

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Ústav biofyziky a informatiky

Institute of Biophysics and informatics,

Charles University in Prague, First Faculty of Medicine,



Martin Večeřa

Návrh digitalizace analogového mamografického centra

Proposal of the digitization of analog mammography centers

Bakalářská práce

Studijní obor: Zdravotnická technika

Vedoucí závěrečné práce: Ing. Pavel Zavadil

Praha 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 19. 5. 2011

Martin Večeřa

Podpis:

Poděkování:

Děkuji Ing. Pavlu Zavadilovi, Doc. MUDr. Jaromíru Vachouškovi CSc., zaměstnancům První české lékařské společnosti s.r.o. (Praha 10) a servisnímu technikovi Bc. Jiřímu Junovi za praktické rady a seznámení se s provozem soukromého mamografického centra a instalací digitálního mamografu ve státním zařízení.

Identifikační záznam:

VEČEŘA, Martin. *Digitalizace : Digitalizace mamografického centra.[Digitization : Digitization of mammography center]* Praha, 2011. 41 s.,Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Ústav biofyziky a informatiky, Vedoucí práce Ing. Pavel Zavadil.

Abstrakt

Cílem práce je navržení digitalizace analogového mamografického centra , její technické provedení, modernizace v celém rozsahu včetně implementace, porovnání digitální mamografie a analogové mamografie a zhodnocení ekonomické stránky digitalizace v soukromém senologickém centru akreditovaném Ministerstvem zdravotnictví ČR pro screening prsu.

Při předpokládané ekonomické návratnosti při 15 000 mamografických vyšetření ročně, z výpočtů nákladů a příjmů jsme získali předpokládaný čistý zisk mamografického centra 1 497 600 Kč za rok, za 8 let životnosti přístroje zisk 11 980 800 Kč při stávajícím počtu výkonů (15 000) ročně.

Základním nedostatkem digitální mamografie je její cena, která náklady na analogovou techniku několikanásobně převyšuje, a pro stávající centra tak představuje velikou překážku.

Kvalitní a rychlá diagnostika u asymptomatických žen s eliminací falešně negativních nálezů hovoří jednoznačně pro digitalizaci mamografických screeningových center.

V budoucnu lze předpokládat rozšíření sítě digitálních mamografů.

Klíčová slova:

digitální mamografie, analogová mamografie, digitalizace, mamograf, screening prsu , karcinom prsu, ekonomická návratnost, cena, mamografické centrum, senologické centrum

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to propose digitalization of an analog mammographic center, its technical realization in its entirety including implementation, to compare digital and analog mammography and to evaluate its economic costs in a private senological center accredited by the Ministry of Health of the Czech Republic for breast screening.

The economic return is expected to be in 15 000 examinations per year. From the calculations of annual costs and revenues the expected net profit of the mammographic center is 1 497 600 CZK. After 8 years of device-service the profit is 11 980 800 Kč.

The fundamental lack of digital mammography is its price which is in comparison with the analog mammography much higher. This is an obstacle to current centers.

Quality and rapid diagnostics of asymptomatic women with the elimination of false negative findings speak for digitizing the mammographic screening centers.

In the future we can expect an extension of digital mammographs.

Keywords:

digital mammography, analog mammography, digital, mammograph, breast screening, economic return, price, mammography center, senological center

Obsah

1	Úvod	9
1.1	Historie mamografie	9
1.2	Legislativa	10
1.2.1	Zkoušky přejímací	11
1.2.2	Zkoušky dlouhodobé stability	12
1.2.3	Zkoušky provozní stálosti	13
1.3	Analogová mamografie	15
1.3.1	Součásti	16
1.3.1.1	Rentgenka	16
1.3.1.2	Generátor	17
1.3.1.3	Sekundární (Bucky) clona	17
1.3.1.4	Kompresní zařízení	17
1.3.1.5	Expoziční automat	18
1.3.2	Princip vytváření mamografického snímku	18
1.3.3	Obrazová kvalita	19
1.3.3.1	Kontrast	19
1.3.3.2	Rozlišení	19
1.3.3.3	Ostrost	20
1.4	Digitální mamografie	20
1.4.1	Součásti	20
1.4.1.1	Detektory 1. generace	20
1.4.1.2	Detektory 2. generace	21
1.4.1.3	Pracovní stanice	22
1.4.2	Digitalizace obrazu	22
1.4.3	Obraz a obrazová kvalita	22
1.4.3.1	Pixely v digitální mamografii	22
1.4.3.2	Zobrazovací pole	23
1.4.3.3	Pracovní režimy	23
1.4.4	Digitální mamografie a její rozvoj	23
1.4.5	Přídavné zařízení k digitální mamografii	24
2	Metodika	25
2.1	Řešení technického zázemí	25
2.1.1	Úprava prostor budovy	26
2.1.2	Přístrojové vybavení	27
2.1.2.1	Mamograf	27
2.1.2.1.1	Technické parametry mamografu Planmed Nuance Excel	28
2.1.2.2	Server	29
2.1.2.2.1	Technické parametry serverového systému	30
2.1.2.3	Pracovní stanice	30
2.1.2.3.1	Technické parametry diagnostické stanice Barco NIO 5MP	31
2.2	Ekonomika digitalizace	32
3	Výsledky	35
3.1	Základní rozdíly analogové a digitální techniky	36
3.1.1	Základní technické rozdíly	36
3.1.1.1	Rozdíly v době vyšetření	36
3.1.2	Legislativa	37

4	Diskuse	38
5	Závěr	40
6	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	42
7	Literatura	43
8	Seznam tabulek.....	45
9	Seznam grafů	45
10	Seznam schémat.....	45
11	Přílohy.....	46

Úvod

Mamografie neboli rentgenové vyšetření prsů je jednou z nejdůležitějších modalit v moderní medicíně. V posledních několika letech mamografie zaznamenala bouřlivý rozvoj zavedením screeningu karcinomu prsu, což přispělo k postupné modernizaci a modifikaci analogové techniky na digitální techniku, splňující veškeré parametry, které jsou kladeny na zařízení tohoto typu. Vzhledem k nové legislativě v oblasti radiační ochrany nyní provádějí všechna screeningová mamografická centra kontrolu kvality. Mamografické přístroje lze rozdělit na dvě skupiny, a to na analogovou mamografii a digitální mamografii.

1.1 Historie mamografie

První zmínky o mamografii pocházejí ze začátku dvacátého století, konkrétně z roku 1930, kdy byly pořízeny první snímky prsu, a to na obvyklém skiagrafickém zařízení. Kvalita obrazu, které bylo dosaženo, nebyla příliš vysoká. K výrazné změně techniky došlo v padesátých letech, kdy byly představeny dvě světové novinky: snížení energie záření a komprese prsu pomocí tubusu. Bylo také dosaženo přijatelnější doby expozice pomocí zmenšení vzdálenosti ohnisko–film na 40 cm. Další významnou změnou v mamografické technice, které bylo dosaženo v šedesátých a sedmdesátých letech, byly inovace v konstrukci generátoru, což umožnilo snímkování prsů při nižších napětích. Byl zaveden tubus ve tvaru válce a dále změněna filtrace svazku. Vyšetřovalo se vleže na boku, snímkaný prs byl položen na film a druhý si žena odtlačovala tak, aby nebyl na snímku patrný. Expoziční čas se pohyboval kolem šesti sekund, což zapříčinilo neostrost snímku.

Do padesátých let se pro mamografii prsu používala výhradně upravená skiagrafická zařízení. V roce 1960 byl postaven první prototyp mamografického přístroje, vyrobeného ve Francii. Následoval první komerční Senographe od firmy CGR, který obsahoval první rentgenku s molybdenovým ohniskem o velikosti 0,7 mm, beryliové výstupní okénko, tubus, vzdálenost ohnisko–film kolem 35 cm a C rameno, pomocí kterého je možné zobrazovat prs z různých stran. Tento nový přístroj vnesl do diagnostiky možnosti lepšího zachycení celého prsu a díky kompresi, použití vhodnějšího rentgenového spektra a menší ohniskové vzdálenosti také vzrostla obrazová kvalita snímku, jak jeho kontrast, tak ostrost. Vědci se snažili nadále

zdokonalovat jednotlivé části přístroje, například kompresi beze změny ohniskové vzdálenosti, a uvádět na trh lepší a přesnější mamografické přístroje.

Dalšími novinkami v mamografické technice bylo zavedení sekundární clony v roce 1978, motorizovaná komprese v roce 1980, expoziční automat a vysokofrekvenční generátor v roce 1980. V letech 1981 firma CGR vytvořila první rentgenku pro snímky se zvětšením o ohnisku 0,1 mm, zavedla rhodiový filtr a rhodiovou anodu, což vedlo k podstatnému snížení dávky u objemných a denzních prsů.

Nové přístroje a výzkum v oblasti radiologie přinesly snížení celkové radiační zátěže, zlepšení kontrastu, ostrosti, možnosti nastavení strany snímání prsu, lepší komunikaci mezi přístrojem a lékařem, včasnější diagnostiku patologických změn v prsu a v neposlední řadě samotnou digitalizaci mamografických přístrojů nahrazením film-fólie moderními digitálními senzory, což způsobilo mnohem přesnější, rychlejší a pro lékaře pohodlnější diagnostiku. ¹

1.2 Legislativa

Mamografická centra jsou povinna řídit se Atomovým zákonem, který vstoupil v platnost 1. července 1997, ale jeho základní požadavky kladené na uživatele zdrojů ionizujícího záření věcně nedoznaly zásadních změn. Ke dni 12. července 2002 nabyla účinnosti vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, novelizována později vyhláškou č. 499/2005 Sb., ^{20, 23} která rozpracovává prakticky všechny důležité povinnosti při používání zdrojů ionizujícího záření a způsob jejich naplňování.

„ Ustanovení § 4 Atomového zákona ukládá každému, kdo provádí radiační činnosti, povinnost přednostně zajišťovat radiační ochranu a zavést systém zabezpečování jakosti. Každému držiteli povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření pak Atomový zákon, kromě jiného, ukládá podle § 18 odst. 1 písm. a) sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat skutečnosti, parametry a vlastnosti důležité z hlediska radiační ochrany. V § 69 a § 72 Vyhlášky 307 jsou pak stanoveny důležité veličiny, parametry a skutečnosti týkající se zdrojů ionizujícího záření, jež mají být pravidelně ověřovány a to zejména:

- při převzetí ZIZ ještě před zahájením jeho používání v rozsahu vymezeném pro přijímací zkoušku*
- v průběhu používání ZIZ v rozsahu vymezeném pro zkoušku dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti “²⁰*

Každé mamografické centrum musí splňovat základní bezpečnostní požadavky týkající se provozu pracoviště, které nalezneme ve Věstníku ministerstva zdravotnictví a zkoušky provozní stálosti vydané Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. Technické údaje doporučené a požadované tolerance, které nejsou uvedené ve Věstníku, nalezneme v European Guidelines for Quality Assurance in Breast Cancer Screening and Diagnosis.

Ve Věstníku ministerstva zdravotnictví jsou sepsány základní požadavky, které by mamografická centra měla splňovat pro získání a udržení akreditace,²⁴ která jim umožní vykonávat screening a jednotlivá vyšetření. Popisují se zde zkoušky provozní stálosti, přijímací zkoušky a zkoušky dlouhodobé stability, které jsou vyžadovány zákonem, proto je doporučováno, aby každé centrum mělo svého vyškoleného fyzika, který mu zaručí funkčnost přístrojů a v případě potřeby poskytne konzultace, provede optimalizace a zabezpečí jakost, včetně operativního řízení jakosti.

Mezi základní zkoušky pro splnění vyhlášky Úřadu pro atomovou bezpečnost patří zkoušky přijímací, zkoušky provozní stálosti, zkoušky dlouhodobé stability.

1.2.1 Zkoušky přijímací

Zkoušky přijímací se provádějí v rozsahu, který nám stanovují české technické normy, popřípadě v rozsahu při typovém schvalování ZIZ. Přijímací zkoušky provádí pracovník s příslušným povolením od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Základní kontrolované parametry jsou:

- Ověření funkčnosti a kvality – cílem zkoušky je odhalení vad ve funkčnosti, popřípadě kvality řídicích, ovládacích, bezpečnostních, signalizačních, indikačních a zobrazovacích systémů.
- Provozní parametry – cílem zkoušky je ověření, zda výrobcem deklarované technické parametry přístroj skutečně obsahuje a splňují parametry a vlastnosti zařízení pro očekávaný účel použití v mezích stanovených v českých technických normách.
- Stanovení dozimetrické veličiny.

Přijímací zkoušce musí předcházet optimální nastavení od výrobce, které je kontrolováno na místě instalace, popřípadě optimalizace při odchylkách.

Držitel povolení protokolárně musí doložit, že na přístroji a jeho součástech byla dosažena požadovaná kvalita, což by v negativním případě mohlo ovlivnit kvalitu zpracování obrazu. Při přijímací zkoušce se také navrhuje optimální kalendář pro kontrolu přístroje k zabezpečení jakosti. Pro vydání povolení k používání mamografického přístroje je nezbytný kladný výsledek přijímací zkoušky.

Protokol musí obsahovat:

- identifikaci osoby (právníkové, fyzické), která zkoušku provedla
- datum, místo, jméno osob, které zkoušku provedly
- identifikaci držitele povolení, provozovatele, místo, kde byla zkouška provedena, s přesným umístněním mamografu v budově
- specifikace mamografického přístroje
- výčet testovaných parametrů
- seznam zkušebních přístrojů, fantomů a testovacích pomůcek
- výsledky testů, vyhodnocení
- návrh rozsahu zkoušky dlouhodobé stability
- návrh rozsahu zkoušky provozní stálosti

1.2.2 Zkoušky dlouhodobé stability

Zkoušky dlouhodobé stability se pro jednotlivé zařízení ionizujícího záření provádějí v rozsahu stanoveném při typovém schvalování zdroje a způsobem odpovídajícím českým technickým normám. Samotný rozsah zkoušky je upřesněn u přijímací zkoušky, nebo při první vykonávané zkoušce dlouhodobé stability s názvem „Výchozí zkouška dlouhodobé stability“. Jejich četnost se stanovuje na dvanáct měsíců pro všechny významné zdroje ionizujícího záření podle § 71 vyhlášky č. 307 SÚJB. Při zkouškách dlouhodobé stability se ověřuje stálost všech parametrů a vlastností přístroje. ^{21, 22}

Zkoušky dlouhodobé stability provádí pracovník s příslušným povolením od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost dle vyhlášky č. 184/1997 Sb.:

- Pokud existuje podezření na špatnou funkčnost přístroje, která by mohla mít vliv na radiační úroveň, což by mělo za následek zvýšení ozáření pacienta nebo personálu, nebo zhoršení kvality zobrazení.
- Po údržbě nebo opravě.

- Při výsledcích zkoušky provozní stálosti, které vybočují od charakteristických hodnot pro daný účel použití.
- Periodicky, jednou do roka, pokud není stanoveno jinak.

Výsledky zkoušky dlouhodobé stability se zapisují do protokolu o vykonané zkoušce, který se zasílá na Státní úřad pro jadernou bezpečnost. ¹

1.2.3 Zkoušky provozní stálosti

Zkoušky provozní stálosti se používají především k zabezpečení a včasnému zjištění změn jakosti v zobrazení při běžném provozu. Pro získání kvalitních snímků je kontrola jakosti nezbytnou součástí denního a týdenního provozu centra, které provádějí vyškolení radiologičtí pracovníci. Tabulka č. 1

Při zkouškách moderních mamografických zařízení, především u DDR systémů, se přednostně vychází z rozsahu a frekvence periodických testů, dodaných a hodnocených softwarem od výrobce.

Nezbytnou součástí zajištění jakosti u digitálních mamografických pracovišť je periodická kontrola obrazových displejů. Tuto oblast upravuje ČSN EN 61223-2-5 Zkoušky stálosti – Obrazové displeje. ^{21, 22}

Mezi základní parametry, které jsou kontrolovány patří:

- Vizualní kontrola negatoskopu – cílem zkoušky je zjištění neporušenosti a funkčnosti negatoskopu.
- Kontrola artefaktů obrazu – cílem zkoušky je odhalení jakýchkoliv struktur obrazu, které nepatří hodnocenému objektu. Tyto chybné artefakty mohly vzniknout z důvodu nefunkčnosti čtecího zařízení, paměťové desky, zpracováním obrazu.
- Vizualní kontrola CR systémů a kazet – cílem zkoušky je zjistit, zda je správná funkčnost kazet a zařízení. Tento test se používá pouze u CR systémů.
- Vizualní kontrola RTG zařízení, vizualní kontrola kompresní desky – cílem zkoušky je vizualní kontrola celistvosti zařízení, zajištění bezpečnosti pacienta a zamezení opakovaných expozic.
- Kompenzace tloušťky – cílem zkoušky je test funkčnosti expoziční automatiky.

- Rozlišení systému zobrazením mamografického fantomu a CNR pro 5 cm PMMA – cílem zkoušky je včasné odhalení zhoršení kvality obrazu, která by mohla vést ke ztrátě diagnostických informací.
- Přesnost indikátoru síly komprese – cílem zkoušky je kontrola přesné indikace síly komprese.
- Homogenita komprese při maximální klinicky používané kompresní síle – cílem zkoušky je kontrola tuhosti a vůle uchycení kompresní desky.
- Přesnost indikátoru tloušťky komprese – cílem zkoušky je zjištění funkčnosti indikátoru při kompresi prsu.
- Analýza opakování snímku – cílem zkoušky je zjištění příčin a procentuální opakování snímků. Snahou je zlepšení efektivity systému tak, aby opakování snímků bylo minimální.
- Rozlišení při vysokém kontrastu – cílem zkoušky je včasné odhalení zhoršení kvality obrazu, které by mohlo vést ke ztrátě diagnostických informací.
- Negatoskop – cílem zkoušky je zjištění, zda je vyhovující jas a homogenita jasu negatoskopu pro hodnocení mamografických rtg vyšetření.
- Dlouhodobá reprodukovatelnost standardního nastavení expozice – cílem zkoušky je zajištění reprodukovatelnosti expozice v delším časovém horizontu.
- Homogenita receptoru obrazu – cílem zkoušky je kontrola homogenity odezvy plochy receptoru obrazu na rtg zařízení.
- Nekorigovaný vadný prvek detektoru – cílem zkoušky je kontrola funkčnosti prvků detektoru.
- Kompenzace tloušťky napětí – cílem zkoušky je ověření kompenzace na tloušťku objektu PMMA v rozsahu 20–70 mm, při klinicky používaném nastavení AEC.
- Vyhodnocení šumu – cílem zkoušky je kontrola kvality obrazu, který je znehodnocen zvýšeným šumem.
- Geometrická deformace a vyhodnocení artefaktů – cílem zkoušky je zjištění tvorby artefaktů obrazu a geometrických deformací.
- Mřížka-rastr – cílem zkoušky je kontrola artefaktů, které vznikly zobrazením rastru mřížky v obraze.
- Násobný obraz, důkladnost mazání – cílem zkoušky je zjištění, jestli jsou předešlé snímky dostatečně smazány, odstranění zbytkového signálu.

- Relativní citlivost – cílem zkoušky je porovnání citlivosti paměťových fólií v kazetách stejného formátu.
- Působení jiných zdrojů radiace – cílem zkoušky je kontrola vlivu jiného ionizujícího záření na záznam paměťových fólií.
- Fading – cílem zkoušky je kontrola ztráty informace v závislosti na časovém odstupu mezi expozicí paměťové fólie a zpracováním obrazu ve skeneru.

Mezi pomůcky, které používáme při zkouškách provozní stálosti, patří:

- Fantomy – jedná se o desky, které jsou z polymethyl-metakrylátu, ideálně o třech rozdílných tloušťkách, a to 20 mm, 40 mm, 60 mm
- Mamografický fantom – speciální fantom upravený tak, aby simuloval prvky v prsníku (mikrokalcifikace, objekty s nízkým kontrastem, vláknité struktury)
- Dozimetr
- Senzitometr
- Teploměr
- Měřič jasu a svítivosti
- Blok tužšího pěnového materiálu
- Digitální váha

Tabulka č. 2

1.3 Analogová mamografie

Analogová mamografie je jedním z nejstarších a nejrozšířenějších způsobů vyšetření prsu, při které se využívá rentgenového záření a takzvané měkké snímkové techniky. ¹⁰ Standardní mamografie využívá scintilační zesilující fólie, které zachycují proud rentgenových paprsků prošlých prsem. Na této vrstvě dochází k přeměně rentgenového záření na proud fotonů neboli světla, kdy jsou v následném kroku zachyceny na speciální film a vzniká tím latentní obraz, který se po vyvolání ozářeného filmu fotony stává trvalým.

V počátcích mamografické techniky byl základním problémem kontrast snímku, jelikož absorpční rozdíly v měkkých částech prsu jsou malé. Na detekci těchto malých rozdílů v měkkých částech prsu se začala využívat takzvaná měkká snímková technika. Tato technika má výborné detekční schopnosti, ale má i své nevýhody, které se postupem času podařilo odstranit. Základním problémem starých analogových mamografů byla zvýšená absorbovaná dávka rentgenového záření. Dalším důležitým

parametrem, který bylo potřeba vyřešit, byla rozlišovací schopnost mamografu neboli počet párů čar na jednotku plochy, kdy požadavek byl 15 párů čar na mm. Postupem času se podařilo absorbovanou dávku záření snížit z hodnoty 30–50 mGy zhruba na hodnotu 1 mGy.⁷ Tohoto pokroku ve snížení dávky, zvýšení rozlišovací schopnosti a zvýšení kontrastu bylo dosaženo použitím molybdenové anody. V pozdějších letech se začala využívat molybden-rhodiá anoda a wolfram-palladiové anoda.

Moderní mamografická zařízení zaznamenala velký pokrok díky novým vysokofrekvenčním generátorům, speciálně upraveným rentgenkám, zavedení kompresního tubusu, který snižuje sekundární záření a zabraňuje v pohybové neostrosti, pohyblivým sekundárním clonám, speciální film-fólii, mamografickému systému, vyvolávacím automatům na snímky a speciálním negatoskopům. Pomocí těchto pokroků se zlepšila kvalita a bezpečnost mamografických pracovišť.¹

1.3.1 Součásti

Mamografické zařízení se skládá z několika částí. Nalezneme na něm rentgenku, kryt rentgenky, přídatný filtr svazku rentgenového záření, generátor, kolimizační clony, při používání C ramene je součástí také kompresní zařízení, sekundární Bucky clony, podstavec pro zvětšení, držáky kazety a v neposlední řadě expoziční automat.¹

Na každé součásti mamografického přístroje závisí, jaké dávce rentgenového záření bude pacientka vystavena. Při vyšetření se řídíme kompromisem mezi poměrem kontrastu, rozlišení, radiační dávkou a šumem obrazu.

1.3.1.1 Rentgenka

Mamografická rentgenka má své specifické umístění, které je z důvodu efektu paty svojí anodovou částí nasměřováno dopředu k U ramenu a katodová část směřuje k hrudní stěně.

Je důležité si uvědomit, že rentgenka u mamografického přístroje se odlišuje od standardní rentgenové skiografie, jelikož obsahuje navíc beryliové výstupní okénko, které neodstíní měkkou složku, na rozdíl od skla, molybdenového terče anody, přídatné molybdenové filtrace, popřípadě rhodiové filtry, které jsou určeny pro snížení dávky pro udržení kontrastu dávky u žen s mohutnějším poprsím. Moderní přístroje využívají nejvyšší třídu rentgenky s duálními anodami. Zatížitelnost rentgenek je u většího ohniska 100 mA a u menšího 30 mA, nejčastější velikost ohniska se pohybuje

v rozmezí od 0,1 mm až do 0,3 mm. ¹ Při použití Bucky clony se používá větší ohnisko pro standardní snímkování, pro snímky se zvětšením se používá menší ohnisko.

1.3.1.2 Generátor

V dnešní době se využívají v mamografických přístrojích pouze vysokofrekvenční generátory, které jdou nad 5000 Hz, se zvlněním kV maximálně do 4 procent a s výkonem, který přesahuje 3,5 kW. Výhodou vysokofrekvenčních generátorů je zvýšení životnosti rentgenky, zlepšení obrazového kontrastu, zkracování expozičního času, redukce dávky a zajištění expoziční reprodukovatelnosti. Další výhodou je velikost, díky které lze uložit generátor do paty mamografu a stává se tak součástí samotného přístroje.

1.3.1.3 Sekundární (Bucky) clona

Bucky clona je část přístroje, pomocí které jsme schopni zachytit sekundární záření a tím významně zlepšit kontrast obrazu. Množství sekundárního záření nezávisí na napětí, ale zvyšuje se s tloušťkou prsu a s velikostí pole. Sekundární záření tvoří zhruba 30–150 procent intenzity primárního záření, přičemž jsme schopni toto záření omezit pomocí komprese a použitím sekundární clony. Klasická sekundární clona se skládá z lamel, které jsou vysoce absorpční. Prvek, z něhož jsou tyto lamely vytvořeny, je olovo, wolfram nebo měď. Lamely máme odděleny mezivrstvou, která je vyplněna vláknitým materiálem. Pomocí fokusace lamel jsme schopni nastavit průchod primárních svazků tak, že většina primárního záření prochází mezivrstvou a je pohlcena pouze částečně na úzké hraně sekundární clony. U sekundárního záření je to jinak, vzhledem k jeho neuspořádanosti naráží na větší plochu lamel a tím je z větší části absorbováno. Nevýhodou použití sekundární clony je samotné zvýšení dávky, které může dosáhnout až trojnásobku, u moderních přístrojů se již dávka nezvyšuje. Další charakteristikou sekundárních clon kromě materiálu je poměr clony neboli výška lamel, dělená šířkou mezivrstvy a počtem lamel na 1 cm.

1.3.1.4 Kompresní zařízení

Kompresní zařízení je jednou z nejdůležitějších součástí mamografického přístroje, pomocí kterého jsme schopni ovlivnit samotnou kvalitu obrazu. Při vytváření snímku je potřeba, abychom měli zachycený celý prs a část hrudní stěny s dostatečně

silnou kompresí, ale zároveň musíme dbát, aby vyšetření nebylo bolestivé a pro pacientku, popřípadě pacienta, nepříjemné.

Kompresie ovlivňuje především:

- Zlepšuje kontrast obrazu zvýšením poměru signál/šum, při vyšší kompresi lze využít záření s nižším kV.
- Vyrovnává tloušťku prsu v různých částech, čímž se také vyrovnávají rozdíly denzit v různých částech prsu.
- Zmenšuje sumaci struktur, díky čemuž jsme schopni snížit počet dodatečných vyšetření.
- Redukce dávky.
- Redukce pohybové neostrosti.

Mamografické přístroje jsou vybaveny čidlem, poskytujícím údaje o síle komprese a tloušťce prsu, kdy jsme za pomoci těchto údajů schopni lépe odhadnout a nastavit dávku. Síla komprese se pohybuje v rozmezí 70 N až 150 N ¹⁰ na váhu od 7 kg do 15 kg. Kompresní přístroje jsou samozřejmě schopny vyvinout sílu až 300 N, ale takovéto vyšetření by bylo bolestivé a nepříjemné. Síla komprese je u každého pacienta individuální, záleží na velikosti prsu, podílu žláz a citlivosti pacienta. Kompresie u mamografických přístrojů je vždy motorizovaná.

1.3.1.5 Expoziční automat

Expoziční automat je zařízení, které je v analogové technice nepostradatelné, u digitální mamografie je nahrazeno pracovními stránicemi. Expoziční automat zajišťuje správnou expozici receptoru obrazu a pomáhá uchovat správnou denzitu filmu při expozici různě velkých prsů, při různých vyšetřovacích technikách, mění se hodnotě kV a při různých kombinacích použitých vyvolávacích medií. Moderní přístroje jsou schopny samy upravovat expoziční hodnotu podle složení prsu. ¹

1.3.2 Princip vytváření mamografického snímku

Základním prvkem pro vytvoření mamografického snímku je rentgenka, ve které vznikají fotony rentgenového záření, ¹⁸ jež následně procházejí prsem, kde se podle složení tkáně prsu diferencovaně zeslabují. Prošlé záření je různě absorbováno v tkáních a pomocí těchto rozdílných absorpcí můžeme vytvořit

mamografický obraz. Fotony, které projdou prsem a jsou zeslabeny, dopadají na zesilující fólii, kde se diferencovaně vyzáří světlo podle energie dopadajícího záření. Vzniká diferencovaná změna denzity na mamogramu.

Mamogram, který vzniká, je ovlivněn mnoha faktory, jež na sebe vzájemně působí, například kontrast obrazu závisí především na vnitřním kontrastu objektu, energetickém spektru rentgenového záření, kontrastu filmu, podílu sekundárního záření a zčernání exponovaného filmu. Dalším faktorem, který může ovlivnit kvalitu snímku, je rozlišení závisící jak na kontrastu, tak na přítomnosti pohybové neostrosti, materiálové neostrosti filmu a fólie. Nedílnou součástí kvality snímku jsou artefakty a kvantový šum. V provozu lze ovlivnit pouze malé množství parametrů, které napomohou ke zvýšení kvality. ¹

1.3.3 Obrazová kvalita

1.3.3.1 Kontrast

Kontrast snímku můžeme chápat jako rozdílnou optickou denzitu mezi strukturou tkáně prsu a jeho okolím. Ovlivňuje ho samotný kontrast filmu a vnitřní kontrast tkáně.

Vnitřní kontrast prsu lze definovat jako rozdíl mezi procházejícími fotony lézí a pozadím. Vzhledem k minimálnímu rozdílu v hustotě tkání, pokud nepočítáme kalcifikace, které mají větší vnitřní kontrast, je potřeba pro správné zobrazení využívat nízkooenergetického tzv. měkkého záření.

Dalším činitelem, jenž ovlivňuje kontrast snímku, je rozptýlené záření závisící na tloušťce zkomprimovaného prsu a průměru pole. Kvalitu obrazu lze proto zlepšit dostatečnou kompresí prsu a samotným omezením pole záření, které je na moderních přístrojích omezeno kolimací clonou. Součástí přístroje je také Bucky clona, která snižuje nežádoucí sekundární záření.

1.3.3.2 Rozlišení

Rozlišení v mamografické technice patří mezi jeden z nejdůležitějších parametrů, pomocí kterého jsme schopni zachytit mikrokalcifikace a tím zlepšit kvalitu diagnostiky, která zabezpečí včasný záchyt patologických změn v prsu. Moderní přístroje využívají rozlišení 20 lp/mm. Rozlišení lze ovlivnit samotným detektorem dále geometrickou a pohybovou neostrostí a kontrastem.

1.3.3.3 Ostrost

Geometrickou neostrost lze ovlivnit vzdáleností ohniska, ohnisko–detektor popřípadě ohnisko–film, a poměru vzdálenosti ohnisko–objekt a objekt–detektor. Pokud máme velké ohnisko a velkou ohniskovou vzdálenost objekt–film, roste geometrická neostrost, neboli snižuje se rozlišení. U delší vzdálenosti ohnisko–objekt se rozlišení lepší.

Dalším důležitým parametrem je expoziční doba, když neplatí pravidlo: čím delší expoziční doba tím lepší výsledný obraz. Příliš dlouhý expoziční čas zvyšuje neostrost obrazu z důvodu pohybu prsu (dýchání) a znamená také vyšší radiační dávku pro pacienta. Platí zde pravidlo:

„ K vyvolání určitého zčernání potřebujeme při delším expozičním času více fotonů rentgenového záření než při času krátkém. “²

1.4 Digitální mamografie

Digitální mamografie je dlouho rozvíjející se obor, jehož kořeny sahají až do roku 1986. Můžeme očekávat, že v průběhu několika následujících let, zcela nahradí analogové přístroje. V počátcích již bylo prokázáno, že jde o revoluční krok v oblasti diagnostiky a za posledních několik let se z digitální mamografie stala samostatná vyšetřovací modalita.¹⁴

Funguje na velice podobném principu jako analogová mamografie, liší se především vznikem obrazu.⁶ U digitální mamografie vzniká obraz pomocí speciálního detektoru. Pomocí nového způsobu detekce jsme schopni vytvořit snímky v lepším rozlišení, pracovat už s hotovým obrazem a v neposlední řadě snížit radiační zátěž na pacienta. Podle technologie rozlišujeme dvě základní skupiny, a to 1. a 2. generaci.¹⁴

1.4.1 Součásti

Digitální mamograf se skládá ze stejných součástí jako analogový mamograf, s rozdílem v detekční části a zobrazovací části. Detekční část se skládá z detektoru 1. generace nebo detektoru 2. generace.⁶

1.4.1.1 Detektory 1. generace

Princip je stejný jako u analogového mamografii nepřímá konverze. Postup při detekci má dvě fáze. První fází je převod energie v scintilačním detektoru na fotony světla, v druhé fázi jsou fotony světla pomocí vrstvy fotodiod převedeny na elektrický

signál. Výsledný náboj je přímo úměrný záření, které dopadlo na detektor. Některé systémy využívají principu CCD čipu, kdy se používá světelná optika pro převod světla od scintilátoru k detektoru. Tento druh detektoru se využívá především u digitální stereotaxe.

Nevýhodou těchto detektorů je vysoký rozptyl světla a je třeba zvolit vždy ideální poměr mezi rozlišením a samotnou citlivostí, proto je důležitá tloušťka zesilovací fólie, která určuje podíl záření konvertovaného na světlo. Základní problém je snížení rozlišení a zvýšení rozptylu při velké tloušťce scintilátoru, který má na druhou stranu výhodu vyšší citlivost detektoru, ale schopnost správného zobrazení klesá.

U stacionárních detektorů 1. generace je tedy rentgenové záření absorbováno ve scintilátoru a následně se převede na světlo (fotony). Podíl mezi zářením, které je převedeno na fotony, se pohybuje zhruba v rozmezí od 50 procent do 80 procent.¹⁸ I u digitálního mamografu platí, že většina rentgenového záření je absorbována na přední ploše scintilační vrstvy, narozdíl od analogové mamografie, kde film je umístěn v přední části. Detektor u digitální mamografie je umístěn až za scintilátorem z důvodu nulové transparentnosti pro rentgenové záření, což vede opět ke zvýšení dávky kvůli klesající rozlišovací schopnosti.

1.4.1.2 Detektory 2. generace

Tento druh digitálních detektorů přináší značné zlepšení při zobrazování morfologie prsu. Tyto detektory využívají amorfní selen, který slouží jako fotovodič a pracuje na principu fotoelektrického jevu. Narozdíl od 1. generace je detektor umístěn do ploché desky, takzvaného plochého panelu. Princip transformace rentgenového záření spočívá v převodu přímo na elektronické impulsy pomocí selenu. Této metodě se říká přímá konverze. Není zde světlo jako nosič informace, tudíž odpadá hlavní problém rozptylu světla mezi jednotlivými prvky (scintilační vrstvou, detektorem).¹³

„Elektrický signál, díry nebo elektrony (podle polarit aplikovaného pole) jsou vlivem zevního elektrického pole směřovány přímo na detekční plochu, a to bez odklonu od původního směru. Výsledkem je velmi malý rozptyl (kolem jednoho mikronu).“³

Výhodou těchto detektorů je možnost zvýšení tloušťky selenové vrstvy bez ztráty ostrosti obrazu a díky tomu lze použít větší vrstvu pro zachycení většiny

rentgenových paprsků. Ideální vrstva se pohybuje kolem 250 mikronů, ¹ která je schopná zachytit více jak 95 procent záření využívajícího se v mamografické technice.

1.4.1.3 Pracovní stanice

Pracovní stanice je samostatná část sloužící k zobrazení mamografických snímků, skládající se z výkonného počítače a monitoru, která má předem dané specifikace od výrobce, kdy standardní možnosti těchto stanic je úprava snímků. Můžeme zde zvětšovat snímky, invertovat obraz, nastavení různých filtrů, provádět úpravy jako zvětšení místa, které nás zajímá, rotace, zvyšování a snižování kontrastu, popisy, komentáře a změna formátu výsledného snímku.

Základním předpokladem správné diagnostiky je správné zobrazení barev. Na vysoce kvalitních stanicích používáme 5 MP monitory, které splňují požadavky na jas, kontrast a možnost nastavení podle DICOM křivky. ⁴

1.4.2 Digitalizace obrazu

Digitalizovaného obrazu lze dosáhnout několika způsoby. Jedním z nich je digitalizace analogového mamografu, která má své problémy, jelikož ne každý analogový mamograf lze digitalizovat. Další možností přechodu na digitální techniku je digitalizace pomocí luminiscenčních krystalů. Poslední možností je přejít na kompletní digitalizaci, a to pomocí CCD systému, na kterých lze lépe pozorovat mikrokalcifikace, nežli na analogovém mamografu, ale tím se snižuje samotná specifikace. Digitální mamograf má sice vyšší dynamický rozsah naproti analogové technice, ale zároveň má nižší prostorovou rozlišovací schopnost. Dnes již můžeme najít mnoho systémů, které se liší v principu digitalizace, používají se například fotoluminiscenční luminiforové panely, slot scan coupled zařízení (CCDs), který využívá jako luminiforum cesium-jodid, nebo panely s amorfním silikonem spojené s cesium-jodidovými detektory. Další snahou je zdokonalení těchto detekčních systémů tak, aby nebyla nutná konverze rentgenového záření na fotony. Toto vylepšení by mělo vést k lepší rozlišovací schopnosti.

1.4.3 Obraz a obrazová kvalita

1.4.3.1 Pixely v digitální mamografii

Jedná se o jednu ze základních jednotek využívaných v digitální mamografii, která je definována jako nejmenší jednotka obrazové informace detekčního systému,

určující rozlišovací schopnost přístroje. Platí zde pravidlo, které říká: čím je menší velikost pixelu, tím je lepší rozlišovací schopnost přístroje. Každá fotodioda neboli foto senzor znamená jeden pixel obrazu, jehož velikost je 100 mikronů, to znamená 0,1 mm. U první generace mamografických přístrojů byly zjištěny limity velikosti pixelu (100 mikromů), které po překročení nemají pro diagnostiku žádný význam, nedochází k zvýšení rozlišovací schopnosti. U druhé generace tento limit nehraje roli. Rozlišovací schopnost přístroje je dána samotnou velikostí pixelu, využívají se velikosti pod 100 mikronů k detekci i nejmenších mikrokalcifikací. U kvalitních detektorů se velikost pixelu pohybuje kolem 70 mikronů, kdy máme ideální poměr mezi cenou detektoru a rozlišovací schopností. Byly uskutečněny pokusy o snižování velikosti pixelu, avšak zjistilo se, že je to velmi neúčelné z důvodu velkého množství přijatých dat a samotné ceny detektoru.^{8, 12}

1.4.3.2 Zobrazovací pole

Digitální mamografie používá velikost panelu 19 x 23 cm, kdy Pixel matrix obsahuje 1900 x 2300 pixelů.⁸

1.4.3.3 Pracovní režimy

Digitální mamograf je schopen pracovat ve 3 režimech:

- Dose – režim, kde se snažíme minimalizovat samotnou radiační dávku, nevýhodou je nižší kontrast.
- Standard – tento režim zajistí rovnováhu mezi radiační dávkou a kontrastem snímku.
- Kontrast – režim s větší radiační dávkou, kde výhodou je vyšší kontrast neboli ostrost snímku.

1.4.4 Digitální mamografie a její rozvoj

Digitální mamografie za posledních několik let zaznamenala velký pokrok. V posledních několika letech je snahou zlepšit systémy natolik, abychom mohli využívat pomoci počítačů k lepší a snadnější diagnostice. V digitální mamografii lze očekávat rozvoj 3D mamografií a především počítačovou asistenci¹⁶, která pomůže lokalizovat patologické změny v prsu. V současné době jsou na trhu dostupné CAD (Computer Aided Diagnosis) systémy, které pomáhají při určení diagnózy, ale jejich zavedení do praxe není tak časté.¹⁵

1.4.5 Přídavné zařízení k digitální mamografii

V posledních letech digitální mamografie našla uplatnění jako součást digitální stereotaxe neboli digitalizace na malém formátu. Digitální stereotaxe se využívá ke značení, případně k punkci drobného ložiska nebo mikrokalcifikace, které jsou prokazatelné pouze pod mamografem. Stereotaktické zařízení se umístí na samotné C rameno přístroje, které zabezpečí snímání v 15 stupňových úhlech, jeden snímek na každé straně. Pomocí změny umístění ložiska počítač vyhodnotí polohu XYZ obsluha zadá do počítače délku jehly a po nastavení přesného umístění vodiče jehly provádíme samotnou punkci ložiska.

2 Metodika

Předmětem zájmu této práce je digitalizace v senologickém centru na Praze 10, v Zahradním městě, První česká lékařská společnost s.r.o. Pracoviště zajišťuje komplexní péči o nemoci prsu, diagnostiku, léčbu a dispenzarizaci. Mamografické pracoviště má akreditaci MZČR pro provádění mamografického screeningu od roku 2002. Digitalizace bude probíhat formou kompletní reinstalace stávající mamografické jednotky a úpravy prostor budovy. Navrhované řešení si bude klást za cíl dosáhnout maximální ekonomické výhodnosti, ale přitom bezpečného zajištění digitalizace stávajícího analogového centra. Klíčovým prvkem digitalizace bude výměna analogového mamografu za plně digitální mamograf s přímou digitalizací. Archivaci nám bude zabezpečovat server s dvojicí síťových diskových polí, o samotné zobrazování snímků se postará pracovní stanice s trojicí LCD monitorů. Poslední součástí kompletní digitalizace bude úprava prostor tak, aby vyhovovali navrženému schématu a splňovali základní požadavky pro mamografická centra.

Toto řešení umožňuje také dálkový přístup radiologů k datům (popis snímků mimo mamografické pracoviště) a dálkový přístup servisního technika k digitálnímu přístroji.¹⁷

Digitalizaci lze rozdělit do dvou částí, a to na část technickou a část ekonomickou. V návrhu na přístrojové vybavení je snahou co nejefektivnější ale zároveň pro centrum co nejlevnější varianta tak, aby splňovala požadavky moderního diagnostického pracoviště. Tabulka č. 3

Délka celé práce je plánována na tři dny, víkend + pondělí, aby ztráta centra byla co nejmenší.

2.1 Řešení technického zázemí

S modernizací přístrojové techniky proběhne i úprava prostor pro digitální mamografii. Je důležité zabezpečit základní požadavky pro správnou funkci celého systému. Úprava prostor bude probíhat v několika fázích tak, aby zabrala co nejméně času a centrum bylo schopné během tří dnů opět provádět vyšetření.

Základní požadavky digitálního mamografu pro správné fungování:

- Nosnost podlahy – váha digitálního mamografu je 185 kg, většinou nevyžaduje žádné speciální úpravy podlahy.
- Teplota a vlhkost – pro správné fungování detektoru je důležité zabezpečit jak stálou teplotu, tak i vlhkost. Klimatizační jednotka by měla být nastavena na +15 až +28 stupňů Celsia. Maximální možná výchylka jsou 2 stupně Celsia za 1 hodinu. Teplota v úložišti by neměla být menší než +5 stupňů Celsia a vyšší než 40 stupňů Celsia. Vlhkost vzduchu se pohybuje v rozmezí 25 procent až 80 procent bez kondenzace. Maximální přípustná odchylka při instalaci je 7 stupňů.
- Hlavní napětí – základní operační napětí se pohybuje v rozmezí 204–240 V, jednofázový, povolené výchylky jsou 10 procent. Frekvence je 50 Hz až 60 Hz s odchylkou 10 procent.
- Pojistka – minimální doporučená hodnota nastavení pojistky je 15 AT, přístroj je chráněn i svojí vlastní vnitřní pojistkou na 15 AT. Lze použít i jistič na střídavý proud, pokud dosahuje mamografická jednotka účinnosti > 0.95.
- Impedance a uzemnění – při přetížení zařízení nad povolené hodnoty by hodnota odporu neměla stoupnout na 0,5 Ω . Přístroj by měl být uzemněný.
- Spotřeba energie – je méně než 120 VA. Maximální spotřeba energie je 4500 VA při délce trvání 5s, a 33 kV/ 97 mA u expozičního nastavení.⁵

Další důležitou částí je požadavek na prostor, který vyžaduje nový mamograf:

- výška: 2000 mm
- hloubka: 1000 mm
- šířka: 1550 mm

2.1.1 Úprava prostor budovy

Úprava prostor spočívá v odstranění starého mamografického přístroje a jeho následném odvozu, uspořádání popisovací místnosti tak, abychom mohli instalovat pracovní stanici, zabezpečení místa pro serverovou část a úpravu plochy po starém zařízení.

Budova je již vybavená klimatizační jednotkou, která nám bude zajišťovat po celou dobu optimální teplotu a vlhkost. Síťové prvky jsou vyřešeny již z minulosti, nachází se zde 100 MB/s síť, která by měla být dostatečná na přenos dat mezi

vyšetřovnou, popisovou a serverovou místností. Elektrické přípojky nám zůstávají po starém mamografickém přístroji. Odvoz starého analogového mamografu je zajištěn firmou, která odkoupila přístroj na náhradní díly. Úprava místností by dle harmonogramu měla trvat den.

2.1.2 Přístrojové vybavení

Předmětem digitalizace bude výměna stávající analogové jednotky Planmed za modernější digitální mamograf. Podle časového harmonogramu je instalace zařízení naplánována na poslední dva dny. První den proběhne navedení nového mamografu, instalace pracovní stanice, první spuštění a testování. Druhý den budou probíhat zkoušky pro získání povolení a školení personálu.

2.1.2.1 Mamograf

Za stávající analogový mamograf byl vybrán plně digitální mamograf s přímou digitalizací Planmed Nuance Excel.⁵ Výměna celého digitálního mamografu byla nezbytná kvůli stáří dosavadního analogového přístroje. Z pohledu nároků tohoto přístroje na rychlost a kapacitu pracovní stanice a digitálního úložiště vycházíme z údajů o počtu vyšetření, průměrného počtu snímků na jedno vyšetření, velikosti jednotlivých snímků a potřeby jejich nepřetržité dostupnosti na diagnostické pracovní stanici.⁴

Tabulka č. 4: Odhadovaný roční objem dat:

	V celoročním objemu	
Průměrný počet vyšetření	56 vyšetření denně	x 270 = 15 120 vyšetření
Průměrný počet snímků na 1 vyšetření	4	x 4 = 60 480 snímků
Průměrná velikost 1 snímku	20 MB	x 20 = 1 209 600 MB
Průměrná velikost 1 archivovaného snímku ukládaná do záložního zařízení NAS (data jsou bezztrátově komprimována)	5 MB	x 4 = 302 400 MB
Odhadovaný roční objem dat	Minimálně 302 GB	

2.1.2.1.1 Technické parametry mamografu Planmed Nuance Excel

Detektor:

Digitální rtg přístroj s detektorem s přímou konverzí obrazu

Detektor a-Se

Velikost detektoru 23,9 x 30,5 cm

Velikost pixelu 85 μ m

Rozlišení 2 816 x 3 584 pixelů

Bucky clona 34l/cm, poměr 5:1

Odezva mezi expozicemi 30 s

Rentgenka:

Varian M113T

Rotační anoda wolfram vysokootáčková 9 700 ot./min

Dvě ohniska 0,1/0,3 mm, 300 000 HU

Berilium okénko 1 mm

Duální motorická filtrace: 60 μ m Rh, 75 μ m Ag

Generátor:

Vysokofrekvenční generátor řízený mikroprocesorem

Generátor integrovaný v mamografu

Velké ohnisko max. 110 mA, malé ohnisko max. 35 mA

Napětí 20–35 kV, krok po 1 kV, 5–720 mAs

Expoziční automatika:

Úplná expoziční automatika, AEC s automatickým kV, manuální nastavení expozice

Expoziční automat – nastavení vys. napětí dle tloušťky a složení prsu

Automatická volba expoziční komůrky

48 samostatně vyhodnocovacích detektorů

Integrovaná kontrola kvality QA

Automatická kalibrace přístroje

C rameno:

SID – 65 cm pro snímkování

Ovládací a kontrolní panely na obou stranách přístroje
Digitální zobrazení úhlu rotace
Digitální zobrazení reálné kompresní síly
Digitální zobrazení tloušťky prsu
Magnifikace 1,8
Motorizovaná komprese
Motorizovaná, izocentrická rotace C-ramene
Přednastavení projekčních úhlů
Motorizovaná kolimace svazku záření
Otevření prostoru pro manipulaci odklonem rentgenky do strany o 30 stupňů
Ovladače pro expozici umístěné po obou stranách přístroje

Příslušenství v základní konfiguraci:

Magnifikační základna pro zvětšení 1,8
Kompresní pedál 18 x 24
Kompresní pedál 24 x 30
Perforovaný kompresní pedál 18 x 24
Magnifikační kompresní pedál 10 x 10
Polohovací systém MaxView
MaxView fólie 24 x 30 cm – 100 ks
Stolek pro příslušenství

Akviziční stanice pro obsluhu:

Akviziční PC včetně SW pro akvizici snímků
Vysokorozlišovací monitor 3 MP
DICOM Print + Capture class
DICOM Single Media Archive class
DICOM Worklist class
Ochranná skleněná zástěna s ekvivalentem stínění 0,3 mm Pb

2.1.2.2 Server

Serverová část je navržena na uspořádání v rackové skříni se záložním zdrojem napájení, integrovaným síťovým přepínačem a síťovým diskovým polem (NAS) s kapacitou 3 TB pomocí 4 TB pevných disků uspořádaných do diskového pole

RAID 5, které umožňuje obnovu dat i v případě selhání jednoho ze čtveřice pevných disků. Další součástí je oddělené záložní diskové pole o stejné kapacitě, které zajistí dostupnost obrazových dat i pro málo předpokládaný případ selhání celého hlavního diskového pole.

Jako server bude využit xvision Store, u kterého probíhá komunikace s pracovní stanicí a ostatními modalitami pomocí normy DICOM 3.0, kdy se obrazové informace ukládají na diskové pole ale i na DVD komprimovaná ve formátu DICOM. Je zde použita bezdrátová komprese s kompresním poměrem 4:1.

2.1.2.2.1 Technické parametry serverového systému

Server rackového provedení:

M/B X38 DDR3 3PCIe/CF/6xRS/2eS/FW/2GL

Procesor Intel Core2Duo E8600 3,33 MHz

4 GB RAM DDR3 Corsair 1333 MHz server edition

2x 1 TB HDD WD zapojené v RAID1 (zrcadlení)

optická mechanika, 2x 10/100/1000 LAN

grafická karta PCIe Nvidia EN7300GT

600 W modulární zdroj, 13,5 fan

klávesnice, myš, 17" monitor

Windows XP Professional

APC Smart UPS SC 1500 VA Tower/2U rackmount

2x NAS system:

NAS system Helena Island, 3 TB, RAID5 (4x 1TB HDD)

2.1.2.3 Pracovní stanice

Pracovní stanice byla vybrána tak, aby dosahovala plné kompatibility s celým systémem, jedná se o stanici vision Mammo, která je speciálně navržena pro popis snímku na digitálních mamografických pracovištích. Stanice přijímá snímky z vyšetřovacích modalit, zobrazí nám je předdefinovaným způsobem a umožní nám následnou úpravu a popis. Stanice je schopna automaticky vyhledat v databázi již vyšetřované pacientky a stáhnout informace do vlastního úložiště. Po dokončení popisu vyšetření jsou snímky automaticky odesílány na úložiště a zálohovány.

2.1.2.3.1 Technické parametry diagnostické stanice Barco NIO 5MP

Monitory:

Dvojice certifikovaných diagnostických monochromatických LCD monitorů BARCO NIO 5 MP

Rozlišení 5 MP

DICOM kompatibilní

Úhlopříčka aktivní obrazovky 21"

2560 x 2048 pixelů rozlišení

Kalibrovaná svítivost okamžitě po spuštění 500 cd/m²

Kontrast 900:1

Speciální grafická karta Barcomed

Okamžité zobrazení snímku, paměť min. 512 MB, min.10 bit

Integrovaný senzor – nepřetržitá kontrola obrazu

Snížená spotřeba energie

Prodloužená životnost

Automatické nastavování homogenity celého zobrazovacího pole monitoru

PC, monitor pro NIS:

M/B X38 DDR3 3PCIe/CF/6xRS/2eS/FW/2GL

Procesor Intel Core2Duo E8400 3,00MHz

4 GB RAM DDR3 1333MHz

2x HDD WD VELOCIRAPTOR WD740HLFS 74 GB SATA/300
10000RPM,NCQ,16MB cache (RAID1 – system)

2x HDD WD VELOCIRAPTOR WD3000HLFS 300GB 10000RPM SATA-3G 16 MB
backplane ready (RAID0 – data)

optická mechanika, 2x 10/100/1000 LAN

grafická karta PCIe Nvidia EN7300GT pro náhledový monitor

klávesnice, myš, 19" náhledový monitor pro NIS

Windows XP Professional

APC Back-UPS RS 1000 VA 230 V France

Speciální klávesnice Digipad pro mamodiagnostické funkce

Mamografický software x Vision Mammo:

Software v českém jazyce

Základní funkce pro diagnostiku mamografie podporující její specifika

Rozložení snímku na ploše podle definice uživatele

Připojení do nemocničního archivu – rozhraní DICOM 3.0

Napojení na PACS a RIS/NIS – DICOM Worklist

Funkce Query/Retrieve

Schéma č. 1

2.2 Ekonomika digitalizace

Co se týče ekonomické stránky digitalizace, je důležité si uvědomit počáteční cenu digitálního mamografu, počet vyšetření, náklady na provoz, a z toho vypočítat schopnost splacení mamografu do povolené životnosti osmi let.

Cena digitální mamografie a její součásti:

Součástí dodávky digitálního mamografu je:

- Digitální mamografický rtg přístroj s detektorem s přímou konverzí obrazu
- PLANMED Nuance Excel
- Akviziční stanice včetně SW pro akvizici snímků
- Ochranná skleněná zástěna s ekvivalentem stínění 0,3 mm Pb
- Diagnostická stanice pro mamografii s dvojicí monitorů BARCO NIO 5MP
- Mamografický software x Vision Mammo
- Záložní zařízení NAS
- Archivační server
- Archivační SW vision Store
- Propojení s NIS a SW MASC
- Pracovní stanice + SW pro vypalování DICOM dat na CD/DVD

Tabulka č. 5: Cena digitalizace:

Cena bez DPH	6 000 000 Kč
DPH 10%	600 000 Kč
Cena s DPH	7 000 000 Kč

Cena zahrnuje:

Dodávku, kompletní instalaci, implementaci do systému PACS, zaškolení obsluhy
Zajištění všech potřebných měření nutných pro zahájení provozu.

Dodávka systému bude obsahovat:

Certifikáty podle platných norem nutných k provozu přístroje.

Návod na obsluhu v českém jazyce.

Záruční podmínky:

24 měsíců na digitální detektor

24 měsíců na veškerý HW dodávky (mamografický přístroj, PC, servery)

36 měsíců na monitory BARCO

Samotná cena nám nepostačuje pro zjištění ekonomické výhody digitalizace, je důležité započítat i počty výkonů. Jeden výkon je ohodnocen dle legislativy určitým počtem bodů, 1 bod v tabulce představuje 1 korunu. Jelikož se jedná o mamografické centrum, počítáme zde výkony mamografické a stereotaktické. Mamografický výkon má hodnotu 521 bodů a stereotaktický výkon má hodnotu 916 bodů.

Tabulka č. 6: Počet mamografických výkonů za rok:

Rok	Počet výkonů	Příjem
2008	11 000	5 731 000 Kč
2009	13 000	6 773 000 Kč
2010	15 000	7 815 000 Kč

Tabulka č. 7: Počet bioptických výkonů za rok:

Rok	Počet výkonů	Příjem
2009	280	256 480 Kč
2010	350	320 600 Kč

Další částí výpočtu jsou měsíční náklady centra na provoz, kde jsou zahrnuty veškeré výdaje: spotřeba vody, elektřina, platy lékařů (tři lékaři, čtyři laboranti), úklidová služba, preventivní údržba přístroje, pracovní pomůcky používané u mamografického snímkování.

Tabulka č. 8: Měsíční náklady centra na provoz:

Měsíční náklady na provoz	
Voda + elektřina	100 000 Kč
Platy (lékaři, laboranti)	340 000 Kč
Úklid	10 000 Kč
Preventivní údržba	10 000 Kč
Pracovní pomůcky (desinfekce)	1 500 Kč
Celkem:	461 500 Kč

Náklady na filmy a bioptické jehly jsou plně hrazeny pojišťovnou.

Výpočty jsou prováděny ze statistických údajů centra za rok 2008–2010.

3 Výsledky

Získali jsme celkové roční náklady mamografického centra, které jsou vypočítány ze tří položek, a to zkoušky provozní stálosti se zálohou 100 000 Kč, měsíční náklady a záloha centra pro případ, kdy by byla potřeba rychlé výměny části přístroje, popřípadě jiné technické problémy. Tato záloha je důležitá část nákladů pro soukromá zdravotnická zařízení.

Tabulka č. 9: Celkové roční náklady na mamografické centrum:

Roční náklady	
Zkoušky provozní stálosti	100 000 Kč
Záloha na neočekávané události	1 000 000 Kč
Náklady za 12 měsíců	5 538 000 Kč
Celkem:	6 638 000 Kč

Po odečtení veškerých nákladů od výdělku získáme celkový roční zisk centra.

Tabulka č. 10: Celkový roční zisk:

Celkový roční zisk	
Roční náklady	6 638 000 Kč
Výdělek za výkony	8 135 600 Kč
Celkem	1 497 600 Kč

Životnost mamografického přístroje povolená legislativou je osm let.

Tabulka č. 11: Čistý zisk:

Čistý zisk	
Cena digitalizace	7 000 000 Kč
Leasingové splátky za 8 let	8 000 000 Kč
Zisk centra	1 497 600 Kč x 8 let
Zisk centra 8 let	11 980 800 Kč
Zisk (8 let) – leasingové splátky = čistý zisk	3 980 800 Kč

Předpokládaný zisk centra za osm let bude 11 980 800 Kč. Při ceně leasingu digitalizace 8 000 000 Kč má centrum čistý zisk + 3 980 800 Kč, z toho vyplývá, že centrum je schopné i s rezervou splatit digitalizaci.

3.1 Základní rozdíly analogové a digitální techniky

3.1.1 Základní technické rozdíly

Standardní technika má své výhody. Kromě ceny jsou to dostupnější používaná metoda filmu-fólie umožňuje dosažení vysokého prostorového rozlišení a snímky lze libovolně přenášet. Kromě těchto výhod však lze najít i nevýhody, které nás omezují, jako zrnitost vznikající při snímkování, jež znemožňuje přesnou detekci mikrokalcifikací, dále zde hrozí riziko vyšší dávky rentgenového záření, skladování samotných snímků, jelikož vyžadují větší prostory, vyvolávání snímků vyžaduje více času a nutnost využití chemických prostředků a tím i sklad pro uchovávání chemikálií. Vytvořený snímek je konečný a nelze ho dále upravovat. Při vytváření filmu jsme omezeni jeho expozicí, samotná expozice filmu je závislá na řadě okolností. Snížená expozice klesá s různou denzitou.

Jednou z velkých výhod digitální mamografie je možnost uchovávání obrazů ve formě digitálních dat, které umožňuje přesun dat prostřednictvím jak lokálních, tak vnějších sítí. Další možností přenosu je záznamové médium. Výhodou digitální mamografie je expoziční pružnost, která pomáhá k lepšímu zobrazení různých částí prsu, jsme schopni rozlišit i menší rozdíly v kontrastu snímku. Digitální mamografie dává prostor pro dodatečnou úpravu snímku a to kontrastu, jasů, různé filtrace atd. a tím dopomáhá k lepší diagnostice. Vytvořené obrazy můžeme hodnotit přímo na obrazovce diagnostické stanice bez nutnosti vyvolávání snímků. *Graf č. 1, 2*

Další nespornou výhodou digitálních mamografů je jejich možnost archivace a skoro okamžitého nalezení informací bez nutnosti opouštět pracovní místo, což nám zkracuje dobu vyšetření.

3.1.1.1 Rozdíly v době vyšetření

V digitální mamografii je doba vyšetření kratší, jelikož můžeme vynechat úkony, které jsou nezbytné pro analogovou techniku (výměna filmu, vyvolání filmu, hledání v archivu).

Analogová mamografie:

Doba 1 výkonu u analogové mamografie je 13,5 minuty, do hodiny se zvládne provést 56 výkonů, kdy na jednu pracovní hodinu vychází 7 výkonů.

Digitální mamografie:

Doba 1 výkonu po dobu prvních čtyř let z důvodu archivu je 10 minut, do jedné hodiny lze provést 9 vyšetření. Po čtyřech letech lze navýšit kapacitu o 5 výkonů na hodinu, což znamená nárůst počtu výkonů na 12. Celkový roční nárůst by byl 27 144 výkonů.

Tabulka č. 12: Možný příjem z 27 144 výkonů:

Počet výkonů	Příjem
27 144	12 654 048 Kč

Schéma č. 2

3.1.2 Legislativa

Digitální mamografie sebou přináší i změny v oblasti legislativy, některé testy jsou přidány pro kontrolu digitálních částí a testy určené pro analogovou mamografii jsou odebrány. Jedním s rozdílů je například kontrola pracovní stanice – displeje.¹⁹

Patří sem:

- Geometrická deformace zkušebního obrazu na diagnostickém monitoru – cílem zkoušky je kontrola geometrického zkreslení obrazu.
- Viditelnost kontrastu, rozlišení stupňů šedi diagnostického monitoru – cílem zkoušky je kontrola zobrazení stupně šedi zkušebního obrazu na stínítku.
- Kontrola artefaktů obrazu – cílem zkoušky je odhalení jakékoliv struktury na zkušebním obrazci, která nepatří hodnocenému objektu.
- Rozlišení – cílem zkoušky je včasné odhalení zhoršení kvality obrazu, která by mohla vést ke ztrátě diagnostických informací.
- Rozsah jasu – cílem zkoušky je kontrola obrazu, na velikosti jasu závisí rozlišení objektů při nízkém kontrastu. Poměr maxima a minima jasu indikuje schopnost rozlišení kontrastu jasu monitoru.
- Stupně šedi displeje – cílem zkoušky je kontrola dostatečného odstupu šedi na obrazovém displeji k zajištění kvalitního zobrazení rentgenového snímku.

4 Diskuse

V diskusi se otevírá otázka bodového hodnocení digitální mamografie, hodnota bodu ve stávajícím bodovém systému je neměnná. Pojišťovna nezohledňuje v bodovém hodnocení kvalitu přístroje, hodnotí pouze stáří přístroje, podle vyhlášky používané přístroje nesmí být starší osmi let v mamografické diagnostice a screeningu. V případě, že by došlo v diagnostice obecně ke zohledňování kvality přístrojů používaných v diagnostickém procesu (kvalitní přístroj, proškolený personál, možnost postprocesingu), ekonomická návratnost digitální mamografie by trvala kratší dobu, a zároveň by klientka měla možnost vybírat si mezi technicky kvalitně vybaveným centrem a centrem s běžným přístrojovým vybavením. Nabízí se také možnost spoluúčasti klientky při financování mamografického vyšetření, při obeznámení s výhodami používané zobrazovací digitální metody. Nelze opomenout náklady spojené s použitím filmů při analogové mamografii, které v plné výši proplácí pojišťovna. Při digitální mamografii by došlo k ušetření prostředků z veřejného zdravotnictví při 15 000 vyšetření za rok krát 4 projekce (filmy) = 60 000 filmů, průměrná cena za 100 filmů je 2880 Kč. A u 60 000 filmů představuje ročně pro pojišťovnu úsporu 1 728 000 Kč.

Dalším problémem v digitalizaci analogových přístrojů je limitace počtu výkonů, který lze zvyšovat maximálně na 105 procent²⁰ od referenčního roku, což má za následek znemožnění nárůstu výkonů a tím pádem nedostatek financí pro modernizaci centra. Jednou z možností je přijímat pacientky na plnou platbu a tím využít potenciál digitální mamografie, která nám umožňuje navýšení výkonů.²¹

Lze konstatovat, že analogová centra, vzhledem k bodovému hodnocení, nemají motivaci ke změnám technického řešení svého diagnostického řetězce, protože je všeobecně daný model, že digitalizace centra je finančně náročná a ekonomicky nezajímavá investice. Navíc není jasná situace hrazení výkonů ze systému veřejného zdravotního pojištění, doba návratnosti ekonomických prostředků je v dnešní době ve zdravotnictví značně dlouhá. Případná spoluúčast pacientek ve screeningu karcinomu prsu by zapříčinila pravděpodobně pokles zájmu o toto vyšetření a předpokládaný počet 15 000 žen by mohl výrazně klesnout se všemi následnými ekonomickými dopady. Pro digitalizaci je třeba vytvořit v soukromém centru podmínky, které by spočívaly k navýšení bodového ohodnocení mamografie

v seznamu zdravotních pojišťoven zásadním způsobem, který zohledňuje vysokou kvalitu technického vybavení.

Další spornou otázkou je záchyt okultních karcinomů (karcinomů do 10 mm) u žen s takzvaně falešně mladou žlázou, kde žlázové těleso představuje 75 až 95 procent objemu prsu bez možnosti postprocesingu, je včasný záchyt karcinomů zejména u mladých žen minimální, obvykle dochází k diagnóze až při sekundární reakci okolních žlázoových struktur, které jsou pak již patrné i v klasickém analogovém mamografickém vyšetření.

Při hodnocení mamografických snímků, u klientky, která navštěvuje jedno mamografické centrum, se využívá porovnávání dokumentace starších snímků s aktuálními snímky. Současně se klade důraz na kvalitu mamografických negatoskopů s homogenitou jasu a předepsanou intenzitou. Pro tyto legislativně určené podmínky je jejich cena vysoká, navíc je k nim potřeba použít bodové světlo, lupu a musí být umístěné v zatemněné místnosti. Pro vynaloženou investici je likvidace negatoskopů používaných při hodnocení analogových mamografických snímků často považována za neekonomickou a je to další minus a důvod, proč nedigitalizovat centrum.

5 Závěr

Předkládám práci, která odpovídá současnému stavu používaných diagnostických mamografických zobrazovacích metod v prevenci karcinomu prsu.

Cílem bylo zjistit efektivitu mamografické diagnostiky při použití digitálního mamografu ve srovnání s analogovým mamografem při stejném počtu klientek v terénu specializovaného mamografického centra.

Digitální mamograf je vysoce spolehlivá metoda při screeningové i diagnostické mamografii. Eliminujeme s ní artefakty, kterými je objektivně zatížený diagnostický proces u analogového mamografu s vyvolávacím automatem.

Při popisování jednotlivých snímků (expozic) je možné bez účasti klientky upravovat jednotlivé expozice za účelem vyhodnocení jinak nečitelných ložiskových lézí, různých asymetrií, distorzí nebo mikrokalcifikací. Výhodu má toto vyhodnocování zejména u žen se sytou – denzní žlázou, fibrocysticky změněnou žlázou a při posuzování karcinomů in situ, které se často projevují pouze výskytem drobných shluklých mikrokalcifikací, které v analogovém procesu nemusí být diferencovatelné v syté žláze.

Ekonomickou efektivitu zabezpečí optimální počet obsluhujícího personálu, hodnotících lékařů a systém objednávání pacientek přes více vstupů: telefon, recepce, internet.

Další důležitou součástí digitalizace je snaha snížit náklady spojené s filmovým materiálem. Při analogové mamografii dostává centrum od pojišťovny za 1 vyšetření 521 Kč. Z této částky musí centrum odečíst náklady na filmový materiál co je 120 Kč a centru tedy zůstane 401 Kč. Digitální mamografie tyto náklady nemá a proto centru zůstává celá položka 521 Kč za 1 vyšetření.

Diagnózu karcinomu prsu ztěžuje zaměření na minimální nádory zejména u asymptomatických žen. Cílem kvalitní a rychlé diagnostiky je omezení počtu otevřených biopsií a operací, vedených za účelem ověření benignity daných ložiskových nálezů a také snížení počtu radikálních operací při předoperačně biopsicky ověřené malignitě ložiska.

Otázka ekonomické návratnosti digitalizace soukromého analogového mamografického centra akreditovaného Ministerstvem zdravotnictví pro mamografický screening v České republice zůstává v dnešním ekonomickém prostředí ve

zdravotnictví otevřená. Kvalitní a rychlá diagnostika u všech žen s eliminací falešně negativních nálezů hovoří pro budoucnost digitalizace mamografických screeningových center.

6 Seznam použitých symbolů a zkratek

ČR – Česká republika
MM – milimetr
Sb. - sbírky
ZIZ – typové schvalování
SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost
DDR – přímá digitální radiografie
ČSN – Česká technická norma
EN – Evropská norma
CR – nepřímá digitalizace (computed radiography)
RTG – rentgenové zařízení
CNR – kontrast a šum
PMMA – poly methyl methacrylat
AEC – automatické řízení expozice
mGy – miligray
mA - miliampér
Hz – hertz
kV – kilovolt
kW – kilowatt
cm – centimetr
N - Newton
Kg – kilogram
CCD – Charge–Coupled Device (zařízení s vázanými náboji)
MP – megapixel
DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicině
MZČR – Ministerstvo zdravotnictví České republiky
V – volt
 Ω – odpor
VA – spotřeba energie
MB – megabajt
 μm – mikrometr
QA – duality assurance
HU – Hounsfieldova jednotka
TB – terabyte
NAS – Network-attached storage
RAID – vícenásobné diskové pole
SW – software
PACS – picture archiving and communication systém

7 Literatura

A) Literatura:

- 1) DANEŠ, J., a kol. *Základy mamografie*. X- Egem, 2002.
- 2) DANEŠ, J., a kol. *Základy mamografie*. X- Egem, 2002, Obecné principy, s. 13..
- 3) DANEŠ, J., a kol. *Základy mamografie*. X- Egem, 2002, Základy digitální mamografie, s. 32..
- 4) PLANMED, *User manual*, Planmed Nuance and Planmed Excel.
- 5) PLANMED, *Nuance Install*, Planmed Nuance and Planmed Excel.
- 6) E.HASHIMOTO, B. *Practical digital mamography*. Thieme, 2008,.
- 7) PEART, O. *Mamography & Brest imaging, just the facts*. The McGraw- Hill, 2005.
- 8) ABRAHÁMOVÁ, J., DUŠEK, L., a kol. *Možnosti včasného záchytu rakoviny prsu*. Grada, 2003.
- 9) AICHINGER, H., DIERKER, J., et al. Bildqualität und Dosis in der Mamography. *Elektromedicina*, 1994.
- 10) DROKNERS, DJ., HENDRIKS, JHCL., HOLLAND, R., ROSENBUSCH, G. *The practice of mamography*. New York : Tyjeme Verlag, 2002.
- 11) HELVIE, MA., PARAMAGUL, C., OBERMAN, HA., ADLER, DD. Invasive lobular carcinoma: imaging features and clinical detection. *Invest. Radiology*, 1993.
- 12) STRNAD, P., DANEŠ, J., *Nemoci prsu pro gynekology*. Grada, 2001.
- 13) TABÁR, L., TOT, T., B. DEAN, P., *Brest cancer early detection with mamography*, Thieme, 2007.
- 14) BICK, U., DIEKMAN, F. *Digital mammography*. Springer, 2010.
- 15) ASTLEY, S., BRADY, M., ROSE, Ch., ZWIGGELAAR, R. *Digital Mamography 8th international Workshop*. Springer, 2006.
- 16) KRUPINSKI, E. *Digital Mamography 9th international Workshop*. Springer, 2008.
- 17) DREYER, K., HIRSCHORN, D., THRALL, J., MEHTA, A. *Pacs*, Springer, 2010.
- 18) PEART, O. *Mammography*. The McGraw- Hill, 2002.

B) Normy a předpisy:

- 19) Česká republika. Zkoušky provozní stálosti : Mamografická digitální pracoviště. In *Státní úřad pro jadernou bezpečnost*. 2009, 1, s. 3. Dostupný také z WWW: <www.mamo.cz>.
- 20) Česká republika. Věstník Ministerstva zdravotnictví : *Věstník Ministerstva zdravotnictví*. 2010, s. 40. Dostupný také z WWW: <www.mamo.cz>.
- 21) Česká republika. Sbírka zákonů 221 : *Sbírka zákonů*. 2010, 75, s. 84. Dostupný také z WWW: <www.mamo.cz>.

C) Webové stránky:

- 22) <http://www.mamo.cz/index.php?pg=pro-lekare--screeningova-diagnosticka-mamografie>
- 23) <http://www.mamo.cz/index.php?pg=pro-lekare--legislativa-formulare-prihlasky>
- 24) <http://www.mamo.cz/index.php?pg=pro-lekare--fyzikalne-technicka-problematika>
- 25) http://www.sujb.cz/?c_id=88

8 Seznam tabulek

- Tabulka č. 1: Minimální rozsah a četnost zkoušek provozní stálosti
- Tabulka č. 2: Sledované parametry a nezbytné materiálové vybavení
- Tabulka č. 3: Požadavky na technické vybavení mamografického pracoviště
(mamografické zařízení)
- Tabulka č. 4: Odhadovaný roční objem dat
- Tabulka č. 5: Cena digitalizace
- Tabulka č. 6: Počet mamografických výkonů za rok
- Tabulka č. 7: Počet bioptických výkonů za rok
- Tabulka č. 8: Měsíční náklady centra na provoz
- Tabulka č. 9: Celkové roční náklady na mamografické centrum
- Tabulka č. 10: Celkový roční zisk
- Tabulka č. 11: Čistý zisk
- Tabulka č. 12: Možný příjem z 27 144 výkonů

9 Seznam grafů

- Graf č. 1: Radiační dávka
- Graf č. 2: Radiační dávka

10 Seznam schémat

- Schéma č.1: Přehled aktivních prvků, které se použijí na digitalizaci
- Schéma č.2: Archivace

11 Přílohy

Tabulka č. 1: Minimální rozsah a četnost zkoušek provozní stálosti

Test	Četnost
<i>Základní kontrolní parametry</i>	
Vizuální kontrola negatoskopu	Průběžně
Kontrola artefaktů obrazu	Průběžně
Vizuální kontrola CR systému a kazet	Průběžně
Vizuální kontrola rtg zařízení (Vizuální kontrola kompresní desky)	Průběžně
Kompenzace tloušťky	Týdně
Rozlišení systému zobrazením mamografického fantomu a CNR pro 5 cm PMMA	Týdně – screening
	Čtvrtletně – nescreening
Přesnost indikátoru síly komprese	Měsíčně – screening
	Čtvrtletně – nescreening
Homogenita komprese při maximální klinicky používané kompresní síle	Čtvrtletně
Přesnost indikátoru tloušťky komprese	Čtvrtletně
Analýza opakování snímků	Čtvrtletně
Rozlišení při vysokém kontrastu	Čtvrtletně
Negatoskop	Ročně
<i>Získání obrazu</i>	
Dlouhodobá reprodukovatelnost standardního nastavení expozice	Týdně
Homogenita receptoru obrazu	Týdně
Nekorigovaný vadný prvek detektoru	Týdně
Stupně zčernání	Pololetně
Kompenzace tloušťky a napětí (CNR)	Pololetně
Vyhodnocení šumu	Pololetně
Selhání prvku detektoru	Pololetně
Geometrická deformace a vyhodnocení artefaktů	Pololetně
Mřížka - rastr	Ročně

Násobný obraz, důkladnost mazání	Ročně
Relativní citlivost - vzájemná	Ročně
Působení jiných zdrojů radiace	Před zahájením provozu
Fading	Před zahájením provozu
<i>Prezentace obrazu</i>	
Geometrická deformace zkušebního obrazce na diagnostickém monitoru	Průběžně
Viditelnost kontrastu - rozlišení stupňů šedi diagnostického monitoru	Denně
Kontrola artefaktů obrazu (displeje)	Denně
Rozlišení	Pololetně

Tabulka č. 2: Sledované parametry a nezbytné materiálové vybavení

Sledovaný parametr		Potřebné materiální vybavení
1	Optimalizace vyvolávacího procesu	Senzitometr
		Motorizovaný nebo bodový denzitometr, digitální teploměr
2	Stanovení CENTRÁLNÍ OD	TESTOVACÍ FANTOM (viz definice) Bodový denzitometr
3	Vizuální kontrola negatoskopu	
4	Senzitometrie	Senzitometr
		Motorizovaný nebo bodový denzitometr
5	Teplota vyvolávací lázně (údaj na displeji)	
6	Dlouhodobá reprodukovatelnost	TESTOVACÍ FANTOM (viz definice), bodový denzitometr
7	Artefakty	
8	Vizuální kontrola stavu kazet a zesilujících fólií, čištění fólií	Pomůcka pro čištění fólií
9	Vizuální kontrola kompresní desky	
10	Kompenzace tloušťky	Zeslabovací vrstvy 30, 40, 60 mm PMMA Bodový denzitometr
11	Rozlišení systému zobrazením mamografického fantomu	Pomůcka pro rozlišení při nízkém kontrastu
12	Přesnost síly komprese	Analogové nebo digitální váhy V případě potřeby měkký blok
13	Fyzikální kontrast	Mamografický Al klín
14	Homogenita komprese při maximální klinicky používané kompresní síle	Předmět, který velikostí a komprimovatelností přibližně simuluje průměrný prs
15	Přesnost indikátoru tloušťky komprese	Zeslabovací vrstvy 30, 40, 60 mm PMMA
16	Analýza opakování snímků	
17	Soulad naměřené teploty vývojky s referenční naměřenou teplotou vývojky	Digitální teploměr
18	Rozlišení při vysokém kontrastu	Pomůcka pro rozlišení při vysokém kontrastu aspoň do 20 lp/mm
		Lupa (desetinásobné zvětšení)

19	Doba zpracování filmu	Stopky
20	Retence ustalovače na filmu	Speciální roztok
21	Kompenzace napětí	Zeslabovací vrstva 40 mm PMMA Bodový denzitometr
22	Kontakt mezi zesilující fólií a filmem	Mamografická mřížka pro kontrolu kontaktu fólie-film
23	Ochranné osvětlení temné komory	Zeslabovací vrstva 40 mm PMMA Bodový denzitometr
24	Relativní citlivost systému kazeta - zesilující fólie	Zeslabovací vrstva 40 mm PMMA Bodový denzitometr
25	Odchylka průměrné citlivosti různých formátů kazet	Zeslabovací vrstva PMMA
26	Světlotěsnost temné komory	Zeslabovací vrstva 40 mm PMMA Bodový denzitometr
27	Negatoskopy	Přístroj pro měření jasu - kandelametr Přístroj pro měření osvětlení - luxmetr
28	Kontrola denzitometru	Kontrolní proužek
29	Světlotěsnost kazet	Zeslabovací vrstva 40 mm PMMA Bodový denzitometr

Tabulka č. 3: Požadavky na technické vybavení mamografického pracoviště (mamografické zařízení)

části mamografu	parametr	požadavky
generátor	typ	vysokofrekvenční 23 až 34
	minimální rozsah použitelného napětí [kV]	
rentgenka	typ anody materiál anody velikost ohniska [mm] přídavné filtry různých materiálů materiál přídavných filtrů světelné zaměření pole	rotační
		Mo ^{1) 2)}
		0,1/0,3; 0,15/0,4 ³⁾ dva
		Mo a Rh ^{4) 5) 6) 7)} ano
expoziční automat	volitelná pozice senzorů počet stupňů zčernání indikace Q [mAs] po expozici automatická volba vysokého napětí	ano ⁸⁾
		> 7 ⁸⁾ ano
		ano pro screening
vyšetřovací náradí	minimální vzdálenost ohnisko-film [cm]	60
	indikace kompresní síly	ano pro screening
	indikace tloušťky prsu	ano
	značení parametrů vyšetření na film	ano
	Bucky clona	ano pro screening ano
	motorizovaný vertikální pohyb	ano
	indikace úhlu rotace	ano
	motorizovaná komprese u nových zařízení	ano
automatická dekomprese po expozici	ano	

¹⁾ u DR systémů může být materiál anody i W

²⁾ materiál druhé anody může být Rh nebo W

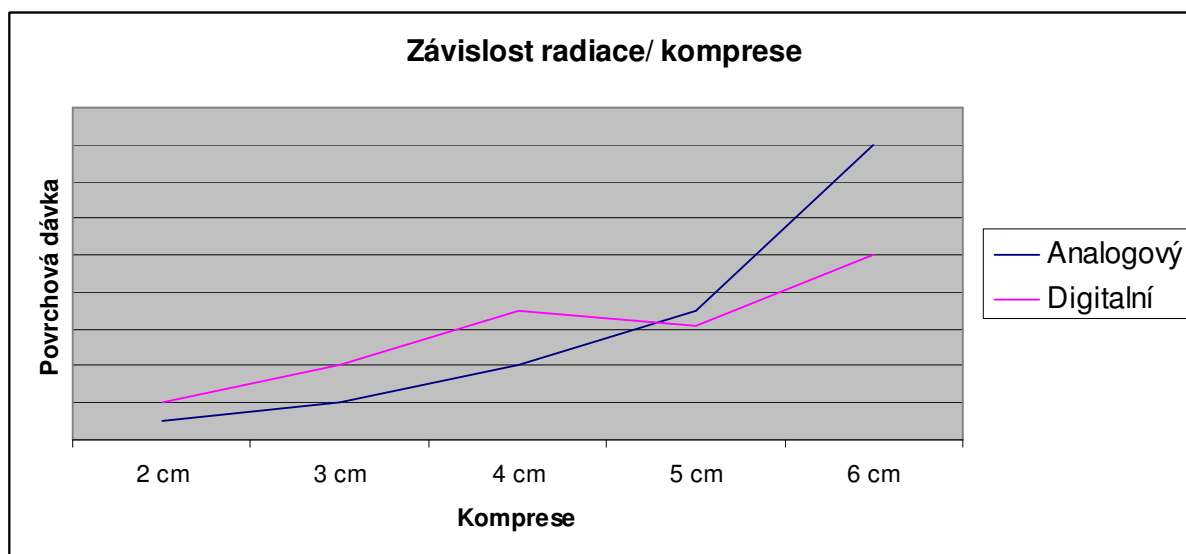
³⁾ velikost ohniska 0,15 / 0,4 při vzdálenosti ≥ 70 cm

⁴⁾ u DR systémů mohou být jiné kombinace dvou materiálů přídavných filtrů (např. Rh a Ag)

⁵⁾ u starých nescreeningových přístrojů je možná kombinace přídavných filtrů Mo a Al

- 6) třetím přídavným filtrem může být Al
- 7) automatická volba Rh filtru při RUTINNI EXPOZICI minimálně od tloušťky 65 mm PMMA; u již instalovaných nescreeningových zařízení alespoň ruční volba druhého filtru
- 8) netýká se systému DR

Graf č. 1: Radiační dávka



Graf č. 2: Radiační dávka

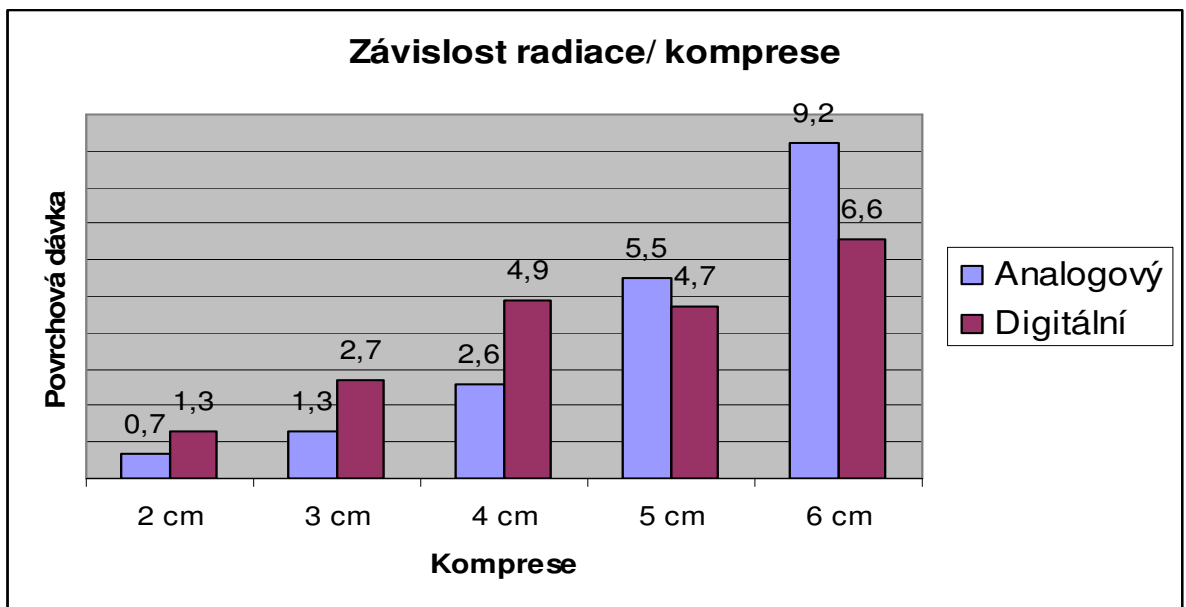


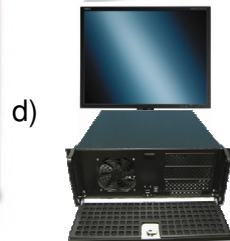
Schéma č.1: Přehled aktivních prvků



Modality

- mamograf

a)



Hlavní serverová část

- a) skříň se záložním zdrojem napájení
- b) datový přepínač (rozbočovač)
- c) zařízení NAS se čtveřicí disků
- d) server xVision s aplikacemi
 - o xVision Store
 - o NIS konektor



Záložní serverová část

- e) záložní zařízení NAS se čtveřicí disků
- f) samostatný záložní zdroj napájení



Pracovní stanice

- pracovní stanice xVision Mammo se záložním zdrojem napájení

Schéma č.2: Archivace

