



Mikko Kuivala

**Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveystieteiden
yksikön röntgenin mittalaitteiden laadunvarmistusohjelma**

**Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan
yksikön röntgenin mittalaitteiden laadunvarmistusohjelma**

Mikko Kuivala
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma

Tekijä: Mikko Kuivala

Opinnäytetyön nimi: Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgenin mittalaitteiden laadunvarmistusohjelma

Työn ohjaajat: Jukka Jauhiainen, Anja Henner

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012

Sivumäärä: 45 + 19 liitettä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa laadunvarmistusohjelma Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgenissä käytettäville mittalaitteille. Laadunvarmistusohjelmaan sisällytettäviä mittalaitteita käytetään joko laadunvarmistusmittauksissa tai erilaisissa demo- ja opetustilanteissa.

Työ aloitettiin tutustumisella sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgenlaitteistoon sekä terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvarmistuksiin. Mittalaitteiden käyttöasteet selvitettiin, minkä jälkeen kullekin mittalaitteelle suunniteltiin laadunvarmistustoimenpiteet.

Työn tuloksena on laadunvarmistusohjelma, joka sisältää määrääjain suoritettavat toimenpiteet kullekin sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgenin mittalaitteelle. Laadunvarmistusohjelmassa eniten huomiota suunnattiin kolmelle uusimmalle ja eniten käytettävälle mittalaitteelle. Opinnäytetyön tuloksena on myös Excel-dokumentti, johon laadunvarmistustoimenpiteet kirjataan.

Asiasanat:

röntgensäteily, sähkömagneettinen säteily, mittalaite, laadunvarmistus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 RÖNTGENSÄTEILY	8
2.1 Röntgensäteily lääketieteellisessä diagnostiikassa	9
2.2 Röntgensäteilyn tuottaminen	10
2.2.1 Säteilykeila ja fokus	13
2.2.2 Suodatus	14
2.3 Röntgensäteilyn ominaisuudet	15
2.3.1 Röntgensäteilyn spektri	16
2.3.2 Vaimeneminen	17
2.3.3 Puoliintumispaksuus	17
3 SÄHKÖMAGNEETTISEN SÄTEILYN MITTAAMINEN	19
3.1 Luminanssin ja illuminanssin mittaaminen	19
3.2 Säteilyn mittaaminen	19
3.2.1 Kaasutäytteiset ilmaisimet	20
3.2.2 Tuikeilmaisoin	21
3.2.3 Puolijohdeilmaisoin	21
3.3 Säteilysuureet	21
3.3.1 Absorboitunut annos	21
3.3.2 Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos	22
3.3.3 Annosnopeus	22
3.3.4 Muut säteilysuureet	22
4 MITTALAITTEIDEN LAADUNVARMISTUKSEN SUUNNITTELU	24
4.1 Unfors Mult-O-Meter 581	27
4.1.1 Kuvausarvot	28
4.1.2 Toimenpiderajat	28
4.1.3 Kalibroitaisuodatus	29
4.2 UnforsLuxi	30
4.3 Unfors EDD-30	32

4.3.1 Hälytysrajojen ja kuvausarvojen määrittäminen	33
4.3.2 Muut mittalaitteet	35
5 TULOKSET	39
6 POHDINTA	41
LIITE 1 MITTALAITTEIDEN LAADUNVARMISTUS	

1 JOHDANTO

Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) löysi röntgensäteet sattumalta vuonna 1895. Pian säteiden löytymisen jälkeen Röntgen nimesi löytämänsä säteet X-säteiksi (X-ray) eli tuntemattomiksi säteiksi. Monissa maissa säteitä kutsutaan keksijänsä mukaan röntgensäteiksi. Löydön merkittävyys tunnustettiin laajalti. Ensimmäinen fysiikan Nobel-palkinto vuonna 1901 myönnettiin Wilhelm Röntgenille. Nyt yli sata vuotta löydön tekemisen jälkeen röntgensäteitä käytetään rutiininomaisesti ympäri maailman lääketieteellisessä diagnostiikassa, mutta myös huomattavan paljon esimerkiksi teollisuudessa.

Röntgensäteilyä ja sen terveysvaikutuksia on tutkittu aktiivisesti sen löytämisestä lähtien. Tutkimusta edisti Röntgenin päätös olla patentoimatta keksintöään (Mould 1993, 8). Tutkimusryöpyn seurauksena myös röntgensäteilyn haittavaikutukset tulivat ilmi. Vuonna 1928 kun riittävä määrä empiiristä tietoa oli kertynyt, koettiin tarpeelliseksi perustaa haittavaikutusten ennaltaehkäisemiseksi järjestö, joka laatisi säteilynkäyttöön liittyviä suosituksia kansainvälisesti. Syntyi ICRP (International Commission of Radiological Protection), jonka suositukset ovat vielä nykypäivänäkin perustana lähes kaikissa olemassa olevissa säteilyn käytön suosituksissa. Suomessa säteilynsuojeluun liittyvien säädöksiä ja määräyksiä noudattamista valvoo Säteilyturvakeskus (STUK). (Bly – Havukainen – Ikäheimonen – Kosunen – Markkanen – Mustonen – Paile 2009, 18–21.)

Säteilyn käyttöön Suomessa vaaditaan turvallisuuslupa, jonka myöntää STUK. Turvallisuuslupia myönnetään vain perusteltuun ja kriteerit täyttävään toimintaan, kuten lääketieteelliseen tai teolliseen käyttöön. Säteilylaki velvoittaa toiminnanharjoittajaa osoittamaan säteilynkäyttöorganisaatio, joka huolehtii muun muassa säteilylähteiden ja niihin liittyvien laitteiden asianmukaisesta käytöstä. Laki myös velvoittaa toiminnanharjoittajan määrittämään kirjallisesti laadunvarmistustoiminnot. Laadunvarmistuksella tarkoitetaan *”kaikkia niitä suunniteltuja ja järjestelmällisiä toimenpiteitä, jotka tehdään sen varmistamiseksi, että menetelmät ja laitteet sekä niiden käyttö täyttävät määritellyt laatuvaatimukset”*. Säteilylähteiden lisäksi myös kaikki

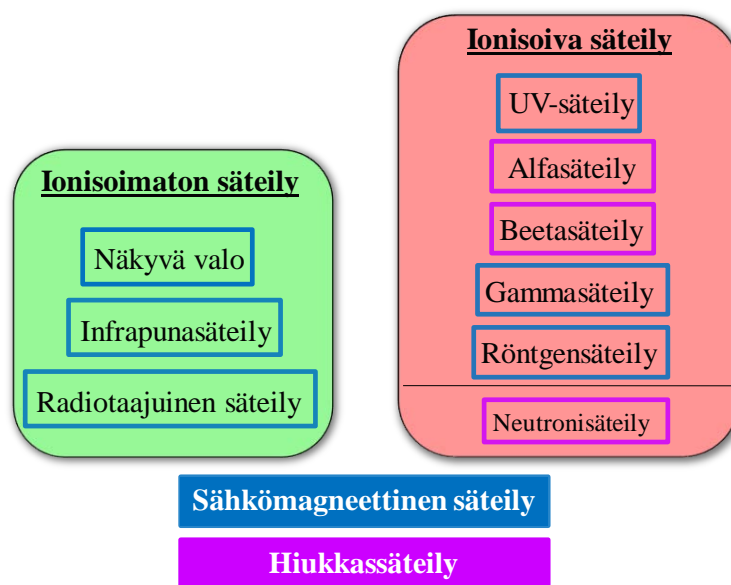
säteilytoiminnassa käytetyt muut laitteet ja tarvikkeet vaativat laadunvarmistuksen. (L 27.3.1991/592.)

Radiologisten tutkimusten hurja lisääntyminen viimeisen sadan vuoden aikana on tehnyt myös säteilyn konkretisoinnin ja potilasannosten mittaamisen tarpeelliseksi. Ihminen ei pysty aistimaan ionisoivaa säteilyä, joten on ollut tarpeen kehittää keino havaita säteilyä välillisesti. Tarkoitukseen on kehitetty erilaisia laitteita, joilla voidaan havaita säteilyä ja/tai mitata säteilyn määrää. Säteilyn vaikutukset elävään kudokseen eivät ole yksiselitteisiä: riittävän suuri kerta-altistus aiheuttaa aina paikallisia kudonvaurioita ja säteilytauti (deterministinen vaikutus), mutta toisaalta pieninkin säteilyaltistus voi johtaa syöpäsolun syntymiseen (stokastinen vaikutus). (Paile 2002, 43–46.)

Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan yksiköllä on lupa harjoittaa säteilytoimintaa. Säteilylähteet ovat lähinnä opetuskäytössä. Yksikössä lähes kaikille säteilyn käyttöön liittyville laitteille ja tarvikkeille oli olemassa laadunvarmistus, mutta mittalaitteilta se puuttui. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa myös sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgenin yhdeksälle säteilymittalaitteelle ja yhdelle valoisuusmittalaitteelle asianmukainen laadunvarmistusohjelma. Laadunvarmistusohjelmaan sisältyviä mittalaitteita käytetään joko laadunvarmistusmittauksissa, tai erilaisissa demo- ja opetustilanteissa säteilyn käyttäytymisen konkretisoimiseen. Lopullinen laadunvarmistus sisältää kirjallisessa muodossa kullekin mittalaitteelle suunnatut laadunvarmistustoimenpiteet. Laadunvarmistukseen kuuluu lisäksi Excel-dokumentti, johon laadunvarmistustoimenpiteet kirjataan.

2 RÖNTGENSÄTEILY

Fysiikassa säteilyllä tarkoitetaan energiaa, joka kulkee väliaineessa tai tyhjiössä joko hiukkasina, joilla on liike-energiaa, tai sähkömagneettisena aaltoliikkeenä. Säteilystä esiintyy ympäristössä koko ajan monissa eri muodoissa: ionisoivana tai ionisoimattomana, hiukkassäteilynä tai sähkömagneettisena säteilynä, keinotekoisena tai luonnosta peräisin olevana säteilynä. Säteilylajit on esitetty ionisointikyvyn mukaan kuvassa 1. (Energiateollisuus 2007, 3.)



KUVA 1. Säteilylajien jaottelu (Säteilyturvakeskus. 2007, linkit Säteilytietoa -> Mitä on säteily?)

Röntgensäteily on sähkömagneettista säteilyä. Röntgensäteily koostuu fotoneista, kuten kaikki sähkömagneettinen säteily. Fotoneilla ei ole massaa eikä sähkövarausta, joten ne kulkevat tyhjiössä valon nopeudella. Ominaisuuksiensa vuoksi fotonit ovat läpitukevampia kuin radioaktiivisesta ytimestä peräisin olevat hiukkaset, mutta toisaalta harvempaan ionisoivia. Röntgensäteily on aallonpituudeltaan lyhyttä sähkömagneettista säteilyä ja muistuttaa ominaisuuksiltaan hyvin paljon gammasäteilyä. Tavallisimmin röntgensäteilyä tuotetaan erilaisilla röntgenputkilla. Röntgensäteily kykenee energiansa ansiosta läpäisemään ihmiskehon eri intensiteeteillä kudoksista riippuen. Tämän takia röntgensäteilyä hyödynnetään erityisesti

lääketieteellisessä diagnostiikassa, mutta myös sädehoidossa sekä teollisuuden radiografiassa (materiaalien laadunvalvonta) (Kaituri – Korpela – Väisälä 2004, 256). (Bushong 2001, 52–63.)

2.1 Röntgensäteily lääketieteellisessä diagnostiikassa

Radiologia, eli lääketieteellinen kuvantaminen, on röntgensäteilyn kenties yleisin käyttökohde. Radiologiassa röntgensäteilyllä on keskeinen osa; sitä käytetään oireiden diagnosointiin, hoidon seurantaan ja läpivalaisuun - joko varjoaineella tai ilman - erilaisissa toimenpiteissä. (Jurvelin 2005, 11–15.)

Röntgenlaitteita on kehitetty useisiin eri käyttötarkoituksiin. Suurimmalle osalle väestöstä lienee tunnetuin tavallinen röntgenlaite eli natiiviröntgenlaite (kuva 2), jota käytetään esimerkiksi luunmurtumien, keuhkojen ja lannerangan kuvaamiseen, mutta periaatteessa kuvan ottaminen on mahdollista kaikista kehonosista. Natiiviröntgenlaitteisto pitää usein sisällään potilaspöydän tai työaseman, kattotelineen, jossa on röntgenputki ja muuta laitteistoa, potilaspöydän, röntgengeneraattorin sekä joko digitaalisen kuvareseptorin tai vaihtoehtoisesti erikokoisia kuvalevyjä. Joissakin natiiviröntgenlaitteissa on myös tomografia- eli kerroskuvausmahdollisuus. (Miettinen – Pukkila – Tapiovaara 2004, 40–41.)



KUVA 2. Philips Digital Diagnost -röntgenlaitteisto (Woitunski 2008)

Mammografiaan on olemassa omia, natiiviröntgeniä pienitehoisempia laitteita, jotka on suunniteltu ainoastaan rintojen kuvantamiseen. Laitteessa on mekanismi, jolla rinta saadaan puristettua ohuemmaksi ja kääntyvä röntgenputkiteline eri kuvakulmien saavuttamiseksi. (Miettinen ym. 2004, 48.)

C-kaari on nimensä mukaisesti C-kirjaimen muotoinen läpivalaisulaite, jossa kaaren toisessa päässä on röntgenputki ja toisessa kuvanvahvistin. Kuvanvahvistimeen on kytketty tv-kamera, jonka tallentama kuva näkyy erillisellä näytöllä. Laitteella saadaan reaaliaikaista kuvaa kuvattavasta kohteesta. Siksi C-kaarta käytetään esimerkiksi leikkauksissa ja usein varjoaineen kanssa. On olemassa myös kiinteitä läpivalaisulaitteita, jotka poikkeavat C-kaaresta käytännössä vain liikuteltavuudeltaan. (Miettinen ym. 2004, 42–44.)

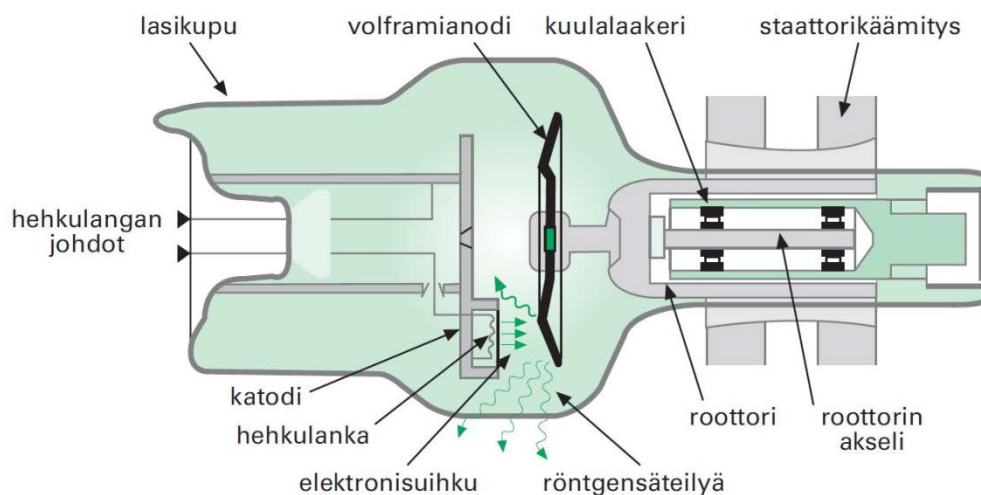
Tietokonetomografialaite (TT) on putken mallinen laite, jossa on potilaspöytä. Kuvauksessa potilas makaa pöydällä ja pöytä liikkuu hitaasti tai välillä pysähdellen putken läpi. Putken sisällä olevat röntgenputki ja detektori (tai useita) pyörähtävät 360 astetta tuottaen leikekuvan eli käytännössä kolmiulotteisen poikkileikkauksen kuvattavasta kohteesta. TT-kuvan etu natiiviröntgenin 2D-projektioon verrattuna se, että elimet eivät kuvaudu päällekkäin. (Miettinen ym. 2004, 43–47.)

Panoraatomografia- ja hammasröntgenlaitteet ovat hampaiden kuvantamiseen tarkoitettuja pienitehoisia laitteita. Panoraatomografialaite tuottaa panoraamakuvan hampaista kiertämällä röntgenputkea pään ympäri. Hammasröntgenlaite eli intraoraalilaite on tarkoitettu yksittäisten hampaiden kuvantamiseen. Potilaan suuhun asetetaan kuvalevy tai kuvareseptori, johon kuva hampaasta valaistaan. Säteilykeila on pieni, halkaisijaltaan alle 10 cm. (Miettinen ym. 2004, 49–50.)

2.2 Röntgensäteilyn tuottaminen

Röntgensäteilyä tuotetaan röntgenputkella. Röntgenputki (kuva 3) on useimmiten valmistettu lasista, ja sen sisällä on tyhjiö. Putken sisällä on

röntgenlaitteen käyttötarkoituksesta riippuen joko induktiomoottoripyöritteinen tai paikallaan oleva viistopintainen anodilautanen. Anodilautasissa yleisin materiaali on volframi, sillä se on yksi raskaimmista olemassa olevista metalleista ja sen sulamislämpötila on korkea. Toisessa päässä röntgenputkea on katodi. Katodina on myös volframista valmistettu hehkulanka tai joissain tapauksissa kaksi hehkulankaa eri fokuskokojen aikaansaamiseksi. Hehkulanka on yleensä sijoitettu syvennykseen, joka ohjaa irronneet elektronit oikeaan kohtaan anodille. Anodilla tätä kohtaa kutsutaan sähköiseksi fokukseksi. Katodipuolella on myös johtimet, joita pitkin tarvittava sähköteho tuodaan röntgenputkelle. Koko röntgenputki on lyijytetyn suojavaipan sisällä lukuun ottamatta anodin kohdalla olevaa suojaamatonta kohtaa, joka mahdollistaa röntgensäteilyn siirtymisen putkelta pois päin. (Miettinen ym. 2004, 32–36.)



KUVA 3. Tyypillinen röntgendiagnostiikassa käytetty pyöriväänodinen röntgenputki (Miettinen ym. 2004, 32)



KUVA 4. Oamkin sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgengeneraattorikaappi ja työasema

Röntgengeneraattori on röntgensäteilyn sähköinen tehonlähde, jolla voidaan myös säätää tuotettavan säteilyn laatua ja määrää (kuva 4, vasemmalla). Myös kaikki kuvauksessa vaadittavat ajoitukset ja päälle kytkemiset tapahtuvat röntgengeneraattorin ohjaamana. Generaattorissa on suurjännitemuuntaja, jolla tavallinen verkkovirta voidaan muuttaa suurjännitteeksi. Synnytetty suurjännite ohjataan röntgenputkelle, jossa se muutetaan röntgensäteilyksi. Generaattoriin ei kuvaustilanteessa tarvitse kajota, sillä säteilyn syntyprosessia voidaan ohjata erilliseltä työasemalta (kuva 4, oikealla) kuvaushuoneen ulkopuolelta. (Miettinen ym. 2004, 36–40.)

Kun työasemalta valitaan halutut kuvausarvot, röntgengeneraattori asettaa röntgenputken hehkulangan sähkövirran oikeaan arvoon. Kuvanlaukauspainiketta painettaessa suurjännite kytkeytyy päälle, ja sähkökenttä vetää hehkulangalta lämmityksen seurauksena irronneet elektronit lähes valon nopeudella kohti anodilautasta. Elektronien osuessa anodilautaselle suurin osa niiden liike-energiasta vapautuu lämmöksi ja vain pieni osa röntgensäteilyksi. Välittömästi putkelta poistuttuaan säteily läpäisee

suodattimen, joka absorboi röntgensäteilyä niin sanotun pehmeän, pienienergisien ja heikosti läpäisevän osan, ja vähentää näin potilaan säteilyannosta. Tätä lääkinnällisissä röntgenlaitteissa alumiinista valmistettua suodatinta kutsutaan primäärisäteilyn suodattimeksi. Suodatettu röntgensäteilykeila rajataan halutulle pinta-alalle laitteistosta ja käyttötarkoituksesta riippuen. (Jauhiainen 2007, 18–20.)

2.2.1 Säteilykeila ja fokus

Sähköinen fokus on anodilautasen kohta, johon katodin elektronisuihku on suunnattu. Anodilautasen ollessa pyörivä fokuspiste muodostaa fokusradan, jolloin törmäyksessä muodostuva lämpö jakautuu anodin kehälle. Vain sähköiseen fokukseen törmäävät elektronit muodostavat röntgenputkesta ulos tulevan hyötysäteilykeilan. (Miettinen ym. 2004, 33–34.)

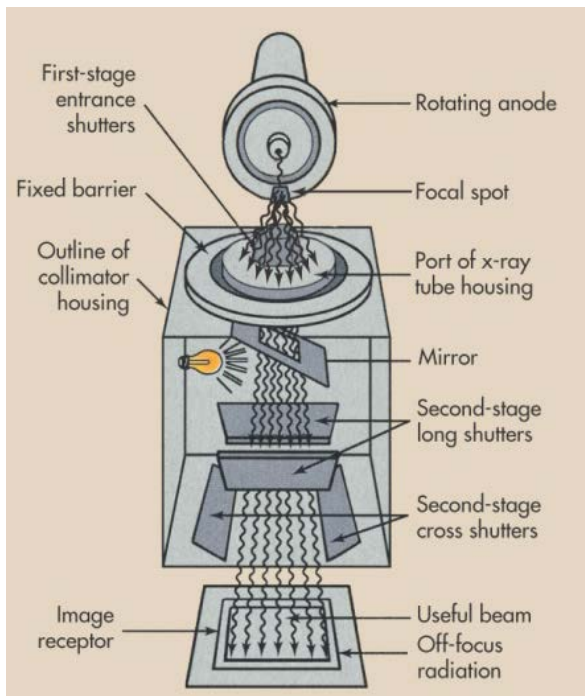
Kaikki säteily ei suinkaan lähde ulos röntgenputkesta, vaan suurin osa jää sen sisään absorboituen lopulta putken suojavaippaan. Kuriositeettina mainittakoon, että kun otetaan edellä mainitun lisäksi huomioon se, että huomattavasti suurin osa anodille törmänneiden elektronien energiasta muuttuu lämpöenergiaksi, voidaan todeta röntgenputken hyötysuhteen olevan erittäin pieni. (Miettinen ym. 2004, 21–35.)

Usein röntgenputkessa on kaksi erikokoisen elektronisuihkun tuottavaa hehkulankaa, jolloin toinen on suunnattu isoon ja toinen pieneen fokukseen. Nämä fokukset sijaitsevat tavallisimmin eri kohdissa anodilautasta, anodikulman ollessa pienempi pieneen fokuksen kohdalla. Ison fokuksen käyttö lisää röntgenkuvan epäterävyyttä, mutta mahdollistaa isot kuvausjännitteet ja lyhyemmän kuvausajan (pienempi liike-epäterävyys). Pienellä fokuksella fokusrata on pienempi, joten ylikuumentamisen takia suuria kuvausjännitteitä/-virtoja ei voi käyttää. Pieni fokus näkyy myös niin sanotun Heel-efektin lisääntymisenä. Heel-efektin takia anodipuolella – suunnassa, jossa kulma anodin pinnan suhteen on pieni – röntgensäteilyn intensiteetti on pienempi. Anodi siis itse varjostaa eli absorboi omaa säteilyään. Erot koko optisen fokuksen alueella voivat vaihdella jopa 45 %. (Bushong 2001, 123–135.)

Optinen fokus on se ala, jonka säteilykeila kattaa kuvattavassa kohteessa (Miettinen ym. 2004, 33). Alan koko riippuu fokuskoosta ja kuvausetäisyydestä ja sitä voidaan myös rajata pienemmäksi rajauskaihtimilla (kuva 5). Esimerkiksi selkärankaa kuvattaessa säteilykeila voidaan rajata kapeaksi, jolloin saadaan tuloksena vähemmän sironnutta säteilyä ja pienempi potilasannos.

2.2.2 Suodatus

Lääketieteellisessä röntgendiagnostiikassa on mahdollisuus käyttää primäärisäteilyn suodattimen lisäksi myös lisäsuodatusta. Lisäsuodatuksella voidaan edelleen suodattaa pois pehmeää säteilyä, joka ei osallistu kuvanmuodostukseen kuvanlaatua parantavasti, vaan vain absorboituisi potilaaseen lisäten potilasannosta. Tavanomaisissa röntgenlaitteissa lisäsuodatuksena käytetään joko alumiinia tai kuparia, mammografialaitteissa käytetään myös molybdeenä. Käytetty suodatuksen määrä ilmoitetaan yleensä paksuusmillimetreinä, esimerkiksi mmAl. (Miettinen ym. 2004, 23-26.)



KUVA 5. Säteilykeilan rajaaminen rajauskaihtimilla (Bushong 2001, 229).

2.3 Röntgensäteilyn ominaisuudet

Kuten jo aiemmin mainittiin, röntgensäteitä kutsutaan fotoneiksi. Röntgensäteilyn fotoni eroaa näkyvän valon fotonista käytännössä vain taajuudeltaan: röntgensäteilyn taajuus on korkeampi, eli sen aallonpituus on lyhyempi (Bushong 2001, 52–63). Energiasta riippuen fotonin eri ominaisuudet korostuvat: pienen energian fotoneilla korostuvat aalto-ominaisuudet ja suuren energian fotoneilla, kuten röntgensäteilyllä, korostuvat hiukkasominaisuudet. Periaatteessa röntgensäteen voidaan ajatella käyttäytyvän kuten yksittäinen hiukkanen: se etenee suoraviivaisesti kunnes kokee vuorovaikutuksen osuessaan johonkin aineeseen. Vuorovaikutus voi olla joko absorptio, sironta tai parinmuodostus. Parinmuodostuksella ei ole käytännön merkitystä röntgenkuvauksessa, koska sitä tapahtuu huomattavasti suuremmilla fotonienenergioilla kuin mitä röntgenlaitteilla saadaan aikaan. (Ritenour – Statkiewicz-Sherer – Visconti 1998, 24–25.)

Röntgensäteilyn absorptiota kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi. Valosähköisessä ilmiössä aineeseen osunut fotoni häviää ja luovuttaa energiansa elektronille, joka käyttää energian sidosenergian ”täyttämiseksi”. Yli jäävä energia menee liike-energiaksi elektronin poistumiseen atomista. Valosähköistä ilmiötä tapahtuu eniten pienillä fotonienenergioilla ja juuri nämä pienienergiset fotonit suodatetaan röntgenlaitteissa pois, sillä ne eivät vaikuta kuvanmuodostukseen vaan vain absorboituisivat potilaaseen. Kuvanmuodostuksen kannalta on tärkeää, että nämä pienienergiset fotonit häviävät eivätkä ne pääse kuvareseptorille tai kuvalevyille asti, sillä ne heikentävät kuvan kontrastia. (Jauhiainen 2007, 5–15.)

Röntgensäteilyn sironnasta puhuttaessa tarkoitetaan usein ns. Comptonin sirontaa. Pienillä energioilla ilmenee myös niin sanottua koherenttia sirontaa, mutta koska siinä fotonin energia säilyy muuttumattomana ja absorptiota ei tapahdu käytännössä lainkaan, sitä ei yleensä tarvitse ottaa huomioon. Sironta saattaa ilmetä kuvassa sumuna (radiographic fog), jonka määrää voidaan kuitenkin vähentää rajaamalla kuva tiiviisti. (Ritenour – Statkiewicz-Sherer – Visconti 1998, 22–25.) Comptonin sironta sen sijaan vaikuttaa kuvanlaatuun enemmän. Siinä atomiin tuleva fotoni siroaa levossa olevasta ulkokuoren

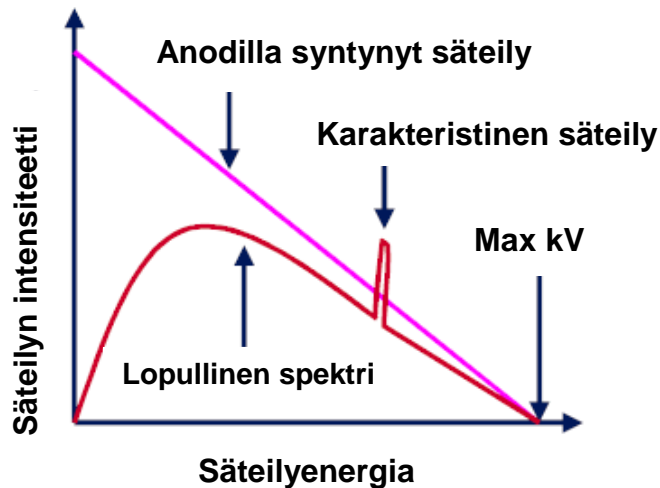
elektronista säilyttäen liike-energiansa, mutta muuttamalla suuntansa ja aallonpituutensa. Tämä ilmiö vaikuttaa kuvanmuodostukseen kuvanlaatu heikentävästi, sillä fotonit ei läpäise kohdetta suoraan vaan se osuu väärään kohtaan kuvareseptoria tai kuvalevyä. Sironneet fotonit pyritäänkin suodattamaan pois hajasäteilyhilalla kuvan kontrastin parantamiseksi. (Jauhiainen 2007, 13–15.)

2.3.1 Röntgensäteilyn spektri

Kuten aiemmin mainittiin, röntgensäteilyn ominaisuudet ovat erilaiset eri fotonien energioilla. Tärkeä tieto on myös se, että röntgensäteily ei suinkaan ole pelkästään tiettyä aallonpituutta ja intensiteettiä sisältävää säteilyä. Tämä käy ilmi röntgensäteilyn spektristä (kuva 6). Kuvassa ”anodilla syntynyt röntgensäteily” tarkoittaa röntgenputkella muodostuvaa jarrutussäteilyä. Jarrutussäteily on useita eri energioita sisältävää säteilyä ja sen spektri on jatkuva. Jarrutussäteilyssä elektronin liike-energia muuttuu fotoniksi, joka valottaa kuvalevyn tai -reseptorin röntgendiagnostiikassa. (Bushong 2001, 142–152.)

Lopullinen spektri eroaa huomattavasti alkuperäisestä muodostuneesta säteilystä: huomataan, että pienienergistä röntgensäteilyä on huomattavasti vähemmän. Tämä johtuu siitä, että osa säteilystä suodattuu pois jo ennen sen poistumista röntgenputkesta. Osa suodatetaan pois primäärikeilan suodattimella, sillä tämä pienienerginen säteily ei vaikuta kuvanmuodostukseen, vaan vain lisää potilaan saamaa säteilyannosta. Kuvan 6 lopullisessa spektrissä spektrissä havaitaan myös pieni piikki. Piikki on niin sanotun karakteristisen säteilyn eli ominaissäteilyn piikki. Karakteristista säteilyä syntyy anodilla: kun sisemmillä elektronikuorilla tapahtuu ionisointia, syntyy elektronipilveen aukkoja. Tila on atomille erittäin epämieluisa, joten ulkokuoren elektronit täyttävät nämä aukot. Seurauksena syntyy anodimateriaalille ominaista, tiettyjä energioita sisältävää säteilyä, joka näkyy röntgensäteilyn spektrissä epäjatkuvina piikkeinä. (Miettinen ym. 2004, 19–26; Bushong 2001, 143–144.)

Röntgensäteilyn spektriin voidaan vaikuttaa suodatuksella, mutta myös kuvausarvoilla ja käytettävällä anodimateriaalilla. Karakteristiset piikit näkyvät spektrissä sitä suurempana, mitä suurempi kuvausjännite on.



KUVA 6. Röntgensäteilyn spektri (Basic Radiation Physics)

2.3.2 Vaimeneminen

Röntgensäteily, kuten esimerkiksi näkyvä valo, vaimenee eksponentiaalisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että säteilyn määrä pysyy vakiona, mutta mitä pidemmälle se kulkee, sitä laajemmalle alueelle se leviää, kunnes häviää muiden vuorovaikutusten (röntgenissä absorptio ja sironta) vaikutuksesta kokonaan. Vaimeneminen noudattaa niin sanottua etäisyyden neliön lakia, jonka mukaan säteily vaimenee käänteisesti suhteessa etäisyyden neliöön. Siirryttäessä kahden metrin päähän säteilylähteestä säteilyn intensiteetti on pudonnut jo neljäsosaan. Etäisyydellä onkin suuri rooli säteilyltä suojaumisessa. (Bushong 2001, 64–66.)

2.3.3 Puoliintumispaksuus

Puoliintumispaksuudella (HVL, Half Value Layer) tarkoitetaan absorboivaa ainekerrosta, jolla säteilyn absorptioannosnopeus saadaan tiputettua puoleen alkuperäisestä arvosta. Röntgendiagnostiikassa tämä arvo on noin 0,2 - 7 mmAl. Käytännössä arvo kertoo röntgensäteilyn läpikäytävyyden eli sen, onko säteily kovaa vai pehmeää. Kova säteily tarkoittaa suurienergistä säteilyä, jonka

energia on suuri, ja pehmeä säteily tarkoittaa heikosti läpäisevää, pienienergistä säteilyä. Koska pelkkä HVL-arvo ei sellaisenaan täysin kuvaa säteilyn ominaisuuksia, tulisi sen lisäksi ilmoittaa myös jännitearvo ja anodimateriaali. HVL-arvoon vaikuttaa myös röntgenlaitteen sisäinen kokonaissuodatus. (Miettinen ym. 2004, 26.)

3 SÄHKÖMAGNEETTISEN SÄTEILYN MITTAAMINEN

3.1 Luminanssin ja illuminanssin mittaaminen

Radiologisten kuvien tarkastelussa näkyvän valon rooli on suuri. Kuvankatseluhuoneessa vallitsevan valaistuksen on oltava himmeä, mutta ei kuitenkaan liian pimeä. Työasemanäytön taas tulisi pystyä toistamaan katseltavat kuvat luonnollisina ja tasalaatuisina.

Työasemanäytön pinnalta lähtevää valon voimakkuutta kutsutaan luminanssiksi (yksikkö kandela per neliömetri, cd/m^2). Esitettävän kohteen ja taustan välistä luminanssisuhdetta kutsutaan kontrastiksi. Kontrastien toistuminen oikein on erityisen tärkeää radiologisia kuvia tarkasteltaessa, ja siksi työasemanäyttöjen tulisi olla laadukkaita. Käytössä olevien työasemanäyttöjen toimintakuntoa täytyy tarkkailla säännöllisin väliajoin, sillä näyttöjen luminanssi heikkenee ajan kuluessa. (Liukkonen 2010, 24–25.)

Kuvankatselussa ympäröivän valon määrää kutsutaan illuminanssiksi (yksikkö luks, lx). Illuminanssilla on suuri vaikutus työasemanäytöltä tarkasteltavan kuvan laatuun: Liian suuri illuminanssi tekee kontrastien erottamisen vaikeaksi ja heikentää kuvan laatua. Toisaalta liian pieni illuminanssi rasittaa silmiä. Luminanssia ja illuminanssia mitataan valomittalaitteilla, joilla voidaan lähes poikkeuksetta mitata kumpaakin edellä mainittua suuretta. (Liukkonen 2010, 25–27.)

3.2 Säteilyn mittaaminen

Kuten jo Johdanto-luvussa mainittiin, ihminen ei voi suoraan aistia ionisoivaa säteilyä. Ihminen voi siis vahingossa tai huomaamattaan saada tappavan säteilyannoksen ja haittavaikutukset ilmenevät heti tai viiveellä. Lääketieteellisessä röntgendiagnostiikassa säteilylähteelle asetetut kuvausarvot eivät välttämättä vastaa syntyvän säteilyn arvoja. Siksi on kehitetty tapoja tarkistaa käytettävän säteilyn ominaisuudet.

Säteilyä voidaan mitata eri tekniikoita hyödyntävillä ilmaisimilla tai mittareilla. Säteilynilmaisim on laite joka havaitsee säteilyä, mutta ilmoittaa siitä epätarkasti.

Säteilymittari on laite, joka säteilyn havaitsemiseksi mittaa yhtä tai useampaa suuretta ja ilmoittaa säteilynilmiasinta huomattavasti tarkemman mittaustuloksen. Kummankin edellä mainitun laitteen toiminta perustuu säteilyn ja aineen väliseen vuorovaikutukseen: säteily aiheuttaa laitteen mittalaitteen anturin materiaalissa jonkin ilmiön, joka useimmiten vielä vahvistetaan ennen sen muuttamista sähköiseksi signaaliksi. Muodostunut signaali voidaan esittää eri muodoissa: mittalaitteen viisarin liikahtamisena, mittausravon ilmestymisenä näytölle, äänimerkkinä tai esimerkiksi jatkuvana kuvaajana. Kaikkien säteilyn muuttujien mittaamiseen on olemassa jokin mittalaite tai mittausrjärjestely ja nykypäivän laitteet mittaavatkin pääsääntöisesti useita muuttujia samanaikaisesti.

Mittalaitteiden hyödyntämiä tekniikoita on lukuisia ja jokaiselle on tietty optimikäyttökohde. Useimmin käytetyt mittarit ovat kaasutäyteinen ilmaisim, tuikeilmaisim, puolijohdeilmaisim, termoloisteilmaisim tai perinteinen valokuvausfilmi. Laadunvarmistusohjelmaan ei kuulu termoloisteilmaisimia tai perinteisiä valokuvausfilmejä, joten ne jätetään tässä huomioimatta.

3.2.1 Kaasutäytteiset ilmaisimet

Kaasutäyteisissä ilmaisimissa on ilma- tai kaasutäyteinen kammio. Kulkiessaan kammion läpi ionisoiva säteily synnyttää ionipareja, jotka kerätään keräysjännitteellä mittalaitteen elektrodeille. Kaasutäyteinen ilmaisim voi olla joko ionisaatiokammio, Geiger-Muller-ilmaisim tai verrannollisuuslaskuri. Kaikissa edellä mainituissa toimintaperiaate on sama, mutta käytettävä keräysjännite vaihtelee. Tämän vuoksi mittalaitteille on olemassa tietyt toimintarajat, joiden välissä käytettävät annosnopeudet tulisi olla. Mitä suurempi on käytettävä annosnopeus, sitä suurempi keräysjännite tarvitaan. Ionisaatiokammion keräysjännite on sopiva käytettäväksi röntgensäteilyn mittaamiseen. Verrannollisuuslaskuria käytetään pääasiassa alfa- ja beetasäteilyn ilmaisimena ja Geiger-Muller-ilmaisimia käytetään yleisesti kannettavina säteilysuojelumittareina. (Klemola 2002, 116–122; Peltola 2009, 3–6.)

3.2.2 Tuikeilmaisimien

Tuikeilmaisimen toiminta perustuu säteilyn tuikeaineessa (kaasu, neste, kide) aiheuttamaan valoon. Tuikeaineessa syntynyt valo kerätään valomonistimen tai fotodiodin katodille. Valosähköinen ilmiö (vrt. röntgenabsorptio) irrottaa mittalaitteen anodilta elektroneja, joiden varaukset voidaan kerätä ja vahvistaa sähkövirraksi. (Klemola 2002, 122–126.)

3.2.3 Puolijohdeilmaisimien

Puolijohdeilmaisimien on edellä mainittuihin mittalaitteisiin verrattuna huomattavasti tarkempi. Siksi sitä käytetäänkin erityisesti röntgensäteilyn mittaamisessa. Siinä missä ionisaatiokammiossa kerätään varauksia ilmasta tai kaasusta, puolijohdeilmaisimissa havaitaan säteilyn aineessa muodostavia elektroni-
aakko-pareja. Pienikokoisissa, kannettavissa puolijohdeilmaisimissa mittaantureina käytetään yleensä silikonidiodeja, koska ne ovat erittäin herkkiä säteilylle, pienikokoisia, kestäviä ja nopeasti mittaustuloksen antavia. Puolijohdeilmaisimet ovat herkkiä lämpötilavaihteluille, joten laitteissa on usein automaattinen lämpötilakalibrointi käynnistyksen yhteydessä. (Klemola 2002, 126–130; Unfors Instruments 2003)

3.3 Säteilysuureet

Säteily on mittauskelpoinen suure, kuten esimerkiksi aika ja matka. Sitä siis voidaan mitata ja sen arvoa verrata ennalta määritettyihin mittanormaaleihin. Säteilyn eri ominaisuuksien mittaamiseen on olemassa iso joukko suureita, joilla on tietty yksikkö. Koska monilla eri säteilysuureilla on sama yksikkö eikä säteilyn vaikutuksia elävään kudokseen voida tarkasti mitata, on säteilyn mittaaminen hankalaa ja sekavaa. Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos on jätetty pois ja tässä luvussa keskitytään vain tämän opinnäytetyön tuloksena syntyvään laadunvarmistukseen liittyviin suureisiin.

3.3.1 Absorboitunut annos

Absorboitunut annos mittaa säteilyenergian siirtymistä aineeseen, esimerkiksi potilaaseen, kilogrammaa kohden. Suureen yksikkö on J/kg eli gray (Gy).

Monessa yhteydessä käytetään vielä vanhaa absorboituneen annoksen yksikköä rad (1 rad = 0,01 Gy). Iholle absorboitunut 2 Gy:n annos aiheuttaa punoitusta, mutta menee ohi itsestään (Miettinen ym. 2004, 118). Yli 6 Gy:n koko kehoon kohdistunut kerta-annos johtaa kuolemaan muutamassa viikossa. (Säteilyturvakeskus. 2009, Linkit A-E ja P-S.)

3.3.2 Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos

Koska absorboitunut annos ei ota huomioon säteilystä aiheutuvaa biologista haittaa, on kehitetty ekvivalenttiannos (tai annosekvivalentti). Ekvivalenttiannos painottaa säteilyn laatua ja sen yksikkö on J/kg, eli sama kuin absorboituneella annoksella, mutta ekvivalenttiannoksen yksiköstä käytetään nimeä sievert, Sv. (Henner 2011, 116–119.)

Kun summataan kunkin elimen tai kudoksen painotuskertoimella kerrotut ekvivalenttiannokset yhteen, saadaan efektiivinen annos. Efektiivinen annos kuvaa säteilyannoksen kokonaisterveyshaittaa, ja se on kehitetty, koska kukin elin ja kudokse on eri tavalla herkkä säteilylle. Efektiivisen annoksen yksikkö on sievert, Sv. (Henner 2011, 120–122.)

3.3.3 Annosnopeus

Annosnopeudesta puhuttaessa voidaan tarkoittaa kahta eri suuretta. Se, kumpi on kyseessä, on tarpeen mainita asiayhteydessä:

- Absorptioannosnopeus tarkoittaa absorboitunutta annosta aikayksikköä kohden. Yksikkönä on grayta sekunnissa (Gy/s).
- Ekvivalenttiannosnopeus (tai annosekvivalenttinopeus) on ekvivalenttiannos aikayksikköä kohti ja yksikkönä on sievertiä sekunnissa, Sv/s (Marttila 2002, 73–86.)

3.3.4 Muut säteilysuureet

Edellä mainittujen säteilysuureiden lisäksi on tarpeen mainita myös säteilylähteelle asetettavat kuvausarvot. Röntgendiagnostiikassa laadunvarmistusten tärkeimmät mitattavat arvot ovat

- kuvausjännite (kilovoltin huippuarvo, kVp)
- hehkuvirta (milliampeeri, mA)
- säteilytysaika (millisekunti, ms)
- hehkuvirran ja säteilytysajan tulo (milliampeerisekunti, mAs).

4 MITTALAITTEIDEN LAADUNVARMISTUKSEN SUUNNITTELU

Työ aloitettiin tutustumisella käytettävään laitteistoon lukemalla ohjekirjat ja tekemällä käytännön mittauksia. Mittalaitteisto kirjattiin Excel-dokumenttiin. Tilaajalta tiedusteltiin kunkin mittalaitteen käyttöaste ja -tarkoitus. Oamk:n sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgenlaitteistoon tutustumisessa auttoi myös natiiviröntgenlaitteen ohjelmisto-/laitteistopäivityksessä mukana olo. Päivityksen tehneiltä asiantuntijoilta saatiin arvokasta tietoa käytettävistä säteilylähteistä. Ennen varsinaisen laadunvarmistuksen suunnittelua hankittiin lähdemateriaalia. Tärkeimpiä lähteitä olivat Säteilyturvakeskuksen ohjeet ja tiedotteet sekä Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja. Nykyaikaisiin, sosiaali- ja terveysalan yksiköissäkin käytössä oleviin puolijohdemittalaitteisiin parhaaksi lähteiksi osoittautuivat laitteiden omat ohjekirjat. Unforsin valmistamien laitteiden ohjekirjat sisältävät käyttöohjeiden lisäksi muutakin hyödyllistä tietoa säteilyn mittaamisesta.

Laadunvarmistuksen suunnittelu alkoi tutustumisella lääketieteellisen diagnostiikan laadunvarmistukseen. Säteilyturvakeskuksen internet-sivuilta löytyi paljon laadunvarmistukseen liittyvää materiaalia, mutta apuna olivat myös koululta jo entuudestaan löytyvät laadunvarmistukset. Tärkeä apu laadunvarmistuksen konkretisoimisessa oli vierailu Oys:ssa, jossa toteutettiin säteilylähteiden laadunvarmistusmittauksia. Laadunvarmistuksen suunnittelutyötä tehtiin sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgentiloissa, jossa samalla suoritettiin käytännönmittauksia mittalaitteilla.

Laadunvarmistusohjelman laadunvarmistustoimenpiteet suunniteltiin siten, että ne voidaan suorittaa vertailuun tarvittavaa mittalaitetta lukuun ottamatta yksikön omilla laitteilla. Toimenpiteet eivät myöskään vaadi asiantuntijan läsnäoloa. Yksi laadunvarmistuksessa huomioitu näkökulma onkin se, että opiskelijat saisivat kokemusta yksikön mittalaitteista ja voisivat hyödyntää saamaansa tietoa myöhemmin. Säteilymittareiden kalibrointi kaupallisesti on kallista, joten päädyttiin menetelmään, jossa tarkastusmittaukset suorittaa toiminnanharjoittaja.

Laadunvarmistustoimenpiteiden suoritusväli on määritetty taulukossa 1. Tarkastusvälejä laadittaessa otettiin huomioon mittarin käyttötarkoitus ja -aste. Laitteille, jotka ovat vain demo- tai havainnollistamiskäytössä ei suoriteta vertailumittauksia. Yleisimmin käytetyt mittalaitteet sekä säteilylähteiden laadunvarmistuksessa käytetyt mittalaitteet tarkastetaan vuosittain.

Kaikille käytössä oleville mittalaitteille suoritetaan joka käytön yhteydessä STUK:n ohjeiden (ST-ohje 1.9 2008, 12) mukaan yleistarkastus, jossa tarkistetaan, että mittalaite ei ole silminnähtävien vioittunut ja että mittalaitteen säätönapit ja painikkeet toimivat kuten pitää. Yleiskunnon tarkistus sisältää myös paristojen kunnon tarkastuksen. Paristot vaihdetaan tarvittaessa. Yleiskunnon tarkastuksessa huomioidaan myös mahdolliset kaapeleiden taittumat, laitteen kulumat, sekä laitteen puhtaus. Joissain mittalaitteissa on TEST-painike näytön toiminnan testaamiseen tai Zero adjust -kalibrointitoiminto. Nämä toimenpiteet suoritetaan myös joka käytön yhteydessä. Mittalaitteesta riippuen laitteen ohjekirjojen, oheislaitteiden ja säilytyslaukun kunto ja tallessa olo tarkistetaan joko vuosittain, 2 vuoden välein tai 3 vuoden välein. Samassa yhteydessä tarkistetaan myös laitteelle vikavihkoon viimeksi kirjattu tapahtuma. Mikäli vikavihkossa olevat merkinnät vaativat toimenpiteitä, toteutetaan ne samassa yhteydessä.

TAULUKKO 1. Oamkin sosiaali- ja terveysalan yksikön säteilymittarit ja niille suunnitellut tarkastusvälit

kVp-mittarit		
ID	Mittari	Tarkastusväli
75797	Unfors 9005	1 vuosi
90558	Unfors 4075RF	2 vuotta
Monitoimiset mittarit		
ID	Mittari	Tarkastusväli
125645	Unfors 581 multimeter MAM, DENT/RF	1 vuosi
	Radcal Corporation Ionisaatiokammio model 3036	3 vuotta
Dosimetrit		
ID	Mittari	Tarkastusväli
125596	Unfors EDD-30	1 vuosi
273317	Rados RAD-60S	2 vuotta
273313	Rados RAD-60S	2 vuotta
280578	MGP DMC 2000 X	2 vuotta
283726	MGP DMC 2000 X	2 vuotta
Säteilynilmaisimet		
ID	Mittari	Tarkastusväli
47995	Morgan Mini-monitor tuikeilmaisim (type 42A)	3 vuotta
43293	Morgan Mini-monitor Geiger (type E)	3 vuotta
	RadAlert	-
Valomittarit		
ID	Mittari	Tarkastusväli
142671	Unfors Luxi	1 vuosi

4.1 Unfors Mult-O-Meter 581

Unfors Mult-O-Meter 581 (kuva 7) on monikäyttöinen mittalaite mammografia-, intraoraali ja röntgen-/fluorolaitteille. Laite mittaa kuvausjännitettä, annoskertymää, annosnopeutta ja säteilytysaikaa. Laitetta voidaan käyttää esimerkiksi tavanomaisen röntgenlaitteiston laadunvarmistusmittauksissa. Laitteessa on kaksi anturia, joista toinen on tarkoitettu mammografiamittauksiin ja toinen intraoraali- ja R/F-käyttöön. Mittalaitteisto sisältää mittausyksikön, jossa on kiinteänä kaksi anturia, anturinpidikkeen ja HVL-telineen, alumiinisuodattimia, laukun ja ohjekirjan. Laite toimii 9 V:n alkaliparistolla.



KUVA 7. Unfors Mult-O-Meter 581 -mittalaite

Unfors Mult-O-Meter 581 -mittalaitteelle suoritetaan laadunvarmistustoimenpiteinä vertailumittauksia, joissa laitteen mittaustuloksia verrataan jonkin luotettavaksi todetun mittalaitteen mittaustuloksiin. Vertailumittalaitteeksi hankitun mittalaitteen tulee olla asianmukaisesti kalibroitu ja tarkastettu, ja se tulee mahdollisuuksien mukaan olla kalibroitu samaan suodatuksen. Tällöin voidaan olettaa mittarien olevan suoraan riittävän vertailukelpoisia. Mult-O-Meter 581 on kalibroitu 2,5 mmAl -suodatuksen. Mikäli vertailumittauksiin hankittu mittalaite on kalibroitu eri suodatuksen, tulee laitteen ohjekirjasta löytyä korjauskertoimet eri suodatuksille.

Luotettavaksi todettu mittalaite voi olla esimerkiksi Oys:ssa käytössä oleva RTI Barracuda -säteilymittalaite. Tähän mittalaitteeseen Oys:ssa ei kuitenkaan vielä ole mammografiamittauksiin soveltuvaa anturia, joten Mult-O-Meterin mammografia-anturin vertailumittauksia varten täytyy käyttää jotain muuta mittalaitetta.

4.1.1 Kuvausarvot

Mult-O-Meter-mittalaitteessa on kaksi anturia. Anturi 1 on soveltuva esimerkiksi tavanomaisen röntgenlaitteiston mittaamiseen ja anturi 2 on tarkoitettu mammografiajännitteille. Kuvausarvot on valittu siten, että ne käsittävät niin mittalaitteen, kuin säteilylähteenkin mitta-alueen mahdollisimman kattavasti. Kuvausarvoihin mallia on otettu myös säteilylähteiden vuosi- ym. huoltojen yhteydessä tehtyjen mittausten kuvausarvoista. Vertailumittauksissa käytettävät kuvausarvot ovat esillä laadunvarmistusohjelmassa, sekä Excel-dokumentissa.

Anturin 1 vertailumittauksissa tehdään 7 eksponointia eli säteilytystä. Anturin 2 mittauksissa tehdään 5 eksponointia.

4.1.2 Toimenpiderajat

Säteilyturvakeskus jakaa toimenpiderajat kahteen ryhmään: hyväksyttävyyserajaan ja korjauserajaan. Hyväksyttävyyserajalla tarkoitetaan mittalaitteen suorituskyvyn vähimmäisvaatimusta, jolla mittalaite voidaan vielä hyväksyä käyttöön. Korjauseraja on tiukempi kuin hyväksyttävyyseraja. Korjauserajan ylittyessä mittalaite poistetaan välittömästi käytöstä ja laiteelle on mahdollisimman pian pantava alulle korjaustoimenpiteet. (Säteilyturvakeskus 2008, 14–16.)

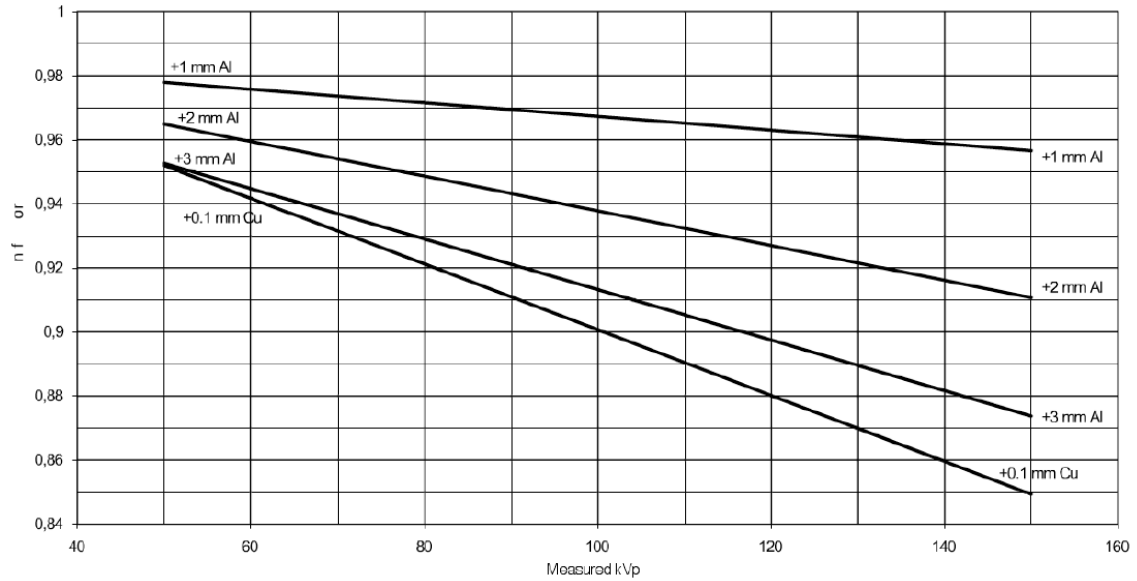
Toimenpiderajat määriteltiin tässä laadunvarmistuksessa siten, että hyväksyttävyyserajalla tarkoitetaan rajaa, jonka ylittyessä laitteelle tulee määrittää kalibrointikertoimet. Hyväksyttävyyserajaksi määriteltiin 5 %:n mittavirhe vertailtavien mittareiden välillä. Hyväksyttävyyserajan ylittyessä tulee laitteelle viimeistään ottaa käyttöön kalibrointikertoimet.

Korjausrajalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä rajaa, jonka ylittyessä mittalaitteen mittaustulokset poikkeavat todellisesta arvosta niin paljon, että sen ei voida olettaa enää toimivan oikein. Korjausrajaksi määriteltiin tilanne, jossa jokin mittalaitteelle laskettu kalibrintikerroin ei sisälly välille $0,8 < X < 1,2$. Korjausrajan ylittyessä tulee ensisijaisesti toistaa mittaukset, ja mikäli laitteelle määritetty korjausraja toistomittauksienkin jälkeen ylittyy, tulee laite toimittaa valmistajalle kalibroitavaksi.

Laadunvarmistustoimenpiteiden tekijän ei tarvitse itse laskea, ylittyvätkö hyväksyttävyyss- tai korjausrajat. Vertailumittausten tulokset syötetään valmiiseen Excel-taulukkopohjaan, joka tarkistaa automaattisia kaavoja käyttäen ylittyvätkö toimenpiderajat sekä laskee kalibrintikertoimet 0-suodatukselle kullekin suurelle.

4.1.3 Kalibrintisuodatus

Säteilymittalaitteiden kalibrintisuodatukset vaihtelevat, mikä tekee kahden mittalaitteen mittaustuloksen vertailusta vaikeaa. Parhaassa tapauksessa mittaustuloksia voidaan suoraan verrata keskenään. Usein kuitenkin on niin, että mittalaitteet on kalibroitu eri suodatuksiin, jolloin samoilla kuvausarvoilla saadaan erisuuruiset mittauservot. Tällöin ainoa tapa verrata mittalaitteiden mittaustuloksia on käyttää valmistajan ennalta eri suodatuksille määrittämiä korjauskertoimia. Esimerkki Unfors Mult-O-Meter 581 -mittalaitteen ohjekirjasta löytyvistä korjauskertoimista näkyy kuvassa 6. Kuvassa y-akselilla on korjauskerroin, x-akselilla on mitattu kVp-arvo. Jos kuvausjännitteenä on ollut 90 kVp ja suodatusta on ollut laitteen kalibrintisuodatukseen verrattuna 1 mmAl enemmän, tulee laitteen mittaustulos kertoa korjauskertoimella 0,97.



KUVA 6. Esimerkki mittalaitteen korjauskertoimista (Unfors Instruments 2003)

4.2 UnforsLuxi

Unfors Luxi (kuva 8) on valoisuusmittari monitoreiden valovoimamittauksiin. Laitteella voidaan mitata monitoreiden valovoimaa, luminanssia, mutta myös vallitsevaa ambienssivaloa, illuminanssia. Laitteessa on sisäinen muisti, johon mittaustulokset voidaan tallentaa. Mittaustulokset on siirrettävissä myös tietokoneelle. Laitteessa on ladattava akku, joka latautuu virtalähteen ollessa liitettynä. Mittalaitteisto sisältää itse mittaussyksikön, virtalähteen, valodetektorin, Mini-USB-johdon valodetektorin liittämiseen mittaussyksikköön, luminanssiputken ja varjostinrenkaan. Lisäksi mittaustulosten siirtämiseen tietokoneelle on D-Sub-johto ja D-Sub -> USB -adapteri.



KUVA 8. Unfors Luxi -valoisuusmittari

Unfors Luxi -valoisuusmittarin laadunvarmistustoimenpiteitä varten tarvitaan LCD- tai CRT-monitori. Unfors Luxi -mittalaitteelle tehdään laadunvarmistustoimenpiteinä luminanssi- ja illuminanssiarvon mittaus ja mittaustuloksen tallentaminen muistiin. Mittaustuloksen oikeellisuuden tarkastusta ei voida tehdä yksikön omilla laitteilla, vaan se vaatisi jonkin tunnetun valomäärän tuottaman valolähteen mittaamista. Mittausdata siirretään laitteen muistista tietokoneelle. Näin tulee testatuksi, että laitteella kyetään mittaamaan ja siihen tallennetut mittaustulokset saadaan tuotua tietokoneelle. Muistiin tallennettuja luminanssi- ja illuminanssiarvoja ei voida tuoda koneelle yhtä aikaa, joten arvot tulee tuoda tietokoneelle luminanssi- ja illuminanssimittauksien välissä. Luxi-mittalaitteelle tarkoitettu tietokoneohjelma ei ole kovinkaan monipuolinen, mutta yhteyksien toimivuus on hyvä tarkistaa, sillä esimerkiksi uusissa Unforsin mittalaitteissa, joita sosiaali- ja terveysalan yksikköön mahdollisesti tulevaisuudessa hankitaan, on ominaisuutena mittaustulosten siirto tietokoneelle.

4.3 Unfors EDD-30

Unfors EDD-30 (kuva 9) on kokonaisannosta, annosnopeutta ja säteilytysaikaa mittaava mittalaite. Dosimetriin on asetettavissa myös hälytysrajat, joiden ylittyessä laite antaa merkkiään. Laite soveltuu erityisen hyvin käytettäväksi C-kaaren kanssa työskenneltäessä. Laitteen käyttäjä voi reaaliaikaisen annosnopeusnäytön perusteella sijoittua käyttöpaikalla kohtaan, johon säteilyä tulee vähiten. Mittalaite sisältää itse mittausyksikön, jossa on kiinteästi asennettu anturi, suojakotelo ja vyö, sekä ohjekirja. Laite toimii 2 kpl:lla AA-paristoja.



KUVA 9. Unfors EDD-30 -mittalaite

EDD-30-mittalaite on kalibroitu 2 mmCu + 4 mmAl -suodatukseen. Käytännössä on vaikea löytää samaan suodatukseen kalibroitua mittaria, joten päädyttiin siihen, että mittalaitteelle ei suoriteta varsinaisia vertailumittauksia. Laitteelle tehdään pelkästään hälytystoiminnan tarkastus, eli asetetaan hälytysrajat ja testataan, että laite hälyttää niiden ylittyessä. Hälytysrajojen asettaminen otettiin laadunvarmistustoimenpiteeksi, jotta niiden asettaminen laitteeseen tulisi myös opiskelijoille tutuksi. Hälytysrajojen toimiminen laitetta käytettäessä on myös henkilökohtaisen säteilysuojelun kannalta tärkeää.

Laitteeseen on mahdollista asettaa käsin kolme eri annosnopeustasoa (dose rate level). Laite antaa erilaisen äänimerkin kullekin tasolle määritetyn

annosnopeuden ylittyessä. Ensimmäisen tason rajan ylittyessä laite antaa yhden lyhyen äänimerkin. Toisen tason äänimerkki on kaksi lyhyttä äänimerkkiä, ja kolmannen tason ylittyessä äänimerkki on kolme lyhyttä äänimerkkiä. Laitteeseen voidaan asettaa myös kertyneen annoksen raja (accumulated dose level), jonka ylittyessä äänimerkki on pidempi, noin 2 sekuntia kestävä äänimerkki.

Hälytysrajan testaamisessa päädyttiin menetelmään, jossa hälytysrajat testataan tavanomaisella röntgenlaitteistolla C-kaaren sijaan. Näin laadunvarmistustoimenpiteiden suorittajat välttyvät turhalta säteilyaltistukselta. Koska laitteen antamat merkkiäänät ovat todella lyhyitä ja hiljaisia, niitä ei kuule valvonta-alueen ja tarkkailualueen oven lävitse. Siksi mittauksissa tulisi olla käytössä ääninauhuri. Ääninahuriksi sopivat esimerkiksi sanelin tai matkapuhelimen ääninauhuri/puhemuistio.

4.3.1 Hälytysrajojen ja kuvausarvojen määrittäminen

Ennen hälytysrajojen määrittämistä mittalaitteella mitattiin säteilyannoksia eri kuvausjännitteen, hehkuvirran ja kuvausajan arvoilla. Mittaustulokset ja käytetyt kuvausarvot kirjattiin ylös, minkä jälkeen ne analysoitiin. Mittauksissa käytettiin isoa fokusta ja 100 cm:n kuvausetäisyyttä. Fokus ja kuvausetäisyys olivat samoja jokaisessa mittauksessa. Annosnopeusraja katsottiin aina sen verran alhaiseksi, että se ylittyy epävarmuustekijöistä (lämpötilavaihtelut, anturin asettelu ym.) huolimatta.

Dose rate level 1

Ensimmäisen tason hälytysrajan testaamiseen päätettiin kuvausarvot

- kuvausjännite 40 kVp
- hehkuvirta 50 mA
- kuvausaika 10 ms.

Edellä mainituilla arvoilla saatiin viidellä säteilytyskerralla annosnopeus yli 5 $\mu\text{Gy/s}$. Annosnopeusrajaksi päätettiin 4 $\mu\text{Gy/s}$.

Dose rate level 2

Toisen tason kuvausarvoiksi päätettiin arvot

- kuvausjännite 50 kVp
- hehkuvirta 100 mA
- kuvausaika 10 ms.

Edellä mainituilla arvoilla saatiin viidellä säteilytyskerralla noin 17 $\mu\text{Gy/s}$ annosnopeus. Annosnopeusrajaksi päätettiin 15 $\mu\text{Gy/s}$.

Dose rate level 3

Kolmannen tason kuvausarvoiksi päätettiin arvot

- kuvausjännite 120 kVp
- hehkuvirta 250 mA
- kuvausaika 10 ms.

Edellä mainituilla arvoilla saatiin viidellä säteilytyskerralla yli 20 $\mu\text{Gy/s}$ annosnopeus. Annosnopeusrajaksi päätettiin 20 $\mu\text{Gy/s}$.

Accumulated dose level

Kaikkien kolmen mittauksen jälkeen kertynyt annos saavutti usealla eri mittauskerralla noin 44 μGy :n annoslukeman. Kertyneen annoksen rajaksi päätettiin 60 μGy , joka saavutetaan eksponoimalla kolmansilla kuvausarvoilla kahdesti.

Hälytystoimintojen testaus

Hälytystoimintojen testaus suunniteltiin siten, että se voidaan toteuttaa neljällä eksponoinnilla. Käytännössä testaus tapahtuu siten, että ensin asetetaan röntgentyöasemaan ensimmäiselle tasolle määritellyt kuvausarvot. Mittalaite viedään valvonta-alueen potilaspöydälle ja anturi asetetaan teippiä käyttäen

säteilykeilan keskelle. Anturin tulisi antaa olla muutamia minuutteja mittauspaiassa ennen mittauksen aloittamista, jotta anturin lämpötila vakioituu. Nollataan mittalaite. Asetetaan ääninauhuri mittalaitteen viereen ja käynnistetään nauhoitus, minkä jälkeen poistutaan tarkkailualueelle ja eksponoidaan kerran jokaiselle annosnopeustasolle määritetyillä arvoilla. Neljäs eksponointi tehdään kolmannen annosnopeustason kuvausarvoilla, jolloin saadaan kertyneen annoksen raja ylittymään. Eksponointien jälkeen ääninauhuri sammutetaan ja kuunnellaan äänite. Äänitteellä tulisi ensin kuulua yksi lyhyt äänimerkki, hetken kuluttua kaksi lyhyttä äänimerkkiä, joita seuraa hieman pidemmän ajan kuluttua kolme lyhyttä äänimerkkiä. Lopuksi tulisi kuulua vielä yksi pidempikestoinen äänimerkki. Mikäli kaikki nämä äänimerkit kuuluvat, laitteen hälytystoiminnot voidaan todeta toimiviksi.

4.3.2 Muut mittalaitteet

Muille mittalaitteille ei käytön vähyyden takia suunniteltu muita laadunvarmistustoimenpiteitä kuin säännölliset yleistarkastukset. Mittalaitteet on lueteltu alla.

Unfors 9005

Unfors 9005 (kuva 10) on mammografialaitteiden kuvausjännitteen mittaamiseen tarkoitettu mittalaite. Laite on erittäin helppokäyttöinen. Laitteessa on TEST-näppäin, jolla voidaan tarkistaa ikonien näkyvyys laitteen näytöllä. Laite toimii 9 V:n alkaliparistolla.



KUVA 10. Unfors 9005 –mittalaite

Unfors 4075RF

Unfors 4075RF (kuva 11) on radiografia- ja fluorolaitteiden kuvausjännitteen mittaamiseen tarkoitettu mittalaite. Laite on erittäin helppokäyttöinen. Laitteessa on TEST-näppän, jolla voidaan tarkistaa ikonien näkyvyys laitteen näytöllä. Laite toimii 9 V:n alkaliparistolla.



KUVA 11. Unfors 4075RF -mittalaite

Radcal Corporation model 3036

Radcal Corporation model 3036 (kuva 12) on kaasutäytteinen ionisaatiokammio, jolla voidaan mitata annoskertymää, annosnopeutta ja säteilytysaika. Laitetta voidaan käyttää esimerkiksi absorboituneen annoksen ja tarkan aktiivisuuden määrittämiseen. Laite toimii 9 V:n alkaliparistolla.



KUVA 12. Radcal Corporation model 3036 -mittalaite

MGP Instruments DMC 2000 X

MGP Instruments DMC 2000 X (kuva 13) on elektroninen hälyttävä dosimetri. Laite mittaa syväannosta, ekvivalenttiannosnopeutta ja käyttöaikaa, ja siihen voidaan asettaa hälytysrajat. Laite havaitsee röntgen- ja gammasäteilyä 2 keV:sta alkaen. Laite toimii 3 V:n litiumparistolla.



KUVA 13. MGP Instruments DMC 2000 X -dosimetri

Rados RAD-60S

Rados RAD-60S (kuva 14) on hälyttävä elektroninen dosimetri, joka havaitsee röntgen- ja gammasäteilyä. Laite mittaa syväannosta, ekvivalenttiannosnopeutta ja kertynyttä annosta, ja siihen voidaan asettaa hälytysrajat (IAEA 2007, 40–41). Laite toimii yhdellä AAA-paristolla.



KUVA 14. Rados RAD-60S -dosimetri

Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type E

Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type E (kuva 15) on Geiger-Müller-putkella varustettu säteilynlmaisain. Laite on tarkoitettu yli 150 keV:n beetasäteilijöiden havaitsemiseen. Laite on herkkä alfa-hiukkasille, ja se ei sovellu röntgensäteilyn mittaamiseen. Laitteessa on hälytysominaisuus. Laite toimii 6 kpl:lla AA-paristoja.



KUVA 15. Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type E -säteilynlmaisain

Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type 42A

Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type 42A (kuva 16) on tuikeputkella (NaJ-kide) varustettu säteilynlmaisain. Laite on tarkoitettu matalaenergisien röntgensäteilyn ja esimerkiksi kilpirauhaskertymän havaitsemiseen. Laitteessa on hälytysominaisuus. Laite toimii AA-paristoilla (6 kpl).



KUVA 16. Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type 42A -säteilynlmaisain

5 TULOKSET

Opinnäytetyön tuloksina ovat mittalaitteiden laadunvarmistus (liite 1) sekä Excel-taulukkopohja laadunvarmistustoimenpiteiden dokumentointiin. Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveystieteiden yksiköllä on lupa muokata tämän opinnäytetyön tuloksia tarpeisiinsa sopivaksi.

Excel-taulukkopohjassa on päävälilehti (kuva 17), jossa kunkin mittalaitteen ID-kentän linkistä pääsee mittalaitteen omaan välilehteen. Kunkin mittalaitteen välilehti on kutakuinkin kuvan 18 kaltainen. Poikkeuksena on Mult-O-Meter 581 -mittalaitteen välilehti, jolla on myös valmiit kaavapohjat vertailumittausten tulosten analysointiin.

	A	B	C	D	E
1	kVp-mittarit				
2	ID	Mittari	Tarkastusväli	Viimeksi tarkastettu	
3	75797	Unfors 9005	1 vuosi		
4	90558	Unfors 4075RF	2 vuotta		
5					
6	Mitoimittarit				
7	ID	Mittari	Tarkastusväli	Viimeksi tarkastettu	
8	125645	Unfors 581 multimeter MAM, DENT/RF	1 vuosi		
9		Radcal Corporation model 3036	3 vuotta		
10					
11	Dosimetrit				
12	ID	Mittari	Tarkastusväli	Viimeksi tarkastettu	
13	125596	Unfors EDD-30	1 vuosi		
14	273317	Rados RAD-60S	2 vuotta		
15	273313	Rados RAD-60S	2 vuotta		
16	280578	MGP DMC 2000 X	2 vuotta		
17	283726	MGP DMC 2000 X	2 vuotta		
18					
19	Säteilynlmaisimet				
20	ID	Mittari	Tarkastusväli	Viimeksi tarkastettu	
21	47995	Morgan Mini-monitor tuikeilmaisim (type 42A)	3 vuotta		
22	43293	Morgan Mini-monitor Geiger (type E)	3 vuotta		
23		RadAlert	-		
24					
25	Valomittarit				
26	ID	Mittari	Tarkastusväli		
27	142671	Unfors Luxi	1 vuosi		
28					
29					
30					
31					

KUVA 17. Excel-taulukkopohjan päävälilehti

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli toteuttaa Oulun seudun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveystieteiden röntgenissä käytettäville mittalaitteille laadunvarmistus. Työn lopputuloksena syntyi kirjallisessa muodossa oleva laadunvarmistusohjelma sekä Excel-dokumentti, johon laadunvarmistustoimet kirjataan. Laadunvarmistus sisältää määräajoin suoritettavat laadunvarmistustoimenpiteet kymmenelle eri mittalaitteelle, mutta pääpaino on kolmessa yleisimmin käytetyssä mittalaitteessa. Excel-dokumentti toteutettiin, koska tulosten analysoinnin kannalta katsottiin parhaaksi, että suoritettavat toimenpiteet ovat sähköisessä muodossa.

Työn suurimmiksi haasteiksi osoittautuivat Unfors Mult-O-Meter 581 -mittalaitteen laadunvarmistusmittausten suunnittelu sekä työn laajuus. C-kaaren käyttö osana laadunvarmistusmittauksia jätettiin pois työn laajuudesta johtuen. Mult-O-Meter -mittalaitteelle oli vaikeuksia löytää samaan suodatuskalibrointia, luotettavan mittaustuloksen antavaa mittalaitetta. Tällainen löytyi kuitenkin Oys:n röntgenlaittehuollosta, mutta sillä ei ole mahdollista mitata mammografialaitteiston mittauksissa käytettäviä kuvausjännitteitä. Opinnäytetyössä haasteena oli myös työn teoriaosan rajaus. Haluttiin informatiivinen ja kattava teoriaosa, joka ei kuitenkaan sisältäisi työn kannalta turhaa tietoa. Päädyttiin siihen, että säteilylajeista vain röntgensäteily käsiteltiin tarkemmin. Työhön tehtiin toinen teorialuku sähkömagneettisen säteilyn mittaamisesta. Tämä luku tulee myös sosiaali- ja terveystieteiden yksikölle laadunvarmistuksen liitteeksi, sillä sen katsottiin olevan hyödyllinen laadunvarmistustoimenpiteiden suorittajille.

Laadunvarmistustoimenpiteissä pyrittiin ottamaan huomioon se, että opiskelijat saisivat kokemusta mittalaitteiden käytöstä. Esimerkiksi Unfors Luxi -mittalaitteen laadunvarmistustoimen tekijä oppii laitteella mittaamisen lisäksi myös mittaustietojen siirron tietokoneelle. EDD-30-mittalaitteen laadunvarmistustoimet pyrittiin toteuttamaan siten, että niiden toteuttajat eivät saa turhaa säteilyaltistusta. Tästä syystä mittalaitteen laadunvarmistustoimissa käytetään tavanomaista röntgenlaitteistoa, vaikka se ei olisikaan

optimisäteilylähde kyseessä olevan mittalaitteen laadunvarmistustoimenpiteiden suorittamiseen.

Ennen opinnäytetyön aloittamista säteilyn mittaaminen ei ollut entuudestaan tuttua. Oamkin tekniikan yksikön kursseilla on käsitelty vain perusasiat säteilyfysiikasta ja säteilyn käytöstä. Sosiaali- ja terveystieteiden yksikön röntgenhoitajien koulutusohjelman kursseilla syvennettiin säteilytietoutta ja saatiin mukaan myös käytännönläheisempi näkökulma säteilyn käyttöön. Opinnäytetyön alku oli pääosin teoriaosan työstämistä. Teoriaosan teko oli erittäin opettavaista, varsinkin kun vastaan tulevat asiat oli mahdollista testata myös käytännön mittauksin. Kaupallinen mittalaitteen kalibrointi on kallista, joten pyrin tekemään laadunvarmistusohjelman, jota voidaan toteuttaa ilman eri kustannuksia. Laadunvarmistuksen suunnittelu vei enemmän aikaa kuin suunniteltiin, mutta silti lopulliset laadunvarmistustoimet jäivät ajateltua suppeammiksi. Tämä johtuu siitä, että suurimmalla osalla mittalaitteista käyttöaste on erittäin vähäinen ja joillakin mittalaitteilla ei suoriteta varsinaisia mittauksia lainkaan. Näille mittalaitteille ei ollut kannattavaa suunnitella laajoja laadunvarmistustoimia.

Opinnäytetyön tekeminen opetti paljon säteilyn käyttöön liittyvästä lainsäädännöstä. Myös STUK:n ohjeet ja tiedotteet tulivat erittäin tutuiksi. Opinnäytetyössä tehtyjen käytännön mittauksien tärkeyttä ei voi korostaa liikaa. Suorittamalla säteilymittauksiamittauksia säteilysuureet konkretisoituivat, ja huomattiin, miten kuvausarvoja muuttamalla voi vaikuttaa mittaustulokseen. Opinnäytetyötä tehdessä opittiin, kuinka tärkeä asia laadunvarmistuksen on: säteilylähteiden laadunvarmistusmittauksissa tarvitaan mittalaitteita, joiden tulee olla luotettaviksi todettuja. Mittalaitteiden laadunvarmistustoimia ei missään tapauksessa tulisi aliarvioida. Pahimmassa tapauksessa viallinen tai väärin käytetty mittalaite voi todeta rikkinäisen tai väärin toimivan säteilylähteen toimintakunnon moitteettomaksi.

LÄHTEET

- Basic Radiation Physics. Saatavissa: http://www.e-radiography.net/radsafety/rad_physics.htm. Hakupäivä 7.9.2011.
- Bly, Ritva – Havukainen, Ritva – Ikäheimonen, Tarja K. – Kosunen, Antti – Markkanen, Mika – Mustonen, Raimo – Paile, Wendla 2009. STUK-A235: Säteilysuojelun perussuositukset 2007 - Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-10. Saatavilla http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a235/_files/81687360018055623/default/stuk-a235.pdf. Hakupäivä 12.1.2012.
- Bushong, S. C. 2001. Radiologic science for technologists. Physics, biology and protection. 7th edition. USA: Mosby, Inc.
- IAEA 2007. Intercomparison of Personal Dose Equivalent Measurements by Active Personal Dosimeters. Saatavissa http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1564_web.pdf sivu 40-41. Hakupäivä 10.2.2012.
- Kaituri, Mauri – Korpela, Helinä – Väisälä, Seppo 2004. Säteilyn käyttö teollisuudessa ja tutkimuksessa. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.). Säteilyn käyttö. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.
- Klemola, Seppo 2002. Säteilyn ilmaisimet. Teoksessa Ikäheimonen, Tarja K. (toim.). Säteily ja sen havaitseminen. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.
- Marttila, Olli J. 2002. Suureet ja yksiköt. Teoksessa Ikäheimonen, Tarja K. (toim.). Säteily ja sen havaitseminen. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.
- Miettinen, Asko – Pukkila, Olavi – Tapiovaara, Markku 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.). Säteilyn käyttö. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.

Mould, Richard F. 1993. A century of x-rays and radioactivity in medicine: with emphasis on photographic records of the early years. UK, London: Institute of Physics publishing

Jauhiainen, Jukka 2007. Röntgenkuvaus, digitaalinen kuvaus ja tietokonetomografia. Saatavilla:

<http://www.oamk.fi/~jjauhai/opetus/mittalaitteet/mittalaitteet07-v1.1.pdf>.

Hakupäivä 20.7.2011.

Jurvelin, Jukka 2005. Radiologiset kuvantamismenetelmät. Teoksessa Soimakallio, S - Kivisaari, L - Manninen, H – Svedström, E – Tervonen, O (toim.). Radiologia. Helsinki: WSOY.

L 27.3.1991/592. Säteilylaki.

Liukkonen, Esa 2010. Radiologisten kuvien katselussa käytettävien näyttöjen laatu. Näyttöjen laitekanta, suorituskyky ja laadunvalvonta sekä kuvankatseluolosuhteet radiologisissa yksiköissä ja terveyskeskuksissa. Saatavissa <http://herkules.oulu.fi/isbn9789514262180/isbn9789514262180.pdf>. Hakupäivä 12.1.2012.

Paile, Wendla 2002. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. Teoksessa Paile, Wendla (toim.). Säteilyn terveysvaikutukset. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

Paltemaa, Risto - Sandberg, Jorma. 2002. Ydin- ja säteilyfysiikan perusteet. Teoksessa Tarja K. Ikäheimonen (toim.). Säteily ja sen havaitseminen. Hämeenlinna: Karisto.

Peltola, Timo 2009. Röntgenlaitteiden säteilymittaukset diagnostiikassa. LuK-tutkielmaseminaari 9.2.2009. Saatavilla http://www.helsinki.fi/~www_sefo/LuKseminarit/kl2009/Peltola-seminari.pdf. Hakupäivä 3.11.2011.

Puranen, Lauri 2001. Ionisoimaton säteily ja turvallisuus. Teoksessa Servomaa, A – Parviainen, T (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2001 (STUK-A184). Saatavissa: <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-a/a184.pdf>. Hakupäivä 21.2.2012.

Ritenour, E. Russell – Statkiewicz-Sherer, Mary Alice – Visconti, Paul J. 1998. Radiation protection in medical radiography. 3rd edition. USA: Mosby, Inc.

Sipilä, Petri 2004. Sädehoito. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.). Säteilyn käyttö. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus.

ST-ohje 1.9. 2008. Säteilytoiminta ja säteilymittaukset. Säteilyturvakeskus. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/31957-ST1-9.pdf>. Hakupäivä 9.2.2012.

ST-ohje 3.3. 2006. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. Säteilyturvakeskus. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/pdf/normit/25457-ST3-3.pdf>. Hakupäivä 9.2.2012.

Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia: Ionisoimaton säteily ja ihminen. 2005. Säteilyturvakeskus. Saatavissa: http://www.stuk.fi/julkaisut/katsaukset/pdf/ionisoimaton_sateily.pdf. Hakupäivä 29.6.2011.

Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas. 2008. Säteilyturvakeskus. Saatavissa: http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/stuk_tiedottaa/_files/12222632510022273/default/STUK-tiedottaa-2-2008.pdf. Hakupäivä 9.2.2012.

The BodnerGroup. Saatavissa: <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch23/radiation.php>. Hakupäivä 2.2.2012

Unfors Instruments 2003. Unfors X-ray meters manual.

Woitunski, Matthew 2008. Saatavissa: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Philips_Digital_Diagnost_VM.jpg. Hakupäivä 15.3.2012

MITTALAITTEIDEN LAADUNVARMISTUS

Mittalaitteiden laadunvarmistusohjelma perustuu Säteilyturvakeskuksen Terveystieteiden tutkimuskeskuksen laadunvalvontaoppaaseen sekä ST-ohjeisiin 1.9 ja 3.3. Laadunvarmistus on tämän opinnäytetyön lisäksi kirjallisena Oamk:n Sosiaali- ja terveysalan yksikön röntgentiloissa kansiossa ”Mittalaitteiden laadunvarmistus”. Samasta kansioista löytyy myös mittalaitteiden vikavihko ja muistitikku. Muistitikku sisältää Excel-dokumentin laadunvarmistuksen dokumentointia varten sekä ohjekirjoja sähköisessä muodossa.

Laadunvarmistuksessa mainitulla yleistarkastuksella tarkoitetaan toimenpidettä, jossa tarkistetaan, että mittalaite ei ole silminnähten vioittunut ja että mittalaitteen säätönapit ja painikkeet toimivat kuten pitää. Yleiskunnon tarkistus sisältää myös paristojen kunnon tarkastuksen. Paristot vaihdetaan tarvittaessa. Yleiskunnon tarkastuksessa huomioidaan myös mahdolliset kaapeleiden taittumet, laitteen kulumat sekä laitteen puhtaus. Mikäli huomautettavaa löytyy, ne kirjataan Excel-dokumenttiin Huomautettavaa-sarakkeeseen.

Kalibrointikertoimella tarkoitetaan suureen todellisen arvon ja mittarin näyttämän arvon suhdetta. Suureen todellinen arvo on luotettavamman mittalaitteen näyttämä arvo. Mikäli laitteelle on määritetty kalibrointikertoimet, tulee laitteen näyttämä jokainen mittaustulos kertoa kalibrointikertoimella. Kalibrointikertoimia määritellään vain Unfors Mult-O-Meter -mittalaitteelle tarvittaessa.

Vastuuhenkilöt

Mittalaitteiden vastuuhenkilönä toimii yksikön säteilynkäytöstä vastaava johtaja tai hänen sijaisensa. Vastaava johtaja vastaa laitteiden toimintakunnosta ja huolehtii laadunvarmistuksen toteuttamisesta ja dokumentoinnista. Mahdollisissa vikatilanteissa vian havaitsija on velvollinen ilmoittamaan tapahtuneesta vastaavalle johtajalle tai hänen sijaiselleen.

Säteilynkäytöstä vastaava johtaja voi valtuuttaa myös jonkun muun henkilön tai ryhmän toteuttamaan mittalaitteen laadunvarmistustoimet. Velvoitettu henkilö tai ryhmä on velvollinen myös kirjaamaan laadunvarmistustoimenpiteiden tulokset asianmukaisesti olemassa olevaan Excel-taulukkoon, analysoimaan tulokset ja poikkeavien tulosten tai vikatilanteiden sattuessa ilmoittamaan tapahtuneesta säteilynkäytöstä vastaavalle johtajalle tai hänen sijaiselleen.

Vastaanottotarkastus

Ennen uuden mittalaitteen käyttöönottoa tulee tarkistaa, että laitteisto ja sen mukana toimitetut oheistarvikkeet ovat ehjiä ja tilauksen mukaisia. Tarkistetaan, että laitteen mukana tulee käyttöohjeet sekä kalibroitodistus, mikäli mittalaitteen kalibroitiedot eivät käy ilmi käyttöohjeista. Ennen mittalaitteen käyttöönottoa on syytä tutustua laitteiston käyttöohjeisiin ja testata, että mittalaite toimii vaaditulla tavalla. Mittalaitteelle annetaan sarjanumero, jonka avulla se voidaan erottaa mahdollisista muista samanlaisista mittalaitteista. Mittalaite lisätään olemassa olevaan Excel-dokumenttiin tulevia laadunvarmistustoimenpiteitä varten. Laitteelle tulisi mahdollisimman pian suunnitella laadunvarmistusohjelma, joka liitetään olemassa olevaan mittalaitteiden laadunvarmistusohjelmaan.

Toiminta poikkeustilanteissa

Vika tai poikkeava tapahtuma mittalaitteessa

Mikäli vikatilanne ilmenee laadunvarmistustoimien yhteydessä, kirjataan tapahtuma Excel-dokumenttiin. Vikatilanteesta tulee ilmoittaa vastaavalle johtajalle tai hänen sijaiselleen, joka määrittää vian vakavuuden ja tarvittaessa poistaa laitteen käytöstä.

Jos vikatilanne ilmenee rutiinikäytön yhteydessä, kirjataan tapahtuma mittalaitteiden yhteiseen vikavihkoon siten, että merkinnästä selviää

- laite, jossa vika havaittiin
- vian ilmenemispäivämäärä
- kuvaus viasta
- vian havaitsija.

Vikatilanteesta ilmoitetaan säteilynkäytöstä vastaavalle johtajalle, joka määrittää vian kiireellisyyden ja tarvittaessa poistaa laitteen käytöstä.

Vika tai poikkeava tapahtuma säteilylähteessä

Mikäli säteilylähteessä ilmenee vika tai poikkeava tapahtuma laadunvarmistusmittausten suorittamisen aikana, tulee laadunvarmistustoimet keskeyttää toteutettavaksi uudelleen laitteiston toimiessa normaalisti. Vika säteilylähteessä kirjataan säteilylähteen vikavihkoon.

Laadunvarmistuksessa käytettävät säteilylähteet

Laadunvarmistuksessa käytetään sosiaali- ja terveysalan yksikön säteilylähteitä. Mult-O-Meter-mittalaitteen anturin 1 vertailumittauksissa käytetään sosiaali- ja Philipsin tavanomaista röntgenlaitteistoa, anturin 2 vertailumittauksissa käytetään Planmed Sophie -mammografialaitteistoa. EDD-30-mittalaitteen hälytystoimintojen testaamiseen käytetään Philipsin tavanomaista röntgenlaitteistoa.

Käyttöohjeet

Laadunvarmistus sisältää ohjeet toimenpiteiden suorittamiseen mutta vikatilanteiden sattuessa laitteiden ohjekirjoista on myös hyötyä. Ohjekirjat löytyvät "Mittalaitteiden laadunvarmistus" -kansioista paperiversiona tai sähköisenä muistitikulta.

Laadunvarmistustoimenpiteiden dokumentointi

Vertailumittausten mittaustulokset, sekä muut dokumentoitavat tiedot kirjataan Excel-dokumenttiin kunkin mittalaitteen omaan välilehteen. Laadunvarmistustoimenpiteiden suorituspäivämäärä tulee kirjoittaa myös Excel-dokumentin päävälilehdelle sarakkeeseen "Viimeksi tarkastettu".

Unfors Luxi

	<p>Valoisuusmittari monitoreiden (LCD- ja CRT-näytöt) valovoimamittauksiin (luminanssi) sekä vallitsevan ambienssivalon mittaamiseen (illuminanssi). Laitteessa sisäinen muisti, johon mittaustulokset tallentuvat. Data siirrettävissä myös tietokoneelle. Laitetta voi käyttää myös ilman virtalähdettä. Virtalähteen ollessa liitettynä laitteen akku latautuu.</p> <p>Paristo: 1 x 9 V (ladattava)</p>
	<p>Oheistarvikkeet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mittausyksikkö - virtalähde - D-Sub-johto ja D-Sub -> USB -adapteri - valodetektor ja Mini-USB-johto - luminanssiputki ja varjostusrengas - laukku ja ohjekirja

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
	Zero adjust
Vuositain	Edelliset kohdat
	Tarkistetaan, että laite mittaa illuminanssiarvon ja se voidaan tallentaa muistiin
	Tarkistetaan, että laite mittaa luminanssiarvon ja se voidaan tallentaa muistiin
	Tarkistetaan, että oheislaitteet, ohjekirjat ja laukku ovat tallessa
Tarvittaessa	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Ladataan laite, mikäli akun jännite on alhainen

Kommentteja:

- Paristojen jännite tulee näkyviin laitteen käynnistyksen yhteydessä. Laite ladataan kiinnittämällä virtalähde. Mikäli laitteen akun jännite ei nouse ladattaessa, on akku todennäköisesti vaihdettava. Vaihdon voi suorittaa asian osaava henkilö tai laite voidaan toimittaa huoltoon.
- Laitteelle tulee suorittaa Zero adjust erityisesti silloin, kun halutaan mitata pieniä luminanssi-/illuminanssiarvoja.
- HUOM! Vain toisen suureen mittaustulokset voidaan siirtää kerralla. Kun tallennetaan illuminanssiarvo muistiin ja siirrytään luminanssimittauksiin niin illuminanssiarvot katoavat. Siksi mittaustulokset tulee siirtää tietokoneelle ennen mitattavan suureen vaihtamista. Mittaustulosten Excel-vienti XiView-ohjelmassa ei ole käytössä Unfors Luxi –mittalaitteelle.

Laitteen käynnistäminen:

1. Yhdistä Mini-USB-johdon toinen pää mittaussyksikön 'Detector'-liittimeen ja toinen luminanssiputken liittimeen.
2. Varmista, että näytössä näkyy hetken aikaa 'Detector OK!' ja 'Battery OK!' -ilmoitukset.

Illuminanssin mittaaminen:

1. Valitse 'Illuminance'-kohta painamalla pitkään STEP/SELECT-näppäintä
2. Peitä detektorin anturi täysin ja valitse 'Zero adjust' painamalla pitkään STEP/SELECT-näppäintä. Mikäli Zero adjust onnistui, laite palaa Setup Menuun. Mikäli Zero adjust epäonnistui, näyttöön ilmestyy "Zero adjust out of range" -ilmoitus. Toista tällöin Zero adjust peittämällä anturi tarkemmin.
3. Siirry takaisin mittaustilaan painamalla EXIT-näppäintä lyhyesti.
4. Mittaustilassa laite näyttää reaaliaikaisen illuminanssiarvon ylimmällä rivillä. Mikäli mittaustulos halutaan lyhytaikaisesti muistiin, painetaan lyhyesti STEP/SELECT-näppäintä joko valodetektorista tai mittaussyksiköstä. Tämä arvo siirtyy väliaikaismuistiin näytön toiselle riville. Kun uusi arvo painetaan muistiin, edellinen arvo katoaa. Mikäli useita mittaustuloksia halutaan mitata, tulee edelliset lähettää laitteen muistiin. Tämä tapahtuu mittaamalla arvo kuten edellä, minkä jälkeen painetaan STEP/SELECT-näppäintä pitkään, jolloin toisella rivillä oleva mittaustulos siirtyy laitteen ilmoittamaan muistipaikkaan ja katoaa ruudulta.

Luminanssin mittaaminen:

1. Kiinnitä luminanssiputki kiertämällä se valodetektorin kierteisiin ja liitä varjostusrenkas
2. Valitse 'Luminance LCD' painamalla pitkään STEP/SELECT-näppäintä. (Mikäli luminanssia mitataan kuvaputkinäytöltä 'Luminance CRT')
3. Aseta luminanssiputkien pää tiiviisti pöydän pintaan ja valitse 'Zero adjust' kuten illuminanssin mittaamisessa kohdassa 2.
4. Siirry takaisin mittaustilaan painamalla EXIT-näppäintä lyhyesti.
5. Mittaustilassa laite näyttää reaaliaikaisen luminanssiarvon ylimmällä rivillä. Mikäli mittaustulos halutaan lyhytaikaisesti muistiin, painetaan lyhyesti STEP-SELECT-näppäintä joko valodetektorista tai mittausyksiköstä. Tämä arvo siirtyy väliaikaismuistiin näytön toiselle riville. Kun uusi arvo painetaan muistiin, edellinen arvo katoaa. Mikäli useita mittaustuloksia halutaan tallentaa, tulee ne lähettää laitteen muistiin. Tämä tapahtuu mittaamalla arvo kuten edellä, minkä jälkeen painetaan STEP/SELECT-näppäintä pitkään, jolloin toisella rivillä oleva mittaustulos siirtyy laitteen ilmoittamaan muistipaikkaan ja katoaa ruudulta.

Mittausdatan siirto tietokoneelle:

1. Kiinnitä D-sub-johto mittalaitteen IOIOI-liittimeen ja adapterilla tietokoneen USB-liittimeen.
2. Avaa XiView-ohjelma.
3. Tarkista asetuksista (File – Settings), että kohdassa 'Serial Port' lukee "ATEN USB to Serial Bridge ...)" ja paina OK.
4. Paina yläpalkin 'Communication' kohdasta Start.
5. Valitse mittalaitteen 'SETUP MENU' valikosta 'Send memory', jolloin mittaustulokset siirtyvät XiView-ohjelmaan.

Unfors Mult-O-Meter 581



Monikäyttöinen mittalaite mammografia-, intraoraali- ja R/F- (röntgen/fluoro) laitteille. Mittaa kuvausjännitettä, annoskertymää, annosnopeutta ja säteilytysaika. Laitteessa on kaksi anturia: toinen mammografiamittauksiin (kuvausjännite max 50kVp), toinen intraoraali ja R/F käyttöön. Laite soveltuu hyvin esimerkiksi röntgenlaitteiden laadunvarmistusmittauksiin.

Paristo: 1 x 9 V

Kalibroitu 2,5 mmAl suodatukseen

Oheistarvikkeet:

- mittausyksikkö
- anturipidike ja HVL-teline
- alumiinisuodatinsetti
- laukku ja sähköinen ohjekirja

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
Vuositain	Yleiskunnon tarkistus
	Vertailumittaukset
	Tarkistetaan, että oheislaitteet ja laukku ovat tallessa
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- Laite ei ilmoita pariston jännitettä vasta kun se on alhainen ja virta on loppumassa. Mikäli laite ei käynnisty, laitteen paristo on todennäköisesti vaihdettava.

Vertailumittaukset anturille 1:

Vertailumittauksiin käytetään Philipsin natiiviröntgenlaitteistoa. Varmista, että vertailumittauksiin lainattu mittalaite on kalibroitu samaan suodatukseen kuin Mult-O-Meter-mittalaite.

Säteilykeila rajataan siten, että kummatkin vertailussa käytössä olevat mittalaitteet tai laitteiden anturit mahtuvat säteilykeilaan. Käytettäessä potilaspöytää anturit sijoitellaan pituussuuntaan nähden poikittain, eli anodilautasen suuntaisesti, jolloin eliminoidaan heel-efektin vaikutus. Mikäli vertailumittauksissa käytetään mittalaitetta, jossa ei ole erillistä anturia, tulee mittalaitteen sijoitteluun kiinnittää erityistä huomiota. Vertailumittaukset tehdään ilman lisäsuodatusta ja isolla fokuksella.

1. Aseta kuvausetäisyydeksi 100 cm.
2. Aseta Mult-O-Meterin anturi 2 ja vertailumittalaite säteilykeilan keskelle mahdollisimman lähelle toisiaan. Kiinnitä anturit tarvittaessa teipillä.
3. Käynnistä mittalaitteet mittaustilaan.
4. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 50 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi. Kirjaa mittaustulokset paperille tai suoraan excel-dokumenttiin jokaisen eksponoinnin jälkeen.
5. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 60 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi.
6. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 70 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi.
7. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 80 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi.
8. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 90 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi.
9. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 100 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi.
10. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 125 kVp, 100 mA, 100 ms ja eksponoi.

Vertailumittaukset anturille 2:

Vertailumittauksiin käytetään Planmed Sophie -mammografialaitteistoa. Varmista, että vertailumittauksiin hankittu mittalaite on kalibroitu samaan suodatukseen kuin Mult-O-Meter-mittalaite.

Säteilykeila rajataan siten, että kummatkin vertailumittauksissa käytössä olevat mittalaitteet tai laitteiden anturit mahtuvat säteilykeilaan. Vertailumittaukset tehdään ilman lisäsuodatusta ja isolla fokuksella.

1. Aseta kuvausetäisyydeksi 65 cm.
2. Aseta Mult-O-Meterin anturi 2 ja vertailumittalaite säteilykeilan keskelle mahdollisimman lähelle toisiaan.
3. Aseta röntgenlaittelle kuvausarvot 20 kVp, 100 mAs ja eksponoi. Kirjaa mittaustulokset paperille tai suoraan excel-dokumenttiin jokaisen eksponoinnin jälkeen.
4. Aseta röntgenlaittelle kuvausarvot 25 kVp, 100 mAs ja eksponoi.
5. Aseta röntgenlaittelle kuvausarvot 27 kVp, 100 mAs ja eksponoi.
6. Aseta röntgenlaittelle kuvausarvot 30 kVp, 100 mAs ja eksponoi.
7. Aseta röntgenlaittelle kuvausarvot 35 kVp, 100 mAs ja eksponoi.

Mittausten jälkeen:

Siirrä kummankin anturin mittaustulokset Excel-dokumentin taulukkoihin ja varmista, että TESTIN TULOS -kentässä lukee tulosten syöttämisen jälkeenkin "Testi läpäisty". Tällöin mittalaitteen mittaustulokset ovat sallituissa rajoissa.

Jos kentässä lukee "Virheraja ylittyi", on jonkin mittaustuloksen virhe $> 5\%$ ja laitteelle tulisi ottaa käyttöön excel-taulukkopohjan laskemat kalibroitikertoimet. Kalibroitikertoimet voi halutessaan ottaa käyttöön vaikka 5% :n virheraja ei ylittyisikään. Kalibroitikertoimien taulukko on hyvä tulostaa säilytettäväksi samaan paikkaan mittalaitteen kanssa. Huomioi, että kalibroitikertoimet tulevat vain ns. nollasuodatukselle, eli mikäli laittelle halutaan kalibroitikertoimet myös muihin säteilylähteen suodatuksiin, tulee vertailumittaukset suorittaa erikseen kullakin suodatuksella. Jos kalibroitikerroin puuttuu haluamaltasi kuvausjännitteeltä, katso se kuvaajasta.

Jos jokin kalibroitikertoimista ei ole välillä $0,5 < X < 1,5$, on syytä harkita mittalaitteen toimittamista valmistajan kalibroitavaksi.

Unfors EDD-30



Unfors EDD-30 on kokonaisannosta, annosnopeutta ja säteilytysaikaa mittaava mittalaite. Dosimetriin on asetettavissa myös hälytysrajat, joiden ylittyessä laite antaa merkkiään. Laite soveltuu erityisen hyvin käytettäväksi C-kaaren kanssa työskenneltäessä.

Paristo: 2 x AA

Kalibroitu 2 mmCu + 4 mmAl suodatukseen, säteilylaadulla N-80 (80 kVp)

Oheistarvikkeet:

- suojakotelo ja vyö
- sähköinen ohjekirja

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
Vuositain	Yleiskunnon tarkistus
	Testataan hälytystoiminnot (vaatii ääninauhurin)
	Tarkistetaan vikavahkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- Laite ei ilmoita pariston jännitettä vasta kun se on alhainen ja virta on loppumassa. Mikäli laite ei käynnisty, laitteen paristo on todennäköisesti vaihdettava.
- Älä taita anturin johtoa liian pienelle kerälle ($\varnothing < 5$ cm), koska johto voi murtua.
- Anna anturin lämpötilan tasaantua mittausta paikassa ennen käyttöä ja käynnistä laite paikassa, jossa se ei ole alttiina säteilylle. Näin saat tarkimmat mittaustulokset.

Hälytysrajojen asettaminen:

Ennen hälytystoiminnan testausta laitteeseen tulee asettaa hälytysrajat. Paina laite päälle ON/OFF-näppäimestä, minkä jälkeen paina välittömästi SELECT-näppäintä pitkään (n. 2 sekuntia).

1. Valitse kohta "dose" painamalla SELECT-näppäintä pitkään. Aseta raja-arvoksi 60.00 μGy . SELECT-näppäimen lyhyt painallus kasvattaa arvoa, SELECT-näppäimen lyhyt painallus siirtyy seuraavaan arvoon. Arvon ja suureen asetuksen jälkeen SELECT-näppäimen pitkällä painalluksella pääsee edelliseen valikkoon.
2. Seuraavaksi siirytään valikkoon "Free" ja asetetaan
 - o dr.L1-arvoksi 4 $\mu\text{Gy/s}$,
 - o dr.L2-arvoksi 15 $\mu\text{Gy/s}$
 - o dr.L3-arvoksi 20 $\mu\text{Gy/s}$.
3. Palataan aloitusvalikkoon painamalla SELECT-näppäintä pitkään kohdassa "End".

Hälytysrajojen testaaminen natiiviröntgenlaitteistolla:

1. Aseta kuvausetäisyydeksi 100 cm.
2. Aseta mittalaitteen anturi teipillä säteilykeilan keskelle. Sijoita ääninauhuri mittalaitteen viereen. Anna mittalaitteen olla paikallaan muutamia minutteja ennen eksponointeja.
3. Paina mittalaitteen SELECT-näppäintä pitkään ja resetoi mittalaite painamalla pitkään SELECT-näppäintä kohdassa "res".
4. Käynnistä ääninauhuri ja poistu valvonta-alueelta
5. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 40 kVp, 50 mA, 10 ms, iso fokus ja eksponoi.
6. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 50 kVp, 100 mA, 10 ms, iso fokus ja eksponoi.
7. Aseta röntgenlaitteelle kuvausarvot 120 kVp, 250 mA, 10 ms, iso fokus ja eksponoi.
8. Eksponoi uudelleen kohdan 7 kuvausarvoilla.
9. Siirry valvonta-alueelle ja pysäytä ääninauhuri.
10. Kuuntele äänite. Mittalaite hälyttää oikein, jos äänitteellä kuuluu ensimmäisen eksponoinnin kohdalla yksi lyhyt äänimerkki, toisen eksponoinnin kohdalla kaksi lyhyttä äänimerkkiä, kolmannen eksponoinnin kohdalla kolme lyhyttä äänimerkkiä ja neljännen eksponoinnin kohdalla yksi pitkä äänimerkki.

Unfors 9005



Unfors 9005 -mittalaite on tarkoitettu mammografialaitteiden kuvausjännitteen mittaamiseen. Laite on erittäin helppokäyttöinen.

Paristo: 1 x 9 V

Oheistarvikkeet

- ohjekirja sähköisessä muodossa

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan näytön toiminta TEST-näppäimellä.
2 vuoden välein	Edelliset kohdat
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- TEST-näppäintä painettaessa kaikkien näytön ikonien tulisi näkyä ruudulla.
- Laite ei ilmoita pariston jännitettä vasta kun se on alhainen ja virta on loppumassa. Mikäli laite ei käynnisty, laitteen paristo on todennäköisesti vaihdettava.

Unfors 4075RF



Unfors 4075RF -mittalaite on tarkoitettu RAD/FLU-laitteiden kuvausjännitteen mittaamiseen. Laite on erittäin helppokäyttöinen.

Paristo: 1 x 9 V

Oheistarvikkeet:

- ei oheistarvikkeita

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan näytön toiminta TEST-näppäimellä.
2 vuoden välein	Edelliset kohdat
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- TEST-näppäintä painettaessa kaikkien näytön ikonien tulisi näkyä ruudulla.
- Laite ei ilmoita pariston jännitettä vasta kun se on alhainen ja virta on loppumassa. Mikäli laite ei käynnisty, laitteen paristo on todennäköisesti vaihdettava.

Radcal Corporation 3036



Suljettu kaasutäytteenen ionisaatiokammio, jolla voidaan mitata säteilyannosta, säteilyannosnopeutta ja myös kuvausaikaa. Käyttö: absorboituneen annoksen määrittämiseen ja tarkkaan aktiivisuuden määrittämiseen.

Paristo: 1 x 9 V

Oheistarvikkeet:

- ei oheistarvikkeita

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
3 vuoden välein	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan vikavilkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- Laite ei ilmoita pariston jännitettä vasta kun se on alhainen ja virta on loppumassa. Mikäli laite ei käynnisty, laitteen paristo on todennäköisesti vaihdettava.

MGP Instruments DMC 2000 X

Elektroninen hälyttävä dosimetri. Laite mittaa syväannosta, ekvivalenttiannosnopeutta ja käyttöaikaa, ja siihen voidaan asettaa hälytysrajat. Laite havaitsee röntgen- ja gammasäteilyä 2 keV:sta alkaen.

Paristo: 1 x 3 V (Renata CR2450N)

Oheistarvikkeet

- ohjekirja

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
2 vuoden välein	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan, että ohjekirja on tallessa
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Rados RAD-60S (S/N 125645)

Rados RAD-60S on hälyttävä elektroninen dosimetri, joka havaitsee röntgen- ja gammasäteilyä. Laite mittaa syväannosta, ekvivalenttiannosnopeutta ja kertynyttä annosta, ja siihen voidaan asettaa hälytysrajat.

Paristo: 1 x AAA

Oheistarvikkeet

- ei oheistarvikkeita

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
2 vuoden välein	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type E (S/N 125645)



Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type E on Geiger-Müller-putkella varustettu säteilyilmäisin. Laite on tarkoitettu yli 150 keV:n beetasäteilijöiden havaitsemiseen. Laite on herkkä alfa-hiukkasille, ja se ei sovellu röntgensäteilyn mittaamiseen. Laitteessa on hälytysominaisuus.

Paristo: 6 x AA

Oheistarvikkeet:

- ohjekirja

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
3 vuoden välein	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan, että ohjekirja on tallessa
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- Mikäli laitteessa ei ole ladattavia paristoja, varmista, että paristokotelon CHARGE-kytkin on OFF-asennossa

Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type 42A (S/N 125645)



Mini-Instruments Mini Monitor Series 900 Type 42A on tuikeputkella (NaJ-kide) varustettu säteilynilmaisim. Laite on tarkoitettu matalaenergisien röntgensäteilyn, ja esimerkiksi kilpirauhaskertymän havaitsemiseen. Laitteessa on hälytysominaisuus.

Paristo: 6 x AA

Oheistarvikkeet

- ohjekirja

LAADUNVARMISTUS

Milloin tehdään	Mitä tehdään
Joka käytön yhteydessä	Yleiskunnon tarkistus
3 vuoden välein	Yleiskunnon tarkistus
	Tarkistetaan, että ohjekirja on tallessa
	Tarkistetaan vikavihkosta laitetta koskevat tapahtumat
Tarvittaessa	Vaihdetaan paristo, mikäli laite ilmoittaa pariston alhaisesta jännitteestä

Kommentteja:

- Mikäli laitteessa ei ole ladattavia paristoja, varmista, että paristokotelon CHARGE-kytkin on OFF-asennossa