



TAULUKUVAILMAISINTEKNIIK- KAA HYÖDYNTÄVIEN NATIIVIRÖNTGENKUVAUSLAI- TEIDEN ANNOSTASOT

Keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa Suomessa
2010 – 2014

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala			
Koulutusohjelma Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Lassi Miettinen, Jukka Puljula			
Työn nimi Taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiiviröntgenkuvauslaitteiden annostasot – Keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa Suomessa 2010 – 2014			
Päiväys	29.11.2015	Sivumäärä/Liitteet	50/10
Ohjaaja(t) Lehtori Pirjo Leppäsaari ja sairaalafyysikko Hanna Matikka (FT)			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion yliopistollinen sairaala, Kuvantamiskeskus, Kliinisen radiologian osasto			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tietoa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiivikuvauslaitteiden todellisista annostasoista Suomessa ei ole tähän mennessä juuri julkaistu. Säteilyturvakeskus antaa potilaan säteilyaltistuksen arvioinnissa käytettävät vertailutasot. Säteilyturvakeskus määrittä natiiviröntgentutkimusten vertailutasot viimeksi kesäkuussa 2014, ja mukana olivat ensimmäistä kertaa myös saavutettavissa olevat annostasot taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäville natiiviröntgenkuvauslaitteille.</p> <p>Säteilysuojelulla pyritään estämään ionisoivasta säteilystä aiheutuvat suorat terveyshaitat ja pitämään satunnaisten terveyshaittojen riskit niin pieninä kuin käytännön toimin on mahdollista. Säteilysuojelun yleiset periaatteet ovat oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaate. Annostasot antavat tietoa optimointiperiaatteen toteutumisesta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää keskimääräiset annostasot keuhkojen- ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla Suomessa 2010 - 2014 välisenä aikana, sekä potilaan painon vaikutusta potilaalle aiheutuneeseen keskimääräiseen pinta-ala-annokseen. Opinnäytetyössä selvitettiin lisäksi, minkälaisia alueellisia eroja on keskimääräisissä annostasoissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa uutta tietoa annostasoista natiiviröntgentutkimusten parissa työskenteleville henkilöille. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Kuopion yliopistollinen sairaala, Kuvantamiskeskus, Kliinisen radiologian osasto.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin määrällistä tutkimusmenetelmää. Opinnäytetyön lähtökohtana olivat tutkimusongelmat, joihin haettiin vastauksia. Opinnäytetyössä käytetty sekundaariaineisto saatiin Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen radiologian osaston sairaalafyysikolta. Tutkimuksen aineisto sisälsi eri säteilyn käyttöpaikkojen natiiviröntgentutkimusten potilasannostietoja. Aineisto järjestettiin Microsoft Excel-ohjelman avulla tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Opinnäytetyössä käytettiin tilastollisia tunnuslukuja annostasojen selvittämiseksi.</p> <p>Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten (PA- ja sivuprojektio) keskimääräinen pinta-ala-annos oli 179 mGycm². Keuhkojen PA-projektion pinta-ala-annos oli 37,1 mGycm² ja sivuprojektion 135,5 mGycm². Lannerangan natiiviröntgentutkimusten PA- ja sivuprojektio) keskimääräinen pinta-ala-annos oli 2240,1 mGycm². Lannerangan PA-projektion pinta-ala-annos oli 795,7 mGycm² ja sivuprojektion 1372,2 mGycm². Potilaan painolla oli vähäinen vaikutus potilaalle aiheutuvaan keskimääräiseen pinta-ala-annokseen. Keskimääräiset annostasot alittivat Säteilyturvakeskuksen antamat vertailutasot, mutta saavutettavissa olevat annostasot eivät toteutuneet kaikkien tutkimusprojektioiden kohdalla. Lisäksi annostasoissa oli huomattavia alueellisia eroja.</p> <p>Tulokset antavat tietoa optimointiperiaatteen toteutumisesta. Jatkotutkimusehdotuksena aineistosta voisi selvittää ortopantomografiatutkimusten, nenän sivuonteloiden ja lantion natiiviröntgentutkimusten annostasot. Erot annostasoissa eri laitevalmistajien välillä antaisivat hyödyllistä tietoa radiologisten tutkimusten parissa työskenteleville.</p>			
Avainsanat Taulukuvailmaisintekniikka, natiiviröntgen, vertailutasot, annostasot: saavutettavuus			

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiationteraphy			
Author(s) Lassi Miettinen, Jukka Puljula			
Title of Thesis Patient dose levels with digital radiography systems utilizing flat-panel detectors – chest and lumbar spine x-ray examinations in Finland in years 2010 - 2014			
Date	1.12.2015	Pages/Appendices	50/10
Supervisor(s) Senior lecturer Pirjo Leppäsaari and medical physicist Hanna Matikka, (Ph.D in physics)			
Client Organisation /Partners Kuopio University Hospital, Medical Imaging Center, Clinical Radiology Department			
Abstract <p>Information concerning actual patient dose levels in individual radiographic examinations using digital radiography systems utilizing flat-panel detectors in Finland is almost non-existing. Radiation and nuclear safety authority (STUK) presents the reference levels used in evaluating patient doses. STUK defined the reference levels last time in June 2014 and for the first time they included the achievable dose levels for digital radiography systems utilizing flat-panel detectors.</p> <p>Radiation protection is used to prevent deterministic health hazards caused by ionization radiation and to keep the risk of stochastic health hazards as low as reasonably achievable. The three principles used in radiation protection are justification, optimization of protection and individual dose limitation. Patient dose levels present information how optimization is realized.</p> <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to find out the average patient dose levels in chest and lumbar spine radiographic examinations when using digital radiography systems utilizing flat-panel detectors in Finland in years 2010 – 2014 and the effect of patient weight to average dose-area product. In this thesis we also examined the regional differences in patient doses. The objective of this thesis was to produce new information about the patient dose levels for people who are working with radiographic examinations.</p> <p>The quantitative research method was used in the thesis. The basis for the thesis was research questions. The secondary material used in the thesis was obtained from the medical physicist working in the clinical radiology department in the Kuopio university hospital. The material used in this research included patient dose records from different hospitals and health centers around Finland. The material was organized using Microsoft Excel so it could be used statistically. Statistical methods were used to find out the average patient dose levels.</p> <p>The average dose area product in chest x-ray examination (including PA and lateral projections) was 179 mGycm². The average dose area product in chest PA projection was 37,1 mGycm² and in lateral projection 135,5 mGycm². In the lumbar spine x ray examination (including PA and lateral projections) the average dose area product was 2240,1 mGycm². The average dose area product in lumbar spine PA projection was 795,7 mGycm² and in lateral projection 1372,2 mGycm². Patient's weight had a little effect on the average dose area product. The average patient's dose levels fell below the reference levels but some surpassed the achievable dose levels. In addition there were significant regional differences between the patient dose levels.</p> <p>The results present information how optimization is realized. As a follow-up research it is possible to find out from the research material the average patient dose levels in orthopantomography, paranasal sinuses and pelvis x-ray examinations. Also finding out the differences in patient dose levels between various digital radiography system manufacturers could offer useful information for all the people who are dealing with radiological examinations.</p>			
Keywords Flat panel detector, radiography, reference levels, dose levels: achievability			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSET	7
2.1	Röntgensäteily	7
2.2	Röntgenkuvan muodostuminen	8
2.3	Taulukuvailmaisintekniikka	9
2.4	Keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimukset	11
3	NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSESTA POTILAALLE AIHEUTUVAN SÄTEILYANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN	14
3.1	Röntgensäteilyn terveydelliset haittavaikutukset	14
3.2	Säteilysuojelu	14
3.3	Säteilyannosta kuvaavat suureet	15
3.4	Säteilyannoksen mittaaminen	17
3.5	Pinta-annos (ESD)	17
3.6	Annoksen ja pinta-alan tulo (DAP)	17
3.7	Efektivisen annoksen arvioiminen pinta-ala-annoksen (DAP) perusteella	18
3.8	Vertailutasot	20
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSONGELMAT	23
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	24
5.1	Tutkimusmenetelmä ja kohdejoukko	24
5.2	Aineiston keräys	24
5.3	Aineiston analyysi	24
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET	27
6.1	Potilaalle aiheutunut keskimääräinen pinta-ala-annos keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa	27
6.2	Potilaan painon vaikutus keskimääräiseen pinta-ala-annokseen keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa	28
6.3	Säteilyturvakeskuksen antamien vertailutasojen ja saavuttavissa olevien annostasojen toteutuminen keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa	28
6.4	Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa	30
7	POHDINTA	36
7.1	Tulosten tarkastelua ja johtopäätökset	36

7.2	Tutkimustulosten hyödynnettävyys ja jatkotutkimusehdotukset	41
7.3	Kehittämideoita	42
7.4	Tutkimuksen luotettavuus	42
7.5	Tutkimuksen eettisyys.....	43
8	AMMATILLINEN KASVU	45
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	48
	LIITE 1: SÄTEILYN KÄYTTÖPAIKKOJEN POTILASANNOSTIEDOT	51
	LIITE 2: TAVANOMAISEN RÖNTGENLAITTEEN POTILASANNOSKERÄYS	52
	LIITE 3: NATIIVIVATSAN POTILASANNOSTASOT	53
	LIITE 4: EXCEL-TAULUKKO POTILASANNOSTIEDOISTA PROJEKTIOITTAIN.....	54
	LIITE 5: PAINON VAIKUTUS KEUHKOJEN NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSESSA	55
	LIITE 6: PAINON VAIKUTUS KEUHKOJEN PA-PROJEKTIOSSA.....	56
	LIITE 7: PAINON VAIKUTUS KEUHKOJEN SIVUPROJEKTIOSSA.....	57
	LIITE 8: PAINON VAIKUTUS LANNERANGAN NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSISSA.....	58
	LIITE 9: PAINON VAIKUTUS LANNERANGAN PA/AP-PROJEKTIOSSA	59
	LIITE 10: PAINON VAIKUTUS LANNERANGAN SIVUPROJEKTIOSSA	60

1 JOHDANTO

Natiiviröntgentutkimus on yleisin radiologinen tutkimus ja niitä tehtiin Suomessa vuonna 2011 noin 3,2 miljoonaa kappaletta (Helasvuo, Tenkanen-Rautakoski, Kangasniemi, Toivo, Soleiver ja Qvist 2013, 10 – 11). Natiiviröntgentutkimuksissa käytettävä ionisoiva säteily aiheuttaa potilaalle säteilyannoksen, jolla on potilaan terveydelle haitallisia vaikutuksia. Optimoinnilla voidaan vaikuttaa natiiviröntgentutkimuksista potilaalle aiheutuvaan säteilyannokseen.

Taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävät natiiviröntgenkuvauslaitteet tarjoavat röntgenhoitajille ja muille röntgentutkimusten parissa työskenteleville uusia mahdollisuuksia potilaiden säteilyannosten optimointiin. Taulukuvailmaisintekniikka mahdollistaa saman kuvanlaadun kuin perinteiset filmikuvantamisjärjestelmät jopa noin 50 % pienemmillä säteilyannoksilla (Lança ja Silva 2013, 2, 11).

Suomessa vertailutasot tyypillisimmille röntgentutkimuksille määrittää Säteilyturvakeskus. Toiminnan harjoittajalla on velvollisuus ottaa käyttöön röntgentutkimuksien vertailutasot, joihin potilaiden säteilyaltistusta verrataan. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä 423/2000, § 1.) Säteilyturvakeskus on määrittänyt natiiviröntgentutkimusten vertailutasot viimeksi kesäkuussa 2014, ja mukana olivat ensimmäistä kertaa myös saavutettavissa olevat annostasot taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäville natiiviröntgenkuvauslaitteille (STUK 2014a, 1).

Tutkimuksessa selvitettiin keskimääräiset annostasot keuhkojen- ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla Suomessa 2010 - 2014 välisenä aikana sekä potilaan painon vaikutusta potilaalle aiheutuneeseen keskimääräiseen pinta-ala-annokseen edellä mainituissa natiiviröntgentutkimuksissa. Annostasojen määrittämiseen käytettiin suuretta pinta-ala-annos (DAP). Tuloksia verrattiin Säteilyturvakeskuksen vuonna 2014 antamiin vertailutasoihin ja uusiin saavutettavissa oleviin annostasoihin, jotka on laadittu taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäville natiiviröntgenkuvauslaitteille. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi, minkälaisia alueellisia eroja keskimääräisissä annostasoissa on keuhkojen- ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa.

Tutkimuksen aineisto on peräisin eri säteilyn käyttöpaikkojen potilasannoskeräyksistä, eikä tietoa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiiviröntgenkuvauslaitteiden todellisista annostasoista Suomessa tähän mennessä ole juuri julkaistu. Tämän tutkimuksen tuloksena saatua tietoa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiiviröntgenkuvauslaitteiden annostasoista voidaan hyödyntää optimointikäytäntöjen kehittämisessä.

2 NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSET

Natiiviröntgentutkimus tarkoittaa ilman varjoainetta suoritettavaa perusröntgentutkimusta.

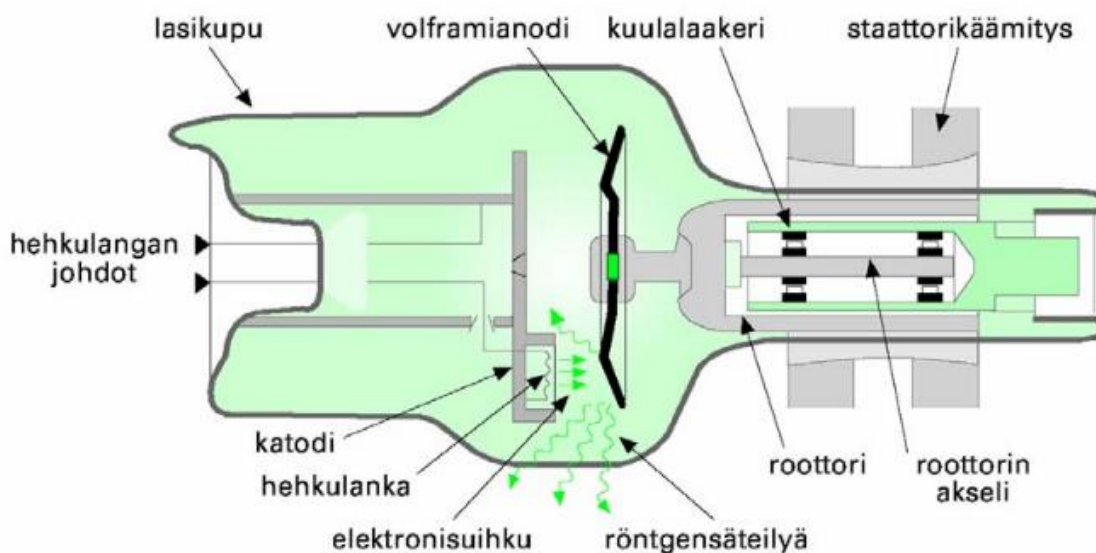
Röntgentutkimukset ovat osa säteilyn lääketieteellistä käyttöä, jossa ionisoivaa säteilyä kohdistetaan ihmiskehoon sairauden tutkimiseksi tai hoitamiseksi. Suomessa tehtiin vuonna 2011 noin 3,2 miljoonaa natiiviröntgentutkimusta. Yleisimmät natiiviröntgentutkimusten kuvauskohteet olivat keuhkot ja luusto. (Säteilylaki 592/1991 § 38; Helasvuo ym. 2013, 11.)

2.1 Röntgensäteily

Röntgendiagnostiikassa käytettävä säteily on ionisoivaa sähkömagneettista säteilyä siinä, missä esimerkiksi radioaallot ja näkyvä valo. Merkitsevä ero edellä mainittuihin nähden on, että röntgensäteilyn fotoneilla on suurempi energia, lyhyempi aallonpituus ja korkeampi taajuus. Röntgensäteilyn fotonit ovat varauksettomia ja massattomia hiukkasia, jotka liikkuvat valonnopeudella. Fotonienergioiltaan röntgentutkimuksissa käytettävä röntgensäteily on tyypillisesti välillä 10 – 150 keV ja röntgensäteilyn spektri eli säteilyn energiajakauma on jatkuva. (Sandberg ja Paltemaa 2002, 44; Bushong 2013, 42, 51.)

Röntgensäteilyn synnyttäminen tapahtuu röntgenputkessa (kuva 1), jolle generaattori antaa tarvittavan sähköisen tehon. Röntgenputkessa olevaa hehkulankaa eli katodia kuumennetaan, jolloin hehkulangalta saadaan irtomaan elektroneja. Röntgenputkessa sijaitsevien anodin ja katodin väliin kytketään suurjännite, jonka avulla hehkulangalta irronneet elektronit saadaan kiihtyvään liikkeeseen kohti anodia. Elektronien liike-energia röntgenputkessa on verrannollinen kiihdytyksessä käytettävään jännitteeseen (kV). Kiihdytetyt elektronit fokusoidaan anodille. Hetkellinen elektronisuihku kohdistuu anodissa pienelle sähköisen fokuksen alueelle, jossa syntynyt röntgensäteily suunnataan kuvauskohteeseen. Röntgensäteily voidaan jakaa syntytapansa mukaan sekä jarrutussäteilyyn että karakteristiseen röntgensäteilyyn. Kiihdytetyt elektronit hidastuvat voimakkaasti anodimateriaalin atomiytimien sähköisessä kentässä ja niiden liike-energia vapautuu anodimateriaalista jarrutussäteilyinä. Karakteristista röntgensäteilyä syntyy valosähköisessä vuorovaikutuksessa anodin atomien elektroniverhoon syntyneiden viritystilojen purkautuessa. (Jurvelin 2005, 32 – 34.)

Putkivirran (mA) avulla säädetään röntgenputkessa kiihdytettyjen elektronien määrää. Säteilytysaika (s), eli kuvausaika ilmaisee kuinka kauan säteilyä tuotetaan. Putkivirran ja säteilytysajan tulo (mAs), on yksi yleisimmistä säteilyn määrää indikoivista kuvausparametreista. Kuvausjännitettä ja fotonien määrää ("kV:a ja mAs:a") säätämällä vaikutetaan yhtä aikaa sekä kuvanlaatuun että potilaalle aiheutuvaan säteilyannokseen. (Bushong 2013, 150 – 151; Woodward 2014, 36; Lança ja Silva 2013, 40 – 43.)



[OBJ]

KUVA 1. Pyöriväänodisen röntgenputken rakenne (Pukkila 2004, 32.)

2.2 Röntgenkuvan muodostuminen

Jotta säteily voitaisiin havaita tai mitata sen täytyy vuorovaikuttaa aineen kanssa ja luovuttaa sille energiaa. Röntgenkuvauksessa säteily kulkee potilaan läpi ja osa säteilykvanteista kokee vuorovaikutuksia kudoksen kanssa ja siroaa tai absorboituu. Säteily absorboituu kudosten ominaisuuksista riippuen eri kudoksissa eri tavoin. Luusto on hyvin elektronitiheää, joten se absorboi paljon säteilyä. Keuhkokudos taas on hyvin ilmavaa, ja sen läpi pääsee suurin osa tuotetusta säteilystä. Säteilyä voimakkaasti vaimentavat kohteet, kuten luut, näkyvät röntgenkuvissa vaaleina ja säteilyä hyvin läpäisevät kohteet, kuten ilmapitoiset keuhkot, tummina. (Tapiovaara, Pukkila ja Miettinen 2004, 14; Perry 2009, 113 – 114.) Kuvattavan kohteen paksuus ja koostumus vaikuttavat röntgenkuvan muodostamiseksi tarvittavan säteilyn määrään (Bushong 2013, 243 – 244).

Röntgensäteily on epäsuorasti eli välillisesti ionisoivaa säteilyä. Ionisaatiotapahtumista on pääasiallisesti vastuussa fotonien ja väliaineen vuorovaikutuksissa irronneet sekundaarielektronit. (Sandberg ja Paltemaa 2002, 44; Bushong 2013, 155 – 158.) Fotonien fysikaaliset vuorovaikutustavat riippuvat sekä fotonien energiasta että väliaineen ominaisuuksista (Jurvelin 2005, 16). Tärkeimmät röntgensäteilyn ja aineen väliset fysikaaliset vuorovaikutustavat lääketieteellisessä kuvantamisessa käytettävillä fotonienenergioilla ovat valosähköinen absorptio ja Compton sironta. Valosähköisessä absorptiossa fotonin kaikki energia siirtyy atomin elektronille, joka sinkoutuu ulos atomista ja saa liike-energiakseen fotonin energian vähennettynä elektronin sidosenergialla. Fotonien energian ollessa pieni, alle 50 kV, on biologisessa kudoksessa valosähköinen absorptio vallitseva vuorovaikutusmekanismi. Compton sironta muuttuu asteittain vallitsevaksi vuorovaikutusmekanismiksi fotonien energian kasvaessa. Compton sironnassa fotonit ovat ulokuoren elektronin kanssa vuorovaikutuksessa ja tapahtuu elastinen sironta. Osa fotonin alkuperäisestä energiasta siirtyy sekundaarielektronille, joka voi aiheuttaa ionisaatiota. Loppuenergia jää kulkusuuntaansa muuttaneelle sironneelle fotonille. (Sandberg ja Paltemaa 2002, 44 – 47; Jurvelin 2005, 16 – 18.)

Röntgenkuvauksessa potilaan läpi päässyt säteily täytyy saada absorboitumaan filmille tai kuvantavaan ilmaisimeen, johon muodostuu kolmiulotteisesta kohteesta eli potilaasta kaksiulotteinen projektiokuva. Säteilyn vaimeneminen potilaassa riippuu säteilyn spektristä ja potilaan kudosten alkuainekoostumuksista, tiheyksistä ja paksuuksista. Röntgensäteilyn energijakauman eli spektrin on oltava kuvanmuodostumisen kannalta oikealla energia-alueella. (Tapiovaara ym. 2004, 61 – 62; Jurvelin 2005, 13.) Kuvausjännitteen vaihtamisen lisäksi spektriä voidaan muokata suodattamalla röntgenputken primäärisädekeilasta pois matalaenergiset röntgensäteet. Nämä röntgensäteet lisäävät turhaan potilaan saamaa säteilyannosta eikä niillä olisi vaikutusta kuvan muodostukseen. (Hedrick 2014, 61.)

Ennen kuvailmaisimena käytettiin perinteisesti röntgenfilmiä, jonka säteilyttäminen aiheutti filmin mustumisen. Filmi oli sitä tummempi, mitä enemmän sille osui säteilyä. Tällainen suora filmikuvaustekniikka on länsimaisessa lääketieteellisessä säteilyn käytössä nykyään harvinaista. Filmikuvantaminen oli tärkein analogisen röntgenkuvantamisen ilmaisintekniikka, mutta sen on sittemmin syrjäyttänyt digitaalinen röntgenkuvaus. (Jurvelin 2005, 36 – 37; Jauhainen 26 – 27.)

Digitaalinen röntgenkuva muodostuu pikseleistä, pienistä kaksiulotteisista kuva-alkioista. Kuva-alkioiden lukumäärä ja koko riippuu kuvan matriisikoosta, joka on tavallisesti suuri digitaalisissa röntgenkuvuissa. Jokaiseen pikseliin on tallennettu tieto sen harmaasävyarvosta. Kuvan harmaasävyjen enimmäismäärän määrittää kuvan bittisyys. Bittien määrä kertoo kuvan dynamiikasta eli sen, kuinka monta erilaista harmaasävyä arvoa pikselissä voi esiintyä. Esimerkiksi 8-bittisessä kuvassa voi olla 256 eri harmaan sävyä. Varsinainen digitaalinen röntgenkuva esitetään yleensä näyttöpäättellä. (Jurvelin 2005, 26 – 27, Tapiovaara ym. 2004, 62.) Digitaalinen kuva on helposti siirrettävissä ja kuvien sähköinen tallentaminen merkittävä filmittömän ympäristön etu. **PACS**, joka on lyhenne sanoista Picture Archiving and Communications System, on digitaalisten kuvien arkistointiin, käsittelyyn ja siirtoon kykenevä järjestelmä. Järjestelmä mahdollistaa muun muassa digitaalisten kuvien siirron eri yksiköiden välillä julkisia tiedonsiirtopalveluja käyttäen. (Lança ja Silva 2013, 137; Bushong 2013, 328 – 331.)

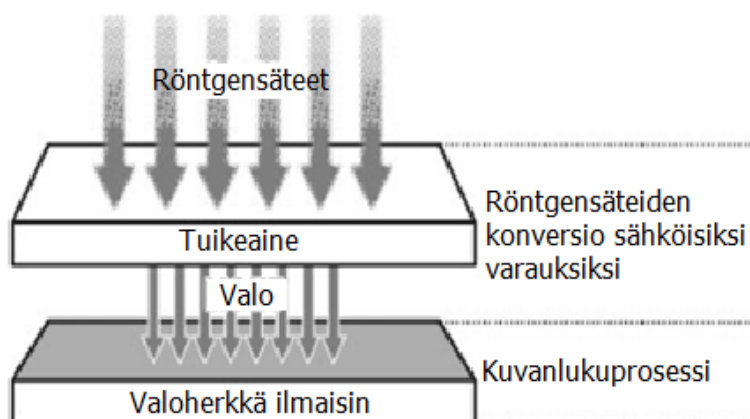
Digitaalinen röntgenkuvantaminen sai alkunsa digitaalisen levykuvantamisen muodossa 1980-luvulla. Perinteisen filmikasetin tilalle tuli kuvalevy, jossa kuvatiedon tallennukseen käytetään fluoresoivaa levyä. Varsinainen kuvaus tapahtuu samaan tapaan kuin filmikuvauksessa, mutta ero on kuvan tallennustavassa. Kuvauskasetissa on puolijohdelevy, jonka atomeita ilmaisimen havaitseva röntgensäteily virittää metastabiileihin viritystiloihin. Viritystilojen määrä riippuu absorboituneen säteilyn määrästä ja ne voidaan purkaa laservalon avulla erillisessä kuvanlukijalaitteessa. (Jurvelin 2005, 38.) Kuvalevykuvantaminen luokitellaan epäsuoraan digitaaliseen kuvantamiseen (Lança ja Silva 2013, 11).

2.3 Taulukuvailmaisintekniikka

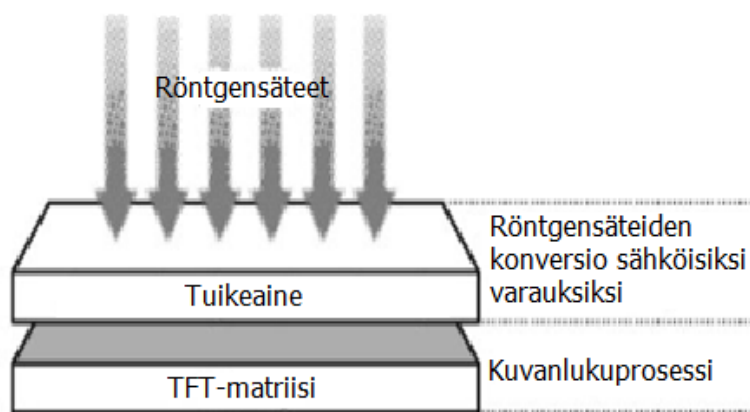
Ensimmäiset taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävät kuvantamislaitteet ilmestyivät markkinoille 2000-luvun alussa. Taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävä kuvantamistekniikka perustuu

ilmaisimen kykyyn muuttaa havaittu röntgensäteily suoraan sähköiseksi informaatioksi. Taulukuvailmaisintekniikkaa käyttävät röntgenkuvauslaitteet ovat herkempiä kuin analogisen röntgenkuvantamisen ilmaisimet. Taulukuvailmaisintekniikka mahdollistaa saman kuvanlaadun jopa noin 50 % pienemmillä säteilyannoksilla verrattuna perinteiseen filmikuvaustekniikkaan. Taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiiviröntgenkuvauslaitteiden etuja ovat nopeus, annostehokkuus, hyvä paikkaerotuskyky ja kontrasti. (Lança ja Silva 2013, 2, 4, 9; Hedrick 2014, 64; Jurvelin 2005, 38; Matikka 2013.) Filmikuvausjärjestelmissä käytettävä putkijännite määrää käytännössä kuvan kontrastin. Taulukuvailmaisintekniikka antaa mahdollisuuden säätää kuvan kontrastia ja tummuutta jälkikäteen, eikä jänniteen vaikutus kontrastiin ole yhtä ilmeinen. (Uffmann, Neitzel, Prokop, Kabalan, Weber, Herold ja Schaefer-Prokop 2005, 642 – 650.)

Siinä missä digitaalinen kuvalevykuvaus tarvitsee röntgenkuvan muodostamiseen erillisen kuvanlukijan, suoradigitaalisilla taulukuvailmaisimilla kuva saadaan ilmaisimelta välittömästi sähköisessä muodossa. Suoradigitaaliset taulukuvailmaisimet on vielä jaoteltavissa kahteen luokkaan sen mukaan, saadaanko informaatio säteilystä ilmaisimelta suoraan vai epäsuorasti. Epäsuorassa tekniikassa (kuva 2) säteily synnyttää ilmaisimessa Cesiumjodidissa (CsI) ensin valoa, joka muunnetaan fotodiodeilla sähkövarauksiksi. Suora tekniikka (kuva 3) on käyttää kuvan rekisteröintiin amorfista seleeni- tai piilevyä, joissa säteily synnyttää ilmaisimessa suoraan sähköisiä varauksia. Sähköiset varaukset kerätään ohutkalvotransistorimatriisiin (Thin-Film-Transistor, TFT-matriisi) synnyttämällä fotodiodikerrokseen tai fotonijohdinkerrokseen sähkökenttä. Varaukset luetaan TFT-matriisista ja jokaiselle varaukselle annetaan vastaava pikseliarvo. Epäsuora tekniikka on taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla yleisin. (Matikka 2013; Jurvelin 2005, 38; Lança ja Silva 2013, 12, 14 – 16; Körner ym. 2007, 678 – 680.)



KUVA 2. Epäsuora tekniikka (Mukaihtu: Körner ym. 2007, 679.)



KUVA 3. Suora tekniikka (Mukailtu: Körner ym. 2007, 678.)

DQE (Detective Quantum Efficiency), suomeksi kvanttiefektiivisyys, kertoo kuinka tehokkaasti ilmaisimien kykenee muuntamaan sille tulevan säteilyn kuvainformaatiota antavaksi signaaliksi. DQE on yleisesti käytetty suure ilmaisintekniikan suorituskyvyn arvioinnissa. (Lança ja Silva 2013, 21; Tapiovaara ym. 2004, 106 – 107.) DQE:n mitta-asteikko on 0 – 1. DQE:n arvo 1 tarkoittaa, että kaikki röntgensäteilyn energia absorboituu ilmaisimeen ja muunnetaan kuvainformaatioksi. Käytännössä maksimiarvoon ei päästä, vaan todelliset DQE-arvot ovat sitä pienempiä. (Körner ym. 2007, 682 – 683.) Tyypillisesti taulukuvailmaisintekniikan etuja analogiseen röntgenkuvantamiseen ja kuvalevytekniikkaan nähden ovat juuri hyvä DQE ja sen avulla saavutettavat perinteiseen analogiseen röntgenkuvantamiseen verrattuna matalimmat potilaalle aiheutuvat sädeannokset. Lisäksi taulukuvailmaisimilla tuotettujen kuvien dynamiikka (esitettävissä olevien harmaasävyjen määrä) on suuri, mikä vähentää hukkakuvien määrää.

2.4 Keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimukset

Keuhkojen natiiviröntgentutkimus on yleisimpiä radiologisia tutkimuksia. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksia tehtiin Suomessa vuonna 2011 744 683 kappaletta. (STUK 2013, 13.) Keuhkojen natiiviröntgentutkimus koostuu tavallisesti posteroanteriorisesta (PA) ja sivusuunnan projektiosta. PA-kuvassa potilaan rinta on kuvailmaisinta vasten ja röntgensäteet kohdistetaan ilmaisimelle potilaan selän puolelta. Sivusuunnan kuvassa potilaan vasen kylki on ilmaisinta vasten ja kädet kohotettuina ylös, jotta olkavarret eivät kuvautuisi mielenkiintoalueiden päälle. Mikäli potilas ei kykene seisomaan, voidaan kuvaus suorittaa istuen. Huonokuntoisten potilaiden kuvaus suoritetaan makuuasennossa ja tällöin kuvaussuunta on anteroposteriorinen eli potilaan selkä ilmaisinta vasten. (Järvenpää 2005, 94 – 95.) Aikuisten keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa käytettävä putkijännite on tyypillisesti välillä 110 – 135 kV (Johnson 2014, 90; Wirtanen ym. 2014a, 2). Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa kuvausetäisyys seisten kuvattaessa on tyypillisesti välillä 180 – 200 cm ja maaten kuvattaessa vähintään 115 cm (Wirtanen ym. 2014c, 3.) Yleisesti radiologisissa tutkimuksissa kuvausetäisyys on suurempi kuin 100 cm. Lyhyt kuvausetäisyys kasvattaa potilaan säteilyannosta. (Lança ja Silva 2013, 42.)

Lannerangan natiiviröntgentutkimuksia tehtiin Suomessa vuonna 2011 115 296 kappaletta (STUK 2013, 29). Lannerangan natiiviröntgentutkimus koostuu tavallisesti posteroanteriorisesta (PA) tai anteroposteriorisesta (AP) ja sivusuunnan projektioista. Posteroanteriorisessa projektiossa potilaan vatsa on ilmaisinta vasten ja röntgensäteet kohdistetaan ilmaisimelle potilaan selän puolelta. Anteroposteriorisessa projektiossa potilaan selkä on ilmaisinta vasten. Sivusuunnan projektiossa potilaan kylki on ilmaisinta vasten ja potilaan kädet kohotettuina ylös, jotta ne eivät kuvautuisi mielenkiintoalueiden päälle. Aikuisten lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa käytettävä putkijännite on PA/AP-projektiossa tyypillisesti välillä 80 – 95 kV ja sivuprojektiossa välillä 90 – 105 kV (Wirtanen ym. 2014b, 1). Lannerangan natiiviröntgentutkimuksessa kuvausetaisyys on projektioista riippuen välillä 115 – 150 cm. (Möller ja Reif 2009, 56 – 59; Wirtanen ym. 2014c, 3.)

Natiiviröntgentutkimuksissa kuva-ala tulee rajata mahdollisimman tarkasti mielenkiintoalueiden mukaan. Tarkka kuva-alan rajaaminen on oleellista sekä kuvanlaadun että säteilyannoksen kannalta. (Lança ja Silva 2013, 41.) Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA-projektiossa kuva-ala rajataan siten, että pleurasopet ja keuhkojen kärjet näkyvät. Sivusuunnassa kuva-ala rajataan ihon pintaan. Sivuprojektiossa kuva-ala rajataan siten, että keuhkot kuvautuvat kokonaan. (Järvenpää 2005, 96; Johnson 2014, 90, 92.). Lannerangan PA/AP-projektiossa kuva-ala rajataan siten, että kaikki viisi lannenikamaa, sacroiliakaalinivelet ja ristiluu näkyvät kuvassa. Sivuprojektiossa lisäksi alimman lannenikaman ja ylimmän ristinikaman välin tulee näkyä kuvassa. (Ward 2014, 335, 337.)

Keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa suositellaan käytettäväksi valotusautomaattia (Johnson 2014, 90, 92; Ward 2014, 335, 337). Valotusautomaatti on röntgenlaitteessa oleva laite, joka mittaa ilmaisimelle tulevan säteilyn määrää. Laite katkaisee säteilytyksen, kun ennalta määrätty säteilyannos on saavutettu. (Bushong 2013, 92.) Valotusautomaatissa on yleensä 3 – 5 mittakammia, joita voidaan valita tarpeen mukaan käyttöön yksi tai useampi samanaikaisesti. Kuvaustilantessa kuvattava kohde tulee asetella oikein käytettäviin mittakammioihin nähden. Mikäli valotusautomaatin mittakammio rajautuu osittain säteilykeilasta, voi kuvauksesta aiheutuva potilaan säteilyannos kasvaa tarpeettomasti. (Tapiovaara ym. 2004, 41, 148.)

Aikuisten potilaiden keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa ohjeistetaan yleensä käytettäväksi hilaa (Johnson 2014 90, 92; Ward 2014, 335, 337). Hajasäteilyhilaa käytetään potilaan ja ilmaisimen välissä ehkäisemään siroavan säteilyn pääsyä ilmaisimelle, mikä parantaa kuvan kontrastia. Hilaa käytettäessä joudutaan käyttämään suurempia kuvausarvoja, mikä lisää potilaan saamaa säteilyannosta. (Bushong 2013, 195 – 196; Järvinen 2005, 91.) Hilaa suositellaan käytettäväksi yli 10 cm paksujen kohteiden kuvauksissa (Wirtanen ym. 2014c, 3).

Röntgenputken kokonaissuodatus koostuu kiinteästä perussuodatuksesta ja lisäsuodatuksesta. Säteilyturvakeskuksen antama perussuodatuksen vähimmäisvaatimus on 2,5 mm alumiinia. Lisäsuodatusmateriaalina käytetään yleensä alumiinia tai kuparia tai näiden kahden materiaalin yhdistelmää. Käytettävä kokonaissuodatus riippuu kuvauksessa käytettävästä putkijännitteestä. Kun kuvauksessa käytettävä putkijännite on vähintään 70 kV, vaadittava kokonaissuodatus

lääkinnälliseen käyttöön tarkoitetuilla röntgenlaitteilla on 2,5mm alumiinia. (Hedrick 2014, 61; Tapiovaara ym. 2004, 36.)

3 NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSESTA POTILAALLE AIHEUTUVAN SÄTEILYANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN

Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan määritelmän mukaan säteilyaltistus on prosessi, jossa altistutaan säteilylle tai radionuklideille. Säteilyannos, joka säteilyaltistuksesta aiheutuu, määrää altistuksen merkittävyyden. (Mustonen ym. 2009, 26.) Säteilyannoksella tarkoitetaan säteilyaltistuksen suuruutta kuvaavaa mittaussuuretta tai säteilyaltistuksesta aiheutuvaa terveydellistä haittavaikutusta kuvaavaa säteilyannosta (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä 423/2000, § 2).

3.1 Röntgensäteilyn terveydelliset haittavaikutukset

Röntgentutkimus on säteilylle altistava toimenpide, jossa kohteena oleva henkilö tarkoituksellisesti altistetaan ionisoivalle säteilylle. Säteilylain 592/1991 mukaan säteilyn lääketieteellinen käyttö on perusteltua sairauden tutkimiseksi tai hoitamiseksi sekä lääketieteellisen tutkimuksen tai muun lääketieteellisen toimenpiteen vuoksi. (423/2000, § 2; Säteilylaki 592/1991, § 38.) Kuitenkin röntgensäteilyllä on ihmisen terveydelle myös haitallisia vaikutuksia. Röntgensäteilyn aiheuttamat terveydelliset haittavaikutukset luokitellaan deterministisiin eli välittömiin haittavaikutuksiin sekä stokastisiin eli satunnaisiin haittavaikutuksiin. Determinististen haittavaikutusten ilmenemiselle on aina olemassa määrätty säteilyannoksen kynnysarvo, jonka täytyy olla ylittynyt, jotta haittavaikutus voi syntyä. Deterministinen haittavaikutus ilmenee yleensä melko nopeasti äkillisen, suuren säteilyaltistuksen jälkeen. Tyypillisiä deterministisiä haittavaikutuksia ovat esimerkiksi ihovaurio, sikiöaikana tai varhaislapsuudessa kehittynyt aivovamma, harmaakaihi ja säteily sairaus. (Järvinen 2005, 78 – 79.)

Stokastinen eli satunnainen haittavaikutus voi syntyä kuinka pienestä säteilyannoksesta tahansa eli haittavaikutuksen ilmenemiselle ei ole olemassa kynnysarvoa. Satunnaisen haittavaikutuksen ilmeneminen perustuu ionisoivan säteilyn kykyyn katkaista atomien kemiallisia sidoksia. Yksikin osuma riittää aiheuttamaan katkoksen DNA-molekyylissä. (Järvinen 2005, 80.) Soluilla on lukuisia erilaisia mekanismeja katkoksen korjaamiseksi, mutta on myös mahdollista, että vaurion korjaaminen epäonnistuu. Mikäli vaurio jää korjaantumatta tai korjaantuu väärin, seuraavassa solunjakautumisessa tämä virheellinen DNA periytyy kaikille solun jälkeläissoluille. Tästä voi aikaa myöten kehittyä hyvänlaatuinen tai pahanlaatuinen kasvain. (Mustonen ja Salo 2002, 32, 35; Järvinen 2005, 80.)

3.2 Säteily suojele

Säteily suojeleulla pyritään ihmisen terveyden suojelemiseen. Sen avulla hallitaan ja valvotaan altistumista ionisoivalle säteilylle siten, että suorat terveyshaitat pyritään estämään ja satunnaisten terveyshaittojen riskit pidetään niin pieninä kuin käytännön toimenpiteillä on mahdollista. (Mustonen ym. 2009, 22.)

Säteilylain on tarkoitus rajoittaa ja estää säteilystä aiheutuvia terveydellisiä haittavaikutuksia. Säteilylaissa 592/1991 on määritelty yleiset periaatteet, jotka säteilyn käytön ja muun säteilyaltistusta aiheuttavan toiminnan tulee täyttää. Oikeutusperiaatteen mukaisesti toiminnalla saavutettava hyöty on oltava suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta. Optimointiperiaatteen mukaisesti toiminnasta terveydelle aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin alhaisena kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Esimerkiksi röntgentutkimuksissa tulee saavuttaa riittävä kuvanlaatu ja samalla on vältettävä aiheuttamasta potilaalle tarpeetonta säteilyaltistusta. (Pirinen 2008.) Yksilönsuojaperiaatteen mukaisesti yksilön säteilyaltistus ei saa ylittää asetuksessa vahvistettuja enimmäisarvoja (Säteilylaki 592/1991, § 2). Säteilylain mukaisesti Säteilyturvakeskuksen velvollisuuksiin kuuluu antaa säteilyturvallisuusohjeita, joita noudattamalla voidaan ylläpitää säteilylain edellyttämää turvallisuuden tasoa säteilyn käytössä. (Pukkila 2004, 298 – 299.)

Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP, International Commission on Radiological Protection) uudet perussuositukset hyväksyttiin maaliskuussa 2007. ICRP:n suositusten tarkoituksena on edistää ihmisten ja ympäristön suojelua säteilyn haitallisilta vaikutuksilta rajoittamatta tarpeettomasti ihmisille hyödyllisiä säteilytoimintoja. Suositukset perustuvat tieteelliseen tietoon ja asiantuntijaharkintaan ja ne on tarkoitettu etupäässä valvontaviranomaisille ja organisaatioille ja henkilöille, jotka ovat vastuussa säteilysuojelusta. (Mustonen ym 2009, 3, 20, 22.)

Röntgentutkimuksissa säteilysuojelusta vastuussa ovat potilaan tutkimukseen lähettänyt lääkäri, säteilylle altistavasta toimenpiteestä vastuussa oleva lääkäri ja röntgentutkimuksen potilaalle suorittava henkilökunta, kuten röntgenhoitajat. Säteilylaissa mainitaan säteilylle altistavaan toimenpiteeseen lähettävän lääkärin vastuusta harkita ja arvioida toimenpiteen oikeutus. Ennen lähetteen antamista on lähettävän lääkärin tarpeen mukaan konsultoitava asiantuntijoita, mikäli toimenpiteen oikeutuksen arviointi niin edellyttää. Säteilylle altistavasta toimenpiteestä vastuussa oleva lääkäri varmistaa toimenpiteen oikeutuksen. (Järvinen 2005 89 – 90.)

Potilaan säteilysuojelu perustuu oikeutus- ja optimointiperiaatteisiin. Optimointiperiaatteen mukaisesti säteilysuojia on käytettävä aina, kun se on mahdollista. Hyvän säteilysuojelukäytännön mukaisesti turhalta säteilyltä pyritään suojaamaan säteilyherkkiä elimiä, kuten silmät, kilpirauhanen, rinnat ja sukupuolielimet. Säteilyltä suojaamiseen käytetään yleensä vinyylipäällysteisiä lyijysuojia. Sukupuolielinten suojaaminen säteilyltä on tärkeää erityisesti lisääntymisikäisillä ja lapsilla. (Bushong 2013, 547 – 575; Hedrick 2014, 63.)

3.3 Säteilyannosta kuvaavat suureet

Absorboitunut annos (D, Gy) mittaa kohteeseen säteilystä siirtyneen energian määrää. Sen SI-yksikkö Gray (Gy), on nimetty englantilaisen fyysikko Louis Harold Grayn mukaan. Yksi gray tarkoittaa yhden joulen (J) energian sitoutumista kilogrammaan (kg) massaa eli $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. (STUK 2011; Marttila 2002, 73 – 74; Neuvoston direktiivi turvallisuutta koskevien perusnormien

vahvistamisesta ionisoivasta säteilystä aiheutuvilta vaaroilta 2013/59/EURATOM 3 2014, 6 – 7; ICRP 2007, 17.)

Ekvivalenttiannos (H, Sv) on keskimääräissuure ja se voidaan laskea absorboituneesta annoksesta. Ekvivalenttiannoksen yksikkö on Sievert (Sv). Ekvivalenttiannos kuvastaa säteilyn biologista vaikutusta väliaineessa ja koska eri säteilylajeilla on erilainen kyky ionisoida väliainetta, tulee jokaisen säteilylajin oma painotuskerroin (taulukko 1) ottaa huomioon ekvivalenttiannosta laskettaessa. Natiiviröntgentutkimuksissa käytettävän röntgensäteilyn painotuskerroin on 1, jolloin esimerkiksi 1 Gy:n absorboitunut annos vastaa 1 Sv:n ekvivalenttiannosta. (STUK 2011, 6; ICRP 2007, 270 – 271.)

TAULUKKO 1. Eri säteilytyyppien painotuskertoimet selvitetessä ekvivalenttiannosta (ICRP 2007, 64.)

Säteilyn laji	Painotuskerroin W_R
Fotonit	1
Elektronit ja myonit	1
Alfahiukkaset, fissiofargmentit, raskaat ytimet	20
Neutronit	Neutronin energiasta riippuva jatkuva funktio

Efektiivinen annos ($H_{E, Sv}$) on elinten/kudosten ω_T -painotuskertoimella (taulukko 2) painotettujen keskimääräisten ekvivalenttiannosten summa. Efektiivinen annos huomioi eri kertoimien avulla elinten/kudosten vaihtelevan säteilyherkkyyden. Efektiivinen annos kuvastaa säteilyn aiheuttamaa tilastollista haittavaikutuksen riskiä, mutta sitä ei voida käyttää determinististen vaurioiden, kuten ihovaurioiden riskin arvioimiseen. (Muikku ym. 2014, 51 – 52; ICRP 2007, 23; Neuvoston direktiivi turvallisuutta koskevien perusnormien vahvistamisesta ionisoivasta säteilystä aiheutuvilta vaaroilta 2013/59/EURATOM 3 2014, 7.)

TAULUKKO 2. Painotuskertoimet efektiivisen annoksen selvittämiseksi (ICRP 2007, 65.)

Kudos	Painotuskertoimen ω_T
Luuydin, paksusuoli, keuhkot, mahalaukku, rinta, lisämunuaiset, rintakehän ulkopuoliset hengitystiet, sappirakko, sydän, munuaiset, imurauhaset, lihakset, suun limakalvot, haima, eturauhanen, ohutsuoli, perna, kateenkorva, kohtu/kohdunkaula	0,12
Sukurauhaset	0,08
Virtsarakko, ruokatorvi, maksa, kilpirauhanen	0,04
Luun pinta, aivot, sylkirauhaset, iho	0,01

3.4 Säteilyannoksen mittaaminen

Potilaan säteilyannoksen arvioimiseksi tarvitaan tarkasti määriteltyjä suureita. Käytetty suure täytyy olla säteilystä aiheutuvaa haittaa tai riskiä kuvaava. Natiiviröntgentutkimuksessa säteilystä potilaalle aiheutuvia mahdollisia terveyshaittoja ovat stokastiset, eli satunnaiset haitat, kuten syöpä ja perinnölliset vauriot ja näitä riskejä arvioimaan käytetään yleisesti efektiivistä annosta. (Tapiovaara ym. 2004, 117 – 119.) Tavallisesti efektiivinen annos arvioidaan mitattujen annostietojen, kuten pinta-ala-annoksen ja muunnoskertoimien avulla. Muunnoskertoimien laskennassa voidaan käyttää yksinkertaistettuja matemaattisia fantomeja. Usein fantomit vastaavat karkeasti standardikokoista hermafrodiittia aikuispotilasta. (Tapiovaara ym. 2004, 128 – 129.)

3.5 Pinta-annos (ESD)

ESD on lyhenne sanoista Entrance Surface Dose, suomeksi pinta-annos. Pinta-annoksella tarkoitetaan ilmaan absorboitunutta annosta säteilykeilan keskiakselin ja potilaan pinnan leikkauspisteessä. ESD sisältää myös potilaasta sironneen säteilyn tässä pisteessä (takaisinsirontakerroin TSK tai backscatter factor BSF). Takaisinsirontakerroin riippuu mm. käytettävästä kuvausjännitteestä (kV), säteilykentän koosta ja kaihdinkopassa käytössä olevasta suodatuksesta. ESD:llä mitataan siis röntgenputken fokuksesta lähtevän säteilykeilan keskiakselin kohdalla ihon pinnassa-olevaa säteilyannosta. Ihokudokseen absorboitunutta annosta voidaan arvioida ESD:n avulla. Käytännössä nämä kaksi suureta ovat yhtä suuret. ESD:n yksikkö on Gray, Gy. (STUK 2004, 6 – 9.)

3.6 Annoksen ja pinta-alan tulo (DAP)

DAP on lyhenne sanoista Dose Area Product, suomeksi annoksen ja pinta-alan tulo tai pinta-ala-annos. Pinta-ala-annos on natiiviröntgentutkimuksissa potilaan säteilyaltistusta parhaiten kuvaava suure ja sitä voidaan käyttää arvioitaessa potilaalle röntgentutkimuksessa säteilystä aiheutuvaa

stokastista riskiä (Tapiovaara ym. 2004, 122 – 125). Pinta-ala-annos mitataan röntgenputken kaihtimiin kiinnitetyllä litteällä, tasomaisella ionisaatiokammioilla tai laskennallisesti. DAP-mittari on ionisaatiokammio, jossa säteilyherkän osan pinta-ala on suurempi kuin säteilykeilan poikkileikkauspinta-ala. Tietyllä kenttäkoolla saatava DAP-arvo on käytännössä riippumaton kammion paikasta säteilykeilan akselilla, sillä kammion säteilytetty pinta-ala kasvaa samassa suhteessa kuin säteilyn voimakkuus heikkenee fokusetäisyyden kasvaessa. Tämän vuoksi kaihdinten eteen sijoitetun DAP-mittarin antama arvo vastaa potilaan ihon kohdalla olevaa DAP-arvoa. (Tapiovaara ym. 2004, 122 – 123.) Pinta-ala-annos (DAP) huomioi pinta-annoksen lisäksi kuvauksessa käytetyn kenttään. Säteilykentän koon kasvattaminen kasvattaa pinta-ala-annosta ja sitä kuinka suuri osa kehosta altistuu primäärisäteilylle. Nykyaikaisissa röntgenlaitteissa DAP voidaan määrittää myös laskennallisesti tutkimuksessa käytettyjen kuvausarvojen, putken säteilyntuoton ja säteilytetyn kuva-alueen perusteella (Lança ja Silva 2013, 54).

3.7 Efektiivisen annoksen arvioiminen pinta-ala-annoksen (DAP) perusteella

Efektiivinen annos kuvaa säteilyn yksilölle aiheuttamaa biologista haittavaikutusten kokonaisriskiä. Efektiivistä annosta ei voida suoraan mitata, vaan se arvioidaan mitattavien tai laskennallisten niin sanottujen käyttösuureiden avulla. (Mustonen ym. 2009, 46.) Lääketieteellisestä altistuksesta potilaalle aiheutuvan efektiivisen annoksen tarkka arviointi on hankalaa, koska eri elimet ja kudokset altistuvat säteilylle vain osittain tai epätasaisesti, kuten esimerkiksi natiiviröntgentutkimuksissa. (Mustonen ym. 2007, 99.)

Efektiivisen annoksen arvioimiseksi pinta-ala-annoksen (DAP) perusteella voidaan käyttää muuntokertoimia tai annossimulointiohjelmia, kuten Monte Carlo-laskentaa hyödyntävää PCXMC-ohjelmaa. PCXMC-ohjelmassa potilasfantomi sisältää 31 elin- ja kudostyyppiä efektiivisen annoksen laskemiseksi. (ICRP 2007, 65; Wall ym. 2011, 13 – 14.) Muuntokertoimien avulla efektiivinen annos saadaan kertomalla pinta-ala-annos vastaavalla muuntokertoimella. Säteilyturvakeskuksen antamat muuntokertoimet (taulukko 3 ja taulukko 4) on esitetty alun perin englantilaisessa julkaisussa vuonna 1994. (STUK 2000, 113 – 119; Hart, Jones ja Wall 1994) Englantilaisessa tutkimuksessa vuodelta 2011 on arvioitu tyypillisimmät elinkohtaiset ja efektiiviset annokset kahdellekymmenelleneljälle tavallisimmalle röntgentutkimukselle hyödyntäen Monte Carlo-laskentaa ja potilasannostietoja Yhdistyneiden kansakuntien potilasannosrekisteristä vuodelta 2005. Tutkimuksessa oli hyödynnetty kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP) julkaisuissa ICRP 60 (1991) ja ICRP 103 (2007) annettuja elinten ja kudosten painotuskertoimia. Tutkimuksesta löytyy lisäksi muuntokertoimet, joita voidaan käyttää aikuispotilaille efektiivisen annoksen karkeaan arvioimiseen annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) perusteella silloin, kun röntgensäteilyn kentän koko, säteilylähteen paikka, projektio ja röntgensäteilyn spektri vastaavat alla olevan taulukon (taulukko 5) mukaisia natiiviröntgentutkimusten projektioita. Muuntokertoimet on saatu simuloitujen efektiivisten annosten ja todellisten dap-arvojen suhteena. (Wall ym. 2011, 13, 17 – 18.)

TAULUKKO 3. Konversiokertoimia ($m/Sv/Gycm^2$) efektiivisen annoksen arvioimiseksi pinta-ala-annoksen perusteella keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa (Hart ym. 1994).

Jännite (kV)	Suodatus (mm Al)	Keuhko AP	Keuhko PA	Keuhko SIVU
60	3	0,152	0,095	0,075
	5	0,203	0,120	0,093
80	3	0,218	0,136	0,104
	5	0,259	0,167	0,126
100	3	0,260	0,172	0,129
	5	0,301	0,204	0,152
120	3	0,292	0,200	0,149
	5	0,329	0,231	0,171

TAULUKKO 4. Konversiokertoimia ($m/Sv/Gycm^2$) efektiivisen annoksen arvioimiseksi pinta-ala-annoksen perusteella lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa (Hart ym. 1994).

Jännite (kV)	Suodatus (mm Al)	Lanneranka AP	Lanneranka SIVU	Lanneranka SIVU
			Oikea	Vasen
60	3	0,168	0,076	0,048
	5	0,212	0,099	0,061
80	3	0,235	0,119	0,073
	5	0,287	0,150	0,091
100	3	0,291	0,157	0,098
	5	0,344	0,191	0,118
120	3	0,333	0,188	0,117
	5	0,383	0,221	0,137

TAULUKKO 5. Muuntokertoimet efektiivisen annoksen arvioimiseksi annoksen ja pinta-alan tulon perusteella (Wall ym. 2011, 18).

Tutkimus	E-60/DAP (mSv/Gycm ²)	E-103/DAP (mSv/Gycm ²)
Pään AP	0.039	0.058
Pään PA	0.028	0.034
Pää SIVU	0.028	0.037
Kaularanka AP	0.19	0.19
KaularankaSIVU	0.11	0.12
Olkapää AP	0.063	0.064
Olkapää AKSIAALI	0.056	0.046
Thorax PA	0.15	0.16
Thorax SIVU	0.12	0.13
Rintaranka AP	0.22	0.24
Rintaranka SIVU	0.093	0.091
Lanneranka AP	0.24	0.22
Lanneranka SIVU	0.11	0.092
LS-nivelet SIVU	0.097	0.078
Natiivivatsa AP	0.20	0.18
Lantio AP	0.22	0.14
Lonkka AP	0.23	0.13
Molemmat lonkat AP	0.23	0.13
Reisi AP	0.077	0.036
Reisi SIVU	0.0064	0.0034
Polvi AP	0.0061	0.0034
Polvi SIVU	0.0055	0.0030
Jalkaterä AP	0.0046	0.0032
Jalkaterä VIISTO	0.0046	0.0032

3.8 Vertailutasot

Vertailutasolla (taulukko 6) tarkoitetaan etukäteen määriteltyä röntgentutkimuksen säteilyannostasoa, jonka ei odoteta ylittyvän normaalikokoiselle potilaalle hyvän käytännön mukaisesti suoritettussa toimenpiteessä (STUK 2014a, 1). Osana toiminnanharjoittajan vastuulle kuuluvia laadunvarmistukseen liittyviä velvollisuuksia on seurata röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvaa säteilyaltistusta. Säteilyturvakeskus antaa Suomessa potilaan säteilyaltistuksen arvioinnissa käytettävät vertailutasot. Vertailutasot eivät osoita optimaalista annostasoa, vaan usein röntgentutkimukset voidaan suorittaa siten, että niistä aiheutuva säteilyaltistus on vertailutasoa pienempi. Säteilyturvakeskus tarkastelee vertailutasoja muutaman vuoden välein ja antaa tarvittaessa uudet vertailutasot. (423/2000 § 16; STUK 2004, 3.) Viimeksi Säteilyturvakeskus antoi natiiviröntgentutkimuksille vertailutasot päätöksessään 9/3020/2014. Päätöksessä esitettiin lisäksi

saavutettavissa olevat annostasot (taulukko 7) taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäville röntgenlaitteille. (STUK 2014a, 1.)

Kun säteilyaltistus arvioidaan potilasjoukolle, se määritetään vähintään kymmenen normaalikokoisen ja normaalirakenteisen potilaan keskiarvona. Aikuisten tavanomaisissa röntgentutkimuksissa keskiarvo lasketaan potilaista, joiden tutkimus on sujunut tavanomaisesti ja joiden paino on välillä 55 - 85 kg. Potilaiden painojen keskiarvon tulee olla noin 70 kg. Eri laitteistoilla saatavia keskimääräisiä tuloksia verrataan Säteilyturvakeskuksen asettamiin vertailutasoihin säännöllisin väliajoin. (STUK 2004, 5.)

Vertailutasojen avulla voidaan havaita röntgenlaitteet ja tutkimuskäytännöt, joista aiheutuu potilaille tavanomaista suurempia säteilyaltistuksia. Vertailutasot on tarkoitettu potilaiden keskimääräisten säteilyaltistusten vertailuun, eikä niitä tulisi käyttää yksittäisten potilaiden säteilyannosten rajoittamiseen. (STUK 2004, 16.)

TAULUKKO 6. Tavanomaisten röntgentutkimusten vertailutasoja pinta-annoksina sekä annoksen ja pinta-alan tuloina aikuisille (STUK 2014a, 2).

Kuvausprojektio	Pinta-annos/projektio (ESD) ^{*)} [mGy]	Annoksen ja pinta-alan tulo (DAP) ^{**)} [Gy*cm ²]
Thorax PA	0,12	0,1
Thorax SIVU	0,5	0,2
Lanneranka PA/AP	3,5	1
Lanneranka SIVU	10	2,1
Natiivivatsa PA/AP	3,5	1,6
Hammaskuvaus, ylämolaari	2,5	-
Hampaiston ja leuan panoraamatomografia		0,12

^{*)} Pinta-annoksella tarkoitetaan absorboitunutta annosta iholla (ESD).
^{**)} Säteilykeilan poikkileikkauksen annoksen ja pinta-alan tulo (DAP).

TAULUKKO 7. Tavanomaisten röntgentutkimusten saavutettavissa olevia annostasoja aikuisille taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä röntgenlaitteilla (STUK 2014a, 2).

Kuvausprojektio	Pinta-annos/projektio (ESD) ^{*)} [mGy]	Annoksen ja pinta-alan tulo (DAP) ^{**)} [Gy*cm ²]
Thorax PA	0,05	0,07
Thorax SIVU	-	0,14
Lanneranka PA/AP	1,8	0,7
Lanneranka SIVU	-	1,5
Hammaskuvaus, ylämolaari	1,7	-

^{*)} Pinta-annoksella tarkoitetaan absorboitunutta annosta iholla (ESD).
^{**)} Säteilykeilan poikkileikkauksen annoksen ja pinta-alan tulo (DAP).

Tavanomaisissa röntgentutkimuksissa tarvitaan säteilyaltistuksen määrittämiseen joko yhtä kuvaa/tutkimusta vastaava pinta-annos (ESD), tai pinta-ala-annos (DAP). Suureen valintaan vaikuttaa kummanko suureen avulla kyseisen tutkimustyyppin vertailutasot on annettu ja onko käytettävässä laitteistossa DAP-näyttöä. (STUK 2004, 6.) Säteilyturvakeskus vaatii, että käyttöön otettavissa uusissa röntgenlaitteissa tulee olla potilaan säteilyaltistusta osoittava näyttö (STUK 2014b, 8).

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksessa selvitettiin keskimääräiset pinta-ala-annokset keuhkojen- ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla Suomessa 2010 - 2014 välisenä aikana, sekä potilaan painon vaikutusta potilaalle aiheutuneeseen keskimääräiseen pinta-ala-annokseen edellä mainituissa natiiviröntgentutkimuksissa. Tuloksia verrattiin Säteilyturvakeskuksen vuonna 2014 antamiin vertailutasoihin ja uusiin saavutettavissa oleviin annostasoihin, jotka on laadittu taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäville natiiviröntgenkuvauslaitteille. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi minkälaisia alueellisia eroja keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa on keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa.

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tuloksista johdettua tietoa natiiviröntgentutkimusten parissa työskenteleville röntgenhoitajille, radiologeille, fyysikoille ja röntgenhoitajaopiskelijoille. Tutkittu ja ajantasainen tieto natiiviröntgentutkimusten annostasoista on hyödyllistä myös muille terveysalan ammattilaisille, jotka ohjaavat potilaita näihin tutkimukseen.

Tutkimusongelmat:

1. Mikä on potilaalle aiheutunut keskimääräinen pinta-ala-annos keuhkojen- ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla?
2. Miten potilaan paino vaikuttaa potilaalle aiheutuneeseen keskimääräiseen pinta-ala-annokseen keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla?
3. Miten Säteilyturvakeskuksen antamat vertailutasot ja saavutettavissa olevat annostasot toteutuvat keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla?
4. Minkälaisia alueellisia eroja keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa on keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla?

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Tutkimusmenetelmä ja kohdejoukko

Tutkimuksessa käytettiin määrällistä, eli kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Kun mittauksen tuloksena saatua aineistoa, tässä tutkimuksessa potilasannostietoja, käsitellään tilastollisin menetelmin, on kysymys kvantitatiivisesta tutkimuksesta. (Vilka 2007, 13.) Kvantitatiivisen tutkimuksen lähtökohtana on tutkimusongelma tai tutkimuskysymykset, joihin haetaan vastauksia. Kvantitatiivinen tutkimus on onnistunut, jos sen avulla saadaan luotettavia vastauksia tutkimuskysymyksiin. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 1997, 141.)

Tutkimuksen kohdejoukko oli vuosien 2011 - 2014 välisenä aikana eri puolilla Suomea taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla kuvatut aikuispotilaat, joiden paino on välillä 55 – 85 kg ja, jotka olivat valikoituneet mukaan eri säteilyn käyttöpaikkojen suorittamiin potilasannoskeräyksiin.

5.2 Aineiston keräys

Empiirinen tietoaimes, joka on itse kerätty, sisältää välitöntä tietoa tutkimuskohteesta. Tällaista aineistoa kutsutaan primaariaineistoksi. Mikäli käyttöön saatu aineisto on muiden keräämää, kututaan sitä sekundaariaineistoksi. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2007, 181.) Tässä työssä käytettiin sekundaariaineistoa. Sekundaariaineisto saatiin käyttöön Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen radiologian osaston sairaalafysikolta. Tutkimuksen aineisto sisälsi eri säteilyn käyttöpaikkojen natiiviröntgentutkimusten potilasannostietoja (liite 1). Aineiston potilasannostiedot olivat peräisin eri säteilyn käyttöpaikoissa tehdyistä potilasannosmäärityksistä (liite 2), jotka tehdään vertailutasopäätöksessä annettujen ohjeiden mukaisesti (STUK 2014a, 1). Aineisto järjesteltiin projektiokohtaisesti Microsoft Excel-ohjelman avulla sellaiseen muotoon, että sitä voitiin käsitellä tilastollisesti.

5.3 Aineiston analyysi

Alkuperäinen aineisto sisälsi ortopantomografiatutkimusten, nenän sivuonteloiden, keuhkojen, lannerangan, lantion ja natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten potilasannostietoja. Tässä tutkimuksessa keskityttiin keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimusten potilasannostietoihin opinnäytetyön rajaamiseksi sekä siitä syystä, että haluttiin keskittyä sellaisiin vartalon alueen natiiviröntgentutkimuksiin, joille on voimassaolevat Säteilyturvakeskuksen antamat vertailutasot ja saavutettavissa olevat annostasot. Myös natiivivatsan natiiviröntgentutkimukselle on olemassa vertailutasot (taulukko 6) ja siitä syystä natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten potilasannostiedot esitetään tutkimuksen liitteenä (liite 3). Potilasannostietoja ei esitetty tutkimuksen tuloksissa pienen otannan vuoksi.

Alkuperäisessä aineistossa natiiviröntgentutkimusten potilasannostiedot oli nimetty sairaanhoitopiireittäin tai mikäli kyseisestä sairaanhoitopiiristä oli saatavilla vain sen

yliopistosairaalan tai suurimman keskussairaalan potilasannostiedot, tällöin kyseisen yliopistosairaalan tai keskussairaalan mukaan. Analysoitavaan aineistoon otettiin mukaan keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimusten potilasannostiedot niistä säteilyn käyttöpaikoista, joista potilasannostietoja oli saatavilla. Keuhkojen ja lannerangan potilasannostietoja saatiin Kymenlaakson keskussairaalaista, Keski-Suomen sairaanhoitopiiristä, Kuopion yliopistollisesta sairaalasta, Etelä-Savon sairaanhoitopiiristä, Oulun yliopistollisesta sairaalasta, Pohjois-karjalan sairaanhoitopiiristä, Pirkanmaan sairaanhoitopiiristä, Vaasan keskussairaalaista ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiristä (liite 1).

Analysoitavasta aineistosta laadittiin Excel-taulukko (liite 4), johon listattiin käytettävät potilasannostiedot jokaisen potilaan kohdalla. Potilasannostiedoista saatiin selville potilaiden painot ja pinta-ala-annokset. Osassa aineistoa mukana oli tietoja kuvausparametreista, kuten natiiviröntgentutkimuksissa käytetyistä putkijännitteistä (kV), ja putkivirran ja ajan tuloista (mAs), kuvausetäisyyksistä ja röntgenputken suodatuksesta. Aineistossa oli tietoa myös tutkimuksissa käytetyistä natiiviröntgenkuvauslaitteistoista.

Säteilyturvakeskuksen antamat vertailutasot on tarkoitettu 55 – 85 kg painavien potilaiden säteilyaltistuksen arviointiin (STUK 2004, 3). Tämän seurauksena analysoitavasta aineistosta poistettiin kaikkien niiden potilaiden potilasannostiedot, joiden paino oli alle 55 kg tai yli 85 kg. Analysoitavasta tutkimusaineistosta poistettiin myös sellaisten potilaiden potilasannostiedot, joiden painoa ei ollut ilmoitettu ollenkaan tai, mikäli kuvaus oli suoritettu digitaalisia kuvalevyjärjestelmiä käyttäen.

Määrällisessä tutkimuksessa tulisi valita aina sellainen analyysimenetelmä, joka antaa tietoa siitä, mitä ollaan tutkimassa. Analyysimenetelmän valintaan vaikuttaa se, ollaanko tutkimassa yhtä muuttujaa vai kahden tai useamman muuttujan välistä riippuvuutta ja niiden vaikutusta toisiinsa. Tutkimusongelmat ohjaavat usein analyysimenetelmien valintaa. (Vilkkä 2007, 118 – 123; Hirsjärvi 2007, 216.)

Tämän tutkimuksen analyysissä käytettiin tunnuslukuina aritmeettista keskiarvoa, mediaania, keskihajontaa (s.d., standard deviation) ja vaihteluväliä potilaalle aiheutuneen keskimääräisen pinta-ala-annoksen selvittämiseksi keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla. Analysoitaessa potilaan painon vaikutusta potilaalle aiheutuneeseen keskimääräiseen pinta-ala-annokseen käytettiin korrealaatiokerrointa kahden muuttujan välisen suoraviivaisen riippuvuuden selvittämiseksi ja p-arvoa tilastollisen merkitsevyyden testaamiseksi.

Aritmeettinen keskiarvo kuvaa muuttujien keskimääräistä suuruutta, keskihajonta selittää miten muuttujan arvot jakautuvat keskiarvon ympärille ja mediaani on suuruusjärjestykseen järjestetyn aineiston keskimäinen havainto (Valli 2015, 78). Aritmeettinen keskiarvo on herkkä poikkeaville havainnoille ja se ei anna oikeaa kuvaa jakaumasta, mikäli aineistossa on yksikin poikkeavan suuri

tai pieni arvo. Vaihteluväli on pienimmän ja suurimman havaintoarvon väli, ja se kertoo kuinka suuria ja pieniä arvoja muuttujat ovat otoksessa saaneet. (Vilka 2007, 123 – 124.)

Korrelaatiokerroin ilmaisee riippuvuussuhdetta. Korrelaatiokertoimen tuloksen arvo on $-1:n$ ja $+1:n$ välillä oleva arvo. Riippuvuuden suunta voi olla täten negatiivinen tai positiivinen. Mitä lähempänä tulos on lukuarvoa -1 tai $+1$ sitä voimakkaampi korrelaatio on. Lähellä nollaa oleva tuloksen arvo kertoo heikosta tilastollisesta riippuvuudesta. (Vilka 2007, 130.) Tilastolliset merkitsevyydestaukset antavat tiedon, kuinka varmasti tulokset voidaan yleistää koskemaan perusjoukon jäseniä.

Tilastollisen merkitsevyydestauksen p -arvo kertoo millainen riski yleistettävyydellä on. P -arvon ollessa $0,05$ tarkoittaa se sitä, että sattuman mahdollisuus on 5% . Kun p -arvo= $0,001$ tarkoittaa se sitä, että sattuman mahdollisuus on vain $0,1\%$. P -arvon ollessa $0,001$ voidaan tuloksia pitää tilastollisesti erittäin merkitsevinä. (Valli 2015, 103.)

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tutkimuksen tulokset on esitetty tutkimusongelmittain ja tuloksena saatu keskimääräinen annostasoa tai pinta-ala-annos viittaa jokaisen tutkimusongelman kohdalla taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäviin natiiviröntgenkuvauslaitteisiin, vaikka sitä ei olisi erikseen mainittu.

6.1 Potilaalle aiheutunut keskimääräinen pinta-ala-annos keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa

Koko aineiston havaintojen lukumäärä n sellaisten keuhkojen natiiviröntgentutkimusten osalta, joissa potilaasta oli kuvattu sekä PA- että sivuprojektioita oli $n = 971$. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA- ja sivuprojektioiden yhteenlaskettu pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli 179 mGycm^2 , keskihajonta $123,8 \text{ mGycm}^2$, mediaani 143 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa 1130 mGycm^2 (suurin arvo 1150 mGycm^2 ja pienin arvo 20 mGycm^2).

Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten PA-projektioiden havaintojen lukumäärä $n = 750$. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA-projektion pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli $37,1 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $28,1 \text{ mGycm}^2$, mediaani 31 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa 554 mGycm^2 (suurin arvo 564 mGycm^2 ja pienin arvo $9,7 \text{ mGycm}^2$).

Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten sivuprojektioiden havaintojen lukumäärä $n = 727$. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen sivuprojektion pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli $135,5 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $99,7 \text{ mGycm}^2$, mediaani 106 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa 645 mGycm^2 (suurin arvo 662 mGycm^2 ja pienin arvo $17,3 \text{ mGycm}^2$).

Koko aineiston havaintojen lukumäärä n sellaisten lannerangan natiiviröntgentutkimusten osalta, joissa potilaasta oli kuvattu sekä PA/AP- että sivuprojektioita oli $n = 589$. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksen PA/AP- ja sivuprojektioiden yhteenlaskettu pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli $2240,1 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $1518,2 \text{ mGycm}^2$, mediaani 1802 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa $10292,6 \text{ mGycm}^2$ (suurin arvo 10529 mGycm^2 ja pienin arvo $236,4 \text{ mGycm}^2$).

Lannerangan natiiviröntgentutkimusten PA/AP-projektioiden havaintojen lukumäärä $n = 456$. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksen PA/AP-projektion pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli $795,7 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $672,3 \text{ mGycm}^2$, mediaani $607,8 \text{ mGycm}^2$, vaihteluvälin ollessa $4822,4 \text{ mGycm}^2$ (suurin arvo 4900 mGycm^2 ja pienin arvo $77,6 \text{ mGycm}^2$).

Lannerangan natiiviröntgentutkimusten sivuprojektioiden havaintojen lukumäärä $n = 456$. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksen sivuprojektion pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli $1372,2 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $1016,2 \text{ mGycm}^2$, mediaani 1052 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa $7343,5 \text{ mGycm}^2$ (suurin arvo 7482 mGycm^2 ja pienin arvo $138,5 \text{ mGycm}^2$).

6.2 Potilaan painon vaikutus keskimääräiseen pinta-ala-annokseen keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa

Potilaan paino selittää 12 % keuhkojen natiiviröntgentutkimusten PA- ja sivuprojektoiden yhteenlasketusta pinta-ala-annoksesta. ($r^2 = 0,12$.) Potilaan painon ja pinta-ala-annoksen välillä on heikko positiivinen korrelaatio ($r = 0,34$). Tulosta voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitsevänä. (1-suuntaisen testin p-arvo $< 0,001$). Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo oli 71,3 kg. (liite 5.)

Potilaan paino selittää noin 5 % keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA-projektion pinta-ala-annoksesta. ($r^2 = 0,05$.) Potilaan painon ja pinta-ala-annoksen välillä on heikko positiivinen korrelaatio ($r = 0,22$). Tulosta voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitsevänä. (1-suuntaisen testin p-arvo $< 0,001$.) Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo oli 71,4 kg. (liite 6.)

Potilaan paino selittää noin 12 % keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen sivuprojektion pinta-ala-annoksesta. ($r^2 = 0,12$.) Potilaan painon ja pinta-ala-annoksen välillä on heikko positiivinen korrelaatio ($r = 0,35$.) Tulosta voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitsevänä. (1-suuntaisen testin p-arvo $< 0,001$.) Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo oli 71,4 kg. (liite 7.)

Potilaan paino selittää noin 22 % lannerangan natiiviröntgentutkimusten PA/AP- ja sivuprojektoiden yhteenlasketusta pinta-ala-annoksesta. ($r^2 = 0,22$.) Potilaan painon ja pinta-ala-annoksen välillä on heikko positiivinen korrelaatio ($r = 0,47$.) Tulosta voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitsevänä. (1-suuntaisen testin p-arvo $< 0,001$.) Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo oli 71,3 kg. (liite 8.)

Potilaan paino selittää noin 17 % lannerangan natiiviröntgentutkimuksen PA/AP-projektion pinta-ala-annoksesta. ($r^2 = 0,17$.) Potilaan painon ja pinta-ala-annoksen välillä on heikko positiivinen korrelaatio. ($r = 0,42$.) Tulosta voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitsevänä. (1-suuntaisen testin p-arvo $> 0,001$.) Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo oli 71,5 kg. (liite 9.)

Potilaan paino selittää noin 19 % natiiviröntgentutkimuksen sivuprojektion pinta-ala-annoksesta. ($r^2 = 0,19$.) Potilaan painon ja pinta-ala-annoksen välillä on heikko positiivinen korrelaatio. ($r = 0,44$.) Tulosta voidaan pitää erittäin merkitsevänä. (1-suuntaisen testin p-arvo $< 0,001$.) Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo oli 71,5 kg (liite 10).

6.3 Säteilyturvakeskuksen antamien vertailutasojen ja saavuttavissa olevien annostasojen toteutuminen keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa

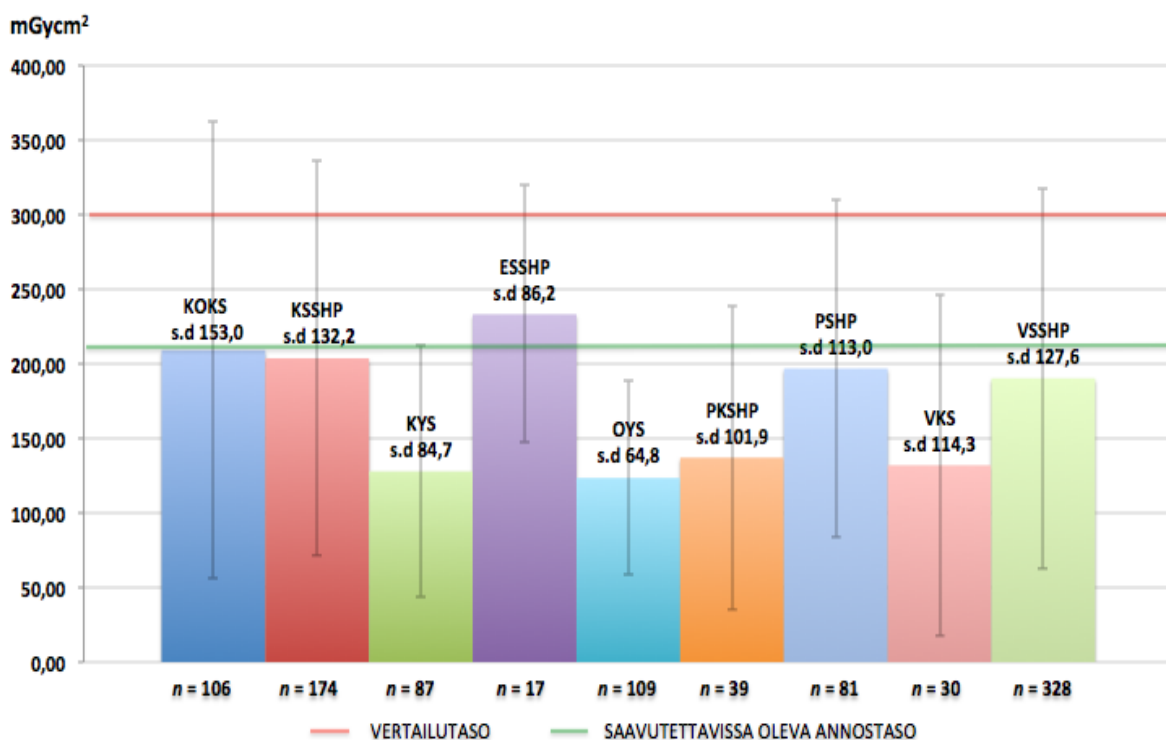
Säteilyturvakeskuksen vuonna 2014 antamat pinta-ala-annosten vertailutasot keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA-projektion pinta-ala-annokselle on 100 mGycm² ja sivuprojektion pinta-ala-annokselle 200 mGycm² (liite 6). Saavutettavissa olevat annostasot PA-projektion pinta-ala-annokselle on 70 mGycm² ja sivuprojektion pinta-ala-annokselle 140 mGycm² (liite 7). Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA- ja sivuprojektoiden yhteenlaskettu keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos koko aineiston keskiarvona (179 mGycm²) on 59 % Säteilyturvakeskuksen

antamista vertailutasoista ($100 \text{ mGycm}^2 + 200 \text{ mGycm}^2 = 300 \text{ mGycm}^2$) ja 85 % saavutettavissa olevista annostasoista ($70 \text{ mGycm}^2 + 140 \text{ mGycm}^2 = 210 \text{ mGycm}^2$). PA-projektion keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos ($37,1 \text{ mGycm}^2$) on 37 % Säteilyturvakeskuksen antamista vertailutasoista (100 mGycm^2) ja 53 % saavutettavissa olevista annostasoista (70 mGycm^2). Sivuprojektion keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos ($135,5 \text{ mGycm}^2$) on 67 % vertailutasoista (200 mGycm^2) ja 97 % saavutettavissa olevista annostasoista (140 mGycm^2).

Säteilyturvakeskuksen vuonna 2014 antamat pinta-ala-annosten vertailutasot lannerangan natiiviröntgentutkimuksen PA/AP-projektiolle on 1000 mGycm^2 ja sivuprojektiolle 2100 mGycm^2 (liite 6). Saavutettavissa olevat annostasot PA-projektiolle on 700 mGycm^2 ja sivuprojektiolle 1500 mGycm^2 (liite 7). Lannerangan natiiviröntgentutkimuksen PA/AP- ja sivuprojektioiden yhteenlaskettu keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos koko aineiston keskiarvona ($2240,1 \text{ mGycm}^2$) on 72 % Säteilyturvakeskuksen laatimista vertailutasoista ($1000 \text{ mGycm}^2 + 2100 \text{ mGycm}^2 = 3100 \text{ mGycm}^2$) ja 102 % saavutettavissa olevista annostasoista ($700 \text{ mGycm}^2 + 1500 \text{ mGycm}^2 = 2200 \text{ mGycm}^2$). PA/AP-projektion keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos ($795,7 \text{ mGycm}^2$) on 80 % Säteilyturvakeskuksen antamista vertailutasoista (1000 mGycm^2) ja 113 % saavutettavissa olevista annostasoista (700 mGycm^2). Sivuprojektion keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos ($1372,2 \text{ mGycm}^2$) on 65 % vertailutasoista (2100 mGycm^2) ja 91 % saavutettavissa olevista annostasoista (1500 mGycm^2).

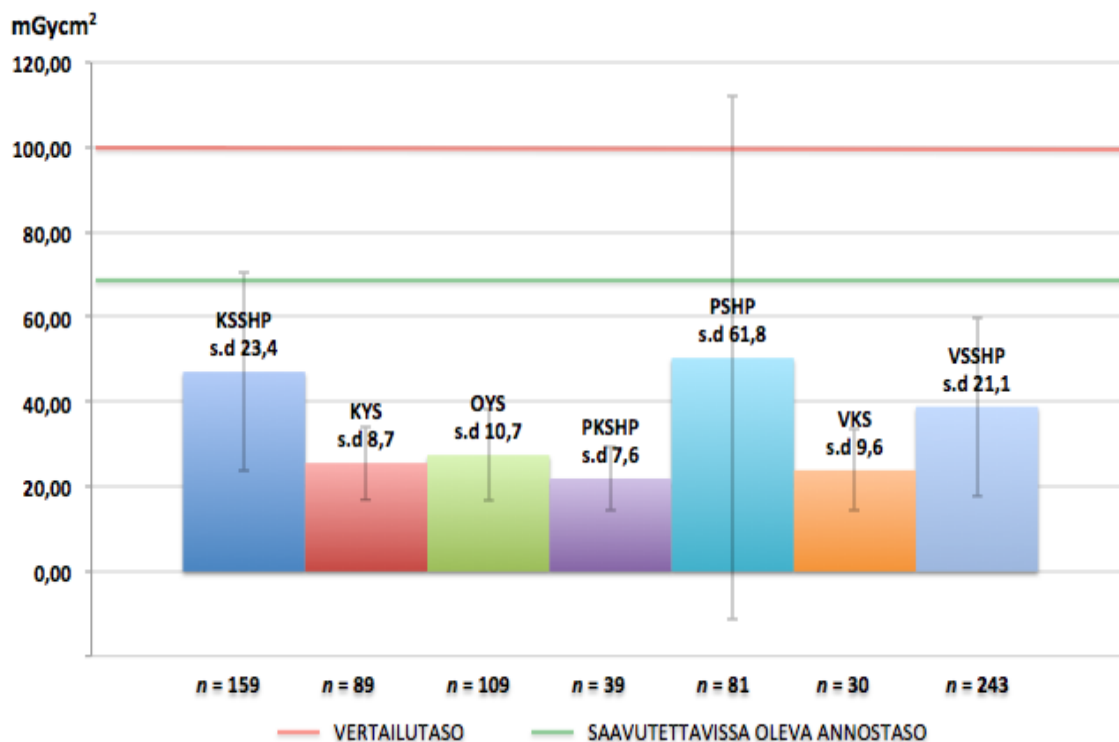
6.4 Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa

Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten PA- ja sivuprojektoiden yhteenlaskettu keskimääräinen pinta-ala-annos oli Kymenlaakson keskussairaalassa 209,2 mGycm², Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä 203,7 mGycm², Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 127,9 mGycm², Etelä-Savon sairaanhoitopiirissä 233,2 mGycm², Oulun yliopistollinen sairaalassa 123,4 mGycm², Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiirissä 137,1 mGycm², Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä 196,8 mGycm², Vaasan keskussairaalassa 132 mGycm² ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä 190,3 mGycm². (Kuvio 1.)



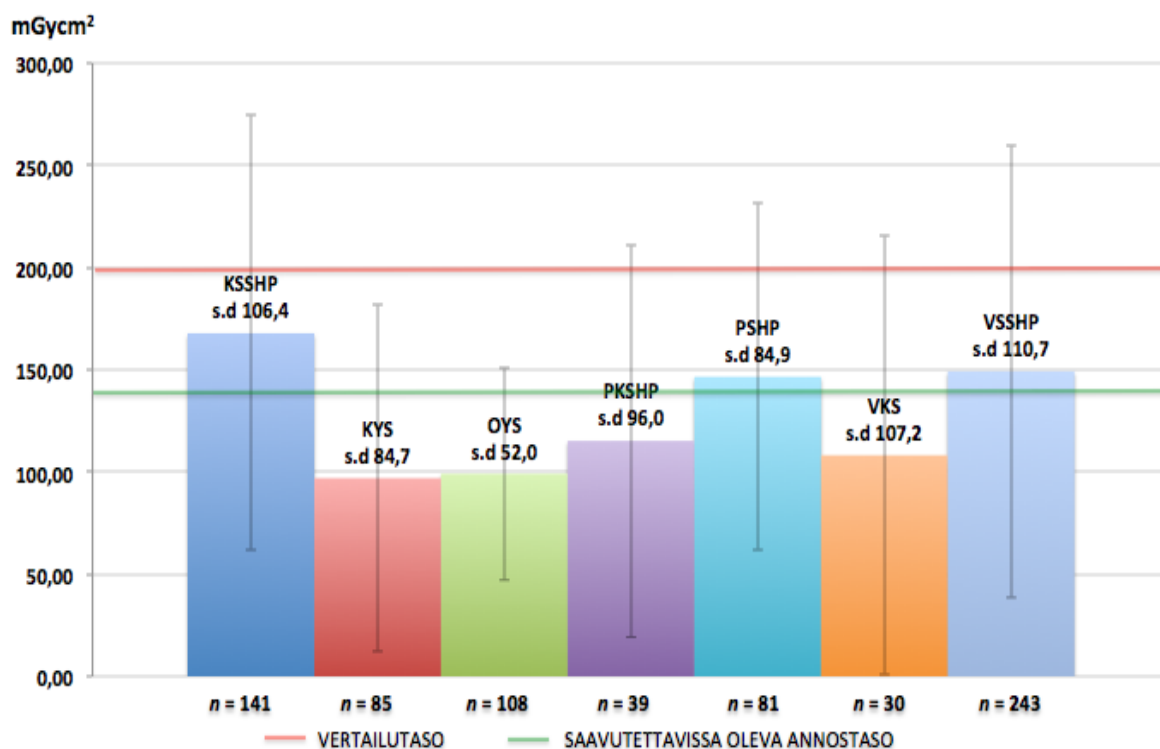
KUVIO 1. Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa (PA- ja sivuprojektiot).

Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten PA-projektiosta potilaalle aiheutunut keskimääräinen pinta-ala-annos oli Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä 47 mGycm², Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 25,6 mGycm², Oulun yliopistollisessa sairaalassa 27,4 mGycm², Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiirissä 21,9 mGycm², Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä 50,3 mGcm², Vaasan keskussairaalassa 23,8 mGycm² ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä 38,8 mGycm² (kuvio 2). Kymenlaakson keskussairaala ja Etelä-Savon sairaanhoitopiiri eivät olleet mukana tässä vertailussa, koska kyseisten alueiden alkuperäisaineistossa keuhkojen natiiviröntgentutkimusten projektiokohtaisia pinta-ala-annoksia ei ollut saatavilla.



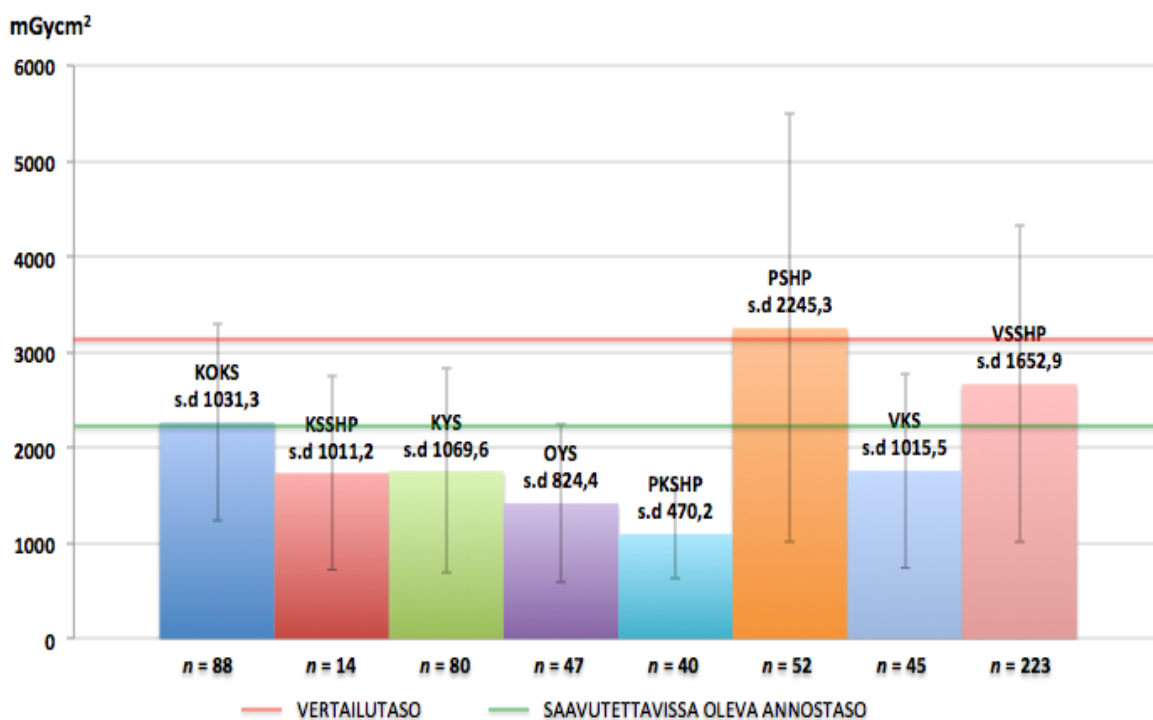
KUVIO 2. Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa keuhkojen natiiviröntgentutkimusten PA-projektiossa.

Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten sivuprojektista potilaalle aiheutunut keskimääräinen pinta-ala-annos oli Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä 167,9 mGycm², Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 96,9 mGycm², Oulun yliopistollisessa sairaalassa 99,1 mGycm², Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiirissä 115,2 mGycm², Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä 146,5 mGycm², Vaasan keskussairaalassa 108,1 mGycm² ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä 149,2 mGycm² (kuvio 3). Kymeenlaakson keskussairaala ja Etelä-Savon sairaanhoitopiiri eivät olleet mukana tässä vertailussa, koska kyseisten paikkakuntien alkuperäisaineistossa keuhkojen natiiviröntgentutkimusten projektiokohtaisia pinta-ala-annoksia ei ollut saatavilla.



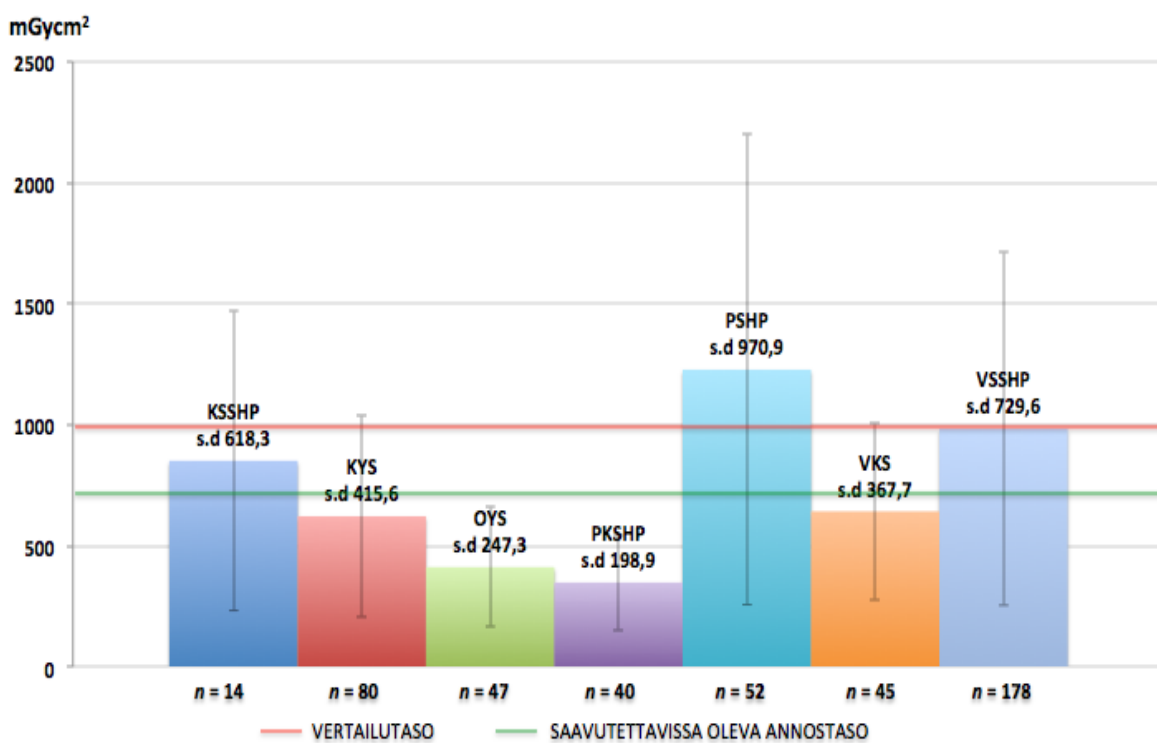
KUVIO 3. Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa keuhkojen natiiviröntgentutkimusten sivuprojektiossa.

Aluekohtaisessa vertailussa lannerangan natiiviröntgentutimusten PA/AP- ja sivuprojektoiden yhteenlaskettu keskimääräinen potilaan pinta-ala-annos oli Kymenlaakson keskussairaalassa 2268,1 mGycm², Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä 1733,9 mGycm², Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 1755,9 mGycm², Oulun yliopistollisessa sairaalassa 1417,7 mGycm², Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiirissä 1098 mGycm², Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä 3251,7 mGycm², Vaasan keskussairaalassa 1758,1 mGycm² ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä 2665,8 mGycm² (kuvio 4). Etelä-Savon sairaanhoitopiiri ei ole mukana tässä vertailussa, koska kyseisen alueen alkuperäisessä aineistossa lannerangan natiiviröntgentutkimusten projektiokohtaisia pinta-ala-annosten arvoja ei ollut saatavilla.



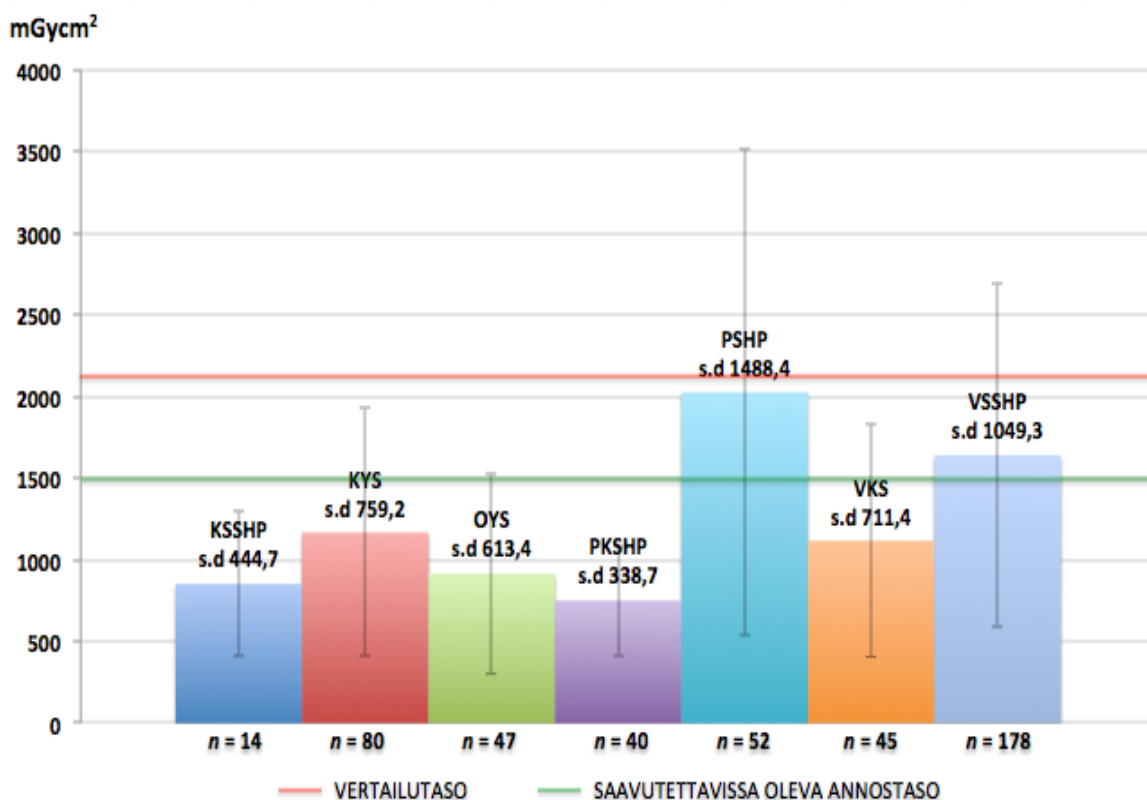
KUVIO 4. Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa (PA/AP- ja sivuprojektiot).

Aluekohtaisessa vertailussa lannerangan natiiviröntgentutkimusten PA/AP-projektioiden keskimääräinen potilaalle aiheutunut pinta-ala-annos oli Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä 851,3 mGycm², Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 622 mGycm², Oulun yliopistollisessa sairaalassa 412 mGycm², Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiirissä 348,3 mGycm², Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä 1227,6 mGycm², Vaasan keskussairaalassa 642,2 mGycm² ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä 983,8 mGycm² (kuvio 5). Kymenlaakson keskussairaala ja Etelä-Savon sairaanhoitopiiri eivät ole mukana tässä vertailussa, koska kyseisten alueiden alkuperäisessä aineistossa lannerangan natiiviröntgentutkimusten projektiokohtaisia pinta-ala-annosten arvoja ei ollut saatavilla.



KUVIO 5. Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa lannerangan natiiviröntgentutkimusten PA/AP-projektiossa.

Aluekohtaisessa vertailussa lannerangan natiiviröntgentutkimusten sivuprojektioiden keskimääräinen potilaalle aiheutunut pinta-ala-annos oli Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä 882,6 mGycm², Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 1166 mGycm², Oulun yliopistollisessa sairaalassa 914,3 mGycm², Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiirissä 749,7 mGycm², Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä 2024,1 mGycm², Vaasan keskussairaala 1115,9 mGycm² ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä 1638,7 mGycm² (kuvio 6). Kymenlaakson keskussairaala ja Etelä-Savon sairaanhoitopiiri eivät ole mukana tässä vertailussa, koska kyseisten alueiden alkuperäisessä aineistossa lannerangan natiiviröntgentutkimusten projektiokohtaisia pinta-ala-annosten arvoja ei ollut saatavilla.



KUVIO 6. Alueelliset erot keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa lannerangan natiiviröntgentutkimusten sivuprojektiossa.

7 POHDINTA

Tutkimuksessa selvitettiin keskimääräiset pinta-ala-annokset keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla Suomessa 2010 – 2014 välisenä aikana, sekä potilaan painon vaikutusta potilaalle aiheutuneeseen keskimääräiseen pinta-ala-annokseen edellä mainituissa natiiviröntgentutkimuksissa. Tuloksia verrattiin Säteilyturvakeskuksen vuonna 2014 antamiin vertailutasoihin ja uusiin saavutettavissa oleviin annostasoihin, jotka on laadittu taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntäville natiiviröntgentutkimuslaitteille. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi minkälaisia alueellisia eroja keskimääräisissä pinta-ala-annoksissa on keuhkojen- ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa. Tutkimuksessa saatiin vastaukset kaikkiin tutkimusongelmiin.

7.1 Tulosten tarkastelua ja johtopäätökset

Tutkimuksessa käytetty aineisto on kerätty todellisista natiiviröntgentutkimuksista, joihin potilaat ovat tulleet lääketieteellisin perustein. Röntgenkuvan laadusta ei aineistossa ole tietoa, mutta sen voidaan olettaa olevan ainakin pääasiassa diagnostiikan ja hoidon kannalta riittävää. Alueelliset erot kuvanlaadussa ovat mahdollisia.

Keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa ja kaikissa yksittäisissä projektioidissa (PA/AP- ja sivuprojektiot) keskihajonta eli havaintojen keskimääräinen poikkeama keskiarvosta oli kohtuullisen suuri. Mahdollisia syitä ovat kuvauskäytäntöjen eroavaisuudet normaalipainoisten aikuisten tutkimuksissa, erot laitekannoissa ja optimoinnin toteuttamisessa, kuten kuvausarvoissa ja kuvien rajaamisessa. Vaihteluväli oli myös keskiarvoon nähden suuri, minkä voi osaltaan selittää iso otanta. Mikäli aineistossa on yksikin poikkeavan suuri tai pieni havainto, voi se vääristää keskiarvoa. Tällöin mediaani voi kuvastaa paremmin otannan keskimääräistä annostasoa. Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten (PA- ja sivuprojektio) aritmeettinen keskiarvo oli 25 % mediaania suurempi. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksessa (PA- ja sivuprojektio) vastaava lukema oli 24 %.

Keuhkot ja lanneranka ovat kuvauskohteina erilaiset. Lanneranka on anatomiselta rakenteeltaan sellainen, että kuva-alan kohdalla on paljon paksuja luurakenteita, jotka röntgensäteiden täytyy läpäistä, kun taas keuhkojen tutkimuksessa kuva-alan kohdalla on paljon ilmapitoisia rakenteita, eivätkä luurakenteet ole yhtä paksuja. Tämä seikka voi osaltaan selittää sen, miksi lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa keskimääräiset annostasot ovat keuhkojen natiiviröntgentutkimusten annostasoa korkeammat.

Iso-britannialaisessa tutkimuksessa vuodelta 2009 analysoitiin potilasannostietoja 316 sairaalasta viiden vuoden ajalta. Aineistossa oli 57 000 pinta-ala-annostusta tavanomaisista röntgentutkimuksista. Tulosten avulla määritettiin kansalliset uudet vertailutasot. Vertailutason määrittämiseen tutkimuksessa käytettiin pinta-ala-annoksen yläkvartiilia, eli mediaanin ja aineiston suurimman luvun väliin jäävää keskimääristä lukua. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen PA-

projektion vertailutason mukainen pinta-ala-annos oli 110 mGycm² ja sivuprojektion 310 mGycm². Vertailutason mukainen lannerangan pinta-ala-annos oli PA-projektiossa 1600 mGycm² ja sivuprojektiossa 2500 mGycm². (Hart, Hillier ja Wall 2009, 1 - 12.) Kun verrataan tässä tutkimuksessa saatuja keskimääräisiä pinta-ala-annoksia iso-britannialaisen tutkimuksen vertailutasomäärittämiin huomataan, että keuhkojen PA-projektion keskimääräinen pinta-ala-annos oli 66 % iso-britannialaisessa tutkimuksessa määritettyä keuhkojen PA-projektion vertailutasoa pienempi. Keuhkojen sivuprojektion pinta-ala-annos 56 % iso-britannialaisen tutkimuksen vertailutasoa alhaisempi. Lannerangan PA-projektion keskimääräinen pinta-ala-annos oli 50 % iso-britannialaisen tutkimuksen vertailutasosta. Sivuprojektion keskimääräinen pinta-ala-annos oli 45 % alhaisempi iso-britannialaisen tutkimuksen vertailutasoa. On tärkeää tietää, että iso-britannialaisessa tutkimuksessa saatujen tulosten avulla määritetyt vertailutasot eivät perustu yksinomaan taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla kuvattujen potilaiden tietoihin.

Kuvausetäisyys vaikuttaa potilaalle aiheutuvaan säteilyannokseen. Käänteisen neliölain mukaan säteilyn intensiteetti pienenee neljäsosaan etäisyyden kaksinkertaistuessa. (Bushong 2013, 54.) Mikäli putkijännite (kV) ja putkivirran ja ajan tulo (mAs) säilyvät ennallaan, mutta kuvausetäisyyttä lyhennetään, potilaan säteilyannos kasvaa. Kuvausetäisyydet keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa, niiltä osin kun ne olivat alkuperäisessä aineistossa mainittu, olivat välillä 196 – 200 cm. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa kuvausetäisyydet vaihtelivat välillä 110 – 200 cm. Erot kuvausetäisyyksissä voivat osaltaan selittää annostasojen alueellisia eroja.

Röntgenputken suodatuksen materiaali ja määrä vaikuttavat myös potilaan säteilyannokseen. Yleisesti, kun suodatuksen määrää lisätään, matalaenergiset säteilykvantit, jotka vain absorboituisivat potilaaseen lisäten potilaan saamaa säteilyrasitusta, suodattuvat. (Bushong 2013, 132.) Kuparikerroksen paksuudeksi riittää kolmaskymmenesosa alumiinikerroksen paksuudesta, jotta suodatusvaikutuksen vastaavuus saavutetaan. Tutkimusaineistossa kokonaissuodatuksen määrä ja materiaali vaihteli eri säteilyn käyttöpaikoissa. Käytetyimmät lisäsuodatusmateriaalit olivat alumiini (1 – 2 mm) ja kupari (0,1 – 0,3 mm). Kaikissa säteilyn käyttöpaikoissa suodatusta ei ollut mainittu ollenkaan. Osassa paikoista mainittiin vain perussuodatus tai lisäsuodatus ja joissakin säteilyn käyttöpaikoissa kokonaissuodatus.

Kun natiiviröntgentutkimuksissa on käytössä valotusautomaatti, on potilaan asettelu valotusautomaatin mittakammioihin nähden tärkeää, sillä mittakammiot eivät kykene tunnistamaan hajasäteilyn ja primäärisäteilyn eroa. Automaatti voi katkaista säteilytyksen ennen aikojaan, mikäli riittävä määrä hajasäteilyä saavuttaa kuvauksessa käytettävän mittakammion. Tämä voi pahimmillaan pilata koko kuvan ja tällöin röntgenkuvan voi joutua uusimaan. Valotusautomaatin epäonnistunut kalibrointi voi myös aiheuttaa potilaille tarpeettoman suuria säteilyannoksia. (Bushong 2013, 92, 257 – 258).

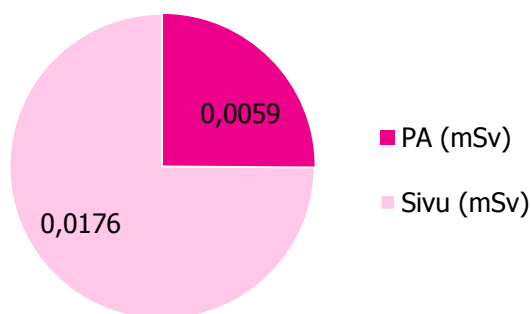
Korkean kuvausjännitteen (kV), käyttäminen kuvauksissa on yhteydessä matalempiin säteilyannoksiin, mutta lisää hajasäteilyn määrää ja voi huonontaa kuvan laatua. Putkivirran ja ajan

tuloa (mAs), kasvattamalla voidaan parantaa kuvan laatua, mutta potilaan säteilyannos kasvaa. (Bushong 2013, 182 – 183.) Kuvausjännite vaihteli keuhkojen PA-projektiossa välillä 124 – 141 kV. Putkivirran ja ajan tulo vaihteli välillä 0,29 – 75 mAs. Sivuprojektiossa kuvausjännite vaihteli välillä 125 – 141 kV. Putkivirran ja ajan tulo vaihteli välillä 0,75 – 40 mAs. Lannerangan PA/AP-projektiossa kuvausjännite vaihteli välillä 75 – 93 kV. Putkivirran ja ajan tulo vaihteli välillä 4,78 – 320 mAs. Sivuprojektiossa kuvausjännite vaihteli välillä 80 – 100 kV. Putkivirran ja ajan tulo vaihteli välillä 7,92 – 412 mAs. Ainakin suurimpien käytettyjen mAs-arvojen kohdalta voidaan sanoa, että kyseisissä tutkimuksissa annosoptimointi ei ole onnistunut huomioiden, että kyseessä on normaalipainoinen potilas ja nykyaikainen, taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävä natiiviröntgenkuvauslaitteisto, jolla diagnostinen kuvanlaatu on saavutettavissa huomattavasti matalammilla annoksilla.

Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta (PA- ja sivuprojektiot) potilaalle aiheutuvan keskimääräisen pinta-ala-annoksen merkittävä osa aiheutuu sivuprojektioista. Keskimäärin 79 % koko keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvasta pinta-ala-annoksesta aiheutuu sivuprojektioista. PA-projektion osuus potilaalle aiheutuvasta pinta-ala-annoksesta on keskimäärin 21 %. Sivuprojektioista aiheutuvan suhteessa suuremman pinta-ala-annoksen yksi syy voi olla läpäistävien kohteiden paksuuseroissa verrattaessa PA-projektioon.

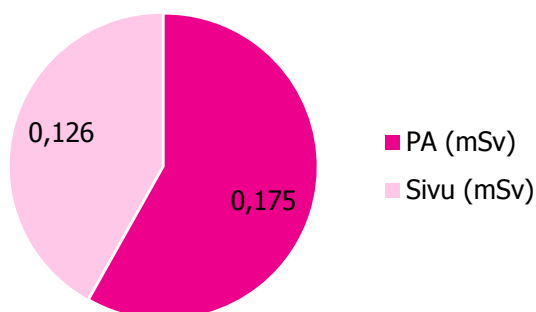
Lannerangan natiiviröntgentutkimuksen PA/AP-projektion pinta-ala-annoksen osuus koko lannerangan natiiviröntgentutkimuksen (PA/AP- ja sivuprojektiot) pinta-ala-annoksesta on keskimäärin 37 %. Sivuprojektion osuus on 63 %. Molemmista natiiviröntgentutkimuksissa sivuprojektion aiheuttama säteilyannos on merkittävästi PA/AP-projektion aiheuttamaa säteilyannosta suurempi. Optimoinnin kannalta lähettävän lääkärin olisi hyvä pohtia millaisissa tilanteissa hoidon ja diagnostiikan kannalta riittäisi vain PA/AP-suunnan projektiot. Säteilyle altistavassa tutkimuksessa tai toimenpiteessä myös röntgenhoitajalla on rooli oikeutuksen arvioijana. Potilaan tunnistaminen ja lähetetietojen tarkistaminen sekä konsultaatioavun pyytäminen moniammatillisessa työryhmässä ovat oikeutuksen varmistavia tekijöitä, joissa röntgenhoitajalla on keskeinen merkitys. (Nikupaavo 2015.)

Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan arvioida potilaalle säteilystä aiheutunutta terveydellistä riskiä efektiivisen annoksen avulla. Pinta-ala-annoksista voidaan muuntokertoimien avulla laskea efektiivinen annos edellä esitetyn taulukon mukaisesti (taulukko 5). Efektiivisen annoksen arviointiin voidaan käyttää taulukon muuntokertoimia, jotka perustuvat julkaisuun ICRP 103 (ICRP 2007). Kun keskimääräinen pinta-ala-annos kerrotaan muuntokertoimella, keuhkojen PA-projektioista potilaalle aiheutunut keskimääräinen efektiivinen annos oli 0,0059 mSv (kuvio 7). Sivuprojektioista aiheutunut keskimääräinen efektiivinen annos oli 0,0176 mSv. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta (PA- ja sivuprojektio) aiheutui potilaalle keskimäärin 0,023 mSv efektiivinen annos.



KUVIO 7. Efektiivinen annos (mSv) keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa projektiottaan käytettäessä E-103-kertoimia (taulukko 5).

Lannerangan PA/AP-projektiosta potilaalle aiheutui keskimäärin 0,175 mSv efektiivinen annos (kuvio 8). Sivuprojektiosta potilaalle aiheutunut efektiivinen annos oli keskimäärin 0,126 mSv. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksesta (PA/AP- ja sivuprojektiot) aiheutui potilaalle keskimäärin 0,3 mSv efektiivinen annos.



KUVIO 8. Efektiivinen annos (mSv) lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa projektiottaan käytettäessä E-103-kertoimia (taulukko 5).

Säteilyturvakeskus on antanut tyypillisiä röntgentutkimusten säteilyannoksia, jotka on ilmoitettu efektiivisinä annoksina (mSv). Lisäksi säteilyannokselle on annettu sen annosvastaavuus altistumisaikana luonnon taustasäteilylle. Keuhkojen PA-projektion tyypillinen efektiivinen annos on 0,03 mSv ja keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen (PA- ja sivuprojektio) 0,1 mSv. Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella arvioitu keskimääräinen efektiivinen annos keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen pa-projektiossa oli 0,0059 mSv. Tämä on vain 19 % Säteilyturvakeskuksen antamasta tyypillisestä efektiivisestä annoksesta ja se vastaa noin 0,5 päivän altistumisaikaa luonnon taustasäteilylle. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta (PA- ja sivuprojektio) potilaalle aiheutuva efektiivinen annos, 0,023 mSv, oli vain 23 % Säteilyturvakeskuksen antamasta tyypillisestä efektiivisestä annoksesta. 0,023 mSv vastaa noin 2 päivän altistumisaikaa luonnon

taustasäteilylle. Säteilyturvakeskuksen ilmoittama tyypillinen efektiivinen annos lannerangan tutkimuksesta (PA- ja sivuprojektio) on 2 mSv. Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella arvioitu keskimääräinen lannerangan natiiviröntgentutkimuksen (PA/AP- sivuprojektio) aiheuttama efektiivinen annos (0,3 mSv) oli vain 15 % Säteilyturvakeskuksen antamasta tyypillisestä efektiivisestä annoksesta. 0,3 mSv vastaa noin 30 päivän altistumisaikaa luonnon taustasäteilylle. (STUK 2015–24-11.)

Italialaisessa tutkimuksessa, joka on julkaistu The British Journal of Radiology-lehdessä vuonna 2006, vertailtiin keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta potilaalle aiheutunutta pinta-annosta (ESD) ja muuntokertoimien avulla pinta-annoksesta arvioitua efektiivistä annosta kolmella eri ilmaisintekniikalla: filmikuvantamisjärjestelmällä, kuvalevyjärjestelmällä ja taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävällä järjestelmällä. Italialaisessa tutkimuksessa keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta (PA- ja sivuprojektio) potilaalle aiheutunut efektiivinen annos taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävällä natiiviröntgenkuvauslaitteella oli 0,023 mSv. Lannerangan (AP- ja sivuprojektio) tutkimuksesta potilaalle aiheutui 0,176 mSv efektiivinen annos. (Compagnone ym. Bergamini 2006, 899 – 904.) Tämän tutkimuksen tulosten avulla arvioitu keuhkojen natiiviröntgentutkimuksesta potilaalle aiheutunut keskimääräinen efektiivinen annos on vastaava kuin italialaisessa tutkimuksessa. Lannerangan natiiviröntgentutkimuksesta potilaalle aiheutunut efektiivinen annos oli 70 % italialaisessa tutkimuksessa arvioitua efektiivistä annosta suurempi.

Potilaan painolla oli vähäinen vaikutus potilaalle aiheutuvaan pinta-ala-annokseen keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa. Potilaan säteilyannos kasvaa potilaan painon kasvaessa. Potilaan painon ja potilaalle natiiviröntgentutkimuksesta aiheutuvan pinta-ala-annoksen korrelaatio on samankaltainen kaikissa keuhkojen ja lannerangan projektioissa (liitteet 5 – 10). Vähiten potilaan painolla oli vaikutusta potilaalle aiheutuvaan pinta-ala-annokseen keuhkojen pa-projektiossa (liite 6). On syytä muistaa, että potilaan paino ei kerro potilaan koosta eikä pituudesta eikä siitä, kuinka paino on jakautunut.

Säteilyturvakeskuksen antamat vertailutasot (taulukko 6) alittuivat sekä keuhkojen että lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa ja kaikissa yksittäisissä projektioissa (PA/AP- ja sivuprojektiot). Saavutettavissa olevat annostasot (taulukko 7) alittuivat keuhkojen PA- ja sivuprojektioissa sekä lannerangan sivuprojektiossa. Vain lannerangan PA/AP-projektiossa saavutettavissa olevat annostasot ylittyivät. Tulokset voivat kertoa optimoinnin toteutumisesta yleisesti. Sen sijaan lannerangan PA/AP-projektiossa vaikuttaisi yleisesti olevan mahdollisuus annoksen parempaan optimointiin.

Alueellisia eroja annostasoissa kuvastaa esimerkiksi se, että lannerangan PA/AP-projektiossa Pirkanmaan sairaanhoitopiirin keskimääräinen annostaso oli yli kolminkertainen verrattuna Pohjois-Karjalan sairaanhoitopiiriin. Otantakoko PKSHP:ssä oli $n = 40$ ja PSHP:ssä $n = 52$. Otantakoko alueittain vaihteli merkittävästi. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin otantakoko keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa oli lähes kaksikymmenkertainen Etelä-Savon sairaanhoitopiirin

otantakokoon nähden. Alueellisia eroja voivat selittää esimerkiksi erot optimointikäytännöissä. Potilaan tarpeetonta säteilyaltistusta tulisi välttää ja kuvan laatu on riittävää, kun potilaan diagnoosi ja tarvittava hoito voidaan taata. On kuitenkin mahdollista, että kuvan laadulle on olemassa erilaisia vaatimuksia esimerkiksi lääkäreiden toimesta. Korkea kuvanlaatu voi tarkoittaa potilaalle aiheutuvia suurempia annoksia. Alueellisia eroja voivat selittää myös tuoreet laitehankinnat. On mahdollista, että uuden laitetekniikan optimointi on ollut mittausten tekemisen aikaan vielä kesken ja tästä syystä annostasot on ollut korkeampi.

7.2 Tutkimustulosten hyödynnettävyys ja jatkotutkimusehdotukset

Tutkimustulokset antavat tietoa potilaiden säteilyannoksista keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla. Tieto säteilyannoksista on tärkeää tutkimuksen oikeutuksen ja optimoinnin kannalta. Lähettävällä lääkärillä on oltava saatavilla aiempia tutkimuksia ja hoitoa koskeva olennainen tieto sekä tarvittaessa konsultoitava asiantuntijoita, mikäli se on tarpeellista oikeutuksen arvioinnin kannalta (Säteilylaki 592/1991 § 39a). Myös röntgenhoitajille ja muille säteilylle altistavia tutkimuksia ja toimenpiteitä tekeville henkilöille on tärkeää tietää millä asioilla on vaikutuksia potilaalle aiheutuvaan säteilyannokseen. Optimointikäytäntöjä voidaan kehittää siinä, missä ilmaisintekniikatkin kehittyvät teknologian kehityksen edetessä. Alueelliset erot kertovat siitä, että optimointikäytäntöjä olisi hyvä yhtenäistää eri säteilyn käyttöpaikoissa.

Röntgenhoitaja voi usein työssään joutua vastaamaan potilasta askarruttaviin kysymyksiin. Kysymykset säteilyannoksista tai tutkimusten haitallisuudesta voivat olla päivittäisiä. On tärkeää, että potilaalle voidaan vastata luotettavasti ja asiantuntevasti. Osittain varmasti tämänkin asian vuoksi Säteilyturvakeskuksen antama tieto röntgentutkimusten tyypillisistä säteilyannoksista (STUK 2015–25-11) on esillä monessa työpaikassa. Uutta, tutkittua ja ajantasaista tietoa tarvitaan, jotta uudenlaisten laitteiden mahdollistamista annostasoista voidaan kertoa asiantuntevasti. Myös isompien sairaaloiden monilla osastoilla henkilökunta joutuu vastaamaan potilaille samankaltaisiin kysymyksiin. Tietoa pitäisi voida jakaa röntgenosastojen lisäksi myös muille osastoille. Tieto potilaan painon vaikutuksesta potilaalle aiheutuvaan pinta-ala-annokseen nostaa esiin oikeutus-kysymyksen. Olisiko mahdollista käyttää potilaan tutkimiseksi ja hoitamiseksi sellaista menetelmää, jossa potilaaseen ei kohdisteta ionisoivaa säteilyä?

Jatkotutkimusaiheiksi sopisivat tästä tutkimuksesta työn rajaamiseksi pois jätettyjen ortopantomografiatutkimusten, nenän sivuonteloiden röntgentutkimusten ja lantion röntgentutkimusten annostasojen selvittäminen taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla. Myös laitevalmistajakohtaisten annostasojen selvittäminen voisi antaa hyödyllistä ja mielenkiintoista informaatiota sairaalafysikoille, laitevalmistajille ja laiteteknisiin asioihin perehtyneille radiologisten tutkimusten parissa työskenteleville.

7.3 Kehittämisideoita

Tutkimuksessa käytetty sekundaariaineisto oli koottu eri säteilyn käyttöpaikoista koostuvista potilasannoskeräyksistä ja jokaisella säteilyn käyttöpaikalla oli omat taulukkonsa minne he olivat annostiedot keränneet. Säteilyn käyttöpaikoittain annostiedot oli koottu, joko Excel-tilukoihin tai PDF-tiedostoihin. Kaiken kaikkiaan eri tiedostoja, joista projektiokohtaiset Excel-tilukot laadittiin, oli yli 80. Jokaisella säteilyn käyttöpaikalla oli käytössään myös toisistaan poikkeavat taulukkojen ulkoasut. Koko aineiston suuren otantakoon, tiedostojen erilaisuuden ja tarkan läpikäynnin takia projektiokohtaisten Excel-tilukoiden laatiminen vei paljon aikaa. Jos jokaisella säteilyn käyttöpaikalla olisi yhteneväiset taulukot potilasannoskeräyksiä varten, niin tällaisen tutkittavan aineiston kokoaminen voisi olla huomattavasti nopeampaa ja helpompaa.

Yksi tapa kerätä tällaista aineistoa olisi myös suoraan sähköisesti, jolloin kaikki potilasannosmäärytyksiin tarvittavat tiedot saataisiin suoraan käytettävästä kuvauslaitteesta. Tällaisia järjestelmiä ovat mm. GE Healthcaren DoseWatch, Sectran DoseTrack ja MedPyhs360:n RADAR360 (Ruohonen 2015, 5). Automaattiset annoskeräysjärjestelmät keräävät tarvittavat tiedot suoraan kuvantamislaitteelta tai PACSista. Nämä tiedot voitaisiin siirtää jopa suoraan suomalaisten Kanta-arkistoon, josta tiedot voisivat olla saatavissa, mikä tulevaisuudessa avaisi uusia mahdollisuuksia tutkimusten tekemiseen. Automaattisen annoskeräysjärjestelmän avulla voitaisiin seurata myös optimoinnin toteutumista entistä tarkemmin ja paremmin sekä käyttöpaikka- että aluekohtaisesti.

7.4 Tutkimuksen luotettavuus

Kvantitatiivista tutkimusmenetelmää käytettäessä luotettavuuden tarkastelu keskittyy useasti sisäiseen ja ulkoiseen validiteuteen, reliabeliuteen sekä objektiivisuuteen. Sisäisellä validiteudella tarkoitetaan, että tutkimustulos on käytettävissä olevien menettelytapojen seurausta eli tulosten paikkaansapitävyys ymmärretään suhteessa tutkimuskohteisiin. Ulkoisella validiteudella tarkoitetaan sitä, missä määrin tutkimustulokset ovat yleistettävissä, ja ovatko tutkimuksen ja sen tulosten avulla tuotetut oletukset ja käsitteet siirrettävissä toiseen ympäristöön. Reliabeliudella tarkoitetaan tulosten pysymistä samana jos tutkimus toistettaisiin samaisessa kontekstissa ja tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Objektiivisuudella tarkoitetaan millä tavalla tulokset selittyvät kontekstista, eli tutkijan omat ominaisuudet eivät saa vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. Luotettavuutta määrittää myös se, kuinka hyvin valitut mittarit soveltuvat mitattavien kohteiden mittaamiseen. (Soininen 1995, 120 – 122; Valli 2015, 139 – 145.)

Tutkimuksessa käytettiin sekundaariaineistoa. Mittaukset ja mittausten tulosten kirjaaminen lomakkeelle (liite 2) oli suoritettu säteilyn eri käyttöpaikoissa. Mittausvirheen tai mittaustulosten kirjaamisessa tapahtuneen virheen mahdollisuutta ei voida poissulkea. Aineiston kirjaamiseen on osallistunut eri säteilykäyttöpaikkojen henkilökuntaan kuuluvia röntgenhoitajia ja fyysikoita. Potilailta tätä tutkimusta varten on kerätty vain tieto heidän painostaan, eikä kaikissa säteilyn käyttöpaikoissa ollut ilmoitettu potilaiden pituuksia. Taulukuvailmaisintekniikka sekä kuvalevyjärjestelmät ovat molemmat digitaalisen röntgenkuvantamisen ilmaisintekniikoita. Vaikka

tutkimuksen aiheena olikin nimenomaan taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiiviröntgenkuvauslaitteiden annostasot, on mahdollista, että alkuperäisessä aineistossa on ollut mukana myös kuvavevyjärjestelmillä kuvattujen potilaiden annostietoja.

Aineiston analyysivaiheessa annostiedot järjesteltiin tutkimuskohtaisesti Microsoft Excel-ohjelman avulla (liite 4). Järjestellyn aineiston ja alkuperäisen aineiston tietojen yhteneväisyys tarkastettiin useassa vaiheessa aineistoa analysoitaessa. Tutkimuksen luotettavuutta parantava tekijä on iso otantakoko kaikissa tarkasteltavissa natiiviröntgentutkimuksissa ja yksittäisissä projektioissa, tosin alueellisissa annostiedoissa oli suuriakin eroja otantakokojen välillä.

Tutkimuksessa käytettiin paljon alan kirjallisuutta, joista osaa käytetään myös terveyskeskuksien ja sairaaloiden röntgenosastoilla. Internetlähteitä etsittiin pääosin Google Scholar-palvelun ja Aapeli-tietokannan avulla. Opinnäytetyöprosessin aikana opinnäytetyön toiselta ohjaajalta, sairaalafyysikolta, saatiin tutkimuksen kannalta arvokasta tietoa hyvien lähteiden etsimiseksi. Lähteinä ei käytetty kaupallisia Internetsivuja ja Internetlähteitä etsiessä pyrittiin etsimään aina julkaisuja, tutkimuksia, säännöksiä tai lakiin perustuvia lähteitä. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin aina etsimään ajantasaista tietoa. Tutkimuksen luotettavuutta parantaa lähteiden runsas ja kriittinen käyttö. Ohjauskeskusteluissa saatiin myös asiantuntijatieta, jonka avulla lähdemateriaaliin osattiin suhtautua kriittisesti. Asiantuntijatiedon hyödyntäminen tutkimusta tehdessä katsottiin eduksi tutkimuksen luotettavuuden kannalta.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat reliabelisia ja tulokset pysyivät todennäköisesti samankaltaisina, vaikka tutkimus suoritettaisiin uudelleen. Tutkimuksen tulokset eivät ole sattumanvaraisia vaan ne on tuotettu tilastollisia tunnuslukuja käyttäen ja asiantuntijatietoon perustuen, jolloin ne ovat myös sisäisesti valideja. Tutkimuksessa käytettävän aineiston otantakoko oli suhteellisen suuri, jolloin tulokset antavat hyvän mahdollisuuden yleistettävyyteen ja tutkimuksen tuloksena saadut oletukset voidaan siirtää toiseen ympäristöön, jolloin tulokset ovat myös ulkoisesti valideja. Alueellisia eroja verrattaessa tosin pitää ottaa huomioon otantakokojen vaihteluväli. Tämän tutkimuksen tulokset on kirjoitettu täysin objektiivisesti, eivätkä kirjoittajien omat ominaisuudet ole vaikuttaneet tuloksiin.

7.5 Tutkimuksen eettisyys

Eettisessä tutkimusraportissa tulosten kirjoittamistavassa tulee välttää tutkimuskohdetta loukkaavia, epäkunnioittavia, yksipuolisia ja halventavia ilmaisuja. Hyvää tieteellistä käytäntöä on säilyttää tutkittavat yksilöt tuntemattomina. Hyvään tieteelliseen tapaan kuuluu myös asianmukaisten lähdeviitteiden käyttö tutkimusraportissa. Lähdeviitteiden käyttö ja teosten mainitseminen lähdeluettelossa on tärkeää sekä verkkomateriaalin kuin painettujen julkaisujen kohdalla. Hyvien tutkimuskäytäntöjen mukaista on, että tutkimusraportissa esitetään tutkimuksen lähtökohdat, aineiston keruu ja analysointi, tutkimuksen tulokset, tulkinta ja johtopäätökset. (Vilkkä 2007 164 – 166.)

Tutkimuksen suorittaminen vaatii tutkijoilta rehellisyyttä, luotettavuutta ja tarkkuutta. Tutkimuksen tulokset täytyy kertoa rehellisesti ja objektiivisesti. (Hirsjärvi ym. 2007, 226 – 228, 292 – 293.) Lukijan on luotettava tutkimuksen suorittajiin, että he ovat toteuttaneet tutkimuksen luotettavasti ja tarkasti. Tämän tutkimuksen tulokset on esitetty tarkasti eikä niitä ole muunneltu. Tässä tutkimuksessa käytettiin lähdeaineistoa ja aiempia tutkimuksia hyödyksi. Kaikki teoriatieto ja aikaisemmat tutkimustulokset on merkattu tekstiviittein sekä lähdeluetteloon lähteeksi, joilla ne erotetaan tutkijoiden omista kirjoituksista ja pohdinnoista.

Tutkimuksen kohdejoukko eli vuosien 2010 - 2014 välisenä aikana eri säteilyn käyttöpaikoissa taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvaslaitteella kuvatut aikuispotilaat, joiden paino oli välillä 55 - 85 kg, olivat tulleet natiiviröntgentutkimuksiin lääketieteellisin perustein. Potilaita ei säteilytetty tätä tutkimusta varten, vaan heille röntgensäteilystä aiheutunut säteilyannos oli lääketieteellistä säteilyn käyttöä eettisin perustein.

Potilasnoskeräyksissä potilaiden annostiedot syötetään lomakkeelle tavallisesti anonymisti (liite 2). Sekundaariaineistossa ei yhdessäkään säteilyn käyttöpaikoista ollut ilmoitettu potilaiden henkilötietoja, eli anonymiteetti toteutui. Tutkimuslupa saatiin toimeksiantajalta 13.11.2014. Tämän jälkeen sekundaariaineisto luovutettiin toimeksiantajalta opinnäytetyön tutkimuskäyttöön. Tutkimusluvan myöntäminen ja saaminen toimeksiantajalta varmisti tutkimuksen eettisyyden.

8 AMMATILLINEN KASVU

Wallin (2007, 1 – 2) sanoo, että ammatillinen kasvu on lakkaamatonta oman osaamisen kehittämistä, sitoutumista työhön ja ammatillisen minän reflektiivistä määrittelyä. Ammatillinen kasvu ei rajoitu pelkästään tietoihin ja taitoihin vaan myös tunteisiin ja kokemuksiin. Se sisältää yksilön sisäisen kasvun ja työn hallintaan liittyvät asiat. Ammatillista kasvua on valmiudet toimia uudella tavalla ja tehdä muutoksia työkäyttäytymiseen. Ammatillisen kasvun perustana toimii yksilön ammatillinen identiteetti, jolla tarkoitetaan yksilön käsitystä itsestään työntekijänä ja suhteessa omaan työhönsä.

Ammattikorkeakoulututkinto tähtää asiantuntijuuden kehittymiseen. Asiantuntijuus vaatii tutkivaa työtettä. Havainnointi, arviointi ja analysointi johtavat perusteltuihin ratkaisuihin, kun etsitään uusia toimintatapoja ja -vaihtoehtoja (Janhonen ja Vanhanen-Nuutinen 2005, 16). Tutkimuksellinen opinnäytetyö on kehittänyt opinnäytetyön tekijöissä valmiuksia etsimään perusteltuja, tutkittuun tietoon perustuvia vaihtoehtoisia ratkaisuja työssä esiin tuleviin ongelmiin tulevana röntgenhoitajina. Yhtä tärkeää kuin on oman ammattitaidon kehittäminen, on alan kehittymisen seuraaminen. Analogisten natiiviröntgenkuvauslaitteiden korvautuminen digitaalisilla taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla on yksi esimerkki alan teknisestä kehityksestä. Uuden teknologian ja laitteiden käytön opetteleminen vaatii työntekijältä ammattitaidon kehittämistä ammatin eri osaamisalueilla.

Opinnäytetyöprosessi alkoi aihekuvauksen laatimisella keväällä 2014. Aihekuvaus tehtiin kuvausparametrien vaikutuksesta röntgenkuvan laatuun. Kuitenkin kesällä 2014 opinnäytetyön aihe muuttui, kun hyvin mielenkiintoinen uusi aihe saatiin Kuopion yliopistollisesta sairaalasta. Kuopion yliopistollisen sairaalan Kuvantamiskeskuksen, Kliinisen radiologian osaston sairaalafyysikko oli sähköpostitse pyytänyt eri säteilyn käyttöpaikoista potilasannoskeräysten tietoja taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävillä natiiviröntgenkuvauslaitteilla kuvatuista potilaista. Hänelle potilasannoskeräysten tiedot olivat tulleet sähköisessä muodossa eri säteilyn käyttöpaikoista. Sairaalafyysikko ehdotti, että tiedot voitaisiin järjestellä tilastollisesti käsiteltävään muotoon, jolloin aineistosta voisi selvittää opinnäytetyönä taulukuvailmaisintekniikkaa hyödyntävien natiiviröntgenkuvauslaitteiden annostasot. Opinnäytetyön tekijät innostuivat uudesta aiheesta ja opinnäytetyön työsuunnitelman laatiminen aloitettiin elokuussa 2014. Ohjauskeskusteluissa opinnäytetyön ohjaajan ja toimeksiantajan puolesta valitun 2. ohjaajan eli sairaalafyysikon kanssa opinnäytetyön aihe tarkentui ja hyväksytty tutkimussuunnitelma sai nimekseen Suoradigitaalisten natiiviröntgenkuvauslaitteiden potilasannostasot Suomessa 2010-luvulla.

Hyväksytyn tutkimussuunnitelman jälkeen tutkimuslupaa pystyttiin anomaan Kuopion yliopistollisesta sairaalasta ja tutkimuslupa saatiin 13.11.2014. Kun tutkimuslupa oli myönnetty sairaalafyysikko luovutti aineiston opinnäytetyön tekijöille luottamukselliseen käyttöön. Sekundaariaineisto saatiin käsiteltäväksi sähköisessä muodossa ja sen työstäminen alkoi loppuvuonna 2014. Sairaalafyysikon ehdotuksesta aineisto päätettiin järjestellä Microsoft Excel-ohjelman avulla. Järjestelyvaiheen aikana

opittiin taulukkolaskentaohjelman käyttöä ja hyödyntämistä tilastollisessa tutkimuksessa. Opinnäytetyön raporttia kirjoitettiin aineiston analyysivaiheen yhteydessä vähitellen. Aineistoa analysoitiin Excel-ohjelmistossa aina siihen asti kun opinnäytetyö jätettiin arvioitavaksi eli kaiken kaikkiaan noin vuoden ajan, koska aineiston analyysivaiheessa alkuperäiset tutkimusongelmat muuttuivat ja tarkentuivat lopulliseen muotoonsa syksyllä 2015. Opinnäytetyön raportti kirjoitettiin valmiiksi marras- joulukuun vaihteessa 2015. Raportointiin saatiin palautetta opinnäytetyön molemmilta ohjaajilta ohjauskeskusteluissa ja opinnäytetyöpajoissa muilta opiskelijoilta opinnäytetyöprosessin eri vaiheissa.

Opinnäytetyön prosessin alussa kvantitatiivisen tutkimuksen tekeminen oli opinnäytetyön tekijöille täysin uutta. Prosessissa lähdettiin liikkeelle siitä, mitä tieteellinen kirjoittaminen on ja mitä tieteellisessä tutkimuksessa tulee ottaa huomioon. Tämän prosessin aikana selvisi, että alkuperäiset suunnitelmat ja teoreettiset viitekehykset ovat suuntaviivoja, jotka muovautuvat lopulliseen muotoonsa työn edetessä. Työtä tehdessä ja ohjauksen ansiosta kirjoitus- sekä tutkimusprosessin kulku on selkeytynyt ja ymmärrys näitä kohtaan on kasvanut. Tutkimus perustuu aina tutkimusongelmiin tai kysymyksiin, joihin lähdetään etsimään vastauksia. Opinnäytetyön raporttia kirjoittaessa ymmärrys tieteellisestä kirjoittamisesta ja sen laaja-alaisuudesta on lisääntynyt. Tieteellisen kirjoittamisen täytyy olla objektiivista ja asioiden tutkiminen moniulotteista (Hirsjärvi ym. 2007, 292 – 293).

Röntgenhoitajan ammatilliseen osaamiseen kuuluvat radiografia- ja sädehoitotyön perusta, radiografia- ja sädehoitotyön menetelmäosaaminen, säteilyturvallisuus ja tutkimus- ja kehittämistyö sekä johtaminen. Säteilyturvallisuus tarkoittaa, että röntgenhoitaja optimoi ja määrittää potilaan säteilyaltistuksen, tietää säteilyn vaikutukset ja hallitsee säteilyn turvallisen käytön. (Opetusministeriö 2006, 58 - 61.) Tämän opinnäytetyönä tehdyn tutkimuksen avulla opinnäytetyön tekijöiden säteilyturvallisuusosaaminen kehittyi. Säteilyn vaikutusten tunteminen vahvistui opinnäytetyön teoriaosuutta kirjoittaessa ja lähdekirjallisuuteen tutustuessa. Potilaan säteilyaltistuksen optimointiin perehdyttiin teoriaosuudessa potilaan säteilyaltistuksen määrittämisestä ja käsitteessä pinta-ala-annos. Aineistoa analysoidessa ja tutkimuksen tuloksia kirjoittaessa voitiin huomata, että erot optimointikäytännöissä voivat olla yksi keskeinen tekijä potilaiden annostasojen alueellisten erojen selittäjänä. Ammatilliseen identiteettiin kuuluu yksilön käsitys siitä, mitä hän pitää tärkeänä ja mihin hän sitoutuu ammatissaan. Sitoutumiseen liittyvät myös työhön liittyvät arvot ja eettiset näkökulmat. (Eteläpelto ja Vähäsantanen 2006, 26). Terveystieteiden ammattilaisina ja säteilynkäytön asiantuntijoina röntgenhoitajille työhön liittyviä arvoja ja eettisiä näkökulmia ovat juuri säteilynkäytön optimointiin liittyvät asiat.

Opinnäytetyön tekeminen kehitti myös radiografiatyön menetelmäosaamista. Säteilyturvallisuus on myös menetelmien ja laitteiden käytön hallitsemista. Esimerkiksi digitaalisten kuvien asiantunteva käsittely jälkikäteen voi vähentää mahdollisten uusintakuvausten määrää. Perehtyminen ilmaisintekniikoihin ja erityisesti taulukuvailmaisintekniikkaan on innostanut opinnäytetyön tekijöitä alan kehityksen seuraamiseen. Nykyaikaisista uuden teknologian laitteista tarvitaan tutkittua tietoa,

jotta teknologian mahdollistamat hyödyt, kuten alhaisemmat säteilyannostasot voidaan ottaa huomioon laitehankintoja tehdessä, tutkimuksia suorittaessa ja potilaan säteilyaltistusta optimoitaessa. Lisäksi, kun röntgentutkimuksiin ohjaavilla henkilöillä on saatavillaan ajantasaista ja tutkittua tietoa, voidaan esimerkiksi säteilyannoksista kertoa potilalle ja omaisille luotettavasti ja tarkasti.

Radiografiatyön tutkimus- ja kehittämistyötaidot ovat myös kehittyneet opinnäytetyöprosessin aikana. Määrällinen tutkimusmenetelmä, aineiston tilastollinen käsittely ja tutkimuksen raportointi ovat antaneet hyvän kuvan opinnäytetyöntekijöille siitä, minkälainen kokonaisuus tutkimustyön tekeminen voi olla. Lähdemateriaalin etsiminen, kriittinen suhtautuminen lähteisiin ja tieteellisen kirjoittamisen taito ovat kehittyneet molemmilla opinnäytetyön tekijöillä. Ymmärrys siitä, että oman tuotetun tekstin kriittinen arviointi ja objektiivinen kirjoitustyyli on tutkimusta tehdessä ja siitä raportoitaessa tärkeää, on kasvanut. Nämä edellä luetellut taidot ja tutkimuksellisen ajattelun kehittyminen ovat edenneet matkalla tutkimussuunnitelmavaiheesta opinnäytetyön raportin valmistumiseen. Opinnäytetyöprosessissa kertynyt arvokas kokemus auttaa opinnäytetyöntekijöitä tulevaisuudessa hyödyntämään ajantasaista ja tutkittua tietoa hyvien käytänteiden kehittämiseksi tulevaisuissa työympäristöissä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- BUSHONG, Stewart Carlyle 2013. Radiologic science for technologists: physics, biology and protection. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby.
- COMPAGNONE, G., CASADIO BALENI, M., PAGAN, L., CALZOLAIO, F. L., BAROZZI ja BERGAMINI, C. 2006. Comparison of radiation doses to patients undergoing standard examinations with conventional screen-film radiography, computed radiography and direct digital radiography. The British Journal of Radiology [verkkojulkaisu] 79. [Viitattu 2015-24-11]. Saatavissa: http://www.researchgate.net/publication/6731424_Comparison_of_radiation_doses_to_patients_undergoing_standard_radiographic_examinations_with_conventional_screen-film_radiography_computed_radiography_and_direct_digital_radiography
- ETELÄPELTO, Anneli ja VÄHÄSANTANEN, Katja 2006. Ammatillinen identiteetti persoonallisena ja sosiaalisena konstruktiona. Teoksessa Eteläpelto, Anneli (toim.) ja Onnismaa, Jussi (toim.) Ammatillisuus ja ammatillinen kasvu. 1. painos. Vantaa: Dark Oy.
- HART, D., HILLIER, M., C. ja ja WALL B., F. 2009. National reference doses for common radiographic, fluoroscopic and dental x-ray examinations in the UK. The British Journal of Radiographics [verkkojulkaisu], 82. [Viitattu 2015-26-11]. Saatavissa: [http://dentropa.com/downloads/DRL/HPA%20document%20on%20diagnostic%20reference%20levels%20\(2009\).pdf](http://dentropa.com/downloads/DRL/HPA%20document%20on%20diagnostic%20reference%20levels%20(2009).pdf)
- HART D., JONES, D., J. ja WALL, B., F. 1994. Estimation of effective dose in diagnostic radiology from entrance surface dose and dose-area product measurements. Raportti NRPB-R262. Lontoo: HMSO.
- HELASVUO, Timo (toim.), TENKANEN-RAUTAKOSKI, Petra, KANGASNIEMI, Markus, TOIVO, Tim, SOLEIVER, Tiina ja QVIST Maarit, 2013. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2011 [verkkojulkaisu]. STUK. [Viitattu 2015-11-7]. Saatavissa: www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/123615/stuk-b161.pdf?sequence=1
- HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 1997. Tutki ja kirjoita. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 2007. Tutki ja kirjoita. 13. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- ICRP 2007. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2015-11-11]. Saatavissa: http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/235351/mod_resource/content/1/ICRP_103_todo.pdf
- JAUHIAINEN, Jukka 2003. Röntgenkuvaus, digitaalinen kuvaus ja tietokonetomografia. OAMK: tekniikan yksikkö, opiskelumateriaalia. [Viitattu 2015-20-10.] Saatavissa: <http://www.oamk.fi/~jjauhiai/opetus/mittalaitteet/mittalaitteet07-v1.1.pdf>
- JOHNSON, Nancy 2014. Chest. Teoksessa Bontrager, Kenneth L., Lampignano, John P. (toim.) Text-book of radiographic positioning and related anatomy. 8. painos. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby.
- KÖRNER, Markus, WEBER, Christof H., WIRTH, Stefan, PFEIFER, Klaus-Jürgen, REISER, Maximilian F., TREITL, Marcus 2007. Advances in digital radiography: physical principles and system overview. Radiographics [verkkojulkaisu] Vol. 27, nro 3. [Viitattu 2015-18-11]. Saatavissa: <http://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/rg.273065075>
- LANÇA, Luís ja SILVA, Augusto 2013. Digital imaging systems for plain radiography. New York. Springer. E- kirja. Saatavissa: <https://www.dawsonera.com/readonline/9781461450672>
- MARTTILA, Olli J. 2002. Suureet ja yksiköt. Teoksessa Ikäheimonen Tarja K. (toim.) Säteily ja sen havaitseminen. STUK. Karisto Oy: Hämeenlinna
- MATIKKA, Hanna 2013-10-04. Digitaalisen natiivikuvauksen perusteet. Sädeturvapäivät. Tampere.

- MÖLLER, Torsten B. ja REIF, Emil 2009. Pocket atlas of radiographic positioning. 2. Painos. Stuttgart: Thieme.
- MUIKKU, Maarit, BLY, Ritva, KURTTIO, Päivi, LAHTINEN, Juhani, LEHTINEN, Maaret, SIISKONEN, Teemu, TURTIAINEN, Tuukka, VALMARI, Tuomas ja VESTERBACKA, Kaj 2014. Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos: annoskakku 2012 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015–16-11]. Saatavissa: https://julkari.fi/bitstream/handle/10024/126616/Annoskakku_2012.pdf?sequence=1
- MUSTONEN, Riitta ja SALO, Aki 2002. Säteily ja solu. Teoksessa Wendl, Paile (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Helsinki: Säteilyturvakeskus.
- MUSTONEN, Raimo, SJÖBLOM, Kirsti-Liisa, BLY, Ritva, HAVUKAINEN, Ritva, IKÄHEIMONEN, Tarja K., KOSUNEN, Antti, MARKKANEN, Mika ja PAILE, Wendl 2009. Säteilysuojelun perussuositukset 2007. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP – 103 [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015–16-11]. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124335/stuk-a235.pdf?sequence=1>
- NIKUPAAVO, Ulla 2015. Röntgenhoitajan rooli säteilyaltistuksen oikeutuksessa [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015–25-11]. Saatavissa: <https://www.stuk.fi/documents/12547/152964/NikupaavoUlla-Siikaranta-RT2015.pdf/85e51f7a-1e02-4135-925c-10f72cc8896b>
- OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION 2014. Neuvoston direktiivi turvallisuutta koskevien perusnormien vahvistamisesta ionisoivasta säteilystä aiheutuville vaaroille 2013/59/EURATOM 3 2014 [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-10-09]. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CELEX-32013L0059-EN-TXT.pdf>
- PIRINEN, Markku 2008. Säteilysuojelun perusasiat: oikeutus, optimointi, vastuut, pätevyudet ja täydennyskoulutus. Luento [verkkomateriaali]. Saatavissa: www.sadeturvapaivat.fi/file.php?245
- PERRY, Sally 2009. Effects of radiation. Teoksessa Suzanne Easton (toim.) An introduction to radiography. Churchill Livingstone Elsevier. E-kirja. Saatavissa: <https://www.dawsonera.com/readonline/9780080982496>
- POTILAAN SÄTEILYALTISTUKSEN VERTAILUTASOT 2014a. STUK. PÄÄTÖS. [Viitattu 2015-11-05]. Saatavissa: <https://www.stuk.fi/documents/12547/476916/paatos-9-3020-2014-potilaan-sateilyaltistuksen-vertailutasot-aikuisten-tavanomaisissa-rontgentutkimuksissa.pdf/5ca5353d-8bdf-48da-9123-c82f52629fb2>
- RUOHONEN, Jyrki 2015. Automaattiset annoskeräysjärjestelmät – yleisesittelyä ja käytännön hyödyntämistä kentällä. Terveystieteiden tutkimuskeskuksen neuvottelupäivät [verkkajulkaisu]. Espoo. [Viitattu 2015–26-11]. Saatavissa: <https://www.stuk.fi/documents/12547/152964/RuohonenJyrki-Siikaranta-RT2015.pdf/37760c1d-40eb-4158-b8aa-706cbe721dad>
- SANDBERG, Jorma ja PALTEMAA, Risto 2002. Ydin- ja säteilyfysiikan perusteet. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.) Säteilyn havaitseminen. Helsinki: Säteilyturvakeskus.
- SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETUS SÄTEILYN LÄÄKETIETEELLISESTÄ KÄYTÖSTÄ. 2000/423. Finlex. Säädökset. [Viitattu 2014–22-09]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/laki/alkup/2000/20000423>
- STUK tiedottaa 2004–01. Röntgensäteilystä potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen [verkkoaineisto]. [Viitattu 2014–21-09]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/julkaisut/katsaukset/pdf/rontgensateily.pdf>
- STUK 2014b. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. Säteilyturvakeskus: ST-ohje 3.3. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2015-11-11]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/26677-ST3-3.pdf>
- SOININEN, Marjaana 1995. Tieteellisen tutkimuksen perusteet. Turku: Turun yliopisto.
- SÄTEILYLAKI. L 1991/592. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2014–22-09]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/filaki/alkup/2000/20000423>

Säteilyturvakeskus. Röntgentutkimusten säteilyannoksia [verkkosivu]. [Viitattu 2015–24-11].
Saataavissa: www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia

TAPIOVAARA, Markku, PUKKILA, Olavi ja MIETTINEN, Asko 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.) Säteilyn käyttö. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

SERVOMAA, Antti 2000. Efektiivisen annoksen arviointi pinta-annoksesta ja annoksen ja pinta-alan tulosta röntgentutkimuksissa. Teoksessa Parviainen T., (toim.) Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2000. Helsinki: Oy Edita Ab.

UFFMANN, Martin, NEITZEL, Ulrich, PROKOP, Mathias, KABALAN, Nahla, WEBER, Michael, HEROLD, Christian J. ja SCHAEFER-PROKOP, Cornelia 2005. Flat-panel-detector chest radiography: effect of tube voltage on image quality. Radiology [verkkójulkaisu] Vol. 235, nro 2. [Viitattu 2015–21-11].
Saataavissa: <http://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiol.2352031730>

VILKKA, Hanna 2007. Tutki ja Mittaa. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

WALL, B., F., HAYLOCK, R., JANSEN, J., T., M., HILLIER, M., C., HART D. ja SHRIMPTON, P., C., 2011. Radiation risks from medical x-ray examinations as a function of the age and sex of the patient [verkkójulkaisu]. [viitattu 2015–27-10]. Saataavissa:
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/340147/HPA-CRCE-028_for_website.pdf

WIRTANEN, Merja, EINOLA, Maria, METSÄMÄKI, Kirsi, MIETTINEN, Kirsi, SEURI, Raija ja SORMAALA, Markus 2014a. Thoraxin natiiviröntgen [verkkoaineisto]. HUS. [Viitattu 2015-12-11].
Saataavissa: <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi%20%20kaulan%20ja%20rintakehn%20menettelyohjeet/Thorax.pdf>

WIRTANEN, Merja, EINOLA, Maria, METSÄMÄKI, Kirsi, MIETTINEN, Kirsi, SEURI, Raija ja SORMAALA, Markus 2014b. Lannerangan natiiviröntgen [verkkoaineisto]. HUS. [Viitattu 2015-12-11]. Saataavissa: <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Selkrangan%20menettelyohjeet/Lanneranka.pdf>

WIRTANEN, Merja, EINOLA, Maria, METSÄMÄKI, Kirsi, MIETTINEN, Kirsi, SEURI, Raija, SORMAALA, Markus ja IHALAINEN, Toni 2014c. Natiiviröntgentutkimusten yleisohje [verkkoaineisto]. HUS. [Viitattu 2015–18-11]. Saataavissa: <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi%20%20MO%20%20yleinen/Natiivir%C3%B6ntgentutkimusten%20yleisohje.pdf>

LIITE 1: SÄTEILYN KÄYTTÖPAIKKOJEN POTILASANNOSTIEDOT

Säteilyn käyttöpaikat	Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten (pa- ja sivuprojektio) otanta	Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten pa-projektion otanta	Keuhkojen natiiviröntgentutkimusten sivuprojektion otanta	Lannerangan natiiviröntgentutkimusten (pa- ja sivuprojektio) otanta	Lannerangan natiiviröntgentutkimusten pa-projektion otanta	Lannerangan natiiviröntgentutkimusten sivuprojektion otanta
KOKS	$n = 106$	$n = 0$	$n = 0$	$n = 88$	$n = 0$	$n = 0$
KSSH	$n = 174$	$n = 159$	$n = 141$	$n = 14$	$n = 14$	$n = 14$
KYS	$n = 87$	$n = 89$	$n = 85$	$n = 80$	$n = 80$	$n = 80$
ESSH	$n = 17$	$n = 0$	$n = 0$	$n = 0$	$n = 0$	$n = 0$
OYS	$n = 109$	$n = 109$	$n = 108$	$n = 47$	$n = 47$	$n = 47$
PKSH	$n = 39$	$n = 39$	$n = 39$	$n = 40$	$n = 40$	$n = 40$
PSH	$n = 81$	$n = 81$	$n = 81$	$n = 52$	$n = 52$	$n = 52$
VKS	$n = 30$	$n = 30$	$n = 30$	$n = 45$	$n = 45$	$n = 45$
VSSH	$n = 328$	$n = 243$	$n = 243$	$n = 223$	$n = 178$	$n = 178$
Yhteensä	$n = 971$	$n = 750$	$n = 727$	$n = 589$	$n = 456$	$n = 456$

LIITE 3: NATIIVIVATSAN POTILASANNOSTASOT

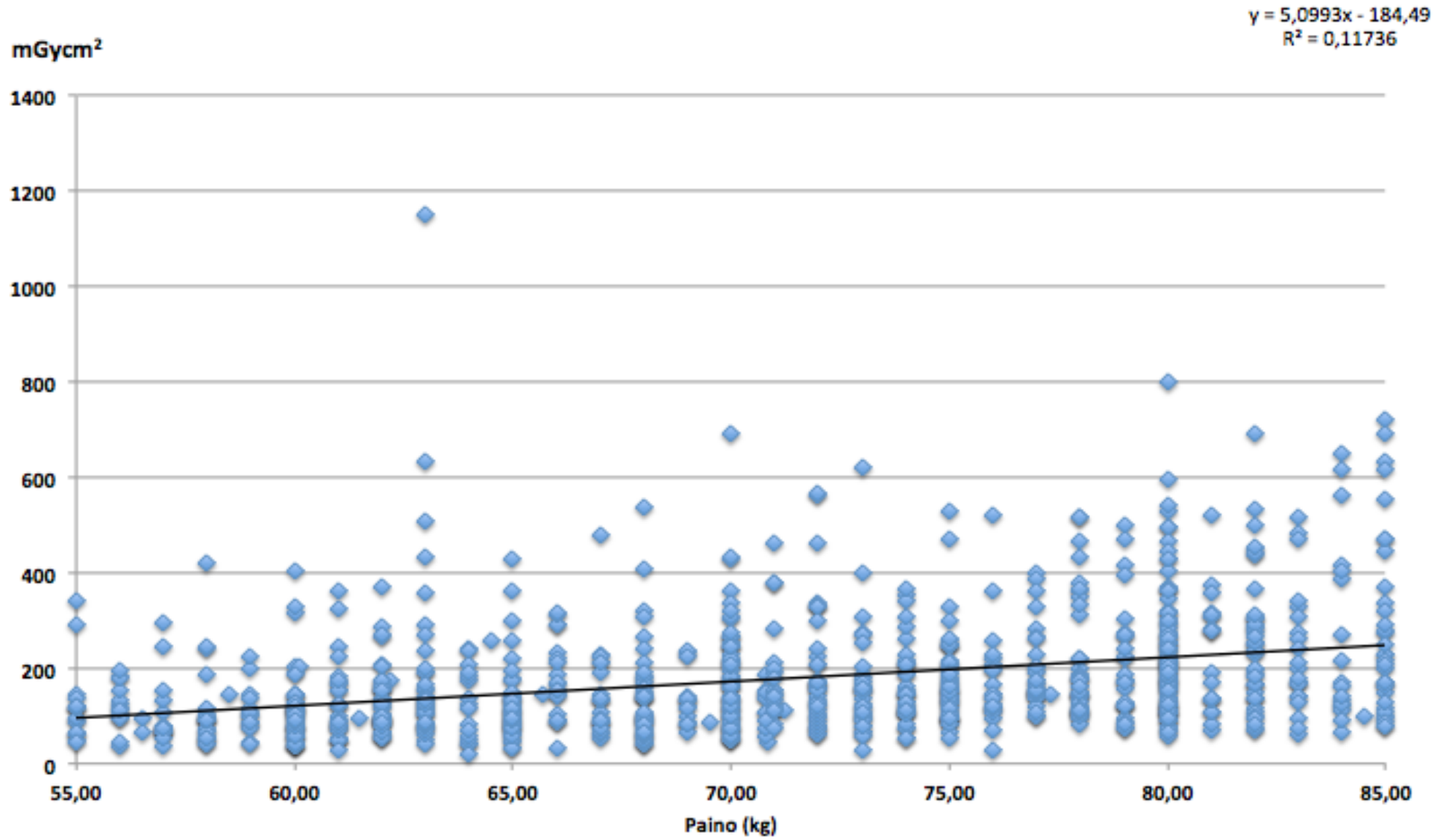
Koko aineiston havaintojen lukumäärä natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten osalta, joissa potilaasta oli kuvattu sekä seisten että maaten projektiot, oli $n = 20$. Suhteessa keuhkojen ja lannerangan natiiviröntgentutkimuksiin otanta jäi pieneksi. Natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten seisten ja maaten projektoiden yhteenlaskettu pinta-ala-annoksen (DAP) aritmeettinen keskiarvo oli $919,2 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $327,1 \text{ mGycm}^2$, mediaani $809,5 \text{ mGycm}^2$, vaihteluvälin ollessa 1233 mGycm^2 (suurin arvo 1664 mGycm^2 ja pienin arvo 431 mGycm^2). Potilaiden painojen aritmeettinen keskiarvo tässä tutkimuksessa oli $70,7 \text{ kg}$.

Natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten seisten projektoiden havaintojen lukumäärä oli $n = 35$. Seisten projektoiden havaintojen pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo $493,6 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $306,6 \text{ mGycm}^2$, mediaani 442 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa 1205 mGycm^2 (suurin arvo 1315 mGycm^2 ja pienin arvo 110 mGycm^2). Potilaiden painojen keskiarvo tässä tutkimuksessa oli $71,64 \text{ kg}$. Natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten maaten projektoiden havaintojen lukumäärä oli $n = 66$. Maaten projektoiden havaintojen pinta-ala-annoksen aritmeettinen keskiarvo oli $763,1 \text{ mGycm}^2$, keskihajonta $496,7 \text{ mGycm}^2$, mediaani 640 mGycm^2 , vaihteluvälin ollessa 2854 mGycm^2 (suurin arvo 2948 mGycm^2 ja pienin arvo $93,9 \text{ mGycm}^2$). Potilaiden painojen keskiarvo tässä tutkimuksessa oli $72,1 \text{ kg}$.

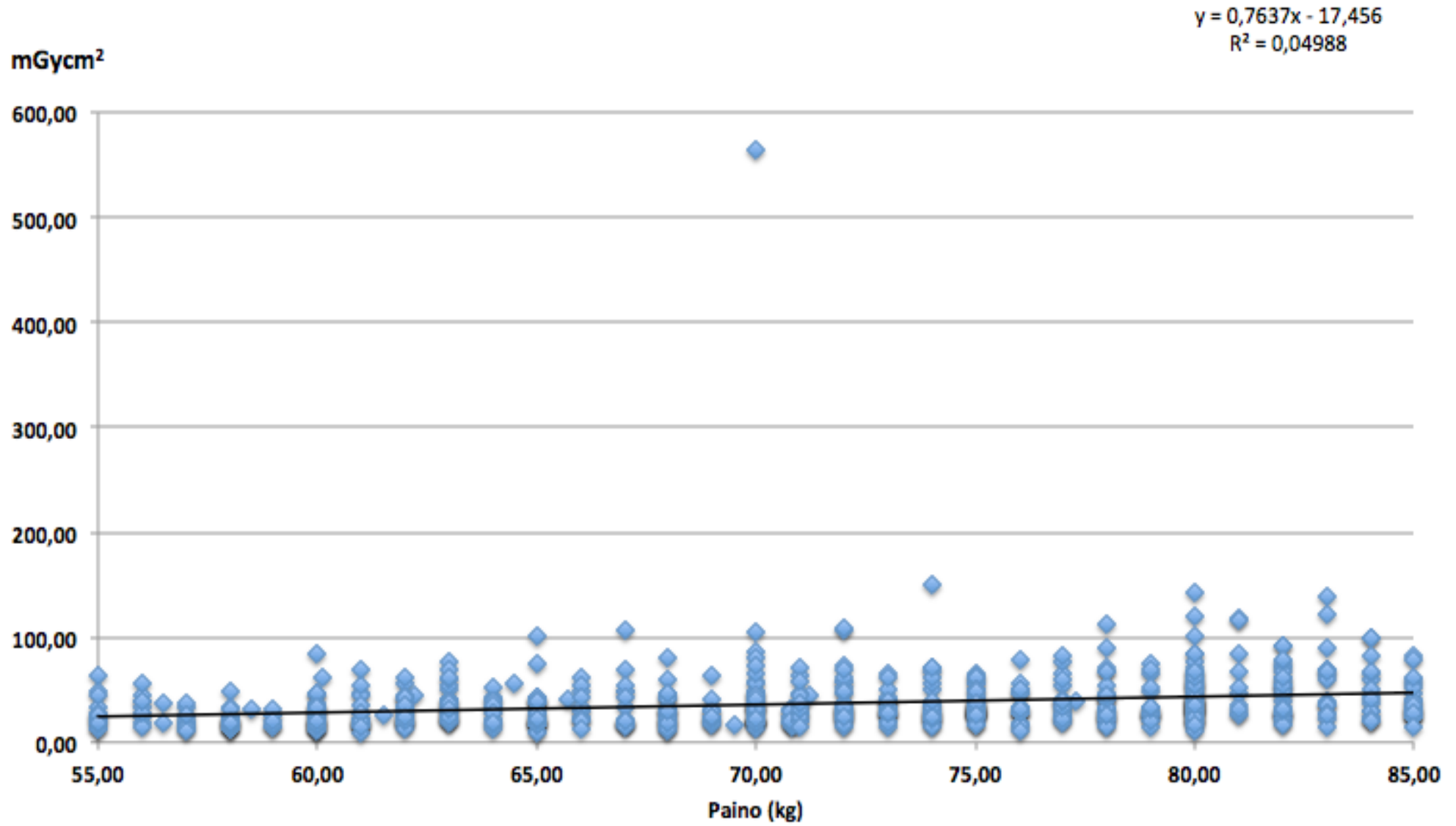
Säteilyturvakeskuksen vuonna 2014 antamat vertailutasot natiivivatsan natiiviröntgentutkimuksen pa tai ap- projektiolle, kun käytettävänä suureena on annoksen ja pinta-alan tulo (DAP) on 1600 mGycm^2 . Natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten seisten pprojektion keskimääräinen potilaalle aiheutunut säteilyannos ($493,64 \text{ mGycm}^2$) on 31% Säteilyturvakeskuksen antamasta vertailutasosta (1600 mGycm^2). Natiivivatsan natiiviröntgentutkimusten maaten projektion keskimääräinen potilaalle aiheutunut säteilyannos ($763,07 \text{ mGycm}^2$) on 48% Säteilyturvakeskuksen laatimista vertailutasoista. Vain Kuopion yliopistollisen sairaalan ja Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin annostiedoissa oli natiivivatsan kuvauksia mukana.

LIITE 4: EXCEL-TAULUKKO POTILASANNOSTIEDOISTA PROJEKTIOITTAIN

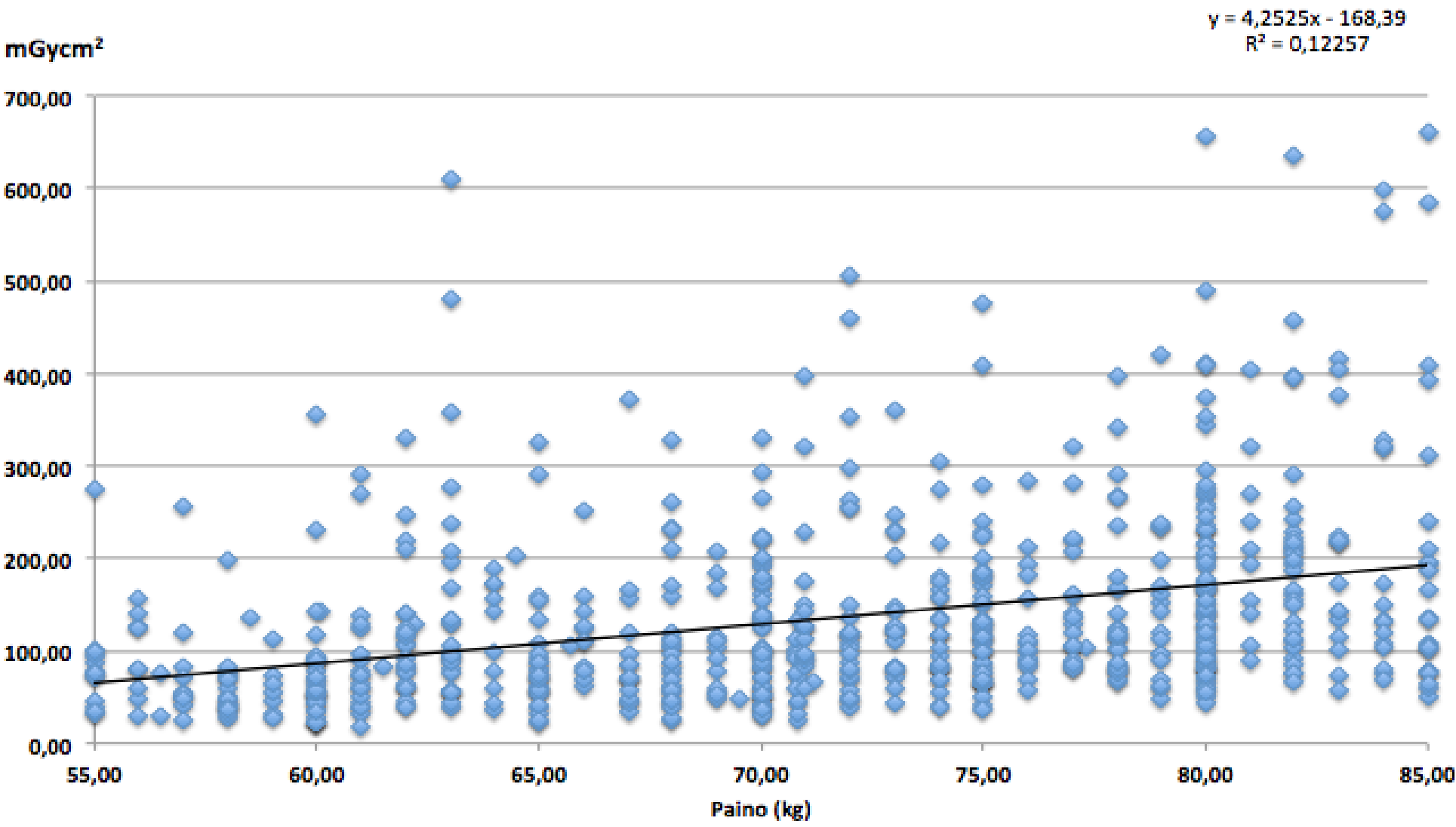
Paino	Pituus	PA				Sivu				DAP mGycm2	DAP mGycm2	DAP PA mGycm2	DAP Sivu mGycm2	Alkup. DAP PA	Alkup. DAP SIVU	Alkup. DAP Summa	Alkup. Yksikkö
		kV	mA	s	mAs	kV	mA	s	mAs								
72,00	169,00	130,00			2,20			7,60	168,00							168,00	mGycm2
65,00	188,00	130,00			1,90			5,10	132,00							132,00	mGycm2
81,00	187,00	130,00			3,20			8,90	309,00							309,00	mGycm2
60,00	170,00	130,00			1,90			4,10	192,00							192,00	mGycm2
55,00	172,00	130,00			2,50			2,10	290,00							290,00	mGycm2
70,00	172,00	130,00			1,90			3,20	84,00							84,00	mGycm2
65,00	170,00	130,00			2,50			4,80	141,00							141,00	mGycm2
70,00	162,00	130,00			1,90			5,70	115,00							115,00	mGycm2
78,00	170,00	130,00			2,50			9,90	198,00							198,00	mGycm2
61,00	154,00	130,00			3,20			10,80	172,00							172,00	mGycm2
80,00	175,00	130,00			2,20			18,20	404,00							404,00	mGycm2
57,00	150,00	130,00			1,60			2,80	77,00							77,00	mGycm2
81,00	177,00	130,00			2,50			13,10	285,00							285,00	mGycm2
65,00	168,00	130,00			1,90			6,40	141,00							141,00	mGycm2
84,00	163,00	130,00			3,50			28,80	562,00							562,00	mGycm2
78,00	182,00	130,00			1,90			5,10	146,00							146,00	mGycm2
77,00	180,00	130,00			2,20			9,60	228,00							228,00	mGycm2
60,00	170,00	130,00			1,90			4,40	115,00							115,00	mGycm2
74,00	185,00	130,00			1,60			4,80	154,00							154,00	mGycm2
83,00	172,00	130,00			3,20			1,00	201,00							201,00	mGycm2
56,00	179,00	130,00			1,60			3,80	123,00							123,00	mGycm2
66,00	164,00	130,00			1,90			6,00	146,00							146,00	mGycm2
62,00	163,00	130,00			1,90			2,80	135,00							135,00	mGycm2
67,00	174,00	130,00			1,90			10,20	230,00							230,00	mGycm2
66,00	163,00	130,00			2,20			8,30	187,00							187,00	mGycm2
63,00	162,00	130,00			1,60			3,50	111,00							111,00	mGycm2
70,00	180,00	130,00			1,90			11,50	268,00							268,00	mGycm2
63,00	163,00	130,00			1,90			3,80	116,00							116,00	mGycm2
73,00	172,00	133,00			0,57			1,80	67,00							6,70	cGycm2
77,00	166,00	133,00			0,78			2,39	97,30							9,73	cGycm2
65,00	165,00	133,00			0,58			2,29	77,00							7,70	cGycm2
68,00	173,00	133,00			0,80			2,57	100,00							10,00	cGycm2
61,00	172,00	133,00			0,61			1,05	49,30							4,93	cGycm2
62,00	172,00	133,00			0,68			2,40	91,00							9,10	cGycm2



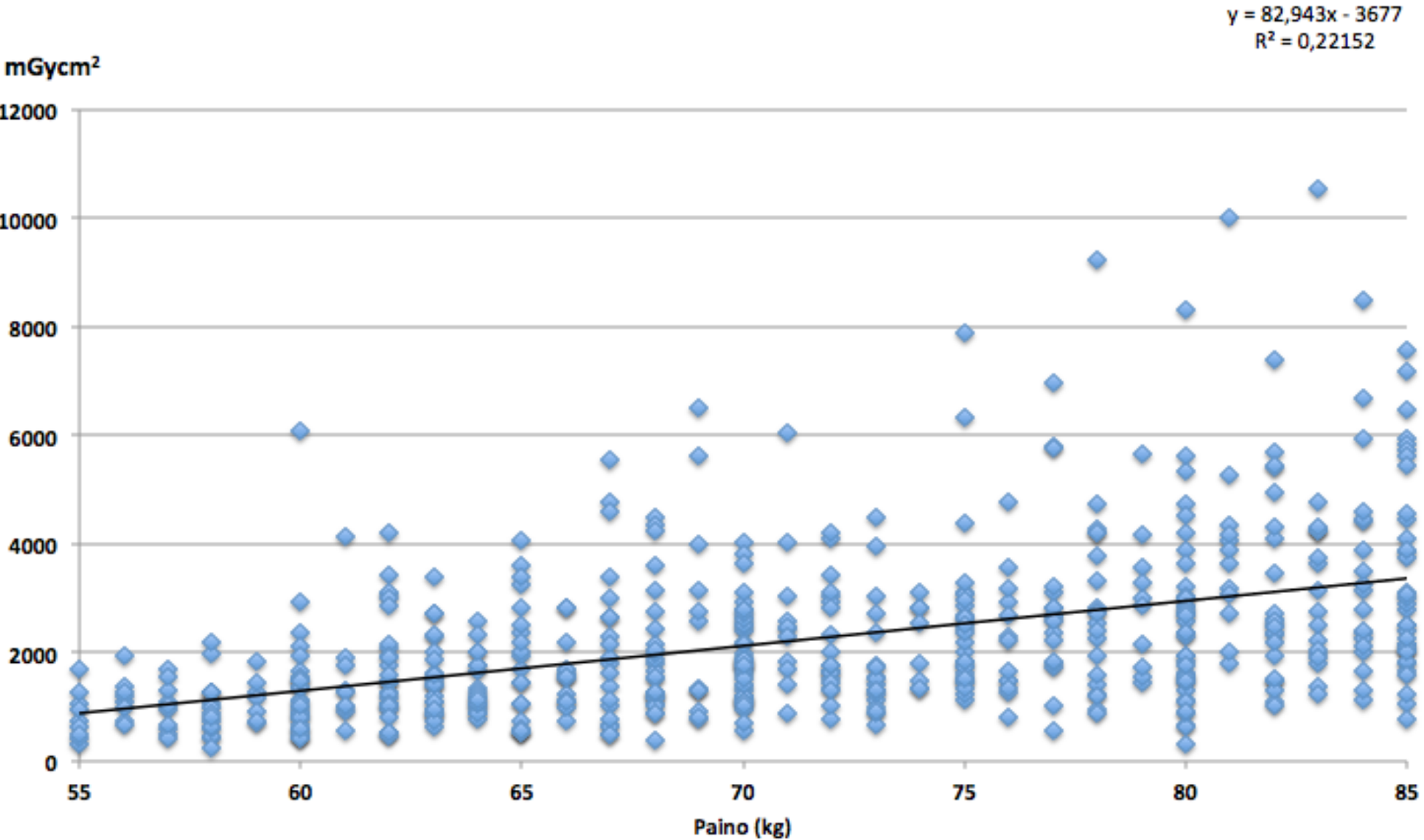
LIITE 6: PAINON VAIKUTUS KEUHKOJEN PA-PROJEKTIOSSA



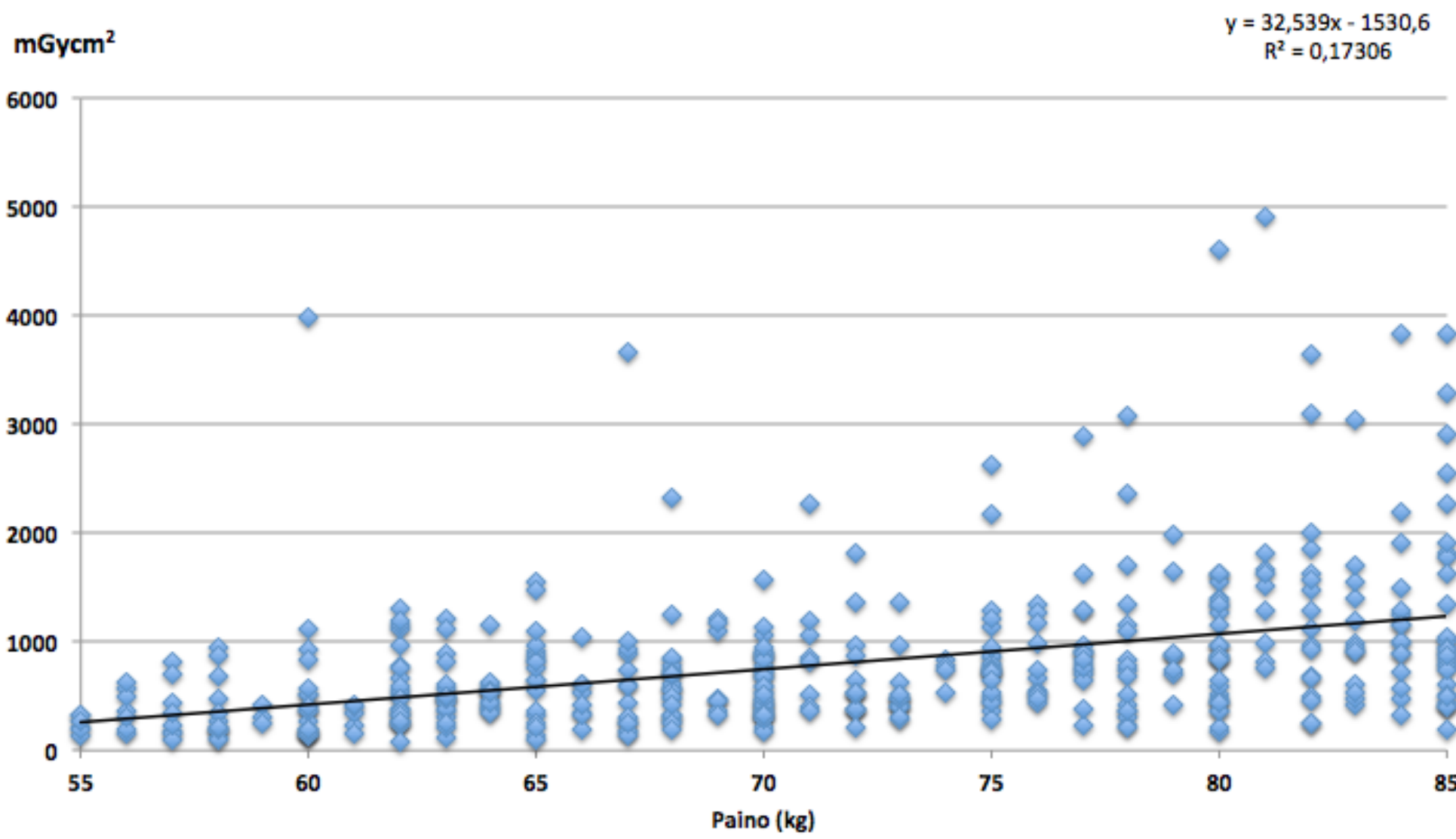
LIITE 7: PAINON VAIKUTUS KEUHKOJEN SIVUPROJEKTIOSSA



LIITE 8: PAINON VAIKUTUS LANNERANGAN NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUKSISSA



LIITE 9: PAINON VAIKUTUS LANNERANGAN PA/AP-PROJEKTIOSSA



LIITE 10: PAINON VAIKUTUS LANNERANGAN SIVUPROJEKTIOSSA

