ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Radiační zátěž při screeningovém mamografickém vyšetření

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Radiologický asistent

Autor práce: **Irena Drugdová**
Vedoucí práce: Mgr. Žaneta Honová, MBA

Kladno 2016

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FACULTY OF BIOMEDICAL ENGINEERING

Department of Health Care Disciplines and Population Protection

Radiation burden of mammography screening test

Bachelor Thesis

Study Programme: Specialization in Health Care
Branch of study: Radiology Assistant

Author: **Irena Drugdová**
Thesis advisor: Mgr. Žaneta Honová, MBA

Kladno 2016

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva | Akademický rok: 2015/2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Irena Drugdová**

Obor: Radiologický asistent

Téma: **Radiační zátěž při mamografickém screeningovém vyšetření**

Téma anglicky: Radiation Burden of Mammography Screening Test

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude hodnocení glandulární dávky pro stanovené tloušťky prsní tkáně v časovém období (01. - 03. 2015). Bakalářská práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části bude popsán vznik a vlastnosti rentgenového záření, biologické účinky rentgenového záření, jednotky a veličiny dozimetrie a radiační ochrany, ochrana před rentgenovým zářením. V závěru teoretické části bude zpracována kapitola o screeningovém mamografickém vyšetření. V praktické části student stanoví glandulární dávky ve stanovených tloušťkách komprimovaného prsu (2,1 cm, 3,2 cm, 4,3-4,7 cm, 5,1-5,5 cm, 5,8-6,2 cm, 7,3-7,7 cm, 8,5-9,5 cm) v daném časovém období. Dále ze získaných hodnot ke stanoveným tloušťkám komprimovaného prsu student graficky znázorní závislost na napětí, elektrickém množství, kompresní síle apod. V závěru budou získané hodnoty vyhodnoceny a porovnány s hodnotami ze zkoušek dlouhodobé stability a s místními diagnostickými referenčními úrovněmi. V bakalářské práci bude rovněž diskutována ochrana žen při screeningovém mamografickém vyšetření.

Seznam odborné literatury:

[1] Kuna, P. a Navrátil, L., Klinická radiobiologie, Manus, 2005, 1. vyd., ISBN 80-865-7109-2

[2] Rosina, J. a spol., , Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů, Praha: Grada, 2006, 1. vyd., ISBN 80-247-1383-7

[3] Podzimek, F., Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření, České vysoké učení technické, 2013, 1. vyd., ISBN 978-80-01-05319-5

zadání platné do: 30.09.2017

Vedoucí: Mgr. Žaneta Honová, MBA

..... vedoucí katedry / pracoviště

..... děkan

V Kladně dne 22.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Radiační zátěž při screeningovém mamografickém vyšetření* vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne 20. května 2016

……..

Irena Drugdová

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Mgr. Žanetě Honové, MBA za odborné vedení mé bakalářské práce, trpělivost, ochotu a především za její čas a vstřícný přístup. Zároveň i všem pracovníkům P-P Kliniky Kladno, spol. s r.o., radiodiagnostické oddělení, kteří mi vytvořili podmínky pro její zpracování.

ABSTRAKT:

Předmětem bakalářské práce „Radiační zátěž při screeningovém mamografickém vyšetření“ je hodnocení glandulární dávky pro stanovené tloušťky prsní tkáně v časovém období leden až březen 2015. Data jsou získána z akreditovaného mamografického screeningového centra P-P Kliniky Kladno. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je popsán vznik a vlastnosti rentgenového záření, biologické účinky rentgenového záření, jednotky a veličiny dozimetrie a radiační ochrany, ochrana před rentgenovým zářením. V závěru teoretické části je zpracována kapitola o screeningovém mamografickém vyšetření. V praktické části jsou stanoveny glandulární dávky pro stanovené tloušťky komprimovaného prsu (2,1 cm, 3,2 cm, 4,3 – 4,7 cm, 5,1 – 5,5 cm, 5,8 – 6,2 cm, 7,3 – 7,7 cm, 8,5 – 9,5 cm) za dané časové období. Dále jsou ze získaných hodnot ke stanoveným tloušťkám komprimovaného prsu graficky znázorněny závislosti na napětí, elektrickém množství, kompresní síle apod. V závěru jsou získané hodnoty vyhodnoceny a porovnány s hodnotami ze zkoušek dlouhodobé stability a s místními diagnostickými referenčními úrovněmi. V bakalářské práci je rovněž diskutována ochrana žen při screeningovém mamografickém vyšetření.

KLÍČOVÁ SLOVA:

mamografie, screening, komprese, radiační ochrana

ABSTRACT:

The subject of the bachelor thesis “Radiation strain of a mammography screening test” is an evaluation of glandular dose for the determined thickness of breast tissue over the time period from January to March 2015. Data are obtained from an accredited mammography screening center P-P Clinic Kladno. The thesis is divided into a theoretical and a practical part. The theoretical part describes the origin and properties of X-ray radiation, its biological effects, units and quantities of dosimetry and radiation protection, protection against X-ray radiation. There is a chapter about mammography screening examination at the end of theoretical part. In the practical part, glandular dose for the determined thickness of a compressed breast (2,1 cm, 3,2 cm, 4,3 – 4,7 cm, 5,1 – 5,5 cm, 5,8 – 6,2 cm, 7,3 – 7,7 cm, 8,5 – 9,5 cm) for the given time period are determined. Furthermore, the dependencies of determined thicknesses of a compressed breast on voltage, electrical quantity, compression strength and other are plotted. At the end, the obtained values areevaluated and compared with values from tests of long-term stability and with local diagnostic reference values. The thesis also discusses the protection of women during a screening mammography examination.

KEY WORDS:

mammography, screening, compression, radiation protection

OBSAH

1 ÚVOD 2
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY 3
2.1 RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ 3
2.1.1 Vznik rentgenového záření 3
2.1.2 Vlastnosti rentgenového záření 4
2.2 VELIČINY DOZIMETRIE A RADIAČNÍ OCHRANY 4
2.2.1 Veličiny dozimetrie ionizujícího záření 5
2.2.2 Veličiny používané v ochraně před ionizujícím zářením 7
2.3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ 10
2.3.1 Mechanismus účinku záření na živou tkáň 10
2.3.2 Vztah dávky a biologického účinku 11
2.3.3 Vliv záření na vývoj plodu 12
2.4 OCHRANA PŘED IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM 13
2.4.1 Principy a cíle radiační ochrany 13
2.5 MAMOGRAFICKÉ SCREENINGOVÉ VYŠETŘENÍ 14
2.5.1 Screeningové mamografické vyšetření 14
2.5.2 Screeningový program pro karcinom prsu v České republice 19
2.5.3 Problematika ochrany štítné žlázy při screeningovém mamografickém vyšetření 20
2.5.4 Radiační zátěž při screeningovém mamografickém vyšetření 21
3 CÍL PRÁCE 24
4 METODIKA PRÁCE 25
5 VÝSLEDKY PRÁCE 29
6 DISKUZE 47
7 ZÁVĚR 55
CITOVANÁ LITERATURA 56
SEZNAM OBRÁZKŮ 59
SEZNAM TABULEK 60

1 ÚVOD

Mamografické vyšetření je oproti ostatním rentgenovým vyšetřením velmi specifická vyšetřovací metoda. Tato metoda se využívá především pro screeningové, neboli preventivní účely, ale i pro potvrzení diagnostiky onemocnění prsu. Karcinom prsu je totiž nejčastější zhoubný nádor u žen. Screeningové mamografické vyšetření slouží ke včasné detekci onemocnění prsu a všechny ženy nad 45 let by měly alespoň jedenkrát za dva roky toto vyšetření podstoupit. Program screeningu karcinomu prsu u nás funguje již 14 let a ukazuje se, že snižuje mortalitu, protože detekuje počáteční stádia karcinomu prsu, která jsou úspěšně léčitelná.

Bakalářská práce se zabývá hodnocením glandulární dávky pro stanovené tloušťky prsní tkáně v časovém období leden až březen 2015 pro akreditované mamografické screeningové pracoviště P-P Kliniky v Kladně.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je vysvětlen vznik a vlastnosti rentgenového záření. Dále jsou v teoretické části popsány účinky rentgenového záření, jednotky a veličiny dozimetrie a radiační ochrany. V teoretické části bakalářské práce je rovněž vypracována kapitola o ochraně žen před rentgenovým zářením při screeningovém mamografickém vyšetření. V závěru teoretické části bakalářské práce je zpracována kapitola o screeningovém mamografickém vyšetření.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na stanovení glandulární dávky pro stanovené tloušťky komprimovaného prsu. Získané hodnoty jsou vyhodnoceny a porovnávány s hodnotami ze zkoušek dlouhodobé stability a místními diagnostickými referenčními úrovněmi. V závěru bakalářské práce jsou výsledky shrnuty.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Následující stránky se věnují teorii rentgenového záření, jeho vzniku a vlastnostem, a to vlastnostem obecným i specifickým pro mamografické vyšetření. Následují veličiny dozimetrie a radiační ochrany, biologické účinky rentgenového záření a radiační ochrana. Poslední kapitola v teoretické části je věnována screeningovému mamografickému vyšetření a screeningovému programu pro karcinom prsu v České republice.

2.1 RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění, jehož vlnová délka se nachází v rozmezí 10^{-8} – 10^{-12} m. Je neviditelné a šíří se rychlostí světla. Vzniká v elektronovém obalu interakcí elektronů s hmotou. Je to forma ionizujícího záření, která má schopnost pronikat látkou. (1, 2) Ve hmotě se část rentgenového záření absorbuje a to v závislosti na tloušťce, hustotě a složení materiálu, část látkou projde a zbytek se rozptýlí. (3)

2.1.1 Vznik rentgenového záření

Večer 8. listopadu 1895 experimentoval německý vědec Wilhelm Conrad Röntgen s katodovými paprsky a díky tomu objevil celosvětový unikát, který výrazně posunul diagnostiku a vynesl mu vůbec první Nobelovu cenu za fyziku. Paprsky X, v té době neznámých vlastností, byly brzy shledány velmi užitečnými a praktickými. Dnes pomáhá rentgenové záření i v mamografické diagnostice. Ví se už mnohem více o jeho škodlivých účincích a účinně se jim předchází pomocí radiační ochrany a především díky správné volbě expozičních parametrů. U mamografického vyšetření je důležitá volba elektrického napětí a dostatečná hodnota kompresní síly. Zdravotní riziko je díky tomu velice nízké. (4, 5)

Rentgenové záření vzniká dopadem urychleného elektronu na anodu. Anoda může být pevná či dnes častěji využívaná rotační. Vzniklé rentgenové záření se dělí na brzdné a charakteristické: (2)

- *Brzdné záření* vzniká změnou směru a rychlosti elektronu při zabrzdění na anodě. Vzniká tak 99 % tepelné energie a 1 % elektromagnetického rentgenového záření. Spektrum brzdného záření je spojité, takže jsou zastoupeny fotony s energií od nuly po maximum. (2)
- *Charakteristické rentgenové záření* vzniká při dopadu rychlých elektronů (elektronů s vysokou energií) na anodu. Přitom elektrony odevzdávají svoji kinetickou energii některému z elektronů vnitřní slupky elektronového obalu, což vede k jeho přemístění do vyšší energetické hladiny (excitace) nebo k úplnému

vyražení z atomu (ionizace). Excitovaný nebo ionizovaný atom je nestabilní a stabilitu získává návratem do základního stavu (přechodem elektronu z vyšší energetické hladiny na uvolněné místo). Při přechodu z vyšší energetické hladiny na nižší energetickou hladinu se musí elektron zbavit přebytku energie. Příslušný rozdíl energie se vyzáří ve formě fotonu elektromagnetického záření, tzv. charakteristického rentgenového záření pro danou elektronovou vrstvu. Spektrum charakteristického záření je nespojité (čárové). (2)

2.1.2 Vlastnosti rentgenového záření

Zdrojem umělého rentgenového záření je rentgenka. Rentgenka je vakuová skleněná trubice obsahující zpravidla wolframovou katodu a anodu, mezi nimiž je připojeno vysoké napětí, které zvyšuje kinetickou energii elektronů. Ze žhavené záporné katody se uvolní elektrony, které po dopadu na kladnou anodu produkují rentgenové záření. Rentgenové záření tedy vzniká zabrzděním elektronů na anodě o vysokém protonovém čísle. K zabránění přehřívání je potřeba rentgenku chladit olejovou lázní. Mezi jednotlivými expozicemi potřebuje anoda časové prodlevy, aby stačila vychladnout. Lokálnímu přehřívání rentgenky se může zabránit rotací anody, kdy se teplo rozloží na větší plochu. Takovéto řešení se nazývá rentgenka s rotační anodou. (2)

Rentgenka s rotační anodou obsahuje zdroj anodového, žhavícího a rotačního napětí. Čím je větší napětí, tím vzniká kratší vlnová délka rentgenového záření. Delší vlnová délka, tedy i měkčí záření, se ve tkáni více pohlcuje. (1)

Část rentgenového záření se při průniku látkou absorbuje, část se rozptýlí a zbytek projde. Rentgenový obraz zobrazí různé absorpční vlastnosti tkání, což umožňuje rozdílné tkáně rozeznat. V mamografii se používá měkké rentgenové záření, protože nálezy v prsu mají velmi podobnou strukturu jako zdravá tkáň a na klasickém rentgenovém snímku by nebyl viditelný rozdíl. (1)

2.2 VELIČINY DOZIMETRIE A RADIAČNÍ OCHRANY

Veličiny dozimetrie a radiační ochrany slouží k měření a monitorování ionizujícího záření a k posuzování jeho biologických účinků. Dozimetrické veličiny jsou veličiny fyzikální povahy a veličiny radiační ochrany jsou součinem dozimetrické veličiny a váhového faktoru, jsou tedy biofyzikální. Váhové faktory zohledňují nejen biologický účinek ionizujícího záření na živou tkáň, ale také druh, energii a způsob ozáření a radiosenzitivitu ozářených tkání a orgánů. (6)

2.2.1 Veličiny dozimetrie ionizujícího záření

Mezi veličiny dozimetrie ionizujícího záření se řadí šest veličin. Obecně se u ionizujícího záření stanovuje absorbovaná dávka a dávkový příkon. Pro nepřímo ionizující záření se využívá kerma a kermový příkon a pro záření gama a X ve vzduchu expozice a expoziční příkon. U dávky a kermy se při udávání výsledku měření či výpočtu specifikuje nejen veličina a jednotka, ale i druh záření a absorbátor. (2, 6)

Absorbovaná dávka D

$$D = \frac{\mathrm{d}\bar{\varepsilon}}{\mathrm{d}m} \qquad (\mathrm{Gy})$$

kde: $\bar{\varepsilon}$ – střední energie ionizujícího záření (J);
m – hmotnost objemového elementu (kg).

Absorbovaná dávka je definována jako podíl střední energie ionizujícího záření absorbovaný objemem látky o určité hmotnosti. Tato veličina sloužící k posouzení biologických účinků záření se nedá přímo měřit. Je základem k výpočtu veličin radiační ochrany. Nebere v potaz biologický účinek různých druhů záření. Jednotka se nazývá gray (Gy) s rozměrem $\mathrm{J{\cdot}kg^{-1}}$. Absorbovaná dávka 1 Gy odpovídá absorpci energie 1 J absorbované v 1 kg hmotnosti ozářené látky. Je to bodová veličina a musí být uvedeno prostředí, ve kterém byla měřena – např. v měkké tkáni, ve vzduchu. (4, 6, 7)

Dávkový příkon $\dot{D}$

$$\dot{D} = \frac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}t} \qquad (\mathrm{Gy{\cdot}\,s^{-1}})$$

kde: D – přírůstek absorbované dávky (Gy);
t – časový interval (s).

Dávkový příkon je definován jako změna dávky za jednotku času. Udává tedy přírůstek dávky, jak rychle se dávka mění. Vyjadřuje okamžitou situaci. Jednotkou je $\mathrm{Gy{\cdot}s^{-1}}$. Společně s dávkou se používá k hodnocení přímo ionizujícího záření. Pro zhodnocení nepřímo ionizujícího záření se používá veličina kerma a expozice. (4, 6, 7)

Kerma K

$$K = \frac{\mathrm{d}E_k}{\mathrm{d}m} \quad (\mathrm{Gy})$$

kde: E_k – kinetická energie ionizujícího záření (J);
m – hmotnost objemového elementu (kg).

Kerma je součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic uvolněných v důsledku interakce částic primárního ionizujícího záření v uvažovaném objemu látky. Tato bodová veličina charakterizuje působení nepřímo ionizujícího záření, tedy fotonového, tj. záření gama a neutronů a to z hlediska předávání energie primárních nenabitých částic částicím nabitým v jakémkoliv prostředí. Využívá se v metrologii. Jednotkou je 1 Gy. (4, 6)

Kermový příkon $\dot{K}$

$$\dot{K} = \frac{\mathrm{d}K}{\mathrm{d}t} \quad (\mathrm{Gy}\cdot \mathrm{s}^{-1})$$

kde: K – přírůstek kermy (Gy);
t – časový interval (s).

Kermový příkon je přírůstek kermy za časový interval. Udává se v $\mathrm{Gy}\cdot\mathrm{s}^{-1}$. (6)

Expozice X

$$X = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}m} \quad (\mathrm{C}\cdot \mathrm{kg}^{-1})$$

kde: Q – celkový elektrický náboj (C);
m – hmotnost objemového elementu (kg).

Expozice je bodová veličina definovaná výhradně pro fotonové záření ve vzduchu a to poměrem celkového elektrického náboje iontů jednoho znaménka vzniklých ve vzduchu při úplném zabrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny fotony v bodě objemu vzduchu o určité hmotnosti m. Jednotkou je $\mathrm{C}\cdot\mathrm{kg}^{-1}$. (4)

Expozice se používá k popisu ionizačních účinků fotonového záření – rentgenového a gama záření. Dnes se využívá prakticky jen v etalonáži ionizujícího záření a používá se místo ní spíš kerma (dávka) ve vzduchu nebo tkáni. Přírůstek expozice za časový interval se nazývá expoziční příkon. (4, 6)

2.2.2 Veličiny používané v ochraně před ionizujícím zářením

Efektivní dávka, ekvivalentní dávka a další níže uvedené neměřitelné veličiny jsou stanoveny k posouzení účinku různých druhů ionizujícího záření. Biologické účinky závisí na druhu ionizujícího záření a také na citlivosti orgánů a tkání. (6)

Měřitelné veličiny, neboli operační, jsou tři – prostorový dávkový ekvivalent $H^*(d)$, směrový dávkový ekvivalent $H'(d, \Omega)$ a osobní dávkový ekvivalent $H_p(d)$. Jsou to veličiny používané k limitování v radiační ochraně. (6, 8)

Dávkový ekvivalent H

$H = D \cdot Q$ (Sv)

kde: D – absorbovaná dávka (J);
Q – jakostní součinitel.

Dávkový ekvivalent bere v úvahu biologické účinky různých druhů ionizujícího záření pro daný bod ve tkáni či orgánu. Vztahuje se ke stochastickým účinkům, tedy k míře pozdních účinků, jako jsou nádory a genetické změny. Jakostní součinitel Q je pro rentgenové záření, záření gama a elektrony roven 1, charakterizuje různou kvalitu záření z hlediska jeho biologického účinku. Jednotkou je sievert (Sv) s rozměrem $J \cdot kg^{-1}$. (4, 6)

Osobní dávkový ekvivalent H_p

Osobní dávkový ekvivalent je určen k monitorování osob a měří se osobním dozimetrem. Je to dávkový ekvivalent v bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně d. Používá se pro limitování a to v hloubce 10 mm pro pronikavé záření a 0,07 mm pro ozáření kůže. Pro limitování oční čočky se bere hloubka 3 mm. (4, 6)

Prostorový dávkový ekvivalent $H^*(d)$

Prostorový dávkový ekvivalent je určen k monitorování prostředí v daném bodě. Měří se většinou pro hloubku (d) 10 mm usměrněného dávkového ekvivalentu na poloměru koule. (4, 6)

Směrový dávkový ekvivalent $H'(d, \Omega)$

Směrový dávkový ekvivalent se měří v prostředí v prostředí v daném bodě v poli záření. Je to dávkový ekvivalent na poloměru koule ve směru Ω a hloubce d (obvykle 0,07 mm). (6)

Ekvivalentní dávka H_T

$H_T = \Sigma\,(w_r \cdot D_{TR})$ (Sv)

kde: w_r – příslušný radiační váhový faktor;

D_{TR} – střední absorbovaná dávka záření ve tkáni nebo orgánu (Gy).

Ekvivalentní dávka je stanovena pro celé tělo a používá se ke stanovení deterministických účinků. Biologický účinek ionizujícího záření závisí nejen na absorbované dávce, ale i na jeho druhu. Je to součet součinů střední absorbované dávky orgánu či zasažené tkáně a radiačního váhového faktoru, který závisí na druhu a energii dopadajícího záření a vyjadřuje relativní biologickou účinnost jednotlivých typů záření vzhledem k záření fotonovému. Příspěvky od jednotlivých druhů záření se sčítají. Jednotkou je sievert (Sv). (2, 4, 6)

Radiační váhový faktor plní stejnou funkci jako jakostní součinitel Q, ale navíc zohledňuje i další okolnosti ozáření, jako je orientace těla vůči směru záření. Radiační váhový faktor je největší pro neutrony (hlavně středních energií) a částice α a nejmenší (= 1) je pro fotony a elektrony. Z toho vyplývá, že biologické účinky záření beta a gama jsou stejné, a pro alfu jsou konkrétně dvacetkrát větší. (4, 6, 7)

Efektivní dávka E

$E = \Sigma\,(w_T \cdot H_T)$ (Sv)

kde: w_T – příslušný tkáňový váhový faktor;

H_T – ekvivalentní dávka (Sv).

Efektivní dávka se používá pro limitování dávek a k hodnocení stochastických účinků, také k plánování a optimalizaci radiační ochrany a jako důkaz nepřekročení dávkových limitů. Je to součin tkáňových váhových faktorů ve všech orgánech a tkáních násobený jeho ekvivalentní dávkou. Jednotkou je sievert. (2, 6)

Tkáňový váhový faktor vyjadřuje relativní příspěvek daného orgánu či tkáně k celkové zdravotní újmě způsobené rovnoměrným celotělovým ozářením a to pro referenčního člověka, což je průměr jednotlivců obou pohlaví. Největší w_T je pro gonády (= 0,20) a dále 0,12 pro červenou kostní dřeň, tlusté střevo, plíce a žaludek. Nejmenší (= 0,01) je pro kosti a kůži. Dohromady dá vše 1 = 100 %. (6, 7)

Kolektivní dávka S

Kolektivní dávka je součtem efektivních, případně ekvivalentních dávek všech jedinců určité skupiny. Jednotkou je sievert a ke zdůraznění, že se jedná o dávku kolektivní, se někdy používá jednotka man-Sv. (4, 6)

Střední dávka v mléčné žláze D_G

$$D_G = K_i \cdot g \cdot c \cdot s \quad \text{(Gy)}$$

kde: K_i – dopadající kerma (J);

g – konverzní faktor převádějící K_i na střední dávku v mléčné žláze;

c – korekční faktor na složení prsu odlišného od 50% glandularity;

s – korekční faktor na spektrum rentgenky odlišné od kombinace Mo/Mo.

V mamografii se dávka na prs posuzuje hodnocením průměrné glandulární dávky. (9) Glandulární dávka je průměrná absorbovaná dávka při kraniokaudální projekci. Vyjadřuje radiační riziko spojené s mamografickým vyšetřením. Je vypočítávána ze záznamů expozic. Ke stanovení glandulární dávky je třeba znát hodnoty elektrického napětí (kV), elektrického množství (mAs), tloušťku komprimovaného prsu (mm) a materiál ohniska anody (Mo, Rh, W) a filtru (Mo, Rh, Ag, Al). V dnešní době jsou tyto údaje zaznamenávány automaticky ke každému snímku. Jednotkou je gray (Gy). (4)

Glandulární dávka se vypočítá vynásobením dopadající kermy, konverzního faktoru g převádějícího dopadající kermu na střední dávku v mléčné žláze, korekčního faktoru na složení prsu c a korekční faktoru na spektrum rentgenky s. (10)

Tabulka 2.1: Diagnostické referenční úrovně pro mamografická vyšetření (11)

Tloušťka fantomu (cm)	Ekvivalentní tloušťka prsu (cm)	Střední dávka v mléčné žláze [a)] při kranio-kaudální projekci (mGy)
3	3,2	1,3
4	4,5	2
4,5	5,3	2,5
5	6	3,3
6	7,5	5
7	9	7,3

a) Stanoveno ve fantomu prsu při použití filmu a fólie standardní citlivosti.

Diagnostické referenční úrovně jsou uvedeny ve Vyhlášce SÚJB 307/2002 Sb. o radiační ochraně ve znění Vyhlášky SÚJB 499/2005 Sb. Jsou to úrovně ozáření, u kterých se neočekává překročení hodnot při dodržení standardních postupů. (11) Každému zdravotnickému zařízení stanoví klinický radiologický fyzik pro jednotlivé místní standardy lékařského ozáření místní diagnostické referenční úrovně (MDRÚ) na základě středních dávek z jednotlivých pracovišť, vyšetřoven nebo rentgenových zařízení. Postup stanovení MDRÚ je popsán v Národních radiologických standardech pro radiologickou fyziku. Místní radiologické standardy musí být v souladu s národními radiologickými standardy. (12)

2.3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ

Účinky rentgenového záření vycházejí z jeho ionizujících vlastností. Ionizující záření vyvolává změny fyzikální, chemické i biologické. Změny vznikají následkem absorbování energie ve tkáni a jsou závislé na druhu záření, době expozice, počtu opakování a na aktuálním stavu ozařovaného organismu. Fyzikálním účinkem ionizujícího záření je především vzrůstání teploty vyvolané ionizací a excitací atomů. Chemickým účinkem je poškození nositelky genetické informace (DNA) a vznik volných radikálů. Biologickým účinkem je poškození a smrt buněk. (2, 3, 6) Biologické účinky se dělí na účinky stochastické a účinky deterministické. Tyto účinky jsou popsány v samostatné podkapitole „Vztah dávky a biologického účinku“.

Ionizující záření je ve větších dávkách nebezpečné, protože poškozuje tkáně a působí genetické změny. Účinky ionizujícího záření ve tkáních se liší dle radiosenzitivity a schopnosti reparace. Nejcitlivější jsou rychle dělící tkáně, jako jsou krevní buňky, střevní epitel a gonády. Nejméně citlivá je svalová a nervová tkáň. (2) Buňky jsou schopny radiační poškození reparovat, proto se kumulovaná dávka nezvyšuje úměrně s časem. Ke stanovení deterministických účinků se používá ekvivalentní dávka a ke stanovení stochastických účinků efektivní dávka. (6)

2.3.1 Mechanismus účinku záření na živou tkáň

Ionizující záření má za následek u buňky apoptózu, reparaci či mutaci. Apoptóza je programovaná buněčná smrt, která se od nekrózy liší koordinovanou autodestrukcí a chrání organismus před nádorovým bujením, které by vzniklo poškozením DNA. Buňka, která nestíhá včas opravit své poškození, se pro organismus stává rizikovou a je vhodnější ji zničit a nahradit novou buňkou. Pokud kontrolní mechanismy selžou, buňka mutuje a nese si dále své poškození, které dále předává svým klonům. Tím vzniká nádorové bujení. Reparace je schopnost sebeopravy zasažené buňky u reverzibilních změn. (4)

Proces účinku ionizujícího záření na živou tkáň probíhá ve čtyřech na sebe navazujících etapách, které se liší svou rychlostí a druhem probíhajících procesů: (1, 12)

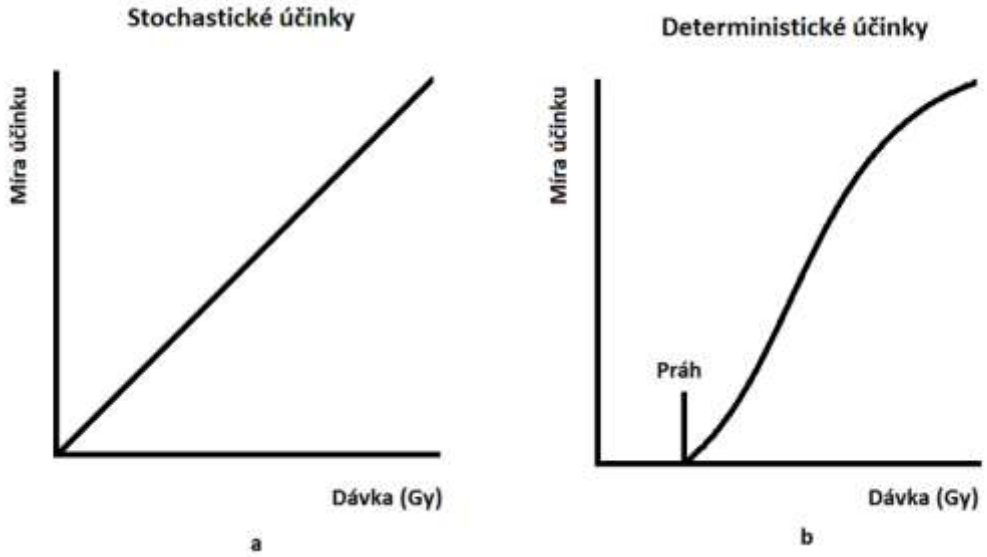
- *Fyzikální stádium* – ionizující záření předává energii ozářené hmotě (především orbitálním elektronům) formou ionizace a excitace. Excitace je vybuzený nestabilní stav, po kterém následuje deexcitace s vyzářením fotonu charakteristického záření. Tento proces je primární a nastává ihned po vystavení ionizujícímu záření. Ionizace je stav, kdy elektron získá energii dostatečnou nejen k přeskoku na vyšší energetickou hladinu, ale dostatečnou i k odtržení se od atomu. Vzniká tak volný záporně nabitý elektron a z atomu se stává kladně nabitý iont. Volný elektron může mít dostatečnou energii k další ionizaci prostředí.
- *Fyzikálně – chemické stádium* – ionizace a excitace naruší chemické vazby mezi atomy, ionty reagují s atomy, dochází k chemickým změnám a k tvorbě volných radikálů.
- *Chemické stádium* – vzniklé ionty a volné radikály reagují s organickými molekulami, jako je DNA, enzymy a proteiny, dochází ke změnám složení a funkce, především k jednoduchým a dvojitým zlomům molekuly DNA a atypickým vazbám.
- *Biologické stádium* – zahrnuje morfologické a funkční změny v celém organismu. Na buněčné úrovni dochází ke změnám v rámci sekund, v rámci celého organismu mohou změny probíhat celé roky – jako pozdní stochastické účinky. Mutace somatických buněk vede k rozvoji rakoviny a mutace reprodukčních buněk k dědičným chorobám potomků.

2.3.2 Vztah dávky a biologického účinku

Biologický účinek záření je závislý na velikosti absorbované dávky a s dávkou roste. Z hlediska vztahu dávky a účinku se rozlišují dva základní typy účinků – deterministické a stochastické. (2, 4) Vztah dávky a účinku je schematicky zobrazen na obrázku 2.1: (4)

- *Deterministické účinky* – vznikají akutně po vysokých dávkách v důsledku poškození buněk po přesáhnutí prahové hodnoty. V diagnostice deterministické účinky nehrozí, protože diagnostické dávky jsou nesrovnatelně nižší. Mezi deterministické účinky se řadí akutní nemoc z ozáření, radiační dermatitida a radiační katarakta. S rostoucí dávkou se zhoršují klinické projevy.

- *Stochastické účinky* – jsou bezprahové a mohou vznikat i při nízkých dávkách. Se zvyšující dávkou se zvyšuje pravděpodobnost vzniku stochastických účinků. Vznikají poškozením genetické informace. Zcela bezpečná není žádná dávka.(2, 4)



Obrázek 2.1: Schematické vyjádření stochastických (a) a deterministických účinků b) (6)

Na obrázku 2.1 lze vidět, že u stochastických účinků (a) se zobrazuje lineární vztah mezi dávkou a účinkem. Vyšší dávka tedy úměrně zvyšuje pravděpodobnost pozdních změn.

Deterministické účinky (b) mají práh, od kterého lze odhadovat možné následky ozáření. S vyšší dávkou roste intenzita projevů ozáření. Zobrazuje se esovitou křivkou, která zohledňuje funkční rezervu buněk. Efekt poklesu buněk je totiž znatelný až po překročení prahu. (4)

2.3.3 Vliv záření na vývoj plodu

V počátcích těhotenství se tělo ženy řídí pravidlem "vše nebo nic". Ozářený zárodek buď zanikne celý, nebo pokud je zasaženo pár buněk, tak je zničí a pokračuje ve vývoji bez vývojových následků. Kritickým časovým obdobím je 4. – 8. týden po oplození. Nepříznivý efekt vyvolává dávka kolem 50 mGy. Vladislav Klener také udává, že v časném fetálním období (mezi 8. – 15. týdnem) způsobí ozáření 1 Sv pokles IQ ze 100 na 70. V tomto období je plod ohrožen především poruchami nervového systému a mentální retardací. V pozdějším období je plod vnímavý k rozvoji leukémií a dětských malignit do 10 let věku. (4)

2.4 OCHRANA PŘED IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM

Legislativa se zabývá ochranou pacientů při radiodiagnostických vyšetřeních. Ze zákona č. 18/1997 Sb., zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů vyplývá, že cílem je provádět vyšetření při co nejnižší dávce, ale s co největší kvalitou umožňující stanovení diagnózy. (4)

K ochraně proti rozptýlenému záření se uplatňují následující tři způsoby ochrany: (4)

- *ochrana vzdáleností* – dávka klesá se čtvercem vzdálenosti, proto se od zdroje záření udržuje co největší odstup;
- *ochrana časem* – dávka je přímo úměrná času strávenému v blízkosti zdroje;
- *ochrana stíněním* – záření se stíní ochrannými pomůckami, stínit se musí radiosenzitivní orgány a tkáně, hlavně gonády a ovária, jsou-li blízko primárního svazku a nejsou-li oblastí zájmu.

Radiologický asistent volí vhodné ochranné prostředky pro pacienta. Nejvýznamnějším prostředkem k omezení radiační zátěže je vymezení svazku na co nejmenší pole oblasti zájmu. Mamografie je v radiační ochraně výjimečná právě tím, že se snímkuje pouze oblast zájmu – prs s přilehlými uzlinami. (4)

2.4.1 Principy a cíle radiační ochrany

Cílem radiační ochrany je usměrňovat expozici ionizujícího záření tak, aby se zabránilo deterministickým účinkům a snížilo se riziko stochastických účinků na rozumnou míru. (2)

Principy radiační ochrany: (2, 4)

- *Princip zdůvodnění* – vystavení ionizujícímu záření musí být zdůvodněné porovnáním veškerých přínosů, ztrát a nákladů. Nezdůvodněné je například využívat ionizující záření v hračkách a hlásičích požárů.
- *Princip optimalizace ochrany* – též nazýván princip ALARA. Dávky mají být tak nízké, jak je rozumně dosažitelné.
- *Princip aplikace dávkových limitů* – celková dávka jedince při plánovaných expozicích nemá překročit stanovené limity. Výjimkou je lékařské ozáření, to nepodléhá limitům.
- *Princip zajištění zdroje* – musí se zabránit možnému zneužití radioaktivních zářičů neoprávněnými osobami. A to především díky preventivním bezpečnostním opatřením.

2.5 MAMOGRAFICKÉ SCREENINGOVÉ VYŠETŘENÍ

Mamografické screeningové vyšetření je pravděpodobně nejefektivnější způsob, jak včas odhalit karcinom prsu a snížit úmrtnost na toto onemocnění. (13) Provádí se u žen nad 45 let jednou za dva roky. V České republice se provádí v akreditovaných mamografických centrech od roku 2002. U žen je karcinom prsu nejčastější příčinou úmrtí na nádorové onemocnění, proto je důležité ho včas podchytit, ale přitom nezpůsobit zbytečnou radiační zátěž. Při mamografickém vyšetření se využívá fotonů s nízkou energií, což umožňuje zachytit malé rozdíly absorbování rentgenového záření v prsní tkáni. (3)

2.5.1 Screeningové mamografické vyšetření (14, 15)

Mamografické vyšetření je prováděno na specializovaném diagnostickém přístroji, který se nazývá mamograf. Tento přístroj se skládá z rentgenky, anody, z krytu, filtrace, komprese, kolimační clony, Buckyho clony, generátoru a expozičního automatu. Cílem je dosáhnout nejvyšší kvality snímku za co nejnižší dávky z ozáření. Zvolené parametry jsou vždy kompromisem mezi kontrastem obrázku, jeho rozlišením, radiační dávkou a šumem.

Používané materiály u screeningového mamografického přístroje: (16)

- materiály terče anody – molybden, rhodium, wolfram;
- materiály filtru – molybden, rhodium, stříbro, hliník;
- možné kombinace – W/Rh, W/Ag, W/Al, Mo/Mo, Mo/Rh, Mo/Al, Rh/Rh.

Princip konvenčního mamografického vyšetření

V rentgence vznikají fotony rentgenového záření, ty procházejí prsem a dle složení tkáně jsou různě absorbovány. Zeslabené paprsky dopadají na receptor obrazu. (14, 15)

Princip digitální mamografie

Fyzikální princip digitální mamografie je stejný jako u konvenční mamografie. Jen absorbcí rentgenového záření v prsu nevzniká analogový obraz na rentgenovém filmu, ale obraz digitální na speciálním detektoru. Tento způsob přináší především možnost následné úpravy obrazu a to přímo na obrazovce bez nutnosti tištění snímků. Dalšími výhodami digitalizace je možnost nezávislého prohlížení na více počítačích a archivace v digitální podobě. Systém pro archivaci obrazů se nazývá PACS (picture archiving and communication system). Pro digitální obrazová data v medicíně je na celém světě využíván formát DICOM (digital imaging and communications in medicine). (3, 15)

Digitální mamografy se dělí na dvě základní skupiny: (3, 15)

- *Nepřímá digitalizace* – CR (computed radiography). Principem nepřímé digitalizace je nepřímá konverze. Scintilační detektor převádí rentgenové záření na fotony světla, ty se převedou na elektrický signál. Filmové kazety jsou při tomto způsobu nahrazeny paměťovou fotostimulující folií v kazetě. Výsledný latentní obraz se přečte laserem ve speciálním skeneru (digitizéru), digitální obraz se přenese do datového úložiště a obraz na folii je poté vymazán silným světlem. Takováto folie se opakovaně používá k dalším snímkům. Výhodou nepřímé digitalizace je přechod na digitalizaci bez nutnosti změny mamografického přístroje. Nevýhodou je manipulace s kazetami. Kazety mají rozměr 18x24 a 24x30 cm.
- *Přímá digitalizace* – DR (direct radiography). Principem přímé digitalizace je přímá konverze, což platí pro vrstvu flat panelu s amorfním selenem (při použití amorfního křemíku vzniká nepřímá konverze). Chybí světlo jako prostředník, což zmenšuje rozptyl světla. Matice plochých detektorů (flat panel) s vrstvou amorfního selenu převádí rentgenové paprsky přímo na elektrický impuls, který je po transformaci do digitální podoby dále zpracováván.

Rozlišení a kontrast obrazu (14, 15)

Rozlišení závisí na kontrastu, pohybové neostrosti, vzdálenosti, artefaktech a kompresi. Kontrast obrazu je rozdíl ve stupni zčernání mezi detailem struktury a okolím. Rozdíly zeslabení v prsu jsou velmi malé (výjimkou jsou kalcifikace) a to kvůli malému rozdílu hustot tkáně. K získání požadovaného kontrastu je potřeba nízkoenergetické měkké záření, protože vysokoenergetické záření kontrast snižuje. Kontrast zhoršuje rozptýlené záření a tohoto sekundárního záření je více u větších prsou, záleží tedy i na tloušťce prsu. Musí být zvolena dobrá komprese a omezeno pole záření kolimačními clonami. Kolimační clony u moderních mamografů vycloní oblast zájmu automaticky na formát 18 x 24 cm či 24 x 30 cm, dle zvolené kazety.

Sekundární záření odstíní Buckyho clona. Ohnisková vzdálenost je vzdálenost mezi anodovým terčem a detektorem obrazu. K dobrému rozlišení je potřeba mít co nejmenší ohnisko i vzdálenost objekt – detektor obrazu. Krátká expozice omezí pohybovou neostrost způsobenou dechem. Při delší expozici se zvyšuje dávka.

Efekt zeslabení anody

Heel efekt neboli efekt zeslabení anody je jev, který se projevuje nehomogenním rozložením intenzity rentgenového záření v rovině receptoru obrazu. Intenzita záření je největší u katodové strany, naopak nejmenší je u anodové strany, což je způsobeno tím, že fotony emitované směrem k anodě rentgenky procházejí silnější vrstvou materiálu anody, mají proto větší pravděpodobnost absorpce nebo rozptylu. Intenzita záření směrem od katody k anodě se může lišit až o 50 %. (15)

Heel efekt se projevuje tím více, čím menší je úhel sklonu rentgenky. Proto heel efekt ovlivňuje i maximální použitelnou velikost pole pro daný sklon terčíku. Např. pro pole 36 cm x 36 cm ve vzdálenosti 100 cm od ohniska není možné použít rentgenku se sklonem menším než 12°, rentgenka se sklonem terčíku 7° nesmí být ve vzdálenosti 100 cm ohniska použita pro větší pole než 25 cm x 25 cm. (15)

Heel efekt nachází uplatnění v mamografii, kdy se hutnější strana hrudní stěny pacientky umisťuje ke katodové straně rentgenky. Mamografické rentgenové systémy jsou již sestrojeny tak, že pacientka má hrudní stěnu u katodové strany. (15)

Bucky clona

Bucky clona je pohyblivá sekundární clona z lamel, kterou roku 1915 vynalezl Gustav Bucky. Je umístěna mezi prsem a detektorem. Snižuje sekundární záření a tím podstatně zlepšuje zobrazení. Nevýhodou clon je zvýšení expozice. Nelze používat normální sekvenční clonu, protože by absorbovala i měkké záření, které potřebujeme. Bucky clona se nepoužívá při snímkování zvětšených snímků. (15)

Rozdíly oproti skiagrafii

Mamografická technika je vysoce specializovaná k co nejlepšímu zobrazení prsní tkáně. Proto se nepoužívá skleněné výstupní okénko, ale beryliové, které propustí i měkké složky záření. Beryliové výstupní okénko je o tloušťce 1 mm. (15)

Komprese

Při mamografickém vyšetření je potřeba zobrazit celý prs, i s částí hrudní stěny a lymfatickými uzlinami, k tomu dopomáhá komprese. Komprese nesmí být bolestivá, proto se provádí přiměřeně pomalu. Senzitivita je individuální, proto je klientka poučena, že má upozornit, když ji komprese bolí. Komprese je prováděna pomocí kompresního zařízení. Dle typu mamografického přístroje se používají různé typy kompresních desek. (15, 17)

Výhody komprese: (14, 15)

- zmenšuje dávku stlačením prsu;
- vyrovnává tloušťku prsu;
- zlepšuje kvalitu obrazu zmenšením rozptýleného záření;
- homogenizuje tloušťku prsu, což umožňuje rovnoměrné zčernání;
- snižuje sumaci struktur;
- redukuje pohybové neostrosti dýchacími pohyby fixací prsu;
- zlepšuje geometrickou ostrost větším přitlačením k receptoru;
- zabezpečí vhodné polohování a zobrazení celého prsu;
- stlačením se také dočasně omezí průtok krve a dojde k částečné hypoxii buněk tkáně, čímž se sníží radiobiologický účinek rentgenového záření, neboť hypoxické buňky jsou vůči záření méně citlivé.

Síla komprese se pohybuje kolem 70 – 150 N, což odpovídá 7 – 15 kg. Dle profesora Daneše by hodnota komprese neměla překročit 200 N a nesmí překročit 300 N. V dnešní praxi se nejčastěji používá komprese 90 – 110 N. Komprese je volena individuálně, aby byla dostatečná, ale nebolestivá. Dostatečná komprese se pozná tak, že kůže bude napjatá, tuhá a poklep nevyvolá deformaci. Žena většinou kompresi snáší lépe, když je na ni připravena. Kompresní deska a detektor se musí pravidelně dezinfikovat. (15)

Projekce

Standardně se používají dvě následující projekce: (15)

- *Kraniokaudální projekce* (CC) – při této projekci je detektor rovnoběžně s podlahou, rentgenka směřuje kolmo k podlaze. Kůže po kompresi musí být bez záhybů.
- *Mediolaterální šikmá projekce* (MLO – medio lateral oblique) – při této projekci paprsek směřuje od horní vnitřní k dolní zevní části prsu. Držák kazety (Bucky clona) svírá úhel 30 – 60° od horizontály, aby byla kazeta paralelně s pacientčiným musculus pectoralis major. U štíhlých žen je volen vertikálnější sklon 55 – 60°, u silnějších žen 30 – 45°, u žen standardního typu 45°.

Přídatné projekce: (15)

- bočná projekce (mediolaterální, lateromediální);
- projekce s bodovou kompresí;
- mamografie se zvětšením;
- projekce na oblast intramamární rýhy;
- projekce na axilární výběžek;
- kaudokraniální projekce;
- lateromediální šikmá projekce;
- tangenciální projekce;
- projekce na implantovaný prs;
- projekce na jizvu po mastektomii;
- mamografie preparátu.

Kritéria správného provedení projekcí

Na správném snímku při standardní projekci jsou oba prsy zobrazeny zrcadlově symetricky, okraje dobře patrné, okraj prsu s okrajem receptoru obrazu svírá úhel 40 – 45°, bradavka je zobrazena z profilu, je viditelný intramamární záhyb. Musí být zobrazeno co nejvíce tkáně. (15)

- *Kraniokaudální projekce* – při této projekci je třeba zachytit co nejvíce prsní tkáně, což často není možné vzhledem k zakřivení hrudníku. Preferuje se mediální část hrudníku, protože laterální část bude dobře zachycena v mediolaterální projekci. (15)
- *Mediolaterální projekce* – dolní okraj prsního svalu je v úrovni bradavky, obrazy jsou stranově symetrické. Správně komprimovaný prs má kůži bez záhybů, prs s bradavkou není svěšen. (15)

2.5.2 Screeningový program pro karcinom prsu v České republice

Karcinom prsu je nejčastějším zhoubným nádorem u žen. Národní program screeningu nádoru prsu v České republice byl zahájen v roce 2002 a ukázal se jako fungující nástroj ke snižování úmrtnosti na toto onemocnění. Ministerstvo zdravotnictví České republiky eviduje k 1. lednu 2015 celkem 68 akreditovaných center mamografického screeningu. Počet nálezů má zvyšující se tendenci. Je tomu i proto, že jsou častěji zachycena časná stádia, která však mají téměř stoprocentní pravděpodobnost úplného vyléčení. Díky screeningovému programu a modernější diagnostice i léčbě se daří snižovat úmrtnost na toto onemocnění.

V roce 2014 bylo zdravotními pojišťovnami zahájeno adresné zvaní žen k vyšetření, což přispělo ke zvýšení účinnosti screeningového programu. Hlavním přínosem pravidelného mamografického vyšetření je zobrazitelnost nádorů prsu v preklinické fázi, kdy si ho klientka ještě nemůže ani nahmatat. Tomuto období zobrazitelnosti předchází hmatné stádium o celé 2 – 3 roky. Proto se mamografický screening provádí periodicky každé dva roky. (5, 14) Pozitivní výsledky screeningu občas zpochybňují kritici. Ti poukazují především na nálezy karcinomů prsů, které by bez mamografické vyšetření nepropukly. Tento negativní dopad screeningu bývá zveličován a chybně interpretován, což má za následek zbytečný strach z mamografického vyšetření. Účinnost a přínosy mamografické vyšetření vysoce převažují nad riziky. (17, 18)

Každoročně jsou ke konci listopadu zveřejněny výsledky z hodnocení Programu mamografického screeningu v České republice za uplynulý rok. Aktuální průzkum byl zveřejněn v listopadu 2015 na www.mamo.cz. Jedná se o oficiální výsledky Programu mamografického screeningu v České republice za rok 2014. Průzkum byl vytvořen Institutem biostatistiky a analýz. (19)

Za rok 2014 bylo provedeno mamografické screeningové vyšetření u 683 259 žen, což je největší počet vyšetření za rok v dosavadní historii programu. Celkem se od roku 2002 provedlo přes 5 a půl milionu screeningových mamografií. Od roku 2002 byl zhoubný nádor prsu odhalen u 28 813 žen. Karcinomy prsu byly odhaleny většinou v časných stádiích a tedy i úspěšně léčitelných. V lednu 2014 se zahájilo adresné zvaní žen na mamografické screeningové vyšetření a to všemi zdravotními pojišťovnami. (19)

Bylo prokázáno, že mamografický screening snižuje mortalitu na karcinom prsu a přínosy tohoto vyšetření znatelně převyšují možná rizika. (19)

2.5.3 Problematika ochrany štítné žlázy při screeningovém mamografickém vyšetření

Některé ženy se obávají, že mamografické vyšetření s sebou přináší riziko nádorového onemocnění štítné žlázy. Dle doktora Sechopouluse získá štítná žláza při průměrném mamografickém vyšetření zanedbatelnou dávku 3,3 μGy. Pan doktor Suchapoulos nedoporučuje stínění štítné žlázy ochranným límcem, protože to může bránit nastavení vhodné pozice prsu, způsobit artefakt na snímku a ovlivnit expoziční automatiku. Dále udává, že žádný orgán, kromě vyšetřovaného prsu, neobdrží během mamografického vyšetření dávku vyšší než 0,7 % dávky absorbované v prsní tkáni. (22, 23)

V roce 2011 obletěl svět e-mail se zprávou o nutnosti ochrany štítné žlázy při mamografickém a zubním vyšetření. Zprávu následně odborníci uvedli na pravou míru. Doktor Wendy Harpham upozornil, že používání ochrany štítné žlázy není nutné při každém vystavení paprskům X. Konstatuje, že dávka na štítnou žlázu při mamografickém vyšetření je extrémně nízká. Štítná žláza totiž není vystavena primárnímu svazku rentgenového paprsku a obdrží pouze malé množství rozptýleného rentgenového záření (méně než 0,005 mGy). To je dávka, kterou dostane člověk za půl hodiny z přírodního pozadí. Více než riziko nádoru štítné žlázy by pak hrozily artefakty – stíny na mamografickém obrazu, které by mohly ztěžovat diagnostiku. Proto se nedoporučuje používat chránič štítné žlázy při mamografickém vyšetření. Zpráva, díky které se mnoho žen začalo obávat účinků rentgenového záření, byla chybná. (26)

Jedna z největších populačních studií zaměřených na souvislost mezi karcinomem štítné žlázy a mamografií je Taiwanská studie (27). Tato studie dokazuje, že ženy, které podstoupily mamografické vyšetření, neměly významně vyšší riziko vzniku karcinomu štítné žlázy a hematologických testů v porovnání se skupinou žen, která mamografický screening nikdy nepodstoupila. Karcinom prsu je ve světě na předních příčkách v incidenci a mortalitě všech malignit u žen. Studie zdůrazňuje, že mamografie je jednoduchý, ale účinný nástroj při odhalování počátečních stádií rakoviny prsu, z nichž mnohé jsou v tu dobu asymptomatické. V Evropě a Severní Americe byly v posledních desetiletích prováděny pečlivé zkoušky ohledně vlivu mamografie na snížení mortality na karcinom prsu. Všeobecně se shodují, že mamografický screening je efektivní ve snižování úmrtnosti na karcinom prsu. Na základě zjištěných přínosům byly realizovány mamografické screeningové programy v mnoha vyspělých zemích. (27)

V Taiwanské studii, zaměřené na posouzení rizika rakoviny štítné žlázy způsobené mamografickým vyšetřením, publikují, že na Taiwanu je průměrná glandulární dávka oboustranné mamografie je 3,7 mGy pro digitální mamografii. Štítná žláza získala efektivní dávku maximálně 0,17 µSv. Hodnota tohoto rozptýleného záření na štítnou žlázu je nízká ve srovnání s jinými radiologickými metodami, jako je počítačová tomografie, srdeční katetrizace či angiografie. (27)

V Číně je dle Xianga (28) ze studie 420 expozic průměrná glandulární dávka 1,6 mGy, což je méně, než je uváděno v mezinárodních bezpečnostních standardech (IBSS).

Z českých lékařů se k problému vyjádřil např. pan profesor Jan Daneš, přednosta Radiodiagnostické kliniky 1. LF UK a VFN v Praze, podle kterého jde o šíření nesmyslné poplašné zprávy, protože neexistuje vědecky podložená studie, která by vyšší výskyt karcinomů štítné žlázy u žen, které i opakovaně absolvovaly mamografické vyšetření, potvrdila. V žádném z uznávaných screeningových mamografických programů ve světě není doporučováno ani požadováno chránit štítnou žlázu a ženy nemusí mít obavy z nadměrného ozáření. Ministerstvo zdravotnictví ani Státní úřad pro jadernou bezpečnost nepovažují požadavek používání ochranného límce za racionální. (29)

Paní primářka Helena Bartoňková z radiodiagnostického oddělení Masarykova onkologického institutu v Brně konstatuje: „*U mamografie – pokud je udělána správně – nehrozí žádná zřetelnější radiační zátěž štítné žlázy, takže se límce u mamografie nepoužívají.*

Ve většině mamografických center by ale měly být k dispozici ochranné zástěrky proti ozáření vaječníků. Při snímkování zubů je to něco jiného, tam je krční límec na ochranu štítné žlázy vhodný.“ (29)

2.5.4 Radiační zátěž při screeningovém mamografickém vyšetření

Typická hodnota efektivní dávky pro screeningové mamografické vyšetření se udává 0,1 mSv, což je dávka, kterou člověk získá z přírodního pozadí za asi 15 dní. Pro rentgenový snímek plic se udává hodnota 0,02 mSv, což znamená tři dny z přírodního pozadí. Rentgenový snímek pánve znamená radiační zátěž asi 0,7 mSv, což odpovídá 4 měsícům z přírodního pozadí. Při počítačové tomografii (CT) pánve obdrží člověk 10 mSv efektivní dávky, což odpovídá 4,5 roku. (24)

Tabulka 2.1: Typické hodnoty efektivních dávek pro vybraná rentgenová vyšetření (25)

Typické hodnoty efektivních dávek pro vybraná rentgenová vyšetření		
Diagnostický výkon	**Typická efektivní dávka (mSv)**	**Přibližná doba pro stejné ozáření z přírodního pozadí**
RTG plic (PA snímek)	0,02	3 dny
Screeningová mamografie	0,1	15 dní
RTG pánve	0,7	4 měsíce
CT hrudníku	8	3,6 roku
CT pánve	10	4,5 roku

Tabulka 2.2: Typické hodnoty efektivních dávek z přírody (24)

Typické hodnoty efektivních dávek z přírody	
Místo	**Typická efektivní dávka (mSv/rok)**
Let letadlem Tokyo – New York	0,2 za let
Přírodní pozadí v ČR	3,2
Z vesmíru	0,39
Z potravin	0,29
Ze země	0,5
Z radonu ve vzduchu	2
Pláže Guarapari v Brazílii	10

Tabulka 2.2 znázorňuje typické hodnoty efektivních dávek pro vybraná rentgenová vyšetření a tabulka 2.3 typické hodnoty efektivních dávek z přírody. Jednotlivé efektivní dávky je možné porovnat. Radiační zátěž z typické screeningové mamografie (0,1 mSv) přibližně odpovídá radiační zátěži získané při letu z Tokya do New Yorku (0,2 mSv). Ve srovnání s hodnotami většiny rentgenových snímků a obzvláště z CT vyšetření je patrné, že dávka z mamografického vyšetření je jedna z nejnižších.

Tabulka 2.3: Míra radiačního rizika (25)

Míra radiačního rizika	
Efektivní dávka (mSv)	**Riziko**
do 0,1	zanedbatelné
0,1 – 1	minimální
1 – 10	velmi nízké
10 – 100	nízké

V tabulce 2.4 je zobrazena klasifikace míry radiačního rizika. Lze vidět, že hodnota screeningové mamografie (0,1 mSv) je na pomezí zanedbatelného a minimálního rizika. Při porovnání s přírodním pozadím (3,2 mSv/rok) by srovnatelná dávka byla dodána až při 32. mamografickém vyšetření. Hodnota ozáření z mamografického vyšetření je získána díky přírodnímu pozadí za pouhých 15 dní. Radiační zátěž ze screeningového mamografického vyšetření je tedy zanedbatelná.

3 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je hodnocení glandulární dávky pro stanovené tloušťky prsní tkáně na akreditovaném mamografickém screeningovém pracovišti P-P Kliniky Kladno v časovém období leden až březen 2015. Tloušťky komprimovaného prsu jsou stanoveny dle pokynů uvedených v národních diagnostických referenčních úrovních (NDRÚ). Cílem je nasbírat data pro stanovené tloušťky komprimovaného prsu (2,1 cm, 3,2 cm, 4,3 – 4,7 cm, 5,1 – 5,5 cm, 5,8 – 6,2 cm, 7,3 – 7,7 cm, 8,5 – 9,5 cm) v daném časovém období a ze získaných hodnot graficky znázornit jejich závislost na napětí, elektrickém množství, kompresní síle apod. Dále získané hodnoty vyhodnotit a porovnat s místními diagnostickými referenčními úrovněmi a s hodnotami glandulárních dávek, které jsou uvedeny v protokolu dlouhodobé stability ze zkoušek dlouhodobé stability.

Nejprve je potřeba shromáždit indikovaná data o screeningových mamografických vyšetřeních z tohoto období. Dále ze zjištěných dat analyzovat výsledky, sestavit je do tabulek a grafů a porovnat, zda glandulární dávka, kterou indikuje mamografický přístroj, bude odpovídat vypočtené glandulární dávce, eventuálně určit odchylku mezi jednotlivými hodnotami glandulárních dávek. Počet klientek za dané období se bude pravděpodobně podobat Gaussově křivce, krajní tloušťky komprimovaného prsu budou méně zastoupeny. V bakalářské práci bude ověřen předpoklad, že se vzrůstající tloušťkou komprimovaného prsu se bude zvyšovat elektrické napětí, elektrické množství i glandulární dávka. Ověří se, pro jaké tloušťky komprimovaného prsu přístroj volí filtr rhodiový a pro které už filtr stříbrný.

Cílem je také z nashromážděných dat vybrat referenční mamografické vyšetření pro střední tloušťkou komprimovaného prsu (2,1; 3,2; 4,5; 5,3; 6,0 a 7,5 cm) k porovnání glandulární dávky vypočtené přístrojem a glandulární dávky vypočítané z údajů na snímku konkrétní klientky. Střední tloušťka je střední hodnota stanovených tlouštěk komprimovaného prsu.

4 METODIKA PRÁCE

Sběr dat pro statistické šetření byl prováděn na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti P-P Kliniky Kladno, s r.o. za časové období leden až březen 2015. V tomto časovém období bylo provedeno na tomto akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti 3 336 mamografických vyšetření. Realizace sběru dat byla započata v květnu 2015 a ukončena v září 2015. Data o jednotlivých mamografických vyšetřeních byla získána z DICOM 3.

Do statistického šetření byly zařazeny snímky se screeningového mamografického vyšetření. Snímky z diagnostického vyšetření prsu, snímky cílené, snímky se zvětšením, snímky na implantované prsy a snímky mužů nebyly do statistického šetření zařazeny z toho důvodu, že název bakalářské práce je zaměřen na screeningové mamografické vyšetření.

Data ke statistickému šetření byla indikována přístrojem Planmed Nuance od výrobce Planmed OY. Tento mamografický přístroj má minimální rozsah vysokého napětí 23 až 34 kV. Zdrojem vysokého napětí je vysokofrekvenční generátor. Materiálem přídatné filtrace je rhodium a stříbro. Wolframová anoda je rotačního typu. Vzdálenost ohnisko – receptor obrazu odpovídá 65 cm. Přístroj má digitální indikátor síly a tloušťky komprese. Detektoru je na bázi flat panelu s amorfním selenem. Expoziční automatika volí automaticky potřebné napětí a elektrické množství na základě tloušťky prsní tkáně při kompresi. Obličejový štít zabraňuje, aby se hlava pacientky dostala do primárního svazku rentgenového záření. Data jsou ukládána automaticky ve formátu DICOM 3 a ukládají se na minimální dobu 10 let. (20)

Shromažďovaná data byla rozdělena na data, která splňovala tloušťky komprimovaného prsu dle zadání bakalářské práce. Pokud data o tloušťce prsu neodpovídala, byla tyto data použita pro souhrnnou statistiku tlouštěk prsu na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti.

Data, která byla shromažďována pro statistické šetření:

- tloušťka komprimovaného prsu;
- tloušťka komprimovaného prsu, která odpovídá i tloušťkám pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní:
    - 2,1 cm;
    - 3,2 cm;
    - 4,3 – 4,7 cm;
    - 5,1 – 5,5 cm;
    - 5,8 – 6,2 cm;

- 7,3 – 7,7 cm;
- 8,5 – 9,5 cm.

- Pokud tloušťka prsu na mamografickém snímku v kraniokaudální projekci jak vlevo, tak vpravo odpovídala, výše stanoveným tloušťkám byly zaznamenávány níže uvedené parametry:
  - napětí – kV;
  - elektrické množství – mAs;
  - anoda – W;
  - filtry – Rh, Ag;
  - kompresní síla – N;
  - glandulární dávka – mGy.

Z celkového počtu 3 336 mamografických vyšetření provedených v časovém období leden až březen 2015 bylo použito 3 046 screeningových mamografických vyšetření pro souhrnnou statistiku na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti. Vyřazeno bylo tedy postupně 290 snímků. Jednalo se o snímky diagnostické, dále snímky cílené, snímky se zvětšením, projekce na implantované prsy či snímky mužů. Tyto snímky nebylo možné do statistiky o screeningovém mamografickém vyšetření žen použít. Ze zbývajících 3 046 klientek byly u všech snímků zaznamenány údaje o komprimované tloušťce prsu. Z počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření splňovalo stanové tloušťky komprimovaného prsu 860 screeningových mamografických vyšetření.

Ze shromážděných dat se ke každé stanovené tloušťce prsu vybralo referenční mamografické vyšetření, které odpovídalo střední tloušťce komprimovaného prsu (2,1; 3,2; 4,5; 5,3; 6,0 a 7,5 cm). Střední tloušťka komprimovaného prsu byla hledána z důvodu porovnatelnosti a reprodukovatelnosti výsledků dané skupiny. Pro konkrétní snímek se z uvedených údajů a za pomoci koeficientů *g*, *c* a *s* uveřejněných ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 6/2015 a v protokolu ze zkoušky dlouhodobé stability (10, 16) vypočítala glandulární dávka a následně byla hodnota porovnána s hodnotou indikovanou mamografickým přístrojem pro daný snímek. Samotný výpočet je obtížný, byla mi poskytnuta pomoc radiologickým fyzikem, který má k dispozici počítačový program pro výpočet glandulární dávky. Pod jeho kontrolou se údaje ze snímků zapsaly do počítačového programu, našly se vyhovující koeficienty pro danou hodnotu a byl spočítán výsledek. Koeficienty *g* a *c* bylo nutné interpolovat, aby byly výsledky přesné a porovnatelné. Samotné výpočty přesahují rámec této práce.

Glandulární dávka je průměrná absorbovaná dávka na prs při kraniokaudální projekci a vypočítává se ze záznamů expozic. Je potřeba znát vstupní parametry – elektrické napětí (U – kV), elektrické množství (Q – mAs), hodnota incidentní kermy (K_i – mGy) a hodnota polotloušťky (mm) pro konkrétní kombinaci anoda – filtr. V dnešní době jsou tyto údaje zaznamenávány automaticky ke každému snímku a nalezneme je po otevření konkrétního snímku v DICOM parametrech.

Počítačový program umožňuje výpočet glandulární dávky po zadání vstupních parametrů – tloušťky komprimovaného prsu, napětí, incidentní kermy a koeficientů g, c a s. Vzorec:

$$D_G = K^i \cdot g \cdot c \cdot s$$

Glandulární dávka se vypočítá součinem dopadající kermy, konverzního faktoru g převádějícího dopadající kermu na střední dávku v mléčné žláze, korekčního faktoru na složení prsu c a korekční faktoru na spektrum rentgenky s. (10)

Tabulky odpovídajících koeficientů lze nalézt ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 6/2015 (10). V tomto Věstníku jsou uvedeny všechny tabulky, které byly k výpočtu použity.

Pro výpočet byla vybrána referenční mamografická vyšetření se střední hodnotou, aby vyhovovala tabulkám ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky a omezilo se tak přepočítávání koeficientů.

Porovnání hodnot stanovených mamografickým přístrojem a vypočtených z údajů ze snímku pro konkrétní klientku reprezentující danou tloušťku komprimovaného prsu. Pro každou stanovenou tloušťku komprimovaného prsu byla vybrána jedna klientka, jejíž tloušťka komprimovaného prsu byla ve středních hodnotách stanovených tlouštěk komprimovaného prsu.

Střední hodnota tloušťky komprimovaného prsu byla volena následovně:

- 2,1 cm → 2,1 cm;
- 3,2 cm → 3,2 cm;
- 4,3 – 4,7 cm → 4,5 cm;
- 5,1 – 5,5 cm → 5,3 cm;
- 5,8 – 6,2 cm → 6 cm;
- 7,3 – 7,7 cm → 7,5 cm;
- 8,5 – 9,5 cm → 9 cm.

Postup pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní dle Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 6/2015:

Proces začíná sběrem dat o ozáření pacientů (dávkovou studií) pro screeningová mamografická vyšetření. Stanoví se střední dávky pro mamografický přístroj pro skupinu standardních pacientů nebo fantomů jako průměrná hodnota glandulární dávky. Tato hodnota se porovná s národními diagnostickými referenčními úrovněmi, pokud jsou k dispozici. V případě, že je hodnota vyšší než národní diagnostická úroveň, zjistí se příčiny a zjistí se, zda lze dávky snížit. Výsledná hodnota je místní diagnostická úroveň pro daný výkon a zdravotnické zařízení. (12)

Skupinou standardních pacientů se rozumí skupina alespoň deseti pacientů, ženy i muži dohromady. (12)

V mamografii jsou standardní tloušťky prsu po kompresi 2,1 cm, 3,2 cm, 4,5 cm, 5,3 cm, 6 cm, 7,5 cm a 9 cm. Střední dávka na přístroj se přednostně stanoví z klinických expozičních nastavení pro jednotlivé pacientky. Použije se maximální rozmezí ± 2 mm kolem definované standardní tloušťky prsu po kompresi pro prsa do 5,3 cm a maximální rozmezí ± 5 mm pro prsa 6 cm a více. Střední dávky a místní diagnostické úrovně se stanovují v přímo měřitelných veličinách. Výjimkou je mamografie, kde se střední dávka a místní diagnostické úrovně stanovují jako střední dávka v mléčné žláze. Místní diagnostické referenční úrovně se revidují jednou ročně. (12)

5 VÝSLEDKY PRÁCE

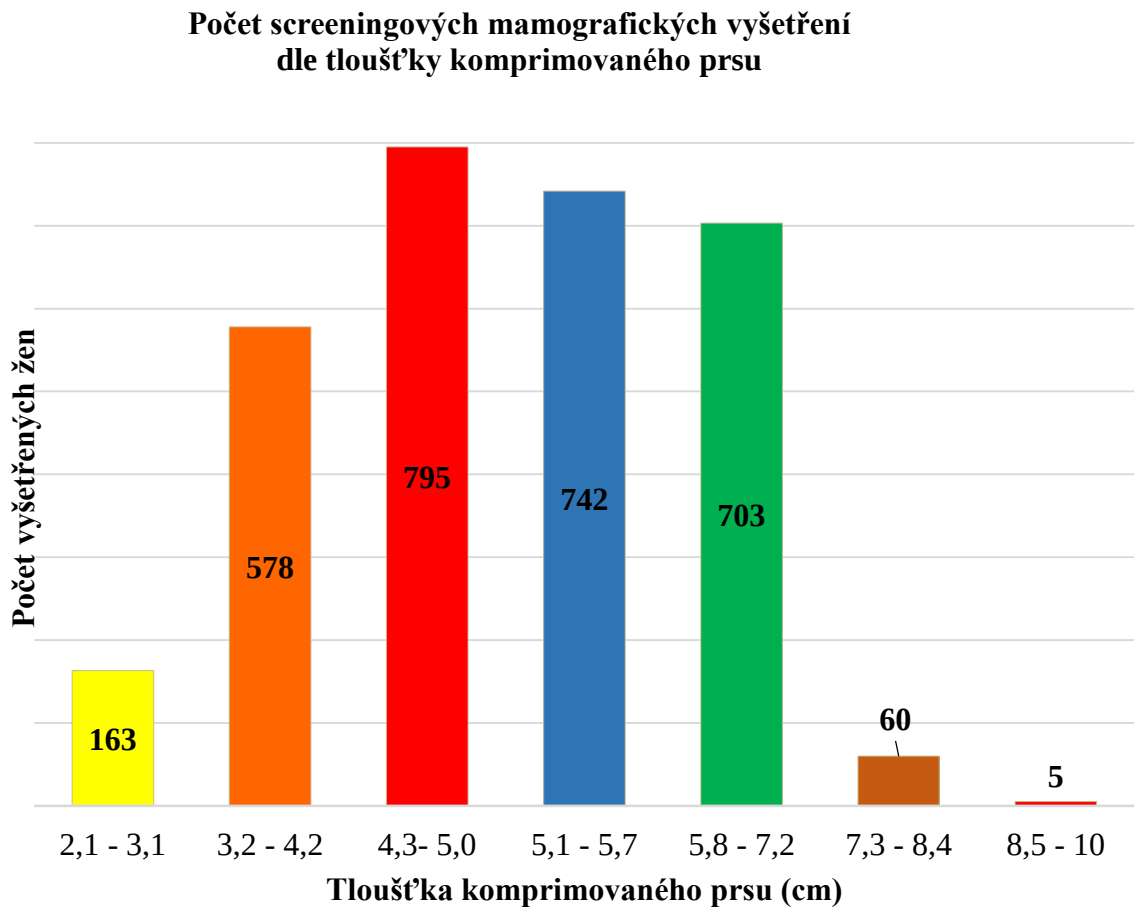
V tabulce 5.1 je zobrazen celkový počet screeningových mamografických vyšetření, která byla provedena na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti za časové období leden až březen 2015. Z tabulky 5.1 vyplývá, že nejvíce screeningových mamografických vyšetření bylo provedeno za měsíc březen. K celkovému statistickému šetření bylo použito 3 046 screeningových mamografických vyšetření, z tohoto počtu bylo 1 021 screeningových mamografických vyšetření provedeno za měsíc leden, 883 za měsíc únor a 1 187 za měsíc březen.

Dále z této tabulky 5.1 vyplývá, že nejvíce screeningových mamografických vyšetření bylo provedeno s tloušťkou komprimovaného prsu v rozmezí 4,3 až 5 cm. Z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření, byla tato tloušťka zastoupena u 795 screeningových mamografických vyšetření. Více o zastoupení jednotlivých tlouštěk vypovídá obrázek 5.1.

Tabulka 5.1: Celkový počet screeningových mamografických vyšetření za časové období leden až březen 2015

Celkový počet screeningových mamografických vyšetření za časové období leden až březen 2015				
Tloušťka komprimovaného prsu (cm)	**Leden**	**Únor**	**Březen**	**Suma**
2,1 – 3,1	59	45	59	163
3,2 – 4,2	199	151	228	578
4,3 – 5,0	266	211	318	795
5,1 – 5,7	245	199	298	742
5,8 – 7,2	233	208	262	703
7,3 – 8,4	18	22	20	60
8,5 – 10	1	2	2	5
Suma	**1021**	**838**	**1187**	**3046**

Na obrázku 5.1 je zobrazen celkový počet screeningových mamografických vyšetření dle tloušťky komprimovaného prsu, provedených na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti.



Obrázek 5.1: Počet screeningových mamografických vyšetření dle tloušťky komprimovaného prsu

Ve sledovaném období leden až březen 2015 bylo provedeno 3 046 screeningových mamografických vyšetření. Z toho obrázku vyplývá, že nejvíce byla zastoupena tloušťka 4,3 – 5 cm v celkovém počtu 795 mamografických vyšetření. Následovala tloušťka 5,1 – 5,7 cm s celkovým počtem 742 mamografických vyšetření, dále tloušťka 5,8 – 7,2 cm s počtem mamografických vyšetření 703. V tloušťce 3,2 – 4,2 bylo provedeno 578 mamografických vyšetření. Nejméně byla zastoupena tloušťka komprimovaného prsu 8,5 – 10 cm s počtem 5 vyšetření, více byla zastoupena komprimovaná tloušťka 7,3 – 8,4 cm v počtu 60 mamografických vyšetření a poslední tloušťka 2,1 – 3,1cm byla zastoupena ve 163 mamografických vyšetření.

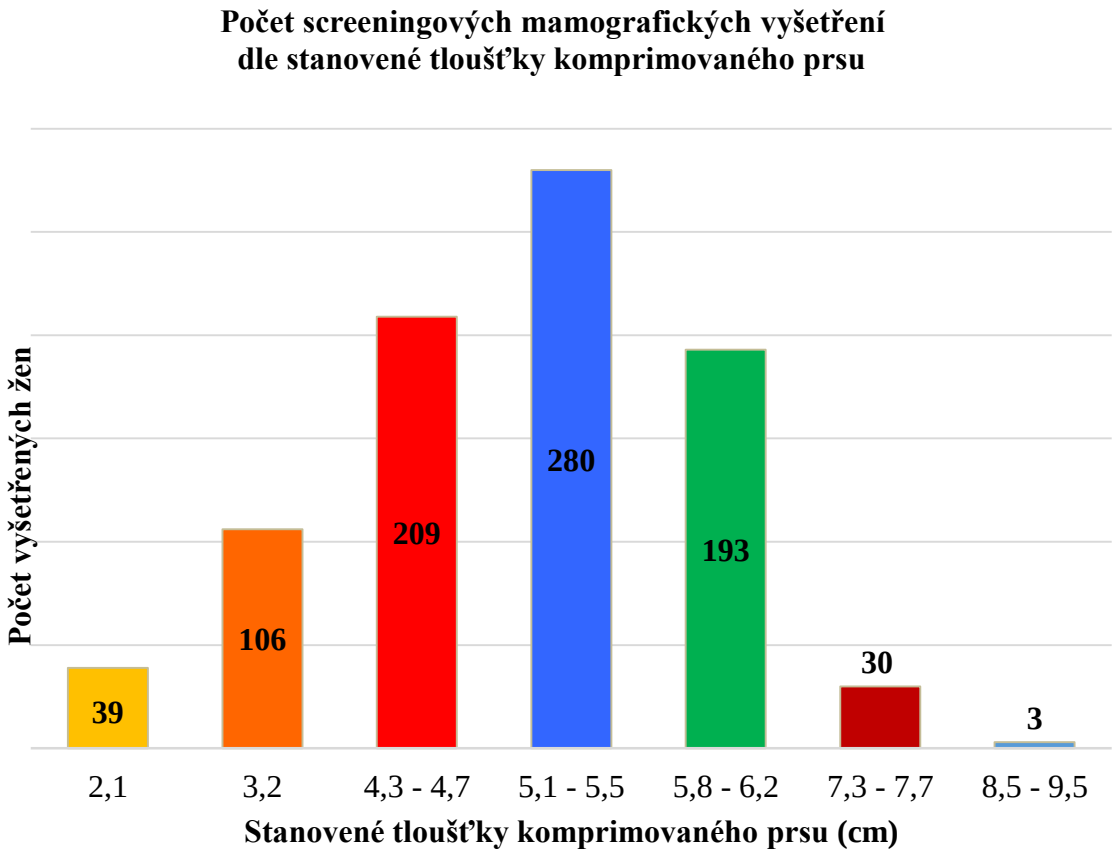
V tabulce 5.2 je zobrazen počet screeningových mamografických vyšetření na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti za časové období leden až březen 2015, který splňoval stanovené tloušťky komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní (MDRÚ). Stanovené tloušťky z celkového počtu 3 046 mamografických vyšetření splňovalo 860 screeningových mamografických vyšetření. Z celkového počtu 860 screeningových mamografických vyšetření, bylo 226 screeningových mamografických vyšetření provedeno za měsíc leden, 215 za měsíc únor a 419 za měsíc březen. Z tabulky 5.2 tedy vyplývá, že nejvíce screeningových mamografických vyšetření bylo provedeno za měsíc březen.

Dále z této tabulky 5.2 vyplývá, že nejvíce screeningových mamografických vyšetření bylo provedeno s tloušťkou komprimovaného prsu v rozmezí 5,1 – 5,5 cm. Z celkového počtu 860 screeningových mamografických vyšetření, byla tato tloušťka zastoupena u 280 screeningových mamografických vyšetření. Více o zastoupení jednotlivých stanovených tlouštěk vypovídá obrázek 5.2.

Tabulka 5.2: Celkový počet screeningových mamografických vyšetření dle stanovených tlouštěk komprimovaného prsu pro stanovení MDRÚ v časovém období leden až březen 2015

Celkový počet screeningových mamografických vyšetření dle stanovených tlouštěk komprimovaného prsu				
Tloušťka komprimovaného prsu (cm)	**Leden**	**Únor**	**Březen**	**Suma**
2,1	12	8	19	39
3,2	20	30	56	106
4,3 – 4,7	56	50	103	209
5,1 – 5,5	81	67	132	280
5,8 – 6,2	49	52	92	193
7,3 – 7,7	7	8	15	30
8,5 – 9,5	1	0	2	3
Suma	**226**	**215**	**419**	**860**

Na obrázku 5.2 je zobrazen počet screeningových mamografických vyšetření dle stanovené tloušťky komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní, provedených na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti.



Obrázek 5.2: Počet screeningových mamografických vyšetření dle stanovené tloušťky komprimovaného prsu

Ve sledovaném období leden až březen 2015 bylo provedeno 860 screeningových mamografických vyšetření. Z toho obrázku vyplývá, že nejvíce byla zastoupena tloušťka 5,1 – 5,5 cm v celkovém počtu 280 mamografických vyšetření. Následovala tloušťka 4,3 – 4,7 cm s celkovým počtem 209 mamografických vyšetření, dále tloušťka 5,8 – 6,2 cm s počtem mamografických vyšetření 193, v tloušťce 3,2 cm bylo provedeno 106 mamografických vyšetření. Nejméně byla zastoupena tloušťka komprimovaného prsu 8,5 – 9,5 cm s počtem 3 vyšetření, více byla zastoupena komprimovaná tloušťka 7,3 – 7,7 cm v počtu 30 mamografických vyšetření a poslední tloušťka 2,1 cm byla zastoupena v 39 mamografických vyšetření.

V tabulce 5.3 je znázorněn vývoj počtu mamografických vyšetření na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti za sledované období leden až březen 2015. V tabulce je pro jednotlivá období uveden celkový počet mamografických vyšetření, dále počet screeningových mamografických vyšetření a nakonec počet těch screeningových mamografických vyšetření, která spadala do stanovených tlouštěk komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní (MDRÚ).

Tabulka 5.3: Vývoj počtu mamografických vyšetření na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti v časovém období leden až březen 2015

Sledované období	**Celkový počet mamografických vyšetření**	**Celkový počet screeningových mamografických vyšetření**	**Celkový počet screeningových mamografických vyšetření vyhovujících ke stanovení MDRÚ**
Leden	1166	1021	288
Únor	908	838	235
Březen	1262	1187	337
Suma	**3336**	**3046**	**860**

Porovnáním tabulek 5.1 a 5.2 lze zjistit následující poznatky:

1. Kolik procent žen, které podstoupily screeningové mamografické vyšetření, splňovalo za dané časové období stanovené tloušťky komprimovaného prsu?
    - Za měsíc leden splňovalo stanovené tloušťky komprimovaného prsu 22 % (226 z 1021) vyšetřených žen na screeningovém mamografickém vyšetření;
    - za měsíc únor 26 % (215 z 838) vyšetřených žen;
    - za měsíc březen 35 % (419 z 1187) vyšetřených žen;
    - celkem splňovalo stanovené tloušťky komprimovaného prsu 28 % (860 z 3046) vyšetřených žen.
2. Kolik procent žen, které podstoupily screeningové mamografické vyšetření, splňovalo stanovené tloušťky komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní?
    - Tloušťku 2,1 cm splňovalo 24 % (39 ze 163) vyšetřených žen;
    - tloušťku 3,2 cm splňovalo 18 % (106 z 578) vyšetřených žen;
    - tloušťku 4,3 – 4,7 cm splňovalo 26 % (209 ze 795) vyšetřených žen;
    - tloušťku 5,1 – 5,5 cm splňovalo 38 % (280 ze 742) vyšetřených žen;
    - tloušťku 5,8 – 6,2 cm splňovalo 27,5 % (193 ze 703) vyšetřených žen;

- tloušťku 7,3 – 7,7 cm splňovalo 50 % (30 z 60) vyšetřených žen;
- tloušťku 8,5 – 9,5 cm splňovalo 60 % (3 z 5) vyšetřených žen.

V tabulce 5.4 je zobrazen souhrn získaných dat pro screeningové mamografické vyšetření dle stanovených tlouštěk komprimovaného prsu, která splňovala tloušťky potřebné pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní za období leden až březen 2015. Data byla získána ze vzorku 860 vyšetřených žen, jejich tloušťka komprimovaného prsu spadala do stanovených hodnot. Data byla sbírána vždy z obou kraniokaudálních projekcí, takže bylo podrobně zpracováno 1720 snímků.

Z tabulky 5.4 lze dále zjistit pro každou tloušťku komprimovaného prsu, jaké bylo použito napětí, elektrické množství, materiál anody a filtru, jaká byla použita kompresní síla a dále je v této tabulce uvedena glandulární dávka v mGy vypočtená mamografickým přístrojem. Z tabulky vyplývá, že tloušťka komprimovaného prsu 5,1 – 5,5 cm je pro volbu filtru přelomová, mamografický přístroj pro tuto skupinu volil v 60 % případů (338) filtr rhodiový a pro zbytek (222) filtr stříbrný.

Tabulka 5.4: Souhrn dat ze screeningových mamografických vyšetření, která splňovala tloušťku komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní

Tloušťka komprimovaného prsu (cm)	**Elektrické napětí (kV)**	**Anoda**	**Filtr**	**Elektrické množství (mAs)**	**Kompresní síla (N)**	**Glandulární dávka (mGy)**
2,1	29	W	Rh	43,4	86,5	0,85
3,2	30	W	Rh	55,4	90,1	0,98
4,3 – 4,7	31	W	Rh	76,3	93,3	1,28
5,1 – 5,5	31	W	Rh (338) Ag (222)	97,2	92,8	1,51
5,8 – 6,2	32	W	Ag	95,8	94,7	1,55
7,3 – 7,7	33	W	Ag	133,5	93,5	2,18
8,5 – 9,5	34	W	Ag	167,7	93,3	2,83
Průměr	31,4	W	Rh/Ag	95,6	92	1,6

Tato získaná data byla následně porovnávána s hodnotami získanými z protokolu zkoušky dlouhodobé stability a s místními diagnostickými referenčními úrovněmi akreditovaného screeningového mamografického pracoviště soukromého zdravotnického zařízení.

V tabulce 5.5 jsou zobrazeny národní diagnostické referenční úrovně. Tabulka 5.5 také ukazuje, jaká velikost polymethylmetakrylátového (PMMA) fantomu odpovídá stanoveným tloušťkám komprimovaného prsu při kraniokaudální (CC) projekci.

Tabulka 5.5: Národní diagnostické referenční úrovně (11)

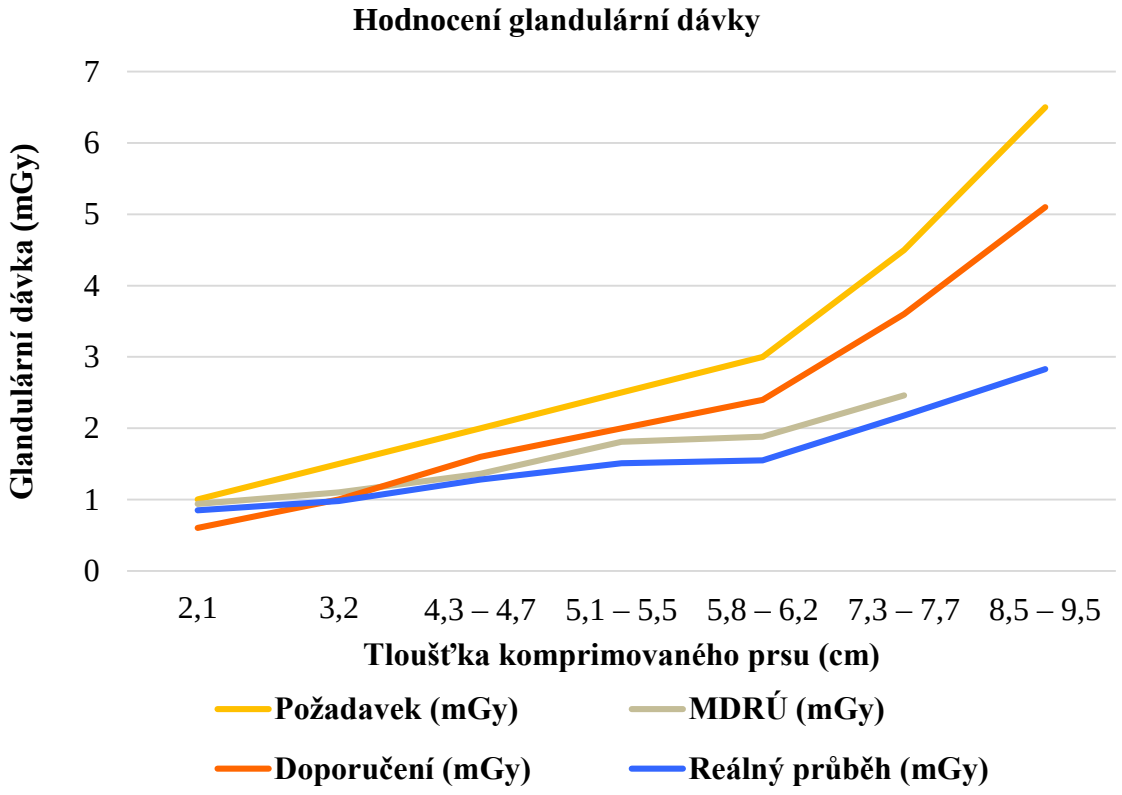
Národní diagnostické referenční úrovně		
Tloušťka PMMA fantomu (cm)	**Ekvivalentní tloušťka prsu (cm)**	**Střední dávka v mléčné žláze při CC projekci (mGy)**
3	3,2	1,3
4	4,5	2
4,5	5,3	2,5
5	6	3,3
6	7,5	5
7	9	7,3

V tabulce 5.6 jsou uvedeny místní diagnostické referenční úrovně akreditovaného screeningového mamografického pracoviště. Tyto hodnoty byly zpracovány radiologickým fyzikem z hodnot, které mu byly poskytnuty akreditovaným screeningovým mamografickým pracovištěm a jsou v souladu s národními diagnostickými referenčními úrovněmi. Hodnoty jsou sbírány dle stanové tloušťky v celkovém počtu 10 klientek z kraniokaudálních projekcí jak pravého, tak levého prsu. K těmto tloušťkám jsou poskytována pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní údaje o elektrické napětí, elektrickém množství, použité anodě a filtru, dále se uvádí použitá komprese a hodnota glandulární dávky v mGy.

Tabulka 5.6: Místní diagnostické referenční úrovně pro rok 2015 (21)

Místní diagnostické referenční úrovně pro rok 2015			
Tloušťka prsu (cm)	**MDRÚ D_G (mGy)**	**Doporučení (mGy)**	**Požadavek (mGy)**
2,1	0,94	< 0,6	< 1,0
3,2	1,1	< 1,0	< 1,5
4,3 – 4,7	1,36	< 1,6	< 2,0
5,1 – 5,5	1,81	< 2,0	< 2,5
5,8 – 6,2	1,88	< 2,4	< 3,0
7,3 – 7,7	2,46	< 3,6	< 4,5
8,5 – 9,5	-	< 5,1	< 6,5

Na obrázku 5.3 jsou porovnány glandulární dávky z tabulky 5.4 a hodnoty z místních diagnostických referenčních úrovní. Data z tabulky 5.4, neboli hodnoty glandulární dávky za období leden až březen 2015, jsou označeny jako reálný průběh.



Obrázek 5.3: Hodnocení glandulární dávky

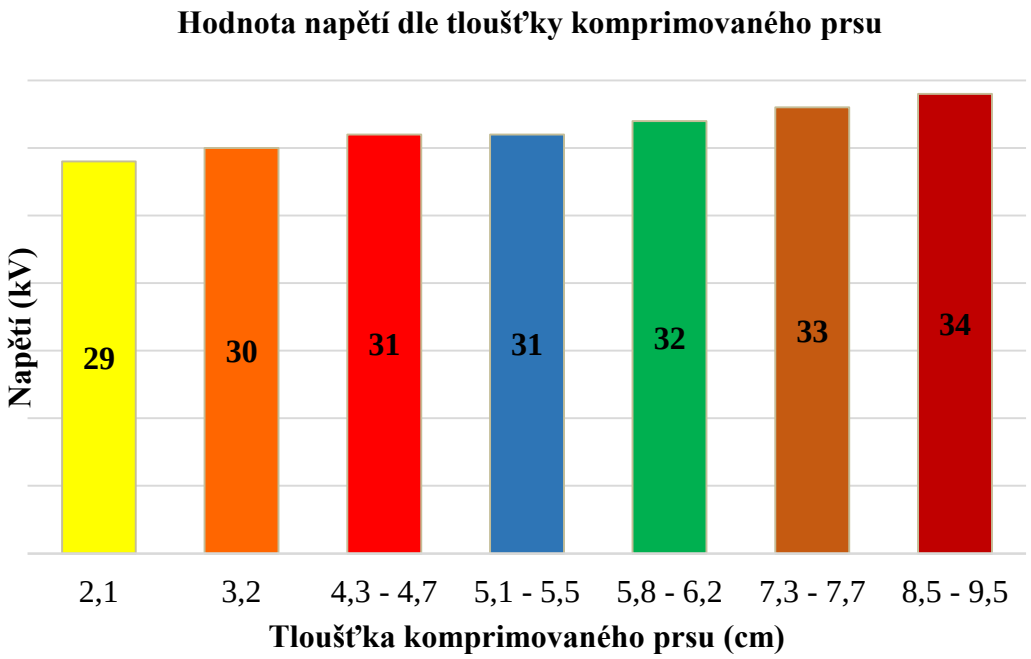
Z obrázku 5.3 vyplývá, že od tloušťky komprimovaného prsu 3,2 cm spadají všechny hodnoty glandulární dávky do požadovaných i doporučených hodnot stanovených v místních diagnostických referenčních úrovních. Doporučeným hodnotám nevyhovuje pouze tloušťka komprimovaného prsu 2,1 cm, což může být způsobeno malým vzorkem snímků referenčních mamografických vyšetření (39) pro tuto hodnotu. Hodnota místních diagnostických referenčních úrovní (MDRÚ) pro 8,5 – 9,5 cm nebyla pro malý počet snímků stanovena.

V tabulce 5.7 jsou zobrazeny hodnoty zkoušky dlouhodobé stability měřené jednou ročně na mamografickém pracovišti. Pro jednotlivé tloušťky komprimovaného prsu se sledují hodnoty elektrického napětí, elektrického množství, materiály filtru a anody a glandulární dávka. Tato indikovaná hodnota je porovnávána s daty ze screeningových mamografických vyšetření, která splňovala podmínky pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní.

Tabulka 5.7: Hodnoty ze zkoušky dlouhodobé stability na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti (16)

Hodnoty ze zkoušky dlouhodobé stability					
PMMA fantom (cm)	**Elektrické napětí (kV)**	**Elektrické množství (mAs)**	**anoda/ filtr**	**D_G (mGy)**	**Indikovaná hodnota D_G (mGy)**
2	29	35	W/Rh	0,8	0,69
3	30	51	W/Rh	1,03	0,9
4	31	77	W/Rh	1,44	1,25
4,5	31	102	W/Rh	1,78	1,56
5	32	94	W/Ag	1,81	1,52
6	33	127	W/Ag	2,36	2
7	35	154	W/Ag	2,99	2,77
Průměr	31,6	91,4	-	1,74	1,53

Na obrázku 5.4 jsou zobrazeny hodnoty elektrického napětí dle tloušťky komprimovaného prsu.

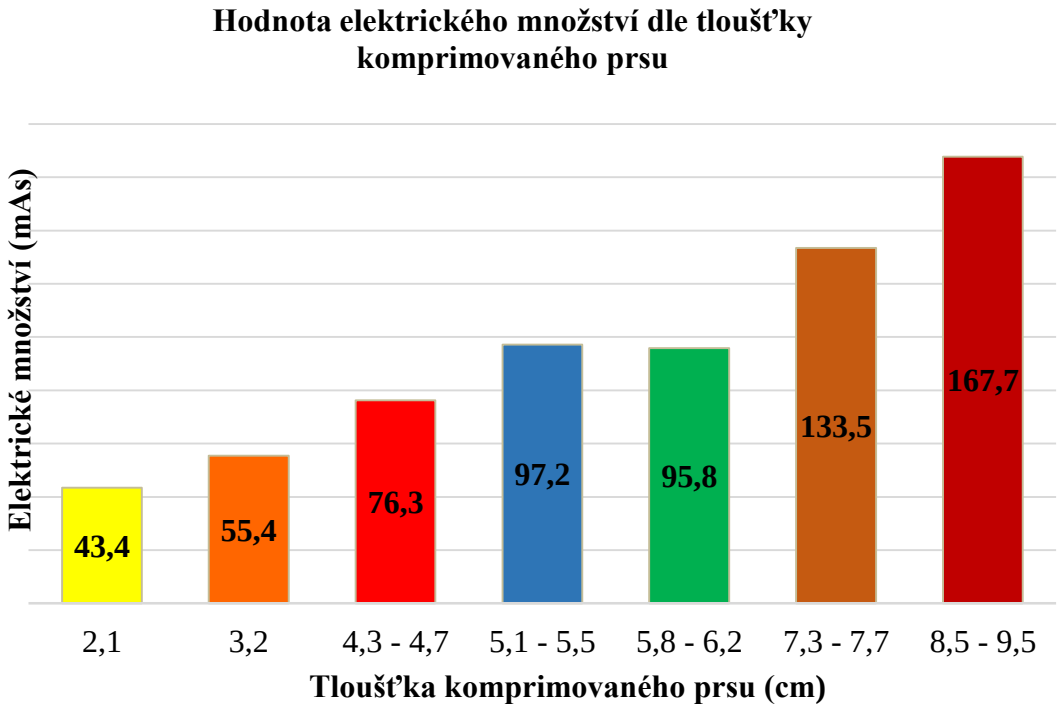


Obrázek 5.4: Hodnota elektrického napětí dle tloušťky komprimovaného prsu

Ve sledovaném období odpovídalo tloušťkám komprimovaného prsu 860 vyšetření, která splňovala podmínky pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Mamografický přístroj použil pro každou skupinu stanovených tlouštěk komprimovaného prsu vždy stejné elektrické napětí.

Obrázek 5.4 znázorňuje vzrůstající hodnotu elektrického napětí se vzrůstající tloušťkou komprimovaného prsu. Pro tloušťku 2,1 cm mamografický přístroj volí vždy 29 kV, pro 3,2 cm je to vždy 30 kV. Tloušťky komprimovaného prsu 4,3 – 4,7 a 5,1 – 5,5 cm mají vždy hodnotu elektrického napětí 31 kV. Pro 5,8 – 6,2 cm mamografický přístroj volil 32 kV. Pro 7,3 – 7,7 cm je voleno 33 kV a pro 8,5 – 9,5 je to 34 kV.

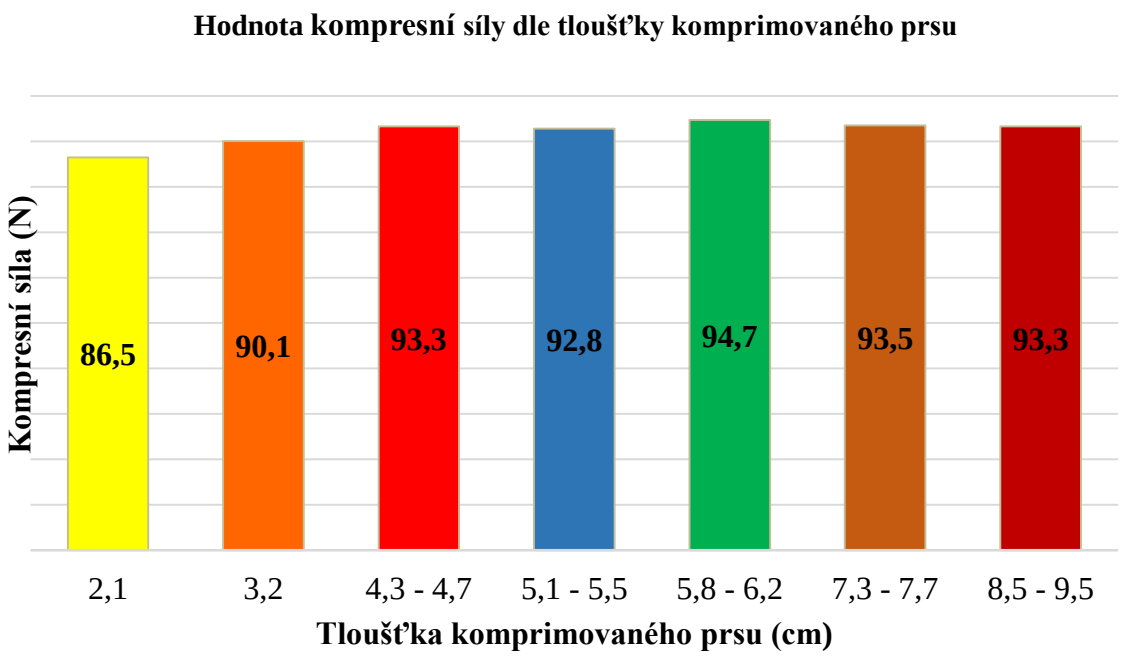
Na obrázku 5.5 jsou znázorněny hodnoty elektrického množství dle tloušťky komprimovaného prsu.



Obrázek 5.5: Hodnota elektrického množství dle tloušťky komprimovaného prsu

Z obrázku 5.5 vyplývá, že se zvyšující se tloušťkou komprimovaného prsu se zvyšují hodnoty elektrického množství. Výjimkou je tloušťka komprimovaného prsu 5,1 – 5,5 a 5,8 – 6,2, ale tyto hodnoty jsou srovnatelné (97,2 a 95,8 mAs). Nejmenší hodnota elektrického množství, tedy průměrně 43,4 mAs, je zastoupena u tloušťky komprimovaného prsu 2,1 cm. Největší hodnota, tedy průměrně 167,7 mAs, je mamografickým přístrojem volena pro tloušťku komprimovaného prsu 8,5 – 9,5 cm.

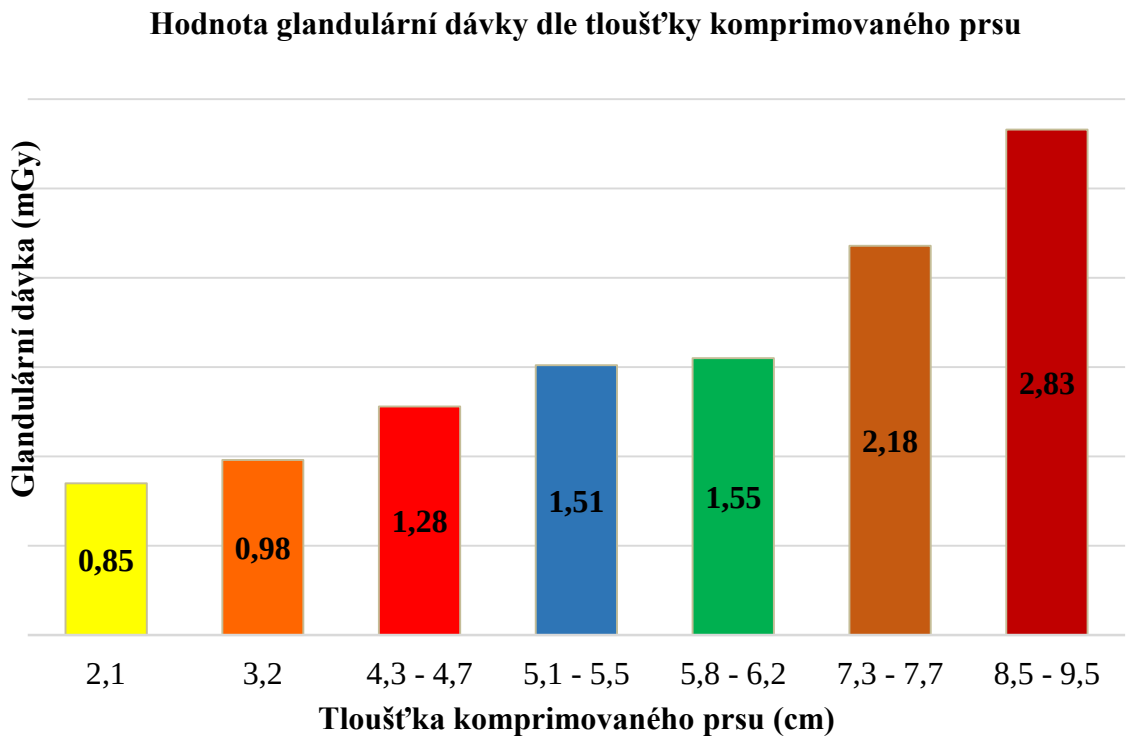
Na obrázku 5.6 jsou znázorněny hodnoty kompresní síly dle tloušťky komprimovaného prsu.



Obrázek 5.6: Hodnota kompresní síly dle tloušťky komprimovaného prsu

Z obrázku 5.6 vyplývá, že průměrná síla komprese se pohybuje od 86,5 N do 94,7 N. Nejčastěji byla zvolena hodnota komprese 90 a 100 N. Tloušťku komprimovaného prsu 2,1 cm mívají prsy složené převážně z tuku a s minimem mléčné žlázy. Takovéto prsy se špatně komprimují a vychází tedy značně nižší hodnota, než u ostatních tlouštěk komprimovaného prsu. V této skupině byla také nalezena vůbec nejnižší hodnota komprese za sledované období a to jednou 50 N. Nejvyšší použitá síla komprese byla 130 N a počet použití této kompresní síly se zvyšoval s tloušťkou komprimovaného prsu.

Na obrázku 5.7 je znázorněna hodnota glandulární dávky dle tloušťky komprimovaného prsu.



Obrázek 5.7: Hodnota glandulární dávky dle tloušťky komprimovaného prsu

Se zvyšující tloušťkou komprimovaného prsu se zvyšují hodnoty glandulární dávky. Z obrázku vyplývá, že nejmenší glandulární dávka (0,85 mGy) odpovídá tloušťce komprimovaného prsu 2,1 cm a největší (2,83 mGy) odpovídá rozmezí 8,5 – 9,5 cm.

Dalším cílem praktické části bakalářské práce bylo vybrat referenční mamografické vyšetření pro stanovené tloušťky komprimovaného prsu. Následuje porovnání hodnot stanovených mamografickým přístrojem a vypočtených z údajů ze snímku pro konkrétní klientku reprezentující danou tloušťku komprimovaného prsu.

V tabulce 5.8 jsou porovnány hodnoty stanovené mamografickým přístrojem a vypočtené z údajů ze snímku pro konkrétní klientku reprezentující danou tloušťku komprimovaného prsu. Pro každou stanovenou tloušťku komprimovaného prsu byla vybrána jedna klientka, jejíž tloušťka komprimovaného prsu byla ve středních hodnotách stanovených tlouštěk komprimovaného prsu. Střední hodnota tloušťky komprimovaného prsu byla volena dle postupu uvedeného v metodice práce a činila 2,1; 3,2; 4,5; 5,3; 6,0 a 7,5 cm.

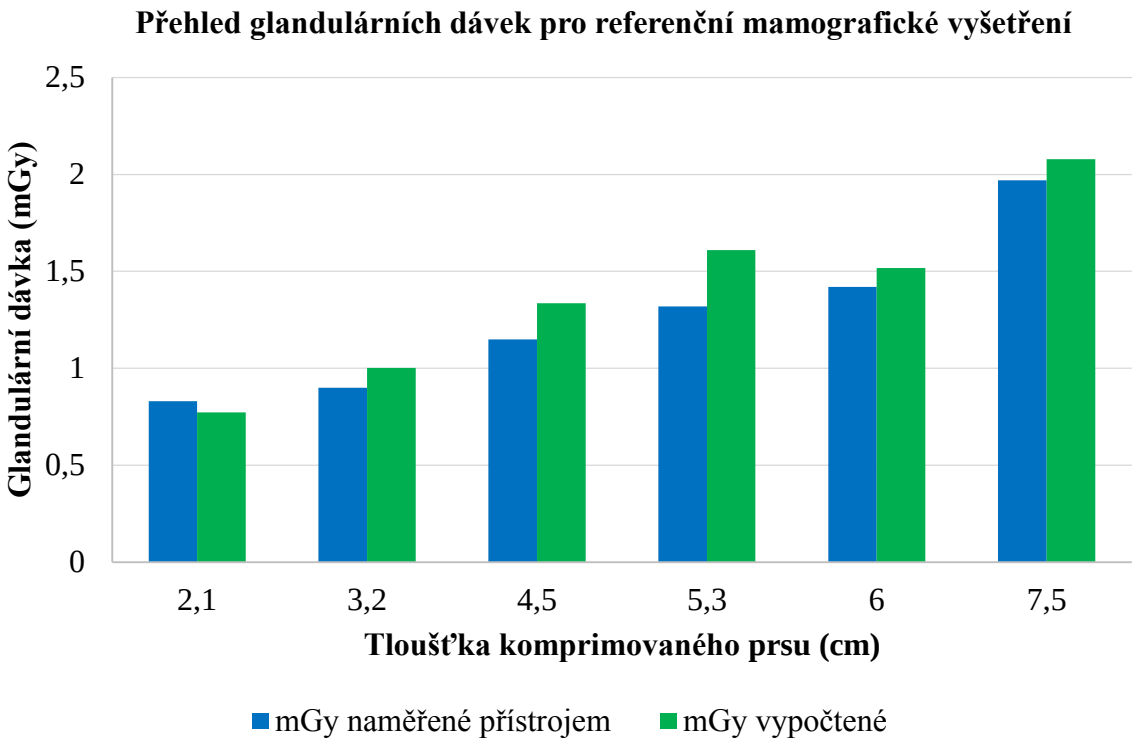
V poslední skupině se ze tří klientek, které vyhovovaly tloušťkám komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní, nenašla žádná, která by měla tloušťku komprimovaného prsu přesně 9 cm, proto se pro tuto hodnotu výsledky neuvádí.

V tabulce 5.8 je vyjádřen rozdíl mezi glandulární dávkou vypočtenou a indikovanou mamografickým přístrojem. Glandulární dávka vypočtená byla průměrně o 0,14 mGy vyšší, než indikovaná přístrojem. Maximální rozdíl je 0,29 mGy pro tloušťku komprimovaného prsu 5,3 cm. Nejmenší, dokonce záporný, je výsledek pro 2,1 cm. V této tloušťce komprimovaného prsu byla totiž glandulární dávka indikovaná přístrojem vyšší, než vypočtená.

Tabulka 5.8: Přehled glandulárních dávek pro referenční mamografické vyšetření

Tloušťka komprimovaného prsu (cm)	**Elektrické napětí (kV)**	**D_G indikovaná přístrojem (mGy)**	**D_G vypočtená (mGy)**	**Rozdíl (mGy)**
2,1	29	0,83	0,77	-0,06
3,2	30	0,9	1	0,1
4,5	31	1,15	1,34	0,19
5,3	31	1,32	1,61	0,29
6	32	1,42	1,52	0,1
7,5	33	1,97	2,08	0,11

Obrázek 5.8 graficky znázorňuje porovnání glandulární dávky indikované mamografickým přístrojem a vypočtené pro stejné referenční mamografické vyšetření.



Obrázek 5.8: Přehled glandulárních dávek pro referenční mamografické vyšetření

Pro každou střední tloušťku komprimovaného prsu byl vyhledán referenční snímek odpovídající střední tloušťce komprimovaného prsu z důvodu porovnatelnosti a reprodukovatelnosti výsledků dané skupiny. Pro konkrétní snímek se z uvedených údajů a za pomoci koeficientů z Věstníku Ministerstva zdravotnictví č. 6/2015 vypočítala glandulární dávka a následně byla hodnota porovnána s hodnotou indikovanou mamografickým přístrojem pro daný snímek. Z obrázku vyplývá, že indikovaná glandulární dávka je až na jednu výjimku vždy nižší, než dávka vypočtená. Výjimku tvoří nejmenší tloušťka komprimovaného prsu 2,1 cm s rozdílem pouhých 0,057 mGy. Největší rozdíl je pro tloušťku komprimovaného prsu 5,3 cm a to 0,29 mGy.

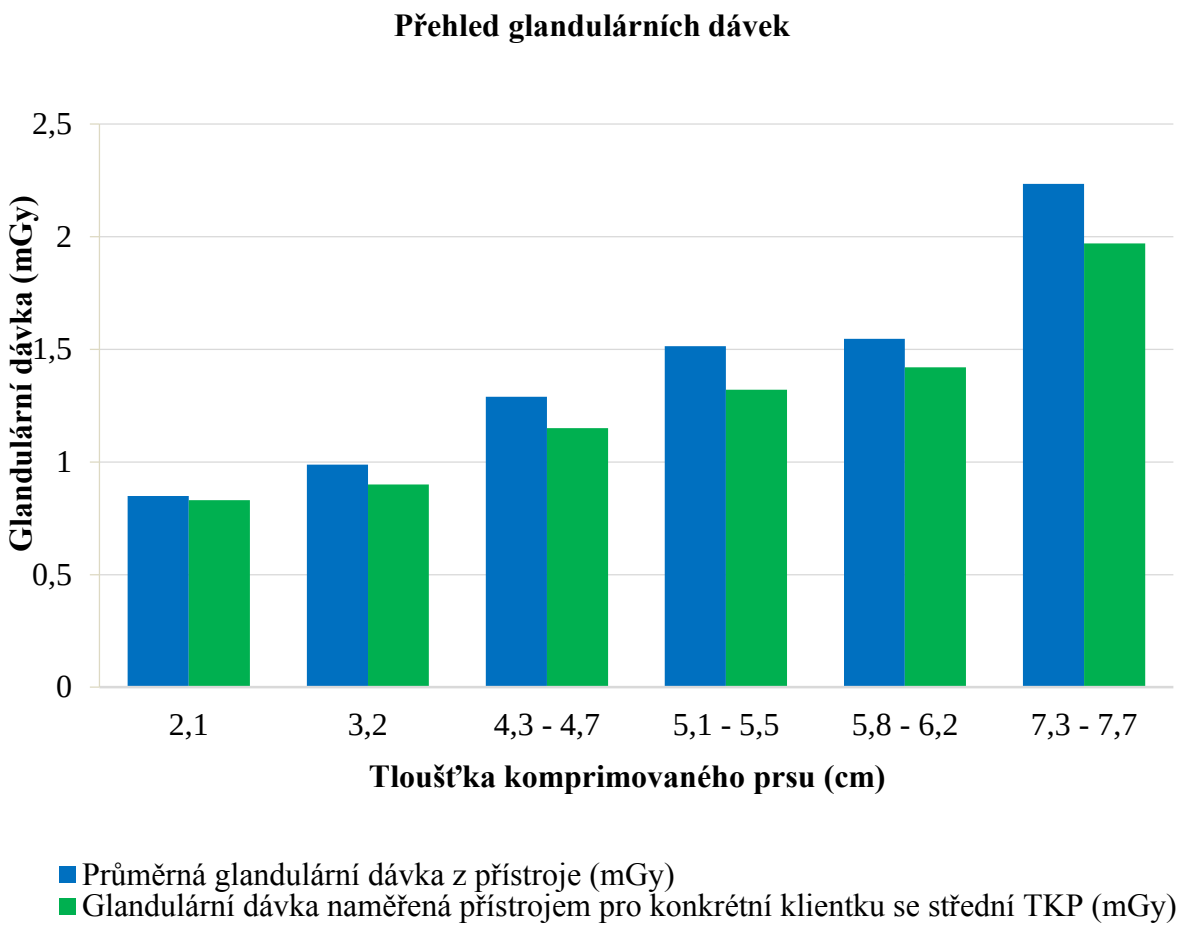
Tabulka 5.9 znázorňuje průměrné glandulární dávky pro danou tloušťku komprimovaného prsu ze všech screeningových mamografických vyšetření (860 žen, 1720 snímků) spadajících tloušťkou komprimovaného prsu do stanovených tlouštěk komprimovaného prsu pro výpočet místních diagnostických referenčních úrovní vzhledem ke glandulární dávce indikované pro konkrétní snímek. Průměrná glandulární dávka indikovaná přístrojem je průměr z glandulárních dávek všech snímků spadajících do konkrétní skupiny stanovených tlouštěk komprimovaného prsu. Dávka indikovaná přístrojem je pro konkrétní klientku se střední tloušťkou komprimovaného prsu. Průměrná glandulární dávka z přístroje je vždy vyšší, než indikovaná pro konkrétní snímek se střední tloušťkou komprimovaného prsu a to v průměru o 0,13 mGy.

Tabulka 5.9: Přehled glandulárních dávek průměrných pro danou skupinu a indikovaných přístrojem pro konkrétní referenční snímek

Tloušťka komprimovaného prsu (cm)	**Průměrná D_G z mamografického přístroje (mGy)**	**D_G indikovaná přístrojem pro konkrétní klientku se střední tloušťkou komprimovaného prsu (mGy)**	**Rozdíl (mGy)**
2,1	0,85	0,83	0,02
3,2	0,98	0,9	0,08
4,3 – 4,7	1,28	1,15	0,13
5,1 – 5,5	1,51	1,32	0,19
5,8 – 6,2	1,55	1,42	0,13
7,3 – 7,7	2,18	1,97	0,21

Obrázek 5.9 znázorňuje glandulární dávky pro všechna vyšetření spadající do stanovených tlouštěk komprimovaného prsu a glandulární dávky vypočtené pro referenční snímek se střední tloušťkou komprimovaného prsu.

Obrázek 5.9: Přehled glandulárních dávek průměrných pro danou skupinu a indikovaných přístrojem pro konkrétní referenční snímek



Z obrázku 5.9 vyplývá, že glandulární dávka stoupá s tloušťkou komprimovaného prsu. Hodnota glandulární dávky, která byla zprůměrována ze všech snímků daného rozmezí je vždy vyšší, než hodnota glandulární dávky indikované mamografickým přístrojem pro referenční snímek.

V tabulce 5.10 je zobrazen přehled glandulárních dávek pro jednotlivé stanovené tloušťky komprimovaného prsu. Výsledkem sběru dat k této bakalářské práci je průměrná glandulární dávka mamografického přístroje za období leden až březen 2015. Hodnoty průměrné glandulární dávky z mamografického přístroje jsou v průměru o 0,2 mGy nižší, než hodnoty místních diagnostických referenčních úrovní (MDRÚ). Tyto hodnoty jsou dále porovnávány s hodnotami ze zkoušky dlouhodobé stability a s národními diagnostickými referenční úrovněmi. Všechny zmíněné hodnoty národní diagnostické úrovně (NDRÚ) se značnou rezervou splňují.

Tabulka 5.10: Přehled glandulárních dávek

Tloušťka komprimovaného prsu (cm)	**Průměrná glandulární dávka z mamografického přístroje (mGy)**	**MDRÚ (mGy)**	**Glandulární dávka ze zkoušky dlouhodobé stability (mGy)**	**NDRÚ dle Vyhlášky č. 307/2002**
2,1	0,85	0,94	0,8	-
3,2	0,98	1,1	1,03	1,3
4,3 – 4,7	1,28	1,36	1,44	2
5,1 – 5,5	1,51	1,81	1,78	2,5
5,8 – 6,2	1,55	1,88	1,81	3,3
7,3 – 7,7	2,18	2,46	2,36	5
8,5 – 9,5	2,83	-	2,99	7,3

6 DISKUZE

V České republice se od roku 2002 provedlo 5 546 037 screeningových mamografických vyšetření. Z tohoto celkového počtu bylo provedeno za rok 2014 celkem 683 259 screeningových mamografických vyšetření. Tento počet byl dán především projektem s názvem „Systém podpory a prevence vybraných nádorových onemocnění v České republice – screeningové programy“. Tento projekt byl připraven ve spolupráci Ministerstva zdravotnictví se zdravotními pojišťovnami. Od začátku vzniku screeningového mamografického programu v České republice v roce 2002 byl karcinom prsu diagnostikován u 28 813 žen. Karcinomy prsu byly nejčastěji odhaleny v časných stádiích a jejich léčba byla i úspěšnější. Národní screeningový program karcinomu prsu, pomáhá podchytit karcinomy prsu včas, což snižuje mortalitu na toto nádorové onemocnění.

Screeningová mamografická vyšetření jsou v České republice prováděna na akreditovaných screeningových mamografických pracovištích nebo centrech, kterých je v současné době v České republice 68. Jedním z akreditovaných screeningových mamografických pracovišť je i P-P Klinika v Kladně. Na tomto akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti byla sbírána data pro bakalářskou práci, která se zabývala radiační zátěží při screeningovém mamografickém vyšetření.

Data byla sbírána za sledované období leden až březen 2015. V tomto časovém období bylo na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti P-P Kliniky Kladno provedeno celkem 3 336 jak screeningových, tak i diagnostických mamografických vyšetření. Z tohoto celkového počtu 3 336 mamografických vyšetření odpovídalo screeningovým mamografickým vyšetřením 3 046 vyšetření. Z celkového počtu 3 336 mamografických vyšetření bylo tedy vyřazeno 290 vyšetření, z toho důvodu, že nespadaly do screeningového mamografického vyšetření. Do screeningového mamografického vyšetření nespadají snímky diagnostické, snímky cílené, snímky se zvětšením, či snímky mužské prsní žlázy. Z 3 046 screeningových mamografických vyšetření byla data rozdělena na data, která splňovala tloušťku komprimovaného prsu v kraniokaudální projekci 2,1; 3,2; 4,3 – 4,7; 5,1 – 5,5; 5,8 – 6,2; 7,3 – 7,7; 8,5 – 9,5. Pokud data o tloušťce neodpovídala těmto rozmezím, byla tato data použita pro souhrnnou statistiku tlouštěk prsu na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti P-P Kliniky Kladno. Stanovené tloušťky z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření splňovalo 860 screeningových mamografických vyšetření.

U těchto vybraných screeningových mamografických vyšetření byly dále zaznamenány následující parametry: elektrické napětí (kV), elektrické množství (mAs), anoda (W), filtr (Rh, Ag), dále byla zaznamenávaná kompresní síla (N) a v neposlední řadě glandulární dávka získaná z mamografického přístroje (mGy).

Následně bylo z vybraných 860 screeningových mamografických vyšetření vybráno vždy jedno screeningové mamografické vyšetření, jako takzvané referenční mamografické vyšetření. Toto referenční mamografické vyšetření muselo odpovídat střední tloušťce komprimovaného prsu 2,1; 3,2; 4,5; 5,3; 6,0; 7,5 cm. Tato střední tloušťka komprimovaného prsu byla hledána z důvodu porovnatelnosti a reprodukovatelnosti výsledků dané skupiny. Pro konkrétní referenční mamografické vyšetření se z výše uvedených parametrů a za pomoci koeficientů vypočítala glandulární dávka, která byl následně porovnávána s hodnotami indikovanými mamografickým přístrojem pro dané mamografické vyšetření.

Ve sledovaném období leden až březen 2015 bylo provedeno celkem 3 046 screeningových mamografických vyšetření. Z tohoto počtu screeningových mamografických vyšetření byla nejvíce zastoupena tloušťka komprimovaného prsu v rozmezí 4,4 – 5,0 cm v počtu 795 vyšetření, následovala tloušťka 5,1 – 5,7 cm s počtem 742 vyšetření, dále byla hojně zastoupena i tloušťka 5,8 – 7,2 cm s počtem 703 vyšetření. Průměrně byla zastoupena tloušťka 3,2 – 4,2 cm v počtu 578 vyšetření. Nejméně byla zastoupena tloušťka 8,5 – 10 cm kde bylo nalezeno 5 vyšetření, následovala tloušťka 7,3 – 8,4 cm s počtem 60 vyšetření, v tloušťce 2,1 – 3,1 cm bylo provedeno 163 vyšetření.

Ve sledovaném období leden až březen 2015 bylo provedeno 860 screeningových mamografických vyšetření, která splňovala tloušťky komprimovaného prsu dle stanovených tlouštěk komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti P-P Kliniky Kladno. Z tohoto počtu screeningových mamografických vyšetření byla nejvíce zastoupena tloušťka komprimovaného prsu v rozmezí 5,1 – 5,5 cm v počtu 280 vyšetření, následovala tloušťka 4,3 – 4,7 cm s počtem 209 vyšetření, dále hojně byla zastoupena i tloušťka 5,8 – 6,2 cm s počtem 193 vyšetření. Nejméně byla zastoupena tloušťka 8,5 – 9,5 cm, kde byla nalezena 3 vyšetření, následovala tloušťka 7,3 – 7,7 cm s počtem 30 vyšetření, dále v tloušťce 2,1 cm bylo provedeno 39 vyšetření a v tloušťce 3,2 cm bylo provedeno 106 vyšetření.

Následující text se týká pouze screeningových mamografických vyšetření, u kterých byly splněny tloušťky komprimovaného prsu pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti P-P Kliniky Kladno za sledované období leden až březen 2015.

Za celé sledované období bylo pro **tloušťku komprimovaného prsu 2,1 cm** provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 163 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 2,1 – 3,1 cm. Z tohoto počtu 163 vyšetření odpovídalo 39 vyšetření stanovené tloušťce 2,1 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Pro těchto 39 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci, tedy 78 mamografických snímků, mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 29 kV a byl vždy použit rhodiový filtr. Průměrně tloušťce komprimovaného prsu 2,1 cm odpovídá elektrické množství v hodnotě 43,4 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 32 mAs a nejvyšší hodnota elektrického množství, která byla indikována, činila 58 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 86,5 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 50 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, či tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 110 N. Průměrná glandulární dávka byla 0,85 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka byla 0,63 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka byla 1,11 mGy. Vybrané referenční mamografické vyšetření s tloušťkou komprimovaného prsu 2,1 cm disponovalo následujícími parametry: elektrické napětí 29 kV, wolframová anoda, rhodiový filtr, elektrické množství 43 mAs, kompresní síla 90 N, glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem 0,83 mGy. Výpočtem ze stejných údajů o mamografickém vyšetření a za pomoci konverzních faktorů vyšla glandulární dávka 0,77 mGy. Vypočtená glandulární dávka byla tedy o 0,06 mGy nižší, než glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem.

Ve sledovaném období bylo pro **tloušťku komprimovaného prsu 3,2 cm** provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 578 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 3,2 – 4,2 cm. Z tohoto počtu 578 vyšetření odpovídalo 106 vyšetření stanovené tloušťce 3,2 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Pro těchto 106 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci, tedy 212 mamografických snímků, mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 30 kV a byl vždy použit rhodiový filtr. Průměrně této tloušťce komprimovaného prsu odpovídá elektrické množství v hodnotě 55,4 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 33 mAs a nejvyšší hodnota

elektrického množství, která byla indikována, činila 86 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 90,1 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 60 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, či tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 130 N. Průměrná glandulární dávka byla 0,98 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka byla 0,69 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka byla 1,48 mGy. Vybrané referenční mamografické vyšetření s tloušťkou komprimovaného prsu 3,2 cm disponovalo následujícími parametry: elektrické napětí 30 kV, wolframová anoda, rhodiový filtr, elektrické množství 51 mAs, kompresní síla 80 N, glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem 0,90 mGy. Výpočtem ze stejných údajů o snímku a za pomoci konverzních faktorů vyšla glandulární dávka 1,00 mGy. Vypočtená glandulární dávka je tedy o 0,1 mGy vyšší, než glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem.

Za sledované období bylo pro **tloušťku komprimovaného prsu 4,3 – 4,7 cm** provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 795 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 4,3 – 5,0 cm. Z tohoto počtu 795 vyšetření odpovídalo 209 vyšetření stanovené tloušťce 4,3 – 4,7 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Z těchto 209 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci tedy 418 mamografických snímků mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 31 kV a byl vždy použit rhodiový filtr. Průměrně této tloušťce komprimovaného prsu odpovídá elektrické množství v hodnotě 76,3 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 60 mAs a nejvyšší hodnota elektrického množství, která byla indikována, činila 103 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 93,3 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 60 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, či tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 130 N. Průměrná glandulární dávka byla 1,28 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka byla 1,01 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka byla 1,69 mGy. Vybrané referenční mamografické vyšetření s tloušťkou komprimovaného prsu 4,5 cm disponovalo následujícími parametry: elektrické napětí 31 kV, wolframová anoda, rhodiový filtr, elektrické množství 71 mAs, kompresní síla 100 N, glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem 1,15 mGy. Výpočtem ze stejných údajů o mamografickém vyšetření a za pomoci konverzních faktorů vyšla glandulární dávka 1,34 mGy. Vypočtená glandulární dávka je tedy o 0,19 mGy vyšší, než glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem.

Za celé sledované období bylo pro **tloušťku komprimovaného prsu 5,1 – 5,5 cm** provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 742 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 5,1 – 5,7 cm. Z tohoto počtu 742 vyšetření odpovídalo 280 vyšetření stanovené tloušťce 5,1 – 5,5 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Z těchto 280 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci tedy 560 mamografických snímků mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 31 kV a byl použit rhodiový filtr u 338 mamografických snímků a u 222 byl použit filtr stříbra. Průměrně této tloušťce komprimovaného prsu odpovídá elektrické množství v hodnotě 97,2 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 78 mAs a nejvyšší hodnota elektrického množství, která byla indikována, činila 128 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 92,8 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 60 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, či tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 120 N. Průměrná glandulární dávka byla 1,51 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka byla 1,17 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka byla 1,98 mGy. Vybrané referenční mamografické vyšetření s tloušťkou komprimovaného prsu 5,3 cm disponovalo následujícími parametry: elektrické napětí 31 kV, wolframová anoda, rhodiový filtr, elektrické množství 85 mAs, kompresní síla 90 N, glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem 1,32 mGy. Výpočtem ze stejných údajů o snímku a za pomoci konverzních faktorů vyšla glandulární dávka 1,61 mGy. Vypočtená glandulární dávka je tedy o 0,29 mGy vyšší, než glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem.

Ve sledovaném období leden až březen 2015 pro **tloušťku komprimovaného prsu 5,8 – 6,2 cm** bylo provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 703 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 5,8 – 7,2 cm. Z tohoto počtu 703 vyšetření odpovídalo 193 vyšetření, stanovené tloušťce 5,8 – 6,2 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Z těchto 193 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci, tedy 386 mamografických snímků, mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 32 kV a byl vždy použit stříbrný filtr. Průměrně této tloušťce komprimovaného prsu odpovídá elektrické množství v hodnotě 95,8 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 79 mAs a nejvyšší hodnota elektrického množství, která byla indikována, činila 124 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 94,7 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 70 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 130 N. Průměrná

glandulární dávka byla 1,55 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka 1,02 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka 1,99 mGy. Vybrané referenční mamografické vyšetření s tloušťkou komprimovaného prsu 6,0 cm disponovalo následujícími parametry: elektrické napětí 32 kV, wolframová anoda, stříbrný filtr, elektrické množství 88 mAs, kompresní síla 100 N, glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem 1,42 mGy. Výpočtem ze stejných údajů o mamografickém vyšetření a za pomoci konverzních faktorů vyšla glandulární dávka 1,52 mGy. Vypočtená glandulární dávka je tedy o 0,1 mGy vyšší, než glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem.

Za celé sledované období bylo pro **tloušťku komprimovaného prsu 7,3 – 7,7 cm** provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 60 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 7,3 – 8,4 cm. Z tohoto počtu 60 vyšetření odpovídalo celkem 30 vyšetření stanovené tloušťce 7,3 – 7,7 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Z těchto 30 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci tedy 60 mamografických snímků mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 33 kV a byl vždy použit stříbrný filtr. Průměrně této tloušťce komprimovaného prsu odpovídá elektrické množství v hodnotě 133,5 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 108 mAs a nejvyšší hodnota elektrického množství, která byla indikována, činila 165 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 93,5 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 70 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 120 N. Průměrná glandulární dávka byla 2,18 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka byla 1,61 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka byla 2,72 mGy. Vybrané referenční mamografické vyšetření s tloušťkou komprimovaného prsu 7,5 cm disponovalo následujícími parametry: elektrické napětí 33 kV, wolframová anoda, stříbrný filtr, elektrické množství 120 mAs, kompresní síla 90 N, glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem 1,97 mGy. Výpočtem ze stejných údajů o mamografickém vyšetření a za pomoci konverzních faktorů vyšla glandulární dávka 2,08 mGy. Vypočtená glandulární dávka je tedy o 0,11 mGy vyšší, než glandulární dávka stanovená mamografickým přístrojem.

Za sledované období leden až březen 2015 pro **tloušťku komprimovaného prsu 8,5 – 9,5 cm** bylo provedeno z celkového počtu 3 046 screeningových mamografických vyšetření 5 vyšetření, která splňovala rozmezí tloušťky komprimované prsní tkáně 8,5 – 10 cm. Z tohoto počtu 5 vyšetření odpovídala 3 vyšetření stanovené tloušťce 8,5 – 9,5 cm pro stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Z těchto 3 mamografických vyšetření, respektive jak pro pravou, tak i levou kraniokaudální projekci, tedy 6 mamografických snímků, mamografický přístroj zvolil vždy elektrické napětí 34 kV a byl vždy použit stříbrný filtr. Průměrně této tloušťce komprimovaného prsu odpovídá elektrické množství v hodnotě 167,7 mAs. Nejmenší hodnota elektrického množství byla 141 mAs a nejvyšší hodnota elektrického množství, která byla indikována, činila 187 mAs. Průměrná hodnota komprese byla 93,3 N. Nejčastěji byla zvolena síla komprese 90 N. Nejmenší hodnota komprese byla 90 N, nejpravděpodobněji z důvodu bolestivosti vyšetření, či tělesnou konstitucí klientky. Největší hodnota zvolené komprese byla 110 N. Průměrná glandulární dávka byla 2,83 mGy, nejmenší získaná glandulární dávka byla 2,46 mGy a nejvyšší získaná glandulární dávka byla 3,17 mGy. Střední tloušťce komprimovaného prsu 9,0 cm neodpovídalo za sledované období žádné mamografické vyšetření.

Jednotlivé glandulární dávky ze stanovených tlouštěk komprimovaného prsu byly porovnány s hodnotami ze zkoušky dlouhodobé stability, která je prováděna jednou ročně osobou se zvláštním povolením od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Dále byly tyto výsledky porovnány se současnými místními diagnostickými referenčními úrovněmi akreditovaného screeningového mamografického pracoviště P-P Kliniky Kladno a s národními diagnostickými referenčními úrovněmi. Je nutno uvést, že indikované hodnoty jak mamografickým přístrojem, tak hodnoty vypočtené, jsou nižší, než národní diagnostické referenční úrovně i místní diagnostické referenční úrovně. Z výsledku vyplývá, že mamografický přístroj odpovídá požadavkům pro provádění mamografického screeningu. Dalším požadavkem je povinnost používat pro screeningové mamografické vyšetření mamografické přístroje maximálního stáří osmi let. Každé akreditované screeningové mamografické pracoviště prochází reakreditacemi, při kterých se kontroluje jednak vybavení mamografického pracoviště, tak i kvalita mamografických snímků.

Hodnoty ze sledovaného období leden až březen 2015 v celkovém počtu 860 screeningových mamografických vyšetření, ve stanovených tloušťkách komprimovaného prsu, byly poskytnuty klinickému fyzikovi pro aktualizaci místních diagnostických referenčních úrovní.

Výsledky z bakalářské práce byly použity pro vytvoření jednoduché tabulky pro akreditované screeningové mamografické pracoviště P-P Kliniky Kladno. Tato tabulka obsahuje stanovené tloušťky komprimovaného prsu, u kterých je uvedeno elektrické napětí, rozmezí elektrického množství, jaký má být použitý filtr a hodnota dávky z místních diagnostických referenčních úrovní. Tato tabulka slouží radiologickým asistentkám, aby včas odhalily případnou poruchu mamografického přístroje. Důležité je aby si radiologické asistentky také uvědomily, že radiační zátěž při screeningovém mamografickém vyšetření je odvozena i od dostatečné komprese, proto je nutné tuto skutečnost klientce dostatečně a srozumitelně vysvětlit.

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na hodnocení glandulární dávky pro stanovené tloušťky komprimované prsní tkáně pro akreditované mamografické screeningové pracoviště P-P Kliniky Kladno v časovém období leden až březen 2015. Byla shromážděna data o 3 046 screeningových mamografických vyšetřeních z tohoto období. Tato data byla použita pro souhrnnou statistiku počtu žen dle tlouštěk komprimovaného prsu pro jednotlivé měsíce. Pro stanovené tloušťky komprimovaného prsu byly ze získaných hodnot graficky znázorněny hodnoty elektrického napětí, elektrického množství, kompresní síly a glandulární dávky. Získané hodnoty byly vyhodnoceny a porovnány s hodnotami ze zkoušek dlouhodobé stability a s místními diagnostickými referenčními úrovněmi. Všechny hodnoty glandulární dávky, jak indikované mamografickým přístrojem, tak vypočtené, jsou nižší, než národní diagnostické referenční úrovně i místní diagnostické referenční úrovně. Odpovídají tedy národním diagnostickým referenčním úrovním i požadovaným hodnotám akreditovaného screeningového mamografického pracoviště.

Pro referenční mamografické vyšetření se střední tloušťkou komprimovaného prsu každé skupiny byla vypočtena glandulární dávka z údajů ze snímku a porovnána s hodnotami indikovanými mamografickým přístrojem. Glandulární dávka vypočtená z údajů ze snímku byla průměrně o 0,14 mGy vyšší, než indikovaná přístrojem. Hodnoty glandulární dávky indikované mamografickým přístrojem a vypočtené lze považovat za srovnatelné.

Byla potvrzena hypotéza, že krajní tloušťky komprimovaného prsu budou méně zastoupeny. Grafy se vyvíjely podle předpokladu – se vzrůstající tloušťkou komprimovaného prsu se zvyšovala hodnota elektrického napětí, elektrického množství i glandulární dávka. Bylo ověřeno, že do tloušťky 4,7 cm komprimovaného prsu přístroj volí filtr rhodiový, tloušťka komprimovaného prsu 5,1 – 5,5 cm je přelomová a od tloušťky komprimovaného prsu 5,8 cm je volen pouze filtr stříbrný. Zadání bakalářské práce bylo splněno a cíle práce se podařilo naplnit.

Bakalářská práce byla přínosem pro akreditované mamografické screeningové pracoviště. Získaná data byla poskytnuta akreditovanému screeningovému mamografickému pracovišti P-P Kliniky Kladno k aktualizaci místních diagnostických referenčních úrovní. Výsledky bakalářské práce byly také použity pro vytvoření jednoduché tabulky, která slouží radiologickým asistentkám, aby včas odhalily případnou poruchu mamografického přístroje.

CITOVANÁ LITERATURA

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

(2) PODZIMEK, František. Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 9788001053195.

(3) FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén, 2015. ISBN 9788074921643.

(4) KLENER, Vladislav (ed.), Vladislav KLENER. Principy a praxe radiační ochrany. 1. vyd. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 8023837036.

(5) MARCH, Caleb. On This Day: Scientist Wilhelm Roentgen Discovers X-Rays [online]. 2011 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.findingdulcinea.com/news/on-this-day/November/Scientist-Wilhelm-Rontgen-Discovers-X-rays.html

(6) KUNA, Pavel a Leoš NAVRÁTIL. Klinická radiobiologie. 1. vyd. Praha: Manus, 2005. ISBN 8086571092.

(7) ŠVEC, Jiří, Jana CHMELOVÁ a Karol KORHELÍK. Radioekologie pro radiologické asistenty. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2006. ISBN 8073682192.

(8) HUŠÁK, Václav, Ivo PŘIDAL a Jaroslav PTÁČEK. Veličiny a jednotky dozimetrie a radiační ochrany: přehled definic a správné interpretace v oblasti lékařských aplikací ionizujícího záření. Praktická radiologie [online]. České Budějovice, b.r., 12(2), 26-28 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: 1211-5053

(9) BOUWMAN, R, R VAN ENGEN, K YOUNG et al.. Average glandular dose in digital mammography and digital breast tomosynthesis: comparison of phantom and patient data. Physics in Medicine and Biology [online]. 2015, 60(20), 7893-7907 [cit. 2015-11-26]. DOI: 10.1088/0031-9155/60/20/7893. ISSN 00319155. Dostupné z: http://stacks.iop.org/0031-9155/60/i=20/a=7893?key=crossref.15a053943d44a1bead1b8881bfc76f5b

(10) Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR: Střední dávka v mléčné žláze [online]. In: . Praha: SEVT, a. s., 2015, ročník 2015, číslo 6 [cit. 2016-04-12]. ISSN 76015006. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c6/2015_10291_3242_11.html

(11) Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně: Příloha č. 9, Tabulka č. 3. In: Předpis č. 307/2002 Sb. SÚJB, 2002.

(12) Biologické účinky ionizujícího záření: Základní stádia účinku ionizujícího záření na organismus. Astronuklfyzika [online]. Ostrava, b.r. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm

(13) GRIVA, Fay, Fotios ANAGNOSTOPOULOS a Gregory POTAMIANOS. Time Perspective and Perceived Risk as Related to Mammography Screening. Women & Health [online]. 2013, 53(8), 761-776 [cit. 2015-11-26]. DOI: 10.1080/03630242.2013.836140. ISSN 03630242. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03630242.2013.836140

(14) KODL, Otto a Eva JURSÍKOVÁ. Požadavky na mamografické zařízení screeningového pracoviště. Rentgen bulletin: informace - poznatky - rady - zkušenosti. [online]. SÚRO, 2005 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rentgen6-2005.pdf

(15) DANEŠ, Jan. Základy mamografie: vybrané kapitoly pro lékaře a laborantky. Vyd. 1. Praha: X-Egem, 2002. ISBN 8071990620.

(16) Protokol ze zkoušky dlouhodobé stability. P-P Klinika Kadno, spol. s.r.o, akreditované mamodiagnostické a screeningové pracoviště, 2016. [interní materiál].

(17) DANEŠ, Jan. Screening karcinomu prsu v České republice. Česká radiologie: Czech Radiology [online]. ČLS JEP, 2014, 68(3), 177-180 [cit. 2015-11-26]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1403_177_180.pdf

(18) SKOVAJSOVÁ, M. Výsledky Národního programu screeningu. Klinická onkologie [online]. 2014, 27(2), 69-78 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.linkos.cz/files/klinicka-onkologie/190/4608.pdf

(19) SECHOPOULOS, Ioannis a R. HENDRICK. Mammography and the Risk of Thyroid Cancer. American Journal of Roentgenology [online]. 2012, 198(3), 705-707 [cit. 2015-11-26]. DOI: 10.2214/AJR.11.7225. ISSN 0361803x. Dostupné z: http://www.ajronline.org/doi/abs/10.2214/AJR.11.7225

(20) SECHOPOULOS, Ioannis. Radiation Dose to Organs and Tissues from Mammography: Radiation Dose to Organs and Tissues from Mammography. Radiology [online]. University of Massachusetts: RSNA, 2008, 246(2), 434-443 [cit. 2015-11-26]. ISSN 1527-1315. Dostupné z: http://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2462070256

(21) Thyroid Guards: Precautions re Mammograms and Dental XRays / A Useful Warning. Snope.com [online]. 2011 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.snopes.com/medical/toxins/thyroidguard.asp

(22) YUAN, Mei-Kang, Shih-Chieh CHANG, Li-Cho HSU, Po-Jung PAN, Chin-Chou HUANG a Hsin-Bang LEU. Mammography and the Risk of Thyroid and Hematological Cancers: A Nationwide Population-based Study. The Breast Journal [online]. 2014, 20(5), 496-501 [cit. 2015-11-26]. DOI: 10.1111/tbj.12311. ISSN 1075122x. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/tbj.12311

(23) XIANG, D. a J. WANG Investigation of Mean Glandular Dose in Diagnostic Mammography in China. Biomed Environ Sci [online]. 2014, 27(5), 396-399 [cit. 2015-11-27]. DOI: 10.3967/ bes2014.067. Dostupné z: http://www.besjournal.com/Articles/Archive/2014/No5/201405/P020140515295715519614.pdf

(24) VYŠÍNOVÁ, Renata. Odborníci: To, že by mamograf zavinil rakovinu štítné žlázy, je nesmysl. Ordinace.cz – o zdraví a nemocech s odborníky. Důvěryhodné informace a služby [online]. 2012 [cit. 2015-11-26]. ISSN 1801-8467. Dostupné z: http://www.ordinace.cz/clanek/odbornici-to-ze-by-mamograf-zavinil-rakovinu-stitne-zlazy-je-nesmysl/

(25) Používání rentgenů - lékařské ozáření: Příklady některých expozic ionizujícímu záření včetně limitů platných v ČR. Státní úřad pro jadernou bezpečnost [online]. Praha, b.r. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/zajimavosti-z-praxe-radiacni-ochrany/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni

(26) ŽÁČKOVÁ, Helena. Ionizující záření a míra rizika: Typické hodnoty efektivních dávek pro vybraná konvenční rentgenová a CT vyšetření a přístup radiační ochrany k označení rizika při ozáření malými dávkami. Rentgen Bulletin [online]. Praha: suro.cz, 2009, , 4-5 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: http://www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rtg_bulletin_2009.pdf/view

(27) Manuál mamografického přístroje Planmed Nuance od výrobce Planmed OY: Základní informace. 20003530 revision 7. P-P Klinika Kadno, spol. s.r.o, akreditované mamodiagnostické a screeningové pracoviště, 2007. [interní materiál].

(28) Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR: Soubor doporučení a návod pro tvorbu místních radiologických postupů (standardů) na pracovištích radiologických oborů v České republice. In: . Praha: SEVT, a. s., 2015, ročník 2015, číslo 6. Dostupné také z: http://www.csfm.cz/userfiles/file/Legislativa/Vestniky-MZ/zdravotnictvi_06-15.pdf

(29) Místní diagnostické referenční úrovně. P-P Klinika Kadno, spol. s.r.o, akreditované mamodiagnostické a screeningové pracoviště, 2015. [interní materiál].

(30) DANEŠ, Jan, Helena BARTOŇKOVÁ a Miroslava SKOVAJSOVÁ. Výsledky a hodnocení programu mamografického screeningu v ČR: Oficiální výsledky Programu mamografického screeningu v ČR v roce 2014. In: Mamo.cz [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-04-06]. ISSN 1804-0861. Dostupné z: http://www.mamo.cz/index.php?pg=mamograficky-screening--vysledky-a-hodnoceni

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1: Schematické vyjádření stochastických (a) a deterministických účinků (b) 12
Obrázek 5.1: Počet screeningových mamografických vyšetření dle tloušťky 30
Obrázek 5.2: Počet screeningových mamografických vyšetření dle stanovené tloušťky 32
Obrázek 5.3: Hodnocení glandulární dávky 36
Obrázek 5.4: Hodnota elektrického napětí dle tloušťky komprimovaného prsu 38
Obrázek 5.5: Hodnota elektrického množství dle tloušťky komprimovaného prsu 39
Obrázek 5.6: Hodnota kompresní síly dle tloušťky komprimovaného prsu 40
Obrázek 5.7: Hodnota glandulární dávky dle tloušťky komprimovaného prsu 41
Obrázek 5.8: Přehled glandulárních dávek pro referenční mamografické vyšetření 43
Obrázek 5.9: Přehled glandulárních dávek průměrných pro danou skupinu 45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.2: Typické hodnoty efektivních dávek pro vybraná rentgenová vyšetření 22
Tabulka 2.3: Typické hodnoty efektivních dávek z přírody 22
Tabulka 2.4: Míra radiačního rizika 23
Tabulka 5.1: Celkový počet screeningových mamografických vyšetření za časové období 29
Tabulka 5.2: Celkový počet screeningových mamografických vyšetření dle stanovených 31
Tabulka 5.3: Vývoj počtu mamografických vyšetření na akreditovaném screeningovém 33
Tabulka 5.4: Souhrn dat ze screeningových mamografických vyšetření 34
Tabulka 5.5: Národní diagnostické referenční úrovně 35
Tabulka 5.6: Místní diagnostické referenční úrovně pro rok 2015 35
Tabulka 5.7: Hodnoty ze zkoušky dlouhodobé stability na akreditovaném screeningovém mamografickém pracovišti 37
Tabulka 5.8: Přehled glandulárních dávek pro referenční mamografické vyšetření 42
Tabulka 5.9: Přehled glandulárních dávek průměrných pro danou skupinu 44
Tabulka 5.10: Přehled glandulárních dávek 46