



Laura Karjalainen ja Trong Tri Nguyen

INTRAORAALILAITTEEN SIRONTAKARTTA

Säteilyn sironta intraoraalitutkimuksissa

INTRAORAALILAITTEEN SIRONTAKARTTA

Säteilyn sironta intraoraalitutkimuksissa

Laura Karjalainen,
Trong Tri Nguyen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Radiografia ja sädehoidon
tutkinto-ohjelma
Suun terveydenhuollon
tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma
Suun terveydenhuollon tutkinto-ohjelma

Tekijät: Laura Karjalainen ja Trong Tri Nguyen
Opinnäytetyön nimi: Intraoraalilaitteen sirontakartta - Säteilyn sironta intraoraalitutkimuksissa
Työn ohjaajat: Anja Henner ja Anneli Holmström
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020 Sivumäärä: 49 + 9 liitesivua

Hammaslääketieteessä hyödynnetään intraoraalikuvantamista, jolla otetaan röntgenkuvia yksittäisistä hampaista tai hammasryhmistä. Röntgensäteilyn törmätessä potilaaseen osa siitä muuttuu siroavaksi säteilyksi ja leviää lähiympäristöön. Näissä kuvaustilanteissa huoneessa oleskeleva henkilökunta tai potilaan tukihenkilö voi altistua siroavalle säteilylle. Ympäristöön leviävän sironnan suuntaa ja annosmääriä on tärkeä tutkia.

Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvailla säteilyn sirontaa intraoraalitutkimuksessa sirontakartan avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa intraoraalikuvauksessa syntyvästä sironnasta. Tutkimuksesta saatua tietoa voidaan hyödyntää sirontaa käsittelevissä tulevaisuuden tutkimuksissa ja laitteen kanssa toimivan henkilökunnan ja mahdollisten tukihenkilöiden säteilyturvallisuuden edistämiseksi.

Tutkimus toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulun röntgensimulaatiotilassa, jossa järjestettiin simuloitu kuvaustilanne. Kuvauksessa käytettiin Planmeca ProX-intraoraalilaitetta, CIRS ATOM 711-HN-pääfantomia ja RaySafe-säteilymittauslaitteistoa. Mittaukset suoritettiin kolmesta eri kuvausprojektiosta, kolmelta eri korkeudelta ja kolmelta eri etäisyydeltä. Kuvausprojektiot olivat bitewing-kuvaus, yläetuhampaan kuvaus ja alaetuhampaan kuvaus. Tutkimuksessa käytettävät kuvausarvot valittiin kuvausprojektion mukaisesti.

Tutkimuksen tuloksena muodostettiin yhdeksän sirontakarttaa. Suurimmat annokset todettiin 114 cm korkeudella kaikissa kuvaprojektioissa aivan röntgenputken vieressä. Suurin arvo oli 564 nGy yläetuhampaan kuvausprojektiossa. Suurin sironta sijoittuu röntgenputken viereen ja primäärikeilan suuntaan kaikissa kolmessa projektioissa. Kuvauskulmalla on merkitystä, koska se muuttaa primäärikeilan ja sironnan suuntaa. Paras tapa vähentää säteilyannosta on etäisyys. Mitatut annokset esitetään asteikolla 0° – 315° , missä 0° on pääfantomin edessä, 90° on oikealla puolella, 180° on takana ja 270° on vasemmalla puolella. Seisomapaikka, jossa saadaan vähiten säteilyä, on etuhampaiden projektioissa 135° tai 225° kulmassa ja bitewing-kuvausprojektiossa 225° kulmassa.

Jatkossa olisi mielekästä tutkia tarkemmin vertikaalisen kulman ja horisontaalisen suunnan vaikutusta sirontaan vastaavissa tutkimuksissa. Tulevaisuuden tutkimuksessa voisi selvittää kuinka paljon ja mihin suuntaan annokset muuttuvat kulmaa muuttaessa.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy
Degree Programme in Dental Health Care

Authors: Laura Karjalainen and Trong Tri Nguyen
Title of thesis: Scatter map of the intraoral x-ray machine - Scattered radiation in intraoral radiography
Supervisor: Anja Henner and Anneli Holmström
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020 Number of pages: 49 + 9

Dentistry utilizes intraoral x-ray imaging, which is used to take x-ray images of an individual tooth or groups of teeth. As x-ray radiation collides with a patient some of it turns into scattered radiation and disperses to surroundings. A personnel or a patient's support person might have to stay in the examination room during the examination, which might expose them to scattered radiation. It is important to research the spread of scattered radiation to surroundings and the doses of radiation.

The objective of this research is to describe scattered radiation in intraoral examinations with a scatter map. The aim of this research is to produce information, that can be used to improve the safety of personnel that works with intraoral machines, and patient's potential support person. The scatter maps and information obtained from this research can be utilized in future research examining scattering or intraoral imaging.

The research was executed in a simulated x-ray examination in Oulu University of Applied Sciences. The examination used a Planmeca ProX intraoral machine, CIRS ATOM 711-HM head phantom and RaySafe x-ray test device. The measurements were taken from three different projections, three different heights and three different distances. The projections were: bitewing, upper incisor and lower incisor. The x-ray parameters were chosen according to different projections.

This research produced nine scatter maps. The highest doses were measured next to the x-ray cone at the height of 114 cm in all projections. The highest dose was 564 nGy in the upper incisor projection. The change of projection changes the direction of scattering. Most of the scattering is located next to the x-ray cone and in the field of primary beam in all three projections. The angle is significant, because it changes the direction of primary beam and scattering. The best way to reduce radiation dose is by increasing the distance. The doses are presented as angles from 0° – 315°, where 0° is in front of the patient, 90° is on the right side, 180° is behind and 270° is on the left side. The standing point with the lowest dose is 135° or 225° angle in the incisor's projections and in 225° angle in the bitewing projection.

In the future it would be interesting to study the effect of the vertical angle and the horizontal direction on the scattering in similar studies. The future research could study how much and into which direction the doses change as the angle changes.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 SIROAVA SÄTEILY INTRAORAALITUTKIMUKSISSA	7
2.1 Röntgensäteily ja sironta	7
2.2 Säteilyhaitat	9
2.3 Kuvantaminen intraoraalilaitteella.....	11
2.4 Potilaan säteilysuojelu intraoraalikuvantamisessa.....	13
2.5 Henkilökunnan ja tukihenkilöiden säteilysuojelu.....	14
2.6 Aiemmat tutkimukset.....	16
3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSONGELMA	18
4 TUTKIMUSMETODOLOGIA	19
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	20
5.1 Aineiston keruu.....	20
5.2 Aineiston analysointi.....	25
6 TUTKIMUSTULOKSET	26
6.1 Sironta bitewing-kuvauksessa	26
6.2 Sironta yläetuhampaan kuvauksessa.....	30
6.3 Sironta alaetuhampaan kuvauksissa.....	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	38
8 POHDINTA	39
8.1 Tutkimustulosten tarkastelu	39
8.2 Tutkimuksen luotettavuus	41
8.3 Tutkimuksen eettisyys.....	42
8.4 Omat oppimiskokemukset.....	43
8.5 Jatkotutkimukset	43
LÄHTEET	45
LIITTEET.....	50

1 JOHDANTO

Hammasröntgenkuvien määrä on noussut vuosien saatossa ja jatkaa todennäköisesti kasvuaan. Hammasröntgenkuvia otettiin Suomessa vuonna 2018 noin 2,3 miljoonaa, joista intraoraalikuvien osuus oli noin 1,7 miljoonaa (Ruonala 2019, 12 – 14.)

Kuvan ottamishetkellä huoneessa olevat henkilöt altistuvat siroavalle röntgensäteilylle, joten on tärkeää kartoittaa siroavan säteilyn annokset laitteen ympärillä tutkimuksen aikana, jotta siltä osataan suojautua oikein. Opinnäytetyömme aiheena oli sironta hammashoidossa käytettävän intraoraalilaitteen ympäristössä. Sirontamittausten perusteella laadittiin sirontakartta. Hammasröntgentutkimuksen tilanteista riippuen työntekijä tai potilaan tukihenkilö voivat joutua olemaan tutkimuhuoneessa tutkimuksen aikana.

Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvailla säteilyn sirontaa intraoraalitutkimuksessa sirontakartan avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa intraoraalikuvauksessa syntyvästä sironnasta. Tutkimuksesta saatua tietoa voidaan hyödyntää sirontaa käsittelevissä tulevaisuuden tutkimuksissa ja laitteen kanssa toimivan henkilökunnan ja mahdollisten tukihenkilöiden säteilyturvallisuuden edistämiseksi.

Intraoraaliset röntgentutkimukset ovat yleisin käytetty kuvantamistekniikka, jota hyödynnetään hammaslääketieteessä. Tärkeimpiä kuvauskohteita ovat yksittäisten hampaiden hammasröntgenkuvat eli periapikaalikuvat ja taka-alueelta otetut useamman hampaan bitewing-kuvat. Intraoraalikuvat antavat tärkeää tietoa hampaiden välipintojen kariuksen etenemisestä, paikkojen alla esiintyvistä sekundäärikarieksesta ja periapikaalisista muutoksista, kuten tulehduksesta. Kuvien avulla hammaslääkärit tekevät diagnooseja ja hoitosuunnitelmia. (White & Pharoah 2009, 109, 135.)

Tutkimuksen toteutti yhteistyössä radiografian ja sädehoidon opiskelija ja suun terveydenhuollon opiskelija. Moniammatilliseen yhteistyöhön päädyttiin, jotta tutkimusta varten saadaan mahdollisimman kattavat tiedot sekä intraoraalisesta röntgenkuvantamisesta että röntgensäteilystä ja sen mittaamisesta.

2 SIROAVA SÄTEILY INTRAORAALITUTKIMUKSISSA

2.1 Röntgensäteily ja sironta

Ihmisen aistein ei pystytä havaitsemaan röntgensäteilyä. Se on näkymätöntä, sillä ei ole massaa eikä painoa. Röntgensäteily kulkee valonnopeudella, se voi läpäistä materiaalin ja osuessaan aineeseen se aiheuttaa siroamista tai säteily absorboituu eli vaimenee. Röntgensäteily on lyhytaaltoista ja sillä on korkea frekvenssi. Mitä lyhytaaltoisempaa röntgensäteily on, sitä suurempi sen läpikulkevuuskyky on. Läpikulkevuuskyvyn ollessa heikko on todennäköisempää, että kudoksiin absorboituu säteilyä, mikä nostaa säteilyannosta. (Wilkins 2017, 206.)

Röntgensäteilyä tuotetaan tyhjiön sisältävässä röntgenputkessa, jossa anodilautasta pommitetaan suurienergisillä elektroneilla. Röntgenputken katodina toimivaa hehkulankaa (volframia) kuumennetaan johtamalla virtaa sen läpi, jolloin elektroneja irtoaa hehkulangalta. Elektronit kiihdytetään kohti anodia katodin ja anodin välisen suurjännitteen avulla. Röntgenputkessa käytetään virtaa (mA), joka kertoo, kuinka monta elektronia siirtyy katodilta anodille sekunnin aikana. Kiihdytysjännite (kV) kertoo syntyvän röntgensäteilyn maksimienergian. Elektronin törmätessä anodiin syntyy paljon lämpöä, mutta myös jarrutussäteilyä ja karakterista röntgensäteilyä. Ne yhdessä muodostavat putkesta ulossuuntautuvan röntgensäteilyn. (Bushberg, Seibert, Leidholdt, & Boone, 2012, 171, 176 – 177; Wilkins 2017, 206 – 207.)

Röntgensäteet koostuvat fotoneista. On kolme mahdollisuutta, miten röntgensäteiden fotonit käyttäytyvät osuessaan potilaaseen. Fotonit absorboituvat potilaaseen ja lakkaavat olemasta ja tällöin potilas saa säteilyannosta. Osa fotoneista osuu suoraan potilaaseen ja läpäisee alueen kova- ja pehmytkudoksia päätyen lopulta kuvailmaisimelle muodostaen röntgenkuvan. Tämä antaa informaatiota kohteen tiheydestä ja paksuudesta synnyttäen röntgenkuvan, missä pystytään erottamaan pehmytkudokset, hampaan kiilteen, dentiinin sekä alveoliluun. Nämä ovat primääri fotoneita. Sekundäärifotoneita eli sirontaa syntyy, kun potilaaseen osuva fotoni muuttuu sironnaksi, joka säteilee potilaan ympärille. Poti-

laasta tullut sironta vähentää signaali – kohina suhdetta osuessaan kuvailmaisimeen aiheuttaen kohinaa kuvissa. Potilaasta tuleva sironta voi myös aiheuttaa turhaa säteilyrasi-
tusta henkilökunnalle. Myös siroavia fotoneja imeytyy potilaaseen aiheuttaen potilaalle isomman sädeannoksen eikä tämä vaikuta kuvanmuodostukseen mitenkään. (Holmes, Clark, Elkington & Harris 2014, 3; Wilkins 2017, 204, 206; Lancaster & Hasegawa 2017, 61; Bushberg ym. 2012, 230 – 231; White & Pharoah 2009, 12 – 13.)

Röntgendiagnostiikan energia-alueella on koherentin sironnan lisäksi Comptonin sironta (epäkoherentti sironta) ja valosähköinen ilmiö (fotosähköinen absorptio). Fotonienergian kasvaessa koherentin sironnan todennäköisyys pienenee nopeasti. Koherentilla sironnalla ei ole merkitystä millään röntgensäteilyn energialla, kun se toimii pääasiallisessa aineen ja säteilyn välisessä vuorovaikutusmekanismissa, joten sitä ei käsitellä enempää. (Tapiovaara, Pukkila & Miettinen 2004, 28.)

Fotonin tyypilliset fysikaaliset vuorovaikutusmekanismit ovat valosähköinen ilmiö (absorptio) ja Comptonin sironta. Alle 50 kV fotonienergiassa hallitsee valosähköinen ilmiö biologisessa kudoksessa. Valosähköisessä ilmiössä tapahtuu fotonin ja sisäkuoren elektronin välinen vuorovaikutus, jolloin fotoni absorboituu täydellisesti elektroniin synnyttäen positiivisen ionin ja vapaan elektronin. Sisäkuoren tyhjä elektronipaikka täyttyy ulomman kuoren elektronilla, jolloin elektronikuoren sidosenergioita vastaava energia vapautuu valona eli karakteristisena säteilynä. Fotosähköisen ilmiön vaikutusala kasvaa hyppäyksellisesti, kun elektronikuoren sidosenergia ylitetään. Valosähköinen ilmiö on todennäköisempää tiukasti sidotun elektronin kanssa kuin löyhästi sidotun. Tällöin fotosähköisen absorption todennäköisyys kasvaa nopeasti myös alkuaineen järjestysluvun kasvaessa. Energian absorption jälkeen atomi jää viritettyyn tilaan ja palaa perustilaansa emittoimalla lisää karakteristisen röntgensäteilyn fotoneita tai Augerin elektroneja. Augerin elektronit ja keveiden alkuaineiden eli pienienergisten alkuaineiden karakteristinen säteily absorboituu lähelle lähtöpaikkaansa, mutta painavampien alkuaineiden karakteristinen säteily saattaa edetä pitkälle, koska kvanttienergia voi olla kymmeniä kiloelektro-nivolteja. (Bushberg ym. 2012, 41 – 42; Tapiovaara ym. 2004, 28 – 29.)

Fotonienergian kasvaessa suuremmaksi, energia muuttuu enemmän Compton sironnaksi. Röntgendiagnostiikassa Comptonin sironta on merkittävin sirontaprosessi. Noin 30 kilo-elektro-nivoltia suuremmilla kvanttienergioilla se on tärkein vuorovaikutusmekanismi

pehmytkudoksessa. Comptonin sironta ei ole merkittävä luissa, koska luu koostuu alkuaineista, joiden järjestysluku on korkeampi kuin pehmytkudoksessa. Compton sironnassa fotonin on ulkokuoren elektronin kanssa vuorovaikutuksessa ja tapahtuu elastinen sironta aiheuttaen ionisaatiota. Osa fotonien energiasta siirtyy vapautuvan elektronin kineettiseksi energiaksi, jolloin siroavan fotonin energia ja suunta muuttuvat. Suuntajakauma riippuu voimakkaasti alkuperäisestä fotonien energiasta. Energian kasvaessa sironta suuntautuu voimakkaammin eteenpäin. Suurin osa sironneista fotoneista poikkeaa alkuperäisten fotonien suunnasta, jolloin niiden rekisteröityminen kuvailmaisimelle heikentää kuvan laatua. (Bushberg ym. 2012, 39 – 41; Holmes ym. 2014, 72 – 80; Fauber 2017, 179; Tapiovaara ym. 2004, 28 – 29.)

2.2 Säteilyhaitat

Efektiivinen annos on säteilyannossuure, joka kuvaa säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Efektiivisen annoksen yksikkö sievert (Sv). Efektiivinen annos ei ole fyysikaalisesti mitattavissa, vaan se lasketaan altistuneiden elinten ja kudosten ekvivalenttiannosten summana huomioiden kunkin elimen ja kudoksen säteilyherkkyys. Kollektiivinen efektiivinen annos on tietyn ryhmän kaikkien yksilöiden efektiivisten annosten summa tarkasteltavana ajankohtana tai toimenpiteen aikana. Kollektiivista efektiivistä annosta käytettäessä tulisi määrittellä annoksen vaihteluväli ja altistuksen ajanjakso. Kollektiiviannoksen yksikkö on mansievert (manSv). Absorboituneen annoksen mittayksikkö on Gray (Gy), jolla ilmaistaan, paljonko energiaa ionisoiva säteily luovuttaa kohdeaineeseen. (Säteilyturvakeskus, 2019.)

Säteilytoiminnasta väestölle aiheutuva efektiivinen annos ei saa olla suurempi kuin 1 millisievertiä (mSv) vuodessa (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018 3.14 §). Efektiivinen annos yhdestä intraoraalitutkimuksesta on luokkaa noin 0.01 mSv, mutta kun tutkimuksia tehdään vuodessa noin 1,7 miljoonaa, niiden vaikutus väestöannoksessa on merkittävä. Suomalaisille aiheutuvan keskimääräisen efektiivisen annoksen röntgendiagnostiikassa on arvioitu olevan noin 0,5 mSv vuodessa. jolloin siitä aiheutuva suomalaisten kollektiivinen efektiivinen annos on noin 2 400 manSv vuodessa. Laskennallisen riskiarvion mukaan tästä aiheutuu vuosittain runsaat sata syöpäkuolemaa, joka vastaa noin yhtä prosenttia kuolemaan johtavista syövistä. (Tapiovaara ym. 2004, 142; Ruonala 2019, 12 – 14.)

STUK asettama vertailutaso ylämolaarille on 2,5 mGy ja saavutettavissa oleva annostaso aikuisille on 1,7 mGy. Verrattuna suuremmalle alueelle kohdistuvaan keuhkokuvaan (PA) suunnassa annos on vain 0,12 mGy. (Määräys S/4/2019.) Hammaskuvauksessa saatu pinta-annos on paljon suurempi kuin keuhkokuva, mutta efektiivinen annos on 0,01 mSv, kun taas keuhkokuva (PA) suunnassa on 0,03 mSv. (Säteilyturvakeskus 2015; Säteilyturvakeskus 2017).

Deterministiset eli suorat vaikutukset ovat varmoja haittavaikutuksia, joissa säteilysuojelun kannalta yksilöannos on ratkaiseva. Nämä johtuvat laajasta solutuhosta liittyen hyvin suuriin kerta-annoksiin ja joille on olemassa kynnyksarvot, minkä alapuolella vaikutusta ei ole. Kynnyksarvot vaihtelevat yksilötasolla vain vähän. Mikäli kynnyksarvo ylittyy, niin haitta on varma. Haitan vaikeusaste nousee annoksen kasvaessa, jolloin annosnopeuden merkitys on ratkaiseva. Jos altistus on pitkittynyt, kynnyksarvo on korkeampi ja haitta-aste jää pienemmäksi. Vaikutukset liittyvät suuriin äkillisiin annoksiin. Tällaisia voi esiintyä sädehoidon tai vakavien onnettomuuksien yhteydessä. Intraoraalilaitteella säteilyannos jää kynnyksarvon alapuolelle, jolloin deterministisiä haittavaikutuksia ei synny. (Paile 2002a, 44.)

Stokastiset vaikutukset voivat saada alkunsa miten pienestä altistuksesta tahansa, koska niillä ei ole kynnyksarvoa. Stokastiset eli satunnaiset haitat ovat tilastollisia haittavaikutuksia, jotka johtuvat satunnaisesta geneettisestä muutoksesta yhdessä solussa. Haitan todennäköisyys kasvaa annoksen kasvaessa, mutta haitta-aste ei riipu saadusta säteilyannoksesta. Kokonaisriskin määrittää koko elinaikana kertynyt kumulatiivinen annos. Säteilysuojelun kannalta kollektiiviannos on tärkeämpi kuin yksilöannos, koska yksilön riski on suhteellisen pieni melko isonkin annoksen jälkeen, kun taas väestötasolla kokonaishaitta voi olla merkittävä. Säteilysuojelun kannalta kokonaishaitta väestötasolla on keskeinen, koska yksi tärkeimpiä säteilysuojelun päämääriä on syöpäriskien rajoittaminen väestötasolla. Stokastisten vaikutusten riskiä pyritään rajoittamaan ALARA (As Low As Reasonably Achievable)-periaatteen mukaisesti. (Paile 2002a, 45 – 46, Paile 2002b 158; Holmes ym. 2014, 165-167; Wilkins 2017, 216.)

Stokastisessa vaikutuksessa ionisoivan säteilyn fotoni tai hiukkanen pystyy katkaisemaan kemiallisen sidoksen. Jo yksi osuma riittää aiheuttamaan DNA-molekyylin katkoksen.

Kudosten saaman säteilyannoksen ollessaan pieni, DNA:n saamat osumat ovat harvassa ja kriittisen vaurion synty on hyvin epätodennäköistä, mutta nollariskiinkin päästään vain nolla-annoksella. (Soimakallio, Kivisaari, Manninen, Svedström & Tervonen 2005, 80.)

2.3 Kuvantaminen intraoraalilaitteella

Intraoraalitekniikalla tarkoitetaan yksittäisten hampaiden ja hammasryhmien röntgenkuuvia, missä kuvalevyä, sensoria tai röntgenfilmiä pidetään suussa. Intraoraalilaitteissa on eroja ja laitteesta riippuen voidaan säätää kuvausarvoja; kilovoltti (kV), milliampeeri (mA) ja aika (s). Intraoraalikuvia otetaan yleensä arvoilla 8 mA ja 60 – 70 kV. Tavallisin kuvaustekniikka on periapikaalikuvaukseen, missä kuvataan yksittäistä hammasta tai hammasryhmää. Muita tekniikoita ovat bitewing-kuvaukseen kariesdiagnostiikkaan ja okklusaalikuvaus esimerkiksi ductus Whartonin sylkikivikuvaukseen. Röntgenkuvilla pystytään havaitsemaan hampaita, niiden tukirakenteita ja näiden vammoja, vioittumia ja sairauksia. Kuvilla pystytään myös paikallistamaan vierasesine suussa, sekä määrittämään hampaiden kasvua ja kehitystä. (Kallio-Pulkkinen 2017, viitattu 7.2.2020; Soimakallio ym. 2005, 285 – 286; Wilkins 2017, 204 – 206.)

Periapikaalikuvauksessa kuvaan rajautuu hammas kokonaisuudessaan juuresta kruunuun sekä juuren ympärillä olevaa luukudosta. Periapikaalikuvauksessa yleisin kuvaustekniikka on paralleelitekniikka, jossa kuvareseptori on yhdensuuntaisesti kuvattavan hampaan kanssa ja röntgensädekeila on kohtisuoraan kuvareseptoria päin. Kuvaukseen asetetaan kuvareseptori pidikkeeseen, jonka avulla kuvareseptori saadaan aseteltua oikeaan kohtaan. Pidikkeisiin sisältyy usein tähtäysrengas, jonka avulla röntgenputki ja siten sädekeila kohdistetaan oikein; kohtisuorasti kuvareseptoria ja hampaita kohti. Etu- ja kulmahampaita kuvatessa kuvareseptori asetetaan vertikaalisesti ja taka- ja välihampaita kuvatessa kuvareseptori asetetaan horisontaalisesti. (White & Pharoah 2009, 109, 111.)

Bitewing-kuvissa kuvautuvat ylä- ja alaleuan hampaiston premolaarien ja molaarien kruunut ja niitä ympäröivän alveoliluun harjanteet. Bitewing-kuvaukseen on hyödyllinen hampaiden approksimaali- eli välipintojen kariesin havainnoinnissa etenkin, kun muutokset eivät ole vielä kliinisesti nähtävissä. Kuvista nähdään myös paikkojen alle muodostunut sekundääriskaries, hammasväleihin muodostunut hammaskivi ja voidaan arvioida ham-

paan kiinnityskudosten tilaa mittaamalla alveoliharjanteen muutoksia. Bitewing-kuvauksessa kuvareseptori asetellaan horisontaalisesti hampaiden sisäpuolelle ja potilas puree kuvareseptorinpidikkeen keskitasossa olevia siivekkeitä, jolloin kuvareseptori asettuu ylä- ja alahampaiden keskelle. Röntgenputki asetellaan osoittamaan hieman ylhäältä alaspäin, noin 10 astetta, vastaamaan potilaan okklusaalitasoa. (White & Pharoah 2009, 109, 135.)

Okklusaalikuvauksessa kuvataan hammaskaarta okklusaali- eli purupintatasossa. Kuvattava alue on laajempi, joten siihen tarvitaan tavallista suurempi kuvareseptori. Okklusaa-likuvausta käytetään aiemmin mainittuja tekniikoita harvemmin. Kuvausta käytetään esimerkiksi ylimääräisten tai väärin puhjenneiden hampaiden, sylkikivien ja leukaluiden murtumien paikallistamiseen. (White & Pharoah 2009, 147.)

Terveydenhuollon röntgentoiminta jaetaan kolmeen vaativuusluokkaan, joissa vaativuusluokka I on suppein ja vaativuusluokka III on vaativin luokka. Intraoraalilaitte kuuluu tavanomaisiin hammasröntgenlaitteisiin, joilla kuvataan suunsisäiselle kuvareseptorille. Kyseiset laitteet kuuluvat vaativuusluokkaan I. (Röntgentutkimukset terveydenhuollossa 2014, 15.) Röntgentoiminnan riskiarviointi ja vaativuusluokat perustuvat potentiaalisen säteilyaltistuksen suuruuteen ja poikkeavien tapahtumien todennäköisyyteen. Vaativuusluokan I toiminnassa kuvauksia saa tehdä hammaslääkäri, lääkäri, röntgenhoitaja tai terveydenhuollon ammattihenkilö, esimerkiksi suuhygienisti, joka on saanut ammatillisen koulutuksen hammasröntgenkuvauksiin. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 1044/2018 1.5 §)

Suomessa Säteilyturvakeskus on määritellyt hammasröntgentoimintaa koskevat säteilyturvallisuusvaatimukset vuonna 2019 julkaistussa määräyksessä. Intraoraaliröntgenlaitteen tulee täyttää määräyksessä esitetyt hyväksyttävyyksivaatimukset. Kuvausarvojen pitää olla sellaiset, joista potilaan säteilyaltistus voidaan arvioida. Röntgenputken fokuksen ja ihon välinen etäisyys tulee olla vähintään 20 cm röntgenputken jännitteen ollessa suurempi kuin 60 kV. Jännitteen ollessa 60 kV tai vähemmän iho-fokus-etäisyyden tulee olla vähintään 10 cm. Primäärisäteilyn kokonaissuodatuksessa pitää olla vähintään 2,5 mm alumiinia, kun kuvausjännite on suurempi kuin 70 kV. Kuvausjännitteen alittuessa 70 kV kokonaissuodatus pitää olla vähintään 1,5 mm alumiinia. Kuvausaika ei saa poiketa asetusarvosta enempää kuin 20 % + 1 ms. Muuten mitatun kuvausajan vaihtelukertoimen

on oltava pienempi kuin 10 %. Suuntausputken ja säteilykeilan poikkileikkausten keskiakselit eivät saa poiketa toisistaan enempää kuin ± 2 mm. Kenttäkoon halkaisija suuntausputken päässä ei saa olla suurempi kuin 6 cm. Annosnäytössä näkyvä virhe saa olla enintään 25 %. (Säteilyturvakeskuksen määräys säteilylähteiden käytönaikaisesta säteilyturvallisuudesta ja säteilylähteiden ja käyttötilojen poistamisesta käytöstä 2019, 13 – 17.)

2.4 Potilaan säteilysuojelu intraoraalikuvantamisessa

Röntgensäteilyn käyttöä ohjaa säteilysuojelun periaatteet, jotka ovat oikeutus, optimointi ja yksilön suoja. Oikeutusperiaate käytäntöön sovellettuna tarkoittaa, että sellainen toiminta, joka aiheuttaa ihmisille säteilyaltistusta, on sallittava ainoastaan, jos toiminnasta saatava hyöty on riittävän suuri kompensoimaan altistuksesta saadun haitan yksilölle tai yhteiskunnalle. Säteilysuojelun optimointiperiaatteessa huomioidaan yksilöannokset ALARA -periaatteen mukaisesti, missä toiminnasta aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin kuvantamiseen nähden on mahdollista huomioiden ottaen taloudelliset ja sosiaaliset tekijät. Yksilönsuojaperiaatteessa yksilön säteilyaltistuksen ei tule ylittää asetuksessa vahvistettuja vertailutasojen enimmäisarvoja. (Säteilylaki 859/2018 2. 5 § – 7 §; Wilkins 2017, 216.)

Säteilyturvakeskuksen määräyksessä S/4/2019 hammaskuvauksen ylämolaari-projektion pinta-annoksen vertailutasoksi on asetettu 2,5 mGy. Saavutettavissa oleva annostaso aikuisille on 1,7 mGy, jossa pyritään pitämään maksimi säteilyannos alle 1,7 mGy. Vertailutasolla tarkoitetaan etukäteen määriteltä röntgentutkimuksen säteilyannostasoa, jonka ei oleteta ylittyvät normaalikokoiselle potilaalle tehdyssä tutkimuksessa. (Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa 2019, 21 – 22.)

Kilpirauhanen on yksi säteilysensitiivisimmistä elimistä pään ja kaulan alueella. Euroopan komission antaman ohjeistuksen “Radiation Protection” mukaisesti kilpirauhassuojaa tulisi käyttää aina, kun kilpirauhanen on primäärikeilan alueella tai lähellä sitä. Suojaa tulisi käyttää etenkin nuoremmilla, alle 30-vuotiailla henkilöillä. Kilpirauhassuojan käyttö intraoraalikuvauksessa voi olla lähes aina indikoitua, sillä se on helppokäyttöinen,

helposti saatavilla ja suojan käyttö vähentää merkittävästi kilpirauhasen saamaa säteilyannosta. (Crane & Abbott 2016, 279; Radiation Protection No. 136, 2004, 49 – 50.)

Potilaan raskaus tai epäilty raskaus ei ole este kuvaukselle, mikäli kuvaus on oikeutettu. Hammasröntgenkuvauksissa kuvauskohde on kaukana vatsan ja lantion alueelta, joten sikiöön kohdistuva säteilyannos on hyvin alhainen, jolloin kehittyvään sikiöön kohdistuva riski on myös alhainen. Sikiö saa pääosin sironnutta säteilyä, mutta säteily on alle 1 % vuosiannosrajasta. Lyijykumiesiliinan rutiininomainen käyttö ei ole välttämätöntä, mutta sen käyttö voi olla suositeltavaa potilaan turvallisuudentunteen lisäämiseksi. On myös todettu, että lyijykumiesiliinan käyttö suojaisi rintakudosta sädeannokselta, mutta tässäkään tapauksessa suojan käyttö ei ole välttämätöntä. (Radiation Protection No. 136, 2004, 36 – 37; Kellaranta, Ekholm, Toroi & Kortensniemi 2016, 1, 6.)

2.5 Henkilökunnan ja tukihenkilöiden säteilysuojelu

Työntekijöiden säteilyaltistus on pidettävä mahdollisimman alhaisena. Röntgentutkimuksen aikana kuvaushuoneessa tulisi olla vain potilas ja hänen turvallisuutensa kannalta välttämättömät henkilöt, kuten tukihenkilö. Tukihenkilön tulisi olla vapaaehtoinen, yli 18-vuotta täyttänyt ja hän ei voi olla raskaana oleva nainen. Tukihenkilöt tulee suojata säteilyltä asianmukaisesti esimerkiksi lyijykumiesiliinalla ja he eivät saa olla primääri-keilan kohteena. Heitä tulee informoida säteilyaltistuksesta ja sen merkityksestä. Työntekijän ollessa tukihenkilö työntekijöiden tulisi vaihdella tehtävää usean työntekijän kesken. (Säteilylaki 859/2018 13:112.1 §; Röntgentutkimukset terveydenhuollossa 2014, 7 – 8.)

Työssään säteilylle altistuvien eli säteilytyöntekijöiden saamaa säteilyaltistusta on rajoitettu säätämällä annosrajat. Säteilytyöntekijän vuosittainen efektiivinen annos ei saa ylittää 20 mSv. Silmän mykiön ekvivalenttiannos ei saa olla yli 100 mSv viidessä vuodessa tai yli 50 mSv yhtenä vuotena. Yhden neliösenttimetrin kokoisen ihoalueen ja käsien, käsivarsien, jalkaterien ja nilkkojen ekvivalenttiannos ei saa ylittää 500 mSv vuodessa. (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018 3. 13 §; Röntgentutkimukset terveydenhuollossa 2014, 7 – 8.)

Röntgenkuvaa otettaessa kuvaushuoneessa pitää huomioida sironnut säteily. Kuvan ottajan oikea ja hyvä kuvauspaikka olisi lyijylasien takana, josta on hyvä näköyhteys potilaaseen. Jos suojaa ei ole, etäisyyttä pitää kasvattaa mahdollisimman paljon minimissään kaksi metriä potilaaseen ja säteilylähteeseen, eikä kuvaajan tulisi olla primäärikeilan suunnassa. Kuvan ottajan tai tukihenkilön seisoessa potilaan vieressä pienimmän annoksen seisomapaikkaa voidaan kuvata asteilla, missä 0° on suoraan potilaan edessä, 180° takana ja 90° molemmilla sivuilla. Etuhampaita kuvattaessa pienimmän annoksen seisomapaikka on 90° ja 135° välillä. Muissa kuin etuhampaan kuvauksessa paikka on säteilylähteen suuntaisesti potilaan pään takana 45° kulmassa. (Wilkins 2017, 217; Säteilyturvakeskus 2011, 7.)

European Society of Radiology:n vuonna 2014 julkaisemassa artikkelissa selvitettiin sopivinta sijaintia kuvanottajalle ympäristöön jakautuneen sironnan perusteella. Kuvaus otettiin potilaan oikealta puolelta 45° kulmassa horisontaalitasossa. Tutkimuksen tuloksena paras paikka kuvan ottajalle on röntgenputken takana, jossa annos oli $9,4 \mu\text{Sv/h}$. Sama annos saadaan olemalla 90° röntgenputken oikealla puolella. (Willis, Green & Cobb 2014.) Dentomaxillofacial Radiology lehdessä julkaistu artikkeli vahvistaa European Society of Radiology artikkelin tuloksen. Artikkelissa on tutkittu kuvan ottajan turvallisuutta kannettavan intraoraalilaitteen röntgenkuvauksissa vuonna 2018. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuvan ottajan säteily suojausta ja -annoksia kannettavalla intraoraalilaitteella kuvattaessa. Tutkimuksen tuloksena havaittiin, että kannettavan laitteen käyttö ei lisää kuvan ottajan säteilyriskiä, jos laitetta käytetään valmistajan ohjeiden mukaisesti. Pienin annos oli intraoraalilaitteen takana $140^\circ - 220^\circ$ välillä ja suurimman annoksen alue oli sen edessä. (Rottke, Gohlke, Schrödel, Hassfeld & Schulze 2018, 1 – 9.)

Paras suoja sironneelta säteilyltä on etäisyys säteilylähteestä, potilaasta, sekä primäärikeilan suunnasta. Säteilyn edetessä ilmassa säteily vaimenee. Säteilyn voimakkuus noudattaa käänteisen neliön lakia. Esimerkiksi kaksinkertaisen etäisyyden päässä säteilylähteestä säteilyn määrä on yksi neljäsosa alkuperäisestä, kolminkertaisen matkan päässä yhdeksäsosa ja nelinkertaisen matkan päässä kuudestoistaosa. (Kim 2018, 145; Santos, Uusi-Simola, Kaasalainen, Aho & Venermo, 2020.)

Eurooppalaisen ohjeistuksen mukaan yli 1,5 metrin etäisyyden tulisi rajoittaa vuotuisen säteilyannoksen alle 1 mSv:iin, jos työmäärä on alle 100 intraoraalikuvausta viikossa. Kansainvälisen ohjeistuksen mukaan etäisyyden potilaaseen suositellaan olevan 2 – 3 metriä. On myös tärkeää, että kukaan ei ole primäärikeilan suunnassa ja, että röntgenputki ei osoita ovelle tai ei kohdistu säteilyä suojatulle alueelle. Yleisesti ajatellaan, että henkilöiden, joita ei tarvita röntgenkuvan ottoon, on hyvä poistua huoneesta kuvauksen ajaksi. (Radiation Protection No. 136, 2004, 87.)

2.6 Aiemmat tutkimukset

Tutkimustamme vastaavia sironnan mittauksia on tehty osana aiempia Oulun ammatti- korkeakoulussa tehtyjä opinnäytetöitä. Vuonna 2017 Juha Heikkinen ja Pasi Sepponen ovat mitanneet siroavan säteilyn jakautumista ja sen annosnopeutta hammaslääketieteellisessä radiologiassa käytetyn KKTT-laitteen ympäristössä kolmelta eri korkeudelta. Tutkimuksessa oli todettu, että etäisyys vähentää merkittävästi säteilyaltistusta, sekä laitteen takana sironneen säteilyn määrä oli infektiotutkimusta vastaavissa mittauksissa pienempi kuin laitteen sivuilla ja edessä. Tällöin hampaiston tutkimuksessa mahdollisen kiinnipitäjän tai henkilökunnan turvallisin paikka on siis potilaan takana. (Heikkinen & Sepponen 2017.)

Minna Väänänen oli opinnäytetyössään vuonna 2014 mitannut säteilyannoksien sironnan jakautumista kasvojen alueella KKTT-tutkimuksissa Philipsin DoseAware-annosmittausjärjestelmällä metrin päästä yhdellä tasolla. Hänen tutkimustulostensa perusteella “annokset muuttuvat melko pieniksi etäisyyden kasvaessa kuvauskohteeseen”. (Väänänen 2014.) Vuonna 2016 Elli Keskinarkaus ja Minna Kärnä tekivät opinnäytetyön sironneen säteilyn annosnopeuksien mittauksesta simuloitussa TT-ohjatussa toimenpiteessä tavoitteenaan selvittää sironnan määrää ja suuntaa. Mittaus suoritettiin DoseAware-järjestelmällä. Heidän tutkimustulostensa mukaan siroavan säteilyn annosnopeudet pienenevät sitä mukaan, mitä kauemman edettiin säteilylähteestä, mittauskulmista tai -korkeuksista riippumatta. (Keskinarkaus & Kärnä 2016.) Hanna Hautamäki ja Elina Tikkakoski olivat vuonna 2015 tehneet tutkimuksen sironnasta eläinröntgentutkimuksissa. Tutkimuksen mittaukset suoritettiin aidoissa röntgentutkimustilanteissa DoseAware-mittausjärjestelmällä. Tutkimustuloksissa ei varsinaisesti etäisyyden vaikutusta sirontaan, vaan tutkimustuloksiin vaikutti enemmän kuvausarvot, -kohteet ja mittarien sijoittelu. (Hautamäki

& Tikkakoski 2015.) Verrattuna edellisiin tutkimuksiin, tässä tutkimuksessa mitattiin useammassa mittapisteessä ja tasoissa tarkemmalla mittalaitteistolla.

3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUS- ONGELMA

Tutkimussuunnitelmassa kuvataan tutkimuksen tarkoitus, tavoitteet ja tutkimusongelmat. Tavoitteet määritellään usein kertomalla, miten tuotettavaa tietoa voidaan hyödyntää. Tutkimusongelmat perustuvat tutkimuksen tarkoitukseen ja tavoitteisiin ja ne muotoillaan usein kysymysmuotoon. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2017, 99.)

Tutkimuksen tarkoitus määrittää usein tutkimusstrategisen suunnan. Määrälliset tutkimukset joko selittävät, kuvaavat, kartoittavat, vertailevat tai ennustavat tutkittavia asioita, ominaisuuksia tai ilmiöitä. Tapahtuman, ilmiön, tilanteen tai henkilön keskeisimpien piirteiden esittäminen tai luonnehtiminen on *kuvailevaa* tutkimusta. (Vilka 2007, 20; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 133 – 134.)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli *kuvaillla* säteilyn sirontaa intraoraalitutkimuksessa sirontakartan avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa intraoraalikuvauksessa syntyvästä sironnasta. Tutkimuksesta saatua tietoa voidaan hyödyntää sirontaa käsittelevissä tulevaisuuden tutkimuksissa ja laitteen kanssa toimivan henkilökunnan ja mahdollisten tukihenkilöiden säteilyturvallisuuden edistämässä.

Tutkimusongelmat tässä opinnäytetyössä ovat seuraavat:

- Kuinka suuria ovat siroavan säteilyn annokset intraoraalilaitteen lähiympäristössä bitewing-aluetta kuvattaessa?
- Kuinka suuria ovat siroavan säteilyn annokset intraoraalilaitteen lähiympäristössä ylätuhampaita kuvattaessa?
- Kuinka suuria ovat siroavan säteilyn annokset intraoraalilaitteen lähiympäristössä alaetuhampaita kuvattaessa?

4 TUTKIMUSMETODOLOGIA

Tutkimustieteen metodologia jakautuu yleensä kahteen: kvantitatiiviseen ja kvalitatiiviseen tutkimukseen. Hoitotieteessä on perinteisesti käytetty kvalitatiivisen tutkimuksen keinoja hyödyntäen kyselyitä, haastatteluja ja havainnoiteja. Hoitotieteessä vähemmän käytetty kvantitatiivinen tutkimus perustuu mitattavissa oleviin tietoihin. Kvantitatiivisen tutkimuksen alkujuuret ovat luonnontieteissä. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2017, 53; Vilkka 2007, 135.) Tämä opinnäytetyö toteutetaan kvantitatiivisena tutkimuksena.

Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus keskittyy muuttujien mittaamiseen, tilastollisten menetelmien käyttöön ja muuttujien välisten yhteyksien tarkasteluun. Määrällinen tutkimus kuvataan yleensä objektiivisena tutkimustapana, jonka tutkimustulokset ovat tutkijasta riippumattomia. Määrällisen tutkimuksen menetelmässä annetaan yleinen kuva muuttujien eli mitattavien ominaisuuksien välisistä suhteista ja eroista. Tutkittavia asioita ja niiden ominaisuuksia tarkastellaan yleisesti kuvaillen numeroiden avulla. Olennainen numerotieto tulkitaan ja selitetään sanallisesti. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2017, 55; Vilkka 2007, 13 – 14.)

Tutkimusstrategisesti tutkimuksemme noudatteli kokeellisen tutkimuksen perusteita. Kokeellinen tutkimus perustuu määriteltyjen muuttujien välisen yhteyden mittaamiseen eli mittaamaan opinnäytetyössämme ympäristöön siroavan säteilyn annosta. Kokeellisessa tutkimuksessa järjestetään koeolosuhteet ja olosuhteita muutetaan harkitusti ja systemaattisesti. (Hirsjärvi ym. 2007, 130.)

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimusongelma ohjaa sitä, millaista tutkimusaineistoa hankitaan ja miten aineiston keruu toteutetaan. Määrällisen tutkimuksen aineisto voi koostua mistä tahansa mitattavasta tai mitattavaksi muutettavasta informaatiosta. (Vilka 2007, 30 – 31.)

Mittaus toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulun röntgensimulaatiotilassa käyttäen välineistönä Planmeca ProX-intraoraalilaitetta, RaySafe –mittauslaitteistoa ja siihen kuuluvaa Survey-sensoria, joka on tarkoitettu vuoto- ja sirontamittausten tekemiseen, sekä CIRS ATOM 711 – HN -pääfantomia, joka vastaa radiografisilta ominaisuuksiltaan ihmisen päässä olevia kudoksia. Kuvareseptoria ei voitu asettaa pääfantomin suuhun, joten mittaus tehtiin ilman kuvareseptoria. Laitteiston toimintakunto oli tarkistettu suorittamalla OAMK:lle laaditun laadunvarmistusohjeen mukaiset testit. RaySafe mittari oli kalibroitu 2018. Tutkimuksemme suoritettiin simuloitussa kuvaustilanteessa, joten tutkimustulokset eivät vastaa täysin todellista kuvaustilannetta.

5.1 Aineiston keruu

Luonnon ilmiöitä voidaan luokitella ja ryhmitellä mittaamalla. Tutkimuksemme aineistonkeruu suoritettiin tekemällä mittaus. Mitattavana oli sironneen säteilyn annos simuloitussa kuvaustilanteessa. Mitattujen arvojen perusteella aineisto analysoitiin luomalla ympäristön sirontakartta. (Vilka 2007, 16.) Käytämme tutkimuksessamme samankaltaista mittausmenetelmää kuin Heikkisen ja Sepposen (2017) opinnäytetyössä.

Mittauskuvauksessa käytettiin kilpirauhassuojaa, kuten oikeassakin kuvauksessa. Normaalisti kuvaputken asettelu määräytyy sen perusteella, mihin kuvareseptorinpidike asetuu potilaan suussa potilaan sitä purressa. Pääfantom ei mahdollista kuvareseptorinpidikkeiden käyttöä, joten röntgenputki aseteltiin vastaavaan kuvausprojektiioon suositeltujen kuvauskulmien mukaisesti. Kuvareseptorin puuttuminen on voinut osaltaan vaikuttaa sironneeseen säteilyyn ja siten tutkimustuloksiimme.

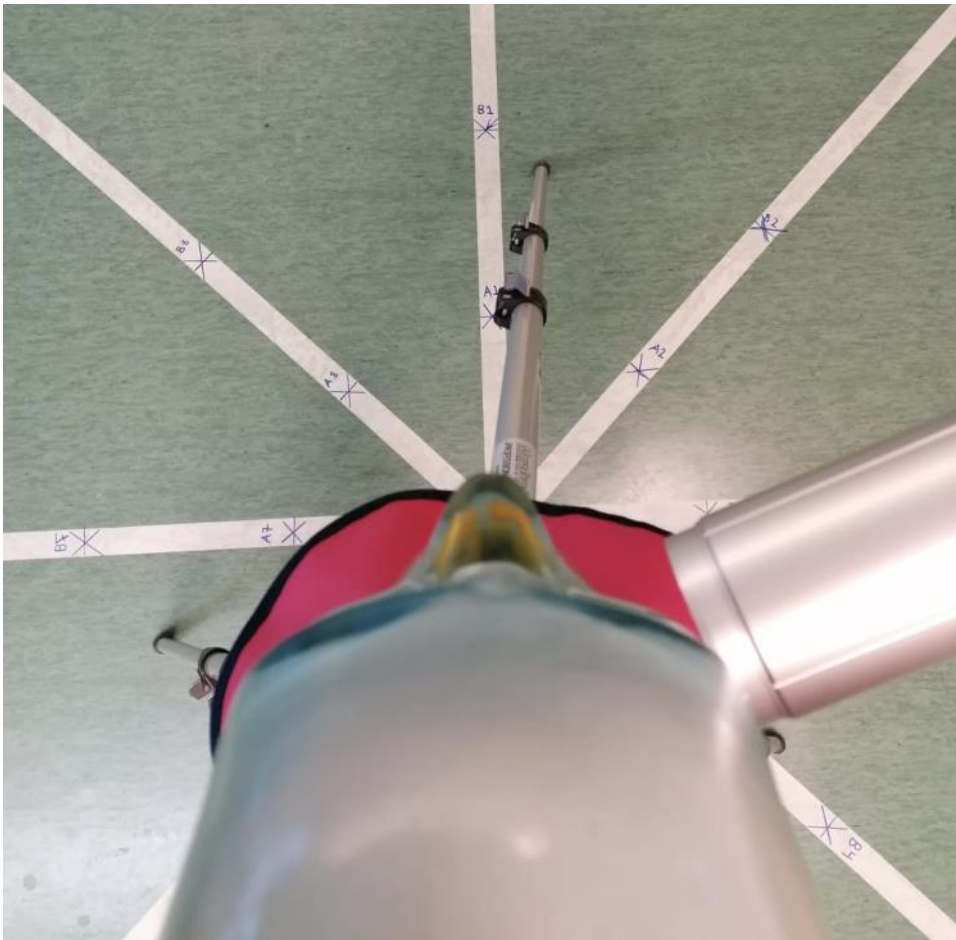
Valitsimme 3 kuvausprojektiota: Bitewing-kuvaus, yläetuhampaan kuvaus ja alaetuhampaan kuvaus. Bitewing-kuvan valitsimme koska se on yleisesti käytetty tutkimus, jossa kuvataan sivultapäin posken kohdalta, jolloin havaitsimme sironnan määrän sivusuunnassa. Poskihampaiden periapikaalisia kuvauksia suoritetaan lähes samoista kuvausprojektioista kuin bitewing-kuvat, joten emme tutkineet näitä kuvausprojektioita erikseen. Etuhammaskuvien mittauksilla saimme tietoa vertikaalisten kulmien vaikutuksesta mitaustuloksiin. Bitewing- ja etuhammaskuvaukset otetaan eri kuvausarvoilla, joten saimme tietoa kuvausarvojen muutoksen vaikutuksesta sirontaan. Kuvaus tehtiin käyttäen Planmeca ProX-intraoraalilaitteen aikuisen vakio kuvausjännitettä (kV), putkivirtaa (mA), sekä valotusaikaa (s), jotka on vakioitu eri kuvausprojektioille. Bitewing- sekä yläetuhampaan kuvauksessa kuvausarvot olivat: 60 kV, 7 mA ja 0,1 s. Alaetuhampaan kuvauksessa kuvausarvot olivat: 60 kV, 7 mA ja 0,08 s. (Planmeca Oy.)

Bitewing-kuvauksessa röntgenputken suuntaus vertikaalisessa suunnassa oli -10° ja horisontaalinen suuntaus oli $70^\circ - 80^\circ$ kulmassa suhteessa keskisagittaalilinjaan. (Therapia Odontologica 2018, Bitewing-kuvaus, viitattu 10.2.2020.) Etuhammaskuvissa molempien kuvausten keskisäde suunnataan suoraan edestäpäin pään keskisagittaalitasoon suuntaisesti. Yläetuhampaan kuvauksessa sädekeila suunnataan $-15^\circ - 25^\circ$ kulmassa. Alaetuhampaan kuvauksessa sädekeila suunnataan $+0^\circ - 15^\circ$ kulmassa. Oikeassa tilanteessa potilaan tulisi nojata päätään taaksepäin, jolloin kuvauskulma olisi 0° , mutta fantomia ei pystytty asettamaan taaksepäin nojaavaan asentoon, joten kuvasimme tämän projektion $+15^\circ$ kulmassa. (Therapia Odontologica 2018, Periapikaalikuvaus, viitattu 10.2.2020.)

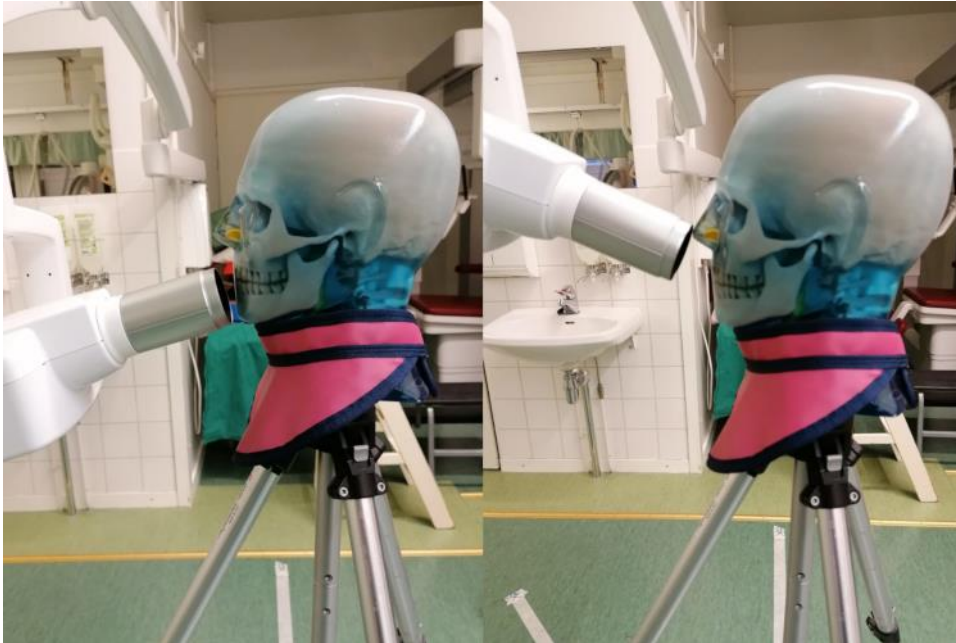
Käyttämämme röntgenputken suuntaukset vertikaalisessa ja horisontaalisessa suunnassa on esitetty taulukossa 1. Kuvio 1 kuvaa röntgenputken asettelua bitewing-kuvausprojektiossa. Kuvio 2 kuvaa alaetuhampaan ja yläetuhampaan kuvausprojektioissa käytettyjä röntgenputken suuntauksia.

TAULUKKO 1. Tutkimuksen kuvausprojektiot.

Kuvausprojektio	Vertikaalinen suunta	Horisontaalinen suunta
Bitewing-kuvaus	Ylhäältä alaspäin -10°	Keskisagittaalitasosta 80°
Yläetuhampaan kuvaus	Ylhäältä alaspäin -20°	Keskisagittaalitasoon suuntaisesti
Alaetuhampaan kuvaus	Alhaalta ylöspäin $+15^{\circ}$	Keskisagittaalitasoon suuntaisesti



KUVIO 1. Röntgenputken asettelu bitewing-kuvausprojektiiossa.



KUVIO 2. Röntgenputken asettelu. Vasemmalla alaeetuhampaan kuvausprojektio ja oikealla yläetuhampaan kuvausprojektio.

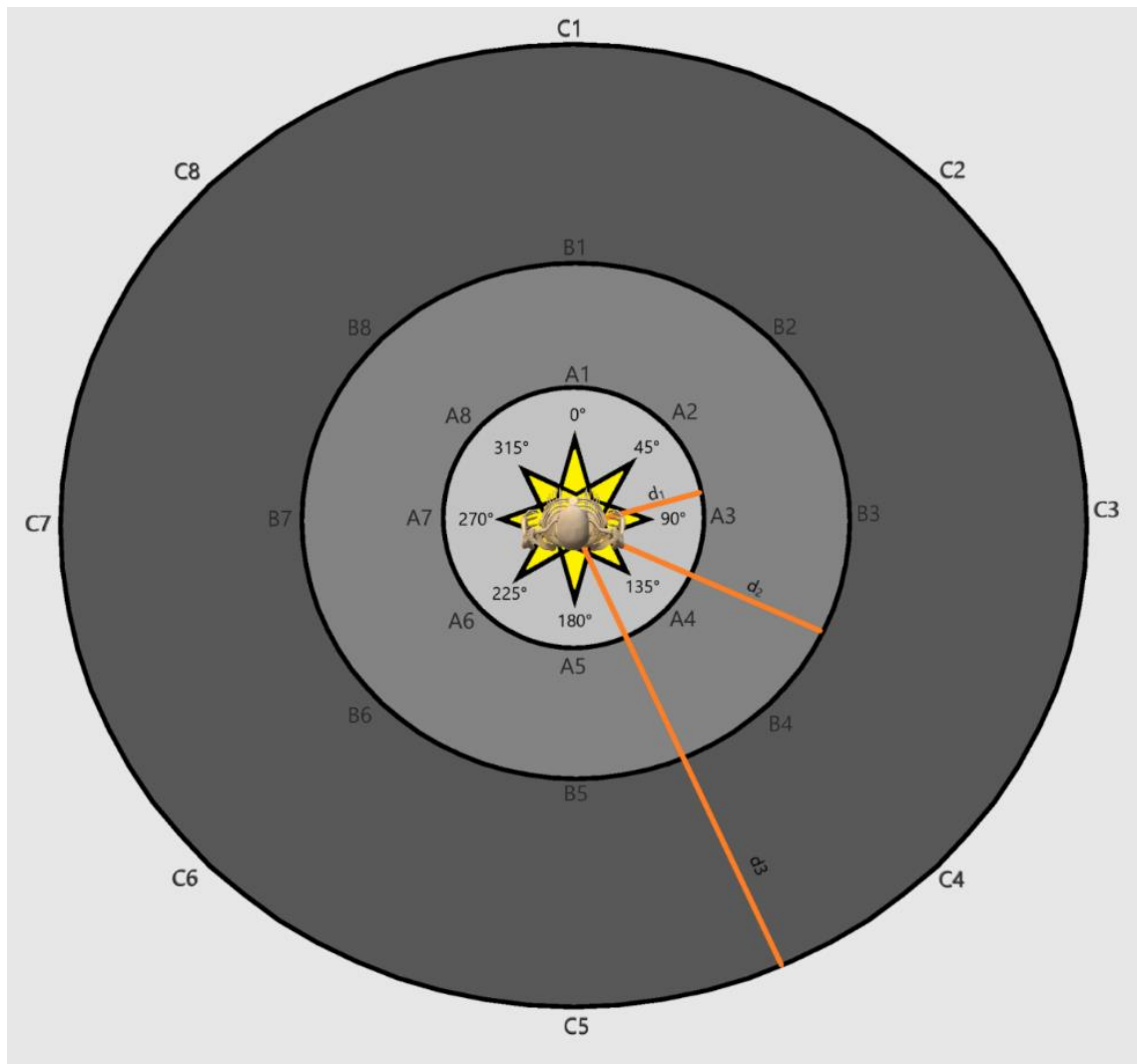
Sirontaa mitattiin eri etäisyyksiltä pääfantomista, joka sijoitettiin mahdollisimman keskelle huonetta röntgenputken liikkuvuuden mukaan. Kuvio 3 havainnollistaa mittauspisteiden sijainnin. Mittauspisteet oli aseteltu kolmelle eri etäisyydelle keskipisteestä muodostaen kolme kehää. Etäisyydet olivat d_1 : 30 cm, d_2 : 60 cm ja d_3 : 120 cm.

Kuviossa 3 pääfantomin edessä on 0° ja asteet kasvavat myötäpäivään. Kaikissa eri etäisyyksissä on kahdeksan eri mittauspistettä 45° asteen välein, jossa ensimmäinen piste oli 0° asteen kulmassa ja kasvoi myötäpäivään. Mittauspisteet on nimetty A1 – A8 etäisyydellä d_1 , B1 – B8 etäisyydellä d_2 ja C1 – C8 etäisyydellä d_3 .

Sirontamittaus tehtiin kolmelta eri korkeudelta, jotka määritettiin arvioimalla kuvitteellisen potilaan korkeus potilastuolilla istuessa. Kolme korkeutta valittiin 20 cm erotuksella. Korkeudet olivat lattiasta mitattuna h_1 : 134 cm, h_2 : 114 cm ja h_3 : 94 cm. Korkeus 114 cm vastaa pääfantomin purentatasoa, jolloin 134 cm sijoittuu pääfantomin yläpuolelle ja 94 cm pääfantomin alapuolelle.

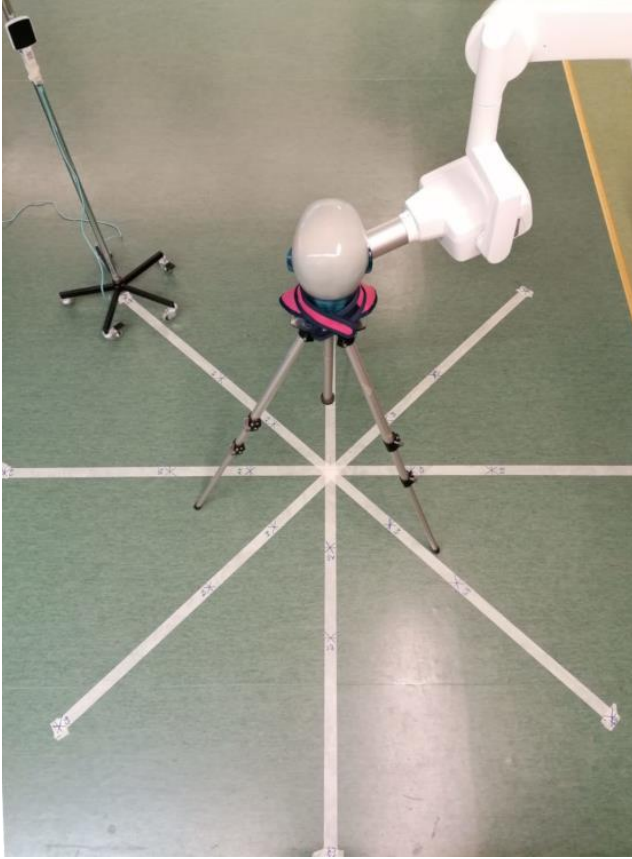
Toistettavuuden tarpeen arvioimiseksi mittasimme ensimmäiset mittaukset pisteen A5 kohdalta kolme kertaa kaikilta korkeuksilta. Näiden mittaustulosten perusteella laskimme

saadun annoksen keskiarvon (Liite 1). Keskiarvon perusteella totesimme, että sirontamittari oli tarpeeksi tarkka, eikä samasta pisteestä tarvitse mitata useita kertoja. Lopuissa mittauspisteissä mittaus suoritettiin vain kerran. Mittaustulokset kirjattiin mittauspöytäkirjaan (Liite 1 – Liite 3). Etuhampaiden kuvauksissa A1 mittauspisteestä ei tehty mitauksia, sillä intraoraalilaite sijoittui mittauspisteen kohdalle.



KUVIO 3. Mittauspisteet yläsuunnasta.

Merkitsimme keskipisteen kohtisuorasti pääfantomin alapuolelle lattiaan. Mittasimme etäisyydet keskipisteestä mittauspisteisiin mittanauhalla ja kulmaviivoittimella, ja merkitsimme ne lattiaan (katso kuvio 4). Kuviossa 4 näkyy myös Survey-sensori kiinnitettynä tippatelineeseen 114 cm korkeudella mittauspisteessä C8.



KUVIO 4. Kuvausasetelma. Kuvassa bitewing-kuvausprojektio, merkatut mittauspisteet lattiasa sekä Survey-sensori vasemmalla ylänurkassa.

5.2 Aineiston analysointi

Aineiston analyysia ohjaa tutkimuksessa määritellyt tutkimusongelmat. Tällöin aineiston analysointiin valitaan sellainen tapa, joka tuo parhaiten vastauksen ongelmaan. Tutkimusta tehdessä tähdätään aineiston analysointiin, tulkintaan ja johtopäätösten tekoon. Ennen varsinaista aineiston analysointia aineisto on tarkistettava ja järjestettävä. (Hirsjärvi ym. 2007, 216 – 217, 219.)

Aineiston analysointitapamme valikoitui tutkimusongelmiemme perusteella. Tutkimuksemme mittaustulokset tarkistettiin ja aineisto järjestettiin yhdistämällä yhden projektion kaikkien mittauspisteiden sironta-annokset samaan taulukkoon (liite 1 – liite 3). Näiden mittaustulosten perusteella muodostettiin horisontaalitason sirontakartat jokaiselle kuvausprojektiolle kolmelta eri korkeudelta, jotka havainnollistavat visuaalisesti annoksia laitteen ympärillä. Tuotetun sirontakartan avulla tulkittiin ympäristöön levinneen sironavan säteilyn annos ja suunta.

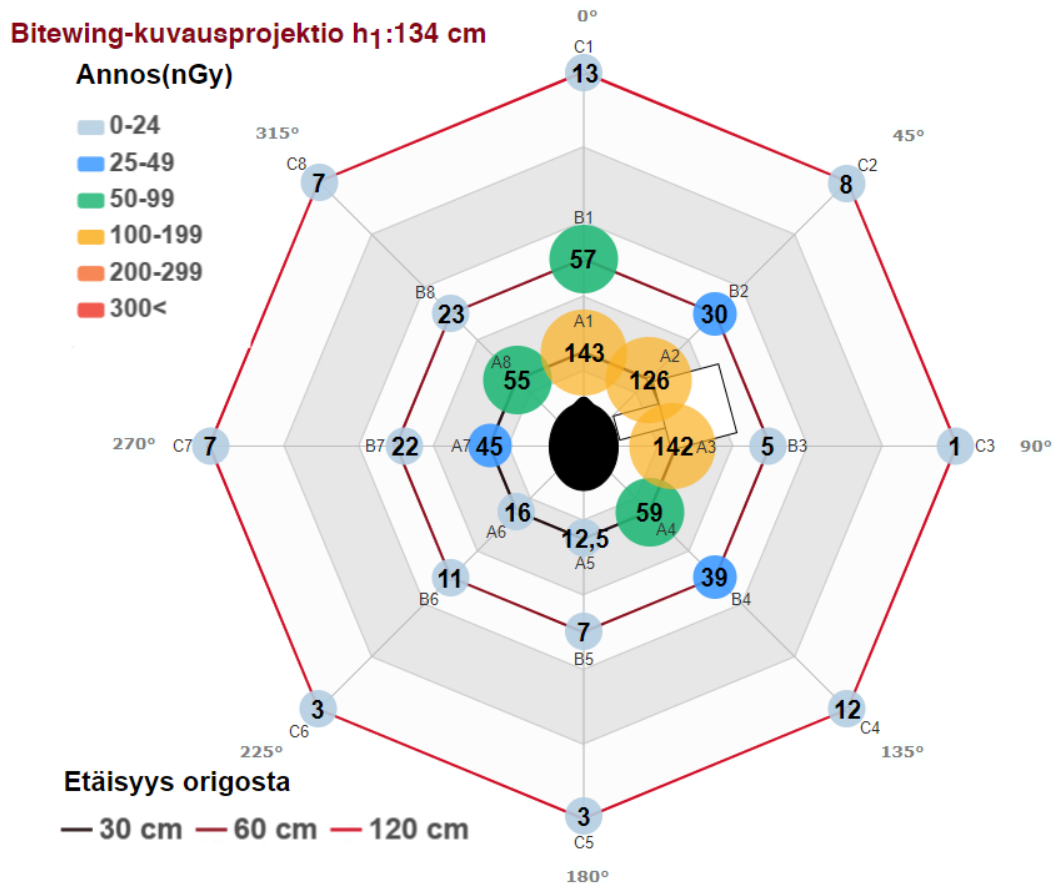
6 TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimustulosten esittelyyn loimme itse sirontakartat vastaamaan haluamaamme havainnollistamistapaa. Seuraavat kuviot (kuvio 5 – kuvio 13) ovat mittaustuloksista muodostettuja sirontakarttoja. Sirontakarttojen mittauspisteet vastaavat kuvion 2 mittauspisteitä. Sisin kehä vastaa d_1 (30 cm) etäisyyttä origosta, jonka mittauspisteet ovat A1 – A8. Keskimäinen kehä vastaa d_2 (60 cm) etäisyyttä origosta, jonka mittauspisteet ovat B1 – B8. Uloin kehä vastaa d_3 (120 cm) etäisyyttä origosta, jonka mittauspisteet ovat C1 – C8. Sirontakartoissa annos ilmoitetaan yksikössä nGy. Annokset ovat jaoteltu kuuteen suuruusluokkaan, joille on määritelty kuviossa omat värinsä ja ympyröiden koko.

Sirontakarttojen perusteella jo 60 cm etäisyys pääfantomista pienentää säteilyä merkittävästi. Etäisyydellä 120 cm, jossa mitattiin pienimmät annokset, säteilyn määrä oli melkein olematon, mutta ei kokonaan hävinnyt. Mitatuissa annosmäärissä korostui käänteisen neliön lain mukainen vaimeneminen etäisyyden funktiona (ks. Kim 2018, 145; Santos ym. 2020). Suurimmat annokset todettiin keskikorkeudella, eli 114 cm korkeudella kaikissa kuvaprojektioissa röntgenputken vierestä.

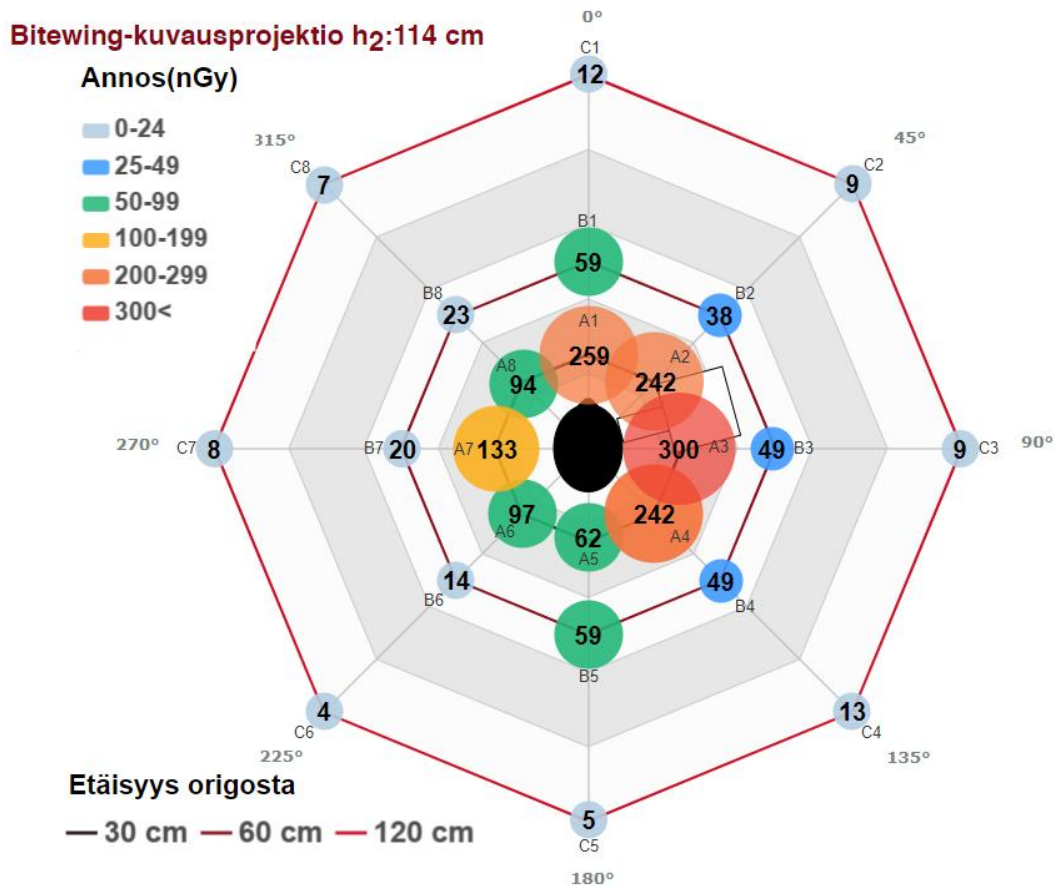
6.1 Sironta bitewing-kuvauksessa

Bitewing-kuvausprojektion sironta-annokset korkeudelta 134 cm nähdään kuviossa 5. Suurimmat annokset olivat mittauspisteissä A1 – A3, joissa annokset olivat 126 – 143 nGy. Seuraavaksi suurimmat annokset olivat mittauspisteissä A4, A8 ja B1, joissa annokset olivat 55 – 59 nGy. Mittauspisteissä A7, B2 ja B4 annokset olivat 30 – 45 nGy. Pienimmät annokset (alle 23 nGy) olivat mittauspisteissä A5, A6, B3, B5 – B8, sekä C1 – C8.



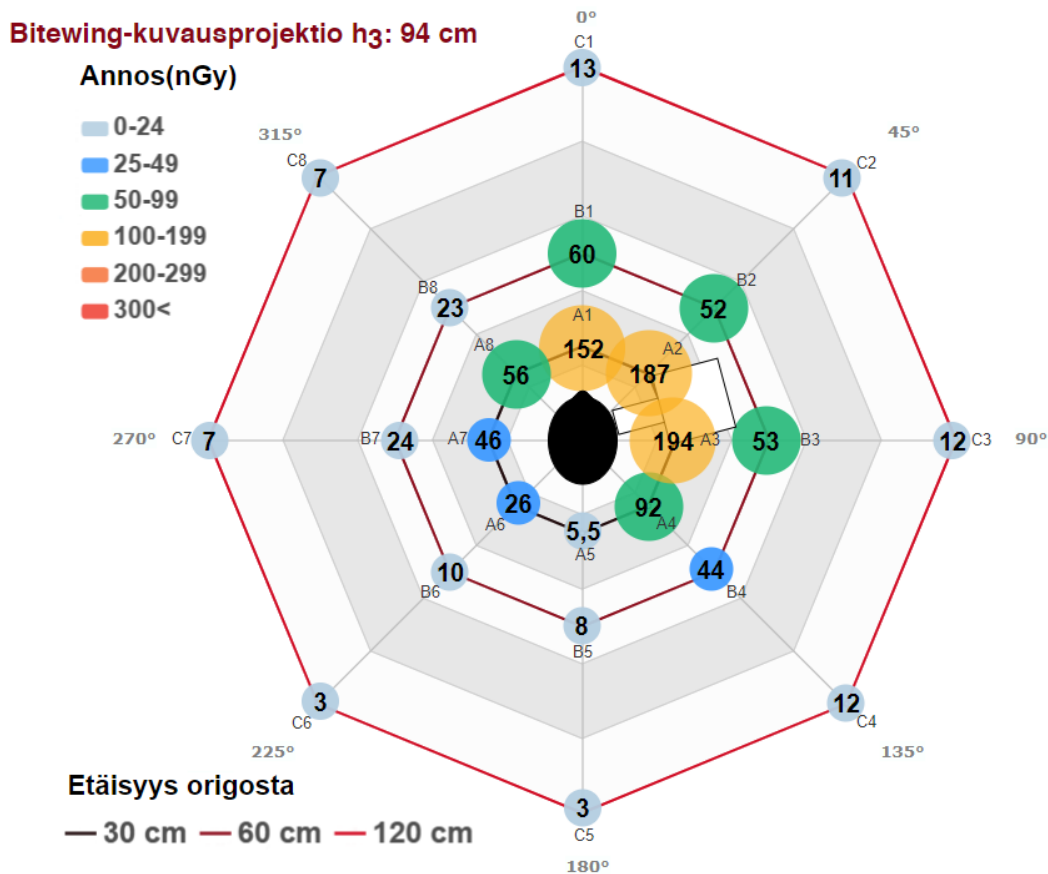
KUVIO 5. Sirontakartta bitewing-kuvausprojektiosta korkeudelta h_1 (134 cm).

Kuviosta 6 nähdään sirontakartta bitewing-kuvausprojektiosta 114 cm korkeudelta. Suurin annos (300 nGy) oli mittauspisteessä A3. Toiseksi suurimmat annokset olivat pisteissä A1, A2 ja A4, joissa annos oli 242 – 259 nGy. Seuraavaksi suurin annos oli mittauspisteessä A7, jossa annos oli 133 nGy. Mittauspisteissä A5, A6, A8, B1 ja B5 annokset olivat 59 – 97 nGy. Toiseksi pienimmät annokset olivat pisteissä B2 – B4, joissa annokset olivat 38 – 49 nGy. Pienimmät annokset (alle 23 nGy) olivat mittauspisteissä B6 – B8 ja C1 – C8.



KUVIO 6. Sirentakartta bitewing-kuvausprojektiosta korkeudelta h₂ (114 cm).

Kuviossa 7 on esitetty 94 cm korkeudelta mitatut annokset bitewing-kuvausprojektiosta. Suurimmat annokset olivat A1 – A3, joissa annokset olivat 152 – 194 nGy. Toiseksi suurimmat annokset mitattiin mittauspisteistä A4, A8 ja B1 – B3, joiden annokset olivat 52 – 92 nGy. Toiseksi pienimmät annokset olivat pisteissä A6, A7 ja B4, joissa annokset olivat 26 – 46 nGy. Pienimmät annokset olivat alle 24 nGy ja ne mitattiin pisteistä A5, B5 – B8 ja C1 – C8.



KUVIO 7. Sirontakartta bitewing-kuvausprojektiosta korkeudelta h_3 (94 cm).

Bitewing-kuvausprojektion kuvioista 5 – 7 voidaan päätellä, että sironta röntgenputken vieressä oli suurempi kuin primäärikeilan suunnasta potilaan läpi mennyt säteily. Mittausten perusteella pienimmän annoksen sijainti oli 225° kulmassa kaikilla korkeuksilla ja etäisyyksillä, jossa olisi turvallisin seisomapaikka. Primäärikeilan aiheuttamaa annosta voidaan havainnoida korkeudella 114 cm. Kuviossa 6 mittauspiste A7 oli primäärikeilan suunnassa, joka selittäisi mittauspisteen suuren annoksen (133 nGy) verrattuna sen vieressä oleviin mittauspisteisiin A6 (97 nGy) ja A8 (94 nGy). Ylemmällä tai alemmalla korkeudella mittauspisteen A7 annokset ovat pienempiä. Kuviossa 7 mittauspisteessä B7 annos ei ole laskenut juurikaan pisteestä A7, koska sekin on ollut primäärikeilan suunnassa.

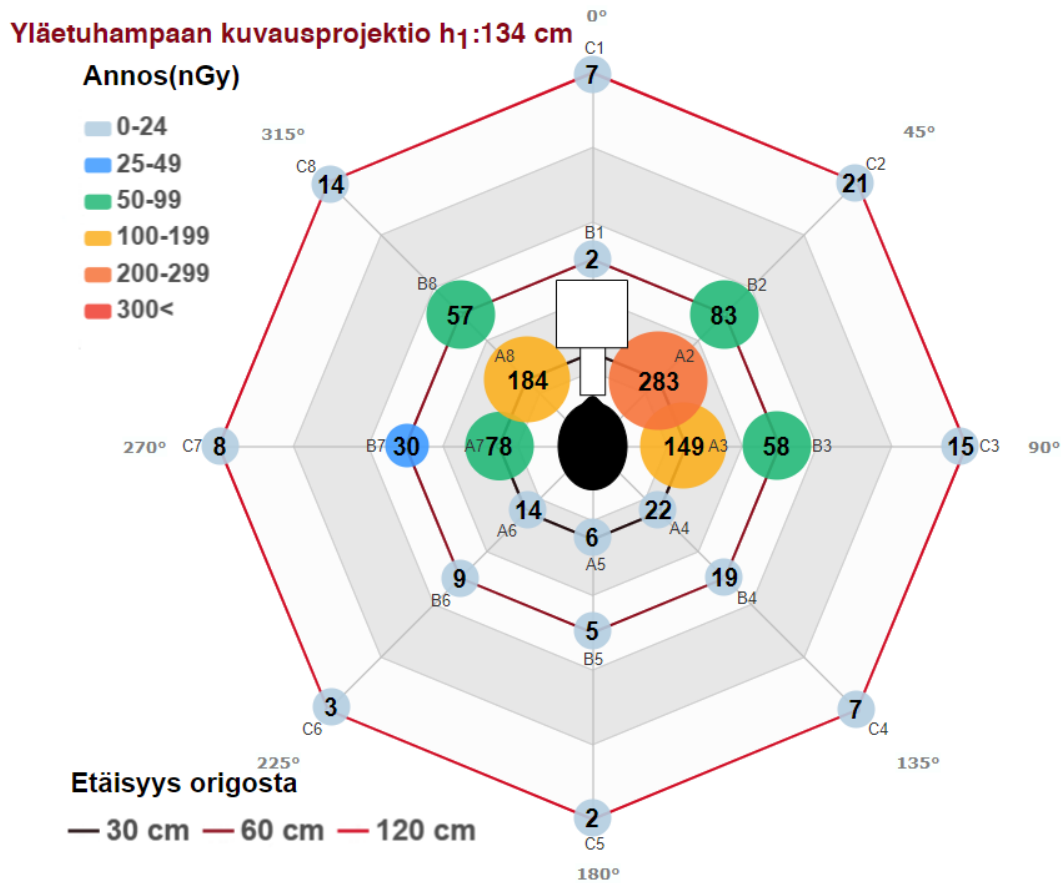
Putken kippaus vaikutti putken vieressä ilmenevään sirontaan. Kuviossa 7 huomataan, että sirontaa oli suuntautunut enemmän röntgenputken viereen 94 cm korkeudella kuin 134 cm korkeudella kuviossa 5. Kulmissa 180° – 315° kuvioissa 5 – 7 oleva sironta oli

merkittävästi vaimentunut, eikä röntgenputken vertikaalisuunta näyttäisi vaikuttaneen sironnan hajoamissuuntaan, paitsi primäärikeilan suunnassa olevaan säteilyyn. Kuviossa 7 huomataan mittauspisteissä B2 – B3, että sironta on ollut hiukan suurempaa kuin kuvioissa 5 – 6 tason samoissa mittauspisteissä. Tähän vaikuttavat putken ylhäältä alaspäin suuntaus, pääfantomin anatomia sekä röntgenputken sijainti. Alakippauksen takia ylätasolle (h_1 , kuvio 5) on tullut vähiten sirontaa.

6.2 Sironta yläetuhampaan kuvauksessa

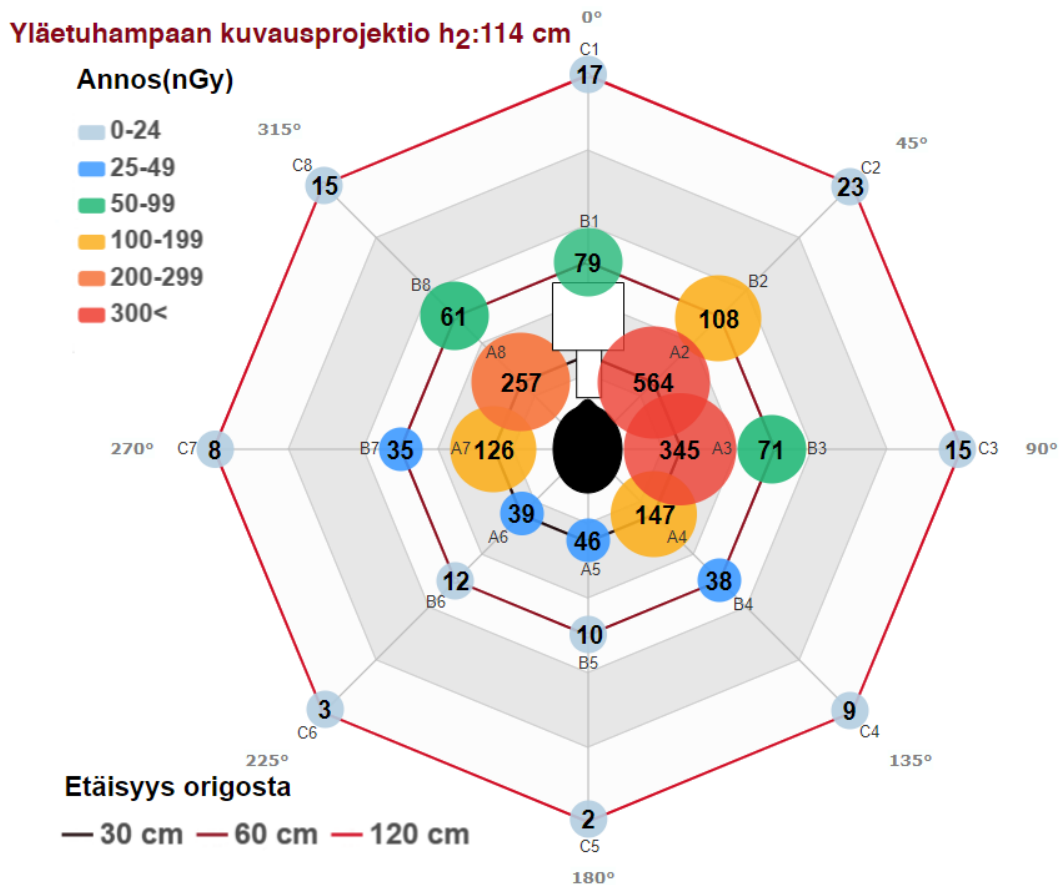
Kuviot 8 – 10 esittävät sironta-annokset yläetuhampaan kuvausprojektiosta. Sironta suuntautuu enemmän oikealle, koska röntgenputki oli ollut hiukan vinossa oikeaa puolta kohti (katso kuvio 14). Jo muutaman asteen muutos oli vaikuttanut huomattavasti sironnan suuntautumiseen.

Kuviossa 8 esitetään sironta-annos yläetuhampaan kuvausprojektiosta 134 cm korkeudelta. Mittauspisteestä A1 ei tehty mittauksia. Suurin annos (283 nGy) mitattiin pisteestä A2. Toiseksi suurimmat mittaustulokset olivat mittauspisteissä A3 ja A8, joissa annos oli 149 – 184 nGy. Seuraavaksi suurimmat tulokset olivat A7, B2, B3 ja B8, joissa annokset olivat 57 – 83 nGy. Toiseksi alin tulos oli 30 nGy mittauspisteessä B7. Alle 22 nGy mitattiin pisteissä A4 - A6, B1, B4 – B6, ja C1 – C8.



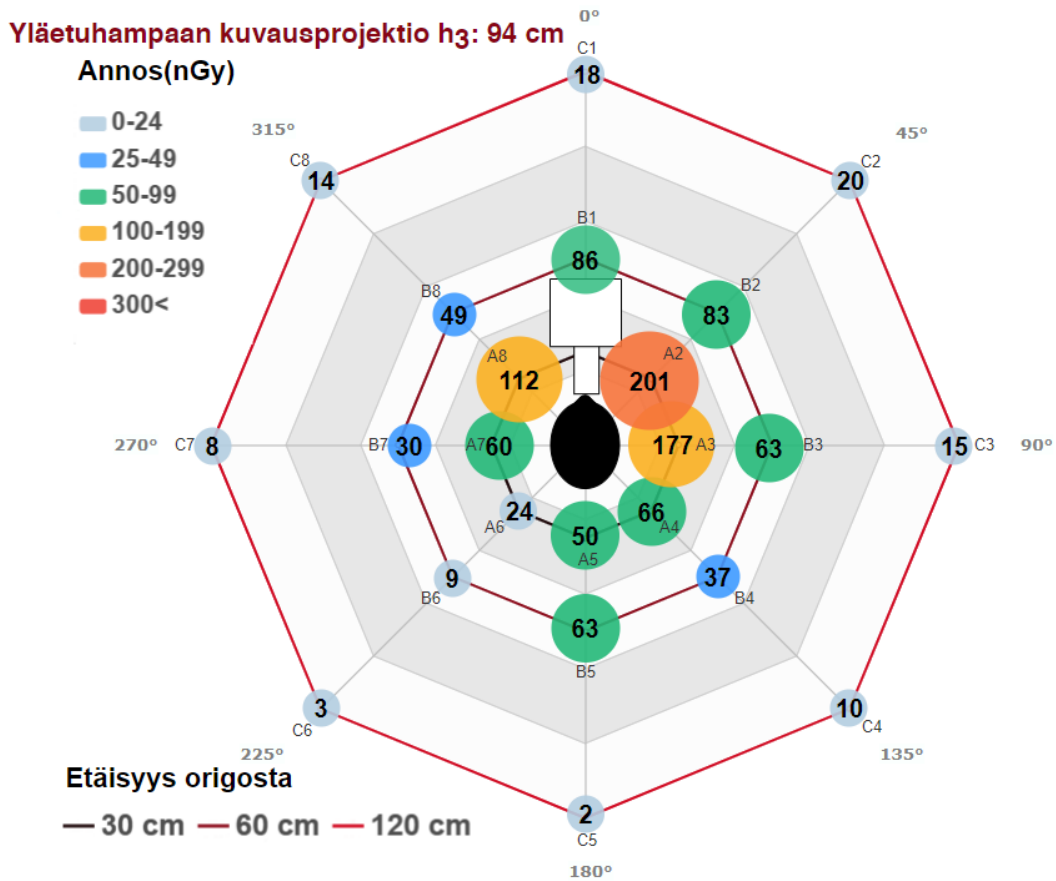
KUVIO 8. Sirontakartta yläetuhampaan kuvausprojektiosta korkeudelta h_1 (134 cm).

Kuviosta 9 nähdään sironta-annokset 114 cm korkeudelta yläetuhampaan kuvausprojektiosta. Mittauspisteestä A1 ei tehty mittauksia. Suurimmat annokset olivat mittauspisteissä A2 ja A3, joissa annokset olivat 564 nGy ja 345 nGy. Toiseksi suurin annos oli mittauspisteessä A8, jossa annos oli 257 nGy. Seuraavaksi suurimmat annokset mitattiin mittauspisteistä A4, A7 ja B2, joissa annokset olivat 108 – 147 nGy. Seuraavaksi suurimmat annokset olivat pisteissä B1, B3 ja B8, joissa annokset olivat 61 – 79 nGy. Toiseksi pienimmät tulokset olivat mittauspisteissä A5, A6, B4 ja B7, joiden annokset olivat 35 – 46 nGy. Pienimmät annokset mitattiin pisteissä B5, B6 ja C1 – C8, joissa annokset olivat alle 23 nGy.



KUVIO 9. Sirontakartta yläetuhampaan kuvausprojektiosta korkeudelta h_2 (114 cm).

Yläetuhampaan kuvausprojektion annokset 94 cm korkeudelta nähdään kuviosta 10. Mittauspisteestä A1 ei tehty mittauksia. Suurin annos (201 nGy) mitattiin pisteestä A2. Toiseksi suurimmat tulokset olivat 177 nGy pisteessä A3 ja 112 nGy pisteessä A8. Seuraavaksi suurimmat annokset olivat pisteissä A4, A5, A7, B1 – B3 ja B5, joissa annokset vaihtelivat 50 – 86 nGy. Toiseksi pienimmät annokset mitattiin pisteissä B4, B7 ja B8, joissa annokset olivat 30 – 49 nGy. Pienimmät, alle 24 nGy, annokset saatiin mittauspisteistä A6, B6 ja C1 – C8.



KUVIO 10. Sirontakartta yläetuhampaan kuvausprojektiosta korkeudelta h_3 (94 cm).

Yläetuhampaan kuvausprojektion kuvioissa 8 – 10 sironna oli suuntautunut eniten 270° – 90° alueelle. Kokonaisuudessaan vähiten säteilyä oli tullut kulmissa 135° ja 225° eli potilaan takana hiukan oikealle tai vasemmalle päin. Kuviossa 8 (korkeus 134 cm) mittauspisteissä A2 ja A8 oli havaittu enemmän sironnaa kuin kuviossa 10 (korkeus 94 cm) samoissa mittauspisteissä johtuen ylhäältä alaspäin vertikaalisuuntauksesta. Kuviossa 10 sironnaa on puolestaan enemmän pääfantomin takana, joka johtuu primäärisäteilyn ylhäältä alaspäin suuntauksesta. Sironna on tällöin levinnyt laajemmalle kuviossa 10 jonka huomaa mittauspisteissä A4 ja A6 verrattuna kuvioon 8.

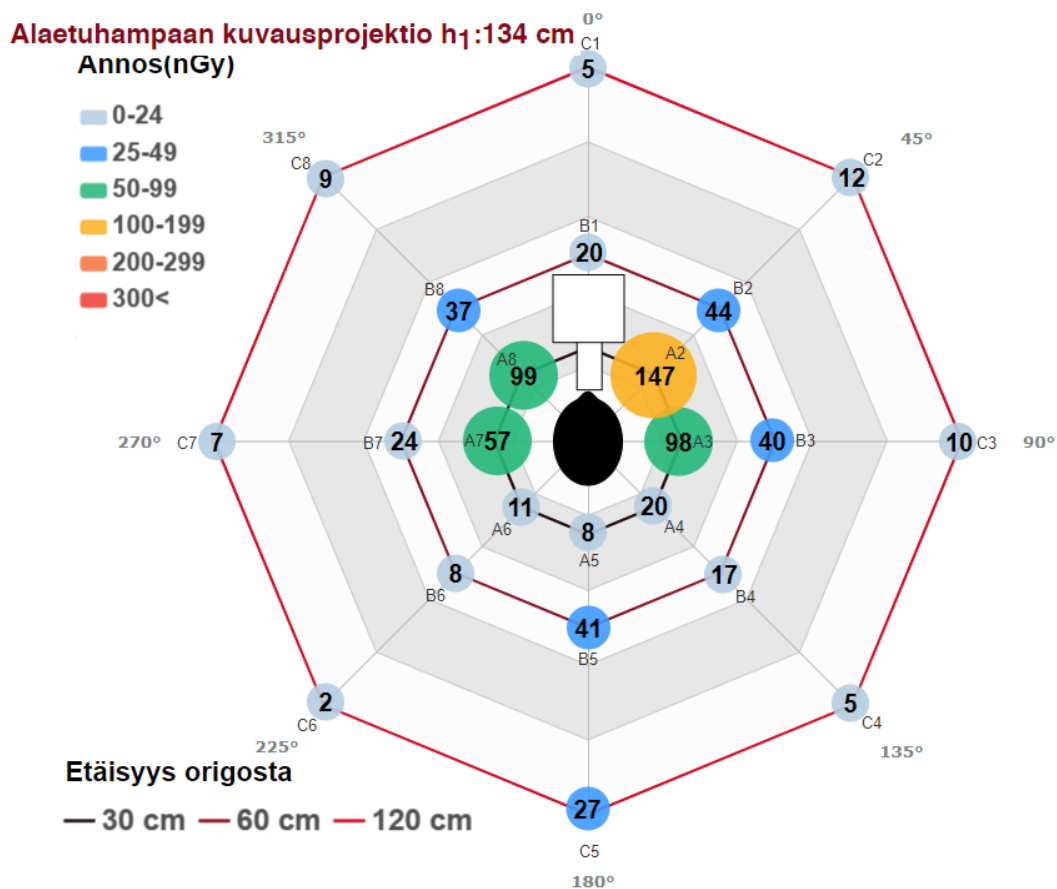
Yläetuhampaissa oli jyrkempi vertikaalinen kulma kuin alaetuhampaissa, mikä oli vaikuttanut eniten primäärikeilan suunnassa olevien mittauspisteiden sädeannokseen. Yläetuhammasprojektion kuviossa 10 mittauspisteissä A5 (50 nGy) ja B5 (63 nGy) oli suuremmat annokset suuremman kulman takia (20°), jolloin mittauspiste C5 (2 nGy) ei saanut niin suurta annosta, koska se ei ollut primäärikeilan suunnassa. B5 oli ollut enemmän

primäärikeilan suunnan alueella, joka selittää, miksi kauempana oleva B5 (63 nGy) annos oli korkeampi kuin lähempänä oleva A5 (50 nGy) annos.

6.3 Sirona alaetuhampaan kuvauksissa

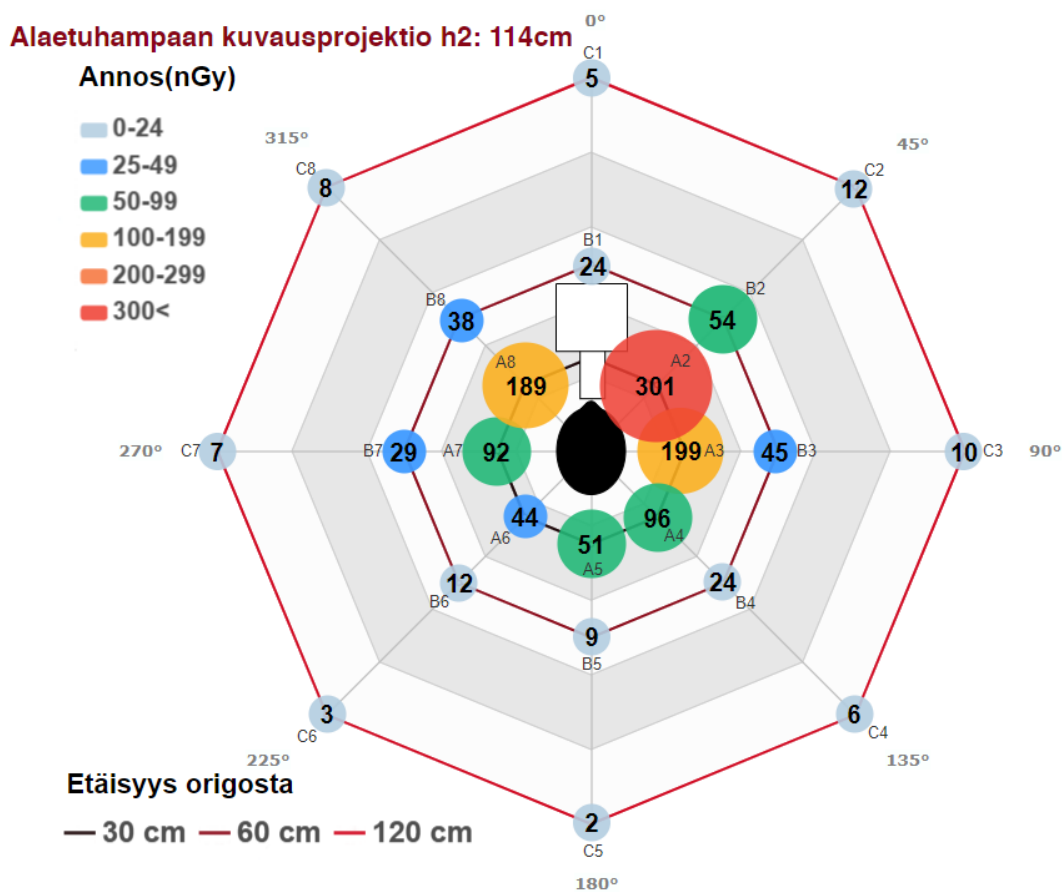
Kuviot 11 – 13 esittävät sirona-annokset alaetuhampaan kuvausprojektiosta. Kuten ylähampaan kuvauksessa, sirona suuntautuu enemmän oikealle, koska röntgenputki oli ollut hiukan vinossa oikeaa puolta kohti (katso kuvio 14).

Kuvio 11 esittää sirona-annokset alaetuhampaan kuvausprojektiosta 134 cm korkeudelta. Mittauspisteestä A1 ei tehty mittauksia. Suurin tulos saatiin mittauspisteessä A2, jossa tulos oli 147 nGy. Seuraavaksi suurimmat tulokset mitattiin pisteissä A3, A7 ja A8, joissa mitatut annokset olivat 57 – 99 nGy. Toiseksi pienimmät annokset mitattiin pisteissä B2, B3, B5, B8 ja C5, joissa annokset olivat 27 – 44 nGy. Pienimmät annokset olivat alle 24 nGy ja ne mitattiin pisteissä A4 – A6, B1, B4, B6, B7, C1 – C4 ja C6 – C8.



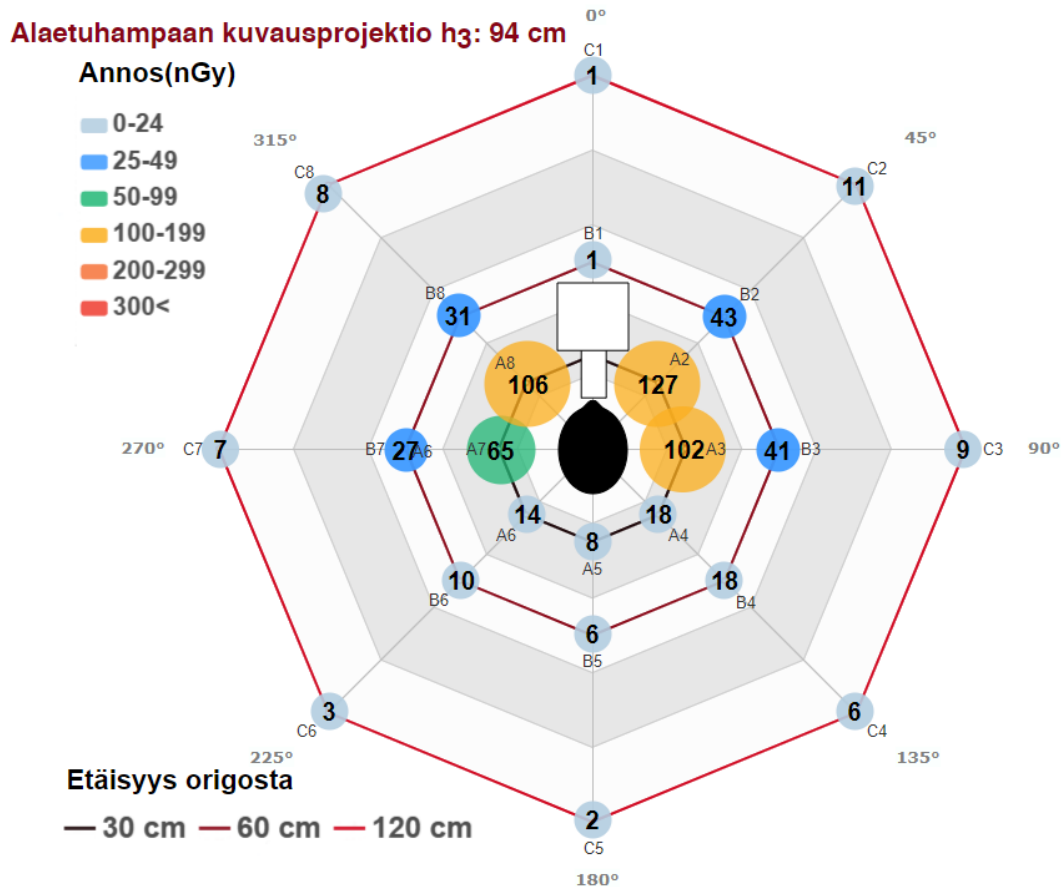
KUVIO 11. Sirontakartta alaetuhampaan kuvausprojektiosta korkeudelta h₁ (134 cm).

Kuviossa 12 esitetään mitatut annokset 114 cm korkeudelta alaetuhampaan kuvausprojektiosta. Mittauspisteestä A1 ei tehty mittauksia. Suurin annos mitattiin pisteessä A2, jossa annos oli 301 nGy. Toiseksi suurimmat arvot saatiin mittauspisteistä A3 ja A8, joiden annokset olivat 199 nGy ja 189 nGy. Seuraavaksi suurimmat arvot olivat mittauspisteissä A4, A5, A7 ja B2, joissa arvot olivat 51 – 96 nGy. Toiseksi pienimmät tulokset saatiin pisteistä A6, B3, B7 ja B8, joissa annokset olivat 29 – 45 nGy. Kaikista pienimmät annokset olivat alle 24 nGy ja ne mitattiin pisteissä B1, B4 – B6 ja C1 – C8.



KUVIO 12. Sirontakartta alaetuhampaan kuvausprojektiosta korkeudelta h₂ (114 cm).

Kuviossa 13 nähdään sironta alaetuhampaan kuvausprojektiosta 94 cm korkeudelta. Mittauspisteestä A1 ei tehty mittauksia. Suurimmat annokset olivat mittauspisteissä A2, A3 ja A8, joissa annokset olivat 102 – 127 nGy. Toiseksi suurin annos oli mittauspisteessä A7, jossa annos oli 65 nGy. Toiseksi pienimmät annokset olivat mittauspisteissä B2, B3, B7 ja B8, joissa annokset olivat 27 – 43 nGy. Pienimmät annokset mitattiin pisteistä A4 – A6, B1, B4 – B6 ja C1 – C8.



KUVIO 13. Sirontakartta alaetuhampaan kuvausprojektiosta korkeudelta h_3 (94 cm).

Alaetuhampaan kuvausprojektion kuvioissa 11 – 13 sironta oli suuntautunut eniten 270° – 90° alueelle. Kokonaisuudessaan vähiten säteilyä oli kulmissa 135° ja 225° eli potilaan takana hiukan oikealle tai vasemmalle päin. Myös suoraan röntgenputken takana (0°) todetaan vähäistä annosta kaikilla korkeuksilla. Kuvion 13 mittauspisteen B1 matala annos johtuu röntgenputken sijainnista suoraan mittauspisteiden edessä, muilla korkeuksilla saman mittauspisteen annos on tavanomaista sirontaa.

Alaetuhammas-kuvausprojektiossa oli lyhyempi kuvausaika kuin bitewing- ja yläetuhammas-kuvausprojektiossa. Tämä selittää, miksi alaetuhammasprojektiossa annokset olivat kokonaisuudessaan pienempiä kuin yläetuhammasprojektiossa. Alaetuhampaissa oli loivempi kuvauskulma kuin yläetuhampaissa, mikä on vaikuttanut eniten primääriseksi suunnassa olevien mittauspisteiden sädeannokseen. Alaetuhammasprojektion kuviossa 11 mittauspisteissä B5 (41 nGy) ja C5 (27 nGy) annokset olivat suuremmat, sillä

putken kippauksen takia ne ovat olleet primäärikeilan suunnassa. Sen sijaan potilasta lähinnä oleva mittauspiste A5 (8 nGy) ei ole saanut niin suurta annosta, sillä se ei ole primäärikeilassa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suurin säteily kohdistuu kuvausprojektiosta riippumatta röntgenputkesta 45° oikealle ja vasemmalle 114 cm (pääfantomin purutaso) korkeudella, jolloin näissä kohdissa ei suositella oleskeltavan kuvauksen aikana. Mittausten perusteella etuhampaiden projektioiden pienimmän annoksen paikka olisi 135° ja 225° kulmissa ja bitewing-projektiossa 225° kulmassa. Tällöin parhaan suojan saa seisomalla potilaan pään takana noin 45° oikealla tai vasemmalla. Kaikista sirontakartoista on kuitenkin huomattavissa, että paras suoja säteilyltä on etäisyys. Toinen kuvausprojektiosta riippumaton suojaava sijainti on primäärikelan suuntauksen välttäminen.

Suurin mitattu arvo oli 564 nGy, joka mitattiin yläetuhampaan kuvausprojektiiossa mitauspisteessä A2 korkeudelta 114 cm. Kaikissa kuvausprojektioiden suurimmat sirontannokset sijoittuvat röntgenputken viereen ja primäärikelan suuntaan. Horisontaalinen ja vertikaalinen kuvauskulma vaikuttavat primäärikelan ja siten sirontan suuntaan. Annos vähentyi etäisyyden kasvaessa, ja etäisyydellä d_3 (120 cm) mitatut annokset olivat 1 – 27 nGy.

Vertikaalinen kuvakulma on vaikuttanut eroavasti sirontaan röntgenputken takana 0° kuvauksikulmassa ylä- ja alaetuhampaiden kuvauksessa. Yläetuhampaiden kuvauksessa, jossa röntgenputki on asetettu ylhäältä alaspäin -20° kulmassa mitattu annos on suurempi röntgenputken takana, kuin alaetuhampaiden kuvauksessa, jossa röntgenputki on asetettu alhaalta ylöspäin $+15^\circ$ kulmassa. Alaetuhampaiden kuvauksissa 0° kulmassa mitatut annokset olivat matalia.

8 POHDINTA

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli tuottaa sirontakartta, jonka avulla oli tavoitteena tuottaa tietoa intraoraalikuvauksessa syntyvästä sironnasta. Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite saavutettiin ja sirontakarttojen avulla pystyimme havainnoimaan, kuinka suuria mitatut annokset olivat eri mittauspisteissä ja mihin sironna sijoittui pääfantomin ympäristössä.

8.1 Tutkimustulosten tarkastelu

European Society of Radiology:n vuonna 2014 julkaisemassa artikkelissa, sekä Dentomaxillofacial Radiology lehdessä julkaistussa artikkelissa sopivin sijainti kuvanottajalle oli röntgenputken takana tai 90° röntgenputken oikealla puolella, mikä vastaa tuloksiamme. Opinnäytetyömme bitewing-projektio on verrattavissa European Society of Radiology:n artikkelin tutkimusprojektiin. Artikkelin perusteella pienin annos saavutettiin meidän sirontakartassamme 315° kulmassa. Tutkimuksessamme tässä sijainnissa annos ei olisi pienin, mutta sijainnissa mitatut annokset ovat vähäisiä. Primäärikeila voi kuvausprojektiosta riippuen osua tutkimuksemme mukaiseen turvallisimpaan kohtaan, 225° kulmaan, jolloin 315° olisi turvallinen seisomapaikka kuvanottajalle.

Tuloksemme vastaavat myös luvussa 2.5 esitettyjä ohjeistuksia kuvanottajan tai tukihenkilön turvallisimmista seisomapaikoista. Ohjeistetaan, että turvallisin seisomapaikka etuhampaiden kuvauksessa olisi potilaan takana ja sivussa 90° ja 135° välissä molemmin puolin (asetelma, jossa 0° on suoraan potilaan edessä, 180° takana ja 90° molemmilla sivuilla). Tämä vastaa tutkimustulostemme turvallisinta seisomapaikkaa 135° (oikealla) ja 225° (vasemmalla) kulmassa. (Wilkins 2017, 217.)

Tutkimuksessamme pystymme todentamaan, kuinka etäisyyttä kasvattamalla pystytään minimoimaan säderasitusta merkittävästi. Paras suoja sironneelta säteilyltä on siis etäisyys säteilylähteestä, potilaasta, sekä primäärikeilan suunnasta, kuten ovat todenneet ar-

tikkelissaan Kim 2018 ja Santos ym. 2020 sekä opinnäytetyössään Heikkinen ja Sepponen 2017. Ohjeistusten mukaisesti etäisyyttä tulisi kasvattaa vähintään kaksi metriä potilaaseen ja säteilylähteeseen (Wilkins 2017, 217).

Kuvan ottajan tai tukihenkilön ei tulisi olla primäärikeilan suunnassa (Wilkins 2017, 217). Pääfantom vaimentaa röntgenputken primäärikeilan suunnasta tullutta säteilyannosta, mutta säteilyannos on kuitenkin suuri primäärikeilan suunnassa. Tällöin ei ole suositeltavaa olla kohtisuorasti röntgenputken edessä. Primäärikeilaan sijoittuminen ja siten suurempi säteilyannos huomataan esimerkiksi kuviossa 10 mittauspisteessä B5, jossa säteilyannos on suurempi kuin pääfantomia lähempänä olevassa mittauspisteessä A5. Sironna muodostuu sekundäärifotoneista, jotka ovat syntyneet primäärisäteilyn osuessa aineeseen, jolloin sironnan säteilyannos on luonnollisesti pienempi kuin primäärisäteilyssä. (Marttila 2002, 69.)

Kuvausaika muuttaa mitattua säteilyannosta. Tutkimuksessamme muiden kuvausarvojen pysyessä samana eri projektioissa, kuvausaika muuttui. Alaetuhampaan kuvauksessa kuvausaika oli 0,08s, kun taas bitewing- sekä yläetuhampaan kuvauksessa kuvausaika oli 0,1s. Sironnan säteilyannos oli pudonnut paljon näiden kuvausten välillä kuvausajan vähentyessä 0,02 sekuntia. (Tapiovaara ym. 2004, 145.)

Tutkimustuloksiin on vaikuttanut röntgenputken virheellinen asettelu. Sekä ylä- että alaetuhampaan kuvausprojektiossa röntgenputki on ollut hieman vinossa oikeaa puolta kohti (katso kuvio 14). Jo muutaman asteen muutos oli vaikuttanut huomattavasti sironnan suuntautumiseen, jonka voi huomata sironnakarttojen suurimpien annosten keskittymisestä oikealle puolelle. Putken vino asettelu on johtunut röntgenlaitteen kiinnityksestä seinään, sillä varsi ei ollut riittävän pitkä, jotta röntgenputki olisi saatu tarkasti keskelle. Mittausasettelun etäisyyden (120 cm) takia varsi oli vietävä mahdollisimman pitkälle, mutta tällöin on kärsinyt röntgenputken hienoasettelu.



KUVIO 14. Kuvaputken asettelu yläetuhampaan kuvausprojektiossa.

8.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta kuvailee reliabelius ja validius. Reliaabelius kertoo tutkimuksen kyvystä tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia, jotka ovat toistettavia. Toistettavuus kuvaa tutkimustuloksien pysyvyyttä samana eri mittauksissa. Luotettavuutta lisää tutkimuksen tarkkuus, eli pyrkimys että satunnaisvirheitä ei olisi. Validius eli pätevyys kertoo tutkimuksen kykyä mitata sitä, mitä on tarkoitettu. Validius on hyvä, kun tutkija on onnistunut luomaan mittauksen, joka perustuu tutkimuksessa käytettyyn teoriaan ja aineistoon. (Vilka 2015, 30; Vilka 2007, 149 – 150.) Tutkimuksemme luotettavuus on otettu huomioon toistettavuuden saavuttamisessa ja tutkimuksen tarkkuudessa. Tutkimuksen toteutus ja mittaustavat on kirjattu mahdollisimman tarkasti tutkimusraporttiin toistettavuuden saavuttamiseksi. Mittaustilanne suoritettiin kahden henkilön toimesta ja mittaustulokset kirjattiin ylös mittauspöytäkirjaan (Liite 1 – Liite 3). Kuvausasetelmat dokumentoitiin valokuvaamalla. Sironnan mittaamisessa käytetty mittaajärjestelmä oli kalibroitu vuonna 2018 ja intraoraalilaitteen viimeisin laadunvarmistus oli tehty vuonna 2019.

Tutkimustuloksiimme on voinut vaikuttaa useita tekijöitä. Sironnan määrä ja sen leviäminen ympäristöön voi olla erilainen tekemässämme mittauksessa kuin todellisessa kuvaustilanteessa. Mittaukset suoritettiin koeolosuhteissa, jotka eivät täysin vastaa todellista kuvaustilannetta. Aidossa tutkimustilanteessa sirontaan vaikuttaa potilaan yksilöllinen anatomia ja röntgenputken asettelu. Simuloidussa kuvaustilanteessa ei käytetty kuvareseptoria eikä kuvareseptorin pidikettä, koska pääfantomin sisälle ei pystytty laittamaan mitään. Pidike ohjaa yleensä röntgenputken asettelua ja käytetty kuvareseptori voi mahdollisesti vaikuttaa sirontaan.

Näiden lisäksi teimme toistettavuuden tarpeen arvioimiseksi mittaukset pisteen A5 kohdalta kolme kertaa kaikilta korkeuksilta. Näiden mittaustulosten perusteella laskimme saadun annoksen keskiarvon (Liite 1). Keskiarvon perusteella totesimme, että sirontamittari oli tarpeeksi tarkka, eikä samasta pisteestä tarvitse mitata useita kertoja. Lopuissa mittauspisteissä mittaus suoritettiin vain kerran. Mittauksen avulla totesimme, että mittaus on luotettava ja toistettava. Tavoitteenamme oli sirontakartan muodostaminen, johon yksi mittaus on ollut riittävä.

8.3 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimuseettinen toiminta perustuu niin kutsuttuun *hyvään tieteelliseen käytäntöön*, joka näkyy eettisinä toimintatapoina tutkimusta tehdessä, kuten eettisenä tiedonhankintana, hyväksytyinä tutkintamenetelminä, tutkimustulosten hallintana ja rehellisenä toimintana. Jo tutkimussuunnitelmassa on huolehdittava rehellisyydestä, huolellisuudesta ja tarkkuudesta sekä asianmukaisista viittauksista muihin julkaisuihin. Tutkimuseetiikan sääntöjen ja ohjeiden noudattaminen luo uskottavuutta tutkimustuloksille. (Vilkka 2015, 26 – 27, 36; Koivisto & Aro 2019, viitattu 25.1.2020.) Suomessa tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) on julkaissut HTK-ohjeen vuonna 2012. Ohje sisältää mallin hyvästä tieteellisestä käytännöstä ja käsittelee tutkimuseettisiä näkökulmia ja arviointeja. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2013.) Tutkimuksessamme noudatamme eettistä tiedonhankintaa käyttämällä asianmukaisia viittauksia ja perustamalla tietolähteemme oman alan tieteelliseen kirjallisuuteen sekä voimassa oleviin säteilyturvallisuuden lakeihin ja mää-

räykseen. Pyrimme rehelliseen ja tarkkaan toimintaan. Tutkimuksessamme emme ole altistaneet ketään tarpeettomalle säteilylle, sillä tutkimus suoritetaan ilman tutkimushenkilöitä.

8.4 Omat oppimiskokemukset

Opinnäytetyömme prosessi on opettanut meille paljon. Olemme oppineet kvantitatiivisen tutkimuksen suunnittelun, suorittamisen ja raportoinnin teoreettiset perusteet ja käytännöt. Opinnäytetyö sai meidät syventämään tietojamme sirontan fysiikasta, intraoraalilaitteen toiminnasta ja säteilyturvallisuuden käytännöistä. Mittauksen suorittamisen myötä opimme käyttämään RaySafe mittauslaitteistoa. Aineiston analyysin myötä opimme tutkimustulosten tarkastelua ja johtopäätösten tekoa. Opimme myös vertailemaan omia tuloksiamme kriittisesti muihin tutkimuksiin verrattuna. Tutkimuksen teko yhdessä on opettanut meille moniammatillista yhteistyötä ja parityöskentelyä.

8.5 Jatkotutkimukset

Jatkossa olisi mielekästä tutkia tarkemmin vertikaalisen kulman vaikutusta sirontaan. Tarkastelun kohteena voisi olla tutkimustuloksemme, joissa bitewing-kuvausprojektiossa -10° kulmassa sironta suuntautuu enemmän alas kuin ylös. Yläetuhampaan kuvausprojektiossa on -20° kulma eli jyrkempi kulma, mutta sirontaa on enemmän ylhäällä röntgenputken vieressä, kun taas alhaalla sitä on enemmän pääfantomin taka-alueella. Alaetuhampaan kuvausprojektiossa kuvaukskulmalla ei näyttäisi olevan juurikaan vaikutusta. Projektiossa käytettiin $+15^\circ$ kulmaa. Jatkotutkimuksena voisi selvittää, johtuuko se anatomisista syistä, kulmasta vai jostain toisesta syystä.

Lisäksi olisi mielekästä tutkia lisää horisontaalisen suunnan muutoksen vaikutusta. Etuhampaan projektiota kuvatessamme röntgenputki oli hiukan kallellaan horisontaalisesti oikealle puolelle (kuvio 14). Se on vaikuttanut suuresti, miten sironta on levinnyt ympäristöön, minkä huomaa sirontakartoistamme etuhampaiden kuvausprojektioissa. Tulevaisuuden tutkimuksessa voisi selvittää kuinka paljon ja mihin suuntaan annokset muuttuvat kulmaa muuttaessa.

Tulevaisuudessa tutkimusasetelman voisi toistaa ja ottaa useamman mittauksen samasta mittauspisteestä, jolloin sironta-annoksia voitaisiin tutkia tilastollisesti. Olisimme voineet luotettavuuden lisäämiseksi toistaa mittaukset kaikista mittauspisteistä useamman kerran, mutta arvioimme, että se ei ole tarpeellista tutkimuksemme tavoitteen ja tarkoituksen saavuttamiseksi.

LÄHTEET

Bushberg, J., Seibert, A., Leidholdt, E. & Boone, J. 2012. The essential physics of medical imaging. Third edition. Wolters Kluwer Health.

Crane, G. & Abbott, P. 2016. Radiation shielding in dentistry: an update. Australian Dental Journal. (61), 277-281.

Fauber, T. 2017. Radiographic imaging and exposure. Fifth edition. St. Louis, Missouri: Elsevier.

Hautamäki, H. & Tikkakoski, E. 2015. Sironnut säteily eläinten röntgentutkimuksissa. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma.

Heikkinen, J. & Sepponen, P. 2017. Sironta kartiokeilatomoграфияtutkimuksissa. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. Osin uud. Laitos. Helsinki: Tammi.

Holmes, K., Clark, K., Elkington, M. & Harris, P. 2014. Clark's Essential Physics in Imaging for Radiographers. CRC Press. Boca Ratonm FL: Taylor & Francis/CRC Press.

Kallio-Pulkinen, S. 2017. Suurradiologian perusteet ja kuvaustekniikat. Kliininen radiologia. Viitattu 7.2.2020. <https://www.oppiporrti.fi/op/krd01202/do>.

Kankkunen, P. & Vehviläinen-Julkunen, K. 2017. Tutkimus hoitotieteessä / Päivi Kankkunen, Katri Vehviläinen-Julkunen (3.-5. painos.). Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kelaranta, A., Ekholm, M., Toroi, P. & Kortnesniemi, M. 2016. Radiation exposure to foetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields. Dentomaxillofacial Radiology 2016 (45), 1 – 9.

Keskinarkaus, E. & Kärnä, M. 2016. Säteilyn sironna simuloitussa TT-ohjatussa toimenpiteessä. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma.

Kim, J. 2018. Three principles for radiation safety: time, distance, and shielding. The Korean Journal of Pain. (31). 145 – 146. 1 – 6.

Koivisto, K. & Aro, P. 2019. Ammattikorkeakoulun opinnäytetöiden eettiset kysymykset. ePooki. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 72. Viitattu 25.1.2020. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2019102434666>.

Lancaster, J. & Hasegawa, B. 2017. Fundamental mathematics and physics of medical imaging. Boca Raton: CRC Press.

Marttila, O. 2002. Suuret ja yksiköt. Teoksessa W. Paile (toim.) Säteily ja sen havaitseminen. Säteily- ja ydinturvallisuus -sarja, osa 1., Hämeenlinna: Karisto, 44- 45.

Paile, W. 2002a. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. Teoksessa W. Paile (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Säteily- ja ydinturvallisuus -sarja, osa 4., Hämeenlinna: Karisto, 44- 45.

Paile, W. 2002b. ICRP:n näkemys säteilyn riskeistä ja suojeluperiaatteista. Teoksessa W. Paile (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Säteily- ja ydinturvallisuus -sarja, osa 4., Hämeenlinna: Karisto, 158.

Planmeca Oy. Planmeca ProX. Käyttöohje.

Radiation protection No. 136 - European guidelines on radiation protection in dental radiology – The safe use of radiographs in dental practice. 2004. European Commission.

Rottke, D., Gohlke, L., Schrödel, R., Hassfeld, S. & Schulze, D. 2018. Operator safety during the acquisition of intraoral images with a handheld and portable X-ray device.

Dentomaxillofacial Radiology. Viitattu 1.2.2020,
<https://doi.org/10.1259/dmfr.20160410>.

Ruonala, V. (toim.). 2019. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2018. STUK-B 242. Helsinki.

Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. 2014. ST-ohje 3.3. Säteilyturvakeskus. Helsinki.

Santos, J., Uusi-Simola, J., Kaasalainen, T., Aho, P. & Venermo, M. 2020. Radiation Doses to Staff in a Hybrid Operating Room: An Anthropomorphic Phantom Study with Active Electronic Dosimeters. *European Journal of Vascular & Endovascular Surgery* 59 (4), 654 – 660.

Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström, E. & Tervonen, O. 2005. *Radiologia*. Porvoo; Helsinki: WSOY.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 22.11.2018/1044.

Säteilylaki. 9.11.2018/859.

Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. 4.4.2019. STUK S/4/2019.

Säteilyturvakeskuksen määräys säteilylähteiden käytönaikaisesta säteilyturvallisuudesta ja säteilylähteiden ja käyttötilojen poistamisesta käytöstä. 2.7.2019. STUK S/5/2019.

Säteilyturvakeskus. 2011. STUK Opastaa: Hammasröntgentoiminnan laadunvalvonta ja kuvaushuoneen säteilysuojaus.

Säteilyturvakeskus. 2015. Hammasröntgen. Viitattu 24.1.2020, <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/hammasrontgen>.

Säteilyturvakeskus. 2017. Röntgentutkimusten säteilyannoksia. Viitattu 24.1.2020, <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia>.

Säteilyturvakeskus. 2019. Sanasto. Viitattu 12.4.2020, <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sanasto>.

Tapiovaara, M., Pukkila, O. & Miettinen, A. 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa O. Pukkila (toim.) Säteilyn käyttö. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino, 13 – 171.

Therapia Odontologica. 2018. Bite-wing -kuvaus. Viitattu 10.2.2020. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tod/koti>.

Therapia Odontologica. 2018. Periapikaalikuvaukset. Viitattu 10.2.2020. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tod/koti>.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Helsinki.

Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä. 22.11.2018/1034.

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa: Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi.

Vilka, H. 2015. Tutki ja kehitä. Jyväskylä: PS-kustannus.

Väänänen, M. 2014. Kasvojen alueen säteilyannokset ja säteilyn sironta kartiokeilakonetomografiatutkimuksissa. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma.

White, S. & Pharoah, M. Oral Radiology- Principles and interpretation – 6th edition. Missouri: Mosby Elsevier.

Wilkins, E. 2017. Clinical practice of the dental hygienist 12th edition. Philadelphia: Two Commerce Square.

Willis, S., Green, S. & Cobb, C. 2014. A study to determine the spatial distribution of scattered radiation during dental intra-oral radiography. European Society of Radiology. C-1795. Viitattu 31.1.2020. <http://dx.doi.org/10.1594/ecr2014/C-1795>.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

LIITE 1

Päivämäärä: 8.2.2020

Tekijä(t): Laura Karjalainen, Tri Nguyen

Paikka: OAMK, röntgenluokka

Kuvantamislaitte: Planmeca ProX-intraoraaliröntgenlaitte

Mittalaite: RaySafe X2, Survey-sensori

Pääfantom: CIRS ATOM 711-HN

Kuvausprojektiio: Bitewing-kuvaus

Vertikaalinen suunta: Ylhäältä alaspäin 10°

Horisontaalinen suunta: Keskisagittaalitasosta 80°

Kuvausarvot: 60 kV, 7 mA, 0,1 s

Korkeudet: $h_1 = 134$ cm, $h_2 = 114$ cm, $h_3 = 94$ cm

Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A5h ₁	30	13
A5h ₁	30	12
A5h ₁	30	12
A5h ₁ ka.		12,5
A5h ₂	30	62
A5h ₂	30	62
A5h ₂	30	62
A5h ₂ ka.		62
A5h ₃	30	5
A5h ₃	30	6
A5h ₃	30	5
A5h ₃ ka.		5,5
Korkeus h ₁	134	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	143
A2	30	126
A3	30	142
A4	30	59
A6	30	16
A7	30	45
A8	30	55
B1	60	57
B2	60	30
B3	60	5
B4	60	39
B5	60	7
B6	60	11
B7	60	22
B8	60	23
C1	120	13

C2	120	8
C3	120	1
C4	120	12
C5	120	3
C6	120	3
C7	120	7
C8	120	7
Korkeus h ₂	114	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	259
A2	30	242
A3	30	300
A4	30	242
A6	30	97
A7	30	133
A8	30	94
B1	60	59
B2	60	38
B3	60	49
B4	60	49
B5	60	59
B6	60	14
B7	60	20
B8	60	23
C1	120	12
C2	120	9
C3	120	9
C4	120	13
C5	120	5
C6	120	4
C7	120	8
C8	120	7
Korkeus h ₃	94	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	152
A2	30	187
A3	30	194
A4	30	92
A6	30	26
A7	30	46
A8	30	56
B1	60	60
B2	60	52

B3	60	53
B4	60	44
B5	60	8
B6	60	10
B7	60	24
B8	60	23
C1	120	13
C2	120	11
C3	120	12
C4	120	12
C5	120	3
C6	120	3
C7	120	7
C8	120	7

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

LIITE 2

Päivämäärä: 8.2.2020

Tekijä(t): Laura Karjalainen, Tri Nguyen

Paikka: OAMK, röntgenluokka

Kuvantamislaitte: Planmeca ProX-intraoraaliröntgenlaitte

Mittalaite: RaySafe X2, Survey-sensori

Pääfantom: CIRS ATOM 711-HN

Kuvausprojektiio: Yläetuhampaan kuvaus

Vertikaalinen suunta: Ylhäältä alaspäin 20°

Horisontaalinen suunta: Keskisagittaalitasoon suuntaisesti

Kuvausarvot: 60 kV, 7 mA, 0,1 s

Korkeus h ₁	134	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	x
A2	30	283
A3	30	149
A4	30	22
A5	30	6
A6	30	14
A7	30	78
A8	30	184
B1	60	2
B2	60	83
B3	60	58
B4	60	19
B5	60	5
B6	60	9
B7	60	30
B8	60	57
C1	120	7
C2	120	21
C3	120	15
C4	120	7
C5	120	2
C6	120	3
C7	120	8
C8	120	14
Korkeus h ₂	114	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	x
A2	30	564

A3	30	345
A4	30	147
A5	30	46
A6	30	39
A7	30	126
A8	30	257
B1	60	79
B2	60	108
B3	60	71
B4	60	38
B5	60	10
B6	60	12
B7	60	35
B8	60	61
C1	120	17
C2	120	23
C3	120	15
C4	120	9
C5	120	2
C6	120	3
C7	120	8
C8	120	15
Korkeus h ₃	94	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	x
A2	30	201
A3	30	177
A4	30	66
A5	30	50
A6	30	24
A7	30	60
A8	30	112
B1	60	86
B2	60	83
B3	60	63
B4	60	37
B5	60	63
B6	60	9
B7	60	30
B8	60	49
C1	120	18
C2	120	20
C3	120	15
C4	120	10

C5	120	2
C6	120	3
C7	120	8
C8	120	14

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

LIITE 3

Päivämäärä: 8.2.2020

Tekijä(t): Laura Karjalainen, Tri Nguyen

Paikka: OAMK, röntgenluokka

Kuvantamislaitte: Planmeca ProX-intraoraaliröntgenlaitte

Mittalaite: RaySafe X2, Survey-sensori

Pääfantom: CIRS ATOM 711-HN

Kuvausprojektiio: Alaetuhampaan kuvaus

Vertikaalinen suunta: Alhaalta ylöspäin 15°

Horisontaalinen suunta: Keskisagittaalitasoon suuntaisesti

Kuvausarvot: 60 kV, 7 mA, 0,08 s

Korkeus h ₁	134	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	x
A2	30	147
A3	30	98
A4	30	20
A5	30	8
A6	30	11
A7	30	57
A8	30	99
B1	60	20
B2	60	44
B3	60	40
B4	60	17
B5	60	41
B6	60	8
B7	60	24
B8	60	37
C1	120	5
C2	120	12
C3	120	10
C4	120	5
C5	120	27
C6	120	2
C7	120	7
C8	120	9
Korkeus h ₂	114	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	x
A2	30	301

A3	30	199
A4	30	96
A5	30	51
A6	30	44
A7	30	92
A8	30	189
B1	60	24
B2	60	54
B3	60	45
B4	60	24
B5	60	9
B6	60	12
B7	60	29
B8	60	38
C1	120	5
C2	120	12
C3	120	10
C4	120	6
C5	120	2
C6	120	3
C7	120	7
C8	120	8
Korkeus h ₃	94	
Mittauspiste	Etäisyys (cm)	Annos (nGy)
A1	30	x
A2	30	127
A3	30	102
A4	30	18
A5	30	8
A6	30	14
A7	30	65
A8	30	106
B1	60	1
B2	60	43
B3	60	41
B4	60	18
B5	60	6
B6	60	10
B7	60	27
B8	60	31
C1	120	1
C2	120	11
C3	120	9
C4	120	6

C5	120	2
C6	120	3
C7	120	7
C8	120	8