



Metropolia

Jaana Korpua ja Tatu Vahteri

Kestävän kehityksen ympäristöinno- vaatiot lääketieteellisessä kuvanta- misessa

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja (AMK)

Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

19.4.2024

Tiivistelmä

Tekijät:	Jaana Korpua Tatu Vahteri
Otsikko:	Kestävän kehityksen ympäristöinnovaatiot lääketieteellisessä kuvantamisessa
Sivumäärä:	22 sivua + 1 liite
Aika:	19.4.2024
Tutkinto:	Röntgenhoitaja (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma
Ohjaajat:	Lehtori Julia Dolk Lehtori Sanna Törnroos

Ilmastokriisi on 2000-luvun suurin terveysuhka ja terveydenhuoltosektori kuluttaa merkittäviä määriä energiaa, vettä ja materiaaleja sekä tuottaa päästöjen lisäksi suunnattomia määriä jätteitä. Lääketieteellisen kuvantamisen osuus terveydenhuollon aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä on merkittävä. Arvioiden mukaan kuvantamistutkimuksia tehdään maailmanlaajuisesti vuosittain noin 10 miljardia kappaletta ja lääketieteellisen kuvantamisen osuus hiilijalanjäljestä on noin 1 %.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitä käytännön innovaatioita on jo tehty lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Tavoitteena oli lisätä ymmärrystä lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutuksista ja antaa tietoa siitä, miten ongelmaa on voitu tähän mennessä ratkoa ja mitä haasteita on vielä ratkottavana.

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimustapana kuvailevaa kirjallisuuskatsausta. Kolmeen tietokantaan tehdyn aineistohaun perusteella, sisäänotto- ja poissulkukriteereitä hyödyntäen, tutkimukseen valikoitui 10 vertaisarvioitua artikkelia. Analysointimenetelmänä käytimme induktiivista eli aineistolähtöistä sisällönanalyysiä.

Aineistohaun tuloksissa korostuivat jo tehdyt innovaatiot. Energiansäästöön liittyvät innovaatiot, kuten kuvantamislaitteiden ja työasemien virransäästöasetukset ja sammuttaminen, muodostivat merkittävän osan saamistamme tuloksista. Raaka-aineita voidaan säästää vähentämällä kertakäyttöisten tuotteiden käyttöä ja tarkistamalla laitehankinnan kriteereitä. Ympäristön kuormitusta voi vähentää myös työtapoihin liittyvillä muutoksilla. Tulevalta tutkimukselta toivoisimme rohkeutta viitoittaa tietä innovatiivisemmille tulevaisuuden säästökeinoille.

Avainsanat: kestävä kehitys, ympäristöinnovaatio, lääketieteellinen kuvantaminen

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s): Jaana Korpua
Tatu Vahteri
Title: Environmental innovations for sustainable development in medical imaging
Number of Pages: 22 pages + 1 appendix
Date: 19 April 2024

Degree: Bachelor of Health Care
Degree Programme: Radiography and Radiotherapy
Instructors: Senior Lecturer Julia Dolk
Senior Lecturer Sanna Törnroos

Climate crisis is the biggest health threat in the 21st century and health care sector consumes large amount of energy, water, and material. In addition to that it leaves behind great amount of waste. Medical imaging accounts for a significant share of carbon dioxide emissions from healthcare. The amount of yearly medical imaging is estimated to be approximately 10 billion examinations and the share of medical imaging in carbon footprint is approximately 1 %.

The purpose of the thesis was to find out what practical innovations have already been made to reduce the environmental impact of medical imaging. The aim was to increase understanding of the environmental impacts of medical imaging and to provide information on how this problem is currently solved and what challenges remain to be tackled.

The research method used in the thesis was a descriptive literature review. Ten peer-reviewed articles were chosen from three databases and intake and exclusion criteria were used in the process. The material was analyzed using inductive content analysis approach.

We found more answers about the practical innovations that are already done to reduce environmental effect of medical imaging. Large amount of the results was related to energy-saving innovations, for example energy-saving settings of imaging devices or workstations. Raw materials can be saved by reducing the use of single-use items and by re-evaluating equipment acquisition criteria. Environmental effect can also be reduced by changes in ways of working. In our opinion, future research should be bolder in guiding us to more innovative means of saving the environment.

Keywords: sustainable development, environmental innovation, medical imaging

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kestävä kehitys ja lääketieteellinen kuvantaminen	2
2.1	Kestävän kehityksen ympäristöhankkeita	2
2.2	Ympäristöinnovaatio	3
2.3	Kuvantaminen ilmastokriisin osatekijänä	3
3	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset	4
4	Tutkimusmenetelmä	4
4.1	Kuvaileva kirjallisuuskatsaus	5
4.2	Aineiston valinta, tiedonhaku ja hakusanat	6
4.3	Aineiston analysointi	8
5	Tulokset	9
5.1	Ympäristövaikutuksia vähentävät innovaatiot	9
5.1.1	Energiansäästö	10
5.1.2	Raaka-aineiden säästö	11
5.1.3	Ympäristöystävälliset työtavat	12
5.2	Haasteet ympäristövaikutusten näkökulmasta	13
6	Pohdinta	13
6.1	Tulosten tarkastelu	13
6.2	Luotettavuus ja eettisyys	15
6.3	Johtopäätökset ja kehittämissuhteet	16
6.4	Jatkotutkimusehdotus	17
6.5	Ammatillinen kasvu	18
	Lähteet	19
	Liitteet	
	Liite 1. Tutkimusaineiston analyysitaulukko	

1 Johdanto

Ilmastokriisi on 2000-luvun suurin terveysuhka. Terveysthuoltosektori kuluttaa merkittäviä määriä energiaa, vettä ja materiaaleja sekä tuottaa päästöjen lisäksi suunnattomia määriä jätteitä. Terveysthuollon osuus on tutkimusten mukaan jopa 5 % maailmanlaajuisista ympäristövaikutuksista. Vuosien 2000 ja 2015 välillä terveydenhuollon maailmanlaajuiset hiukkaspäästöt kasvoivat 9 % ja kasvihuonepäästöt 29 %. Taustalla on, että vertailukauden aikana terveydenhuollon kulut tuplaantuivat 5,5 biljoonaan Yhdysvaltain dollariin, mikä vastaa 10 % koko maailman bruttokansantuotteesta. (Karliner & Slotterback & Boyd & Ashby & Steele 2019: 8–24; Lenzen ym. 2020.) Myös Suomessa sote-sektorin osuus kansallisista hiilipäästöistä oli 5 % vuonna 2014 (Pulkki & Västinsalo 2022).

Lääketieteellinen kuvantaminen lisää osaltaan hiilidioksidipäästöjä merkittävästi. Arvioiden mukaan kuvantamistutkimuksia tehdään maailmanlaajuisesti vuosittain noin 10 miljardia kappaletta ja niiden osuus hiilijalanjäljestä on noin 1 %. Jos esimerkiksi tarkastellaan pelkästään magneettikuvantamis- ja tietokonetomografiatutkimusten hiilidioksidipäästöjä 120 eri maassa, olivat ne vuonna 2016 0,77 % koko maailman päästöistä. (Picano & Mangia & Antonello 2022.)

Terveysthuollossa toimenpiteitä on tehty energian, materiaalien ja veden käytön tehostamiseksi. Myös kasvihuonepäästöjen ja muiden vaarallisten aineiden voimakkuudet ovat laskeneet. (Karliner ym. 2019: 12–13; Lenzen ym. 2020: e274.) Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää mitä käytännön innovaatioita on tehty lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä lukijan ymmärrystä lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutuksista ja antaa tietoa siitä, miten ongelmaa on voitu tähän mennessä ratkoa ja mitä haasteita on vielä ratkottavana.

2 Kestävä kehitys ja lääketieteellinen kuvantaminen

Kestävällä kehityksellä tarkoitetaan jatkuvaa, ohjattua yhteiskunnallista muutosta, joka tapahtuu niin maailmanlaajuisesti, alueellisesti kuin paikallisestikin. Sen tavoitteena on varmistaa sekä jo olemassa oleville että tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Kestävään kehitykseen liittyvässä toiminnassa ja päätöksenteossa otetaan yhtä lailla huomioon niin ympäristö, ihminen kuin talouskin. Kestävä kehitys sai alkunsa vuonna 1987 YK:n Brundtlandin komissiossa ja siitä on sen jälkeen kehittynyt maailmanlaajuinen prosessi, jonka ulottuvuuksiin kuuluvat ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys. (Ympäristöministeriö 2023.)

Ekologinen kestävyys on yksi kestävän kehityksen ulottuvuuksista, jossa noudatetaan varovaisuusperiaatetta. Varovaisuusperiaatteella tarkoitetaan oikeutta toteuttaa tiettyjä toimenpiteitä ympäristön tai kuluttajien suojelemiseksi vakavilta tai peruuttamattomilta haitoilta, vaikka tiedot haitasta olisivatkin epävarmoja. (eOppiva.) Ekologiseen kestävyYTEEN kuuluvat luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen sekä taloudellisten ja aineellisten toimintojen sopeuttaminen luonnonvarojen riittävyYTEEN ja luonnon sietokykykYyn (Kestävä kehitys 2023a).

Lääketieteellisen kuvantamisen termillä viitataan erilaisiin ihmiskehon tarkasteluun käytettäviin teknologioihin, joiden avulla voidaan diagnosoida, seurata tai hoitaa sairauksia (FDA 2018). Tutkimusmenetelmien perusteiden välillä on suuria eroja ja menetelmissä hyödynnetään röntgensäteilyä, sähkömagneettista säteilyä, ääniaaltoja tai jotain muuta ionisoivaa säteilyä. Informaation määrä ja laatu, kuvan tulkinta ja menetelmien käytettävyys vaihtelevat eri tutkimusmenetelmien välillä. (Blanco Sequeiros & Lundblom 2017.)

2.1 Kestävän kehityksen ympäristöhankkeita

YK:n jäsenmaiden kesken hyväksyttiin vuonna 2015 kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma, joka sai nimekseen Agenda2030. Ohjelma pitää sisällään

17 kestävän kehityksen haasteisiin liittyvää tavoitetta, jotka toteutuessaan mahdollistavat niin ympäristöllisen, sosiaalisen kuin taloudellisenkin kestävyuden saavuttamisen globaalilla tasolla vuoteen 2030 mennessä. Suomi oli yksi ensimmäisistä haasteisiin tarttuneista maista raportoidessaan YK:lle vuonna 2016 toimeenpanosuunnitelmistaan. (Kestävä kehitys 2023b.)

Tampereen yliopiston koordinoima ”Ekologisesti kestävä sosiaali- ja terveydenhuollon tavoitteet ja ohjausmekanismit” -hanke eli EKO-SOTE päättyi elokuussa 2023. Hankkeen aikana tehtiin sosiaali- ja terveydenhuoltoa koskeva hiilijalanjälkilaskelma ja lopputulemana oli esitys tavoitteesta saavuttaa hiilineutraali ja ympäristökuormaa minimoiva sosiaali- ja terveydenhuolto vuoteen 2035 mennessä. (Pulkki ym. 2023.)

Suomen suurin terveydenhuoltoalan toimija ja toiseksi suurin työnantaja, HUS-yhtymä eli HUS, on julkaissut 16.11.2020 ympäristöohjelman vuosille 2021–2024. Sen päätavoitteet ovat ilmastoneutraaliuden saavuttaminen vuoteen 2030 mennessä, resurssiviisauden lisääminen, kiertotalouden tukeminen sekä tietoisuuden lisääminen ympäristökuormituksesta. (HUS 2020.)

2.2 Ympäristöinnovaatio

Ympäristöinnovaatioilla tarkoitetaan uutuusarvon sisältäviä, ympäristöön liittyviä toteutuksia tai muutoksia. Innovaatiot liittyvät yritysten tuotteisiin, tuotantoprosesseihin tai markkinointiin ja vaihtelevat pienistä toimintaa tehostavista parannuksista aina toimintaa mullistaviin ympäristötekoihin. (Angelo & Jabbour & Galina 2012.) Ympäristöinnovaatiot ovat olennainen osa kiertotalouteen siirtymistä, ne vähentävät ympäristövaikutuksia, lisäävät ympäristön kantokykyä ja tehostavat luonnonvarojen käyttöä. (Mohamedaly & Al-Ajlani & Kuuliala & McKinnonx & Johansen 2022: 4–5.)

2.3 Kuvantaminen ilmastokriisin osatekijänä

Lääketieteellisen kuvantamisen ympäristöjalanjäljen aiheuttavat pääsääntöisesti energiankulutus, kiinteät jätteet, laitteiden ja tarvikkeiden hankintaan, käyttöön

ja hävittämiseen liittyvät päästöt sekä tutkimuksissa käytettyjen aineiden kierto. Kuvantamistoiminta itsessään kuluttaa suuria määriä energiaa. Kuvantamislaitteiden toiminnan lisäksi energiaa tarvitaan niin rakennusten lämmitykseen, ilmanvaihtoon kuin ilmastointiinkin ja siten energiahävikkiä syntyy myös aktiivisen kuvantamistoiminnan ulkopuolella. Käyttämättömien työasemien energiahävikki kasvaa ajan myötä suureksi, vaikka niiden energiankulutus onkin pienempi kuvantamislaitteisiin verrattuna. On tutkittu, että jopa 76 % työasemien ja näyttöjen aiheuttamasta energiankulutuksesta voi olla energiahävikkiä. Esimerkki luontoa saastuttavista aineista ovat gadoliniumpohjaiset varjoaineet, jotka ovat levinneet vesistöihin potilaiden eritteiden mukana. (Woolen ym. 2022: 626.)

3 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää mitä käytännön innovaatioita on jo tehty lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä ymmärrystä lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutuksista ja antaa tietoa siitä, miten ongelmaa on voitu tähän mennessä ratkoa ja mitä haasteita on vielä ratkottavana. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitä innovaatioita on jo tehty lääketieteellisen kuvantamisen aiheuttamien ympäristövaikutusten vähentämiseksi?
2. Mitkä ovat lääketieteellisen kuvantamisen suurimmat haasteet kestävä kehityksen ympäristövaikutusten näkökulmasta?

4 Tutkimusmenetelmä

Kirjallisuuskatsaus on yleiskatsaus jo olemassa oleviin tieteellisiin tutkimuksiin, jossa tiivistetään primääritutkimusten tietoa ja etsitään vastauksia omiin tutkimuskysymyksiin. Se voi tarjota myös kontekstia jollekin uudelle tutkimukselle tai

sen kautta voi löytää merkittäviä tietoaukkoja jo olemassa olevasta kirjallisuudesta. Kirjallisuuskatsauksessa erilaisten menetelmien hallinta on olennaista luotettavien ja asianmukaisten johtopäätösten tekemiseksi. (Hempel 2020: 3.) Kuvaileva kirjallisuuskatsaus, systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi ovat kirjallisuuskatsauksen kolme perustyyppiä (Salminen 2011: 6). Opin näytetyömme tutkimustapa on kuvaileva kirjallisuuskatsaus.

4.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on aineistolähtöinen ja se keskittyy ilmiöiden ymmärtämiseen (Kangasniemi ym. 2013: 298). Kyseessä on yleiskatsaus laajaan aineistopohjaan ilman ehdottomia metodisia sääntöjä ja sen vuoksi se onkin yksi yleisimmin käytetyistä kirjallisuuskatsauksen perustyypeistä. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus antaa mahdollisuuden käyttää väljempää tutkimuskysymyksiä muihin kirjallisuuskatsauksen perustyyppihin verrattuna, siinä pystytään luonnehtimaan tutkittavaa ilmiötä laajasti ja tutkittavan ilmiön yksityiskohtia voidaan tarvittaessa jaotella. (Salminen 2011: 6.) Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen prosessikokonaisuus jaetaan neljään vaiheeseen: tutkimuskysymysten muodostaminen, aineiston valinta, kuvailun rakentaminen ja tuotetun tuloksen tarkasteleminen. Vaiheet eivät kuitenkaan ole erillisiä, vaan ne etenevät hermeneuttisesti ja limittyvät toisiinsa koko prosessin ajan. (Kangasniemi ym. 2013: 294.)

Tutkimuskysymykset ovat kirjallisuuskatsauksen ydin ja ohjaavat koko prosessia. Tutkimuskysymysten sisältö tulee rajata niin, että tutkittavasta aineistosta saadaan mahdollisimman syvällisiä ja monitahoisia vastauksia. Tutkittavaa aineistoa etsitään relevanteista lähteistä ja aineiston valinnassa vertaillaan primääritutkimuksen sisältöä asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Ymmärrys valitun aineiston sopivuudesta ja riittävydestä tarkentuu valintavaiheen myötä. Kuvailun rakentamisvaihe käynnistyy jo aineiston valinnan yhteydessä ja sen päämääränä on tuottaa laadullista kuvailua ja uusia johtopäätelmiä. Lopputulemana on jäsentynyt kokonaisuus, jossa vertaillaan ja yhdistellään tietoja tutkimusaineiston sisällöstä, analysoidaan kriittisesti olemassa olevaa tietoa sekä tehdään

laajempia päätelmiä valitusta aineistosta. Tulosten tarkasteluvaiheessa suoritetaan tehdyn tutkimuksen sisällöllinen ja menetelmällinen pohdinta sekä arvioidaan ja perustellaan tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus. (Kangasniemi ym. 2013: 294–298).

4.2 Aineiston valinta, tiedonhaku ja hakusanat

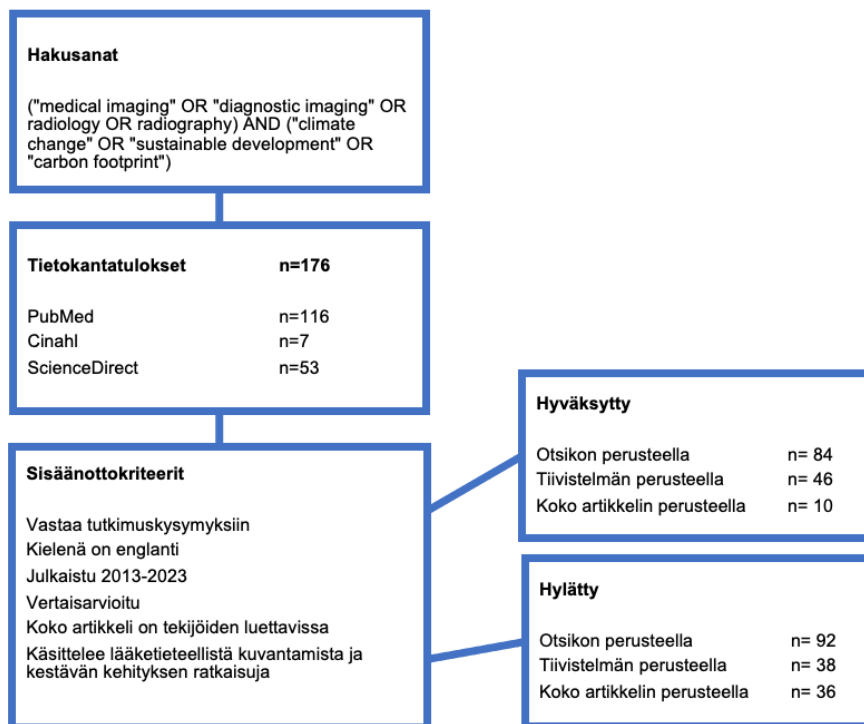
Tavoitteenamme oli valita aineistoksi tieteellisiä artikkeleita käytettävissämme olevista tietokannoista. Aineisto valittiin sen perusteella, vastasiko artikkeli määritettyihin tutkimuskysymyksiin. Valitsimme tiedonhakuun ScienceDirect-, Cinahl-, ja PubMed -tietokannat. Aloitimme aineistohaun testihauilla, joiden avulla tutustuimme aihealueeseen sekä etsimme aiheita kuvaavia englanninkielisiä asiasanoja. Tutustuimme samalla Medical Subject Headings- eli MeSH- asiasanastoon. Testihakujen perusteella muodostimme hakulausekkeen, jonka perusteella artikkelin tulisi sisältää ilmaus medical imaging, diagnostic imaging, radiology tai radiography. Lisäksi artikkelin tulisi sisältää ilmaus climate change, sustainable development tai carbon footprint.

Määritimme aineiston valintaa varten sisäänotto- ja poissulkukriteerit, joiden avulla tiedonhaku oli sujuvampaa. Kriteerit olivat: tutkimuksen on oltava englanninkielinen, julkaistu aikavälillä 2013–2023, artikkelin on oltava vertaisarvioitu, luettavissa kokonaisuudessaan ja sen tulee käsitellä lääketieteellistä kuvantamista sekä siihen liittyviä kestävän kehityksen ratkaisuja. Kriteeristön avulla läpikäyty aineisto arvioitiin ensin otsikkotasolla ja edettiin sen jälkeen tiivistelmätason tarkasteluun. Lopuksi arvioimme artikkelitekstiä kokonaisuudessaan.

ScienceDirect- ja PubMed -tietokannoissa rajasimme hakukohteiksi otsikko-, tiivistelmä- ja asiasanakentät hakutulosten vastaavuuden parantamiseksi. Cinahl-tietokannan osalta tämä ei ollut tarpeen, sillä hakutuloksia oli vain vähän. Rajasimme hakua suodattimilla sisäänotto- ja poissulkukriteereidemme mukaisesti: PubMed-tietokannassa suodattimena olivat julkaisuvuodet 2013–2023 sekä kokonaiset artikkelit, Cinahl-tietokannassa kokonaiset artikkelit ja PubMed-tietokannassa julkaisuvuodet 2013–2023. Suodatettuja hakutuloksia oli yhteensä

176 kpl (PubMed 116 kpl, Cinahl 7 kpl ja ScienceDirect 53 kpl), joista manuaalisen tarkastelun jälkeen valitsimme opinnäytetyössä analysoitavat artikkelit.

Otsikko- ja tiivistelmätason tarkastelun perusteella valitsimme artikkelit, joihin tutustuimme kokonaisuudessaan. Samalla poistimme tietokantatulosten joukossa olleet tupla-artikkelit. Yhdeksään artikkeliin emme päässeet Metropolian lisensoitavilla tutustumaan, mutta saimme niistä seitsemän käyttöömmä Helsingin yliopiston kirjaston kautta. Koko artikkeliin tutustumiseen perusteella valitsimme artikkelit, jotka sekä vastasivat tutkimuskysymyksiimme että olivat sisäänotto- ja poissulkukriteereidemme mukaiset. Olemme kuvanneet tiedonhaun prosessin kuviossa 1.



Kuvio 1. Opinnäytetyön tiedonhaun prosessi

4.3 Aineiston analysointi

Tiedonhaun tuloksena opinnäytetyöhön valikoitui 10 vertaisarvioitua artikkelia. Valitut artikkelit luettiin huolellisesti ja niistä etsittiin vastauksia opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin. Jos aineisto ei suoraan vastannut tutkimuskysymyksiin, niiden osalta pyrittiin löytämään aihepiiriä koskeva tutkimustieto. Tulokset koottiin taulukkoon (Liite 1), johon kirjattiin artikkelin otsikko, tekijät, tutkimuksen tarkoitus, tutkimusmenetelmä ja -aineisto sekä keskeiset tulokset. Analysointimenetelmänä käytimme induktiivista eli aineistolähtöistä sisällönanalyysiä, jossa käsiteltävä aineisto käydään tarkoin läpi ja etsitään vastauksia tutkimuksen tarkoitukseen sekä asetettuihin tutkimuskysymyksiin (Tuomi & Sarajärvi 2018: 122).

Aineiston valintaa seurasi pelkistäminen eli redusointi, jossa tutkimusaineisto tiivistettiin ja siitä etsittiin tutkimuskysymyksien kannalta oleellisia tietoja. Tiedot kirjattiin tiivistetyssä muodossa ylös taulukkoon alkuperäisen tiedon kera. Tällä tavalla redusointivaiheessa aineistosta karsiutuu epäolennainen informaatio pois alkuperäisen tiedon kuitenkin säilyessä. Redusointivaiheen jälkeen aineisto ryhmiteltiin eli klusteroitiin. Klusteroinnissa etsitään samoja asioita tarkoittavia erilaisia ilmaisuja, luokitellaan ne alaluokkiin ja alaluokat nimetään sisältöä parhaiten vastaavalla käsitteellä. (Tuomi & Sarajärvi 2018: 122–126; Vilka 2021: Luku 6.)

Viimeisenä vaiheena oli yleiskäsitteiden muodostaminen eli abstrahointi. Abstrahoinnissa alaluokat yhdistellään yläluokiksi, yläluokista muodostetaan pääluokkia ja luokittelua jatketaan niin kauan, kuin käsiteltävä aineisto sen sallii. Taulukossa 1 on esimerkki aineiston pelkistämisestä ja luokittelusta. Abstrahoinnissa luodaan alkuperäisen aineiston oleellisista tiedoista teoreettisia käsitteitä ja johtopäätöksiä, huomioiden kuitenkin alkuperäisen tiedon säilyminen muuttumattomana. Tehtyjä teoreettisia käsitteitä ja johtopäätöksiä tarkastellaan teoreettisen viitekehyksen avulla. (Tuomi & Sarajärvi 2018: 122–126; Vilka 2021: Luku 6.)

Alkuperäinen ilmaus	Käännös	Pelkistetty ilmaus	Alaluokka	Yläluokka
"By switching to cloud storage for PACS, radiology departments can save costs and energy consumption. Microsoft Corporation cites carbon emissions as 98% lower in cloud-based storage than in traditional on-site data storage."	PACS:in siirto pilvipalveluun voi säästää radiologian yksiköiden kustannuksissa ja energiankulutuksessa. Microsoftin mukaan hiilipäästöt ovat pilvipalvelussa 98 % alhaisemmat kuin perinteisessä on-site palvelimessa.	PACS pilvipalveluna on kustannus- ja energiatehokas ratkaisu.	Pilvipalveluiden hyödyntäminen	Energiansäästö
"manufacturers could seek to reduce the power used by scanners in different standby modes, and similarly, hospital administrators could include standby power usage as a decision criterion when seeking to purchase new equipment."	Valmistajat voisivat etsiä keinoja alenuttaa kuvauslaitteiden erilaisten valmiustilojen energiankulutusta. Samoin sairaaloiden laitehankintakriteereissä voitaisiin huomioida valmiustilan energiankulutus.	Kuvauslaitteiden hankintakriteereissä ja laitevalmistajien tuotekehityksessä tulisi huomioida valmiustilan energiankulutus.	Laitehankinnan kriteereiden parantaminen	Raaka-aineiden säästö
"Improved scheduling efficiency can increase scanner usage hours, reduce idle time for MRI and CT, and reduce no-show visits."	Parantamalla ajanvarauskäytäntöjä voidaan lisätä laitekäyttöä, vähentää MK- ja TT-laitteiden tyhjäkäyntiä ja vähentää no-show-asiakkaita.	Ajanvaraukseen liittyvä optimointi voi parantaa laitekäyttöastetta.	Ajankäytön tehostaminen	Ympäristöystävälliset työtavat

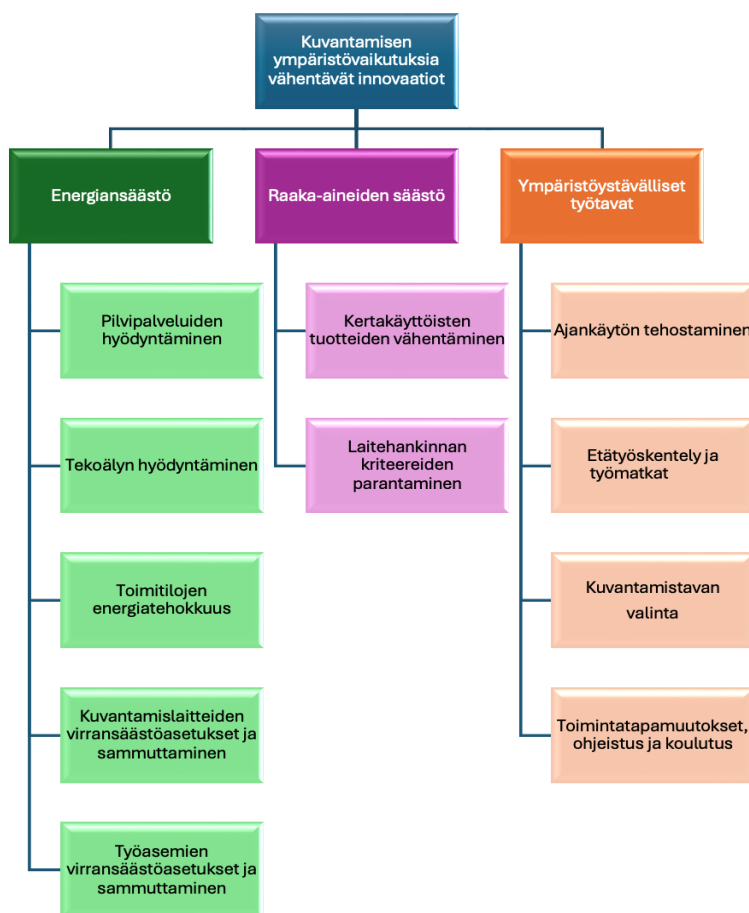
Taulukko 1. Esimerkki aineiston pelkistämisestä ja luokittelusta

5 Tulokset

Kirjallisuuskatsauksen aineisto koostui kymmenestä kansainvälisestä, vertaisarvioidusta artikkelista. Artikkeleista puolet eli viisi oli katsauksia, lisäksi mukana oli kolme määrällistä tutkimusta, yksi kyselytutkimus sekä yksi retrospektiivinen tutkimus. Artikkeleista puolet eli viisi oli Yhdysvalloista, muut artikkelit olivat Irlannista, Saksasta, Yhdistyneestä kuningaskunnasta, Sveitsistä sekä Australiasta. Artikkelit oli julkaistu vuosina 2019–2023. Aineistohaun tuloksissa korostuivat jo tehdyt innovaatiot. Lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutusten suurimpien haasteiden osalta saimme vähemmän tuloksia.

5.1 Ympäristövaikutuksia vähentävät innovaatiot

Aineiston läpikäynnin tuloksena tunnistimme energian- ja raaka-aineiden säästöön sekä ympäristöystävällisiin työtapoihin liittyviä innovaatioita. Tulosten luokittelu on kuvattu kuviossa 2.



Kuvio 2. Ympäristövaikutuksia vähentävien innovaatioiden luokittelu

5.1.1 Energiansäästö

Pilvipalvelussa sijaitseva kuvien arkistointijärjestelmä Picture Archiving and Communications System eli PACS tuottaa merkittävästi alhaisemmat hiilipäästöt verrattuna perinteiseen paikalliseen palvelimeen. Tekoälyä voidaan hyödyntää vähentämään magneettitutkimusprotokollien kestoa ja energiankulutusta. (Hawkins & Tremblay 2023: 40–41.)

Toimitilojen energiatehokkuutta voi parantaa siirtymällä led-valaistukseen, optimoimalla sisätilojen ilmastointia sekä ottamalla käyttöön läsnäolotunnistukseen perustuvan lämmön- ja valaistuksensäätelyn (Brown & Hyde Schoen & Gross & Omary & Hanneman 2023). Läsnäolotunnistimilla varustettu valaistus voi mak-

saa itsensä takaisin lyhyessä ajassa ja tuoda näin kustannussäästöjä perinteiseen valaistukseen verrattuna (Reeves 2023: 32). Myös valaisimien määrällä voi vaikuttaa energiankulutukseen. Vanhentuneiden lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien korvaaminen energiatehokkaammilla malleilla tai maalämpöratkaisuilla voi vähentää energiankulutusta (Hawkins & Tremblay 2023: 40–41). Kuvantamislaitteiden toiminnasta aiheutuva lämpö voidaan ohjata lämmön talteenottoon (Brown ym. 2023).

Kuvantamislaitteiden energiankulutusta voi vähentää sovittamalla valmiustilassa olevien laitteiden määrää tarpeen mukaisesti ja saada tällä tavalla päällä olevat laitteet tehokkaampaan käyttöön (McAlister ym. 2022). Sekä TT- että magneettikuvantamislaitteiden virrankulutusta voi vähentää sammuttamalla käyttämätön laite (Brown ym. 2023; Schoen & Scheel 2023; Woolen ym. 2023). Magneettikuvantamislaitteiden osalta energiansäästötilat voivat tuoda sammuttamista suuremmat säästöt energiankulutukseen (Woolen ym. 2023).

Kuvantamisen käytössä olevien työasemien energiankulutukseen voi vaikuttaa muuttamalla työasemien laiteasetuksia, kuten sallimalla laitteen siirtyminen energiansäästötilaan (Hainc & Brantner & Zaehring & Hohmann 2020: 1594; Büttner ym. 2020). Käyttämättömien työasemien sammuttaminen sekä työasemien sammuttaminen työajan ulkopuolella voivat sekä pienentää hiilidioksidipäästöjä että säästää rahaa (Brown ym. 2023; Hawkins & Tremblay 2023: 41; Schoen & Scheel 2023).

5.1.2 Raaka-aineiden säästö

Radiologiassa syntyvää jätettä voidaan vähentää kierrättämällä varjoaineet, vähentämällä heliumin käyttöä ja kehittämällä uudelleen käytettäviä, tartuntatautiin torjunnan standardit täyttäviä tuotteita (Brown ym. 2023). Uudelleen käytettävien tuotteiden avulla voidaan minimoida tuotantoon, kuljetukseen ja kertakäyttöisten tuotteiden käyttöön liittyviä hiilipäästöjä. Kertakäyttöisten tuotteiden osalta tulee suosia vähiten pakkausmateriaalia sisältäviä tuotteita, valita vain käytetyimmät tuotteet sisältävät valmiit setit ja varmistaa ennen avaamista, että

tuote tulee varmasti käyttöön. (Hawkins & Tremblay 2023: 39–40.) Myös ei-lääkinnällisten kertakäyttötuotteiden vähentämiseen tulisi kiinnittää huomiota (Gendy & Walters & O'Mahony & Zaman 2022: e671). Siirtymällä varjoaineissa suurempiin pakkauskokoihin sekä uudelleenkäytettäviin vaatteisiin, sairaalat voivat saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä (Brown ym. 2023; Reeves 2023: 32; Schoen & Scheel 2023).

Kuvantamislaitteet tulisi mahdollisuuksien mukaan päivittää ja korjata ennemmin kuin korvata ne, ja laitehankinnoissa tulisi suosia kunnostettujen laitteiden hankintaa (Brown ym. 2023). TT-laitteiden osalta kunnostaminen vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä ja säästää rahaa (Schoen & Scheel 2023). Magneettikuvantamis- ja TT-laitteiden osalta tulisi varmistaa olemassa olevien kuvantamislaitteiden korkea käyttöaste ennen uusien laitteiden hankintaa. Kuvantamislaitteiden hankintakriteereissä ja laitevalmistajien tuotekehityksessä tulisi huomioida valmiustilan energiankulutus (McAlister ym. 2022).

5.1.3 Ympäristöystävälliset työtavat

Koulutukset energiansäästön hyödyistä ja tarvittavista käytännön toimista ovat keino edistää energiansäästötoimia (Hawkins & Tremblay 2023: 40). Kliinisillä ohjeistuksilla ja työkaluilla voidaan myös vähentää turhaa kuvantamista (Brown ym. 2023). Suuren hiilijalanjäljen aiheuttavan kuvantamistavan voi korvata vähemmän ympäristöä kuormittavalla modaliteetilla, esimerkiksi magneettikuvantamisen voi kliinisen tarpeen salliessa korvata ultraäänitutkimuksella. (Hawkins & Tremblay 2023: 40; McAlister ym. 2022.) Ajanvaraukseen liittyvällä optimoinnilla voidaan parantaa kuvantamislaitteiden käyttöastetta (Brown ym. 2023).

Kuvien lausuminen etänä, etävastaanotot ja etäkuvantaminen voivat vähentää matkustamisen tarvetta (Brown ym. 2023). Kuitenkin vain osalla henkilöstöstä on työn luonteen vuoksi mahdollisuus tehdä etätyötä säännöllisesti. Myös etänä toteutettavat konferenssit ja koulutukset voivat vähentää radiologian henkilöstön

matkustamista. Työmatkojen liikkumistapojen muutoksilla on hiilipäästöjen kannalta valojen ja työasemien sammuttamista isompi merkitys. (Gendy ym. 2022: e670–e671.)

5.2 Haasteet ympäristövaikutusten näkökulmasta

Laitetoimittajien tulee kehittää kestävä kehityksen mukaisia kuvantamistuotteita (Brown ym. 2023). Myös kehitystyötä sekä panostuksia laskennallisesti tehokkaampiin algoritmeihin ja energiatehokkaampiin laitteistoihin tulee lisätä. Radiologian tarvitsema palvelinkapasiteetti on kasvanut nopeasti ja asiaa ei ole otettu riittävästi huomioon ympäristövaikutusten tarkastelussa. Liiallinen tai tarpeeton data, josta ei ole mitään hyötyä tulevaisuudessa, tulee minimoida. (Buckley & MacMahon 2021: e339-e340.)

Radiologiassa vakiintunut ALARA-periaate (as low as reasonably achievable) ohjaa minimoimaan potilaan saaman säteilyaltistuksen. Ympäristövaikutusten arviointi tulisi olla vastaavalla tavalla osa potilaan hoidon tarpeen arviointia. (Buckley & MacMahon 2021: e340.) Rahoitus on ilmastonmuutoksen ja radiologiaa käsittelevän tutkimuksen tukemisen kannalta kriittinen tekijä (Brown ym. 2023). Tarvitaan lisää tutkimustietoa, jotta eri kuvantamismuotojen ympäristövaikutuksia voidaan vertailla (Reeves 2023: 31). Keskeinen haaste ympäristövaikutusten osalta on toimien täytäntöönpano käytännössä (Schoen & Scheel 2023).

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Terveystieteiden tutkimuskeskus on merkittävä kasvihuonepäästöjen aiheuttaja ja radiologian yksiköt kuluttavat suurimman osan sairaaloissa käytettävästä energiasta (Hawkins & Tremblay 2023: 39). Energiansäästöön liittyvät innovaatiot muodostivatkin merkittävän osan tuloksistamme. Kuvantamisyksikössä energiaa voidaan säästää toimitilojen talotekniikassa, työasemissa ja kuvantamislaitteissa

(Brown ym. 2023). Laitteiden osalta keinoja ovat tyypillisesti virransäästöasetukset ja sammuttaminen, mutta myös tekoälyä voidaan hyödyntää energiansäästön saavuttamiseksi (Büttner ym. 2020; Hawkins & Tremblay 2023: 40; Woolen ym. 2023). Kuvien arkistointi pilveen paikallisen arkistoinnin sijaan on ilmasto-tekko, mutta myös jatkuva tallennuskapasiteetin tarpeen kasvu on tulevaisuuden haasteena ongelmallinen (Buckley & MacMahon 2021: e339-e340; Hawkins & Tremblay 2023: 41).

Luonnonvaroja voi säästää vähentämällä kertakäyttöisten tuotteiden käyttöä. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi raaka-aineiden parempaa kierrätystä, uudelleen käytettävien tuotteiden suosimista tai vähiten pakkausmateriaalia sisältävien tuotteiden valitsemista. (Brown ym. 2023; Hawkins & Tremblay 2023: 39–40.) Yksikön toimintaan sopivien valmiiden tuotesettien ja pakkauskojen valinta sekä tuotteiden turhan avaamisen välttäminen ovat arkisia, mutta tärkeitä käytännön toimia ilmastonmuutoksen torjunnassa (Hawkins & Tremblay 2023: 39–40). Ennen uuden kuvantamislaitteen hankintaa on tärkeää varmistaa, että olemassa olevat laitteet ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä (McAlister ym. 2022). Olemassa olevan laitteen käyttöön jatkamista päivityksellä tai kunnostamisella tai vastaavasti kunnostetun laitteen ostamista kannattaa harkita. Laittehankintoja tehtäessä on syytä kiinnittää huomiota myös valmiustilan energiankulutukseen. (Brown ym. 2023; McAlister ym. 2022; Schoen & Scheel 2023.)

Työtapoja on mahdollista muuttaa ympäristöystävällisemmiksi koulutuksilla sekä erilaisilla kliinisillä ohjeistuksilla ja työkaluilla (Brown ym. 2023; Hawkins & Tremblay 2023: 40). Turhan kuvantamisen välttäminen ja ultraäänitutkimusten suosiminen auttavat keventämään kuvantamisen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä, mutta edelleen tarvitaan lisää tutkimustietoa eri kuvantamismuotojen ympäristövaikutusten vertailua varten (Hawkins & Tremblay 2023: 40; McAlister ym. 2022; Reeves 2023: 31). Vaikka valojen ja työasemien sammuttaminen työaikojen ulkopuolella tuottaakin pidemmällä aikavälillä isoja säästöjä, ovat työmatkojen kulkuvälineet ympäristölle aiheutuvien päästöjen kannalta merkittävämpiä.

Valitettavasti etätyöskentely on radiologian henkilöstöstä vain osalle mahdollinen tapa vaikuttaa hiilijalanjälkeen. (Gendy ym. 2022: e670–e671.)

6.2 Luotettavuus ja eettisyys

Tieteellisen tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tutkittavasta ilmiöstä mahdollisimman luotettavaa tietoa ja sen arviointi on keskeistä tutkimustoimintaan, tieteelliseen tietoon ja sen hyödyntämiseen liittyen. Tutkimusetiikka on olennainen osa tutkimuksen tekijöiden valinta- ja päätöksentekotilanteita ja eettiset haasteet koskevat koko suunnitteluprosessia. (Kylmä & Juvakka 2007.) Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) on laatinut yhdessä tiede- ja tutkimusyhteisön kanssa kansallisen ohjeen hyvästä tieteellisestä käytännöstä (HTK). Ohjeen viimeisin versio on laadittu vuonna 2023. Myös ammattikorkeakoulun opinnäytetyössä tulee noudattaa HTK-ohjeen mukaisia hyvän tieteellisen käytännön menettelytapoja. Ohjeessa kuvatut peruseriaatteet ovat luotettavuus, rehellisyys, arvostus ja vastuunkanto. (TENK 2023.)

Opinnäytetyössämme on kunnioitettu TENK:n ohjeiden lisäksi Metropolian kirjallisen työn ohjeita. Opinnäytetyön luotettavuutta ja eettisyyttä on rakennettu opinnäytetyöprosessin huolellisen suunnittelun avulla. Tiedon ja aineiston valinta tehtiin useista eri tietokannoista. Tiedonhakuja on avattu lukijoille kuviossa 1. Opinnäytetyön aineistoa tarkasteltiin jo valintavaiheessa luotettavuuden, eettisyyden sekä asetettujen tutkimuskysymysten näkökulmista. Myös sisäänotto- ja poissulkukriteerit helpottivat aineistovalintaa sekä lisäsivät prosessin läpinäkyvyyttä. Dokumentointi on laadittu niin, että tiedonhaku on mahdollista toistaa hyödyntäen sekä samoja asiasanoja että sisäänotto- ja poissulkukriteereitä.

Aineiston analysointivaihe oli eettisyyden ja luotettavuuden kannalta haastavin. Opinnäytetyössä tehdyt teoreettiset käsitteet ja johtopäätökset ovat meidän subjektiivinen näkemysemme, joka on perusteltu mahdollisimman rehellisesti ja läpinäkyvästi. Tieteelliset artikkelit ovat englanninkielisiä ja tulkintavirheet

ovat mahdollisia huolellisesta käännoistyöstä huolimatta. Opinnäytetyö julkaistaan verkossa ja tarkistetaan sitä ennen Turnitin-plagiointitarkistusohjelmalla.

6.3 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset

Innovaatiosta käsitteenä tulee helposti mielikuva tulevaisuutta mullistavasta teknisestä ratkaisusta, vaikka käsitteen määritelmä kattaa laajasti erilaisia toimintaa parantavia pienetkin ratkaisut. Pohdimme määritelmää useaan kertaan opinnäytetyöprosessin aikana, sillä aineistomme perusteella lääketieteellisen kuvantamisen ympäristövaikutuksia vähentävät innovaatiot koostuvat pääosin energiansäästöön liittyvistä asetuksista, laitteiden sammuttamisesta ja energiaa säästävistä laitehankinnoista. Luonnonvarojen säästetään vähentämällä kertakäyttöisiä tuotteita sekä suosimalla laitteiden kunnostamista. Työtapojen osalta pyritään tehostamaan olemassa olevien laitteiden käyttöastetta, harkitsemaan kuvantamistapaa myös ympäristön kannalta sekä suosimaan etätyöskentelyä. Jokainen työntekijä voi omalla toiminnallaan pienentää hiilijalanjälkeä, mutta vaikuttavimmat päästövähennystoimet tehdään organisaatitasolla esimerkiksi laitehankintojen ja talotekniikan investointien muodossa. Raha ja rahoitus vaikuttavat aivan kaikkeen, niin henkilökunnan työmatkojen liikkumismuotoon kuin ympäristöystävällisempien kuvantamislaitteiden kehittämiseenkin, ja kaikkeen siltä väliltä.

Tutkimuksemme aikana hahmottui kuva tulevaisuuden kuvantamisyksiköstä, jossa ALARA-periaatteen ohella potilastyötä ohjaavat yhtä voimakkaasti ympäristönäkökulmat. Kertakäyttöisiä tuotteita on nykyistä vähemmän ja sekä tarveaineiden että laitteiden hankintaa arvioidaan nykyistä huolellisemmin ympäristönäkökulmat huomioiden. Tekoäly tarjoaa uusia ympäristövaikutuksia vähentäviä innovaatioita ja myös monipuolistuvat etätyöskentelyn mahdollisuudet, kuten etäkuvantaminen, auttavat vähentämään työmatkailun aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Ympäristötavoitteiden toteutumista voi estää käytännön toimien tai tutkimustyön rahoituksen puute (Brown ym. 2023; Schoen & Scheel 2023). Myös

laitetoimittajien riittämätön osallistuminen kestäväen kehityksen mukaisten kuvantamistuotteiden kehittämiseen voi estää tavoitteiden saavuttamisen (Brown ym. 2023).

Kuvantamisen ympäristövaikutuksiin paneutunut tutkimus on tulostemme perusteella painottunut energiansäästöön liittyvään määrälliseen tutkimukseen. Aiheen tutkiminen on ollut perusteltua ja todennäköisesti energiankulutuksen mittaaminen eri skenaarioilla on ollut yksinkertaisimpia tapoja puretua radiologian hiilijalanjäljen vähentämiseen. Tulevilta tutkimuksilta toivoisimme rohkeutta viitoittaa tietä innovatiivisemmille tulevaisuuden säästökeinoille. Raaka-aineiden säästöön ja erityisesti kertakäyttöisten tuotteiden määrän vähentämiseen liittyy paljon säästöpotentiaalia. Samoin etäkuvantamisen ratkaisujen jatkokehittäminen mahdollistaisi työmatkoihin liittyvän hiilijalanjäljen vähentämisen. Uhkana kuitenkin on, että tutkimus ja ympäristöystävällisempien ratkaisujen käyttöönotto eivät saa riittävää rahoitusta ja kestäväen kehityksen tavoitteet jäävät saavuttamatta. Toivoisimme laitetoimittajilta ja terveydenhuollon organisaatioilta rohkeutta tehdä ympäristöystävällisempiä investointeja, sillä ne voivat parhaassa tapauksessa maksaa itsensä nopeasti takaisin säästyneen energian muodossa.

6.4 Jatkotutkimusehdotus

Emme löytäneet tutkimuksemme tuloksista mitään uutta ja mullistavaa keksintöä kuvantamisen ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Olisimme todennäköisesti saaneet monipuolisemman lähdeaineiston hyödyntämällä kekseliäämpiä tiedonhakutapoja perinteisten tietokantahakujen lisäksi. Jatkotutkimusehdotuksemme on tehdä aiheesta uusi tutkimus tuoreimpien innovaatioiden kartoittamiseksi. Alan konferensseilta ja messuilta voisi saada ensikäden tietoa innovatiivisimmista ideoista ja tutkimustuloksista. Tiedonhakuja tulisi tehdä kekseliäästi mediasta, tutkimuslaitoksilta, yliopistoilta, tiedelehdistä sekä patenttijulkaisuista. Laaja ja monipuolinen tiedonhaku on yhtä aikaa sekä mielenkiintoista että aikaa vievää.

6.5 Ammatillinen kasvu

Tutkimusmenetelmänä kuvaileva kirjallisuuskatsaus ei ollut meille aiemmalta tuttu ja perehdyimme aiheeseen keväällä 2023 ennen varsinaisen opinnäytetyön aloittamista. Vaikka itse menetelmä oli uusi, olivat jotkut sen vaiheista ennestään tuttuja, kuten esimerkiksi tiedonhaku eri tietokannoista. Ajankäytön hallitsemiseksi laadimme opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa selkeän suunnitelman ja aikataulun siitä, miten tulemme opinnäytetyötä lukuvuoden aikana edistämään, jättäen kuitenkin pelivaraa yllättävien viivästymien varalle. Yritimme jakaa opinnäytetyöhön liittyvät tehtävät tasaisesti suhteessa muihin opintoihin, jotta työ ei kuormittaisi liikaa missään vaiheessa.

Prosessin aikana osallistuimme sekä erilaisiin työpajoihin että opettajien ohjaukseen ja saimmekin niistä monia hyviä ideoita opinnäytetyömme edistämiseen. Opinnäytetyön tekeminen on tuonut mukanaan valtavasti uutta oppia esimerkiksi systemaattisen tiedonhaun ja lähdekriittisyyden merkityksestä tutkimusta tehtäessä. Yhteistyön, kommunikaation ja suunnitelmallisuuden tärkeyttä ei voi korostaa liikaa. Myös aiheen rajaus on oleellista, jotta käsiteltävä aihe on hallittavissa. Ja mikä ehkä tärkeintä, olemme saaneet paljon lisää tietoa ja ymmärrystä lääketieteellisen kuvantamisen aiheuttamista rasituksista ympäristölle sekä miten meistä jokainen pystyy omalla toiminnallaan pienentämään hiilijalanjälkeä. Vaikka olemme tekijöinä erilaisia, on luonteenpiirteissämme paljon samankaltaisuuksia ja yhteistyömme sujui todella hyvin. Opinnäytetyön prosessi eteni sulavasti ja hyödynsimme molempien vahvuuksia parhaan lopputuloksen saamiseksi. Yhteistyömme oli sekä keskustelevaa että kunnioittavaa ja ideat käsiteltiin tasapuolisesti molempien mielipiteitä kuunnellen.

Lähteet

Angelo, Fernanda Dias & Jabbour, Charbel Jose Chiappetta & Galina, Simone Vasconcellos 2012. Environmental innovation: In search of a meaning. *World journal of entrepreneurship, management and sustainable development* 8 (2). 113–121.

Blanco Sequeiros, Roberto & Lundblom, Nina 2017. Tutkimusmenetelmien erityispiirteitä. Teoksessa Blanco Sequeiros, Robert & Koskinen, Seppo & Aronen, Hannu & Lundblom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). *Kliininen Radiologia*. E-kirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Brown, Maura & Hyde Schoen, Julia & Gross, Jonathan & Omary, Reed A. & Hanneman, Kate 2023. Climate Change and Radiology: Impetus for Change and a Toolkit for Action. *Radiology* 307 (4).

Buckley, Bryan W. & MacMahon Peter J. 2021. Radiology and the Climate Crisis: Opportunities and Challenges—Radiology In Training. *Radiology* 300 (3). e339–e341.

Büttner, L. & Posch, H. & Auer T. A. & Jonczyk M. & Fehrenbach U. & Hamm B. & Bauknecht H. C. & Böning G. 2020. Switching off for future—Cost estimate and a simple approach to improving the ecological footprint of radiological departments. *European Journal of Radiology Open*. 8 (1). <[https://www.ejro-open.com/article/S2352-0477\(20\)30109-X/fulltext](https://www.ejro-open.com/article/S2352-0477(20)30109-X/fulltext)>. Viitattu 18.9.2023.

eOppiva. Kestävän kehityksen osaajaksi. HAUS kehittämiskeskus Oy. <<https://www.eoppiva.fi/kurssit/kestavan-kehityksen-osaajaksi/#/lessons/3OUUUaB7oJD7gaFcRcL7M9c8cjRFfXpf>>. Viitattu 2.9.2023.

FDA = The Food and Drug Administration

FDA 2018. Medical Imaging. Päivitetty 28.8.2018. <<https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/radiation-emitting-products-and-procedures/medical-imaging>>. Viitattu 1.9.2023.

Gendy D. & Walters H. & O'Mahony, E. & Zaman S. 2022. The scope for radiology to contribute to the NHS net zero target: findings from a survey of radiology staff in the UK. *Clinical Radiology* 77 (8). e667–e672.

Hainc, Nicolin & Brantner, Philipp & Zaehring, Caroline & Hohmann, Joachim 2020. “Green Fingerprint” Project: Evaluation of the Power Consumption of Reporting Stations in a Radiology Department. *Academic Radiology*. 27 (11). 1594–1600.

Hawkins, Janice E. & Tremblay, Beth 2023. Nurses and Climate Change: Ten Strategies for Reducing Carbon Emissions in the Radiology Department. *Journal of Radiology Nursing*. 42 (1). 39–42.

Hempel, Susanne 2020. *Conducting Your Literature Review*. E-kirja. Washington, DC: American Psychological Association. Viitattu 2.9.2023.

HUS = HUS-yhtymä

HUS 2020. Ympäristövastuu osana kaikkea HUSin toimintaa. HUSin ympäristöohjelma 2021–2024. <https://www.hus.fi/sites/default/files/2021-05/hus_ymparistoohjelma_2021-2024.pdf>. Viitattu 14.9.2023.

Kangasniemi, Mari & Utriainen, Kati & Ahonen, Sanna-Mari & Pietilä, Anna-Maija & Jääskeläinen, Petri & Liikanen, Eeva 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. *Hoitotiede* 25 (4). 291–301.

Karliner, Josh & Slotterback, Scott & Boyd, Richard & Ashby, Ben & Steele, Kristian 2019. Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. *Health Care Without Harm in collaboration with Arup*. <<https://noharm-uscanada.org/climatefootprintreport>>. Viitattu 1.9.2023.

Kestävä kehitys 2023a. Ekologinen kestävä kehitys. Valtioneuvoston kanslia. <<https://keke.bc.fi/Kestava-kehitys/suomi/ekologinen/>>. Viitattu 29.2.2024.

Kestävä kehitys 2023b. Kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma Agenda2030. Valtioneuvoston kanslia. <<https://kestavakehitys.fi/agenda-2030>>. Viitattu 14.9.2023.

Kylmä, Jari & Juvakka, Taru 2007. *Laadullinen terveystutkimus*. E-kirja. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lenzen, Manfred & Malik, Arunima & Li, Mengyu & Fry, Jacob & Weisz, Helga & Pichler, Peter-Paul & Suveges Moreira Chaves, Leonardo & Capon, Anthony & Pencheon, David 2020. The environmental footprint of health care: Global assessment. *The Lancet Planetary Health* 4 (7). e271–e279. <[https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(20\)30121-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(20)30121-2/fulltext)>. Viitattu 5.3.2024.

McAlister, Scott & McGain, Forbes & Breth-Petersen, Matilde & Story, David & Charlesworth, Kate & Ison, Glenn & Barratt, Alexandra 2022. The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. *The Lancet Regional Health – Western Pacific* 24 (1). <[https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065\(22\)00074-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065(22)00074-8/fulltext)>. Viitattu 15.2.2024.

Mohamedaly, Alexandre & Al-Ajlani, Haya & Kuuliala, Vilma & McKinnonx, David & Johansen, Mathilde 2022. Eco-innovation for circular industrial transformation biennial report 2022. <<https://circabc.europa.eu/ui/group/96ccdecd-11b4-4a35-a046-30e01459ea9e/library/9827b88f-cf22-43d5-9d8e-9b87dfe89b91/details>>. Viitattu 4.9.2023.

Picano, Eugenio & Mangia, Cristina & Antonello, D'Andrea 2022. Climate Change, Carbon Dioxide Emissions, and Medical Imaging Contribution. *Journal of Clinical Medicine* 12 (1). <<https://www.mdpi.com/2077-0383/12/1/215>>. Viitattu 5.3.2024.

Pulkki, Jutta & Västinsalo, Pia 2022. Sote-sektorin ekologinen kestävyys tarvitsee kansallista ohjausta. *Alusta, Tampereen yliopiston yhteiskuntatieteiden tiedekunnan verkkojulkaisu*. <<https://www.tuni.fi/alustalehti/2022/06/22/sote-sektorin-ekologinen-kestavyys-tarvitsee-kansallista-ohjausta/>>. Viitattu 14.9.2023.

Pulkki, Jutta & Wulff, Pia & Iivonen, Saija & Alanko, Leena & Alhola, Katriina & Frilander, Oona & Hiilamo, Heikki & Meriläinen, Päivi & Nissinen, Ari & Savolainen, Hannu & Suomalainen, Emilia & Setälä, Leena 2023. Ekologisesti kestävä sosiaali- ja terveydenhuolto; Selvitys kansallisesta tavoitteesta ja ohjausmekanismeista. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:49*. <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-491-0>>. Viitattu 15.9.2023.

Reeves, Kerri 2023. It's Not Hard Being Green: How Radiology Is Investing in a Sustainable Future. *Applied Radiology* 52 (2). 30–32.

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. *Opetusjulkaisu 62, julkisjohtaminen 4*. Vaasan yliopiston julkaisuja. <https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf>. Viitattu 3.9.2023.

Schoen, Julia H. & Scheel, John R. 2023. Planetary Health: Should We Care? *Journal of the American College of Radiology*.

TENK = Tutkimuseettinen neuvottelukunta

TENK 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. *Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 2/2023*. <https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf>. Viitattu 1.9.2023.

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli 2018. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Vilka, Hanna 2021. *Tutki ja kehitä*. E-kirja. Jyväskylä: PS-Kustannus. Luku 6.

Woolen, Sean A. & Becker, Amy E. & Martin, Alastair J. & Knoerl, Roland & Lam, Vincent & Folsom, Jerry & Eusemann, Christian & Hess, Christopher P. & Deshpande, Vibhas 2023. Ecodesign and Operational Strategies to Reduce the Carbon Footprint of MRI for Energy Cost Savings. *Radiology* 307 (4).

Woolen, Sean A. & Kim, Christine J. & Hernandez, Andrew M. & Becker, Amy & Martin, Alastair J. & Kuoy, Edward & Pevec, William C. & Tutton, Sean 2022. Radiology Environmental Impact: What Is Known and How Can We Improve? *Academic Radiology* 30 (4). 625–630. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1076633222005773>>. Viitattu 5.3.2024.

Ympäristöministeriö 2023. Mitä on kestävä kehitys? Päivitetty 15.3.2023. <<https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>>. Viitattu 2.9.2023.

Liite 1. Tutkimusaineiston analyysitaulukko

Nro	Tekijä(t), maa, vuosi	Artikkelin nimi, julkaisupaikka	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimusmenetelmät ja -aineisto	Keskeisimmät tulokset, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiin
1.	Brown, Maura & Schoen, Julia Hyde & Gross, Jonathan & Omary, Reed A. & Hanne- man, Kate Yhdysvallat 2023	Climate Change and Radiology: Impetus for Change and a Toolkit for Action Radiology 307 (4)	Artikkeli käsittelee laajasti ilmastomuutoksen merkitystä terveyteen ja terveydenhuoltoon. Se kertoo lääketieteellisen kuvantamisen osuudesta ilmastokriisiin sekä toimista, joilla kestävämpi tulevaisuus voidaan saavuttaa.	Katsaus	Radiologian ja terveydenhuollon yksiköissä ilmastomuutosta voidaan torjua siirtymällä ympäristöystävällisempään tekniikkaan, optimoimalla ja automatisoimalla laitteiden käyttöä, päivittämällä ohjeistuksia sekä käyttöönottamalla tekoälyn ratkaisuja. Tarvikkeiden ja raaka-aineiden käyttöä on tehostettava, kierrätystä lisäävä ja laitteita kunnostettava mahdollisuuksien mukaan. Haasteena on rohkaista laitetoimittajia tutkimaan ja kehittämään ekologisesti kestävämpiä kuvantamistuotteita.
2.	Buckley, Bryan W. & MacMahon, Peter J. Irlanti 2021	Radiology and the Climate Crisis: Opportunities and Challenges – Radiology In Training Radiology 300 (3)	Artikkeli käsittelee terveydenhuollon toiminnasta aiheutuvien kasvihuonepäästöjen jatkuvaa kasvua ja huomioita siitä, mihin aiheisiin tulisi kiinnittää jatkossa enemmän huomiota, jotta radiologia olisi tulevaisuudessa ekologisempaa.	Katsaus	Radiologian tarve palvelinkapasiteetille ja tiedonsiirrolle on kasvanut nopeasti. Näiden paljon energiaa kuluttavien palveluiden tehostamista ja käytön optimointia tulee kehittää, samoin kuin ympäristöä säästäviä kuvauskäytäntöjä.

3.	Büttner, L. & Posch, H. & Auer, T.A. & Jonczyk, M. & Fehrenbach, U. & Hamm, B. & Bauknecht, H.C. & Böning, G. Saksa 2020	Switching off for future - Cost estimate and a simple approach to improving the ecological footprint of radiological departments European Journal of Radiology Open 8	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voiko radiologien työasemien sammutuksella vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen.	Määrällinen tutkimus, jossa verrattiin kolmen työaseman puolen vuoden energiankulutusta kolmen eri käytötavan välillä.	Työasemien automaattisella sammuttamisella työaikojen ulkopuolella voi vähentää energiankulutusta vuositasolla jopa 38,6 %, mutta ilman automaattista sammutusta / uudelleenkäynnistystä voi ylimääräisen odotusajan aiheuttamat henkilöstökustannukset ylittää energiansäästön tuoman hyödyn.
4.	Gendy, D. & Walters, H. & O'Mahony, E. & Zaman, S. Yhdistynyt kuningaskunta 2022	The scope for radiology to contribute to the NHS net zero target: findings from a survey of radiology staff in the UK Clinical Radiology 77 (8)	Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa radiologian henkilökunnan asenteita ilmastokriisiin sekä tunnistaa ilmastoneutraalin toiminnan tavoitetta tukevia nykykäytäntöjä.	Kyselytutkimus, jonka kohteena oli radiologian henkilökunta. Kysymykset määrittivät asenteita ilmastokriisiin, työmatkaa, etätyöskentelyä, virtuaalikonferensseja sekä kierrätystä.	Tutkimuksen mukaan kodin ja työpaikan välisten matkojen hiilijalanjälki on isommassa roolissa hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa verrattuna valojen ja tietokoneiden sammuttamiseen. Etäkonferenssit ja koulutukset voivat myös auttaa tavoitteen saavuttamisessa. Kertakäyttöisten tuotteiden käyttöä tulisi myös mahdollisuuksien mukaan vähentää.
5.	Hainc, Nicolin & Brantner, Philipp & Zaehring, Caroline & Hohmann, Joachim Sveitsi 2019	"Green Fingerprint" Project: Evaluation of the Power Consumption of Reporting Stations in a Radiology Department Academic Radiology 27 (11)	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka pienet muutokset radiologian työasemien asetuksissa voivat johtaa merkittäviin energiansäästöihin pitkällä aikavälillä.	Määrällinen tutkimus, jossa mitattiin radiologian työasemien energiankulutusta. Lisäksi tutkimuksessa luotiin hypoteettinen skenaario.	Keskittämällä tiettyjä radiologian toimintoja ja tekemällä pieniä muutoksia työasemien asetuksiin, voidaan sekä saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä pitkällä aikavälillä että edistää energiavii-saita tapoja.

6.	Hawkins, Janice E. & Tremblay, Beth Yhdysvallat 2023	Nurses and Climate Change: Ten Strategies for Reducing Carbon Emissions in the Radiology Department Journal of Radiology Nursing 42 (1)	Artikkeli käsittelee hiilidioksidipäästöjen vähentämistä jokapäiväisessä työssä.	Katsaus	Hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää käyttämällä pilvipalvelua, uudelleenkäytettäviä ja vähemmän pakkausmateriaaleja sisältäviä tuotteita sekä uusimalla valaistustekniikkaa. Ultraääntä voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan magneettitutkimuksen sijasta. Tekoäly ja parantunut diagnostinen tarkkuus tehostavat magneettitutkimuksia. Talotekniikan uusiminen ja elektronisten laitteiden käytön optimointi auttavat myös vähentämään päästöjä.
7.	McAlister, Scott & McGain, Forbes & Breth-Petersen, Matilde & Story, David & Charlesworth, Kate & Ison, Glenn & Barratt, Alexandra Australia 2022	The Carbon Footprint of Hospital Diagnostic Imaging in Australia The Lancet Regional Health – Western Pacific 24 (1)	Tutkimuksessa arvioitiin elinkaarivaihtelimenetelmän (LCA) avulla viiden yleisimmän kuvantamismenetelmän hiilijalanjälkeä kahdessa australialaisessa sairaalassa.	Määrällinen tutkimus, jossa laskettiin kuvantamismenetelmien hiilidioksidipäästöjä.	Hiilijalanjälkeä voi pienentää vähentämällä tarpeettomia kuvauksia, suosimalla vähäenergisiä kuvantamistapoja ja optimoimalla kuvantamislaitteiden käyttöä. Laittevalmistajat voisivat pyrkiä vähentämään laitteiden virrankulutusta valmistilojen aikana ja vastaavasti sairaaloiden hallinto voisi sisällyttää valmiustilan virrankulutuksen yhdeksi päätöksentekokriteeriksi uusia laitteita hankittaessa.
8.	Reeves, Kerri Yhdysvallat 2023	It's Not Hard Being Green: How Radiology Is Investing in a Sustainable Future Applied Radiology 52 (2)	Artikkeli käsittelee radiologian ympäristövaikutuksia, säästökeinoja ja tulevaisuuden strategioita.	Katsaus	Magneettikuvantamisen energiankulutusta voi vähentää 15–20 % hyödyntämällä kuvantamislaitteen virransäästötiloja silloin, kun sitä ei käytetä. Liikkeen tunteilla varustetulla valaistuksella voidaan saada uuden valaistuksen hankintakustannukset katettua jo ensimmäisen vuoden aikana. Kertakäyttöisten varjoainepullojen vaihto monikäyttöisiin, suurempiin pulloihin voi tuoda merkittäviä kustannussäästöjä.

9.	Schoen, Julia H. & Scheel, John R. Yhdysvallat 2023	Planetary Health: Should We Care? Journal of the American College of Radiology 2023	Artikkeli käsittelee ilmastonmuutosta, radiologisten palveluiden ympäristölle aiheuttamaa kuormaa sekä keinoja vähentää radiologian aiheuttamia ympäristövaikutuksia.	Katsaus	Kustannussäästöjä voi saada aikaan sammuttamalla tarpeettomat laitteet ja siirtymällä uudelleenkäytettäviin välineisiin. Kiertotaloutta tukee esimerkiksi TT-laitteen käyttöön jatkaminen laitteen kunnostamisella. Keskeisenä haasteena on toimien täytäntöönpano käytännössä.
10.	Woolen, Sean A. & Becker, Amy E. & Martin, Alastair J. & Knoerl, Roland & Lam, Vincent & Folsom, Jerry & Eusemann, Christian & Hess, Christopher P. & Deshpande, Vibhas Yhdysvallat 2023	Ecodesign and Operational Strategies to Reduce the Carbon Footprint of MRI for Energy Cost Savings Radiology 307 (4)	Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää kuvantamislaitteiden energianhallinnan menetelmien avulla saavutettavat energian, kustannusten ja hiilijalanjäljen säästöt	Retrospektiivinen tutkimus, jossa vertailtiin neljän eri magneettikuvantamislaitteen sähkönkäyttöä.	Magneettikuvantamislaitteen sammuttamisella yöllä 12 tunniksi vähennettiin sähkönkulutusta 25–33 %. Jos sammuttamisen sijaan käytettiin energiansäästötilaa, säästö kasvoi 22–28 % sammuttamiseen verrattuna.