

Opinnäytetyö (AMK)

Röntgenhoitajakoulutus

2025

Emmi Hovivuori, Juuli Jylhä & Miro Sedrani

Pinta- ja hajasäteilymittareiden käyttöohje



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Radiografia ja sädehoidon koulutusohjelma

2025 | 26 sivua

Hovivuori Emmi, Jylhä Juuli & Sedrani Miro

Pinta- ja hajasäteilymittareiden käyttöohje

Ionisoivaa säteilyä syntyy radioaktiivisista aineista, ja sitä voidaan tuottaa sähköisesti erilaisilla terveydenhuollossa käytössä olevilla laitteilla, kuten röntgenlaitteella. Säteilyä ei voi havaita aisteilla, vaikka sitä on kaikkialla ympäristössämme. Henkilökohtaista annostarkkailua sekä säteilyn altistusolosuhteita seurataan erilaisilla säteilymittauksilla. Turvalliseen säteilyaltistuksen seurantaan on tarpeen oikeanlainen ja oikein kalibroitu säteilymittari.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda oppimismateriaalia tuleville röntgenhoitajaopiskelijoille haja- sekä pintasäteilymittareiden käyttöön liittyen. Työn tavoitteena oli tukea ja edistää röntgenhoitajaopiskelijoiden osaamista mittareiden käytössä sekä luoda selkeät käyttöohjeet säteilyn mittaamista varten. Opinnäytetyö kaventaa teorian ja käytännön välistä kuilua sekä edistää säteilyturvallista toimintaa.

Tässä työssä avataan tarkemmin termejä liittyen haja- ja pintasäteilymittareihin sekä käydään läpi aikataulu-, kustannus- sekä julkaisusuunnitelma. Opinnäytetyössä käydään läpi myös säteilyn perusteita ja säteilyn haittavaikutuksia. Työ keskittyy ionisoivaan säteilyyn. Lopullisena tuotoksena syntyi pinta- ja hajasäteilymittareiden käyttöohje röntgenhoitajaopiskelijoille.

Asiasanat:

Säteilymittari, ionisoiva säteily, röntgenhoitaja, käyttöohjeet

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme in Radiography

2025 | 26 pages

Hovivuori Emmi, Jylhä Juuli & Sedrani Miro

User manual for radiometers

Radioactive materials and several appliances, such as x-ray machines in healthcare, produce ionizing radiation. This type of radiation cannot be detected by sensory means, even though it is present in our everyday environment. Personal exposure to ionizing radiation is measured by various types of radiation meters. For safe tracking of radiation exposure, the right type of radiation meter which is properly calibrated is necessary.

The purpose of this thesis is to create learning material for aspiring radiographer students regarding the proper use of the diffuse radiation and the skin dose meters as well as to bridge the gap between theory and practice and to promote the safe use of radiation. The objective is to support and promote the skills of radiographer students in the use of radiation meters and to create clear instructions for the use of said meters.

The thesis will go over terminology regarding diffuse radiation and skin dose meters as well as go through the timetable, cost, and publishing plan for the thesis. The thesis also includes information on the basics of ionizing radiation and its harmful effects on organic tissue. The final product of the thesis are instructions for the use of diffuse and skin dose radiation meters for radiography students.

Keywords:

Radiometer, ionizing radiation, radiographer, instruction manuals

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	5
1 Johdanto	6
2 Tarkoitus ja tavoite	7
3 Säteilyn perusteet	8
3.1 Säteilylajit	8
3.2 Ionisoiva säteily	9
3.3 Säteilyn haittavaikutukset	10
3.4 Säteilyn optimointi	11
4 Pinta- ja hajasäteilyn mittaaminen	13
4.1 Pintasäteilymittarit	13
4.2 Hajasäteilymittarit	14
5 Opetusmateriaalin tuottaminen	15
5.1 Hyvän opetusmateriaalin kriteerit	15
5.2 Opetusmateriaalin tuottaminen	15
6 Opinnäytetyön toteutus	16
6.1 Opinnäytetyön malli ja toteutus	16
6.2 Eettisyys ja luotettavuus	16
6.3 Aikataulu-, kustannus- ja julkaisusuunnitelmat	17
6.4 Pohdinta ja kehittämissuhteet	18
Lähteet	20
Liitteet	
Liite 1. Säteilymittareiden käyttöohje	23

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

ALARA	As Low As Reasonably Achievable, suom. niin alhainen kuin käytännössä mahdollista (TEPA-termipankki n.d).
ESD	Entrance Skin Dose, suom. Ihon pinta-annos. (Radiopaedia 2017).
Gy	Gray. Absorboituneen annoksen yksikkö. (TEPA-termipankki n.d).
Indikaatio	Aihe, hoidonaihe, käyttöaihe (Duodecim 2016).
Radionuklidi	Atomi, joka muuttuu nuklidista toiseksi nuklidiksi vapauttaen samalla ionisoivaa säteilyä (Duodecim 2016).
STUK	Säteilyturvakeskus, joka valvoo säteilynkäyttöä ja ydinturvallisuutta Suomessa (STUK n.d).

1 Johdanto

Säteilyä on kaikkialla ympäristössämme, vaikka sitä ei voi havaita aisteilla. Jalkojen alla oleva maa, ympärillä olevat seinät sekä yllä oleva avaruus säteilee koko ajan tehden ihmisistä jatkuvasti alttiita luonnon taustasäteilylle. Säteilystä on kahta eri tyyppiä - ionisoivaa ja ionisoimatonta. (STUK n.d.b.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään diagnostisessa säteilyn käytössä käytettävään ionisoivan säteilyn mittaamiseen.

Säteilyllä on paljon negatiivisia terveysvaikutuksia, jotka voivat tulla lyhyen tai pitkän ajan kuluessa. Säteily lisää syöpäriskiä ja voi aiheuttaa soluvaurioita. Lisäksi myös kudosaauriot sekä säteilysairaus ovat mahdollisia, mikäli saatu säteilyannos on suuri lyhyen ajan sisällä. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää tehdä säteilymittauksia sekä annostarkkailua, jotta työntekijöiden tai potilaiden sädeannokset eivät kasvaisi liian suuriksi. On myös huomioitava, että mittareita osataan käyttää oikein ja ne ovat ehjiä. Röntgenhoitajien tulee myös osata tulkita saatuja mittaustuloksia oikeaoppisesti. (STUK n.d.e.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda säteilymittareiden käyttöohjeet opetuskäyttöön röntgenhoitajaopiskelijoille. Opinnäytetyön tarkoituksena on edistää röntgenhoitajaopiskelijoiden tietotaitoa säteilymittareiden käytössä. Mittareiden avulla voidaan seurata säteilyn annosrajoja sekä säteilyaltistusta. Aihe on tärkeä ja ajankohtainen, sillä erilaisten säteilymittareiden käyttö on olennainen osa säteilyn optimointia. Niiden avulla voidaan seurata annosrajoja sekä säteilyaltistusta. Lisäksi säteilylaki velvoittaa noudattamaan turvallisia toimintatapoja, joten röntgenhoitajan tulee myös tietää, mitä tarkoittaa haja- ja pintasäteily sekä tiedostaa myös säteilyn haitat.

2 Tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa oppimateriaali röntgenhoitajaopiskelijoille mittareiden käyttöohjeen muodossa. Materiaali on suunnattu kaikille röntgenhoitajaopiskelijoille säteilymittareiden käytön tueksi. Tuotos tulee Turun ammattikorkeakoulun röntgenhoitajakoulutuksen opetuskäyttöön nykyisen oppimateriaalin lisäksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on edistää röntgenhoitajaopiskelijoiden osaamista haja- ja pintasäteilymittareiden käytössä. Työn avulla halutaan antaa selkeät ohjeet mittareiden luotettavaan käyttöön. Opinnäytetyö kaventaa teorian ja käytännön välistä kuilua mittareiden käyttöön liittyen.

3 Säteilyn perusteet

3.1 Säteilylajit

Ionisoivaa säteilyä on neljää eri muotoa, alfa-, beeta-, gamma- ja röntgensäteilyä. Alfa- ja beetasäteily ovat hiukkassäteilyä. (STUK n.d.a.) Alfahiukkaset ovat raskaampia, ja muodostuvat kahdesta protonista sekä kahdesta neutronista. Alfahiukkasia syntyy raskaimpien radioaktiivisten alkuaineiden hajoamisesta, kuten uraanin, radiumin ja poloniumin. Alfahiukkaset ovat niin raskaita, etteivät ne voi kulkea kovin kauas atomista, koska ne kuluttavat energiansa jo lyhyillä matkoilla. Näiden hiukkasten terveysvaikutukset riippuvat siitä, miten ihminen niille altistuu. Vaikka alfasäteily on voimakkaasti ionisoivaa, hiukkasilla ei kuitenkaan riitä energia tunkeutumaan edes ihon uloimpaan kerrokseen. Ne voivat kuitenkin olla erittäin haitallisia kehon sisällä. (EPA n.d.) Alfasäteily on vaarallista ainoastaan silloin, jos se joutuu elimistöön esimerkiksi hengityksen mukana (STUK n.d.a). Silloin hiukkaset voivat vaurioittaa elävääkin kudosta ja aiheuttaa vakaviakin solu – ja DNA-vaurioita (EPA n.d).

Beetahiukkaset ovat voimakkaammin tunkeutuvia ja pystyvät läpäisemään ihon. Ne voivat olla joko negatiivisesti varautuneita elektroneja tai positiivisesti varautuneita positroneja. Beetahiukkaset ovat vaarallisia päästessään elimistöön. (STUK n.d.a.). Näitä hiukkasia vapauttavat atomit, kuten vety-3 ja hiili-14. Beetahiukkasten läpäisykyky alfahiukkasiin verrattuna on parempi, mutta siitä huolimatta ne vaurioittavat vähemmän elävää kudosta ja DNA:ta. Vaikka ne voivat kulkea ilmassa alfahiukkasia pidemmälle, voidaan ne pysäyttää ohuella vaate- tai ainekerroksella, kuten alumiinilla. Alfahiukkasten tavoin beetasäteilijät ovat vaarallisimpia nieltynä tai hengitettynä. (EPA n.d.)

Gammasäteet ovat fotoneita, jotka säteilevät usein yhdessä alfa- ja beetahiukkasten kanssa radioaktiivisen hajoamisen aikana. Gammasäteet ovat vaaraksi koko keholle ja voivat kehon läpi kulkiessaan vaurioittaa kudosta sekä DNA:ta. (EPA n.d.) Gammasäteilyn läpäisykyky on yleensä hyvin voimakas ja

siksi siltä on vaikeampi suojautua, kuin muulta ulkoiselta säteilyltä.

Gammasäteily ei ole hiukkassäteilyä vaan sähkömagneettista aaltoliikettä, joka syntyy virittyneestä ytimestä. Gammasäteilyä voidaan vaimentaa betonilla, teräksellä tai lyijyllä. (STUK n.d.a.)

Röntgensäteily on sähkömagneettista säteilyä, joka syntyy röntgenputkessa. Röntgenputki on tyhjiö, jonka sisällä on anodi ja katodi. Niiden välille kytketään jännite, jonka vaikutuksesta katodista irtoaa elektroneita. Elektronin liikkuvat suurella nopeudella kohti anodia, kunnes törmäävät siihen. Kun elektronien nopeus pienenee, muuttuu osa elektronien liike-energiasta sähkömagneettiseksi säteilyksi - eli röntgensäteilyksi. (STUK n.d.a.)

3.2 Ionisoiva säteily

Ionisoiva säteily on atomeista lähtöisin olevaa energiaa, joka liikkuu sähkömagneettisten aaltojen eli gamma- ja röntgensäteiden tai hiukkasten eli neutronien muodossa (WHO 2023). Kun atomi on virittyneessä tilassa, on usein sen ytimessä liikaa tai liian vähän neutroneja. Radioaktiivisia aineita ovat ne, joiden ydin on virittyneessä tilassa. Virittyneisyys johtaa lopulta purkautumiseen, jolloin atomi hajoaa spontaanisti. Tätä tapahtumaa kutsutaan radioaktiivisuudeksi. (STUK n.d.a.) Hajoamisen seurauksena emittoituu ylimääräistä säteilevää energiaa, joka on ionisoivaa säteilyä (WHO 2023). Ionisoivaa säteilyä kutsutaankin joskus radioaktiiviseksi säteilyksi, mikä ei kuitenkaan pidä paikkaansa, sillä radioaktiivisten aineiden lähettämä säteily on ionisoivaa säteilyä (Duodecim 2000).

Ionisoivalle säteilylle altistutaan eri olosuhteissa kuten kotona, työpaikoilla sekä lääketieteellisissä toimenpiteissä. Säteilylle altistuminen voi tapahtua joko sisäisesti tai ulkoisesti. Sisäistä altistumista tapahtuu useimmiten lääketieteellisten hoitojen yhteydessä, kun radionuklidi hengitetään, niellään tai injektoidaan verenkiertoon. Ulkoista altistumista tapahtuu radioaktiivisen aineen joutuessa iholle tai vaatteille, tai ulkoisesta lähteestä kuten röntgensäteistä aiheutuvasta säteilyaltistuksesta. (WHO 2023.)

3.3 Säteilyn haittavaikutukset

Ionisoivan säteilyn haittavaikutukset jaetaan deterministisiin ja stokastisiin haittavaikutuksiin. Deterministinen haittavaikutus tarkoittaa suoraa haittavaikutusta ja ne liittyvät suuriin kerta-annoksiin. Deterministisiä haittoja ovat esimerkiksi ihon punoitus, karvojen lähtö, säteilysairaus ja sikiövaurio. Tämänkaltaisia haittoja voi esiintyä esimerkiksi sädehoidossa, jossa potilaan saama sädeannos on suuri. Vakavia deterministisiä haittoja ei kuitenkaan synny, jos sädeannos jää lasketun annosrajan alapuolelle ja suuri sädeannos annetaan potilaalle pitkän ajan kuluessa. (Duodecim 2000.)

Säteilysairaus kehittyy koko kehon altistuessa yli 1 Gy (Gray) annokselle. Annoksen ylittäessä 8 Gy on sairaus niin vakava, että se johtaa kuolemaan ilman äkillistä kantasolusiirtoa. Säteilysairaus voi kehittyä sädehoidon lisäksi myös onnettomuustilanteesta tai paikallisesta säteilyvammasta. Myös sisäisesti saatu säteilyannos voi johtaa säteilysairauteen. Oireita ei välttämättä ilmaannu heti, eikä säteilyaltistusta voi aina aistein havaita. Annoksen mukaan muutaman tunnin sisällä voi ilmentyä esimerkiksi pahoinvointia, särkyä tai ripulia, ja usein säteilysairaus kehittyy vasta muutaman viikon sisällä. (Duodecim 2018.)

Altistusannosta voidaan arvioida verenkuvaa kehittyvistä muutoksista. Kokonaisennuste ja mahdolliset hoitokeinot riippuvat kokonaisannoksen määrästä. Hoitomahdollisuuksiin kuuluvat infektioiden hallinta sekä kantasolusiirto, jonka päämääränä on palauttaa luuytimen toiminta normaaliksi. Vakavat säteilysairaudet- ja onnettomuudet ovat harvinaisia. (Duodecim 2021.)

Stokastiset haittavaikutukset tarkoittavat satunnaisia haittoja, jotka syntyvät solun geneettisestä muutoksesta. (Duodecim 2000.) Satunnaisiin vaikutuksiin voivat kuulua esimerkiksi syöpä ja perinnöllinen haitta. Suurin osa syöpälajeista voi syntyä säteilyn aiheuttamana. Syövän ollessa hyvin yleinen tauti, on mahdotonta arvioida, onko potilaalle ilmennyt syöpäsairaus peräisin aiemmin saadusta säteilystä, vai muualta. Ylimääräinen syöpäriski kuitenkin säilyy koko loppuelämän säteilyaltistuksen jälkeen. (STUK n.d.e.)

Solun perimämuutoksista johtuvat haittavaikutukset ovat satunnaisia ja tulevat ilmi vasta vuosia myöhemmin. Säteilylle altistuneelle ihmiselle voi aiheutua perinnöllinen haitta, jos sukusoluun syntyy perimämuutos ja kyseisestä solusta kehittyy tulevaisuudessa lapsi. Tässä tapauksessa lapsen jokaisessa solussa esiintyy sama muutos, joka on perinnöllinen myös lapsen jälkeläisille. Muutokset ovat erilaisia ja mahdolliset seuraukset terveydelle ovat muutoksista riippuvaisia. (STUK n.d.e.)

Ihmisen eri elimet eroavat säteilyherkkyyksiltään. Herkimpiä elimiä säteilylle ovat esimerkiksi keuhkot, luuydin, rinnat, sukupuolirauhaset, mahalaukku ja paksusuoli. Säteilyherkkyys on kuitenkin jokaisella ihmisellä yksilöllistä. Lapset ovat herkempiä säteilylle, kuin aikuiset ja lapsien säteilyherkkyys on arvioitu jopa kymmenkertaiseksi aikuisiin verrattuna. Lasten ja nuorten säteilyherkkyys johtuu jakautuvasta solukosta, joka on erittäin herkkää säteilylle ja siksi nuorten säteilysuojelu onkin erityisen tärkeää. (Nieminen & Oikarinen 2017.)

3.4 Säteilyn optimointi

Sädeannos optimoidaan jokaiselle potilaalle kuvausindikaation perusteella. ALARA-periaatteen mukaan toiminta järjestetään siten, että terveydelle aiheutuva säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin mahdollista, kuitenkin diagnostisuuden pysyessä mahdollisimman laadukkaana. (STUK 2013.)

Potilaan sädeannokseen vaikuttavat myös potilaan ikä, paino sekä pituus, jotka tulee ottaa huomioon säteilyn optimoinnissa. Samaa kuvausohjelmaa tai kuvausparametrejä ei tulisi käyttää kaikille potilaille, sillä kuvanlaatu ja vaadittava säteilyannos vaihtelevat eri indikaatioiden ja alueiden mukaan. Puutteellisen optimoinnin vuoksi sädeannokset voivat vaihdella runsaasti varsinkin eri sairaaloiden välillä. (Duodecim 2015.)

Tärkeää optimoinnissa on kuva-alueen rajausta niin pieneksi, kuin indikaation mukaan on mahdollista. Hyvä ja tarkka lähete on iso apu kuva-alueen rajaamisessa. Ylimääräisten kuvasarjojen välttäminen, oikeat kuvausarvot,

oikeat kuvausohjelmat sekä riittävä koulutus ovat säteilyn optimoinnin kulmakiviä. (Duodecim 2015.)

Säteilysuojelusta ja optimoinnista puhuttaessa on otettava huomioon myös oikeutusperiaate. Oikeutus tarkoittaa sitä, että säteilystä tulleen hyödyn on oltava suurempi, kuin siitä aiheutuvan haitan. Oikeutusperiaatteen vuoksi lähettävä lääkäri on myös tärkeässä roolissa säteilysuojelun toteutuksessa. Lähettävän lääkärin tulee arvioida oikeutus tutkimukselle ja sen jälkeen tutkimuksesta vastuussa oleva lääkäri vielä hyväksyy sen. Optimointia on, kun vältetään potilaiden turha säteilyaltistus. (Nieminen & Oikarinen 2017.)

4 Pinta- ja hajasäteilyn mittaaminen

Altistusolosuhteita ja henkilökohtaista annostarkkailua ylläpidetään säännöllisin säteilymittauksin laadunvarmistuksessa ja terveydenhuollossa, kun määritetään potilaan säteilyaltistusta. Säteilymittaukset on tehtävä oikeanlaisella, ehjällä, toimivalla ja kalibroidulla mittarilla. Säteilymittareita on monenlaisia eri tarkoituksiin. Kaikessa mittaamisessa on tärkeää valita oikeanlainen mittari ja varmistaa mittarin toiminta ja kalibrointi. Lisäksi tuloksia on osattava tulkita oikein. Jokaiselle säteilymittarille suoritetaan kalibrointi ennen mittarin käyttöönottoa. Se tapahtuu laboratoriossa määrittelemällä mittarille kalibrointikerroin, joka saadaan säteilymittarin antaman arvon ja mittaussuureen arvon välisestä suhteesta. Mittarin käyttöönoton jälkeen kalibrointi suoritetaan uudelleen vähintään kerran viidessä vuodessa. Kuitenkin terveydenhuollossa käytettävän käyttömittarin kalibrointiväli ei saa ylittää kahta vuotta. Mikäli mittarin toiminnassa on ongelmia, tai mittaria tarvitsee säätää, voidaan kalibrointi suorittaa useamminkin. Mittarin toimintakuntoa on tarkkailtava säännöllisesti. (STUK n.d.d.)

4.1 Pintasäteilymittarit

Pintasäteilymittarit, eli toiselta nimeltään ESD-mittarit, mittaavat potilaan ihon absorboimaa säteilyannosta ihon pinnalta. ESD-lyhenne tulee englannin sanoista "Entrance Skin Dose". Pinta-annos merkitään milligrayina (mGy) (Murphy 2017.) Pinta-annosta mitattaessa, kiinnitetään potilaan ihon pintaan säteilymittari ja asetetaan se säteilykeilan keskelle. Pinta-annoksia tarvitaan etenkin säteilyn determinististen eli suorien haittavaikutusten arvioimiseen. ESD-annoksia mitataan myös silloin, kun halutaan vertailla eri aikaan ja eri paikassa otettujen röntgentutkimusten annostasoja. Termoloistedosimetrit (TLD) soveltuvat ESD:n mittaamiseen hyvin, sillä ne eivät näy häiritsevästi röntgenkuvissa. (Salomaa ym. 2004, 119–122.)

Useimmat säteilymittarit eivät sovellu potilaan ihon pinta-annoksen mittaamiseen, sillä ne voivat kuvissa näkyessään haitata myös kuvien tulkintaa. Pinta-annosten mittaamiseen voidaan hyödyntää fantomeita, joiden pinnalta mitataan sädeannos samoilla kuvausarvoilla, joita potilaisiin käytetään röntgentutkimuksissa. Pinta-annosmittareiksi eivät sovellu mitkä tahansa mittarit, sillä pinta-annosta mitattaessa mittareilla tulee olla riittävän pieni energia- ja annosnopeusriippuvuus. Tällaisia mittareita ovat erilaiset ionisaatiokammioon perustuvat mittarit sekä puolijohdeilmaisimiin perustuvat mittarit. (Salomaa ym. 2004, 119–122.)

4.2 Hajasäteilymittarit

Säteilyannoksia voidaan mitata myös esimerkiksi säteilylähteiden ympäriltä. Tätä sironnutta säteilyä voidaan mitata hajasäteilymittareiden avulla. Hajasäteilyä mitataan esimerkiksi silloin, kun halutaan varmistaa säteilyturvalliset olosuhteet työpaikalla sekä tarkkailla työntekijöiden saamia sädeannoksia. (Rajan & Izewska, n.d. 85). Työntekijöiden työperäinen säteilylle altistuminen johtuukin pääasiassa hajasäteilystä ja kumulatiiviset sädeannokset voivat monen vuoden työuran jälkeen olla merkittäviä (Ylimaula ym. 2023).

5 Opetusmateriaalin tuottaminen

5.1 Hyvän opetusmateriaalin kriteerit

Laadukas oppimateriaali on sisällöltään luotettavaa. Sen tulee olla käytettävyydeltään ja saavutettavuudeltaan helppoa kaikille kaikissa tilanteissa. Oppimateriaalin tekemisessä tulee huomioida tekijänoikeudet ja mainita käytetyt lähteet. (Avoin tiede 2023.) Opetusmateriaalin tulisi olla monikäyttöistä, rajatun sisällön tai toiminnan kokonaisuutta, johon on luotu harjoitus, simulaatio tai havainnollistus. Pedagogisella laadulla tarkoitetaan sitä, että oppimateriaali soveltuu opiskelukäyttöön opetusta tukien. Aineistoon on voitu käyttää toista oppimateriaalia, kuten tämän opinnäytetyön kohdalla jo olemassa olevaa Accu-Gold säteilymittariston laajaa ohjekirjaa, jota aineisto täydentää ja tukee. (Opetushallitus 2012.)

5.2 Opetusmateriaalin tuottaminen

Opetusmateriaali tuotettiin Turun Ammattikorkeakoulun tiloissa, radiografian opetusluokassa. Tuotoksena syntyi säteilymittareiden käyttöohje. Käytössä oli pinta- sekä hajasäteilymittarit, jotka olivat jo valmiiksi koululle hankittuina. Käyttöohje sisältää Turun Ammattikorkeakoulun tiloissa otettuja valokuvia, joihin käytettiin radiografian opetusluokan välineistöä. Valokuvissa ei esiinny ihmisiä. Valokuvia käsiteltiin käyttöohjetta varten rajaamalla taustalta ylimääräiset esineet pois ja käyttöohjeeseen lisättiin selkeät ohjeet tekstimuodossa säteilymittareiden käyttöön.

Välineet: Thorax -fantomi, Accu-Gold säteilymittaristo, röntgenlaite

Säteilymittareiden käyttöohje lähetettiin opinnäytetyön ohjaajalle useampaan kertaan, ja sitä testattiin koulun tiloissa muiden röntgenhoitajaopiskelijoiden toimesta osana Säteilyturvallisuusvastaava -kurssia. Ohjetta muokattiin sekä opettajan että oppilaiden antamien kommenttien perusteella helppolukuisemmaksi.

6 Opinnäytetyön toteutus

6.1 Opinnäytetyön malli ja toteutus

Opinnäytetyön menetelmänä toimii kehittämispohjainen opinnäytetyö. Opinnäytetyössä luodaan säteilymittarin käyttöohjeet selkeiksi ja käytäntöön sopiviksi. Opinnäytetyöllä pyritään kaventamaan teorian ja käytännön välistä kuilua mittareiden käytössä.

Kehittämistyön malli on lineaarinen, sillä opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja lähtökohdat ovat selkeät. Lineaarisuus näkyy opinnäytetyöprosessin tekovaiheissa, jotka ovat kehittämistarpeiden tunnistaminen, ideointi, suunnittelu, toteutus, tuotos sekä arviointi. (Salonen 2013.) Lineaarinen kehittämistyön malli toteutui opinnäytetyöprosessin aikana hyvin ja sitä noudattamalla oli helppoa pitäytyä myös aikataulusuunnitelmassa. Vaiheet etenivät loogisessa järjestyksessä ja opinnäytetyötä oli selkeä työstää.

6.2 Eettisyys ja luotettavuus

Tässä opinnäytetyössä on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä (TENK 2024). Opinnäytetyön aiheeseen on perehdytty ennen opinnäytetyön laatimista ja käyty ohjaajan kanssa läpi aikataulusuunnitelma sekä työhön tarvittavat resurssit. Tiedeyhteisön tunnustamiin hyviin toimintatapoihin kuuluvat rehellisyys, yleinen huolellisuus ja tarkkuus työssä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä, sekä tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa. (TENK 2024.) Nämä periaatteet ovat ohjanneet työn toteutusta. Työ ei vaadi tutkimuslupia eikä mukana ole yhteistyökumppaneita. Työssä ei käsitellä henkilötietoja eikä siihen sisällytetä mitään lain mukaan salassa pidettäviä tietoja.

Mittareiden englanninkielinen käyttöohje, jota on työn tukena hyödynnetty, on julkisesti nähtävillä laitevalmistajan nettisivuilla (Radcal 2021). Opinnäytetyössä tuotetussa käyttöohjeessa olevat kuvat otettiin Turun Ammattikorkeakoulun opetustiloissa, jolloin kiinnitettiin huomiota siihen, ettei valokuvien taustalla näy

esimerkiksi henkilökohtaisia tietoja. Kuvissa ei näy ihmisiä vaan käytössä oli Thorax -fantomi.

Opinnäytetyössä on käytetty niin suomenkielisiä, kuin kansainvälisiäkin lähteitä. Lähteinä on suosittu ensisijaisesti mahdollisimman tuoretta tutkimustietoa, ja lähteiden valintaa on ohjannut lähdekriittisyys. Kaikki käytetyt lähteet on merkitty näkyville lähdeluetteloon sekä lähdeviitteisiin Turun Ammattikorkeakoulun lähdeviittausohjeiden mukaisesti. (Turku AMK 2024.)

Opinnäytetyön tuotoksen toimivuutta on testattu ja arvioitu kolmannen vuoden röntgenhoitajaopiskelijaryhmällä. Ryhmä antoi säteilymittareiden käyttöohjeesta palautetta, jonka mukaan tuotosta vielä muokattiin. Tämä kertoo työn luotettavuudesta, huolellisuudesta sekä tarkkuudesta tuotoksen arvioinnissa.

6.3 Aikataulu-, kustannus- ja julkaisusuunnitelmat

Opinnäytetyöprojekti alkoi suunnitteluvaiheella syksyllä 2024.

Opinnäytetyösuunnitelma oli täysin valmis esitettäväksi joulukuussa 2024. Tavoitteena oli valmis opinnäytetyö julkaistavaksi viimeistään toukokuussa 2025.

Ideointivaihe tapahtui alkusyksystä 2024. Silloin kerättiin aiheeseen liittyviä avainsanoja sekä pohdittiin opinnäytetyön sisältöä ja tulevaa oppimismateriaalia. Suunnitteluvaiheeseen kuului tietoperustaan perehtyminen ja opinnäytetyön suunnitelman teko. Ryhmän jäsenet tutustuivat koululla käytettäviin säteilymittareihin ja niiden käyttöön sekä jo olemassa oleviin käyttöohjeisiin, joiden pohjalta luotiin uudet ohjeet. Tuotoksen teko tapahtui kevään 2025 aikana.

Suunnitelmavaiheessa opinnäytetyöryhmä piti tapaamisia, joissa hiottiin suunnitelmaa sekä kaavailtiin opinnäytetyön sisältöä. Suunnitelmaa työstettiin myös itsenäisesti ryhmän jäsenten aikataulujen puitteissa. Ryhmälle järjestettiin säännöllisesti ryhmänohjaustapaamisia, jossa käytiin läpi työn etenemistä

yhdessä opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Kustannuksia opinnäytetyöstä ei tule lainkaan.

6.4 Pohdinta ja kehittämissuositukset

Koko opinnäytetyöprojekti sujui onnistuneesti ja kommunikaatio ryhmän jäsenten sekä ohjaajan välillä oli saumatonta. Ryhmän jäsenten välinen kommunikointi sujui vaivattomasti kasvotusten sekä viestintäsovellus WhatsApp:n kautta. Opinnäytetyön ohjaajan kanssa viestittiin sähköpostin välityksellä. Tapaamisia oli myös koululla, jolloin kaikki ryhmän jäsenet sekä ohjaaja kävivät yhdessä läpi opinnäytetyön etenemistä.

Aikataulusuunnitelmassa pysyttiin ja sen noudattaminen oli helppoa, kun laadittuna oli selkeät tavoitteet ja toimiva suunnitelma. Tapaamiset ja projektin etenemisen läpikäynti helpottivat aikataulusuunnitelman noudattamista. Ohjaajalta saaduista kommentteista ja tuesta oli myös suuri apu opinnäytetyötä tehdessä.

Opinnäytetyöprosessi on kehittänyt ryhmän jäseniä ammatillisesti ja antanut tietotaitoa myös työelämään. Toimiminen ryhmänä on edistänyt kommunikointi- ja yhteistyötaitoja sekä myös opettanut suunnitelmallisuutta.

Opinnäytetyöprojekti on kehittänyt tiedonhakutaitoja ja sen lisäksi myös lähdekriittisyyttä.

Haastavaa oli opinnäytetyön aihealueen suppea rajaus, joten teoreettisen tiedon haku oli myös jossain määrin hankalaa. Haasteita tuotti myös opinnäytetyön lopullisen tuotoksen tekeminen. Mittareiden käyttöohjetta jouduttiin muokkaamaan useampaan kertaan, jotta se saatiin tarpeeksi suppeaan ja samalla selkeään sekä informatiiviseen muotoon. Käyttöohjetta testasivat kolmannen vuoden röntgenhoitajaopiskelijaryhmä ja heiltä saadusta palautteesta oli myös suuri hyöty.

Kehittämissuosituksena samankaltaista työtä ajatellen olisi, että valmista tuotosta testattaisiin useammalle röntgenhoitajaopiskelijaryhmälle, jotta

saataisiin eri näkökulmia ja mielipiteitä hyödynnettäväksi opinnäytetyöhön. On tärkeää saada opiskelijoiden ääni ja mielipiteet myös kuuluviin, sillä valmis tuotos on luotu heitä varten ja heidän opiskelunsa tueksi. Jatkoehdotuksena mittareiden käyttöohjeen tueksi voisi luoda oppimistehtävän, jossa käyttöohjetta hyödynnettäisiin.

Lähteet

Ahvenjärvi, L., Aronen, H., Autti, T., Blanco, S., Dean, P., Föhr, A., Järvenpää, R., Kajander, S., Kallio-Pulkinen, S., Kivisaari, R., Knuuti, J., Komar, G., Koskinen, S., Kuisma, M., Lammentausta, E., Lantto, E., Lauerma, K., Manninen, H., Markkola, A., Mattila, K., Nevala, T., Niemi, P., Nieminen, M., Niinimäki, J., Niskanen, K., Nummela, M., Oikarinen, H., Parkkola, R., Perhomaa, M., Perälä, J., Rääkkö, E., Rautio, R., Rinta-Kiikka, I., Rissanen, T., Saarakkala, S., Sipola, P., Svedström, E., Tanskanen, P., Toiviainen-Salo, S., Vanninen, R. & Varpula, M. 2017. Kliininen radiologia. Säteilysuojelu ja turvallisuus. Duodecim. Viitattu 11.2.2025. <https://www.oppoportti.fi/opk04610>
Vaatii käyttäjätunnuksen.

Avoin tiede, 2023. Miten huomioit laadun avoimissa oppimateriaaleissa? Laatuksiteristö. Viitattu 18.2.2025.

<https://avointiede.fi/fi/asiantuntijaryhmat/oppimisen-avoimuus/miten-huomioit-laadun-avoimissa-oppimateriaaleissa>

Duodecim, 2016. Radionuklidi. Lääketieteen sanasto. Viitattu 21.11.2024.

<https://www.terveyskirjasto.fi/ltt02845/radionuklidi>

Environmental Protection Agency EPA. Radiation Basics. N.D. Viitattu 28.1.2025. <https://www.epa.gov/radiation/radiation-basics>

Kortesniemi, M & Lantto, E. 2015. Tietokonetomografioiden optimointi. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 22.11.2024.

<https://www.duodecimlehti.fi/duo12009>

Murphy, A. 2017. Entrance skin dose. Radiopaedia. Viitattu 30.1.2025.

<https://radiopaedia.org/articles/entrance-skin-dose>

Opetushallitus, 2012. Laatu e-oppimateriaaleihin. Viitattu 18.2.2025.

https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415_laatu_e-oppimateriaaleihin_2.pdf

Paile, W. 2000. Ionisoivan säteilyn haitat. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 28.1.2025. <https://www.duodecimlehti.fi/duo91423>

Radcal. 2021. MacIntosh, E. Accu Gold 2. Laitevalmistajan käyttöohje. Viitattu 18.2.2025 https://radcal.com/radcalsoftwareupdate/accugoldv2/Accu-Gold2_manual.pdf

Rajan, G. & Izewska, J. n.d. Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. Chapter 4. Viitattu 30.1.2025. https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/professionnels_sante/documentation/syllabus_chapitre_4.pdf

Rantanen, R. 2000. Säteilyn ja radioaktiivisuuden suureet ja yksiköt sekä annoksen mittaaminen. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 12.1.2025. <https://www.duodecimlehti.fi/duo91422>

Salminen, E. 2018. Säteilyvamma ja säteilytauti. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 28.1.2025. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14300>

Salminen, E. 2021. Säteily ja terveys. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 28.1.2025. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01082#s3>

Salomaa, S., Pukkila, O., K. Ikäheimonen, T., Pöllänen, R., Weltner, A., Paile, W., Sandberg, J., Nyberg, H., J. Marttila, O., Lehtinen J. & Karvinen H. 2004. Säteily- ja ydinturvallisuus kirjasarja. Säteilyturvakeskus. Viitattu 30.1.2025. <https://stuk.fi/documents/150192312/162661266/kirja3-1-sateilyn-kaytto-rontgensateily-diagnostiikassa.pdf/e699244b-3620-cde2-bd33-11c9077e01fa/kirja3-1-sateilyn-kaytto-rontgensateily-diagnostiikassa.pdf?t=1684851448411>

Salonen, K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.3.2025. <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>

STUK. n.d.a Ionisoiva säteily. Viitattu 11.1.2025. <https://stuk.fi/ionisoiva-sateily>

STUK. n.d.b Luonnon taustasäteily. Viitattu 11.1.2025. <https://stuk.fi/luonnon-taustasateily>

STUK. n.d.c Mitä säteily on? Viitattu 15.11.2024. <https://stuk.fi/mita-sateily-on>

STUK. n.d.d Säteilymittaukset ja hyväksynät. Viitattu 24.11.2024.

<https://stuk.fi/sateilymittaukset-ja-hyvaksynat>

STUK. n.d.e Säteilyn terveystvaikutukset. Viitattu 15.11.2024.

<https://stuk.fi/sateilyn-terveysvaikutukset>

STUK. 2013 Säteilytoiminnan turvallisuus -ohje. Viitattu 11.1.2025.

<https://stuk.fi/documents/150192312/162639293/ST1-1.pdf/a400e2a0-b6d5-1118-ecef-00dfc30d5afe/ST1-1.pdf?t=1684840292470>

TENK. Hyvä tieteellinen käytäntö. Viitattu 13.2.2025. <https://tenk.fi/fi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>

Turku AMK 2024. Turun AMK:n oma lähdemerkintäohje. Viitattu 18.2.2025.

https://tuas365.sharepoint.com/sites/Messi-Opiskelija/Shared%20Documents/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6/L%C3%A4hde%20merkint%C3%A4ohjeet_TurkuAMK.pdf?CT=1705575749638&OR=OWA-NT&CID=08084ee2-e524-9d68-f5fd-32de0f159638

United States Nuclear Regulatory Commission -nettisivu. Geiger-Mueller Counter-artikkeli. N.D. Viitattu 26.1.2025. <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/geiger-mueller-counter.html>

World Health Organization, 2023. Ionizing radiation and health effects. Viitattu 21.11.2024. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>

Ylimaula, S., Räsänen, L., Hurskainen, M., Peuna, A., Julkunen, P., Nieminen, M. & Hanni, M. X-Ray scatter in projection radiography. Viitattu 17.2.2025.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10875324/>

Säteilymittareiden käyttöohje

ACCU-GOLD 2 -SÄTEILYMITTARIN KÄYTTÖOHJE

Accu-Gold 2 -järjestelmä koostuu digitointimoduulista, erilaisista säteilymittariantureista sekä tietokoneen näytöstä. Tässä ohjeessa käytetään hajasäteilyä mittaavaa 10X6-180 anturia (kuva 2), sekä pinta-annosta mittaavaa 10X6-6 ESD-anturia (kuva 3). Moduuli yhdistetään USB-johdolla tietokoneeseen, johon Accu-Gold -sovellus on ladattuna.

Accu-Gold -laitteiston asentaminen

1. Aloita säteilymittarianturin käyttö yhdistämällä haluttu anturi digitointimoduuliin (kuva 1).

kuva 1.



kuva 2.



kuva 3.



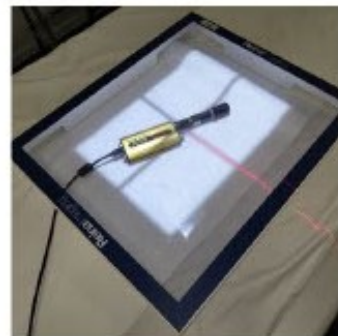
Kuva 1. Sinisellä merkitty oikeat liitännät. Vas. digitointimoduuli ja oik. hajasäteilymittari.

Kuva 2. Hajasäteilymittari.

Kuva 3. ESD-mittari. Laitteiston tulee olla yhdistettynä punaisten merkintöjen mukaan.

2. Aseta anturi kuvakenttään. Pinta-annosta mitattaessa esd-anturi voidaan asettaa kuvauskohteen alle (kuva 5). Aseta anturin päälle detektorin suojalevy (kuva 4). Hajasäteilyä mitattaessa anturi tulee asettaa esimerkiksi detektoritelineeseen vaakatasoon niin, että säteilyä mittaava pinta on kohtisuoraan säteilykohteeseen nähden (kuva 6).

kuva 4.



kuva 5.



kuva 6.



Kuva 4. ESD-mittarin asettelu.

Kuva 5. Pintasäteilymittari kuvauskohteen eli thorax -fantomin alla.

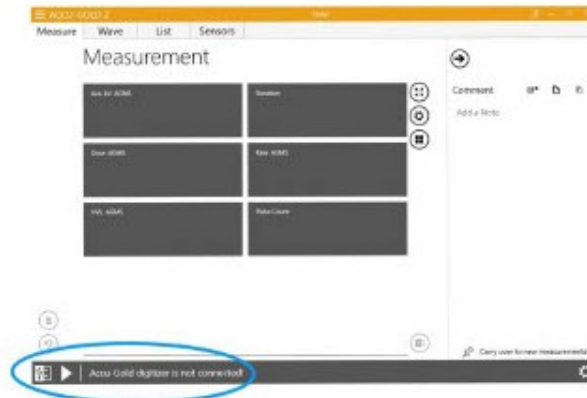
Kuva 6. Huomioi hajasäteilyanturin asento telineeseen asetettuna.

Mittauksen tekeminen

3. Avaa tietokoneen työpöydältä Accu-Gold 2 sovellus. Säteilymittarianturi on nyt yhdistetty laitteeseen USB-johdolla. Aloittaaksesi mittarin käytön paina "Connect via USB". Continue -näppäin avaa mittausohjelmiston.



Kuva 6. Accu-Goldin aloitusvalikko.



Kuva 7. Mittausohjelmisto. Valikon alareuna kertoo anturin valmiustilan. Play-näppäin käynnistää kalibroinnin.

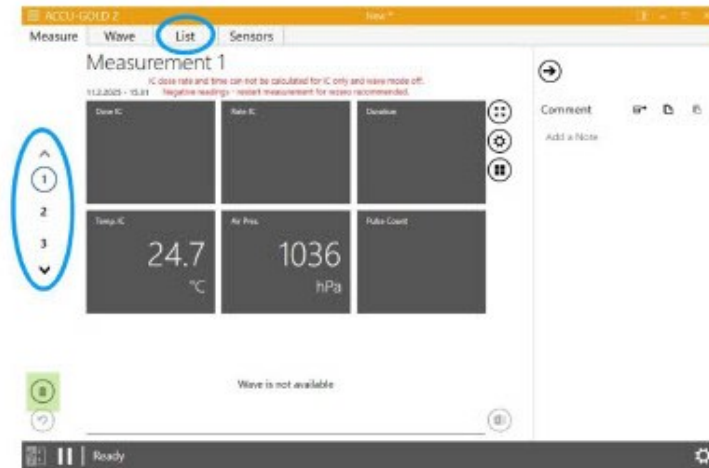
4. Valitse valikon vasemmasta alareunasta WiFi:n sijaan USB-liitäntä. **Huom!** Ohjelmisto täytyy kalibroida ennen jokaista mittausta. Paina play-näppäintä käynnistääksesi kalibroinnin. Huomioi, että anturi on sijoitettuna ennen kalibroinnin aloittamista. Anturin liikuttaminen kalibroinnin jälkeen saattaa laukaista virheellisen mittauksen. Anturi on nyt valmis ensimmäiseen mittaukseen.



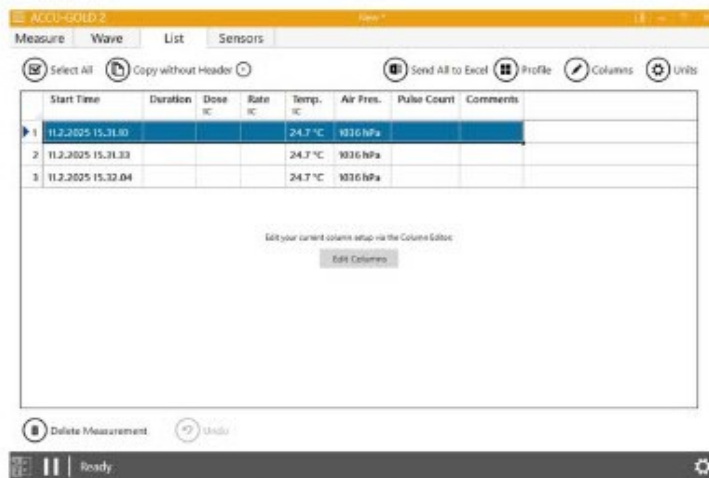
Kuva 8. USB-liitännän valikko. Kuvat 9. ja 10. Laitteiston kalibrointi käynnissä sekä valmiina.

Mittaustulosten tarkasteleminen

- Mittauksen tulokset ilmestyvät luetteloon heti eksponoinnin jälkeen. Ensimmäisestä sarakkeesta näkee säteilyannoksen (Dose IC). Luettelon vasemmalta puolelta löytyy mittauskertojen määrä. Listanäkymän saa esiin painamalla ylävalikosta "List".
- Paina alavasemmalla olevaa pause-näppäintä ennen seuraavaa eksponointia, jos liikutat anturin uuteen paikkaan. Tämän jälkeen suorita kalibrointi uudestaan, niin olet valmis seuraavaan mittaukseen.
- Ylimääräiset mittaukset voi poistaa roskakorikuvakkeesta valikon vasemmasta alareunasta (Kuva 11).



Kuva 11. Mittaustulosten luettelonäkymä.



Kuva 12. Listanäkymästä näet helposti jokaisen mittauksen tuloksen tarkastelua varten.

Ohjelman sulkeminen

8. Ennen anturin irrottamista paina valikon alareunan pause-näppäintä. Tämän jälkeen voit irrottaa säteilymittarianturin digitointimoduulista, ja moduulin USB-johdosta. Tämän jälkeen voit halutessasi tallentaa mittaustulokset tiedostona tietokoneelle tai exceliin, ja sulkea Accu-Gold -ohjelmiston oikeasta yläreunasta.