nebo v exkretech radiačního pracovníka. Dále také na pracovištích kategorie I. až III. je na základě vyhodnocení možného rizika vnitřního ozáření radiačních pracovníků měřena aktivita radionuklidů v těle nebo exkretech pracovníků. Když dojde k podezření, že došlo k náhlému, neplánovanému a jednorázovému ozáření radiačního pracovníka, které by mohlo překročit stanovené limity pro radiační pracovníky, musí být okamžitě zajištěno vyhodnocení osobního dozimetru a dozimetrické hodnocení takové události. (Žáčková, 2011; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.7.3 Monitorování výpustí

Hlavní úkoly při monitorování výpustí z pracoviště jsou prováděny měřením, sledováním, zaznamenáváním a hodnocením veličin a parametrů, které charakterizují uvolněné radioaktivní látky, pomocí stanovení bilance objemové aktivity radionuklidů a celkové vypuštěné aktivity. Výsledné monitorování výpustí musí zahrnovat *soustavné monitorování radionuklidů*, které se bez zanedbání podílejí na ozáření obyvatelstva, vypuštěných za určité stanovené období. *Nepřetržité monitorování radionuklidů*, které má tu vlastnost rychle signalizovat odchylky od běžného provozu na pracovištích kategorie IV., musí být součástí výsledného monitorování výpustí. Dále musí zahrnovat *operativní monitorování* jiných potenciálních cest, které uvolňují radioaktivní látky z pracoviště v případě jejího úniku tak, aby se únik mohl zahrnout do bilance výpustí. **Záznamová úroveň**, která je nedílnou součástí monitorování výpustí, musí být stanovena tak, aby bilanční měření splňovaly požadavky na nejmenší možnou a detekovanou hodnotu monitorované veličiny podle vyhlášky o monitorování radiační situace. Zároveň záznamová úroveň musí při nepřetržitém monitorování radionuklidů umožňovat kontrolu všech provozních stavů. Dalším úkolem je **vyšetřovací úroveň**, která musí být stanovena při bilančním měření na úrovni očekávané naměřené hodnoty bilance výpustí radionuklidu s uvažováním na délku monitorovacího období. Vyšetřovací

úroveň je stanovena také při sledování odchylek od běžného provozu pracoviště jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot monitorované veličiny. Mezi poslední úroveň monitorování je zařazena zásahová úroveň, která musí být stanovena tak, aby při bilančním měření výpustí mohla být přijata určitá opatření k zabránění překročení autorizovaných limitů nebo nedodržení podmínek k povolení. A také sledování odchylek od běžného provozu na pracovištích, aby bylo možno přijmout opatření k nápravě vzniklého stavu a zabránění jeho nežádoucího rozvoje. (Žáčková, 2011; Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.7.4 Monitorování okolí

Monitorování okolí pracoviště je místo, z něhož jsou uvolňovány nebo jinými cestami vypouštěny radioaktivní látky. Toto monitorování musí být prováděno sledováním, měřením, zaznamenáváním a hodnocením veličin a parametrů, které charakterizují pole ionizujícího záření a zároveň výskyt radionuklidů v okolí pracoviště, hlavně objemových aktivit radionuklidů, hmotnostních aktivit radionuklidů a příkonu prostorového dávkového ekvivalentu. Monitorování okolí pracoviště má také záznamovou, vyšetřovací a zásahovou úroveň. Záznamová úroveň musí splňovat požadavky na nejmenší možnou detekovanou hodnotu monitorované veličiny podle vyhlášky o monitorování radiační situace. Vyšetřovací úroveň je stanovena jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot určité monitorované veličiny a zásahová úroveň musí být stanovena v souladu s požadavky optimalizace ozáření obyvatelstva. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

1.8 Základní veličiny

Dávkový ekvivalent a osobní dávkový ekvivalent

Dávkový ekvivalent je v uvažované tkáni dán součinem absorbované dávky **D** a jakostního faktoru. Jednotkou dávkového ekvivalentu je **1 Sievert**, který má stejné biologické účinky jako dávka **1 Gy** gama záření, pro které je jakostní faktor stanoven 1. Dávkový ekvivalent je biofyzikální dozimetrickou veličinou, která je kombinována radiační dávkou s určitým druhem záření a mírou jeho vlivu na živou tkáň. (Ullmann, 2008)

- $H_p(10)$ – pro vnitřní orgány v hloubce 10 mm
- $H_p(0,07)$ – pro dávku na kůži a na nohách v hloubce 0,07 mm
- $H_p(3)$ – pro dávku na oční čočku v hloubce 3 mm

$$H = Q * D$$

Osobní dávkový ekvivalent $H_p(d)$ slouží k radiačnímu monitorování. Je to dávkový ekvivalent v daném místě pod povrchem těla v určité hloubce d měkké tkáni. Osobní dávkový ekvivalent získáme přepočtem dávky z dozimetru pomocí Q jakostního faktoru a absorpce v tkáni podle energie záření. Hodnota jakostního faktoru Q závisí na daném druhu a energii záření. V lidském těle máme různě citlivé orgány a tkáně na záření, proto pro celý organismus jejich radiační poškození vede k závažným následkům a poškození. Na základě statistických analýz se pro každý orgán a tkáň zavádějí vlastní koeficienty rizika případnému vzniku poškození zářením. Podle těchto koeficientů můžeme odhadnout riziko poškození organismu, které vyplývá z expozice ionizujícím zářením. Pro účely radiační ochrany je zavedena následující veličina efektivní dávka.

Tabulka 5: Jakostní faktor

Jakostní faktor	
Druh záření	Jakostní faktor
X, gama, beta	$Q = 1$
neutrony (10KeV-20MeV)	$Q \approx 2-5$
neutrony (100KeV-20MeV)	$Q \approx 10 -20$
protony	$Q \approx 5$
alfa	$Q \approx 20$

Zdroj: (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Efektivní dávka

Efektivní dávka D_{ef} se vypočítá součtem vážených středních hodnot ekvivalentní dávky v orgánech nebo tkáních lidského těla.

$$D_{ef} = \sum w_T * H_T$$

Koeficient H_T je ekvivalentní dávka v dané káni T a W_T je tkáňový nebo orgánový váhový faktor, který vyjadřuje relativní příspěvek daného orgánu nebo tkáně T a to k celkové zdravotní újmě způsobeným rovnoměrným ozářením těla. Je definován tak, aby součet všech váhových faktorů se rovnal 1. Podle doporučení IRCP jsou váhové faktory definovány v následující tabulce. (Ullmann, 2008)

Tabulka 6: Hodnoty tkáňových faktorů

Hodnoty tkáňových faktorů	
Tkáň/orgán	W_T
Kostní dřev	0,12
Střev	0,12
Plíce	0,12
Žaludek	0,12
Gonády	0,077
Močový měchýř	0,04
Játra	0,04
Jícen	0,04
Štítná žláza	0,04
Kůže	0,01
Kosti	0,01
Mozek	0,01
Ostatní	0,12

Zdroj: (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Efektivní dávka umožňuje vyjádřit radiační zátěž jediným číslem, v jednotkách Sievert a to i při nerovnoměrném ozáření nebo ozáření určitých orgánů při výsledku jako kdyby se jednalo o rovnoměrné ozáření. Dále umožňuje porovnávání radiační zátěže osob ozářených nejrozličnějšími zdroji například z přírodního záření, rentgenového vyšetření nebo z radiofarmak používaných v nukleární medicíně. Tato všechna hodnocení jsou představována pod stochastickými účinky záření. Efektivní dávka hodnotí míru zdravotního rizika, které se odhalí ze záření, kterému byl člověk vystaven. Je to biofyzikální, empirická veličina, která není přímo dělitelná. Získáváme ji z neměřených radiačních dávek daného druhu záření započítáním biologických účinků

totožného druhu záření a citlivosti jednotlivých zasažených tkání a orgánů. (Ullmann, 2008)

Ekvivalentní dávka

Ekvivalentní dávku můžeme spočítat součinem radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky $D_{T,R}$, kde **T** představuje orgán nebo tkáň a **R** určitý druh ionizujícího záření. jednotkou ekvivalentní dávky je Sievert. (Ullmann, 2008)

$$\mathbf{H_T = w_R D_{T,R}}$$

Pokud dojde k situaci, kdy je pole ionizujícího záření složeno z více druhů záření nebo rozdílných energií, je potřeba započítat všechny druhy **R**. (Ullmann, 2008)

$$\mathbf{H_T = \sum_R w_R D_{T,R}}$$

Absorbovaná dávka

Absorbovaná dávka je energie ionizujícího záření v daném místě ozařované látky na jednotku hmotnosti. Je dána poměrem střední energie ionizujícího záření objemovém elementu látky ΔE a hmotnosti objemového elementu Δm . Jednotkou absorbované dávky je **J/kg**, která se též nazývá **1 Gy**. (Ullmann, 2008)

$$\mathbf{D = \Delta E / \Delta m}$$

Dávkový příkon

Dávkový příkon má značku **D'** a vyjadřuje dávku obdrženu v daném místě ozařovanou látkou za jednotku času. Je to poměr přírůstku dávky ΔD za časový interval Δt . Jednotkou dávkového příkonu je 1 Gray za sekundu **1 Gy * s⁻¹**, praxi jsou častěji používané jednotky **1 Gy/min** nebo **mGy/hod.** (Ullmann, 2008)

$$\mathbf{D' = \Delta D / \Delta t}$$

Kerma

Kerma byla zavedena proto, že základní definice dávky zahrnuje pouze částice uvolněné z přímo ionizujícího záření a hlavně nedávala informaci o tom, co se děje v okolí sledovaného objemu látky v případě sekundárního nepřímo ionizujícího záření. Veličina Kerma má velice podobnou definici jako má absorbovaná dávka jen v rozdílu, že za ΔE je definováno součtem počátečních kinetických energií všech nabitých částic, které jsou v důsledku interakce částic uvolněny z primárního ionizujícího záření a to v uvažovaném objemu látky o hmotnosti Δm . Pro primární nabitě částice není mezi kermou a dávkou žádný rozdíl. Když se sekundárně ionizující záření absorbuje, zvláště u nepřímo ionizujícího záření platí $K = D$, ale pouze v nerovnovážných procesech. Při vysokých energiích v blízkosti povrchu látky, kdy část záření může pronikat, bude platit naopak $K \neq D$, kdy rozdíly v praxi nebývají velké. (Ullmann, 2008)

$$K = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

Kermový příkon

Prostřednictvím interakcí s látkovým prostředím Kerma vyjadřuje vlastnosti svazku záření, oproti dávce, která vyjadřuje účinek na ozářené prostředí. Pokud je kerma uvedena v látkovém prostředí, nejčastěji ve vzduchu, je využita ke kvantifikaci tzv. vydatnosti zdrojů záření. Kermový příkon je úměrný fluenci záření. (Ullmann, 2008)

$$K = \frac{dK}{dt}$$

Expozice

Expozice je poměr absolutní hodnoty ΔQ celkového elektrického náboje iontů jednoho znaménka, které při interakci fotonů (X nebo gama) byly uvolněny a to v hmotnostním elementu vzduchu o hmotnosti Δm , který vznikl úplným zabrzděním všech vzniklých elementů a pozitronů, $\Delta Q/\Delta m$ vztaženým na jednotku hmotnosti vzduchu. V soustavě SI má expozice jednotku 1 coulomb na kilogram $C \cdot kg^{-1}$, starší jednotkou byl rentgen **R**. Do celkového elektrického náboje ΔQ se započítává pouze náboj iontů uvolněný interakcí primárních fotonů a interakcí sekundárních elektronů, které jsou uvolněny z atomů vzduchu. Do toho se nezapočítává další náboj, který vzniká absorpcí brzdného záření emitovaného elektrony nebo charakteristického X-záření.

V okamžiku, kdy je energie fotonů gama vyšší než 2-3MeV a je dodatečná ionizace způsobená brzdným zářením nelze zanedbat, expozice objektivně nezachycuje účinek ionizujícího záření. (Ullmann, 2008; Rosina, 2006)

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$

1.9 Dozimetry

Dozimetrie se zabývá vlastnostmi ionizujícího záření a veličinami, které charakterizují procesy vzniku a interakce ionizujícího záření s látkou. (Musílek, 1992)

Dozimetrie se zejména věnuje výzkumu a měření ionizujícímu záření. V současné moderní a vyvíjející se době úzce souvisí s jadernou a radiační fyzikou. Velké využití má též v jaderné energetice, radiační chemii i v oblasti techniky a průmyslu. (Sabol, 1992)

Slovo dozimetrie má řecký původ a skládá se z řeckých slov *dosis*, které vyjadřuje dávku a *metreo* představující měření. (Vokurka, 2000)

1.9.1 Využití a princip

Hlavní úkol osobního monitorování představuje měření osobních dávek záření u jednotlivých radiačních pracovníků. Může se jednat o zevní ozáření, nebo o vnitřní ozáření, které je způsobené radioaktivní kontaminací. Monitorování zevního ozáření je prováděno prostřednictvím osobních dozimetrů, které radiační pracovníci mají povinnost nosit během veškerých prací s ionizujícím zářením a v kontrolovaném a sledovaném pásmu. Dozimetry jsou pravidelně každý měsíc u pracovníků kategorie A, případně každé tři měsíce u všech nebo vybraného pracovníka kategorie B centrálně vyhodnocovány a výsledkem jsou naměřené hodnoty dávkových ekvivalentů, jež lze přepočítat na efektivní a ekvivalentní dávku v mSv. (Ferda, 2015)

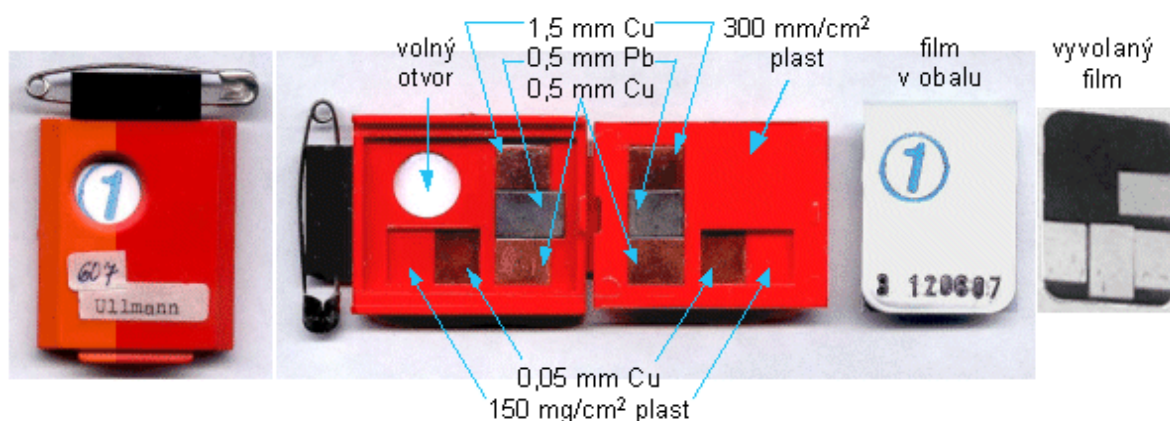
1.9.2 Druhy dozimetrů

Osobní filmové dozimetry

Filmové dozimetry umožňují zjistit informaci o osobním dávkovém ekvivalentu přímo od fotonového záření a od elektronů. Dozimetry, které se používají na jaderných elektrárnách, dokážou odhadnout dávku od neutronového záření. (Radiobiologie, 2010)

Filmové dozimetry jsou založeny na principu fotochemického účinku ionizujícího záření. Jádrem filmového dozimetru představuje tzv. „políčko“ fotografického filmu, které je vloženo do plastového pouzdra a zabalené do světlotěsného papíru. Má tlustší vrstvu emulze s vyšším obsahem bromidu stříbrného oproti konvenčnímu rentgenovému filmu. Plastové pouzdro je opatřeno několika malými obdélníky z měděných nebo olověných plíšků o různých tloušťkách, které mají funkci filtrů pohlcující záření gama v závislosti na jeho energii. Tyto filtry plní úlohu korekce závislosti zčernání na energii záření. Pod nestíněnou plochou a pod jednotlivými filtry lze odhadnout druh a přibližnou energii záření. Když ionizující záření projde obalem filmu, ve fotoemulzi se vytvoří latentní obraz, který je pomocí vyvolání zviditelněn. Fotometricky lze vyhodnocovat optickou hustotu zčernání nebo zřednutí filmu, která je závislá na míře ozáření filmu. Tímto se dá odhadnout dávka záření, která během expozice byla absorbována v tkáni. Každý radiační pracovník nosí dozimetr na referenčním místě, v levé horní části hrudníku a pravidelně každý měsíc musí nechat dozimetr fotometricky vyhodnotit s použitím vhodného kalibračního faktoru. (Ullmann, 2008)

Trvalý záznam údaje o ozáření s možností opětovné analýzy vyvolaného filmu patří mezi kladné vlastnosti filmových dozimetrů. Mezi záporné vlastnosti patří hlavně citlivost na světlo, na některé chemikálie, vysokou teplotu a vlhkost. (Radiobiologie, 2010)



Obrázek 1: Osobní filmový dozimetr

Zdroj: (Ullmann, 2008)

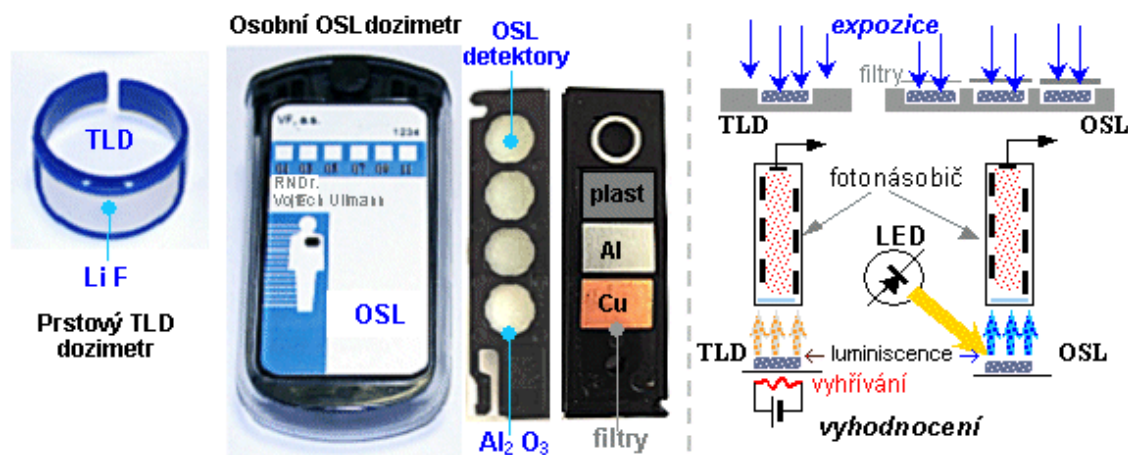
Termoluminiscenční dozimetry

Termoluminiscenční dozimetry prezentují vhodné látky, ve kterých ionizující záření vyvolává excitace elektronů z valenčního pásu do vodivostního pásu s následným záchytem v záchytných centrech. Elektrony zahřátím získávají dostatečnou energii k opuštění záchytného centra a k rekombinaci při současné emisi ultrafialového záření a viditelného světla. (Radiobiologie, 2010)

Termoluminiscenční dozimetr představuje materiálovou radiační detekci založenou na jevu metastabilní excitace určitých dielektrických materiálů. Uvolněné elektrony ionizujícího záření přecházejí z valenčního pásma do vodivého pásma, kde se zachycují v místech poruchy krystalové mřížky na energeticky vzbuzených hladinách. Tomu se říká tzv. záchytné pasti, ve kterých dlouhodobě metastabilně setrvávají. Z těchto záchytných pastí se elektrony nemohou samovolně dostat, uvolní se pouze za předpokladu dodání určité energie, nejčastěji ozáření světlem OSL nebo zahřátím TLD. Část absorbované energie se v tomto materiálu shromažďuje. Tepelně stimulovaná luminiscence neboli termoluminiscence vzniká zahřátím. Ozáření viditelným světlem, tzv. opticky stimulovanou luminiscenci (OSL), dochází k deexcitaci a následně se elektrony vracejí zpět na nižší energetické hladiny a také do elektronových obalů atomů materiálu. Světélkování neboli luminiscence je jev, ke kterému dochází, když se uvolněná excitační energie vyzařuje ve formě fotonů viditelného světla. Čím větší radiační dávkou byl materiál ozářen, tím více je nashromážděno elektronů v metastabilních hladinách a tím více fotonů je při vyhodnocení termoluminiscencí nebo opticky stimulovanou luminiscencí vyzářeno. Zde funguje přímá úměrnost k radiační dávce v ozářeném materiálu. (Ullmann, 2008)

Při výrobě termoluminiscenčních dozimetrů se používá několik druhů termoluminiscenčních materiálů, ale mezi nejpoužívanější materiály patří LiF, CaF₂, MgBeO₄, CaSO₄. Termoluminiscenční dozimetry jsou nejčastěji využívané dozimetry pro radiační pracovníky především z hlediska jejich výhod. Výhod představují vysokou citlivost, možnost přesného měření, širokou oblast lineární závislosti mezi dávkou a odezvou dozimetru, možnost opakovaného použití a použití látek s vlastnostmi blízkými lidské tkáni. Jednou velkou nevýhodou termoluminiscenčních dozimetrů je jejich citlivost na světlo. Existují i termoluminiscenční dozimetry pro hodnocení

ekvivalentních dávek z končetin radiačních pracovníků, které mají tvar náramku nebo častější verzi prstýnku. (Radiobiologie, 2010)



Obrázek 2: Termoluminiscenční dozimetr

Zdroj: (Ullmann, 2008)

Fotoluminiscenční dozimetr je znám také pod názvem Photo Luminescence Dosimetry PLD. Opticky stimulovaná luminiscence je v přírodě bohatě zastoupená křemenem, který je pod systematickým názvem nazýván oxid křemičitý SiO_2 . V dozimetrické praxi je však využíván oxid hlinitý Al_2O_3 (C), aktivovaný uhlíkem. (Ullmann, 2008)

Fotoluminiscence, která je celkovou podstatou fotoluminiscenčního dozimetru je založena na principu tvorby luminiscenčních center, jež jsou indukované ionizujícím zářením v určitých látkách. Zejména jsou to fosfátová skla dopovaná stříbrem. Pomocí ultrafialového světla, kterým byl světlem ozáren detektor, je vybuzena luminiscence. (Radiobiologie, 2010)

V místě radiačního monitorování je definovaný vzorek této látky v dozimetru vystaven radiačnímu záření. Aby se dozimetr mohl vyhodnotit, používá se světelné ozáření LED diodami, což je žluto-zelené světlo o větší vlnové délce. V následujícím kroku při vyhodnocování vzniká luminiscence, která je zastoupena modrým světlem, naopak s kratší vlnovou délkou a je detekována fotonásobičem. Ozáření dozimetru je přímo úměrné celkově vzniklé luminiscence. Když bychom srovnávali proces vyvolávání u termoluminiscenčních dozimetrů a u fotoluminiscenčních dozimetrů, došli bychom k závěru, že vyvolávání u fotoluminiscenčních dozimetrů je reprodukovatelnější a mnohem jednodušší. A to zejména tím, že ozařování LED diodou

se snadněji standardizuje než řízené teplotní vyhřívání. Tyto dozimetry se mohou vyskytovat a používat v podobě prstových dozimetrů především pro monitorování v laboratořích nebo na nukleární medicíně. Další typem mohou být celotělové dozimetry, které se využívají k monitorování vzorku celkového ozáření v referenčním místě. I v tomto případě se můžeme setkat s používáním několika oddělených detekčních elementů, které jsou překryty různými filtry sloužícími pro analýzu druhu a energie ionizujícího záření. (Ullmann, 2008)

V dnešní době jsou fotoluminiscenční dozimetry používané převážně v jaderných elektrárnách, ale v osobní dozimetrii jsou nevyužity. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Mezi výhody fotoluminiscenčních dozimetrů patří hlavně dlouhodobá odezva stability, vysoká a konstantní citlivost a nízká energetická závislost. U fotoluminiscenčních dozimetrů je citlivost detektorů na světlo považováno za nevýhodu. (Radiobiologie, 2010)

Neutronové dozimetry

Neutronový dozimetr patří do zvláštní skupiny osobní dozimetrie. Neutronové dozimetry jsou složeny z kadmia, plutonia a marylénové fólie. Princip těchto dozimetrů je založen na tom, že neutrony zabrzdí kadmium a následně proběhne reakce s plutoniem. Po této reakci vylétávají části plutonia na marylénovou fólii, kde se vytvářejí mikroskopické otvory. Protože je na detekci vzniklý otvor příliš malý, používá se kyselina na zvětšení a následně může proběhnout přesnější vyhodnocení pod mikroskopem. (Řiháková, 2012)

Nejčastěji používané detektory jsou založeny na principu albedo dozimetry a stopové detektory v pevných látkách. V dnešní době se také začínají používat bublinkové detektory nebo elektronické neutronové dozimetry. (Radiobiologie, 2010)

Albedo dozimetry jsou založeny na detekci neutronů rozptýlených a zpětně odražených v lidském těle a vstupujících ze zadního poloprostoru do detektoru umístěného na těle. Nejčastěji používané termoluminiscenční dozimetry jsou tvořené dvojicí ${}^6\text{LiF}$ a ${}^7\text{LiF}$ detektorů. Odhad dávky od gama záření lze získat i odhad dávky od neutronů. (Radiobiologie, 2010)

Stopové dozimetry se jako detektory rychlých neutronů pracující na bázi odražených protonů používají látky bohaté na vodík, polykarbonáty a nitráty celulosy. Při použití výpočetní techniky a z měření parametrů stop (odleptávají se různě silné vrstvy detektorů) lze ocenit i energii a energetickou distribuci neutronů. Do této kategorie patří tzv. *PADC* dozimetry (*poly-allyl-diglycerol carbonate*), často označované obchodním názvem *CR-39*. (Radiobiologie, 2010)

Bublínkové dozimetry jsou založeny na principu interakce neutronů s průhledným, elastickým polymerem, který je smíšen s kapkami přehřáté kapaliny, například freonem. Touto interakcí vznikají protony. Pokud se proton srazí s kapkou, může způsobit její vypaření – vytvoření bubliny v polymeru. Počet vytvořených bublin je úměrný dávce od neutronů absorbované v detektoru. V poslední době se vyrábí i jako přímo odečitatelné, operativní dozimetry. Vysoká citlivost od jednotek μSv je za výhodou bublinkových dozimetrů. Naopak nevýhodou je malý dávkový rozsah a vysoká citlivost k vnější teplotě. (Radiobiologie, 2010)

Prstové dozimetry

Prstový dozimetr je zejména využíván na angiografickém pracovišti. Dále se využívá na nukleární medicíně při aplikování radiofarmak nebo při gastroenterologickém vyšetření ERCP. Prstové dozimetry se používají u radiačních pracovníků, kteří jsou vystaveny vyšší expozici a mají ruce v přímém svazku záření. Tito pracovníci jsou povinni nosit k prstovému dozimetru klasický dozimetr. Princip prstového dozimetru je založen na termoluminiscenci, kdy krystalické látky pohlcují ionizující záření. Prsten je vyrobený z umělé hmoty, z různých barev a velikostí a krystal je uzavřen uvnitř a nosí se krystalem směrem do dlaně. (Seidl, 2012; Singer, 2005; Rosina, 2006)

Elektronické dozimetry

Elektronické dozimetry s jejich ekonomickou dostupností nabyly na významu výpočetní techniky a vývojem miniaturizace. Pracují na bázi Geiger-Müllerových detektorů, kdy vhodně kompenzované detektory mají schopnost detekovat fotony o energii, která je vyšší než 30 keV nebo v současné době pracují na principu polovodičových – Si-detektorů. Na počátku se tyto dozimetry používaly převážně v jaderných elektrárnách jako operativní dozimetry a v poslední době je jejich použití

rozšiřováno i do jiných oblastí. Elektronické osobní dozimetry se využívají v oblasti osobní dozimetrie především z několika typických výhod, které lze u nich dosáhnout:

- vysoká citlivost, kdy se minimální hodnota detekovatelné dávky pohybuje od 1 μSv ,
- získává okamžitou informaci o dávce, dávkovém příkonu a dávkovém profilu, což je záznam dávky v určitém čase aktivovaného elektronického osobního dozimetru,
- lze nastavit možnosti akustického a vizuálního alarmu pro kumulovanou dávku nebo dávkový příkon při překročení nastavené úrovně,
- zajištění optimalizace radiační zátěže prostřednictvím průběžného sledování aktuálního čerpání dávek jednotlivými osobami při realizaci naplánovaných činností,
- umožnění praktické implementace principu ALARA (As Low As Reasonably Achievable) zadáním dávkových cílů a průběžným sledováním jejich plnění,
- v porovnání s filmovými dozimetry odpadá složitý a velmi časově náročný proces vyvolávání a vyhodnocování.

Nevýhodou elektronických osobních dozimetrů je možné ovlivnění některých typů elektronických dozimetrů elektromagnetickým zářením v souvislosti s použitím mobilních telefonů, čteček magnetických karet nebo při svařování. Zpravidla lze identifikovat vliv elektromagnetické diskompatibility, ale není však jednoduché je interpretovat a kompenzovat. Autonomně nebo ve spojení s vyhodnocovacím zařízením je možné využívat elektronické osobní dozimetry. U radiačních pracovníků, kteří pracují se zdroji ionizujícím zářením, se při monitorování využívá systém elektronické osobní dozimetrie, který je tvořen vlastním elektronickým osobním dozimetrem, hardwarem, který představuje fyzickou vrstvu a softwarem, který zastupuje logickou vrstvu. (Radiobiologie, 2010; Musílek, 1986)



Obrázek 3: Elektronický osobní dozimetr MDC 2000S

Zdroj: (Radiobiologie, 2010)



Obrázek 4: Elektronický osobní varovný dozimetr RAD - 60S

Zdroj: (Radiobiologie, 2010)

Malé ionizační komory s tzv. „Direct Ion Storage“ a polovodičové křemíkové detektory jsou využívány u elektronických osobních dozimetrů. Dvoukomorový systém u neutronových osobních dozimetrů DIS-N je schopen registrovat zvlášť dávku od fotonů a neutronů. S touto zmíněnou technikou jsou nabízeny pasivní integrující dozimetry, ale i elektronické dozimetry s přímou indikací dávky a s miniaturizovaným vyhodnocovacím přístrojem. (Radiobiologie, 2010)

1.10 Legislativa

Nezávislá organizace Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu ICRP (International Commission on Radiological Protection) vydává a sleduje určitá doporučení, podle kterých je v jednotlivých státech tvořena legislativa. Tato organizace vznikla v roce 1928 ve Stockholmu. ICRP je založena na standardech, které jsou vydávány legislativou Evropské unie EUROATOM a Mezinárodní atomovou agenturou IAEA. (Kuna, 2005; Seidl, 2012)

Od 1. ledna 2017 byl dosavadní zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, nahrazen Novým atomovým zákonem č. 263/2016 Sb., který byl přijat 14. července 2016. Zákon č. 18/1997 Sb., je ponechán ve zbytkové podobě a upravuje pouze odpovědnost za jaderné škody. Zákon je dosud platný společně se zákonem č. 263/2016 Sb.. Novým atomovým zákonem se mění níže uvedené předpisy:

- **379/2016 Sb.**, Vyhláška o schválení typu některých výrobků v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a přepravě radioaktivní nebo štěpné látky,
- **378/2016 Sb.**, Vyhláška o umístění jaderného zařízení
- **377/2016 Sb.**, Vyhláška o požadavcích na nebezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie
- **376/2016 Sb.**, Vyhláška o položkách dvojího použití v jaderné oblasti
- **375/2016 Sb.**, Vyhláška o vybraných položkách v jaderné oblasti
- **374/2016 Sb.**, Vyhláška o evidenci a kontrole jaderných materiálů a oznamování údajů o nich
- **362/2016 Sb.**, Vyhláška o podmínkách poskytnutí dotace ze státního rozpočtu v některých existujících expozičních situacích
- **361/2016 Sb.**, Vyhláška o zabezpečení jaderného zařízení a jaderného materiálu
- **360/2016 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 zjišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení
- **347/2016 Sb.**, Nařízení vlády o sazbách poplatků na odbornou činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost
- **408/2016 Sb.**, Vyhláška o požadavcích na systém řízení
- **409/2016 Sb.**, Vyhláška o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta

- **422/2016 Sb.**, Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- **21/2017 Sb.**, Vyhláška o zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení
- **162/2017 Sb.**, Vyhláška požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona
- **329/2017 Sb.**, Vyhláška o požadavcích na projekt jaderného zařízení

(Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2018)

1.11 Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň

1.11.1 DSA - Digitální subtrakční angiografie

Pracoviště intervenční radiologie kombinuje využití nástrojů moderních technologií a nejmodernější rentgenovou techniku, ke speciálním operačním zákrokům na celém lidském těle. Vyšetření probíhá na katetrizačním sále ve sterilních podmínkách. Pracoviště má k dispozici robotické rameno, které umožní operátorovi pohled z jakéhokoliv úhlu. Rentgenový obraz je snímán plochým detektorem s přímou digitalizací. Získaná data jsou pak zpracovávána výkonnými počítači. Nejčastěji je prováděna angiografie, neboli zobrazení cév. Pro zobrazení cév se používá kontrastní látka, tekutina, která je viditelná v rentgenovém obraze. Z jednoho vpichu je zajištěn přístup do cévního řečiště, zpravidla to bývá z třísla, méně často z podpažní jamky nebo z jiného místa. Na cévách jsou nejčastěji ošetřována zúžená místa. Užívají se k tomu balonkové katetry různých délek a průměrů, někdy je nutné zavést trvalé kovové výztuže nebo stenty. Kdekoliv v těle je možné zobrazit zásobené nádory. Tam, kde je to vhodné provádíme embolizaci, tedy ucpání přívodových cév. Pomocí embolizace lze ošetřit například některé případy krvácení do břicha, ať už po úrazu nebo v rámci některých onemocnění. U bypassů, tedy cévních náhrad, lze pomocí speciálního rozpouštědla dosáhnout zprůchodnění dlouhých úseků cév. Moderní intervenční radiologie stále rozšiřuje své léčebné možnosti. Moderní technologie ve spojení se zkušeným zdravotnickým týmem umožňují léčit pacienty účinněji a méně zatěžujícími způsoby. (FN Plzeň, 2018; Vendiš, 2018)

Od roku 2000 se pracoviště Digitální subtrakční angiografie stalo samostatným a odděleným pracovištěm. Do roku 2000 bylo DSA spojeno s pracovištěm intervenční kardiologie. Na tomto pracovišti se specializovaným týmem se provádí celá řada

nejrůznějších vyšetření například mozkové aneurysma, kavální filtr, všeobecně embolizace, trombolýza.

Pracoviště DSA je vybaveno moderním přístrojem. Od dubna 2017 angiografický tým může plně využívat druhý sál, díky kterému se zvýšil počet vyšetřených osob. Celý angiologický tým tvoří šest radiologických asistentů, pět atestovaných lékařů, tři lékaři před atestací a pět zdravotních sester. (FN Plzeň, 2018; Vendiš, 2018)

1.12 Gastroenterologie – ERCP

Gastroenterologie Fakultní nemocnice v Plzni patří pod I. interní kliniku. Klinika je akreditovaným pracovištěm a poskytuje komplexní ambulantní i lůžkovou diagnosticko-léčebnou péči v celém rozsahu vnitřního lékařství. Je vysoce specializovaným pracovištěm zejména v oborech neurologie, metabolické choroby, výživa a diabetologie, hepatogastroenterologie, angiologie a endokrinologie. Gastroenterologické pracoviště zajišťuje specializované endoskopické výkony a konziliární službu pro celý Plzeňský i Karlovarský kraj. V rámci kraje klinika koordinuje Národní program prevence kolorektálního karcinomu. Gastroenterologický tým se specializuje hlavně na terapii idiopatických střevních zánětů, chronických virových hepatitid interferonem a prostatiky a dále na primární a sekundární prevenci krvácení při portální hypertenzi. Z celého Plzeňského i Karlovarského kraje je gastroenterologie jediným pracovištěm, které provádí široké spektrum diagnostických i léčebných výkonů s využitím endoskopického ultrazvuku. Klinika se v roce 2006 stala úsekem Centrem biologické terapie idiopatických střevních zánětů a také působí jako konzultační centrum pro diagnostiku a léčbu těchto onemocnění v období těhotenství a porodu. Mezi garantovaná centra léčby virových hepatitid patří hepatologie. (Fn Plzeň, 2018; I. interní klinika, 2012)

Endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie ERCP je metoda, která využívá endoskopické a rentgenové vyšetření dohromady. Přes dutinu ústní, jícen, žaludek až na začátek tenkého střeva do tzv. duodena se zavede endoskop, který je vybaven světélkem a kamerou. Ve speciálním kanálku v endoskopu mohou být vedeny různé nástroje potřebné k tomuto vyšetření například různé druhy drobných klíčtek a dalšího vybavení k odebrání vzorků tkání tzv. biopsií nebo odsávačka pro odstraňování tekutin. Pomocí speciálního kanálu je možné nějaký orgán napustit vzduchem či nafouknout k lepším podmínkám a orientaci v daném vyšetřovaném místě.

Na začátku výkonu pomocí kanyly v endoskopu, která je umístěna do tzv. Vaterské papily, je vstříknuta jodová kontrastní látka, pomocí níž můžeme na rentgenovém snímku vidět průběh žlučových cest. Na doporučení vyšetření pomocí endoskopické metody ERCP nás přivádí soubor anamnestických údajů a klinických příznaků. Jsou to zejména ikterus, bolesti v epigastriu, horečka, zimnice či třesavky, které se většinou velmi často vážou na jídlo, dále sklon k průjmům, změny barvy stolice a moči. Toto vyšetření je indikováno nemocným s podezřením na onemocnění slinivky břišní, jater a žlučových cest. Každému vyšetření ERCP by mělo předcházet provedení biochemických testů a sonografie epigastria. Mezi hlavní indikace k ERCP patří dilatace žlučovodů a podezření na konkrementy ve žlučovodech nebo patologické zvětšení hlavy pankreatu s podezřením na útlak žlučovodu, které nám potvrdí prvotní vyšetření na sonografii. (Dítě, 1996; Todd H Baron, 2013; ERCP, 2011)

ERCP je též metodou první volby při podezření na maligní onemocnění žlučových cest, rakoviny slinivky břišní, rakoviny žlučníku nebo rakoviny žlučových cest a další. Zde je třeba podotknout, že při počátečním stavu tumoru hlavy pankreatu nemusí být postižen i vývodný systém slinivky břišní. V tomto případě je velmi vhodné doplnit CT vyšetření nebo endosonografii. Tato vyšetření nám pak pomohou rozhodnout o dalším pokračování v léčbě, zda bude vhodnější postupovat radikálně chirurgicky nebo paliativně. Relativní kontraindikace u ERCP je těhotenství. Ženy v produktivním věku by měly vyšetření podstoupit po desátém dni menstruace, kdy je stoprocentní jistota, že žena není těhotná. V akutních a život ohrožujících případech se vyšetření ERCP provádí po rozhodnutí lékaře. (Dítě, 1996; Todd H Baron, 2013; ERCP, 2011)

Na Gastroenterologie I. interní kliniky je zaměstnáno sedm lékařů a jedenáct zdravotních sester. Vyšetření ERCP – endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie, provádí zdravotnický tým, který je složen ze tří lékařů a pěti zdravotních sester. (FN Plzeň, 2018; I. interní klinika, 2012)

1.13 Kardiologické oddělení

Superspecializovanou kardiologickou péči všem dospělým pacientům Plzeňského a Karlovarského kraje poskytuje Kardiologické oddělení FN Plzeň. Další prioritou kardiologického oddělení je poskytování základní kardiologické péče pacientům s chorobami srdce a cév a komplexní kardiologické péče na vysoké odborné

a profesionální úrovni. V rámci I. a II. interní kliniky FN Plzeň má samostatný obor kardiologie bohatou historii. Statut samostatného kardiologického oddělení má od 1. 5. 2011. Kardiologické oddělení je nosným pracovištěm Komplexního kardiovaskulárního centra FN Plzeň a to společně s Kardiochirurgickým oddělením a částí II. interní kliniky. Kardiochirurgické oddělení vzniklo 1. 1. 2010. Na tomto oddělení jsou prováděny specializované kardiologické diagnostické a léčebné metody, jejichž spektrum a úroveň je díky vysoce erudovanému týmu odborníků srovnatelná s péčí v ostatních Komplexích kardiovaskulárních centrech po celé České republice i v zahraničí. Jako jediné pracoviště v Plzeňském kraji zajišťuje provoz 24 hodin denně, 7 dní v týdnu pacientům s akutním infarktem myokardu, u kterých je indikována srdeční katetrizace. Od roku 2007 využívá nový a komfortnější přístup přes cévy ze zápěstí namísto přístupu přes cévy v tříse. Tato nová metoda přináší pacientům spoustu výhod například snížení rizika komplikací, pacient po výkonu nemusí mít klid na lůžku a má větší pohodlí bezprostředně po výkonu. Další velkou výhodou je možnost část diagnostických a léčebných zákroků provádět při jednodenní hospitalizaci na kardiostacionáři a to bez nutnosti hospitalizace v nemocnici. V dnešní době kardiologické oddělení provádí více jak 90% srdečních katetrizací cestou ze zápěstí a zastupují tak špičku v České republice. (Krajíček, 2007; Kardiologické oddělení Plzeň, 2010)

Toto pracoviště provádí rovněž celé spektrum specializovaných arytmiologických výkonů včetně katetrizačně prováděných radiofrekvenčních ablací poruch srdečního rytmu, implantací kardioverterů-defibrilátorů (ICD) a přístrojů pro srdeční desynchronizační léčbu. V současné době je oddělení vybaveno 30 standardními lůžky, 12 lůžky na Kardiologické jednotce intenzivní péče a 4 lůžky na jednodenním kardiostacionáři. Od roku 2011 je oddělení rozšířeno o dva nové sály s nejmodernější technikou. Jeden sál slouží pro intervenční kardiologii a druhý pro arytmiologii. Celkem je oddělení vybaveno dvěma sály intervenční kardiologie, dvěma sály arytmiologie, specializovanými kardiologickými ambulancemi a úsekem neinvazivní kardiologií. Téměř 4 000 pacientů je ročně hospitalizováno a kolem 10 000 pacientů ambulantně ošetřeno. V nejčastějších případech se jedná o pacienty, u kterých je zjištěna ischemická choroba srdeční, srdeční selhání, pacienti s poruchami srdečního rytmu nebo pacienti s onemocněním srdečních chlopní. Kromě Kardiochirurgického oddělení a II. interní kliniky, kardiologické oddělení v rámci FN Plzeň spolupracuje s I. interní klinikou,

Klinikou zobrazovacích metod, Ústavem klinické biochemie a hematologie a také s Chirurgickou klinikou. (FN Plzeň, 2018; Kardiologické oddělení Plzeň, 2010)

2 Cíle práce a hypotézy

CÍL 1: Zjistit naměřené hodnoty dávek u radiologických asistentů

CÍL 2: Analyzovat zajištění radiační ochrany na oddělení radiodiagnostiky FN Plzeň

H: Dávky naměřené z dozimetrů radiologických asistentů v roce 2011 byly větší než dávky naměřené v roce 2017.

3 Metodika výzkumu

K napsání teoretické části jsem čerpala z české i zahraniční literatury, jejíž seznam je uveden na konci této práce. Diplomovou práci jsem zpracovala pomocí kvantitativního výzkumu. Všechny hodnoty jsou statisticky zpracovány a vloženy do přehledných tabulek a grafů. Výsledkem celého výzkumu je zkoumání optimalizace radiační ochrany ve FN Plzeň. Veškeré podklady pro praktickou část předložené práce jsem čerpala ze zdrojů Fakultní nemocnice Plzeň.

V praktické části jsem se věnovala zkoumáním naměřených osobních dávek z dozimetrů u lékařů, radiologických asistentů a zdravotních sester. Celkový rozbor probíhal na třech pracovištích FN Plzeň: Digitální subtrakční angiografie, Intervennční kardiologie a vyšetření ERCP pod Gastroenterologickým oddělení. Sledované období výzkumu bylo mezi léty 2011 – 2017. Po celou dobu sledování jsem zjišťovala hodnoty z dozimetrů: osobního dávkového ekvivalentu Hp (10), osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) a efektivní dávky.

Osobní monitorování bylo prováděno metodou opticky stimulované luminiscence (OSL). Minimální detekovaná hodnota sledované veličiny je 0,05 mSv. Nejistota měření je v rozsahu:

- 0,05 mSv až 0,1 mSv do 50 %
- 0,1 mSv až 0,2 mSv do 25 %
- 0,2 mSv až 10 Sv do 10 %

Jednotlivým zkoumaným osobám každého pracoviště a příslušné skupiny byly přiřazeny pořadová čísla, která byla používána v rozsahu celé práce. Například lékař 1 pro DSA je po celou dobu výzkumu tatáž osoba.

3.1 DSA – digitální subtrakční angiografie

Při zkoumání naměřených hodnot z dozimetrů jsem v roce 2011 pracovala s rozbohem u devíti zdravotnických osob. Na pracovišti DSA v tomto roce pracovali celkem čtyři lékaři, tři radiologičtí asistenti a dvě zdravotní sestry. Stejný počet zdravotního personálu na pracovišti DSA pracoval i v roce 2012 a 2013.

V roce 2014 nastoupila jedna nová zdravotní sestra, tudíž se celkový počet zdravotnického personálu zvýšil na deset pracovníků. V následujícím roce 2015 se počet zaměstnanců nezměnil.

Rok 2016 byl významný pro digitální subtrakční angiografii v tom, že se celkový počet zdravotnického personálu zvýšil na 13 pracovníků. Nastoupili dva lékaři a jeden radiologický asistent.

Poslední rok sledovaného období byl výjimečný v uvedení do provozu zcela nového angiografického sálu. S tím souvisí hlavně přesun celého angiografického pracoviště z areálu nemocnice na Borech do nemocnice na Lochotíně. Také se zvýšil i angiografický tým o jednoho radiologického asistenta a tři zdravotní sestry, celkový počet v roce 2017 představuje 17 pracovníků.

Na konci rozboru jednotlivých naměřených osobních dávek za jednotlivé roky jsou uvedené grafy popisující vývoj efektivních dávek, osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) a osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů a radiologických asistentů.

3.2 *Intervenční kardiologie*

Na intervenční kardiologii v roce 2011 pracovalo celkem 13 zaměstnanců, z toho pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a čtyři zdravotní sestry. Následující rok 2012, představoval stejný počet zdravotního personálu, ale zdravotní sestra 5 zastupovala zdravotní sestru 4.

V roce 2013 na intervenční kardiologii pracovaly obě zdravotní sestry 4 a 5. Tedy celkový počet zdravotního personálu byl 14 zaměstnanců.

Rok 2014 byl shodný s rokem 2012, kdy zdravotní sestra 5 zastupovala zdravotní sestru 4. V následujícím roce 2015 nastoupil jeden nový radiologický asistent.

Poslední dva roky sledovaného období, tedy 2016 a 2017, byly z hlediska zdravotního personálu totožné. Jeden radiologický asistent odešel z tohoto oddělení, a celkový počet zdravotního personálu byl 14 zaměstnanců, z toho bylo pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a pět zdravotních sester.

Podobně jako u předchozího oddělení digitální subtrakční angiografie je na konci pomocí grafů znázorněn vývoj efektivních dávek a osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) a Hp (0,07) u lékařů a radiologických asistentů za celé sledované období.

3.3 Gastroenterologie – ERCP

U vyšetření ERCP nejsou uvedeny naměřené hodnoty z dozimetrů u radiologických asistentů, neboť při tomto vyšetření se střídá velký počet radiologických asistentů. Nelze jasně identifikovat konkrétní radiologické asistenty a jejich naměřené osobní hodnoty pouze při tomto vyšetření. V náplni práce radiologických asistentů na Klinice zobrazovacích metod FN Plzeň, kteří vykonávají práci na rentgenu, je více pracovišť. Například skiaskopie, pojízdný rentgen nebo operační sály, kde je velká pravděpodobnost obdržení radiační dávky. Proto zde nejsou uvedeny naměřené osobní hodnoty radiologických asistentů, protože by získané hodnoty nebyly k tomuto vyšetření adekvátní.

První tři roky sledovaného období (2011 – 2013) se na vyšetření ERCP střídali celkem dva lékaři a pět zdravotních sester. Je důležité zmínit, že při každém vyšetření ERCP je přítomen jeden lékař a dvě zdravotní sestry.

Ostatní následující roky (2014 – 2017) se zdravotnický tým skládal ze tří lékařů a pěti zdravotních sester. Na závěr znovu popisují pomocí grafického znázornění vývoj efektivních dávek a osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ a $H_p(0,07)$ u lékařů za celé sledované období.

4 Výsledky

4.1 Digitální subtrakční angiografie

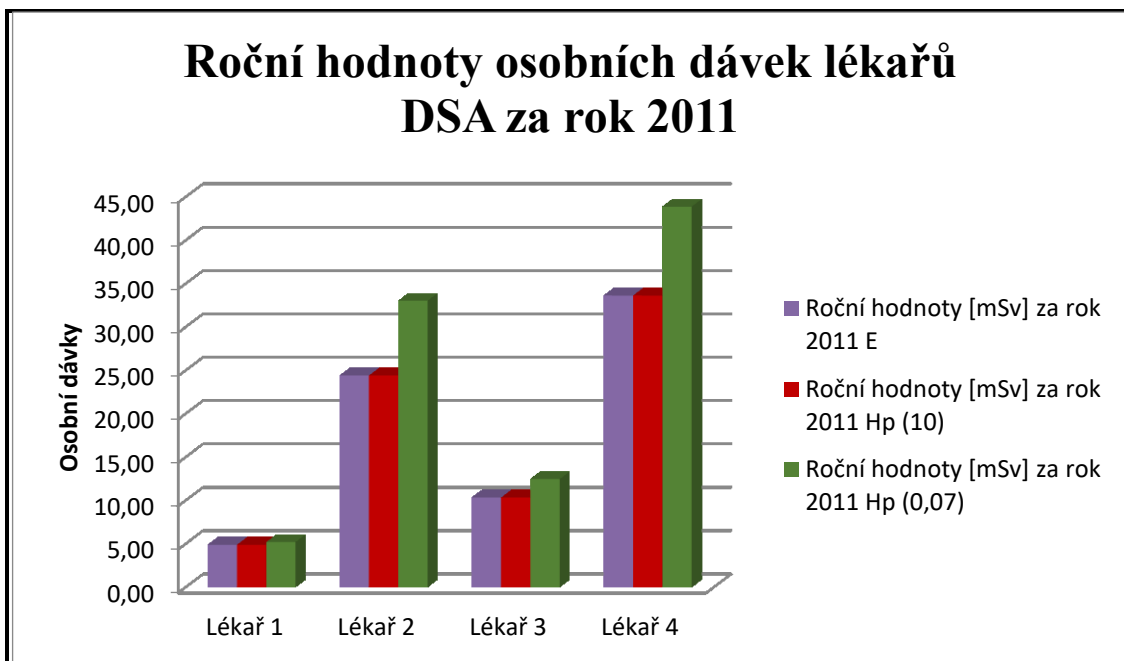
V roce 2011 pracovali na pracovišti DSA celkem čtyři lékaři s atestací, tři radiologičtí asistenti a dvě zdravotní sestry. Následující tabulka je barevně rozdělena do tří kategorií a to pro lékaře, pro radiologické asistenty a pro zdravotní sestry, aby bylo zajištěno přehlednější orientování v tabulce znázorňující roční hodnoty osobních dávek za rok 2011. RAS 2 do roku 2015 je zařazen na pozici vedoucího radiologického asistenta angiografického pracoviště. Činnost v kontrolovaném pásmu vykonává občas, tudíž uvedené hodnoty jsou nižší proti ostatním radiologickým asistentům.

Tabulka 7: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2011

Roční hodnoty osobních dávek pro DSA			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2011		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	4,90	4,90	5,21
Lékař 2	24,42	24,42	33,04
Lékař 3	10,34	10,34	12,47
Lékař 4	33,64	33,64	43,89
RAS 1	0,06	0,06	0,00
RAS 2	0,31	0,31	0,38
RAS 3	0,37	0,37	0,30
Zdr. sestra 1	0,68	0,68	0,61
Zdr. sestra 2	0,15	0,15	0,11

Zdroj: vlastní

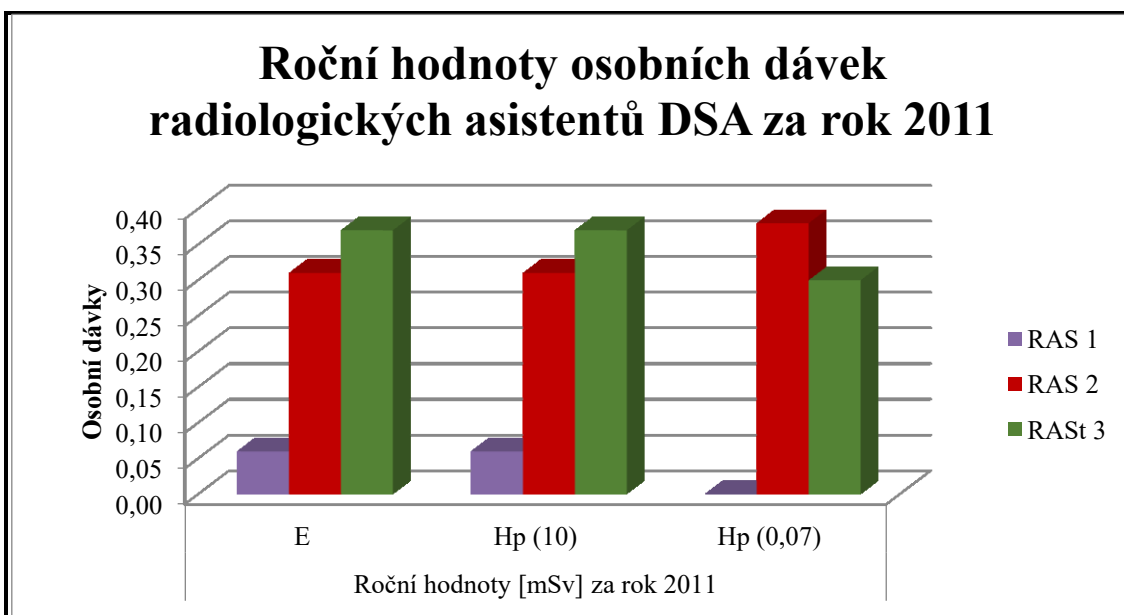
Tabulka 7 znázorňuje roční hodnoty osobních dávek pro pracoviště DSA za rok 2011. Z této tabulky lze vyčíst celkovou efektivní dávku měřenou v mSv u jednotlivých lékařů, radiologických asistentů a zdravotních sester. Ve druhém sloupci jsou uvedeny osobní dávkové ekvivalenty v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm. Osobní dávkové ekvivalenty v daném bodě pod povrchem těla v hloubce 0,07 mm jsou zapsány ve třetím sloupci tabulky. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 1 – 3.



Graf 1: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2011

Zdroj: vlastní

Graf 1 ukazuje, že nejvyšší osobní dávku obdržel lékař 4 a nejnižší dávku lékař 1. Druhou nejvyšší osobní dávku obdržel lékař 2.

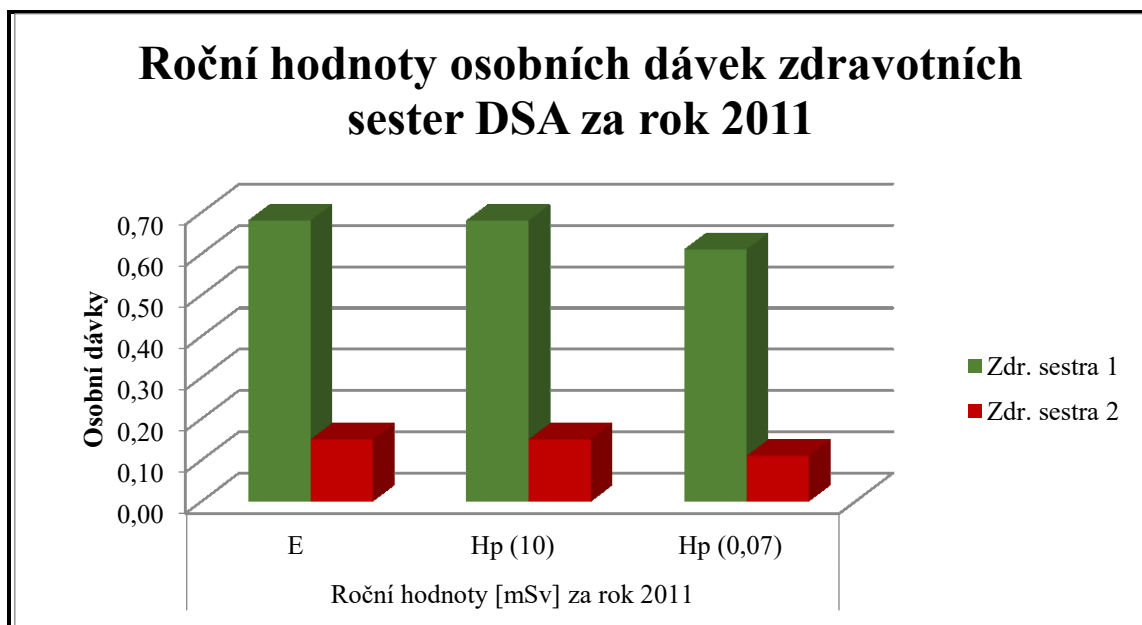


Graf 2: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2011

Zdroj: vlastní

Z grafu 2 je zřejmé, že nejvyšší efektivní dávku E měli RAS 3 a RAS 2. Osobní dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm Hp (10)

měli také RAS 3 a RAS 2. Naopak u radiologického asistenta 2 byla indikována nejvyšší hodnota osobního dávkového ekvivalentu v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 0,07 mm a o něco nižší měl RAS 3. Na první pohled na tento graf můžeme vidět, že RAS 1 měl ve všech zkoumaných kategoriích nejnižší hodnoty osobních dávek.



Graf 3: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2011

Zdroj: vlastní

Graf 3 ukazuje hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA a můžeme zde vidět, že zdravotní sestra 1 měla podstatně vyšší hodnoty než sestra 2.

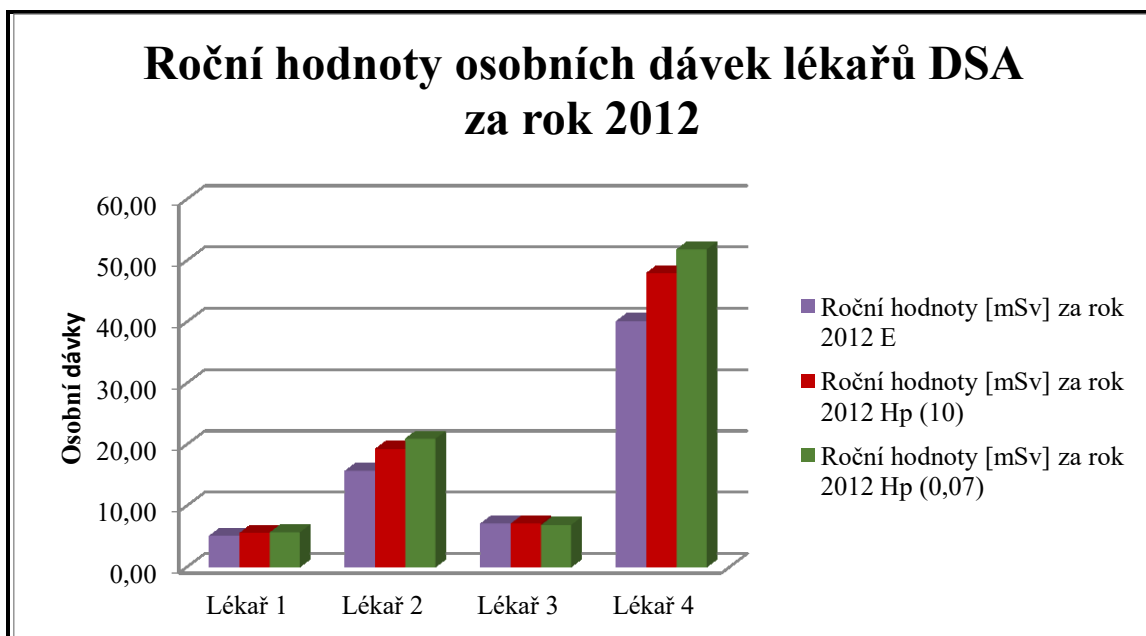
Tabulka 8: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2012

Roční hodnoty osobních dávek pro DSA			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2012		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	5,12	5,59	5,67
Lékař 2	15,71	19,27	20,94
Lékař 3	7,13	7,13	6,87
Lékař 4	40,13	47,96	51,83
RAS 1	0,05	0,05	0,00
RAS 2	0,00	0,00	0,00
RAS 3	0,26	0,26	0,00
Zdr. sestra 1	0,27	0,27	0,00
Zdr. sestra 2	1,07	1,07	1,09

Zdroj: vlastní

V roce 2012 na tomto pracovišti pracovalo stejně zdravotního personálu jako v roce 2011, tedy čtyři lékaři, tři radiologičtí asistenti a dvě zdravotní sestry. Tabulka je stejně barevně rozdělena podle příslušného personálu pracujícího na pracovišti DSA. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 4 – 6.

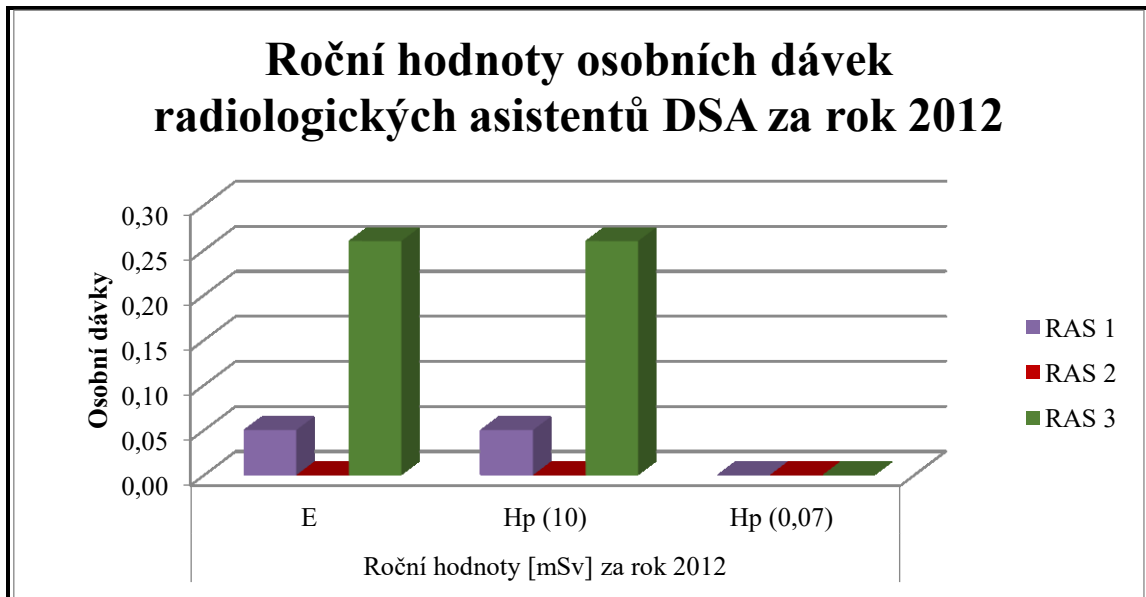
Tabulka 8 ukazuje celkovou efektivní dávku E, osobní dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm Hp (10) a osobní dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 0,07 mm Hp (0,07). Nechybí zde i rozdělení a výčet naměřených hodnot pro lékaře, radiologické asistenty a zdravotní sestry.



Graf 4: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2012

Zdroj: vlastní

Graf 4 znázorňuje, že lékař 4 měl nejvíce naměřené osobní dávky stejně jako v roce 2011. Stejně jako v předchozím roce měl lékař 1 nejmenší naměřené osobní dávky.

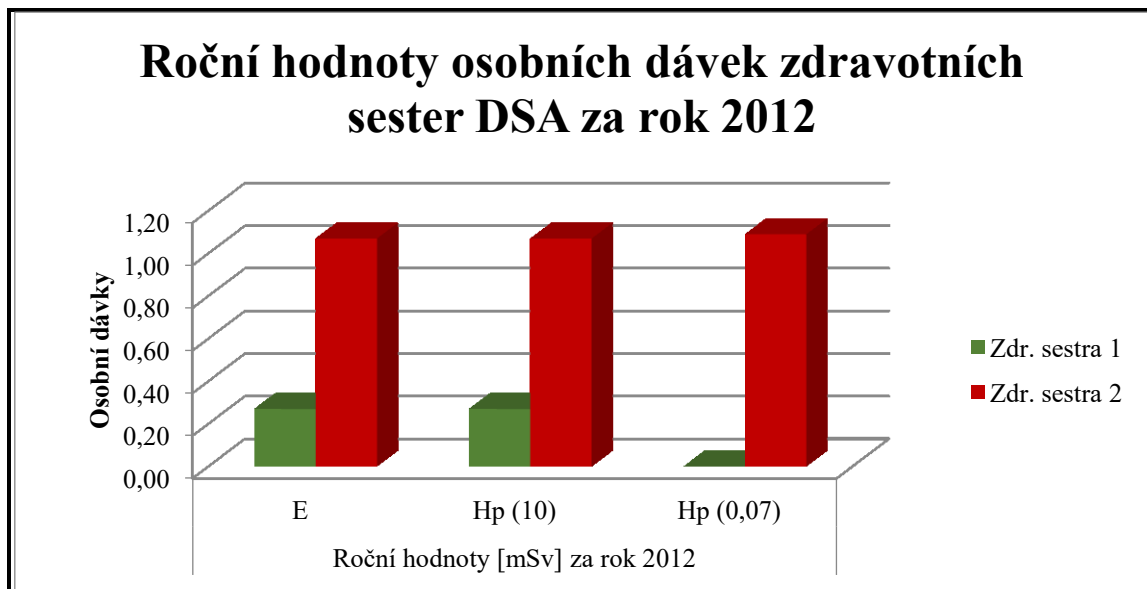


Graf 5: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2012

Zdroj: vlastní

Z grafu 5 vidíme, že efektivní E dávku měli nejvíce naměřeno RAS 1 a 3 oproti RAS 2. To samé platí i u osobního dávkového ekvivalentu v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm Hp (10). Všichni radiologičtí asistenti měli nejnižší hodnotu

osobního dávkového ekvivalentu v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 0,07 mm Hp (0,07).



Graf 6: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2012

Zdroj: vlastní

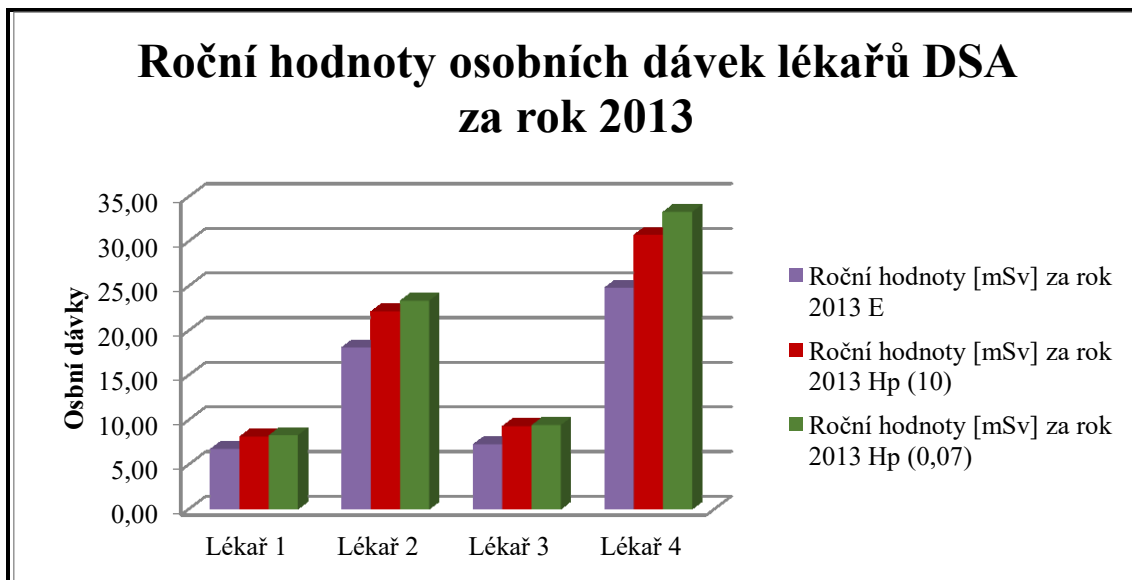
Graf 6 ukazuje, že zdravotní sestra 1 měla naměřené hodnoty nižší než zdravotní sestra 2.

Tabulka 9: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2013

Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2013		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	6,76	8,14	8,30
Lékař 2	18,14	22,17	23,37
Lékař 3	7,27	9,31	9,43
Lékař 4	24,83	30,75	33,32
RAS 1	0,06	0,06	0,00
RAS 2	0,06	0,06	0,00
RAS 3	0,25	0,25	0,12
Zdr. sestra 1	0,61	0,61	0,36
Zdr. sestra 2	1,85	1,85	2,03

Zdroj: vlastní

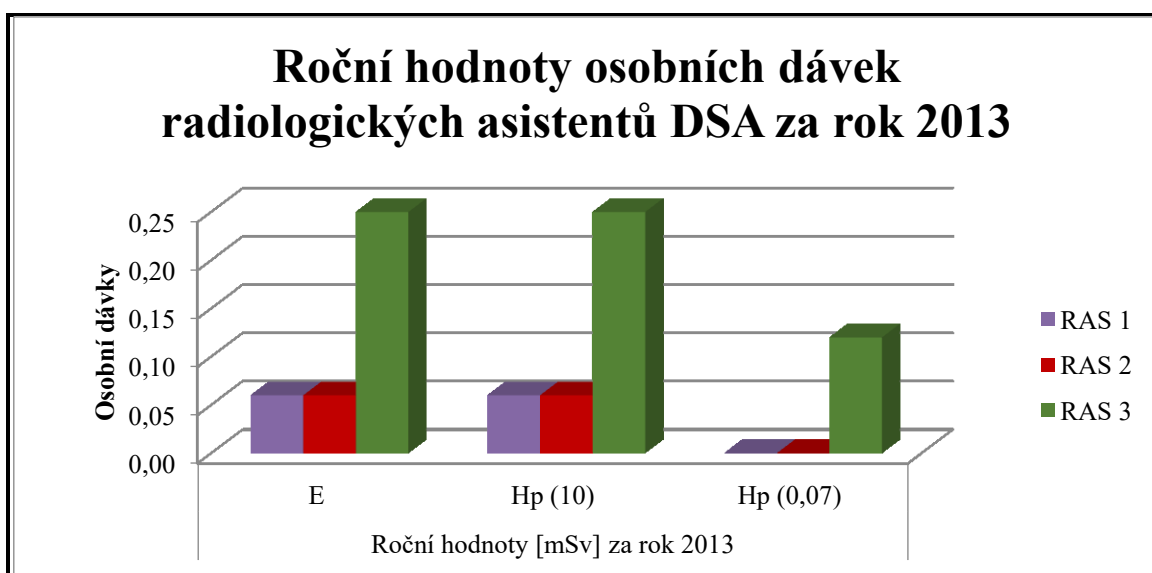
Za rok 2013 na pracovišti DSA pracoval stejný počet zdravotnického personálu jako v předchozích dvou letech. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 7 – 9.



Graf 7: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok

Zdroj: vlastní

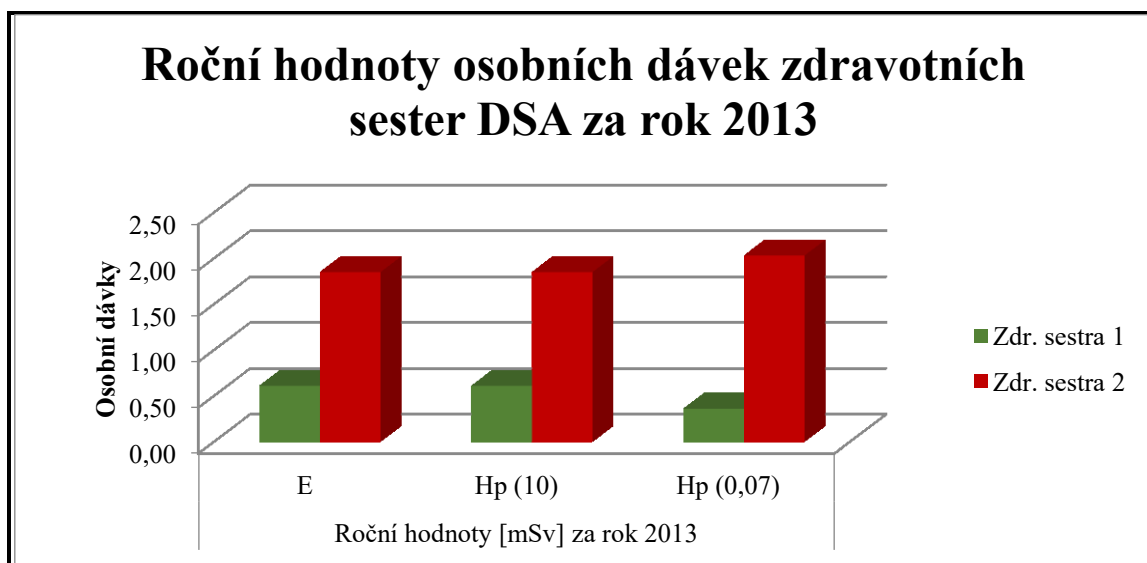
I graf 7 potvrzuje shodný výsledek jako v předchozím roce. Lékař 4 obdržel nejvyšší dávky a o něco nižší dávky lékař 2. Nejnižší dávky obdrželi lékaři 1 a 3.



Graf 8: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2013

Zdroj: vlastní

Graf 8 potvrzuje, že RAS 3 měl za rok 2013 nejvyšší naměřené dávky, jak efektivní dávky, tak i osobního dávkového ekvivalentu v daném době pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm a 0,07 mm Hp (10) a Hp (0,07).



Graf 9: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2013

Zdroj: vlastní

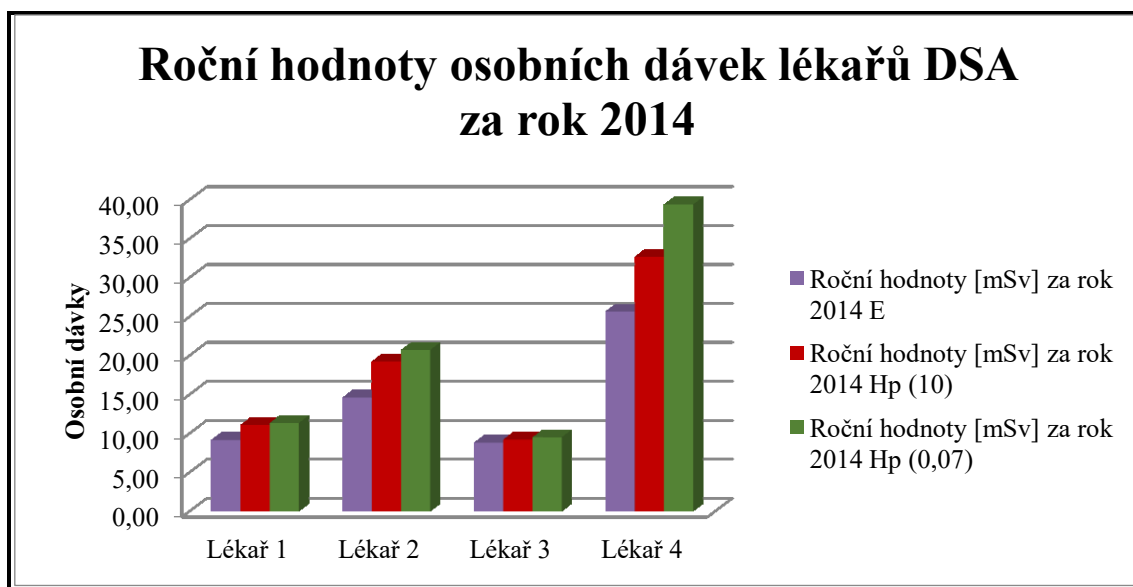
Graf 9 ukazuje celkové hodnoty osobních dávek u zdravotních sester DSA za rok 2013. Za rok 2013 měla zdravotní sestra 2 naměřeny vyšší dávky proti zdravotní sestře 1.

Tabulka 10: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2014

Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2014		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	9,17	11,10	11,35
Lékař 2	14,62	19,25	20,73
Lékař 3	8,81	9,23	9,51
Lékař 4	25,65	32,68	39,40
RAS 1	0,23	0,23	0,20
RAS 2	0,00	0,00	0,00
RAS 3	0,50	0,50	0,45
Zdr. sestra 1	1,10	1,10	1,05
Zdr. sestra 2	3,10	3,10	3,20
Zdr. sestra 3	1,55	1,55	1,32

Zdroj: vlastní

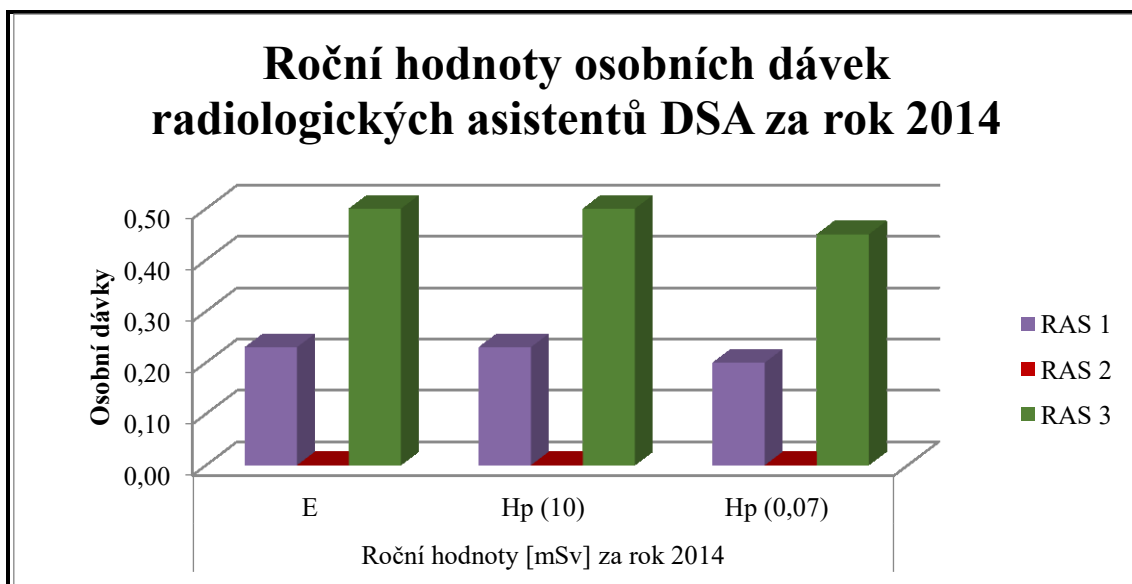
V roce 2014 od června nastoupila nová zdravotní sestra, která je součástí angiografického týmu. V tabulce 14 jsou přehledně rozdělené naměřené dávky lékařů, radiologických asistentů a zdravotních sester, kteří pracují na angiografickém pracovišti. Je zde výčet efektivních dávek, osobních dávkových ekvivalentů v daném bodě pod povrchem těla v hloubce 10 mm a 0,07 mm za rok 2014. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 10 – 12.



Graf 10: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2014

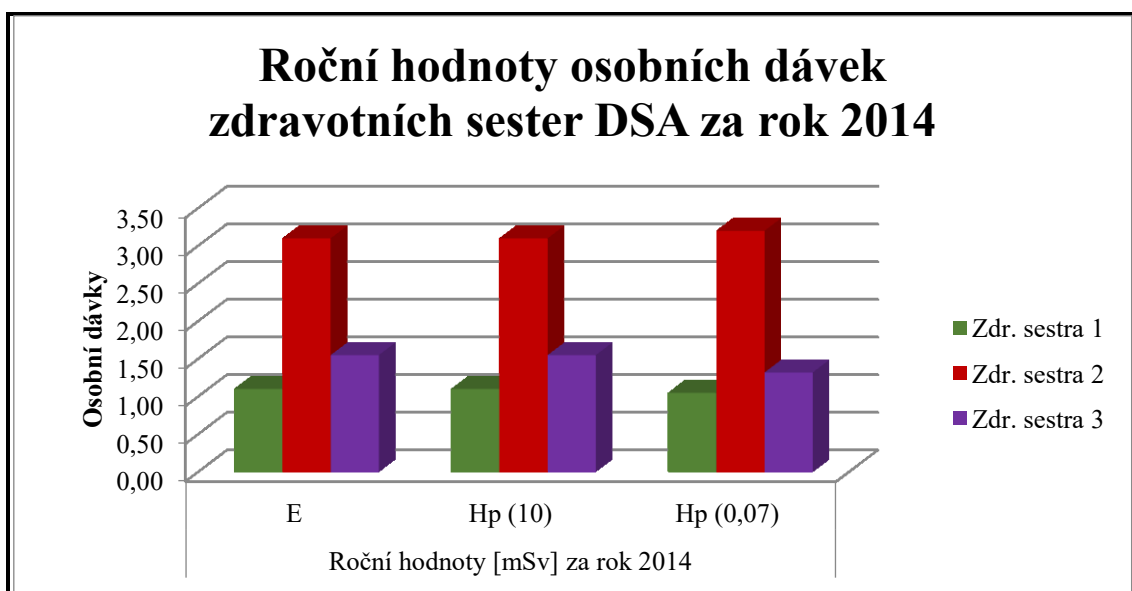
Zdroj: vlastní

Z grafu 10 je zřejmé, že jako v předchozích letech má nejvyšší dávku lékař 4 a lékař 2. Osobní dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 0,07 mm měl lékař 4 naměřeno 39,40 mSv. Za rok 2014 obdržel nejvyšší osobní dávku lékař 4 a téměř o polovinu nižší dávku měl lékař 2.



Graf 11: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2014

Zdroj: vlastní



Graf 12: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2014

Zdroj: vlastní

V grafu 12 můžeme vidět velký nepoměr u uvedených hodnot u zdravotních sester, zdravotní sestra 2 měla nejvyšší hodnoty, téměř třetinové hodnoty měla zdravotní sestra 1 a zdravotní sestra 3 měla o polovinu nižší hodnoty než zdravotní sestra 2.

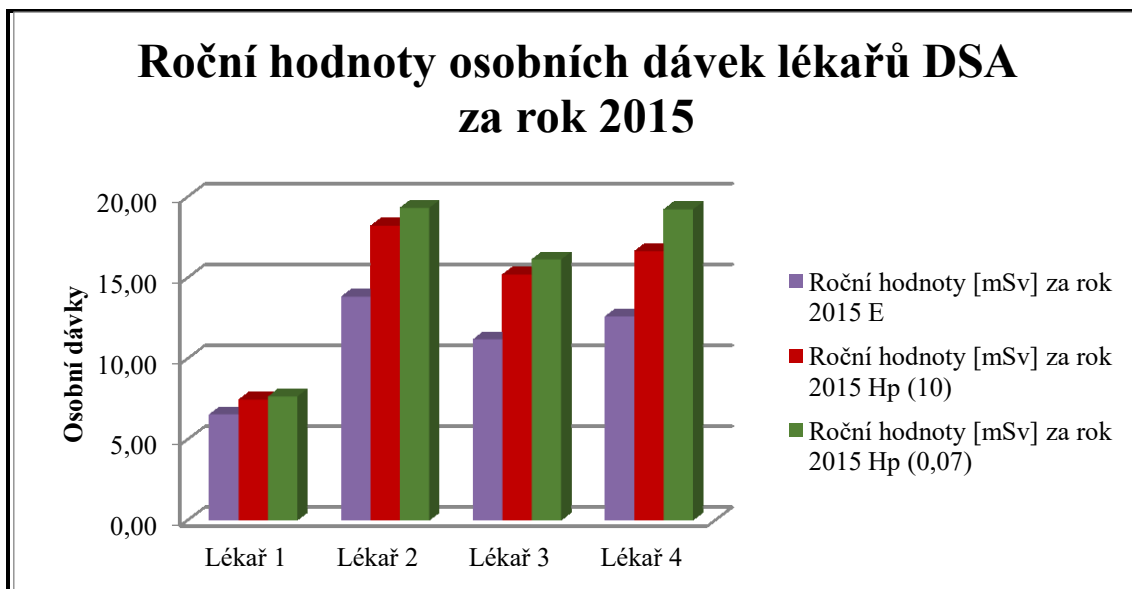
Tabulka 11: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2015

Roční hodnoty osobních dávek pro DSA			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2015		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	6,55	7,47	7,66
Lékař 2	13,83	18,22	19,32
Lékař 3	11,19	15,20	16,13
Lékař 4	12,61	16,64	19,23
RAS 1	0,35	0,35	0,22
RAS 2	0,00	0,00	0,00
RAS 3	1,23	1,23	1,13
Zdr. sestra 1	1,77	1,77	1,73
Zdr. sestra 2	1,49	1,49	1,30
Zdr. sestra 3	2,61	2,61	2,45

Zdroj: vlastní

V roce 2015 stejně jako v roce 2014 pracovali na pracovišti digitální subtrakční angiografii čtyři lékaři, tři radiologičtí asistenti a tři zdravotní sestry.

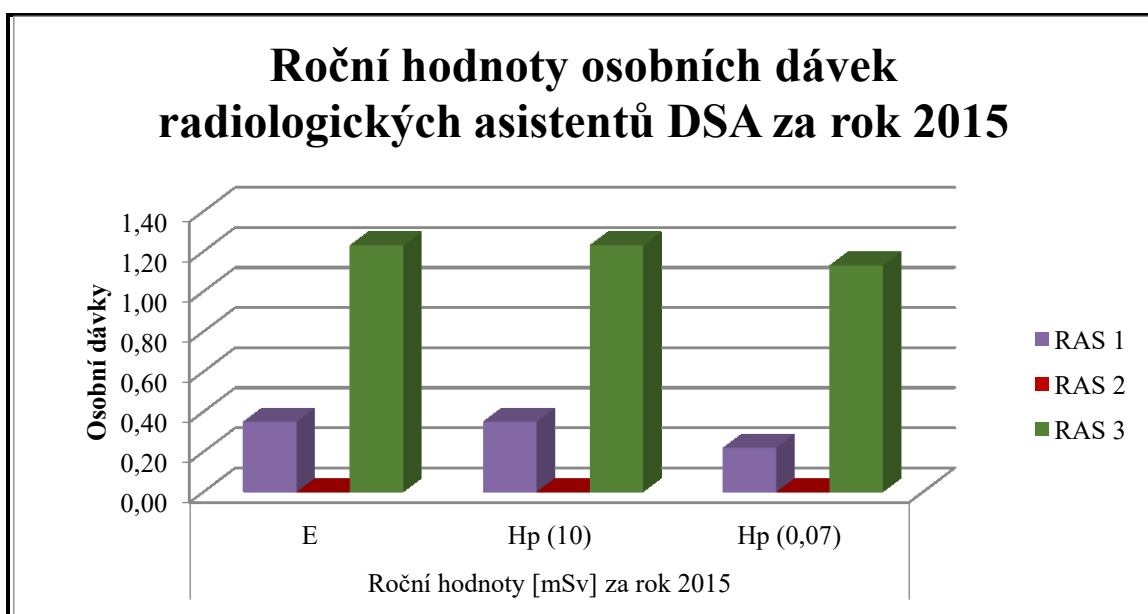
Tabulka 11 ukazuje celkové naměřené hodnoty z dozimetrů u zdravotnického personálu na pracovišti DSA za rok 2015. Jedná se o efektivní dávku a osobní dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm a 0,07 mm. Všechny hodnoty jsou uvedené v jednotkách mSv. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 13 – 15.



Graf 13: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2015

Zdroj: vlastní

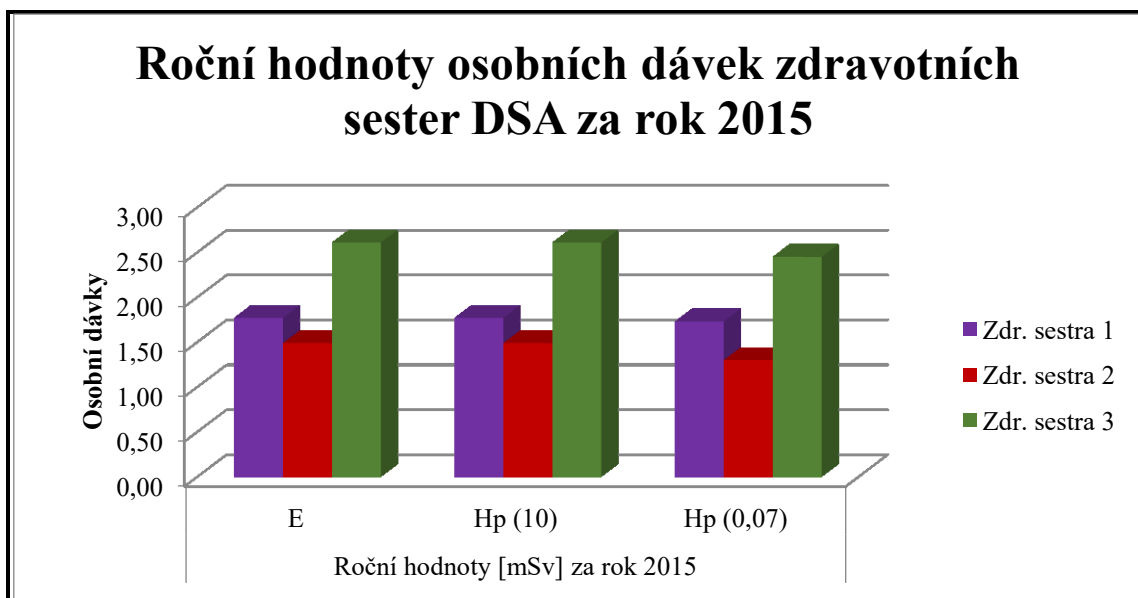
Z grafu 13 můžeme vidět, že nejvyšší dávku osobního dávkového ekvivalentu v daném bodě pod povrchem těla v hloubce 0,07 mm za rok 2015 měl lékař 2 a to 19,32 mSv, v hloubce 10 mm měl hodnotu 18,22 mSv. Celkovou efektivní dávku za tento rok měl 13,83 mSv. O několik mSv méně měl naměřené dávky lékař 4.



Graf 14: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2015

Zdroj: vlastní

Za rok 2015 měl nejvyšší osobní dávky naměřeny RAS 3 a nejnižší dávky měl radiologický asistent 2.



Graf 15: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2015

Zdroj: vlastní

Z grafu 15 můžeme vyčíst, že nejvyšší naměřené hodnoty měla zdravotní sestra 3, o něco nižší měla zdravotní sestra 1 a nejnižší hodnoty za rok 2015 měla sestra 2.

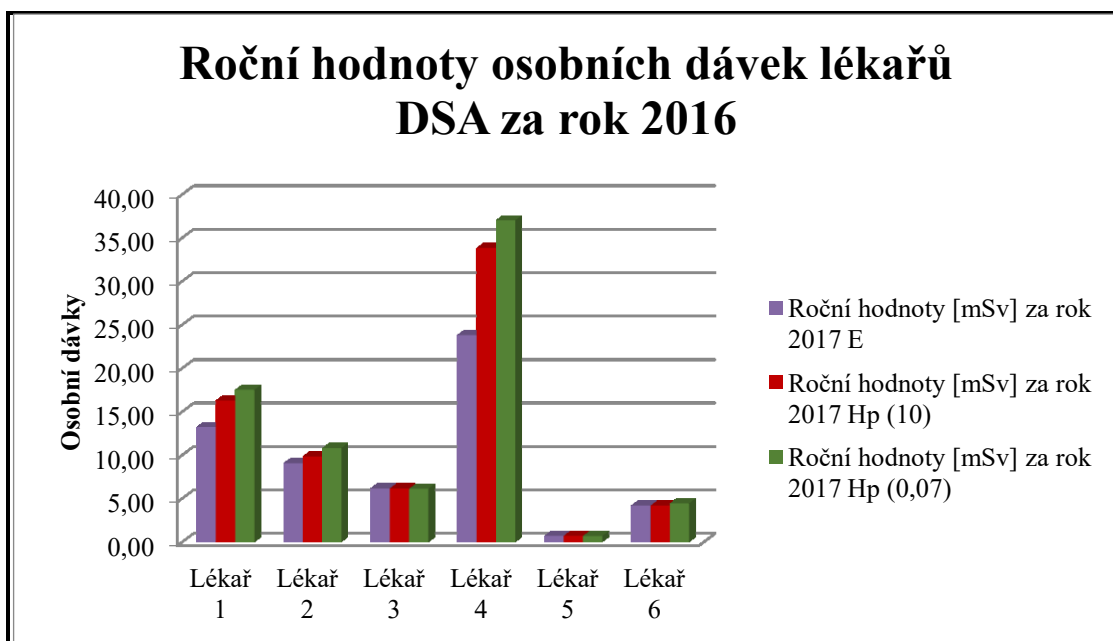
V roce 2016 proběhla výstavba nového zákrokového sálu a v dubnu téhož roku proběhlo jeho slavnostní otevření. Dosavadní DSA pracoviště na Borech bylo zrušeno a veškeré výkony byly přesunuty do Lochotínského areálu. Od začátku roku 2016 se na angiografickém pracovišti zaučili dva noví lékaři a jeden nový radiologický asistent. Radiologický asistent 2 od roku 2016 již nevykonává funkci vedoucího radiologického asistenta angiografického pracoviště. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 16 – 18.

Tabulka 12: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA

Roční hodnoty osobních dávek pro DSA			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2016		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	9,39	11,66	12,04
Lékař 2	15,37	19,94	20,68
Lékař 3	9,33	12,43	12,85
Lékař 4	14,65	19,00	19,93
Lékař 5	0,37	0,37	0,10
Lékař 6	2,17	2,17	2,24
RAS 1	0,06	0,06	0,00
RAS 2	0,00	0,00	0,00
RAS 3	0,55	0,55	0,49
RAS 4	1,19	1,19	1,18
Zdr. sestra 1	1,29	1,29	1,33
Zdr. sestra 2	1,28	1,28	1,24
Zdr. sestra 3	2,31	2,31	2,35

Zdroj: vlastní

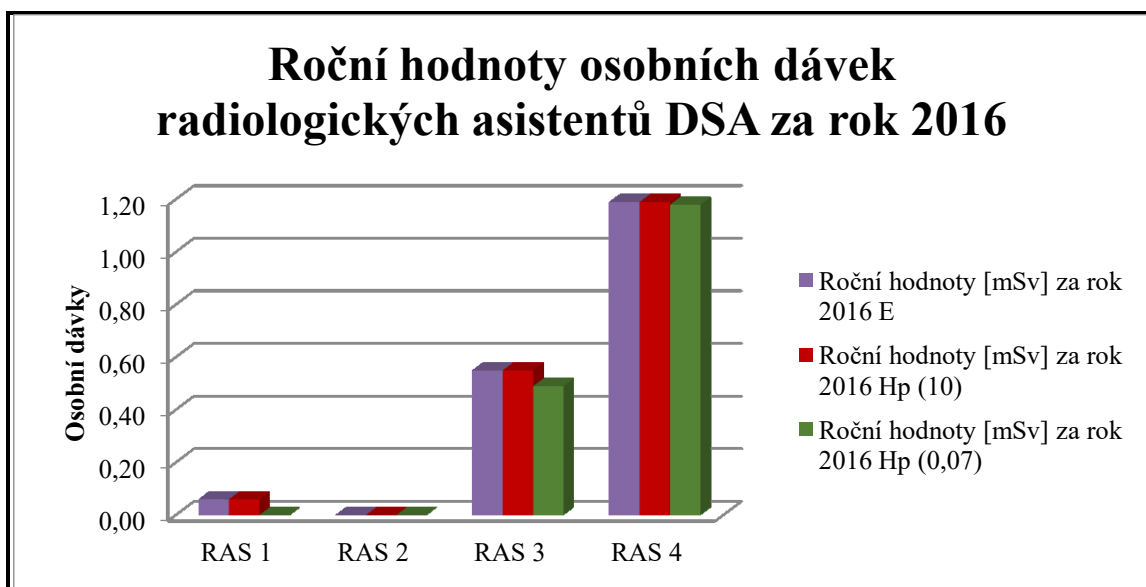
Tabulka 12 znázorňuje rozdělení zdravotnického personálu pracujícího na DSA. Je zde výčet jednotlivých naměřených hodnot za celý rok 2016.



Graf 16: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2017

Zdroj: vlastní

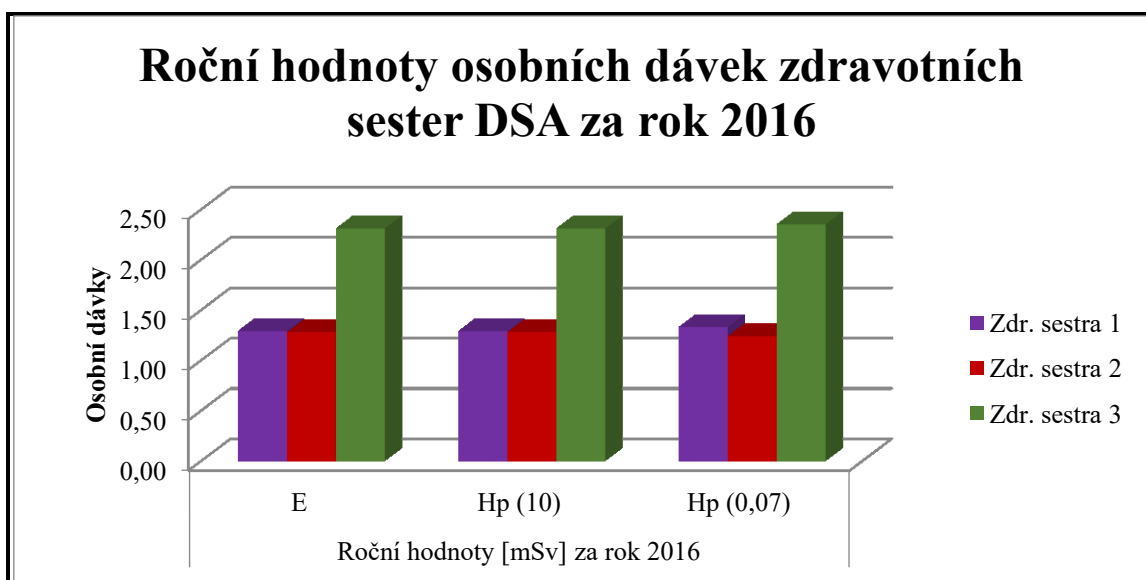
Z grafu 16 je přehledně vidět, že nejvyšší hodnoty se stále objevují u lékaře 2 a u lékaře 4. Naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny lékařům 5 a 6, protože se na angiografickém pracovišti zaučovali a začínali svoji kariéru.



Graf 17: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2016

Zdroj: vlastní

Z předchozího grafu 17 je zřejmé, že naměřené osobní dávky z dozimetru u radiologických asistentů ukazují nejvyšší hodnoty u RAS 3 a 4, neboť byl provoz na dvou zákrokových sálech a z důvodu přesunu pracoviště z Borského areálu do Lochotínského areálu i větší počet pacientů.



Graf 18: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2016

Zdroj: vlastní

Podle grafu 18 měla nejvyšší hodnoty zdravotní sestra 3. Téměř srovnatelné hodnoty měla zdravotní sestra 1 se zdravotní sestrou 2.

Na začátku roku 2017 se angiografický tým rozšířil o jednu zdravotní sestru, od března o jednoho radiologického asistent a jednu zdravotní sestru. Další zdravotní sestra nastoupila v srpnu a celkový počet angiografického týmu vzrostl na 17 zaměstnanců. Navyšování zdravotnického personálu vedlo zejména z důvodu navýšení počtu vyšetření a současného provozu na dvou zákrokových sálech.

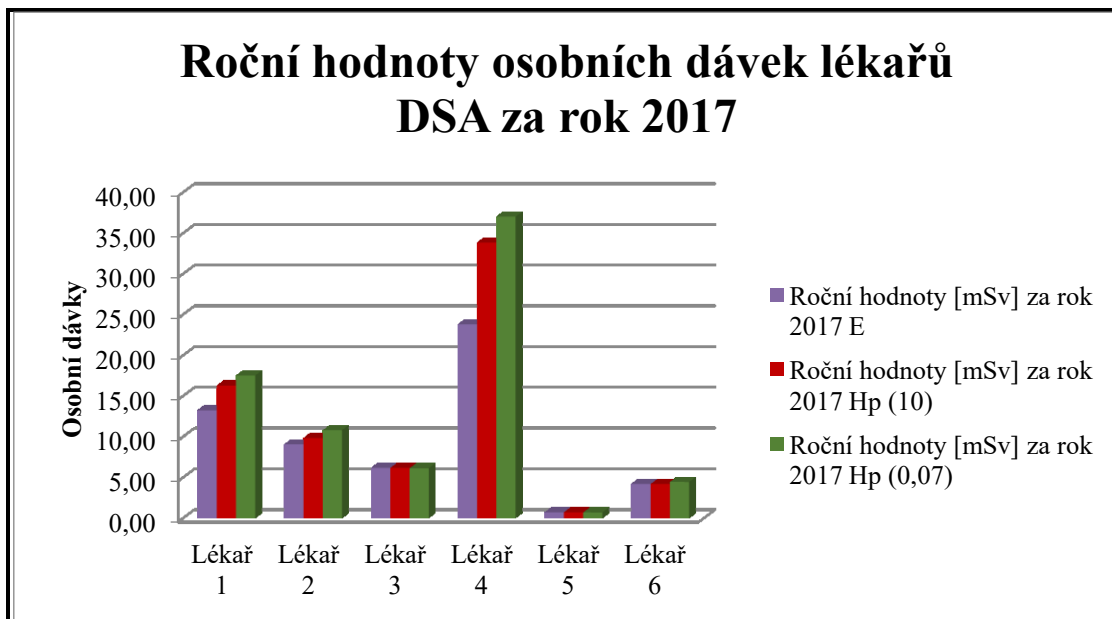
Tabulka 13: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2017

Roční hodnoty osobních dávek pro DSA			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2017		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	13,25	16,29	17,53
Lékař 2	9,07	9,85	10,82
Lékař 3	6,18	6,18	6,14
Lékař 4	23,82	33,86	37,03
Lékař 5	0,73	0,73	0,71
Lékař 6	4,21	4,21	4,46
RAS 1	0,46	0,46	0,46
RAS 2	0,00	0,00	0,00
RAS 3	0,58	0,58	0,44
RAS 4	0,58	0,58	0,23
RAS 5	0,11	0,11	0,00
Zdr. sestra 1	0,43	0,43	0,37
Zdr. sestra 2	0,19	0,19	0,16
Zdr. sestra 3	2,48	2,48	2,57
Zdr. sestra 4	2,48	2,98	3,29
Zdr. sestra 5	1,66	1,66	1,66
Zdr. sestra 6	0,63	0,63	0,60

Zdroj: vlastní

Tato tabulka 13 ukazuje jednotlivé naměřené hodnoty za rok 2017 u lékařů, radiologických asistentů a u zdravotních sester. Je zde výčet efektivních dávek

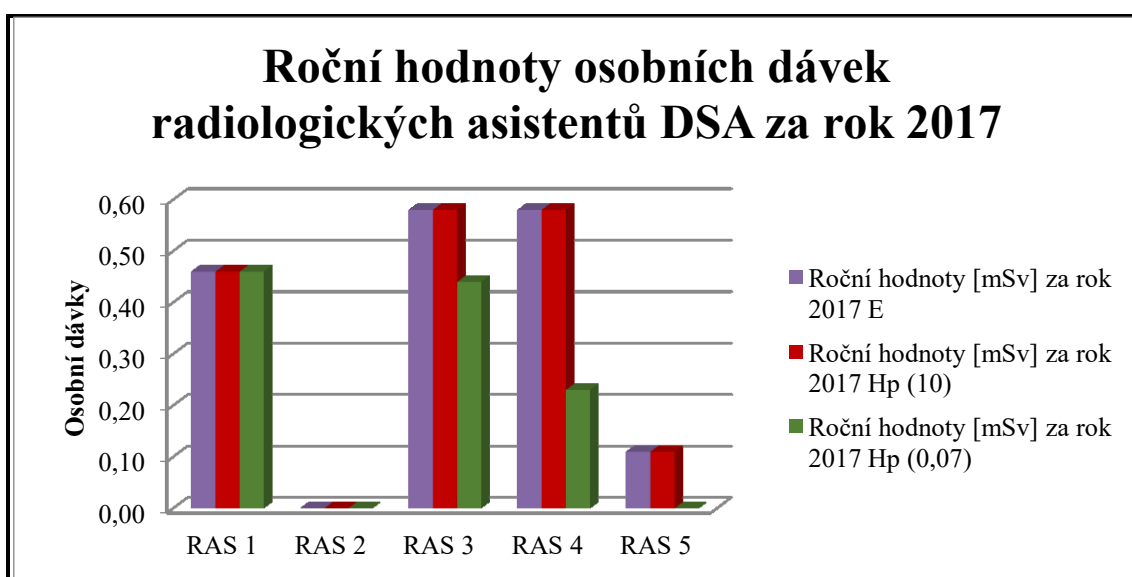
a osobních dávkových ekvivalentů v daném bodě pod povrchem těla v hloubce 10 mm a 0,07 mm. Z této tabulky vychází níže uvedené grafy 19 – 21.



Graf 19: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2017

Zdroj: vlastní

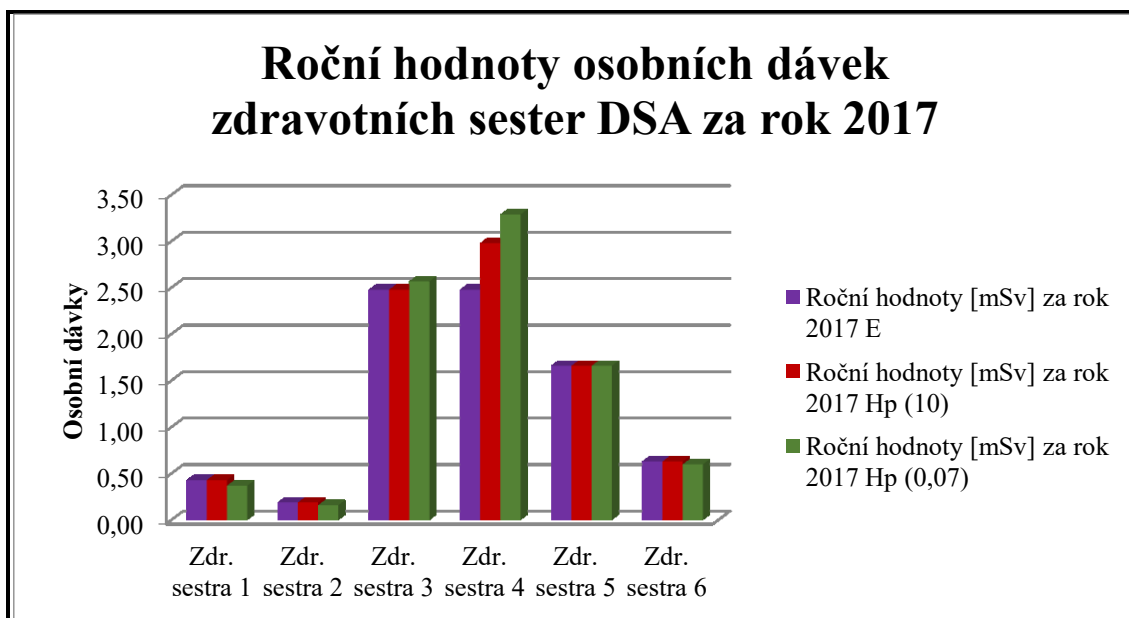
V roce 2017 měl nejvyšší hodnoty naměřeny lékař 4, o něco nižší dávky měl lékař 1. Nejnižší hodnoty vychází u nových lékařů, kteří se na tomto pracovišti zaučovali, jejich práce byla i na jiných pracovištích, kde nebyl zdroj ionizačního záření.



Graf 20: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2017

Zdroj: vlastní

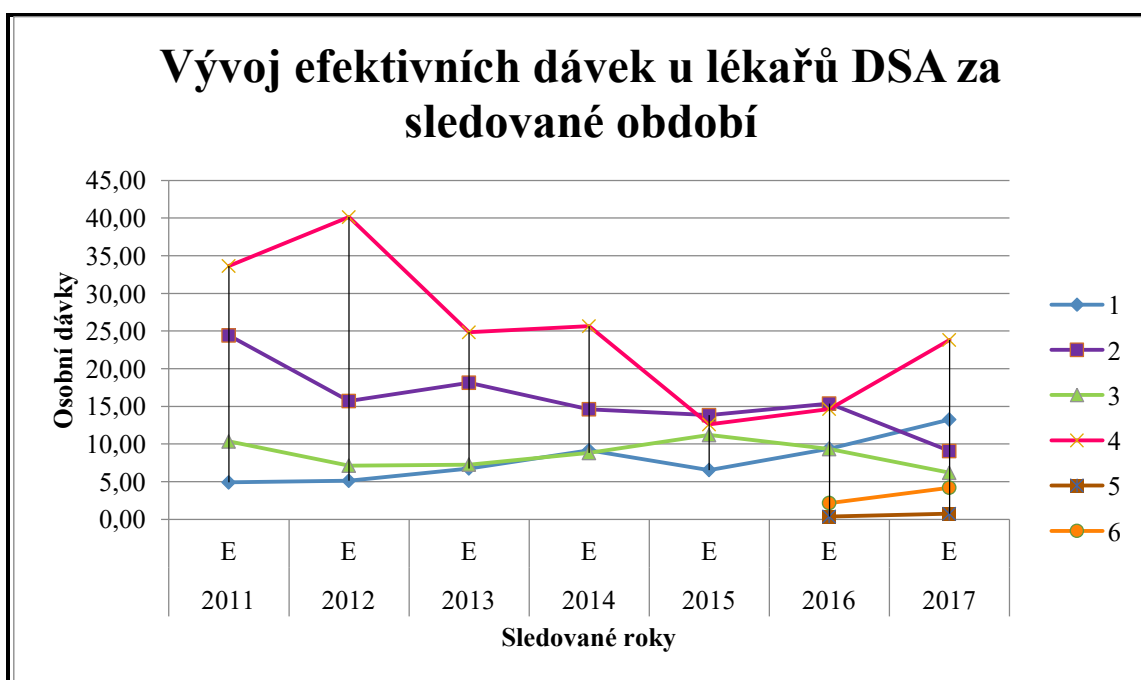
Graf 20 ukazuje téměř stejné hodnoty u RAS 3 a RAS 4.



Graf 21: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2017

Zdroj: vlastní

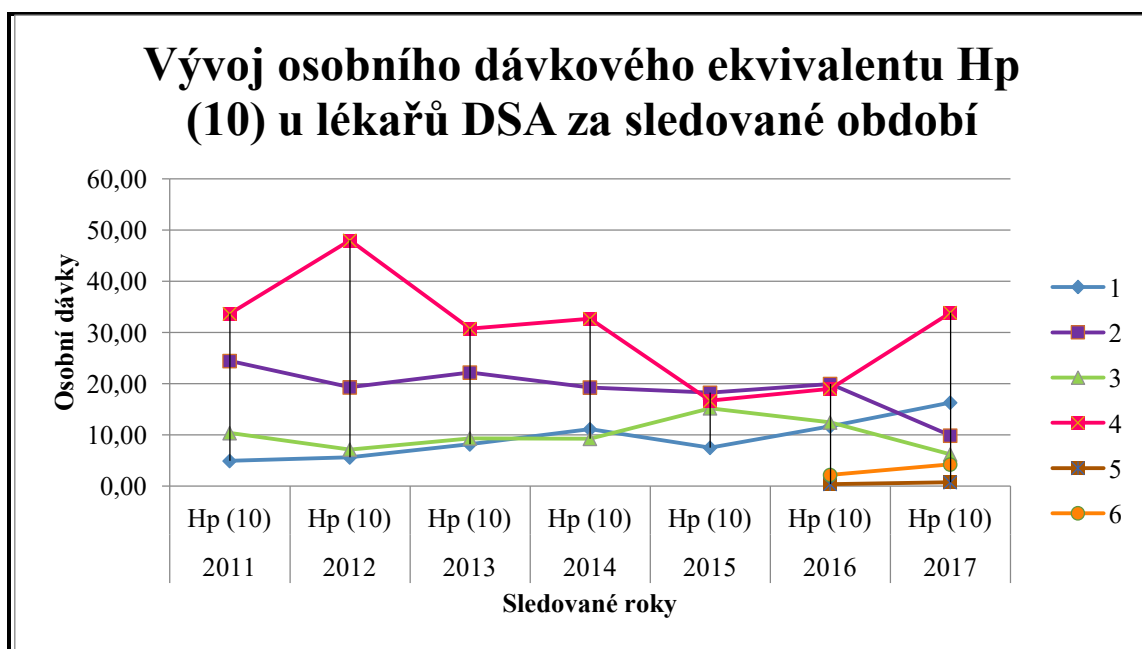
Graf 21 názorně ukazuje, že nevyšší hodnoty osobních dávek za celý rok 2017 měla zdravotní sestra 4. Nepatrně nižší dávky měla zdravotní sestra 3 a poté zdravotní sestra 5. Z celého roku 2017 měly zdravotní sestry 1, 2 a 6 velmi nízké hodnoty osobních dávek.



Graf 22: Vývoj efektivních dávek u lékařů DSA za sledované období

Zdroj: vlastní

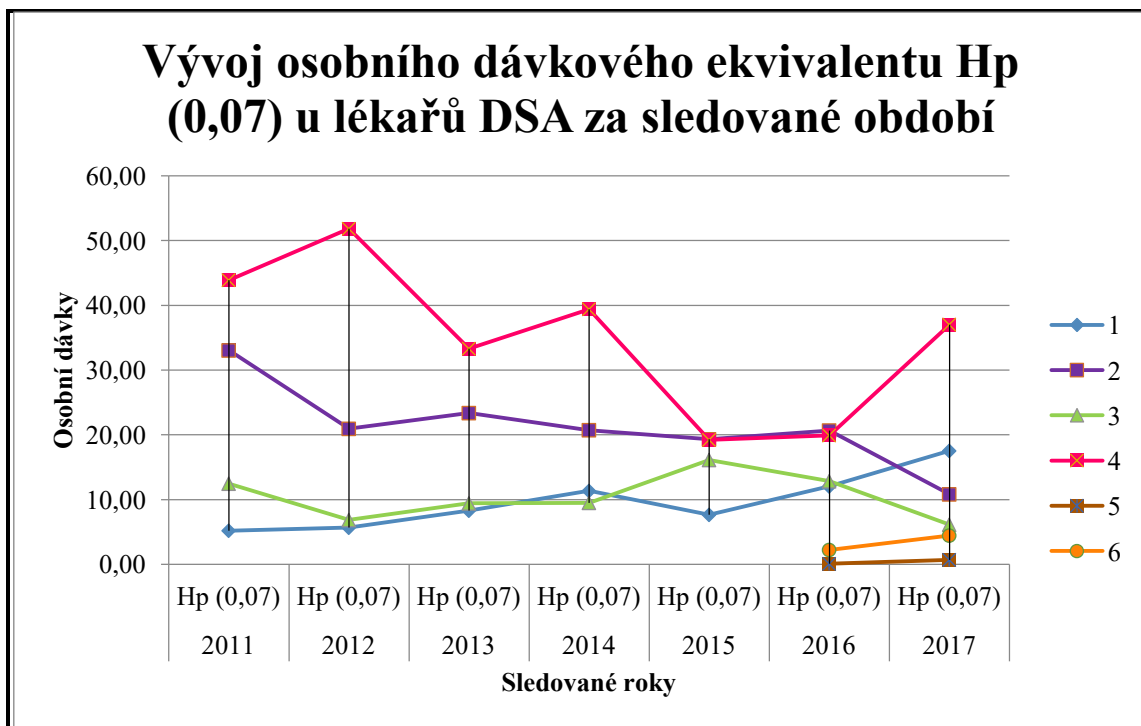
V grafu 22 je uveden vývoj naměřených efektivních dávek E u lékařů DSA za sledované období. U lékaře 1 dávky pozvolna stoupaly až do roku 2014, v roce 2015 mírně klesaly a do roku 2017 se lehce navyšovaly. Lékař 2 měl na začátku zkoumaného období efektivní dávku necelých 25 mSv, která za jeden rok výrazně klesla a pak byla až do roku 2016 téměř stejná, za poslední sledovaný rok osobní dávka klesla na necelých 11 mSv. U lékaře 3 můžeme vidět z počátku mírný pokles dávek, od roku 2013 do roku 2015 se dávky zvyšovaly a až do roku 2017 klesaly. Lékař 4 měl ze všech lékařů nejvyšší hodnoty naměřených dávek. V roce 2011 měl dávku 33,64 mSv, která do roku 2012 se zvýšila až na dávku 40,13 mSv. Následný průběh sledování dávek se snižoval až do roku 2015, kdy se dávka opět nepatrně zvýšila a v posledním roce sledovaného období dávka dosáhla hodnoty necelých 24 mSv. U lékaře 5 osobní dávka stoupala zanedbatelně a u lékaře 6 stoupala z hodnoty 0,1 mSv na 0,7 mSv.



Graf 23: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u lékařů DSA za sledované období

Zdroj: vlastní

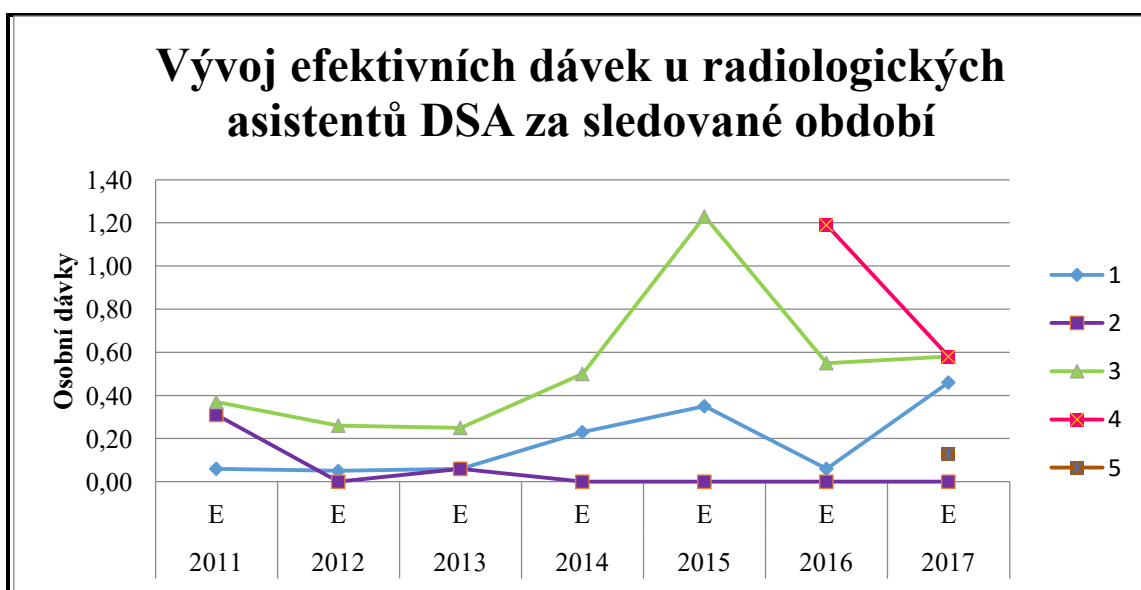
Graf 23 ukazuje vývoj naměřených dávek osobního dávkového ekvivalentu v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 10 mm u lékařů DSA za sledované období od roku 2011 do roku 2017. Podobně jako u předchozího grafu můžeme sledovat nárůsty nebo poklesy naměřených dávek u jednotlivých lékařů. Veškeré hodnoty jsou ovlivněny počtem vyšetřených pacientů a také tím, zda se vyšetřovalo pouze na jednom nebo na dvou zákrových sálech.



Graf 24: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů DSA za sledované období

Zdroj: vlastní

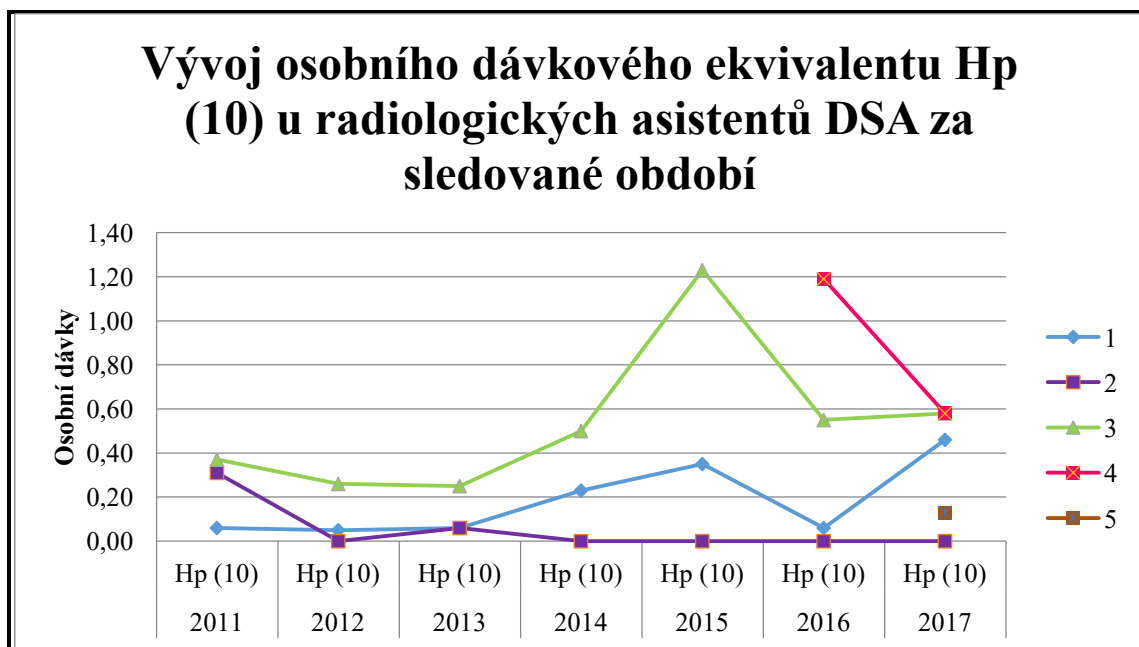
Předchozí graf 24 znázorňuje vývoj osobního dávkového ekvivalentu v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně 0,07 mm. Jsou zde uvedeny naměřené hodnoty lékařů DSA za sledované období od roku 2011 do roku 2017. I v tomto grafu můžeme vidět postupný průběh naměřených hodnot jako u předchozích dvou grafů.



Graf 25: Vývoj efektivních dávek u radiologických asistentů DSA za sledované období

Zdroj: vlastní

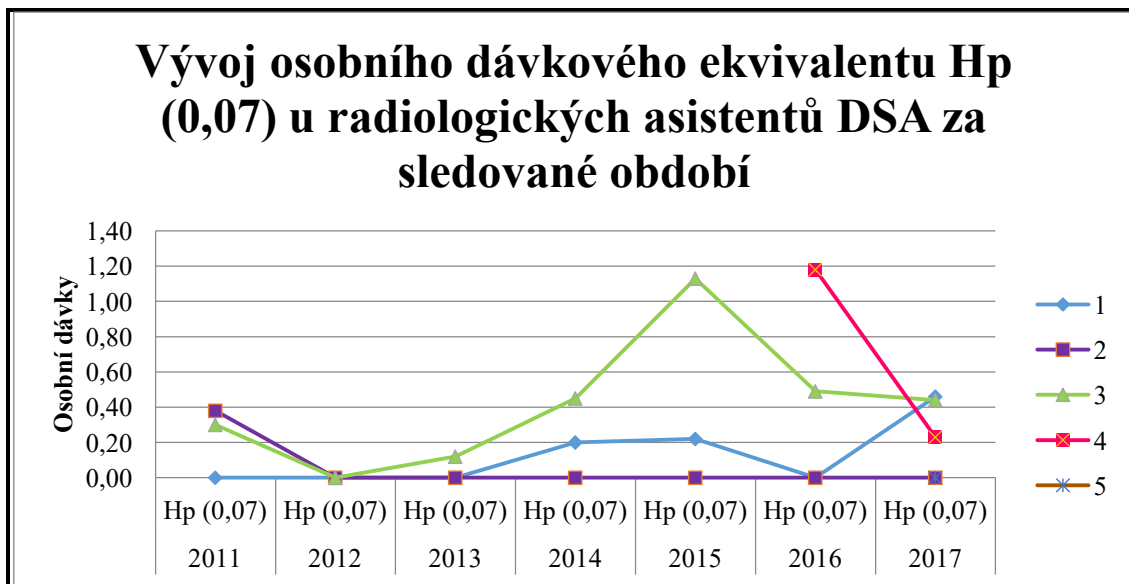
V grafu 25, u radiologického asistenta 1, od roku 2011 až do roku 2015 byl pozvolný vzestup dávek, v roce 2016 dávka výrazně klesla a v posledním roce dávka výrazně stoupla. U radiologického asistenta 3 v roce 2013 až 2015 je velký vzestup dávky a od roku 2016 pokles. Radiologický asistent 5 byl součástí angiografického týmu až ke konci sledovaného období.



Graf 26: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u radiologických asistentů DSA za sledované období

Zdroj: vlastní

V předchozím grafu 26 je téměř stejný vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u radiologických asistentů jako u předchozího grafu 25 u ekvivalentních dávek.



Graf 27: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u radiologických asistentů DSA za sledované období

Zdroj: vlastní

V grafu 27 vidíme, že ve sledovaném období byl nejvyšší nárůst osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u radiologického asistenta 3 v roce 2015 a u radiologického asistenta 4 v roce 2016.

4.2 *Intervenční kardiologie*

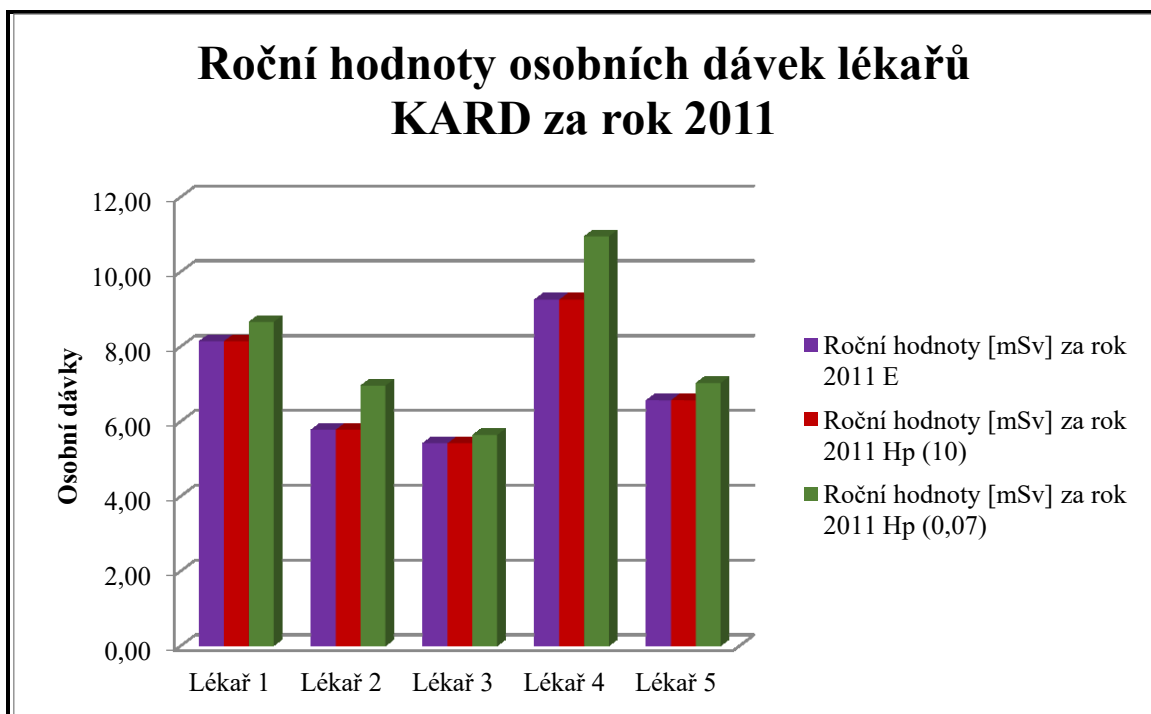
Na oddělení intervenční kardiologie FN Plzeň ve zkoumaném období pracuje pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a pět zdravotních sester. Podobně jako u předchozího zkoumání DSA je vždy u každého roku přehledná tabulka a grafy popisující roční hodnoty osobních dávek za jednotlivé roky.

Tabulka 14: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2011

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2011		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	8,15	8,15	8,66
Lékař 2	5,78	5,78	6,96
Lékař 3	5,42	5,42	5,64
Lékař 4	9,26	9,26	10,95
Lékař 5	6,57	6,57	7,03
RAS 1	0,90	0,90	0,98
RAS 2	2,46	2,46	2,37
RAS 3	1,78	1,78	1,85
RAS 4	1,60	1,60	1,57
Zdr. sestra 1	1,13	1,13	0,85
Zdr. sestra 2	1,95	1,95	2,28
Zdr. sestra 3	2,12	2,12	2,12
Zdr. sestra 4	1,76	1,76	1,75

Zdroj: vlastní

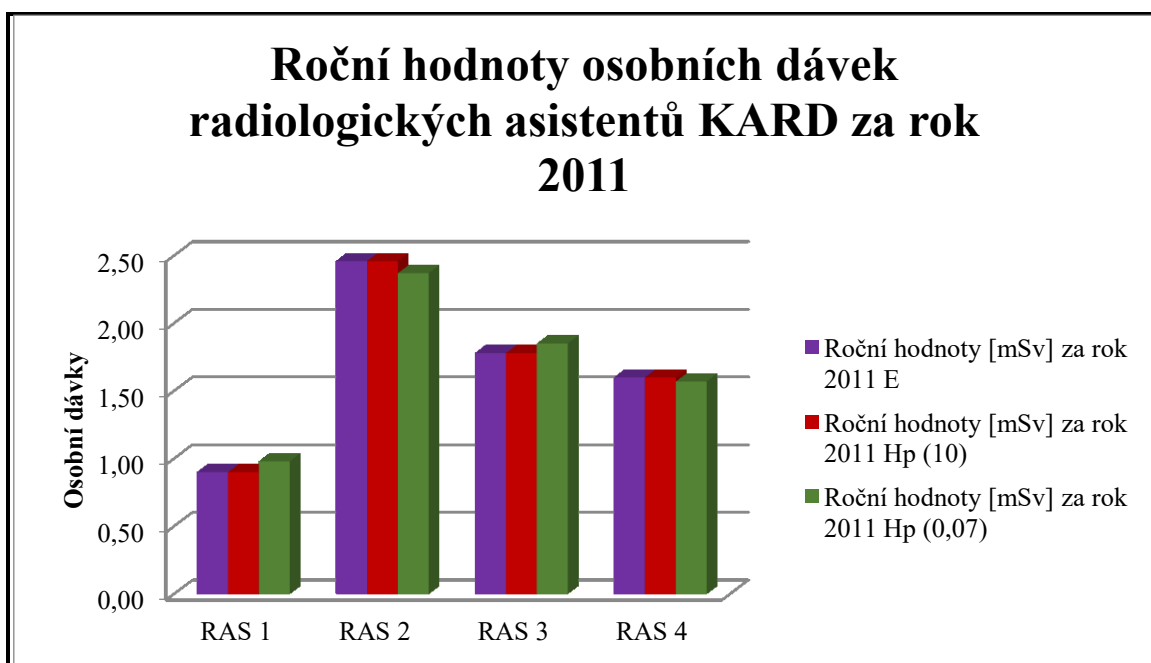
V roce 2011 na oddělení intervenční kardiologie pracovalo pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a čtyři zdravotní sestry.



Graf 28: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2011

Zdroj: vlastní

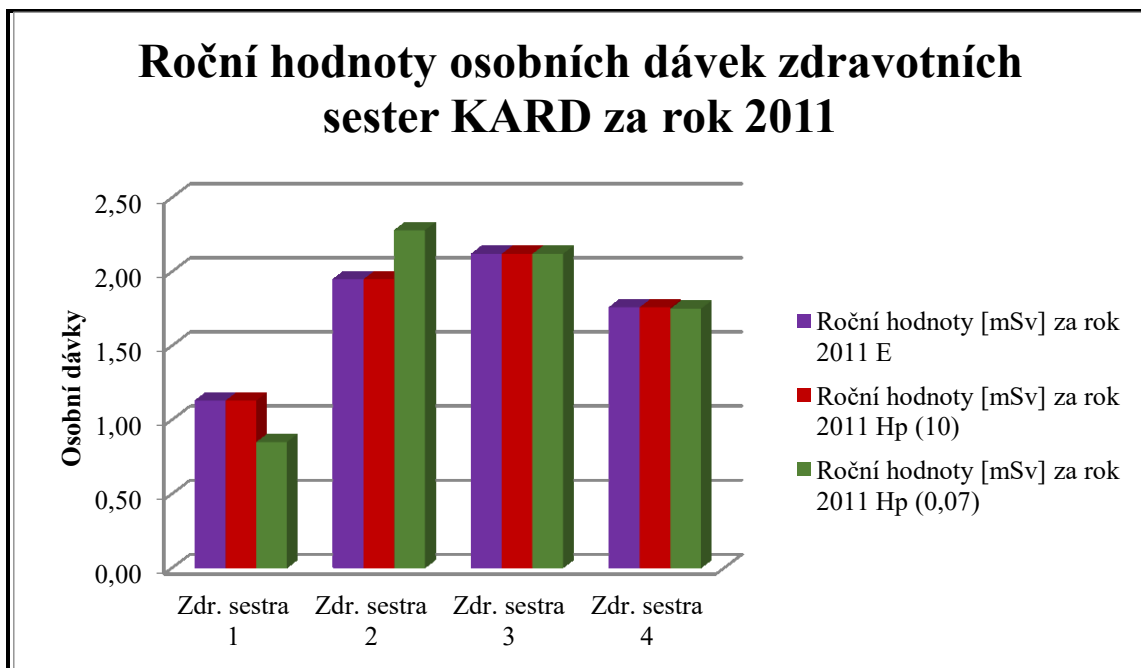
Graf 28 ukazuje nevyšší hodnoty osobních dávek u lékaře 4. Naopak nejnižší dávky měl lékař 3.



Graf 29: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2011

Zdroj: vlastní

V grafu 29 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek radiologický asistent 2 a nejnižší dávky byly zjištěny u radiologického asistenta 1.



Graf 30: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2011

Zdroj: vlastní

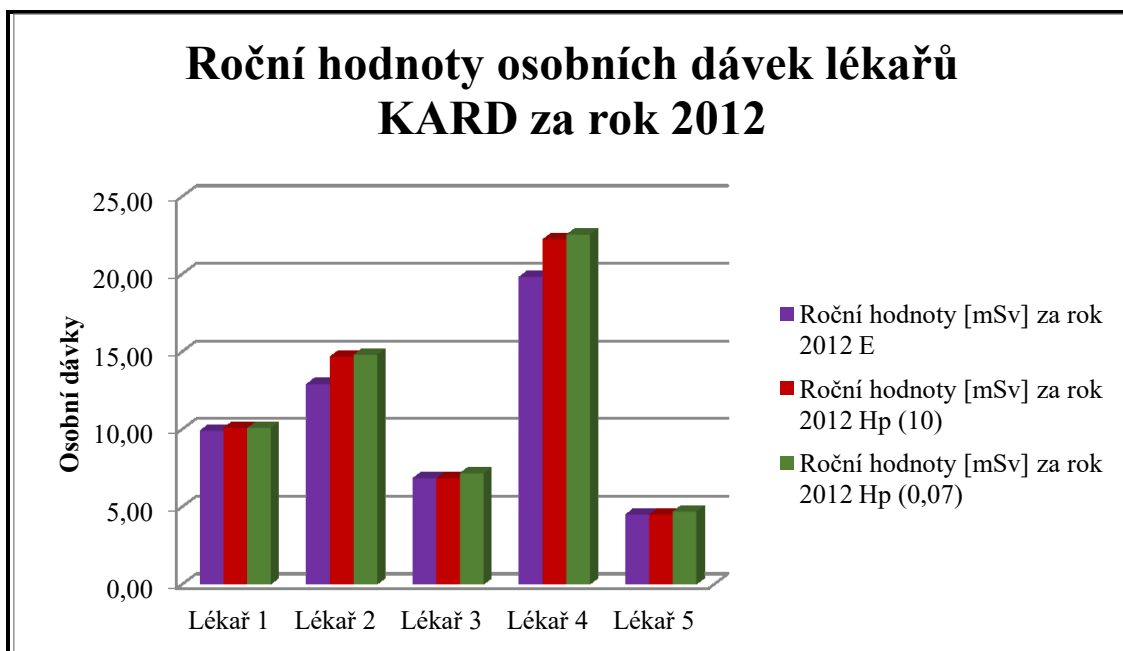
Graf 30 popisuje přehled osobních dávek u zdravotních sester. Zdravotní sestra 2 obdržela nejvyšší hodnotu osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) a u zdravotní sestry 3 byly naměřeny nejvyšší hodnoty u všech zjišťovaných dávek.

Tabulka 15: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2012

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2012		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	9,90	10,09	10,08
Lékař 2	12,90	14,67	14,79
Lékař 3	6,84	6,84	7,16
Lékař 4	19,81	22,23	22,54
Lékař 5	4,50	4,50	4,69
RAS 1	0,97	0,97	0,91
RAS 2	2,43	2,43	2,40
RAS 3	2,18	2,18	1,97
RAS 4	1,89	1,89	1,75
Zdr. sestra 1	2,60	2,60	2,46
Zdr. sestra 2	2,75	2,75	2,68
Zdr. sestra 3	2,80	2,80	2,76
Zdr. sestra 4	-	-	-
Zdr. sestra 5	4,31	4,31	4,42

Zdroj: vlastní

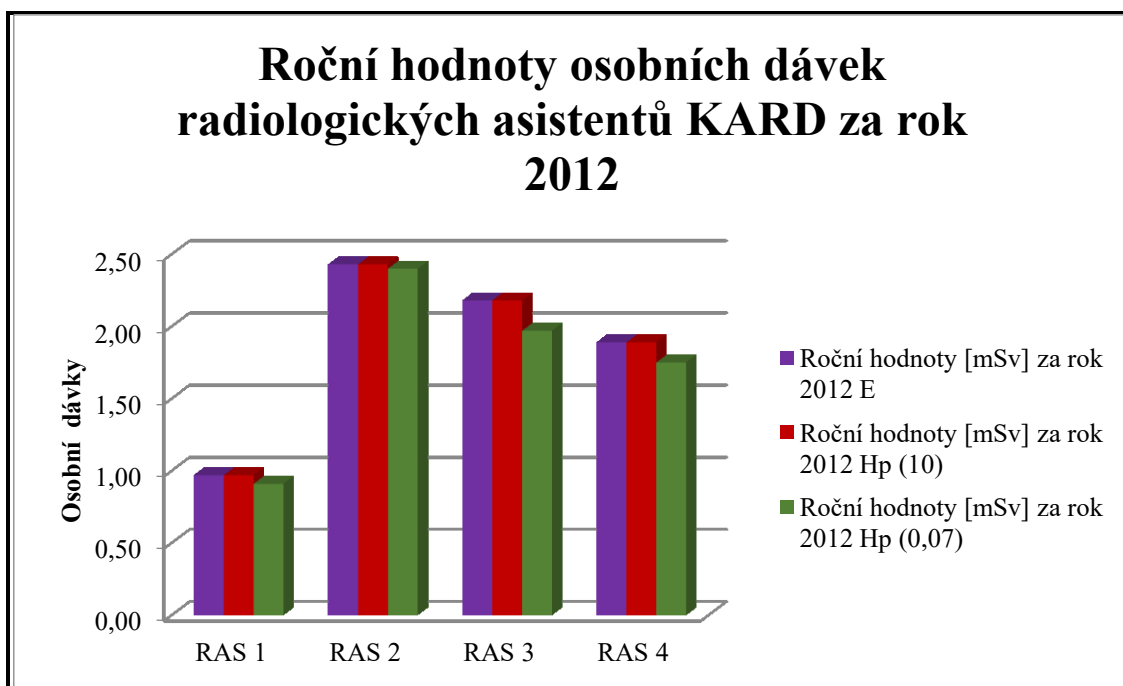
V roce 2012 na oddělení intervenční kardiologie bylo zaměstnáno celkem pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a čtyři zdravotní sestry. V tomto roce zastupovala zdravotní sestra 5 za zdravotní sestru 4.



Graf 31: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2012

Zdroj: vlastní

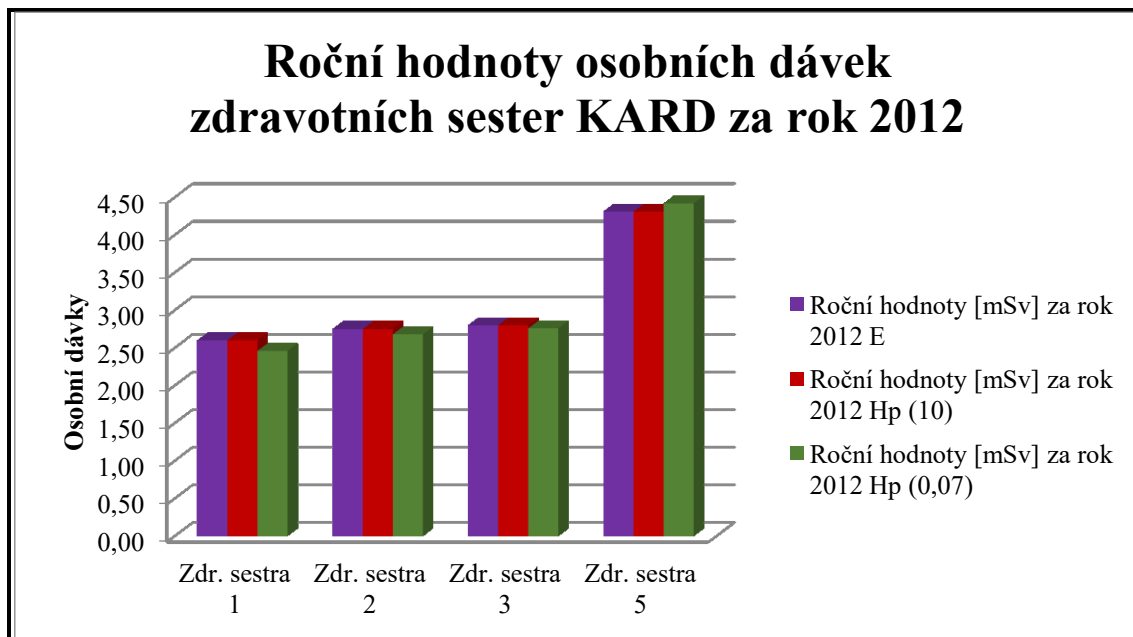
V roce 2012 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek lékař 4, naopak nejnižší dávky měl naměřené lékař 5.



Graf 32: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2012

Zdroj: vlastní

Graf 23 ukazuje, že nejvyšší hodnoty obdržel radiologický asistent 2 a nejnižší hodnoty osobních dávek byly naměřeny radiologickému asistentovi 1.



Graf 33: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2012

Zdroj: vlastní

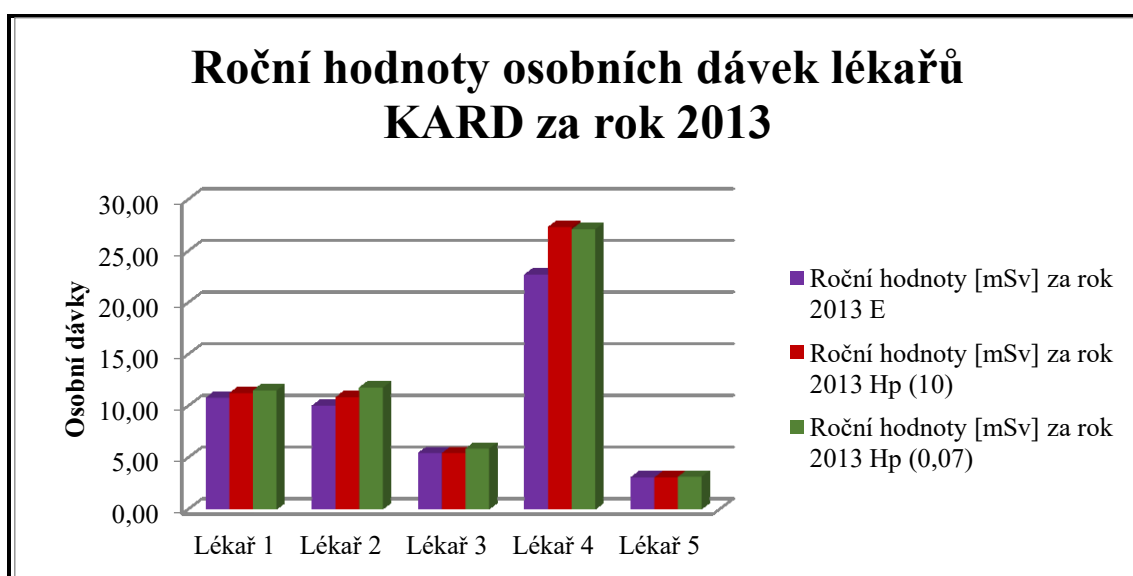
V roce 2012 nejvyšší hodnoty osobních dávek byly naměřeny u zdravotní sestry 5. Zbylé tři zdravotní sestry měly naměřené hodnoty osobních dávek srovnatelné.

Tabulka 16: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2013

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2013		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	10,80	11,24	11,51
Lékař 2	10,03	10,85	11,78
Lékař 3	5,45	5,45	5,87
Lékař 4	22,73	27,33	27,12
Lékař 5	3,09	3,09	3,16
RAS 1	1,11	1,11	1,05
RAS 2	2,11	2,11	1,96
RAS 3	2,48	2,48	2,16
RAS 4	0,88	0,88	0,74
Zdr. sestra 1	1,22	1,22	1,10
Zdr. sestra 2	2,22	2,22	1,91
Zdr. sestra 3	1,21	1,21	1,21
Zdr. sestra 4	2,35	2,35	2,40
Zdr. sestra 5	3,74	3,74	3,79

Zdroj: vlastní

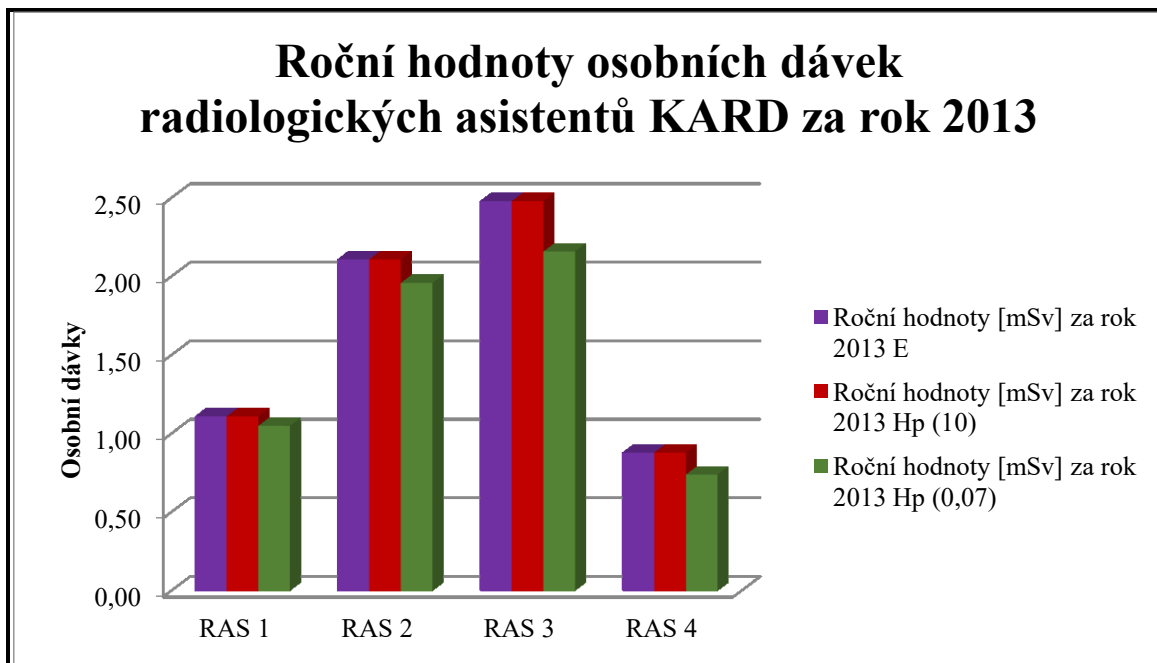
V roce 2013 pracovalo na oddělení intervenční kardiologie celkem pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a pět zdravotních sester.



Graf 34: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2013

Zdroj: vlastní

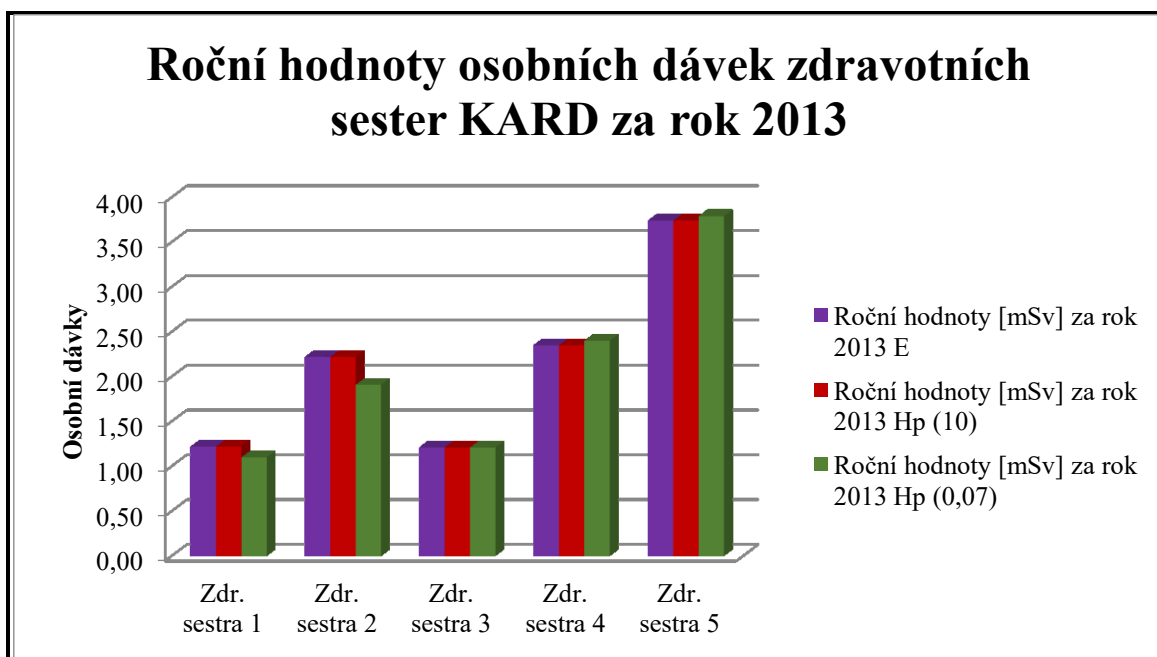
Z grafu 34 je patrné, že nejvyšší hodnoty osobních dávek byly naměřeny u lékaře 4.



Graf 35: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2013

Zdroj: vlastní

Za rok 2013 radiologický asistent 3 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek a radiologický asistent 4 měl naměřeny nejnižší hodnoty osobních dávek.



Graf 36: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2013

Zdroj: vlastní

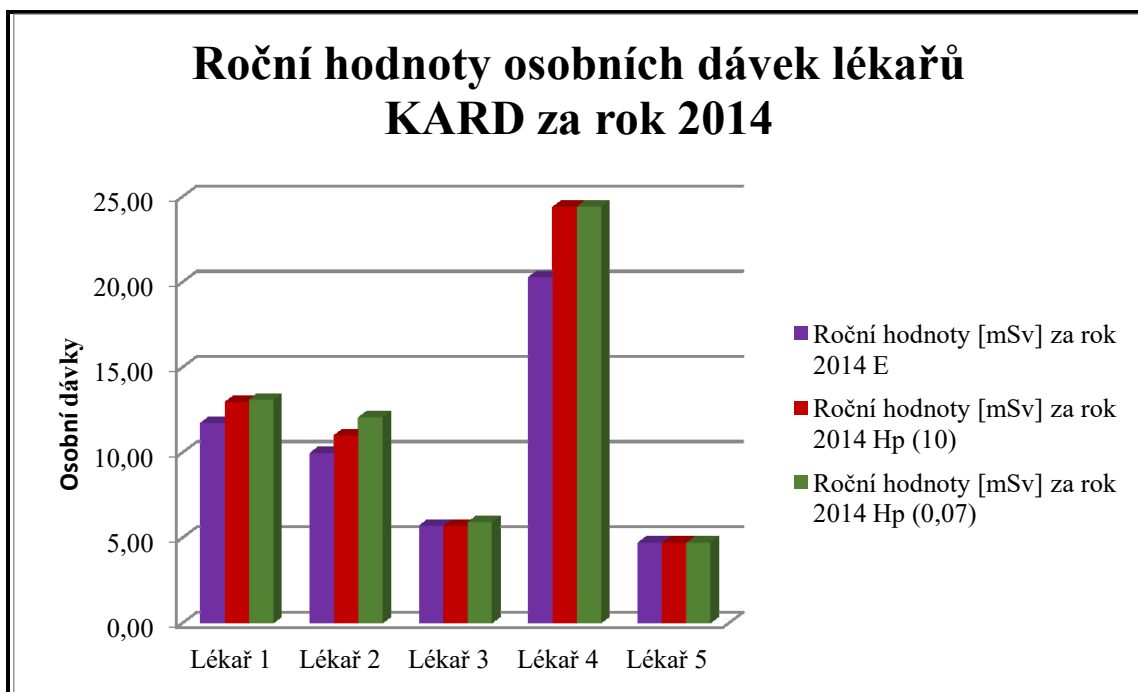
Z grafu 36 je patrné, že zdravotní sestra 5 obdržela nejvyšší hodnoty osobních dávek.

Tabulka 17: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2014

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2014		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	11,74	12,97	13,11
Lékař 2	9,97	11,01	12,07
Lékař 3	5,71	5,71	5,92
Lékař 4	20,29	24,41	24,43
Lékař 5	4,71	4,71	4,71
RAS 1	1,07	1,07	0,98
RAS 2	2,33	2,33	2,14
RAS 3	1,91	1,91	1,76
RAS 4	1,82	1,82	1,63
Zdr. sestra 1	1,81	1,81	1,68
Zdr. sestra 2	2,30	2,30	2,14
Zdr. sestra 3	4,07	4,07	4,11
Zdr. sestra 4	-	-	-
Zdr. sestra 5	3,71	3,71	3,92

Zdroj: vlastní

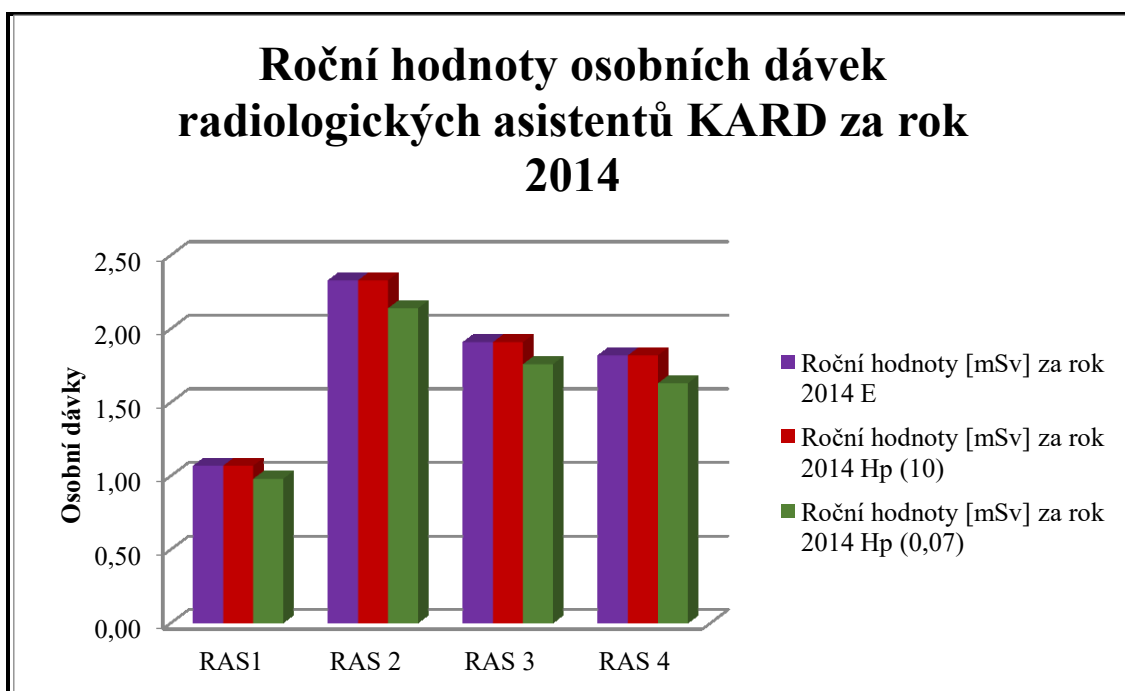
Podobně jako u předchozích zkoumaných let pracovalo na oddělení intervenční kardiologie celkem pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a čtyři zdravotní sestry. V tomto roce zdravotní sestra 5 zastupovala za zdravotní sestru 4, jako v roce 2012.



Graf 37: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2014

Zdroj: vlastní

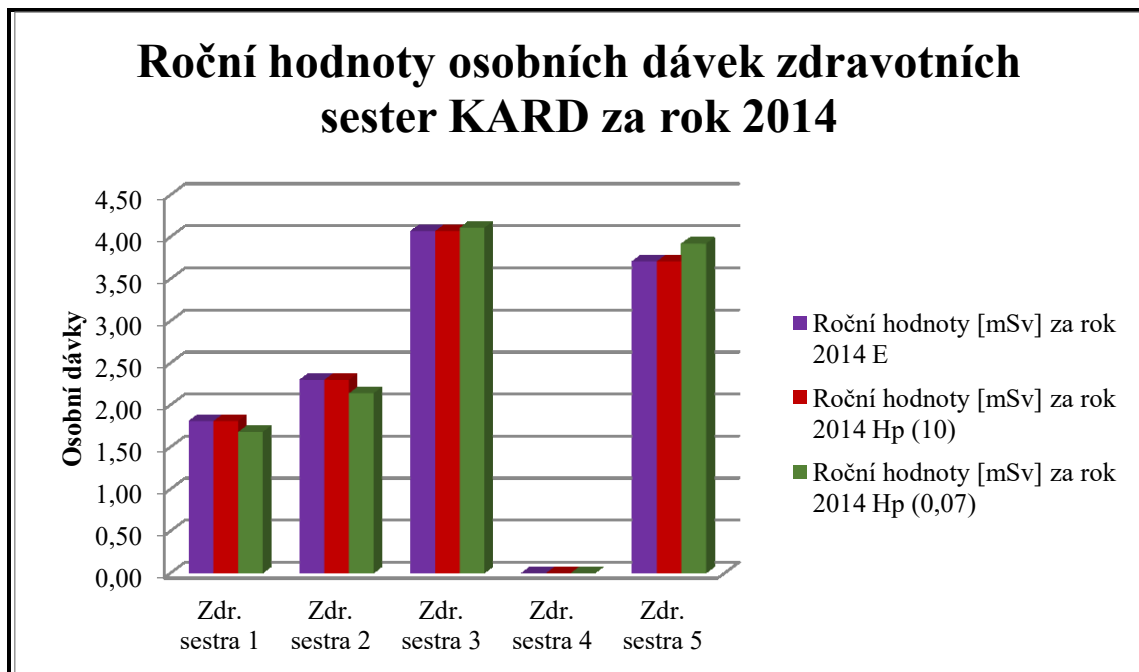
U grafu 37 můžeme vidět, že nejvyšší osobní dávky obdržel lékař 4. Naopak nejnižší hodnoty osobních dávek měl naměřeny lékař 5.



Graf 38: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2014

Zdroj: vlastní

Graf 38 popisuje, že radiologický asistent 2 v roce 2014 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek a radiologický asistent 1 měl nejnižší hodnoty osobních dávek.



Graf 39: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2014

Zdroj: vlastní

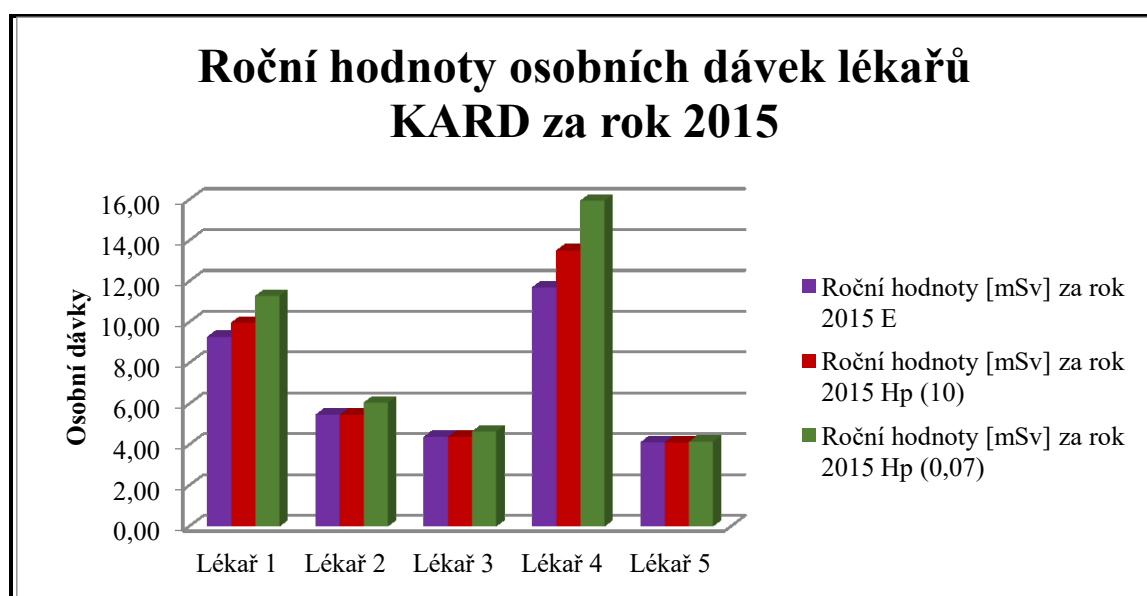
V roce 2014 obdržela zdravotní sestra 3 nejvyšší hodnoty osobních dávek, naopak nejnižší osobní dávku v tomto roce měla zdravotní sestra 1.

Tabulka 18: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2015

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2015		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	9,27	9,97	11,28
Lékař 2	5,46	5,46	6,05
Lékař 3	4,38	4,38	4,64
Lékař 4	11,70	13,51	15,95
Lékař 5	4,11	4,11	4,14
RAS 1	0,80	0,80	0,68
RAS 2	1,72	1,72	1,75
RAS 3	0,44	0,44	0,41
RAS 4	1,46	1,46	1,36
RAS 5	0,75	0,75	0,62
Zdr. sestra 1	1,85	1,85	1,77
Zdr. sestra 2	2,79	2,79	2,82
Zdr. sestra 3	1,16	1,16	1,02
Zdr. sestra 4	-	-	-
Zdr. sestra 5	3,72	3,72	3,79

Zdroj: vlastní

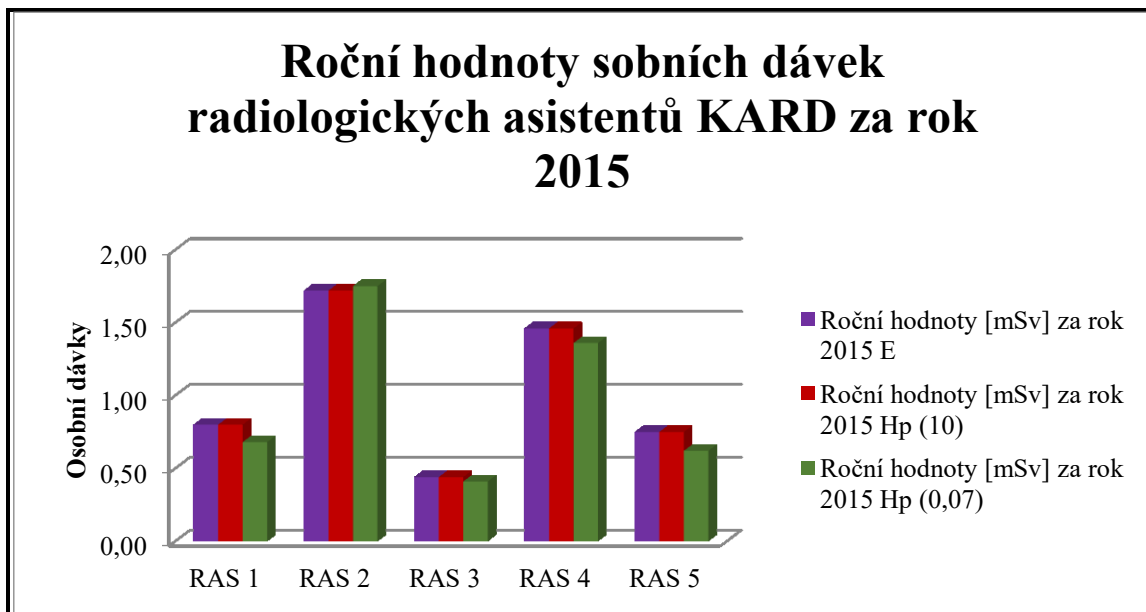
V roce 2015 bylo personální složení na oddělení intervenční kardiologie stejné jako v předešlém roce.



Graf 40: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2015

Zdroj: vlastní

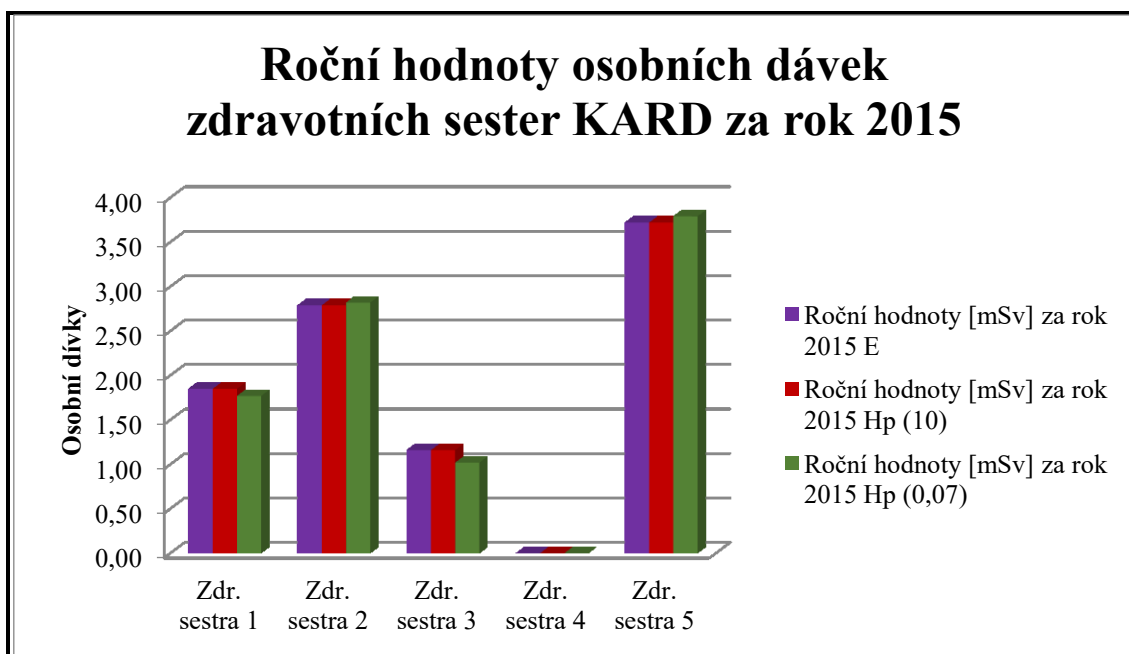
Graf 40 ukazuje, že nejvyšší hodnoty osobních dávek obdržel lékař 4 a nejnižší hodnoty osobních dávek byla indikována u lékaře 5.



Graf 41: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2015

Zdroj: vlastní

V roce 2015 nejvyšší hodnoty osobních dávek obdržel radiologický asistent 2 a o něco nižší hodnoty osobních dávek byly naměřeny u radiologického asistenta 4.



Graf 42: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2015

Zdroj: vlastní

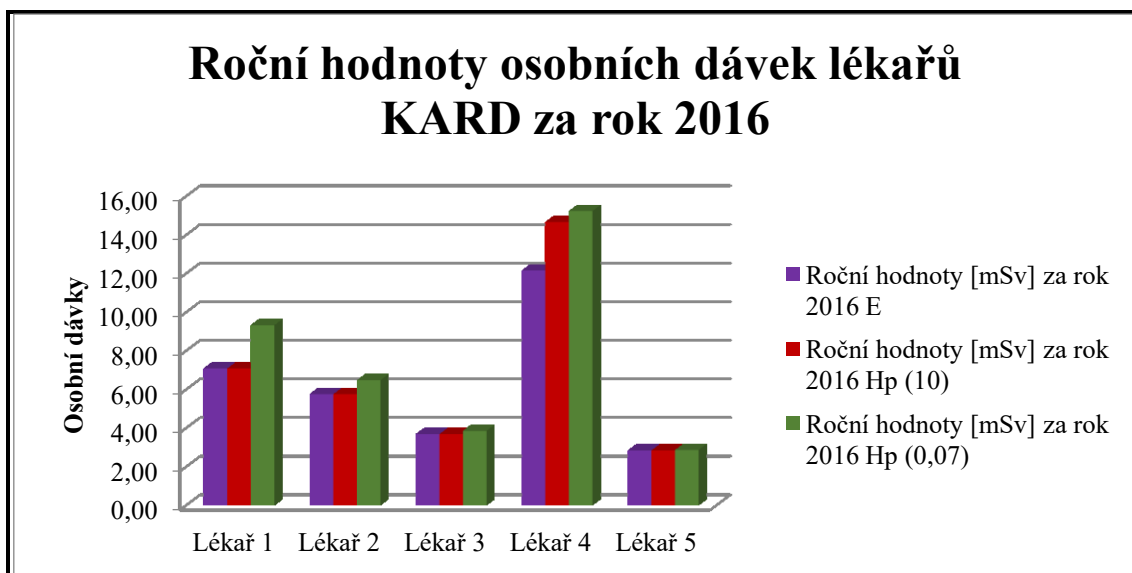
Graf 42 ukazuje, že nejvyšší hodnoty osobních dávek obdržela zdravotní sestra 5. Nejnižší hodnoty osobních dávek obdržela zdravotní sestra 3.

Tabulka 19: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2016

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2016		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	7,09	7,09	9,33
Lékař 2	5,76	5,76	6,48
Lékař 3	3,69	3,69	3,86
Lékař 4	12,16	14,67	15,24
Lékař 5	2,85	2,85	2,87
RAS 1	0,64	0,64	0,34
RAS 2	1,45	1,45	1,07
RAS 4	1,06	1,06	0,65
RAS 5	1,48	1,48	1,25
Zdr. sestra 1	1,05	1,05	0,65
Zdr. sestra 2	2,21	2,21	1,89
Zdr. sestra 3	2,46	2,46	2,40
Zdr. sestra 4	2,39	2,39	2,20
Zdr. sestra 5	4,03	4,03	4,06

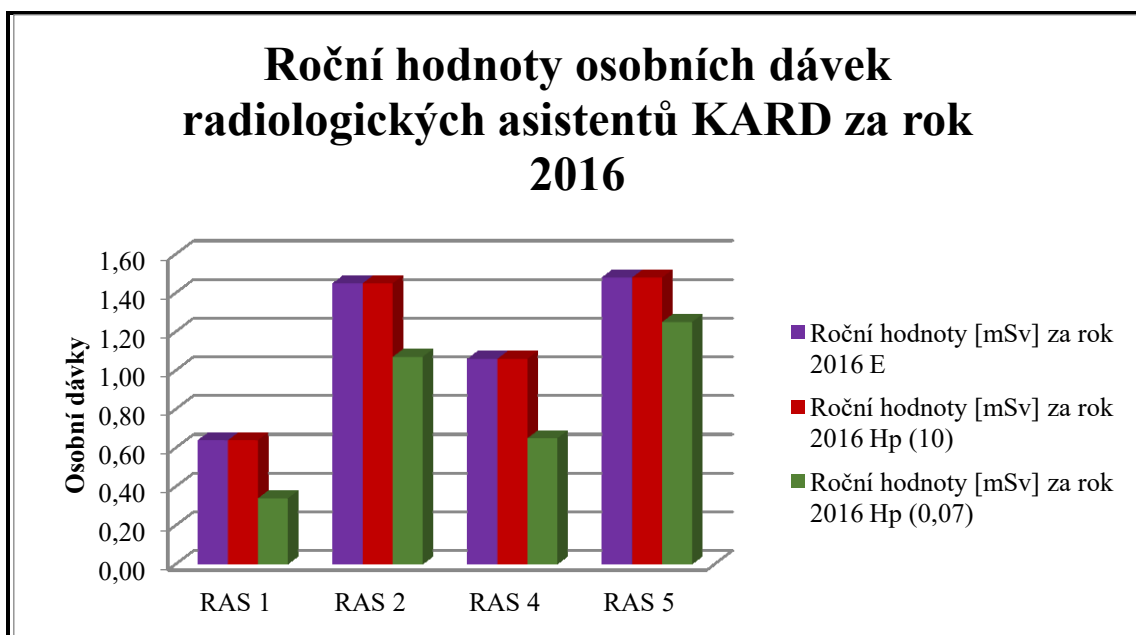
Zdroj: vlastní

Na intervenční kardiologii v roce 2016 bylo zaměstnáno pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a pět zdravotních sester. Radiologický asistent 3 ukončil pracovní poměr na tomto pracovišti a nastoupil nový radiologický asistent 5.



Graf 43: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2016

Zdroj: vlastní

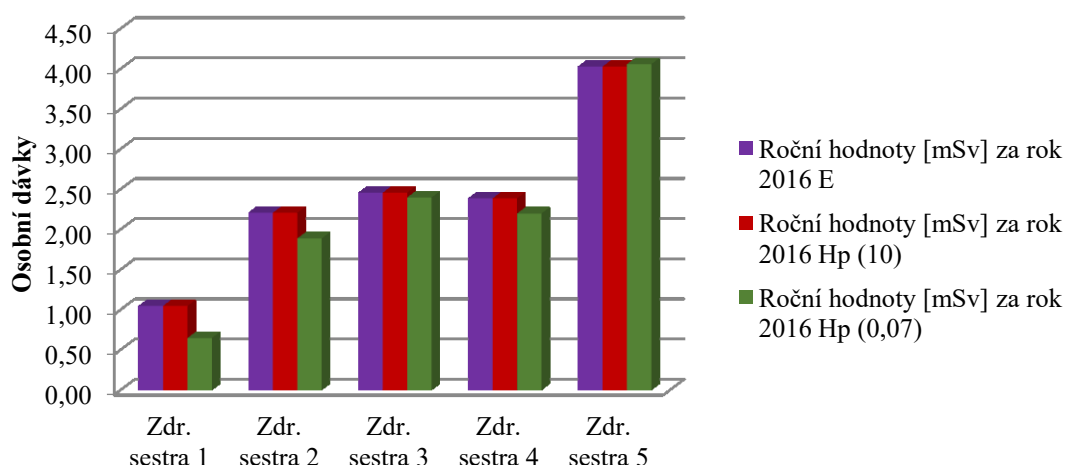


Graf 44: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2016

Zdroj: vlastní

V roce 2016 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek radiologický asistent 5. Nejnižší hodnota byla indikována radiologickému asistentovi 1.

Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2016



Graf 45: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2016

Zdroj: vlastní

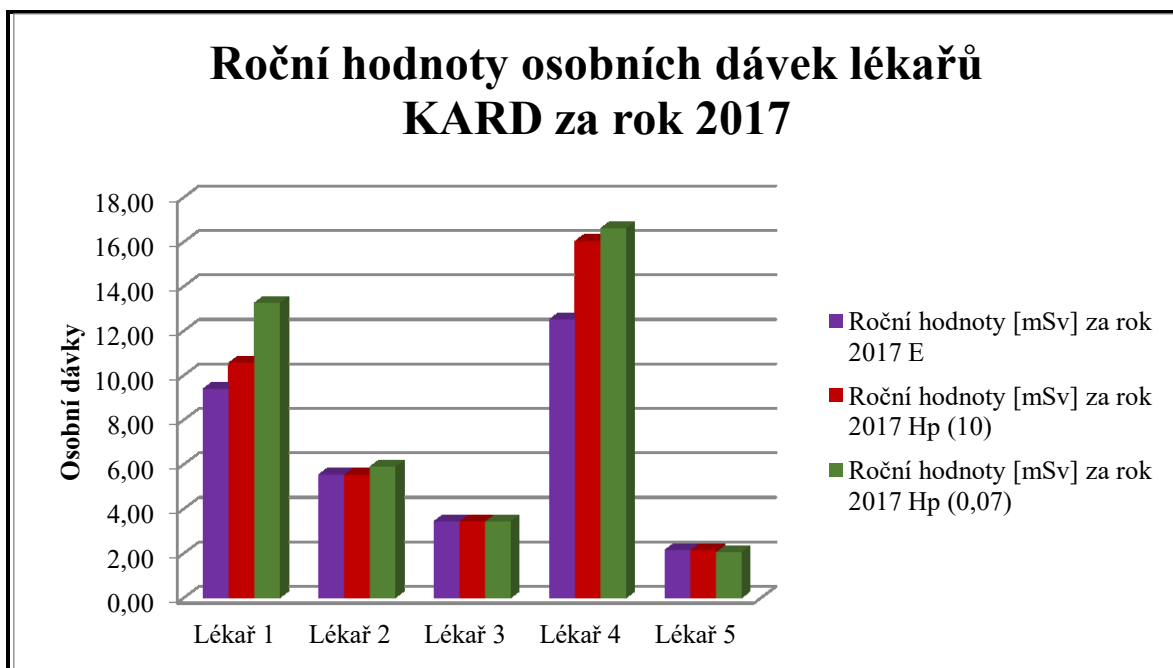
Z grafu 45 můžeme vidět, že zdravotní sestra 5 obdržela nejvyšší hodnoty osobních dávek a nejnižší dávky byly naměřeny u zdravotní sestry 1.

Tabulka 20: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2017

Roční hodnoty osobních dávek pro KARD			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2017		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	9,40	10,57	13,26
Lékař 2	5,54	5,54	5,90
Lékař 3	3,44	3,44	3,44
Lékař 4	12,52	16,04	16,62
Lékař 5	2,15	2,15	2,06
RAS 1	0,90	0,90	0,88
RAS 2	0,60	0,60	0,36
RAS 4	1,59	1,59	1,35
RAS 5	1,39	1,39	1,15
Zdr. sestra 1	1,77	1,77	1,57
Zdr. sestra 2	1,56	1,56	1,16
Zdr. sestra 3	2,89	2,89	2,96
Zdr. sestra 4	2,03	2,03	1,90
Zdr. sestra 5	3,36	3,36	3,56

Zdroj: vlastní

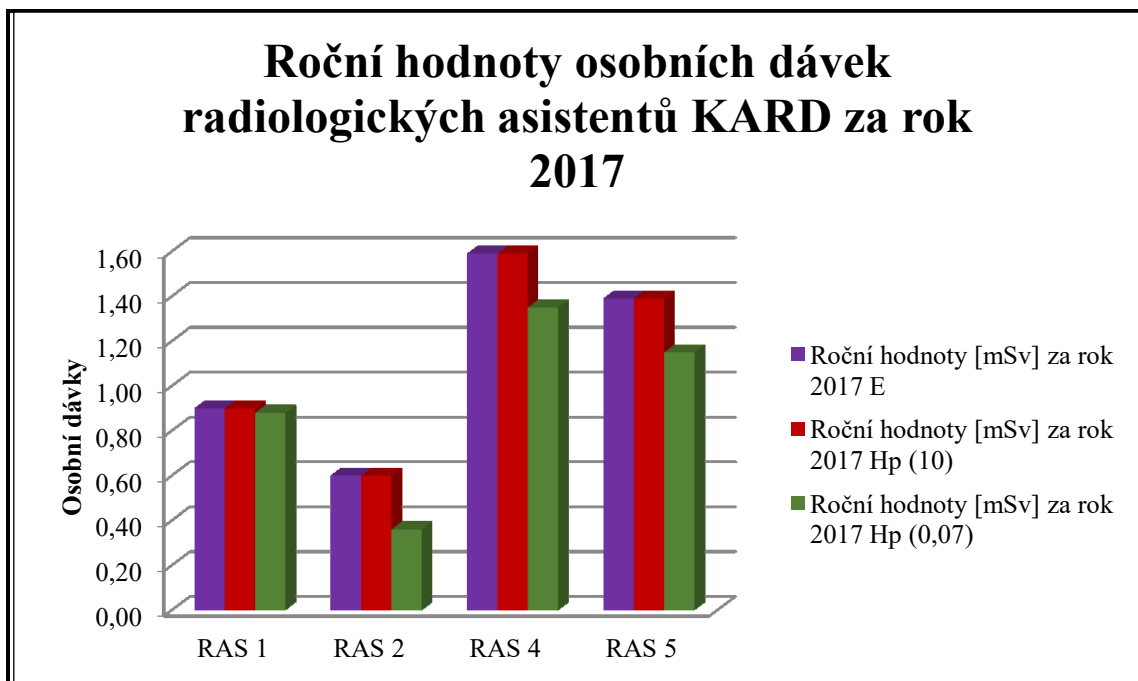
Poslední zkoumaný rok 2017 měl stejné personální obsazení jako rok 2016. Celkem pět lékařů, čtyři radiologičtí asistenti a pět zdravotních sester.



Graf 46: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2017

Zdroj: vlastní

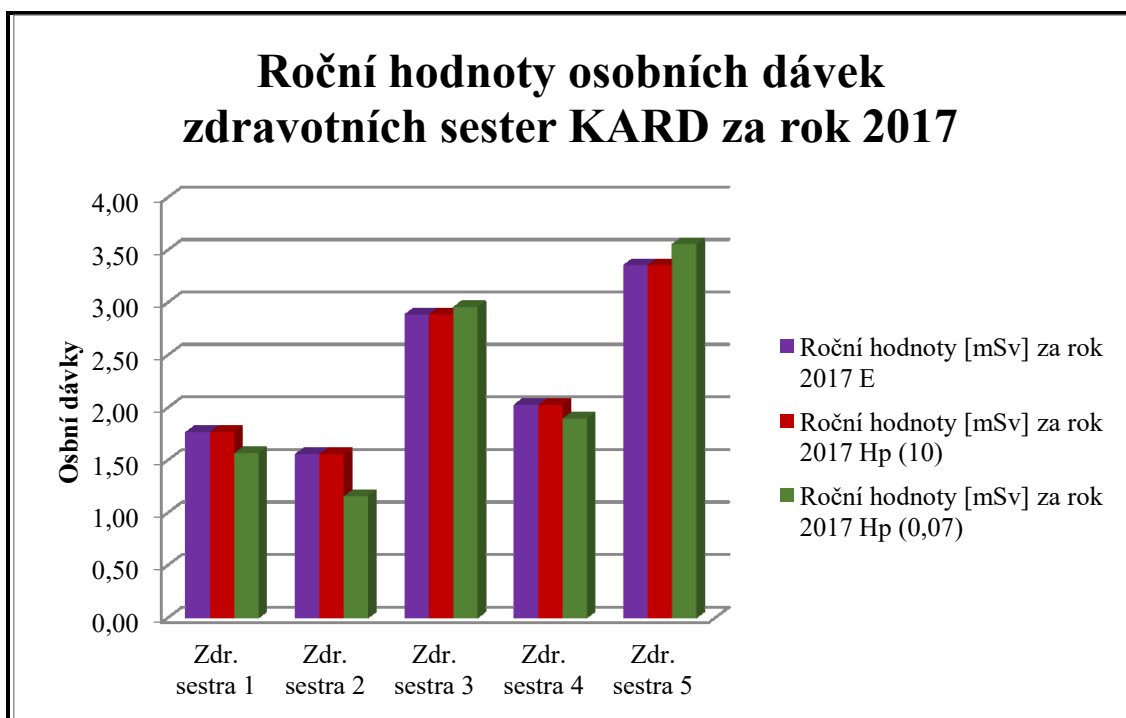
V posledním zkoumaném roce 2017 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek lékař 4 a lékař 5 měl indikované nejnižší hodnoty osobních dávek.



Graf 47: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2017

Zdroj: vlastní

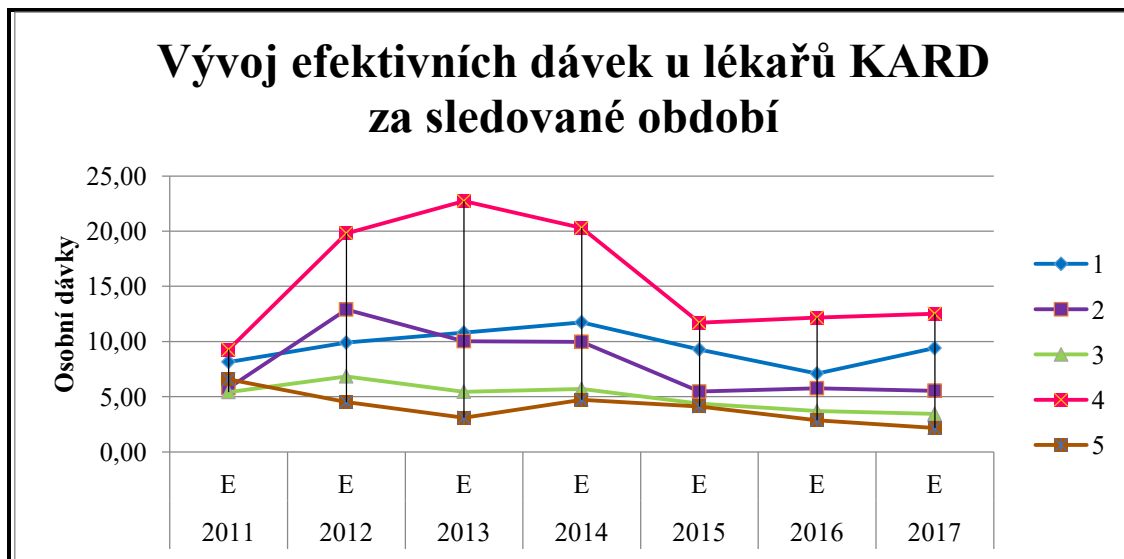
Graf 47 popisuje, že radiologický asistent 4 měl nejvyšší hodnoty osobních dávek a radiologický asistent 2 obdržel nejnižší hodnotu osobních dávek.



Graf 48: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2017

Zdroj: vlastní

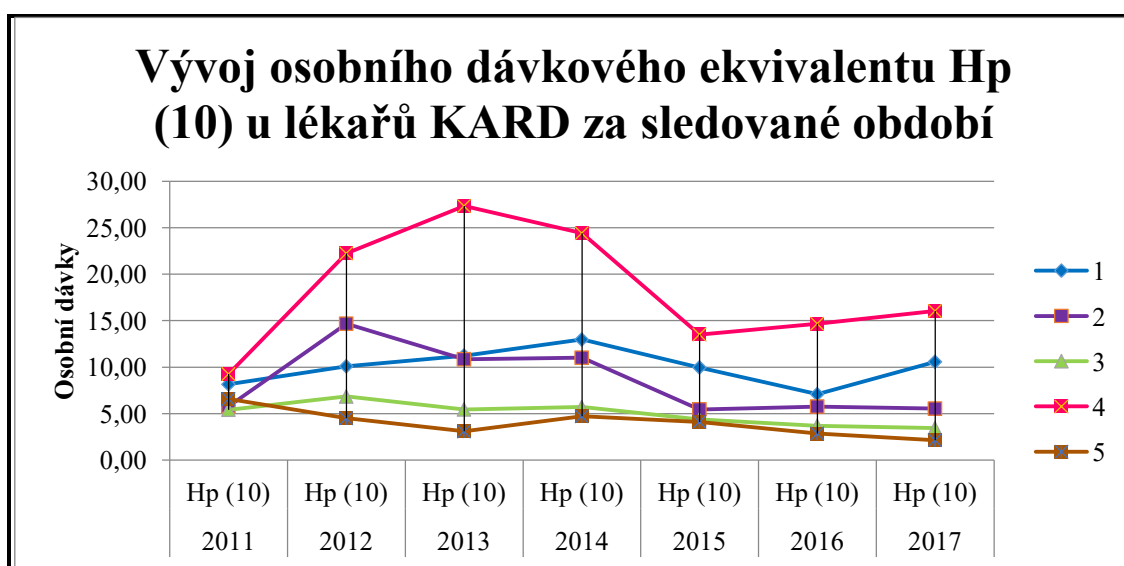
V roce 2017 obdržela nejvyšší hodnoty osobních dávek zdravotní sestra 5, naopak nejnižší hodnoty osobních dávek zdravotní sestra 2.



Graf 49: Vývoj efektivních dávek u lékařů KARD za sledované období

Zdroj: vlastní

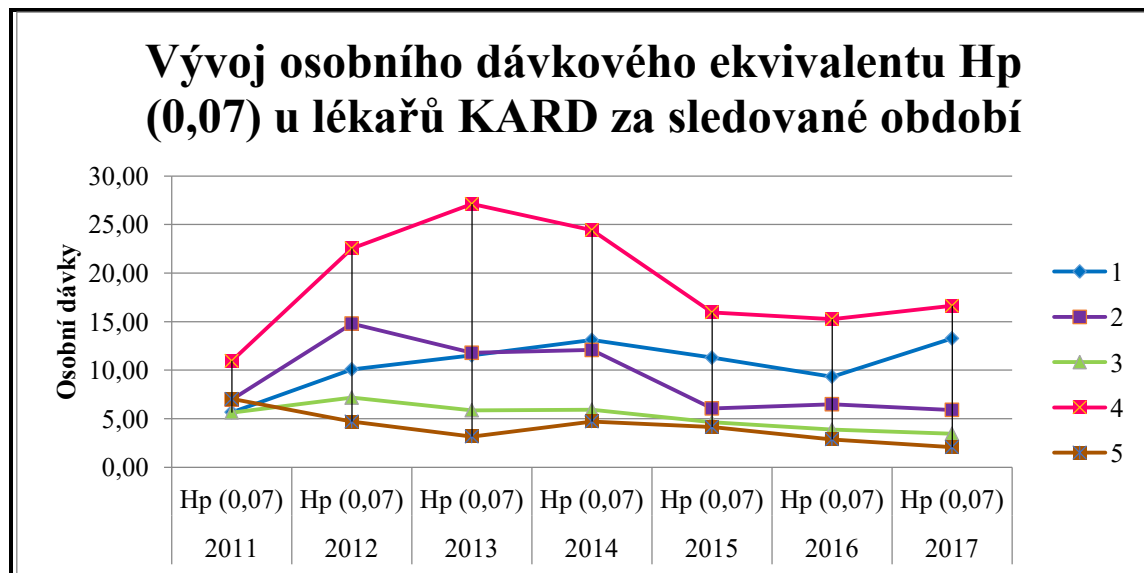
Z grafu 49 je zřejmé, že hodnota efektivní dávky u lékaře 4 se od roku 2011 až do roku 2013 postupně stoupala a od roku 2013 pozvolna klesala až do roku 2015, kdy se v letech 2016, 2017 mírně zvýšila nad úroveň roku 2015. U lékaře 5 byla od roku 2011 mírně klesající tendence až do roku 2013, kdy se dávka nepatrně zvýšila a v roce 2015 dávka začala znovu klesat.



Graf 50: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u lékařů KARD za sledované období

Zdroj: vlastní

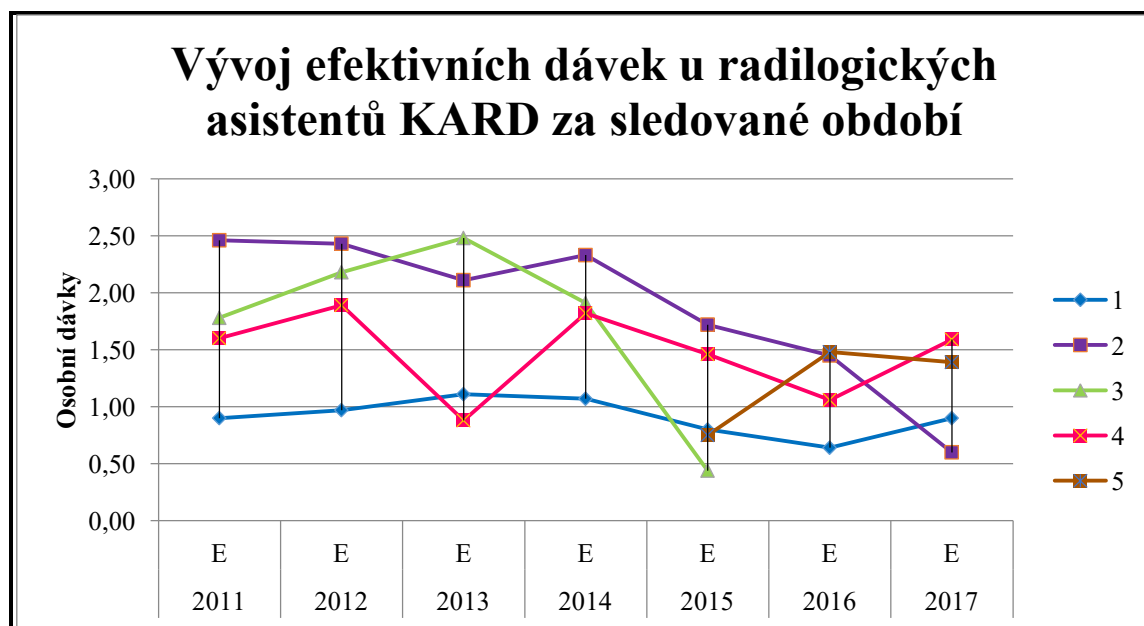
Z grafu 50 vidíme, že vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) má téměř shodný průběh jako u předchozího grafu 49.



Graf 51: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů KARD za sledované období

Zdroj: vlastní

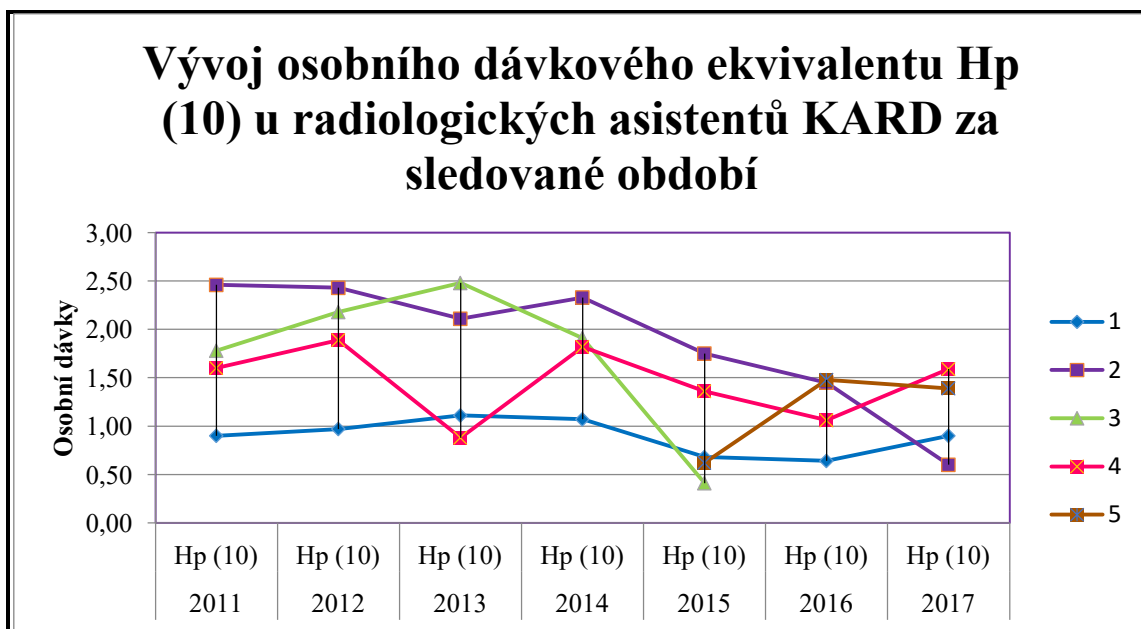
Graf 51 ukazuje, že vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) má téměř shodný průběh jako u předchozích dvou grafů.



Graf 52: Vývoj efektivních dávek u radiologických asistentů KARD za sledované období

Zdroj: vlastní

Z grafu 52 je zřejmé, že u radiologického asistenta 2 se dávka držela na stejné úrovni do roku 2012, poté poklesla a od roku 2013 se dávka znovu zvýšila a od roku 2014 následoval pokles až do konce sledovaného období. Od roku 2011 se u radiologického asistenta 3 dávka postupně zvyšovala a poté nastal prudký pokles až do roku 2017.

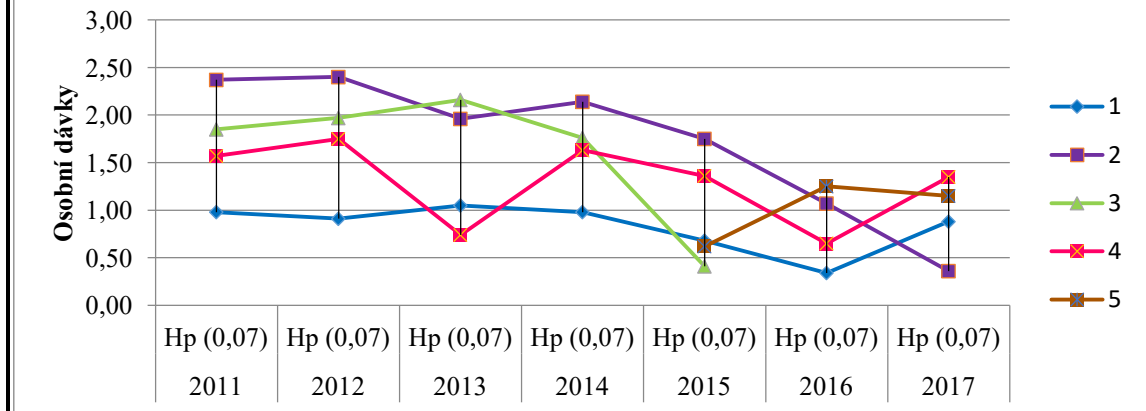


Graf 53: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u radiologických asistentů KARD za sledované období

Zdroj: vlastní

Graf 53 má téměř stejný průběh jako předchozí graf 52.

Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u radiologických asistentů KARD za sledované období



Graf 54: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u radiologických asistentů KARD za sledované období
Zdroj: vlastní

Graf 54 má podobný průběh jako v předchozích grafech 52 a 53.

4.3 Gastroenterologie – ERCP

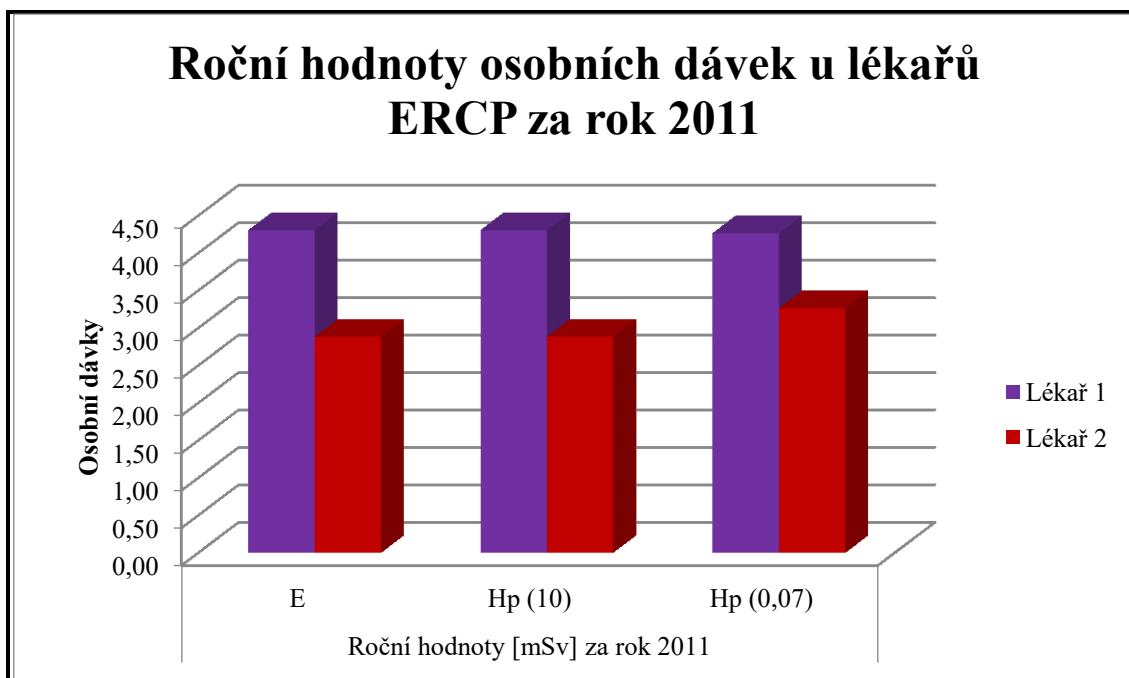
Na oddělení gastroenterologie FN Plzeň, které představuje zkoumané vyšetření ERCP – Endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie, pracují celkem tři lékaři a pět zdravotních sester. Vzhledem k situaci, kdy se při tomto vyšetření střídá velký počet radiologických asistentů, nelze jasně identifikovat konkrétní radiologické asistenty a jejich naměřené osobní hodnoty pouze při tomto vyšetření. Tito radiologičtí asistenti se střídají mezi jednotlivými pracovišti, jako například skiaskopie, pojízdný rentgen nebo operační sály, kde je velká pravděpodobnost obdržení radiační dávky. Proto u tohoto vyšetření neudávám naměřené osobní hodnoty radiologických asistentů, protože by získané hodnoty nebyly adekvátní.

Tabulka 21: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2011

Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2011		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	4,30	4,30	4,26
Lékař 2	2,88	2,88	3,26
Zdr. sestra 1	1,03	1,03	0,96
Zdr. sestra 2	0,47	0,47	0,42
Zdr. sestra 3	0,76	0,76	0,63
Zdr. sestra 4	0,45	0,45	0,17
Zdr. sestra 5	0,85	0,85	0,72

Zdroj: vlastní

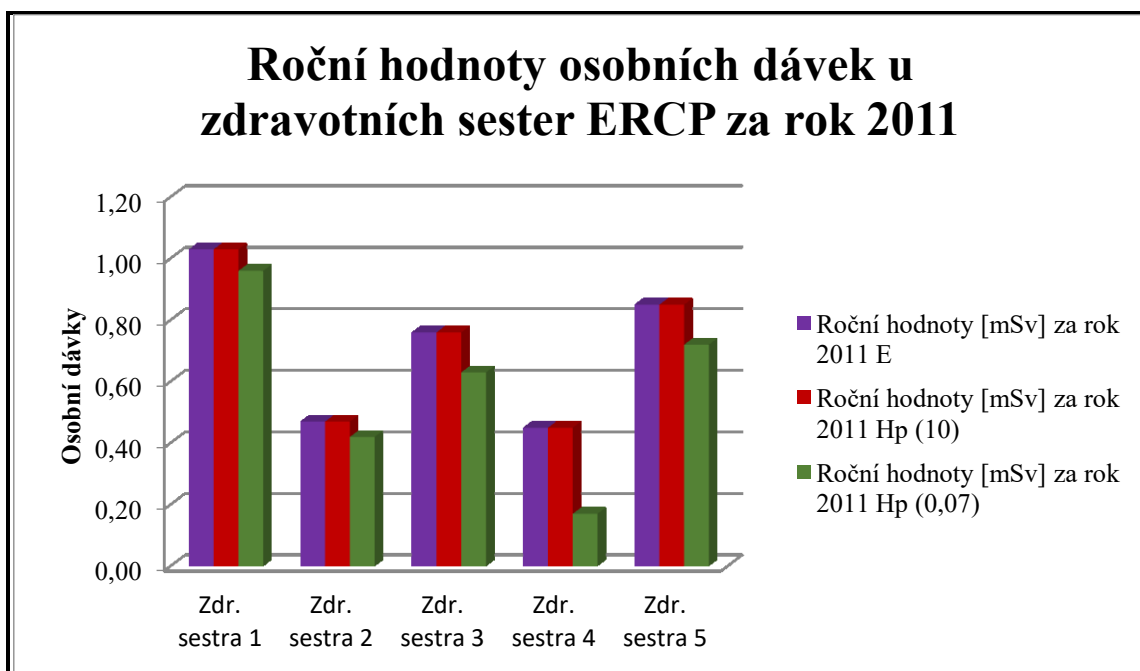
V roce 2011 prováděli vyšetření ERCP na oddělení gastroenterologie dva specializovaní lékaři a pět zdravotních sester. Je nutné podotknout, že při každém takovém vyšetření je přítomen jeden lékař a dvě zdravotní sestry, které se pravidelně střídají. Oddělení gastroenterologie se nezabývá pouze vyšetřením ERCP, ale i jinými zákroky. Vyšetření ERCP se provádí v převážné většině každý den, ale počet zákroků se liší podle počtu pacientů. Proto je toto oddělení rozdílné ve srovnání s Intervenční kardiologií nebo s Digitální subtrakční angiografií, kde je mnohem větší počet vyšetřených pacientů.



Graf 55: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2011

Zdroj: vlastní

Graf 55 jednoznačně ukazuje, že lékař 1 měl nejvyšší hodnoty osobních dávek.



Graf 56: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2011

Zdroj: vlastní

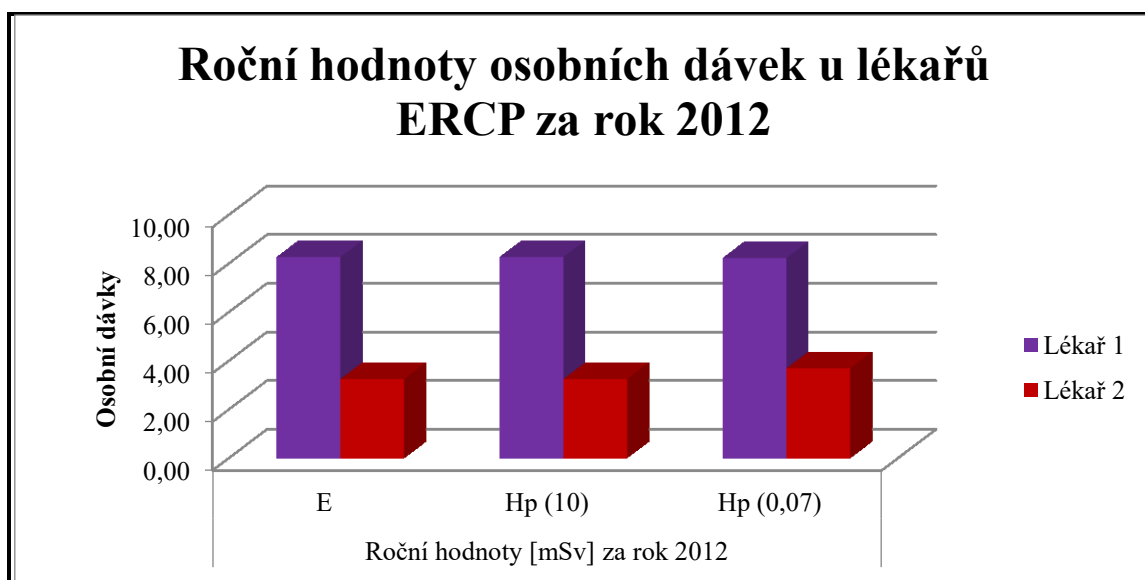
Za rok 2011 obdržela nejvyšší hodnoty osobních dávek zdravotní sestra 1. O něco nižší hodnoty osobních dávek byly indikovány u zdravotní sestry 5.

Při vyšetření ERCP v roce 2012 pracoval stejný počet zdravotnického personálu jako v roce 2011.

Tabulka 22: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2012

Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2012		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	8,26	8,26	8,22
Lékař 2	3,25	3,25	3,69
Zdr. sestra 1	2,27	2,27	2,18
Zdr. sestra 2	0,31	0,31	0,00
Zdr. sestra 3	1,08	1,08	0,99
Zdr. sestra 4	0,33	0,33	0,24
Zdr. sestra 5	1,35	1,35	1,43

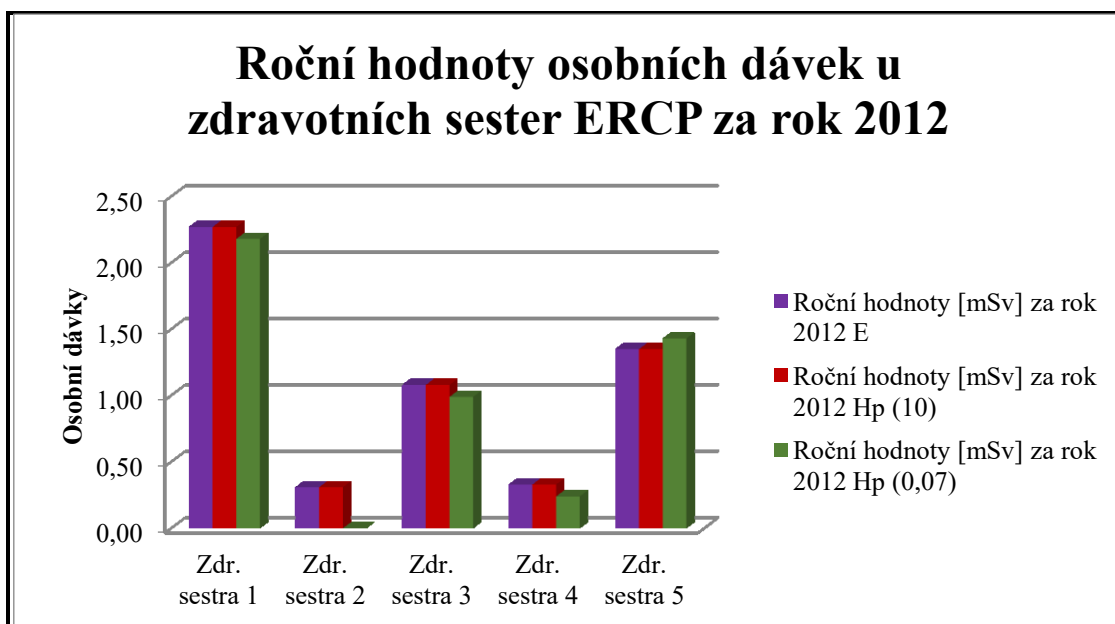
Zdroj: vlastní



Graf 57: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2012

Zdroj: vlastní

Podobně jako v předchozím roce 2011 obdržel nejvyšší hodnoty osobních dávek lékař 1.



Graf 58: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2012

Zdroj: vlastní

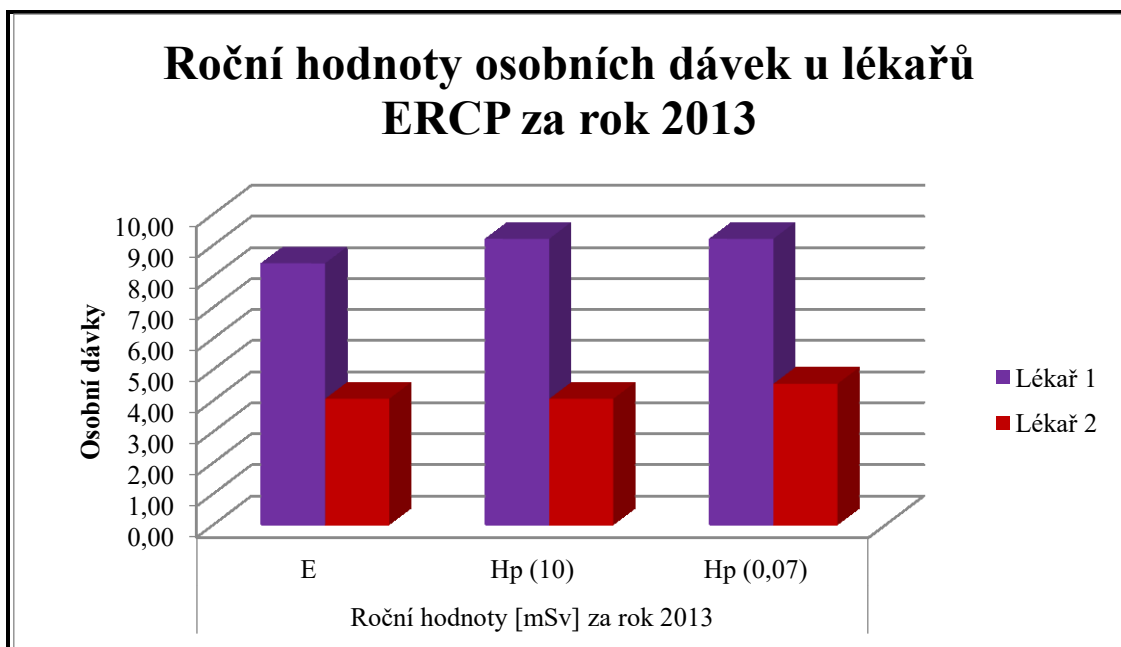
Z grafu 58 je zřejmé, že u zdravotní sestry 1 byly naměřeny nejvyšší hodnoty osobních dávek a u zdravotní sestry 2 byly indikovány nejnižší hodnoty osobních dávek.

I v roce 2013 pracovalo při vyšetření ERCP stejně zdravotnického personálu jako v předešlých dvou zkoumaných letech.

Tabulka 23: Roční hodnoty osobních pro ERCP za rok 2013

Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2013		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	8,42	9,21	9,21
Lékař 2	4,06	4,06	4,54
Zdr. sestra 1	1,78	1,78	2,42
Zdr. sestra 2	0,70	0,70	0,60
Zdr. sestra 3	0,88	0,88	0,69
Zdr. sestra 4	0,27	0,27	0,00
Zdr. sestra 5	1,07	1,07	1,05

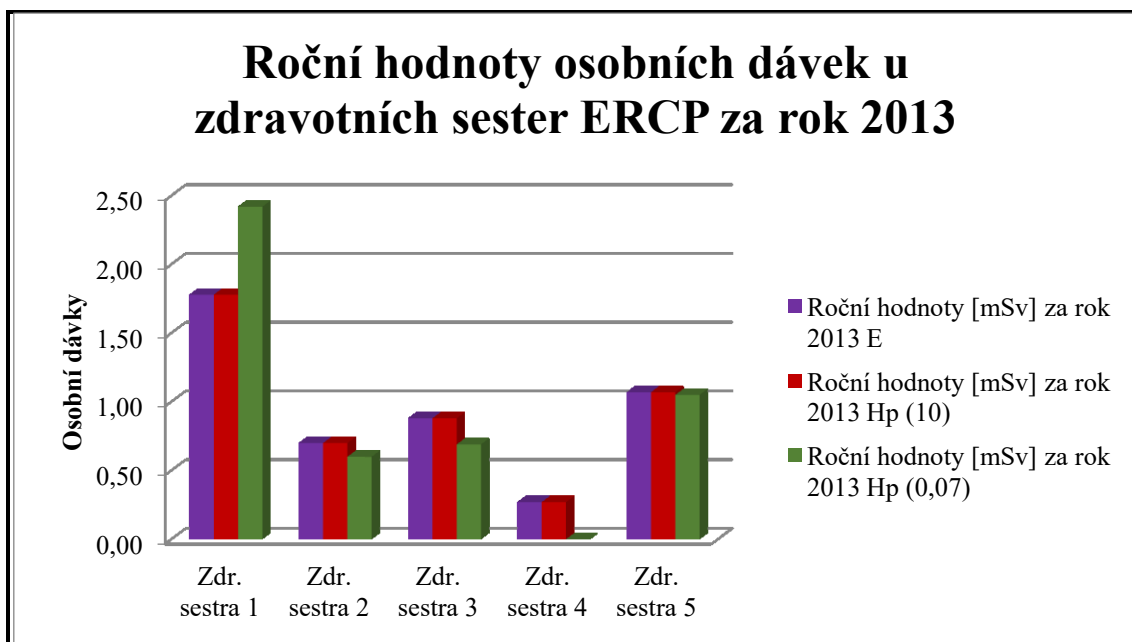
Zdroj: vlastní



Graf 59: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2013

Zdroj: vlastní

I v roce 2013 byly naměřeny jednoznačně nejvyšší hodnoty u lékaře 1.



Graf 60: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2013

Zdroj: vlastní

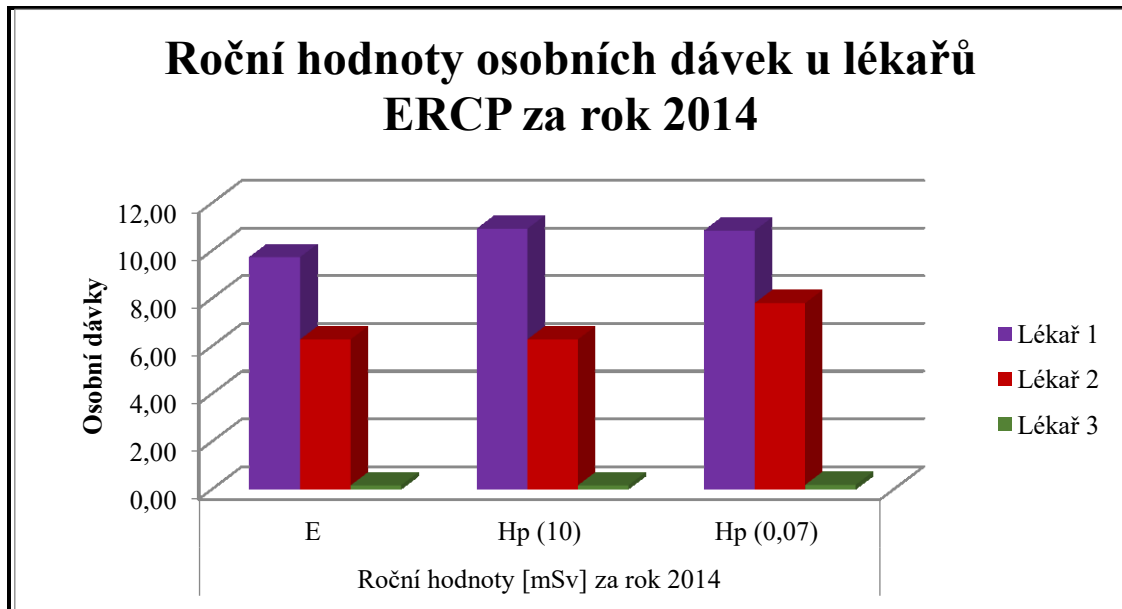
Zdravotní sestra 1 obdržela nejvyšší hodnoty osobních dávek a nejnižší hodnoty osobních dávek byly naměřeny u zdravotní sestry 4.

V roce 2014 nastoupil jeden nový lékař, se specializací na vyšetření ERCP. Počet zdravotních sester zůstává stejný.

Tabulka 24: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2014

Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2014		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	9,74	10,93	10,85
Lékař 2	6,29	6,29	7,81
Lékař 3	0,17	0,17	0,19
Zdr. sestra 1	1,18	1,18	1,49
Zdr. sestra 2	1,83	1,83	1,79
Zdr. sestra 3	0,92	0,92	1,00
Zdr. sestra 4	0,57	0,57	0,43
Zdr. sestra 5	1,01	1,01	0,84

Zdroj: vlastní

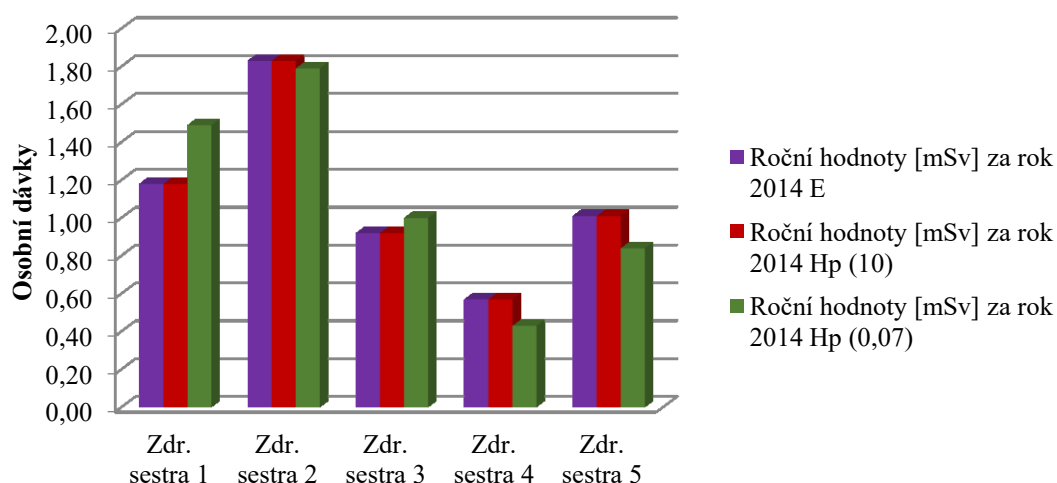


Graf 61: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2014

Zdroj: vlastní

Graf 61 ukazuje, že nejvyšší hodnoty osobních dávek obdržel lékař 1.

Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2014



Graf 62: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2014

Zdroj: vlastní

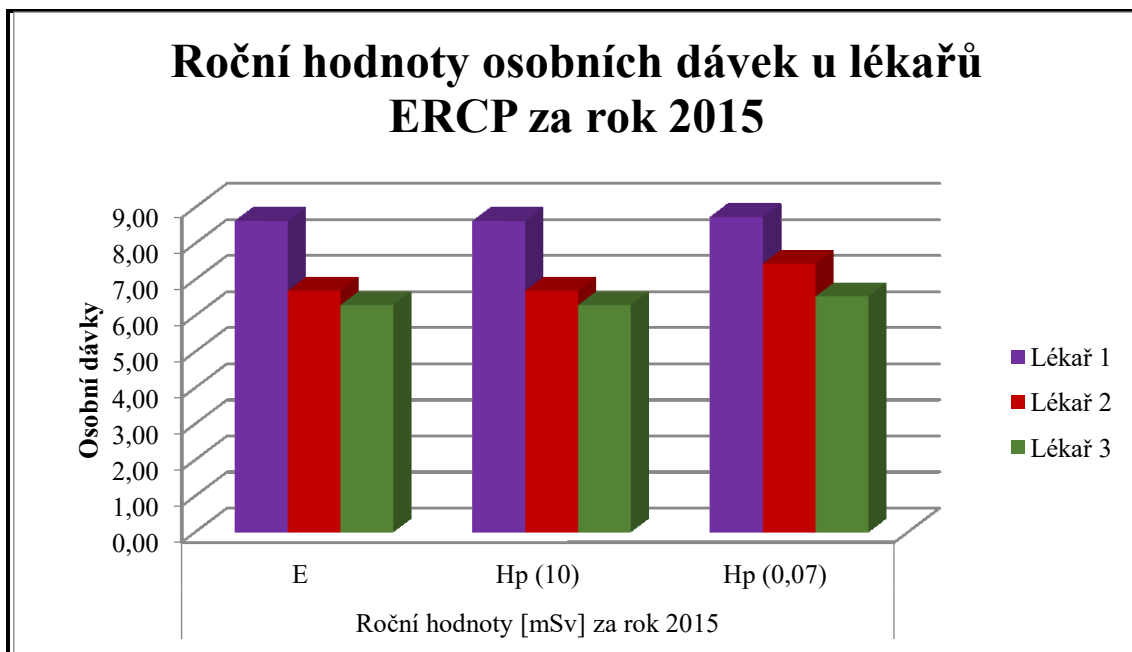
U zdravotní sestry 2 byly zjištěny nejvyšší hodnoty osobních dávek. Nejnižší hodnoty osobních dávek obdržela zdravotní sestra 4.

V následujících třech letech, do konce zkoumaného období se počet zdravotnického personálu nemění.

Tabulka 25: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2015

Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2015		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	8,62	8,62	8,73
Lékař 2	6,69	6,69	7,44
Lékař 3	6,29	6,29	6,53
Zdr. sestra 1	0,94	0,94	0,71
Zdr. sestra 2	0,91	0,91	0,77
Zdr. sestra 3	1,55	1,55	1,42
Zdr. sestra 4	1,07	1,07	0,88
Zdr. sestra 5	1,05	1,05	1,03

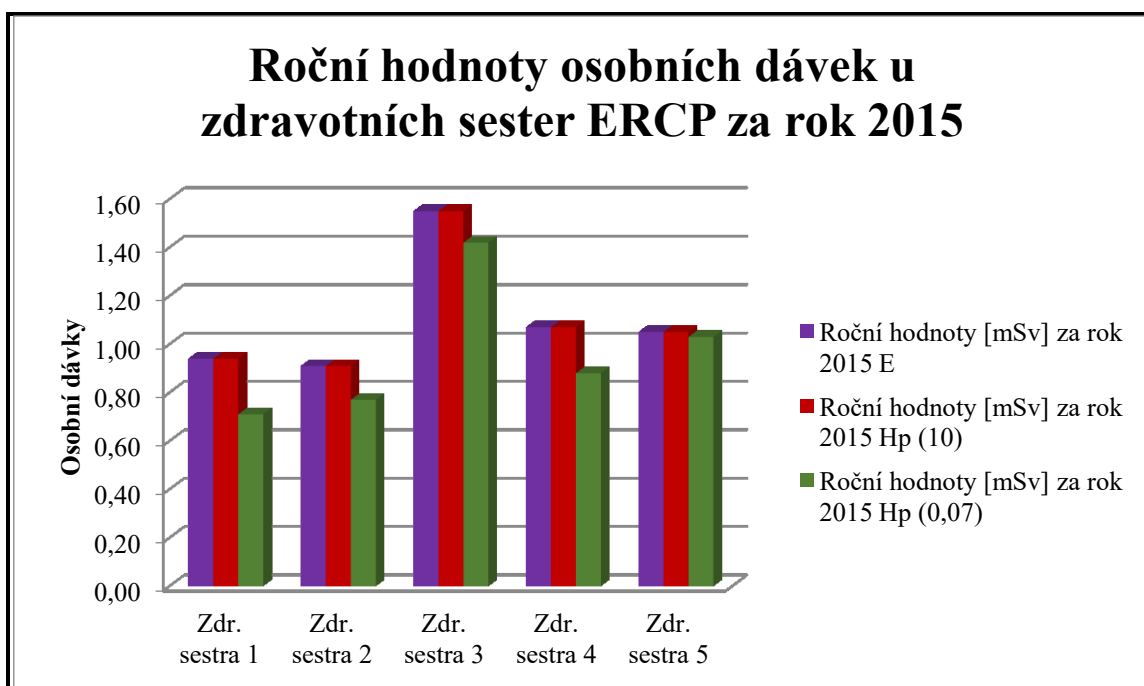
Zdroj: vlastní



Graf 63: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2015

Zdroj: vlastní

Graf 63 ukazuje, že nejvyšší hodnoty osobních dávek obdržel lékař 1. Nižší, téměř shodné hodnoty byly naměřeny u lékařů 2 a 3.



Graf 64: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2015

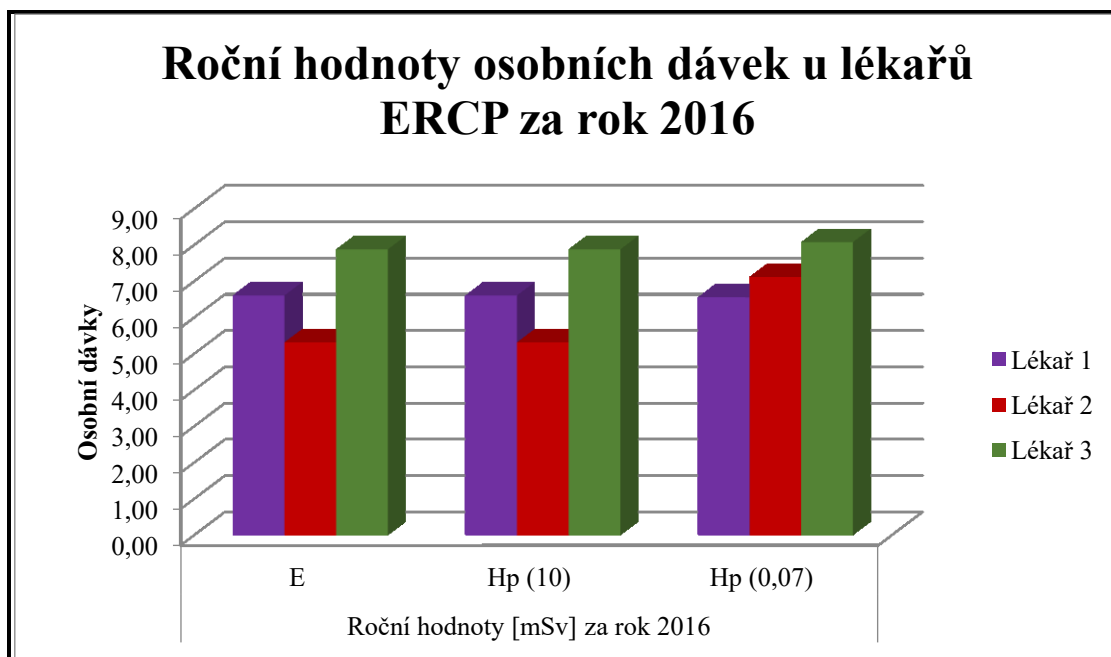
Zdroj: vlastní

Z grafu 64 byly nejvyšší hodnoty osobních dávek naměřeny u zdravotní sestry 3. U zdravotních sester 1 a 2 a poté u 4 a 5 byly naměřené téměř shodné hodnoty osobních dávek.

Tabulka 26: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2016

Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2016		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	6,61	6,61	6,56
Lékař 2	5,32	5,32	7,12
Lékař 3	7,88	7,88	8,08
Zdr. sestra 1	1,68	1,68	1,84
Zdr. sestra 2	1,36	1,36	1,45
Zdr. sestra 3	0,69	0,69	0,81
Zdr. sestra 4	0,31	0,31	0,30
Zdr. sestra 5	1,14	1,14	1,11

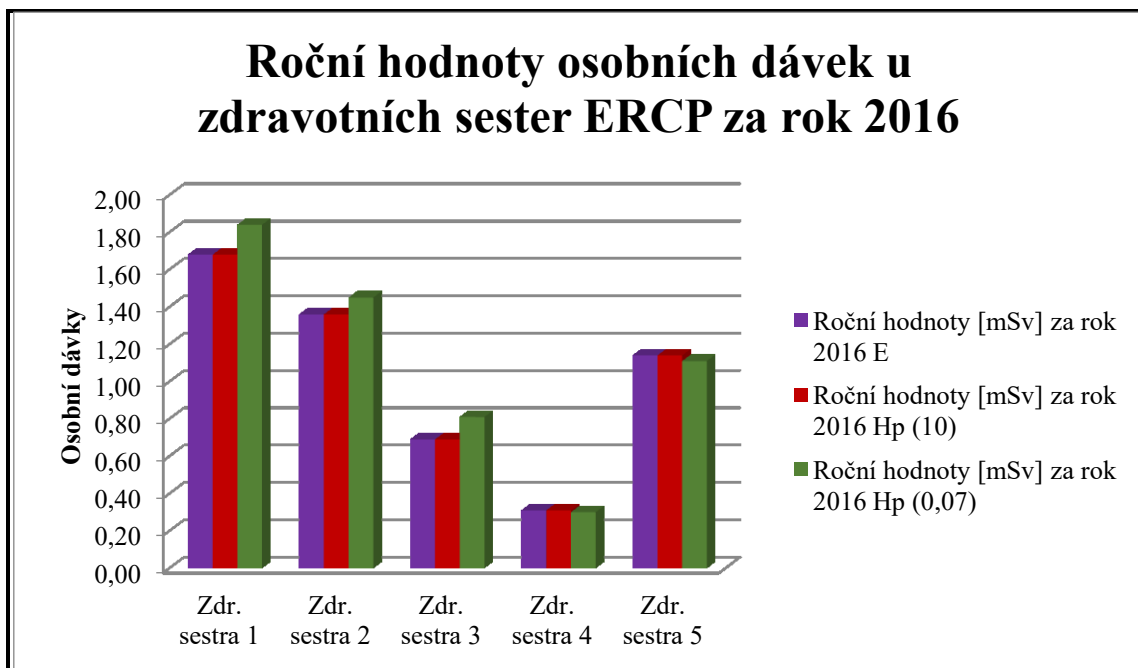
Zdroj: vlastní



Graf 65: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2016

Zdroj: vlastní

Graf 65 ukazuje, že došlo ke změně, kdy nejvyšší hodnoty osobních dávek byly naměřeny u lékaře 3, který je na oddělení Gastroenterologie nejkratší dobu.



Graf 66: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2016

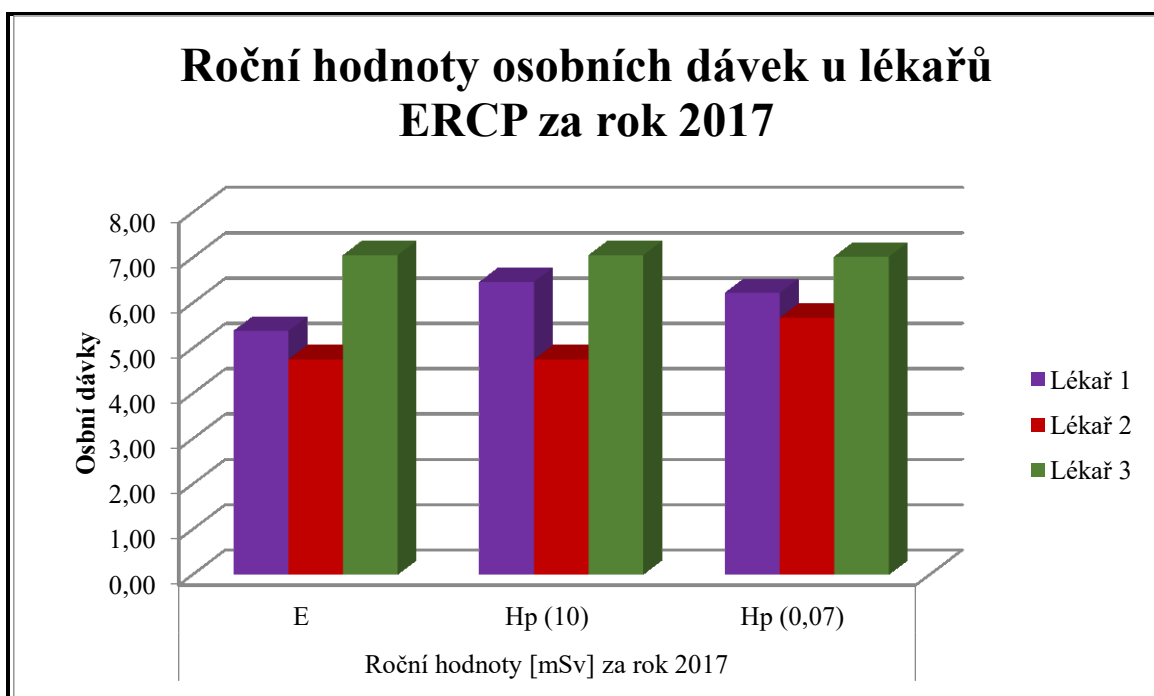
Zdroj: vlastní

Nejvyšší hodnoty osobních dávek obdržela zdravotní sestra 1 a naopak nejnižší hodnoty osobních dávek zdravotní sestra 4.

Tabulka 27: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2017

Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP			
Pracovník	Roční hodnoty [mSv] za rok 2017		
	E	Hp (10)	Hp (0,07)
Lékař 1	5,38	6,46	6,22
Lékař 2	4,75	4,75	5,67
Lékař 3	7,05	7,05	7,02
Zdr. sestra 1	1,52	1,52	1,24
Zdr. sestra 2	0,82	0,82	0,64
Zdr. sestra 3	1,48	1,48	1,53
Zdr. sestra 4	0,73	0,73	0,59
Zdr. sestra 5	1,16	1,16	1,03

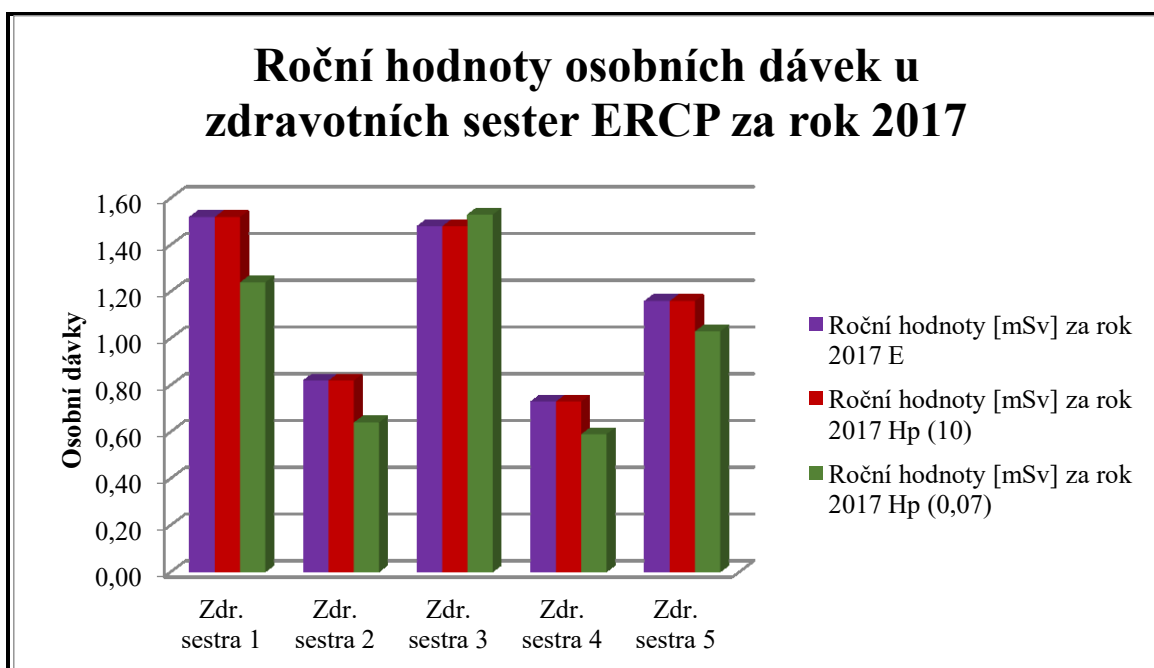
Zdroj: vlastní



Graf 67: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2017

Zdroj: vlastní

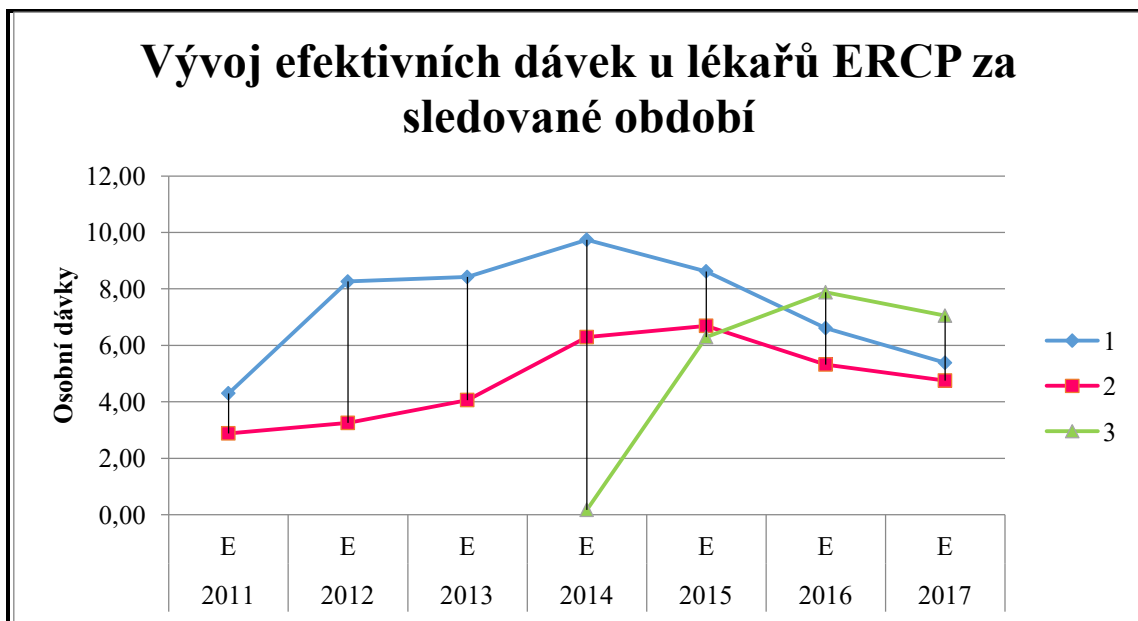
Nejnižší hodnoty osobních dávek byly indikovány u lékaře 2 a nejvyšší hodnoty osobních dávek byly naměřeny u lékaře 3.



Graf 68: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2017

Zdroj: vlastní

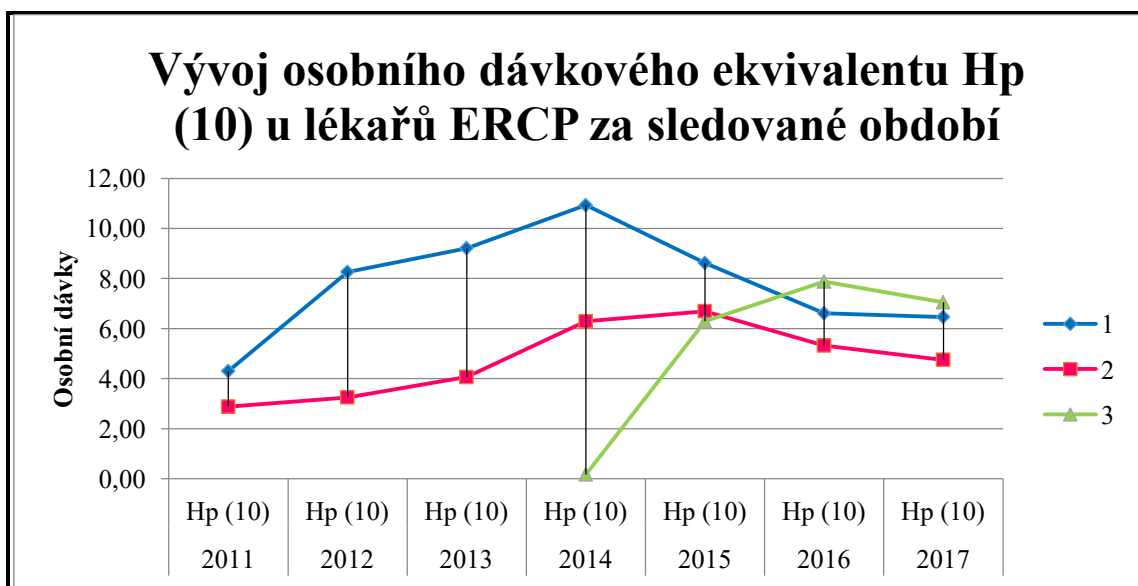
Z grafu 68 je zřejmé, že u zdravotních sester 1 a 3 byly naměřeny téměř shodné hodnoty osobních dávek.



Graf 69: Vývoj efektivních dávek u lékařů ERCP za sledované období

Zdroj: vlastní

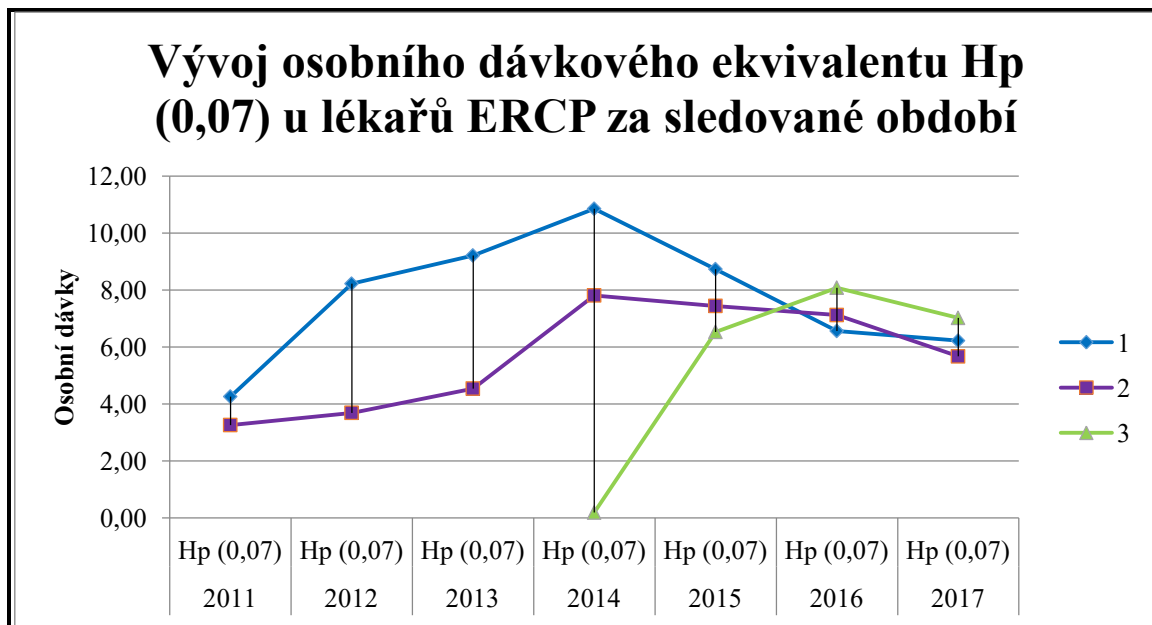
Graf 69 popisuje stoupající hodnoty efektivních dávek u lékaře 1 až do roku 2014 a do konce sledovaného období dochází k poklesu. U lékaře 3 efektivní dávka strmě stoupla a až v posledním roce zkoumaného období nastal mírný pokles.



Graf 70: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u lékařů ERCP za sledované období

Zdroj: vlastní

Graf 70 ukazuje, že vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) je téměř shodný jako předchozí graf 69.



Graf 71: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů ERCP za sledované období

Zdroj: vlastní

V grafu 71 je téměř shodný průběh jako v předchozích dvou grafech 69 a 70.

5 Diskuze

Obecně platí, že dávku u radiačních pracovníků ovlivňuje počet provedených výkonů, typ a tedy náročnost prováděných výkonů. U lékaře zde pak hraje roli jeho specializace k určitým typům výkonů v rámci pracoviště. Dalším důležitým faktem je jistý styl práce a zkušenost lékaře. Četnost a míra použití ionizujícího záření se do jisté míry může u jednotlivých lékařů mírně lišit u totožných výkonů. Některý potřebuje častěji kontrolovat dané vyšetření pomocí rentgenového záření pro větší jistotu, jiný naopak častější kontrolu nepotřebuje, což se odvíjí od zkušenosti lékaře a hlavně typu výkonu. Dávku u radiologických asistentů a zdravotních sester ovlivňuje pozice, kde se nachází (instrumentáři), zda může podstoupit při expozici nebo odejít. Současně ji ovlivňuje do jisté míry i styl práce lékaře. V pozitivním směru dávku ovlivňuje úroveň dodržování zásad a principů radiační ochrany jednotlivými radiačními pracovníky, dále množství, druh a funkčnost ochranných prostředků a pomůcek a jejich efektivní používání na pracovišti. V souvislosti s tím je důležité vzdělávání radiačních pracovníků při školeních radiační ochrany. Radiační ochrana by měla být v rámci optimalizace předmětem neustálého sledování vývojových trendů ochranných pomůcek a výzkumu v oblasti radiační ochrany. Při zvážení všech zmíněných faktorů lze při znalosti vývoje dávek na pracovišti usuzovat o míře optimalizace radiační ochrany na pracovišti.

Při posuzování optimalizace radiační ochrany v jednotlivých letech je nutno brát v úvahu počty jednotlivých výkonů. Zjistila jsem, že na oddělení digitální subtrakční angiografie narostly v porovnání roků 2011 a 2016 výkony o 49 % (jeden sál). V posledním roce zkoumaného období (2017) je zaznamenán nárůst vzhledem k roku 2011 dokonce o 109 %. Způsobilo to rozšíření provozu na dva angiografické sály. Vzhledem k tomu došlo k nárůstu počtu radiačních pracovníků. Od začátku sledovaného období až do roku 2016 pracoval na tomto oddělení stejný počet zdravotního personálu. V posledních letech sledovaného období se počet zdravotnického personálu navýšil o dva lékaře, jednoho radiologického asistenta a o tři zdravotní sestry. Logicky s růstem vykonaných vyšetření by měla růst dávka radiačních pracovníků na sledovaném oddělení. Z výzkumu této diplomové práce můžeme říci, že vývoj efektivních dávek u lékařů DSA byl na počátku sledovaného období vyšší a postupně se dávky snižovaly i za podmínek zvyšování se počtu výkonů. Z pohledu radiologických asistentů efektivní dávky byly z počátku konstantní až do roku 2014,

kdy se zvýšily, ale od roku 2015 znovu klesaly. Tento výsledek poukazuje na to, že na tomto pracovišti jsou v posledních letech dobře akceptována a správně dodržována pravidla a principy radiační ochrany, tudíž je optimalizace na velmi dobré úrovni.

Při hodnocení a srovnávání optimalizace v jednotlivých letech je nutné také sledovat spektrum prováděných výkonů a jejich náročnost z hlediska použití ionizujícího záření. Na oddělení intervenční kardiologie se po celou dobu zkoumaného období počet zdravotního personálu téměř neměnil, pouze o jednu zdravotní sestru. Intervenční kardiologie má různé spektrum výkonů s rozdílnou intenzitou záření při jednotlivých výkonech, proto nelze zcela objektivně hodnotit přesný celkový počet výkonů. Provádí se zde dva druhy výkonů, koronární a nekoronární vyšetření. Mezi koronární výkony patří selektivní koronarografie - SKG, je to vyšetření které provádí všichni lékaři a průměrný počet výkonů za celé sledované období se pohybuje okolo 2400 za rok. Při tomto vyšetření je využíváno radiační záření v menším rozsahu než u léčby perkutánní koronární intervence - PCI. Tuto zmíněnou léčbu PCI provádí celkem čtyři lékaři, a za celé sledované období je průměrný počet vyšetření okolo 1000 za rok. Mezi nekoronární výkony řadíme katetrovou implantaci aortální chlopně – TAVI a ostatní léčby. Tyto typy nekoronárních výkonů provádí jen dva specializovaní lékaři. Katetrová implantace aortální chlopně se za celé sledované období pohybuje kolem 20 – 25 výkonů za rok. Oproti ostatním výkonům se tato léčba neprovádí tak často, ale k tomuto výkonu je potřeba velké množství rentgenového záření. V porovnání s vyšetřením SKG je u výkonu TAVI několikanásobně vyšší dávka záření. U ostatních léčebných výkonů je dávka záření téměř srovnatelná s TAVI a průměrný počet výkonů za celé sledované období je kolem 10 za rok.

Při zkoumání efektivních dávek lékařů na tomto pracovišti můžeme konstatovat, že na počátku sledovaného období dávky rostly, ale ke konci se podobně jako u DSA snižovaly. U radiologických asistentů byl vývoj efektivních dávek podobný jako u lékařů.

Vyšetření ERCP za celou dobu sledovaného období měli stejný počet zdravotnického personálu, pouze v roce 2014 nastoupil jeden lékař. Když porovnáme počet výkonů v roce 2011 a v roce 2017, můžeme říci, že se počet výkonů zvýšil o 45 %. Od počátku sledovaného období až do roku 2014 efektivní dávky narůstaly, ale od roku 2014 průběžně klesaly. Tímto výsledkem se i přes zvyšující se počet vyšetření

potvrdilo, že dávky jsou nižší a optimalizace radiační ochrany je i na tomto pracovišti na vysoké úrovni.

Pracoviště, která byla předmětem výzkumu, měla vypracovaný program monitorování podle požadavků platné legislativy včetně stanovení monitorovacích úrovní (dříve tzv. referenčních monitorovacích úrovní). Současně byla sledována celková osobní efektivní dávka radiačních pracovníků v jednotlivých letech a pětiletých obdobích. Byla stanovena roční úroveň osobní efektivní dávky 20 mSv, při jejímž překročení byla provedena analýza obdržенých měsíčních dávek v daném roce. Ze záznamu vyplývá, že tato stanovená hodnota 20 mSv za rok byla překročena:

- v roce 2012 u lékaře 4 DSA
- v roce 2013 u lékaře 4 DSA a současně u lékaře 4 KARD
- v roce 2014 u lékaře 4 DSA a současně u lékaře 4 KARD
- v roce 2017 u lékaře 4 DSA

U těchto pracovníků, u kterých nastalo překročení, byly sepsány protokoly a byl proveden rozbor důvodů překročení. Ve všech případech bylo zjištěno, že šlo o expozice soustavně mírně vyšší, které ale jsou zdůvodnitelné tím, že u již zmiňovaných lékařů 4 DSA i KARD, kteří jsou nejzkušenější a nejerudovanější pracovníci z celého angiografického i kardiologického kolektivu, tím pádem jsou nejvytíženější pracovníci těchto oddělení. Jednotlivé vyšší expozice kopírují pracovní vytížení pracovníka. Toto šetření bylo provedeno jako veřejné v rámci jednotlivých pracovišť v návaznosti na jednotlivé expozice. Výsledné stanovisko radiologického fyzika a dohlížející osoby zhodnotilo, že nebyl nalezen fyzikální ani organizační důvod se domnívat, že došlo k osobnímu zvýšení dávky u pracovníků nad povolený limit nebo k neodůvodněné expozici nedodržením principů radiační ochrany.

Všichni pracovníci každoročně absolvují školení radiační ochrany a jsou seznamováni s nejaktuálnějšími zásadami bezpečné práce se zdroji ionizujícího záření. Tato skutečnost současně s používáním funkčních ochranných prostředků a moderních zdrojů ionizujícího záření dává předpoklad, že optimalizace radiační ochrany na sledovaných pracovištích by měla být na velmi dobré úrovni.

6 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřená na sledování vývoje naměřených osobních dávkových ekvivalentů a zjištěných efektivních dávek (dále obecně dávek) u lékařů, radiologických asistentů a zdravotních sester pracujících na třech odděleních: Digitální subtrakční angiografie, Intervenční kardiologie a vyšetření ERCP pod Gastroenterologickým oddělením. Obecným zjištěním této práce byla skutečnost, že na všech pracovištích se počty výkonů postupně zvyšovaly, počet zaměstnanců se nepatrně navýšil, ale zkoumané dávky od přelomu let 2014/2015 systematicky postupně klesaly.

Na oddělení Digitální subtrakční angiografie při porovnávání počtu výkonů pro roky 2011 a 2016 (jeden angiografický sál) se počet výkonů navýšil o 49 %. Při porovnávání roku 2011 a 2017, kdy se na tomto pracovišti vyšetřovalo nově na dvou angiografických sálech, stoupl počet výkonů o 109 %. Poslední dva roky sledovaného období se počet zaměstnanců navýšil o dva lékaře, dva radiologické asistenty a tři zdravotní sestry.

Při vyšetření ERCP byl zjištěn nárůst vyšetření o 44 % ve srovnání mezi rokem 2011 a rokem 2017. Celé sledované období byl na tomto pracovišti téměř stejný počet zdravotnického personálu, jen v roce 2014 nastoupil jeden lékař.

Na oddělení intervenční kardiologie se počet nekoronárních výkonů téměř neměnil. Od roku 2013 se začala provádět katetrová implantace aortální chlopně. Je to léčba, kterou provádí pouze dva specializovaní lékaři, a představuje kolem 20 – 25 výkonů za rok, ale radiační dávka u jednoho výkonu je několikanásobná v porovnání s ostatními koronárními druhy výkonů. Tím lze konstatovat, že radiační zátěž i na tomto pracovišti stoupá. Výsledná efektivní dávka ale klesá, což ukazuje na velmi vysokou úroveň optimalizace radiační ochrany.

Druhým cílem diplomové práce bylo analyzovat zajištění radiační ochrany na zkoumaných odděleních. Rozborem zpracovávaných dat a údajů z pracovišť jsem zjistila, že navzdory významnému nárůstu počtu výkonů na pracovištích, nebyl zaznamenán růst dávek radiačních pracovníků. Ty naopak od přelomu let 2014/2015 systematicky klesaly. Osobní návštěvou pracovišť jsem zjistila, že radiační pracovníci respektují a dodržují veškeré správné zásady pro zacházení se zdroji ionizujícího záření. Proto je vysvětlitelné, že dávky klesají. Moje práce dokazuje, že ve FN Plzeň na

sledovaných pracovištích je optimalizace radiační ochrany na velmi dobré úrovni. Tomuto zjištění odpovídá i stanovená hypotéza, že dávky naměřené z dozimetrů u všech zkoumaných zdravotnických osob byly v roce 2011 vyšší než dávky naměřené v roce 2017.

Od počátku sledovaného období dávky mírně stoupaly, ale kolem roku 2015 nastává systematický mírný pokles z důvodu správné aplikace způsobů a zásad radiační ochrany, které jsou v pravidelných intervalech opakovány při školení radiačních pracovníků. Současně s modernizací ochranných prostředků dle moderních trendů a nejnovějších poznatků v oblasti radiační ochrany.

Optimalizace ve FN Plzeň na sledovaných pracovištích je na vysoké úrovni, což má za důsledek pozitivní vývoj v obdržených efektivních dávkách radiačních pracovníků, který předložená práce jasně doložila.

7 Seznam literatury

BROUNKOVÁ A KOL., 2007. *Vstupní školení do Jaderné elektrárny Temelín*. Temelín.

BROUNKOVÁ, Dana, 2007. *Radiační ochrana: Pro vybrané pracovníky služeb významných z hlediska radiační ochrany*.

DÍTĚ, Petr. *Základy digestivní endoskopie*. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-237-9.

ERCP. *Medicína, studium, studium na I. LF UK* [online]. 2011 [cit. 2016-01-14]. Dostupné z: <http://www.stefajir.cz/?q=ercp>

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015, 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.

FRANK, Eugene D, Bruce W LONG, Barbara J SMITH a Vinita MERRILL. *Merrill's atlas of radiographic positioning & procedures*. 11th ed. St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier c2007. ISBN 978-03-2304-212-3.

HÁLA, Jiří. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. Brno : Konvoj, 1998. ISBN 80-85615-56-8.

HERRING, William. *Learning radiology: recognizing the basics*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Mosby, c2012. ISBN 978-0-323-07444-5.

HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.

I. interní klinika [online]. 2012 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://1ik.fnplzen.cz/>

Ionizující záření: Fyzika v moderním lékařství [online]. [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://cz7asm.wz.cz/fyz/index.php?page=iozar>

Kardiologické oddělení FN Plzeň: Komplexní kardiologické centrum [online]. 2010 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://kard.fnplzen.cz/>

KIBUS, Miroslav, Radim FIGALLA a Dušan HANZAL, 2018. *Program monitorování pracoviště: Systémový provozní předpis OTS628*. Temelín.

KLENER, Vladislav. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 8023837036.

KLÍMEK, František a Dušan HANZAL, 2016. *Program monitorování pracoviště: ČEZ_ME_0456r09*. Temelín.

KOLÁČEK A KOL., 2017. *Radiační ochrana*. Brno.

KOLEKTIV AUTORŮ, 2003. *Ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření: Sborník učebních textů*. Ostrava. ISBN 80-02-01529-0.

KRAJÍČEK, Milan. *Chirurgická a intervenční léčba cévních onemocnění*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-0607-8.

KUNA, Pavel a Leoš NAVRÁTIL. *Klinická radiobiologie*. Praha: Manus, 2005. ISBN 8086571092.

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína: [učební text]*. Praha: P3K, c2007. ISBN 9788090358492.

MUSÍLEK, Ladislav, Josef ŠEDA a Jaroslav TROUSIL. *Dozimetrie ionizujícího záření: (integrující metody)*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1992, ISBN 8001008126

MUSÍLEK, Ladislav. *Základy dozimetrie 2., Ochrana před zářením*. 1. vyd., Praha: ČVUT, 1986

NEKULA, Josef. *Radiologie*. 3. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2005, 205 s. ISBN 80-244-1011-7.

Radiobiologie: Filmová dozimetrie [online]. 2010 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/16/163.html>

ROSINA, Jozef, Hana KOLÁŘOVÁ a Jiří STANEK. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2006, 230 s. ISBN 8024713837

ŘIHÁKOVÁ, Věra. *Měření osobního dávkového ekvivalentu na oční čočku Hp (3) pomocí termoluminiscenčních dozimetrů*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně, Lékařská fakulta, Katedra Radiologických metod. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Kateřina Krkavcová

- SABOL, Jozef. *Základy dozimetrie*. Praha: ČVUT, 1992. ISBN 8001008479.
- SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.
- SINGER, Jan a Jindřiška HEŘMANSKÁ. *Principy radiační ochrany*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2004. ISBN 8070407085.
- SINGER, Jan. *Dozimetrie ionizujícího záření*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita (České Budějovice). Zdravotně sociální fakulta, 2005, 67 s. ISBN 8070407522
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Nové atomové právo* [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo/>
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Radiační ochrana* [online]. 2015 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/plakaty_RDG/desatero_RO_IK.pdf
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Radiační ochrana* [online]. 2015 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/plakaty_RDG/desatero_RO_pacienti_skioskop.pdf
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost: Radiační ochrana* [online]. 2015 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/plakaty_RDG/desatero_RO_personal_skioskop.pdf
- TODD H. BARON, RICHARD A. KOZAREK a DAVID L. CARR-LOCKE. *ERCP*. 2nd ed. Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders, 2013. ISBN 1455723673.
- ULMANN, Vojtěch. *Astrofyzika: Fotografická detekce ionizujícího záření. Materiálové detektory*[online]. 2008 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#2>
- VENDIŠ, Tomáš a Jan BAXA. Základní informace: Angiografie. *Radiologieplzen.eu: Informační portál Kliniky zobrazovacích metod* [online]. Plzeň, 2018 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://radiologieplzen.eu/zakladni-informace-angiografie/>

VOKURKA, Martin. *Praktický slovník medicíny*. 6. rozš. vyd. Praha: Maxdorf, 2000. ISBN 8085912384.

VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012, 153 s. ISBN 978-80-244-3126-0.

Vyhláška č. 422/2016 Sb.: Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, 2016. In: *Sbírka zákonů ČR*. ročník 2016.

Zákon č. 263/2016, Atomový zákon. In: *Sbírka zákonů*. Česká republika, částka 102.

ŽÁČKOVÁ, Helena. *Kurz radiační ochrany při nakládání se zdroji ionizujícího záření ve zdravotnictví: Skripta*. Praha: Insitut postgraduálního vzděávání ve zdravotnictví, 2011.

8 Zkratky

ALARA – As low As Reasonably Achievable

CT – výpočetní tomografie

DNA – deoxyribonukleová kyselina

DSA – Digitální subtrakční angiografie

E – efektivní dávka

ERCP – Endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie

Hp – osobní dávkový ekvivalent

IAEA – International Atomic Energy Agency

ICD – Implantabilní kardioverter-defibrilátor

ICRP – International Commission on Radiological Protection

OSL – opticky stimulovaná luminiscence

PACD – poly-allyl-diglycerol carbonate

PCI – perkutánní koronární intervence

PET/CT – pozitronová emisní tomografie

PLD – Photo Luminiscence Dosimetry

RAS – radiologický asistent

SKG – selektivní koronografie

TAVI – katetrová implantace aortální chlopně

TLD – termoluminiscenční dozimetr

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Osobní filmový dozimetr	35
Obrázek 2: Termoluminiscenční dozimetr	37
Obrázek 3: Elektronický osobní dozimetr MDC 2000S	41
Obrázek 4: Elektronický osobní varovný dozimetr RAD - 60S	41

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Obecné limity pro obyvatele.....	19
Tabulka 2: Limity pro radiačního pracovníka	20
Tabulka 3: Limity pro žáka a studenta.....	21
Tabulka 4: Odvozené limity	22
Tabulka 5: Jakostní faktor.....	30
Tabulka 6: Hodnoty tkáňových faktorů	31
Tabulka 7: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2011	52
Tabulka 8: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2012	55
Tabulka 9: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2013	57
Tabulka 10: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2014	59
Tabulka 11: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2015	62
Tabulka 12: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA	65
Tabulka 13: Roční hodnoty osobních dávek pro DSA za rok 2017	67
Tabulka 14: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2011	74
Tabulka 15: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2012	77
Tabulka 16: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2013	80
Tabulka 17: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2014	82
Tabulka 18: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2015	85
Tabulka 19: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2016	87
Tabulka 20: Roční hodnoty osobních dávek pro KARD za rok 2017	89
Tabulka 21: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2011	96
Tabulka 22: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2012	98
Tabulka 23: Roční hodnoty osobních pro ERCP za rok 2013	99
Tabulka 24: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2014	101
Tabulka 25: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2015	102
Tabulka 26: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2016	104
Tabulka 27: Roční hodnoty osobních dávek pro ERCP za rok 2017	105

11 Seznam grafů

Graf 1: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2011	53
Graf 2: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2011	53
Graf 3: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2011	54
Graf 4: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2012	56
Graf 5: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2012	56
Graf 6: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2012	57
Graf 7: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok	58
Graf 8: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2013	58
Graf 9: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2013	59
Graf 10: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2014	60
Graf 11: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2014 ...	61
Graf 12: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2014	61
Graf 13: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2015	63
Graf 14: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2015 ...	63
Graf 15: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2015	64
Graf 16: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2017	65
Graf 17: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2016 ...	66
Graf 18: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2016	66
Graf 19: Roční hodnoty osobních dávek lékařů DSA za rok 2017	68
Graf 20: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů DSA za rok 2017 ...	68
Graf 21: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester DSA za rok 2017	69
Graf 22: Vývoj efektivních dávek u lékařů DSA za sledované období.....	69
Graf 23: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u lékařů DSA za sledované období	70
Graf 24: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů DSA za sledované období	71
Graf 25: Vývoj efektivních dávek u radiologických asistentů DSA za sledované období	71
Graf 26: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u radiologických asistentů DSA za sledované období.....	72
Graf 27: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u radiologických asistentů DSA za sledované období.....	73

Graf 28: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2011	75
Graf 29: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2011	75
Graf 30: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2011	76
Graf 31: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2012	78
Graf 32: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2012	78
Graf 33: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2012	79
Graf 34: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2013	80
Graf 35: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2013	81
Graf 36: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2013	81
Graf 37: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2014	83
Graf 38: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2014	83
Graf 39: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2014	84
Graf 40: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2015	85
Graf 41: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2015	86
Graf 42: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2015	86
Graf 43: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2016	88
Graf 44: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2016	88
Graf 45: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2016	89
Graf 46: Roční hodnoty osobních dávek lékařů KARD za rok 2017	90
Graf 47: Roční hodnoty osobních dávek radiologických asistentů KARD za rok 2017	91
Graf 48: Roční hodnoty osobních dávek zdravotních sester KARD za rok 2017	91
Graf 49: Vývoj efektivních dávek u lékařů KARD za sledované období.....	92
Graf 50: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u lékařů KARD za sledované období	92
Graf 51: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů KARD za sledované období	93
Graf 52: Vývoj efektivních dávek u radiologických asistentů KARD za sledované období	93
Graf 53: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u radiologických asistentů KARD za sledované období	94
Graf 54: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u radiologických asistentů KARD za sledované období	95
Graf 55: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2011	97
Graf 56: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2011	97

Graf 57: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2012	98
Graf 58: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2012	99
Graf 59: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2013	100
Graf 60: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2013	100
Graf 61: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2014	101
Graf 62: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2014	102
Graf 63: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2015	103
Graf 64: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2015	103
Graf 65: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2016	104
Graf 66: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2016	105
Graf 67: Roční hodnoty osobních dávek u lékařů ERCP za rok 2017	106
Graf 68: Roční hodnoty osobních dávek u zdravotních sester ERCP za rok 2017	106
Graf 69: Vývoj efektivních dávek u lékařů ERCP za sledované období.....	107
Graf 70: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (10) u lékařů ERCP za sledované období	107
Graf 71: Vývoj osobního dávkového ekvivalentu Hp (0,07) u lékařů ERCP za sledované období	108