

Salonen Marika

PALVELURAKENNUKSEN KÄYTÖNAIKAINEN HIILIJALANJÄLKI

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastajat: professori Arto Saari,
tekniikan tohtori Jukka Puhto
Kesäkuu 2024

TIIVISTELMÄ

Marika Salonen: Palvelurakennuksen käytönaikainen hiilijalanjälki
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Vastuuohjaaja: Tekniikan tohtori Jukka Puhto
Tarkastaja: Professori Arto Saari
Kesäkuu 2024

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi kiinteistönomistajilta vaaditaan yhä enemmän ympäristö- vastuullisuuden huomioimista liiketoiminnassaan. CSRD mukaisen kestävyysraportoinnin kautta yritykset, joihin nämä raportointivaatimukset kohdistuvat, arvioivat ja hallitsevat ympäristö-, sosiaalisia ja hallinnollisia riskejään (ESG) European Sustainability Reporting Standards (ESRS) - standardien mukaisesti vuosittain. Suosituin menetelmä yritysten ympäristövaikutusten laskemisessa on GHG-protokolla eli kasvihuonekaasuprotokolla.

Tutkimuksen teoriaosuudessa käsitellään rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arviointia, ilmastaselvitystä sekä rakennuksen käytön aikaisen hiilijalanjäljen merkitystä yritysten CSRD-raportoinnissa. Lisäksi tarkastellaan CSRD-raportointia ja GHG-protokollan standardia, jonka avulla voidaan laskea käytönaikaista hiilijalanjälkeä. Teoriaosuudessa esitetään myös keinoja, joilla rakennuksen käytönaikaista hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa, kuten energian kulutusta vähentämällä ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntämällä.

Tutkimusosuudessa tavoitteena oli tunnistaa palvelurakennusten suurimmat käytönaikaiset päästölähteet vuoden ajalta. Tutkimus toteutettiin case tutkimuksena, johon valittiin kolme Tukena-säätiö sr:n omistamaa palvelurakennusta eri puolilta Suomea. Lisäksi vertailtiin VTS-kotien yhden kerrostalon ja yhden kuusi rakennusta sisältävän luhtitalokohteen ja palvelurakennusten käytön aikaista hiilijalanjälkeä. Käytönaikainen hiilijalanjälki laskettiin GHG-protokollaa mukaillen. Laskennassa hyödynnettiin soveltaen Kohtuuhintaisten vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajat - KOVA ry jäsenistölleen laatimaa GHG-protokollaan pohjautuvaa raportointipohjaa.

Tuloksena havaittiin, että energiankulutus aiheutti suurimman osan käytönaikaisista CO₂e-päästöistä, joista eniten CO₂e-päästöjä tuotti kaukolämpö ja toiseksi eniten sähkönkulutus. Energiankulutuksen synnyttämät CO₂e-päästöt riippuivat tuotantomuodosta. Kolmanneksi eniten CO₂e-päästöjä aiheutui jätteistä. Uusiutuvilla energialähteillä tai päästöttömällä energialla on merkittävä vaikutus hiilijalanjäljen pienentämiseen. Jätteiden aiheuttamien CO₂e-päästöjen jälkeen päästöjä aiheutui kylmän veden ja jäteveden kulutuksesta. Palvelurakennuksissa kaukolämmön ja jätteiden hiilijalanjälki oli suurempi kuin asuinrakennuksissa, kun taas veden kulutus oli asuinrakennuksista luhtitalo case kohteessa suurin.

Koska suurin osa käytönaikaisesta hiilijalanjäljestä syntyi energian kulutuksesta, keskeisimpiä keinoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi ovat energiatehokkuuden parantaminen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen, älykkäiden energiaratkaisujen käyttöönotto ja käyttäjien toimintatapojen muuttaminen sisäilmaolosuhteita heikentämättä. Uusiutuvia energialähteitä hyödyntämällä voidaan GHG-protokollan scoup 2 päästöihin vaikuttaa merkittävästi.

Avainsanat: Rakennuksen käytönaikainen hiilijalanjälki, CSRD, GHG-protokolla.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

ABSTRACT

Marika Salonen: Operational carbon footprint of a service building
Master's Thesis
Tampere University
Degree Program in Civil Engineering
Responsible Supervisor: Doctor of technology Jukka Puhto
Examiner: Professor Arto Saari
June 2024

To mitigate climate change, property owners are increasingly required to consider environmental responsibility in their business operations. Through sustainability reporting in accordance with CSRD, companies subject to these reporting requirements annually assess and manage their environmental, social, and governance (ESG) risks according to the European Sustainability Reporting Standards (ESRS). The most popular method for calculating companies' environmental impacts is the GHG Protocol, or the Greenhouse Gas Protocol.

The theoretical part of the study addresses the assessment of the carbon footprint over the lifecycle of a building, climate impact assessment, and the significance of the carbon footprint during the use phase of a building in companies' CSRD reporting. Additionally, it examines CSRD reporting and the GHG Protocol standard, which can be used to calculate the operational carbon footprint. The theoretical section also presents ways to influence the operational carbon footprint of a building, such as reducing energy consumption and utilizing renewable energy sources.

The objective of the research section was to identify the largest sources of operational emissions in service buildings over the course of a year. The study was conducted as a case study involving three service buildings owned by the Tukena Foundation in different parts of Finland. Additionally, the operational carbon footprint of one apartment building and one courtyard apartment complex with six buildings from VTS-kodit was compared to that of the service buildings. The operational carbon footprint was calculated in accordance with the GHG Protocol. The calculation utilized a reporting template based on the GHG Protocol, adapted from one prepared by the Association of Affordable Rental and Right-of-Occupancy Housing Owners (KOVA ry) for its members.

The results indicated that energy consumption caused the majority of operational CO₂e emissions, with district heating producing the most CO₂e emissions and electricity consumption the second most. The CO₂e emissions from energy consumption depended on the method of production. Waste accounted for the third largest amount of CO₂e emissions. Renewable energy sources or zero-emission energy have a significant impact on reducing the carbon footprint. After the CO₂e emissions from waste, emissions were caused by the consumption of cold water and wastewater. In service buildings, the carbon footprint of district heating and waste was greater than in residential buildings, while water consumption was highest in the courtyard apartment complex among the residential buildings.

Since the majority of the operational carbon footprint was due to energy consumption, the key methods for reducing the carbon footprint include improving energy efficiency, utilizing renewable energy sources, implementing smart energy solutions, and changing user behavior without compromising indoor air conditions. By utilizing renewable energy sources, the scope 2 emissions of the GHG Protocol can be significantly influenced.

Keywords: Operational Carbon Footprint of Buildings, CSRD, GHG Protocol.

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Tukena-säätiö sr:lle (ent. Kehitysvammaisten Palvelusäätiö sr) osana ympäristövastuullisuuden tavoitteiden toteuttamista ja kehittämistä. Työn ohjaajana toimi Tukena Oy:lta erityisasiantuntija Sari Hautakangas. Tampereen Yliopistolta työn ohjaajana toimi tekniikan tohtori Jukka Puhto sekä toisena tarkastajana Professori Arto Saari.

Tahdon kiittää VTS-koteja ja erityisesti kehitysinsinööri Miska Pöyryä ja talotekniikka päällikköä Raimo Leskistä nopean aikataulun yhteistyöstä, liittyen asuinrakennuksien kulutustietojen toimittamiseen palvelurakennuksen ja asuinrakennuksen vertailun mahdollistamiseksi. Lisäksi kiitän Kohtuuhintaisten vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajat - KOVA ry:tä ja heidän teknistä johtajaansa Sami Yleniusta yhteistyöstä. Kiitän myös Tukena-säätiö sr:n sopimuskumppaneita sekä eri paikkakunnilla toimivia kiinteistöhuoltoja tarvittavan tutkimusaineiston kokoamisessa. Tärkein kiitos kuuluu työnantajalleni Tukena-säätiö sr:lle sekä kiinteistötoimen työyhteisölle, joka mahdollisti joustavuudellaan diplomityön kirjoittamisen töiden ohessa.

Tampereella, 14.6.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta.....	2
1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	3
2. TEOREETTINEN TAUSTA, LÄHTÖKOHDAT JA ONGELMAN ASETTELU	4
2.1 Rakennuksen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki	4
2.1.1 Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki	5
2.1.2 Rakennuksen käytön aikainen hiilijalanjälki.....	7
2.2 Vaikutusmahdollisuudet käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen	8
2.2.1 Energiatehokkuus	9
2.2.2 Rakennuksen käyttö ja veden kulutus	10
2.2.3 Kulutusjousto ja kiinteistöautomaatio	11
2.2.4 Ilmanvaihto ja lisäjäähdytys	13
2.2.5 Kaukolämpö, sähkö ja itse tuotettu energia.....	14
2.3 Rakennusten ympäristövaikutusten ohjauskeinoja.....	17
2.4 Kestävyysraportointi CSRD	18
2.5 GHG-Protokolla	20
2.6 ISO 14064 -standardi.....	24
3. TUTKIMUSMETODIIKKA.....	26
3.1 Tutkimusmenetelmä	26
3.2 Tutkimusaineisto.....	27
3.3 Aineiston analysointi.....	30
3.3.1 Kaukolämpö ja sähkö (scoup 2).....	30
3.3.2 Jätteet, vesi ja jätevesi sekä ostetut palvelut (scoup 3).....	31
4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	36
4.1 Palvelurakennusten päästöjen olennaisuustarkastelu.....	36
4.2 Palvelu- ja asuinrakennusten CO ₂ e-päästöjen vertailu.....	46
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	49
LÄHTEET	52
LIITE A. KYSELY KIIINTEISTÖNHUOLLOILLE	57
LIITE B: CO ₂ E-PÄÄSTÖKERTOIMET	65
LIITE C. PALVELU- JA ASUINRAKENNUSTEN VERTAILU	67

1. JOHDANTO

Tällä hetkellä rakennukset tuottavat vielä 40 % maailman hiilidioksidipäästöistä, kun mukaan lasketaan rakentaminen, rakennusmateriaalit sekä rakennusten käyttö (VTT, 2020). Rakennusten käytön aikainen hiilijalanjälki on keskeinen osa ympäristövaikutusten arviointia, sillä rakennusten energian kulutus ja CO₂-päästöt muodostavat merkittävän osan maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä. EU on Pariisin sopimuksessa lähtenyt tavoittelemaan ilmastoneutraaliutta, mikä tarkoittaa EU:n lainsäädännössä säänneltyjen CO₂e-päästöjen ja poistumien tasapainoa vuoteen 2050 mennessä (Ympäristöministeriö, n.d.). Suomen hallituksen asettaman kansallisen ilmastolain keskeisenä tavoitteena on varmistaa, että Suomi saavuttaisi hiilineutraaliuden viimeistään vuonna 2035 (Ilmastolaki 423/2022, 2 §).

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen liittyen myös yrityksiltä edellytetään yhä enemmän ympäristövastuullisuuden huomioimista omassa liiketoiminnassaan. CSRD:n mukaisen kestävyysraportoinnin kautta yritykset, joita nämä raportointi vaatimukset koskevat, arvioivat ja hallitsevat European Sustainability Reporting Standards (ESRS) standardien mukaisesti ympäristö-, sosiaalisia ja hallinnollisia riskejään (ESG) vuosittain. (Bureauveritas, n.d.) Suosituin standardi yrityksen ympäristövaikutusten laskemiseen on GHG-Protokolla eli kasvihuonekaasuprotokolla. (GreenCarbon, 2021.)

Tässä diplomityössä tavoitteena oli tunnistaa palvelurakennuksen suurimmat käytön aikaiset CO₂e-päästölähteet yhden vuoden ajalta sekä arvioidaan erilaisia keinoja niiden vähentämiseksi. Tutkimus toteutettiin case tutkimuksena, johon valittiin kolme Tukenasäätiö sr:n omistamaa palvelurakennusta eri puolilta Suomea. Lisäksi vertailtiin VTS-kotien yhden kerrostalon ja yhden kuusi rakennusta sisältävän luhtitalokohteen ja palvelurakennusten käytön aikaista hiilijalanjälkeä. Käytön aikainen hiilijalanjälki laskettiin GHG-protokollaa mukaillen. Rakennuksen käytön aikaisten hiilijalanjäljen laskennassa hyödynnettiin soveltaen Kohtuuhintaisten vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajat - KOVA ry:n jäsenistölleen laatimaa GHG-protokollaan pohjautuvaa raportointipohjaa.

1.1 Tutkimuksen tausta

Maailmanlaajuisena haasteena on ilmaston lämpeneminen. Ilmaston lämpenemistä aiheuttaa tiettyjen kasvihuonekaasujen määrien lisääntyminen, joihin kuuluu myös hiilidioksidi (CO₂) (Euroopan komissio, n.d.). Ilmaston lämpenemiseen on haluttu reagoida Pariisin sopimuksella vuonna 2015, jonka tavoitteena on rajoittaa ilmaston lämpeneminen reilusti alle kahden asteen ja pyrkiä pitämään se alle 1,5 asteessa (Euroopan parlamentti, 2023). Pariisin sopimukseen on myös EU ja sitä kautta Suomi sitoutunut. EU tavoittelee EU-tason ilmastoneutraaliutta, mikä tarkoittaa EU:n lainsäädännössä säänneltyjen CO₂e-päästöjen ja poistumien tasapainoa vuoteen 2050 mennessä (Ympäristöministeriö, n.d.). Suomen hallitus on vastannut näihin tavoitteisiin asettamalla vuonna 2022 voimaan kansallisen ilmastolain, jonka keskeisenä tavoitteena on varmistaa, että Suomi saavuttaa hiilineutraaliuden viimeistään vuonna 2035 (Ilmastolaki 423/2022, 2 §).

Tällä hetkellä rakennukset tuottavat vielä 40 prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, kun mukaan lasketaan rakentaminen, rakennusmateriaalit sekä rakennusten käyttö (VTT, 2020). Rakennusala ja kiinteistön omistajat joutuvat vastaamaan tähän hiilineutraaliustavoitteeseen kiinnittämällä huomiota rakennusten aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin. Ilmastotavoitteet tulevat huomioiduksi myös yritysten vastuullisuusraportoinnin kautta. EU-direktiivi NFR (Non-financial reporting) velvoittaa kaikki yli 500 työntekijän yritykset raportoimaan ympäristöön, työntekijöihin, ihmisoikeuksiin, korruption vastaiseen toimintaan sekä lahjontaan liittyvistä seikoista (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/95/EU, 19a artikla). Vastuullisuusraportoinnissa yritys huomioi ympäristön (environmental), sosiaaliset (social) ja talouden (governance) tekijät (ESG). Laki koskee tällä hetkellä vain ns. suuryrityksiä, mutta myös pienemmät yritykset ovat alkaneet raportoida vastuullisuuttaan saadakseen markkinaetua (GreenCarbon, 2021).

The Corporate Sustainability Reporting Directive eli CSRD (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2022/2464), tulee velvoittamaan EU:ssa toimivia suuria pörssiyrityksiä, jotka ovat aiemmin raportoineet NFR-direktiivin mukaisesti, sekä sen jälkeen kaikkia niitä suuria yrityksiä, jotka täyttävät vähintään kaksi seuraavasta kolmesta kriteeristä; nettoliikevaihto 40 miljoonaa euroa, taseen loppusumma 20 miljoonaa euroa tai henkilöstömäärä yli 250. (BureauVeritas, 2023.) Uusi CSRD-raportointikäytäntö otetaan käyttöön vaiheittain eri yrityskokoluokkiin. Soveltamisalueeseen kuuluvat: 1.1.2024 alkaen yli 500 henkilöä työllistävät listatut yritykset, jotka ovat jo NFRD:n piirissä ja ovat velvoitettuja laatimaan ei-taloudellisen tiedon selvityksen sekä julkistamaan EU-taksonomian

mukaiset tiedot. 1.1.2025 alkaen sekä listatut että listaamattomat yritykset, joissa on yli 250 työntekijää ja yli 40 miljoonan euron liikevaihto. 1.1.2026 alkaen listatut pienet ja keskisuuret yritykset. (EcoBio, 2022.)

CSRD:n mukainen raportointi noudattaa Eurooppalaisia kestävyysraportointistandardeja, jotka tunnetaan nimellä European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Nämä standardit auttavat yrityksiä arvioimaan ja hallitsemaan ympäristö-, sosiaalisia ja hallinnollisia riskejä (ESG), samalla kehittäen yrityksen vastuullisuutta mittaamalla, julkistamalla ja hallinnoimalla kestävä kehityksen vaikutuksia. (Bureauveritas, n.d.) Suosituin standardi ympäristövaikutusten laskemiseen on GHG-Protokolla eli kasvihuonekaasuprotokolla. Tämä standardi on integroitu osaksi laajempaa maailmanlaajuista GRI-raportointijärjestelmää, joka kattaa yrityksen ympäristö-, sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset. (GreenCarbon, 2021.)

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Diplomityön tarkoituksena on lisätä ymmärrystä vaikuttamiskeinoista palvelurakennusten käytönaikaiseen hiilijalanjäljen suuruuteen sekä selvittää kolmen case-kohteen käytönaikainen hiilijalanjälki GHG-protokollaa mukaillen. Selvityksen tulosten pohjalta määritellään merkittävimmät palvelurakennuksen käytönaikaisen hiilijalanjäljen CO₂e-päästölähteet eli tehdään olennaisuusanalyysi. Käytönaikainen hiilijalanjälki lasketaan rakennukselle, jossa järjestetään ympärivuorokautista palveluasumista. Tutkimus rajataan koskemaan kolmea Tukena-säätiö sr:n omistamaa palvelurakennusta. Tutkimuksessa vertaillaan osittain myös palvelurakennusten ja kahden VTS-kotien asuinrakennusten käytönaikaista hiilijalanjälkeä. VTS-kotien rakennuksista toinen on kerrostalo- ja toinen luhtitalokohde, johon kuuluu kuusi erillistä rakennusta. Rakennusten käytönaikaisia korjauksia ei huomioida, sillä ne vaihtelevat vuosittain ja rakennuksittain. Tässä työssä ei selvitetä palvelurakennukseen kohdistuvaa käytönaikaista hiilikädenjälkeä.

Diplomityön aihe nousi Tukena-säätiö sr:n (ent. Kehitysvammaisten Palvelusäätiö sr) ympäristövastuullisuuden kehittämistarpeesta. Case kohteet valitaan Tukena-säätiön omistamista palvelurakennuksista sekä vertailu case kohteet VTS-kotien omistamista asuinrakennuksista. Tutkimuskysymykset ovat: Miten käytön aikaista hiilijalanjälkeä voidaan arvioida, mitkä ovat palvelukiinteistön käytönaikaiset olennaisimmat hiilijalanjälkeen vaikuttavat CO₂e-päästöt sekä millaisia vaikutusmahdollisuuksia on vähentää käytönaikaista hiilijalanjälkeä.

2. TEOREETTINEN TAUSTA, LÄHTÖKOHDAT JA ONGELMAN ASETTELU

2.1 Rakennuksen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki

Hiilidioksidiekvivalentti ($\text{CO}_2\text{-ekv}$ tai CO_2e) on mittayksikkö, joka kuvaa kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärää. Kasvihuonekaasut muunnetaan kertoimen (global warming potential) avulla vastaamaan hiilidioksidipäästöjä. (Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä, 2020) Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan syntyvien kasvihuonekaasujen kokonaismäärää ilmoitettuna hiilidioksidiekvivalenttien painona (kgCO_2e), jossa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on muunnettu hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi, joka tarkoittaa lämpenemisvaikutusta, jonka 1 kg ilmakehään päässyttä hiilidioksidia aiheuttaa 100 vuodessa (Vesitaito, n.d.).

Rakennusten osalta hiilijalanjäljen laskennan tulokset ilmoitetaan yleensä niin, että ne jaetaan rakennuksen pinta-alalle ja arviointijakson pituudelle, $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$. Rakennuksen hiilijalanjälkilaskenta perustuu mm. standardeihin EN 15978 ja EN 15804. (Vesitaito, n.d.) EN 15978 keskittyy rakennusten kokonaisvaltaiseen ympäristövaikutusten arviointiin, kun taas EN 15804 keskittyy yksittäisten rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan. Hiilijalanjälki sisältää tuotteen, toiminnan tai palveluiden elinkaaren aikana aiheutuneet CO_2e -päästöt. Käytöstä aiheutuvien CO_2e -päästöjen lisäksi mukana ovat tuotantoprosessin CO_2e -päästöt.

Hiilijalanjälkilaskennassa rakennushankkeelle arvioidaan usein myös hiilikädenjälki, jolla mitataan rakennusten myönteisiä ilmastovaikutuksia. Hiilikädenjäljeksi määritellään potentiaaliset positiiviset ilmastovaikutukset, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Hiilikädenjälki voi muodostua seuraavista osatekijöistä kuten, rakenteisiin sitoutunut hiili, rakennustuotteiden kierrätys, sementin karbonatisoitumisesta aiheutunut hiilinielu sekä ulkopuoliseen energiaverkkoon syötetty uusiutuva energia. Hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki ilmoitetaan erikseen erillisinä arvoina. Hiilikädenjäljen mittayksikkö raportoidaan negatiivisena itseisarvona ($-\text{kg CO}_2\text{e}$). (Vesitaito, n.d.)

Tavanomaisen uuden asuinkerrostalon hiilijalanjäljestä 40 % syntyy rakentamisen aikana ja 60 % käytön aikana. Käytön aikaiset CO₂e-päästöt jakautuvat tilojen ja käyttöveden lämmittämisen, sähkönkulutuksen sekä korjaus- ja huoltotoimenpiteiden aiheuttamiin CO₂e-päästöihin. Purkuvaiheen päästöjen osuus kokonaisuudesta on yleensä alle 10 %. Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa rakentamisvaiheen suhteellinen osuus elinkaaren hiilijalanjäljestä on kasvanut. Aiemmin rakentamisvaiheen osuus on ollut 10–20 %. (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä.)

Suomessa hiilidioksidipäästöjen lähteet jakautuvat seuraavasti: Rakennusten käyttö, mikä sisältää lämmityksen, sähkön ja lämpimän käyttöveden, päästöjen osuus on 32 %, rakentamisen osuus 6 %, teollisuuden osuus 30 %, liikenteen osuus 19 % ja muiden lähteiden osuus 13 %. Rakennuskannan hiilidioksidipäästöt jakautuvat Suomessa rakennustyypeittäin seuraavasti: Liike-, palvelu- ja julkiset rakennukset tuottavat 38 % päästöistä. Asuinkerros- ja rivitalot tuottavat 31 % päästöistä ja omakotitalot ja vapaa-ajan rakennukset aiheuttavat 31 % päästöistä. (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä.)

2.1.1 Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki

Rakennusten elinkaaren hiilijalanjälki syntyy eri vaiheissa, kuten rakennusmateriaalien valmistuksessa, kuljetuksessa, työmaatoiminnoissa, kunnossapidossa ja korjauksessa, materiaalien vaihdoissa, energian ja veden käytössä sekä rakennuksen purkamisessa ja materiaalien loppukäsittelyssä. Rakennetun ympäristön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: toiminnallisiin CO₂e-päästöihin, jotka syntyvät rakennuksen toiminnan aikana käytettyjen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta, ja sitoutuneisiin CO₂e-päästöihin, jotka syntyvät rakennuksen rakentamisesta, ylläpidosta ja purkamisesta (GHG Technical Guidance, 2022, 21).

Vuoden 2025 alusta lähtien voimaan astuvan rakentamislain (751/2023) 38 §:n mukaan uusien rakennusten ja laajamittaisesti korjattavien rakennusten elinkaaren aikainen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki on arvioitava ja raportoitava rakentamislupaa varten tehtävässä ilmastaselvityksessä. Arvioinnissa käytetään vähähiilisuuden arviointimenetelmää ja hyödynnetään kansallisen päästötietokannan tietoja tai muita vastaavia ympäristö ominaisuustietoja. (Ympäristöministeriö, 2019.) Vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaan rakennuksen hiilijalanjälki lasketaan rakennuksen koko elinkaaren ajalle. Laskennassa käytetään elinkaarelle 50 vuoden mittaista aikaa.

Ympäristöministeriön elinkaariarvioinnista rakentamisen ja rakennustuotteiden kuljetukset valmistajalta työmaalle aiheuttamat ilmastovaikutukset sisältävät elinkaaren vaiheet A4-A5. Rakennuksen purkaminen elinkaaren loppuvaiheessa sisältää vaiheet C1-C4. Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset liittyvät kohtaan D. Käytön aikaisista rakennuksen elinkaaren vaiheista arviointiin sisältyy vaiheet B3-4 ja B6. (Ympäristöministeriö, 2019, 39). Rakennuksen käytönaikaisen ylläpidon hiilijalanjälki, kuten jäte, kiinteistöhoito, pienkorjaukset tai käyttäjäpalveluihin kuuluva siivous eivät sisälly rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmään. Veden kulutus ja tuotteiden käyttö on rajattu arviointimenetelmän ulkopuolelle (taulukko 1).

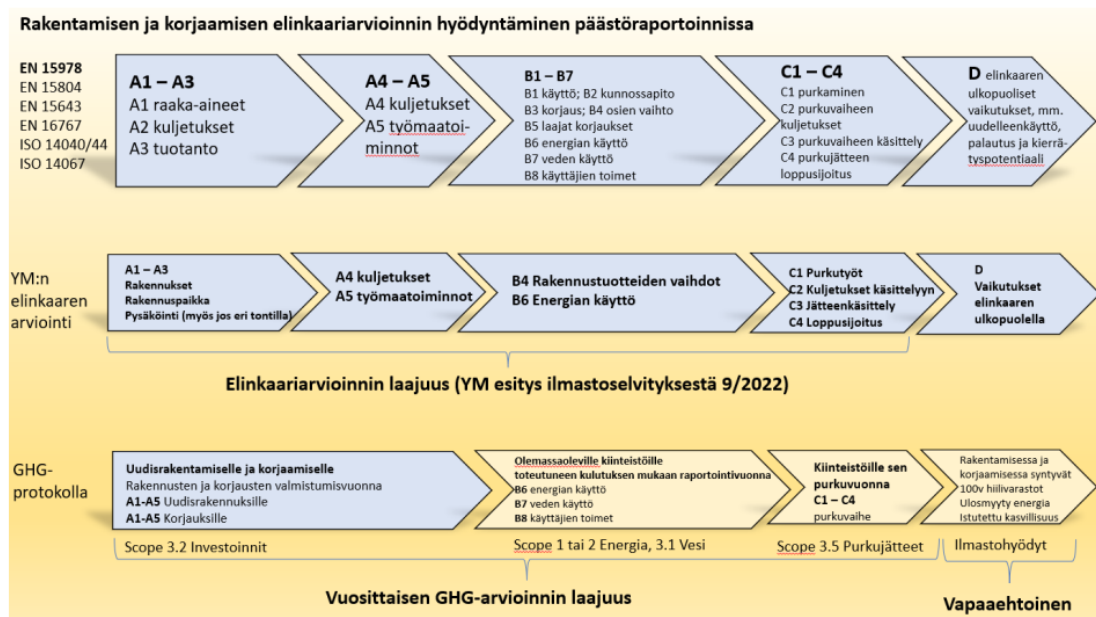
Taulukko 1. Rakennuksen vähähiilisyden arviointi menetelmän kategoriat (Ympäristöministeriö, 2019, 39).

Arvioitavat elinkaaren vaiheet ja arvioinnissa käytettävät tiedot		
Ennen käyttöä	Arviointi	Käytettävät tiedot
A1–3 Tuotteiden valmistus	+ Arvioidaan	Vain hankekohtaiset tiedot
A4 Kuljetukset työmaalle	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
A5 Rakentaminen	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
Käytön aikana	Arviointi	Käytettävät tiedot
B1 Tuotteiden käyttö	- Ei arvioida	
B2 Ylläpito	- Ei arvioida	
B3–4 Korjaukset ja vaihdot	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
B5 Laajamittaiset korjaukset	Oma erillinen arviointi	
B6 Energian käyttö	+ Arvioidaan	Vain hankekohtaiset tiedot
B7 Veden käyttö	- Ei arvioida	
Käytön jälkeen	Arviointi	Käytettävät tiedot
C1 Purkutyöt	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
C2 Kuljetukset käsittelyyn	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
C3 Jätteenkäsittely	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
C4 Loppusijoitus	+ Arvioidaan	Hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot
Arvioinnin toteutus ja tarkistus		
Tietokanta	Ei määritelty. Tulossa kansallinen päästötietokanta.	
Työkalu	Ei määritelty. Tulee olla yhteensopiva arviointimenetelmän kanssa.	
Pätevyysvaatimukset	Ei määritelty. Vaatimukset kehitteillä.	
Tulosten tarkistus	Ei määritelty. Vaatimukset kehitteillä.	

Uuden rakentamislain korjaussarjan ehdotuksen mukaan laajamittaisia korjaushankkeita tulisi koskemaan hiilijalanjäljen selvityksen osalta vain ilmoitusvelvollisuus, eikä niille laadittaisi ilmastaselvitystä. Kaikille rakennushankkeille, joilta vaaditaan ilmastaselvitys, on laadittava myös materiaaliseloste. Rakennuksien hiilijalanjäljelle annetaan valtioneuvoston asetuksella käyttötarkoitukseluokittain raja-arvot, joita rakennus ei saa ylittää. Ilmastaselvityksen sisällöstä tullaan säätämään ympäristöministeriön asetuksella. Ilmastaselvitystä ei edellytetä pientaloilta. (Rakennusteollisuus, 2024.) Rakennuksen elinkaarenai- kainen hiilijalanselvitys liittyy rakennusluvanvaraisiin rakennushankkeisiin.

2.1.2 Rakennuksen käytön aikainen hiilijalanjälki

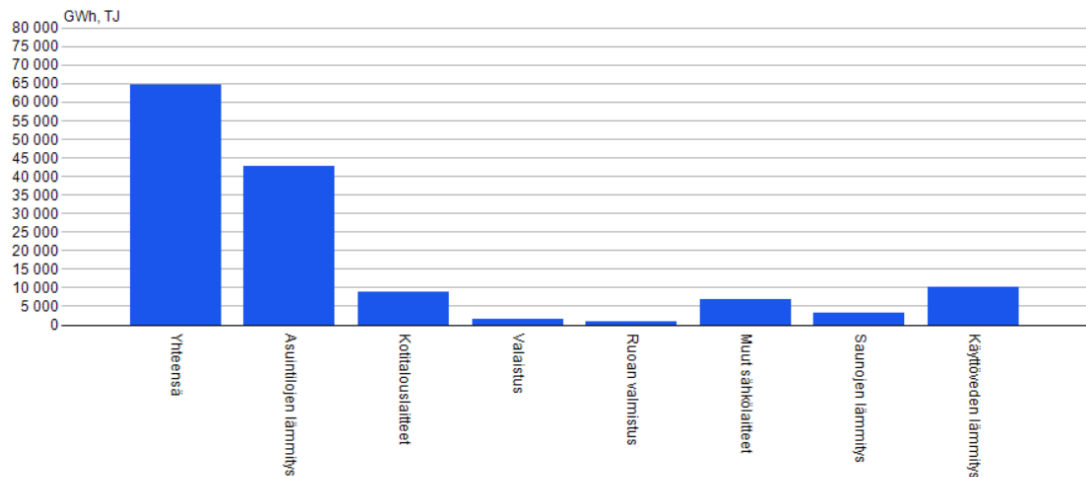
Rakennuksen käyttövaiheesta syntyvät CO₂e-päästöt sisältävät elinkaaren vaiheet B1-B7, johon kuuluvat tuotteiden käyttö, ylläpito, korjaukset ja vaihdot, laajamittaiset korjaukset sekä energian ja veden käyttö. Näiden lisäksi huomioidaan rakennuksen toiminnasta ja korjaamisesta syntyvät käytön aikaiset jätteet. Kuvassa 1 havainnollistetaan Ympäristöministeriön elinkaaren arviointi, GHG-protokollan ja EN-standardien yhdistäminen. GHG-protokollassa ilmastovaikutukset eritellään scope 1, scope 2 ja scope 3 luokkiin.



Kuva 1. YM:n elinkaaren arviointi, GHG-protokollan ja EN-standardien yhdistäminen. (KOVA ry, 2023, 8).

Rakennusten käytön aikana tapahtuvasta lämmityksestä, sähkön kulutuksesta ja lämpimän käyttöveden kulutuksesta aiheutuu Suomessa keskimäärin 32 % kaikista CO₂e-päästöistä. (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä). Rakennuksen käytön aikaiset CO₂e-päästötiedot ovat oleellinen osa CSRD kestävyysraportointia, sillä vaatimukset täyttäviltä kiinteistönomistajilta vaaditaan rakentamisen, rakennusten korjaamisen sekä rakennusten käytön CO₂e-päästötiedot vuosittaiseen kestävyysraportointiin. Vaikkei yritys itse täyttäisi CSRD raportointi velvoitteita, tulee sen tarvittaessa toimittaa tuottamistaan CO₂e-päästöistä tai niiden selvittämiseen tarvittavat tiedot raportointi velvollisuuden alla olevalle yritykselle.

Rakennuksen energiankulutuksella on merkittävä vaikutus rakennuksen käytönaikaisiin CO₂e-päästöihin. Kaaviossa (1) esitetään Suomen asuntojen energiankulutusta käyttökohteittain vuodelta 2022. Asuntojen lämmitys aiheuttaa merkittävästi suurimman energiankulutuksen Suomessa.



Kaavio 1. Asuntojen energiankulutus muuttujina energian käyttökohte. Asumisen energiankulutus, GWh. (Tilastokeskus, 2022).

Tilojen lämmityksen energiankulutus kattaa pääasiallisen lämmitysjärjestelmän ja siihen liittyvien muiden lämmitysmuotojen energiankulutuksen, mukaan lukien ilmanvaihtoon ja lämmön jakamiseen liittyvät laitteet. Lisäksi siinä otetaan huomioon kotitalouslaitteiden energiankulutus, kuten valaistuksen, ruoanvalmistuksen ja muiden sähkölaitteiden energiankulutus. (Tilastokeskus, 2022).

2.2 Vaikutusmahdollisuudet käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen

Rakennuksen käytönaikainen hiilijalanjälki muodostaa merkittävän osan rakennuksen koko elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Hiilijalanjäljen vähentämiseksi on olemassa useita vaikuttamiskeinoja. Näiden keinojen hyödyntäminen voi tuoda mukanaan huomattavia säästöjä sekä taloudellisesti että ympäristön kannalta. Tärkeimpiä keinoja ovat energiatehokkuuden parantaminen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen, älykkäiden energiaratkaisujen käyttöönotto ja käyttäjien toimintatapojen muuttaminen sisäilmaolosuhteita heikentämättä.

2.2.1 Energiatehokkuus

Energiansäästö on yksi keino energiatehokkuuden parantamiseen, jolla voidaan samalla pienentää hiilijalanjälkeä. Lämmitysenergian aiheuttamaan hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa parantamalla rakennusten energiatehokkuutta teknisin keinoin, muuttamalla lämmitysjärjestelmiä, kuten ottamalla käyttöön lämpöpumput, säätämällä taloteknisiä järjestelmiä ja muuttamalla asumistapoja. Rakennuksen lämmitysjärjestelmän energiankäyttöön kuuluvat tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen energiankäyttö. Esimerkkejä asumistapojen muutoksista ovat energiankulutuksen vähentäminen laskemalla sisälämpötilaa lämmityskaudella tai optimoimalla sitä tila- tai aika kohtaisesti sekä vähentämällä lämpimän veden käyttöä.

Kun sisäilman lämpötilaa pienennettäessä 1 °C verran, vähentää se noin 5 % lämmitysenergian kulutusta (Motiva, 2023). Palvelurakennuksessa asumisterveysasetuksen mukaiset sisälämpötilaolosuhteet eivät saa energiatehokkuus toimien vuoksi kuitenkaan heikentyä, vaan niiden pysyä asumisterveysasetuksen mukaisina. Asunnoissa huoneilman lämpötilan tulisi olla lämmityskaudella +18 °C – +26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella +18 °C – +32 °C. Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa huoneilman lämpötilan tulisi olla lämmityskaudella +20 °C – +26 °C. Lämmityskauden ulkopuolella vastaavissa tiloissa huoneilman lämpötilan tulisi olla +20 °C – +30 °C. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, 545/2015, liite 1.).

Rakennuksissa lämmön tarvetta on mahdollista vähentää rakenteellista energiatehokkuutta parantamalla, silloin kun se on muun korjauksen yhteydessä järkevää. Energiatehokkuutta on parannettava aina, kun tehdään luvanvaraisia korjaus- ja muutostöitä tai kun rakennuksen käyttötarkoitusta muutetaan, jos energiatehokkuuden parantaminen on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti mahdollista (Ympäristöministeriö, 4/13).

2.2.2 Rakennuksen käyttö ja veden kulutus

Rakennuksen käyttäjän rooli on merkittävä energiankulutuksen kannalta. Osaamattomalla käytöllä ja teknisten laitteiden tuntemattomuudella voi olla suuri vaikutus rakennuksen energiankulutukseen, mikä voi johtaa merkittävään energiankulutuksen kasvuun. Käyttäjien perehdyttäminen rakennuksen laitteiden oikeaan käyttöön ja laitteiden säännöllinen huolto ovat avainasemassa varmistettaessa energiatehokas lopputulos koko rakennuksen elinkaaren ajan. Palvelurakennuksissa toteutuu myös jakamistalous yhteisten keittiö-, oleskelutilojen ja yhteissaunojen osalta, joka osaltaan vähentää energian kulutusta ja sitä kautta vaikuttaa alentavasti rakennuksen käytön aikaisiin CO₂e-päästöihin. (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä).

Lämpimän veden käyttö kuluttaa energiaa ja tuottaa siten rakennuksen käytön aikaisia CO₂e-päästöjä. Rakennukseen tuodusta lämpöenergiasta kuluu merkittävä osa käyttöveden lämmittämiseen. Tonttivesijohdon kautta saapuva vesi on ympäri vuoden noin 5 °C asteista ja se tulee lämmittää vähintään 55 °C lämpötilaan. (Huttunen, 2013, 16.) Näin lämpimän käyttöveden laatu pysyy hyvänä ja legionella bakteerin leviäminen estyy (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 1352/2015). Lämpimän käyttöveden energiankulutuksen määrittämisessä käytetään ensisijaisesti rakennuksen käyttöveden energiamittauksiin perustuvaa arvoa. Jos lämpimän käyttöveden määrää (V_{lkv}) ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % veden kokonaiskulutuksesta ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta. Ellei lämpimän käyttöveden energiankulutusta (Q_{lkv}, kWh/vuosi) ole mitattu erikseen, lasketaan se kulutetun lämpimän käyttöveden määrän perusteella seuraavasti (kaava 1) (Motiva Oy, 2024):

Kaava 1:

$$Q_{lkv} = 58 \times V_{lkv}$$

jossa,

Q_{lkv} = lämpimän käyttöveden energiankulutus (kWh/vuosi)

V_{lkv} = kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m³/vuosi)

58 = veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energiamäärä kuutiometriä kohden (kWh/m³).

Esimerkiksi vuosittaisen vedenkulutuksen ollessa 1065 m^3 on lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energiankulutus kaavan (1) avulla laskettuna on $24,7 \text{ MWh/a}$.

$$58 \times \frac{1065 \frac{\text{m}^3}{\text{a}} - 40 \%}{1000} = 24,7 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}$$

Veden kulutusta vähentämällä pienennetään samalla siitä aiheutuvia CO_2e -päästöjä. Veden virtausnopeutta voidaan säätää ja vähentää vesikalusteen vedenvirtausta pienentämällä. Lisäksi asukkaiden vedenkäytön opastuksella voidaan saada vedenkulutusta pienemmäksi.

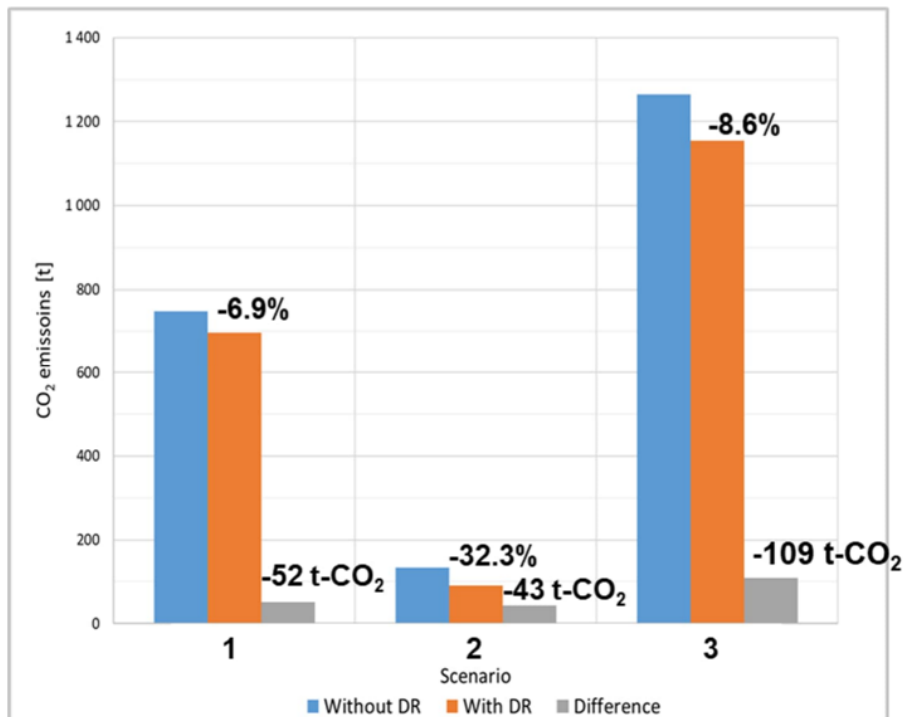
2.2.3 Kulutusjousto ja kiinteistöautomaatio

Lämmön huipputehon tarpeen vähentämiseksi ja vaihtelevan uusiutuvan energiankäytön edistämiseksi voidaan lämpö varastoida esimerkiksi lämminvesivaraajiin sekä lisätä rakennusten sähkön- ja lämmön kulutusjoustoa. Kulutusjoustoautomaation avulla energian käyttöä voidaan siirtää tunneilta, jolloin esimerkiksi tuulivoimaa ei ole saatavilla ja sähkön hinta on korkea, edullisimmille tunneille. Esimerkiksi lämminvesivaraajia, rakennusten massaa ja sähköautojen älykästä latausta voidaan hyödyntää kulutusjoustossa.

Kulutusjouston kasvu, erityisesti älykkäässä sähköistysskenaariossa, tarkoittaa, että sähkönkulutus ei enää noudata perinteistä perusprofiilia, jossa kysyntäpiikit keskittyvät aamuihin ja iltoihin sekä alhaiseen kysyntään yöllä. Kulutusjousto tarkoittaa sekä sähkön käytön vähentämistä silloin, kun hinta on korkea, että kulutuksen lisäämistä, kun sähkö on edullista. (Forsman, Närhi, Uimonen, Semkin, Miettinen, Toivola. 2021, 12.) Älykkäät sähkö- ja lämpöverkot tasapainottavat uusiutuvien energiamuotojen vaihtelevaa tuotantoa. Esimerkiksi laitteet, jotka eivät tarvitse jatkuvaa virtaa, voidaan aktivoida tuotantohuippujen aikana. Älykkäät energiaverkot mahdollistavat myös kaksisuuntaisen energiankulun, jolloin ylimääräistä aurinkosähköä tai rakennuksissa syntyvää hukkalämpöä voidaan syöttää verkkoon. (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä.)

Ju et al. (2022) tutki, miten kaukolämmön kulutusjouston hyödyntäminen vaikuttaa CO_2e -päästöihin Hampurin kaukolämpöverkossa Saksassa, kun kulutusjouston vaikutuksia päästöihin vertailtiin kolmessa eri kaukolämmön tuotantoskenaariossa (kuva 2).

Skenaario 1: Kaukolämpöä tuotetaan pääasiassa biokaasu-CHP-laitoksella, joka ei tuota fossiilisia CO₂e-päästöjä, mutta huipputehon tarpeessa käytetään kolmea maakaasukattilaa, jotka tuottavat fossiilisia CO₂e-päästöjä. Skenaario 2: Kaukolämpöä tuotetaan pääasiassa aurinkolämmöllä, biokaasu-CHP-laitoksella ja CO₂e-neutraalisti tuotetulla sähköllä toimivalla lämpöpumppulaitoksella. Huipputehon tarpeessa käytetään kahta maakaasukattilaa, jotka tuottavat fossiilisia CO₂e-päästöjä. Skenaario 3: Kaukolämpö tuotetaan pääasiassa aurinkolämmöllä ja lisätehoa tuotetaan lämpöpumppu- ja sähkökattilalaitoksilla, jotka käyttävät fossiilisia polttoaineilla tuotettua sähköä. (Jokisalo ym., 2023, 20–22).



Kuva 2. Kulutusjouston vaikutus kaukolämmön tuotannon CO₂e-päästöihin kolmella eri tuotantoskenaariolla saksalaisessa kaukolämpöverkossa. (Jokisalo ym., 2023, 22).

Kun kaukolämpöverkkoon kytkettyjen rakennusten lämmityksessä käytetään kulutusjoustoja tai sitä ei käytetä, CO₂e-päästöjen määrä vaihteli merkittävästi riippuen tuotantotavasta. Kulutusjouston avulla CO₂e-päästöjä voidaan kuitenkin vähentää 7 %:sta jopa 32 %:iin. Tulokset osoittavat, että kulutusjouston avulla saavutettu suhteellinen päästövähenemä on suurempi, kun tuotannon CO₂e-päästöt ovat alhaiset, mutta absoluuttinen päästövähenemä on merkittävämpi, kun tuotannon CO₂e-päästöt ovat korkeat. Tämä tarkoittaa, että kulutusjousto on erityisen tehokas vähentämään päästöjä kaukolämpöverkoissa, joissa fossiilisia polttoaineita käytetään paljon. (Jokisalo ym., 2023, 20–22.)

2.2.4 Ilmanvaihto ja lisäjäähditys

Ilmanvaihdon optimointi tilojen käytön ja olosuhteiden mukaan ylläpitää rakennuksen eri tiloissa niiden käytön, sekä rakenteiden vaatimat olosuhteet. Mikäli palvelurakennuksen yhteisissä tiloissa on vain muutama henkilö työskentelemässä iltaisin tai öisin, ilmanvaihdon määrä olisi järkevää pienentää vastaamaan sen hetkistä tarvetta.

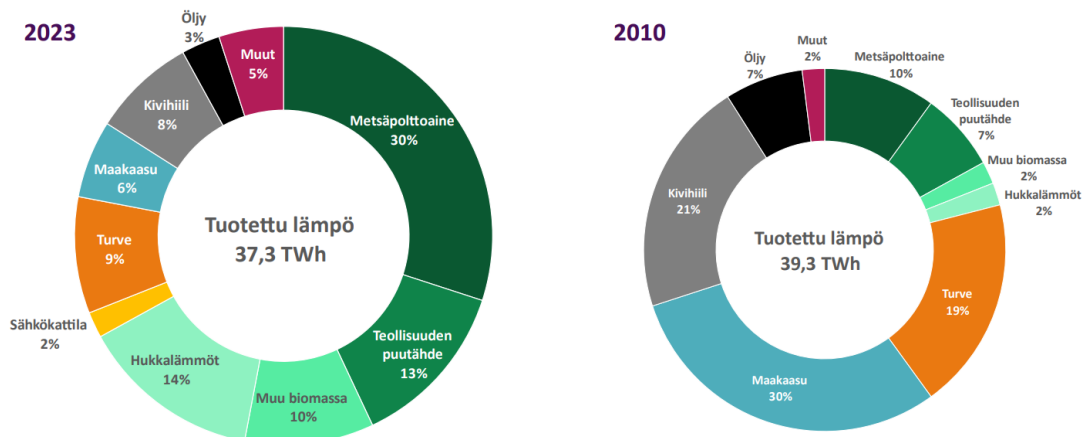
Säätämällä ilmavirtaa portaattomasti vastaamaan ilmastointitarvetta voidaan merkittävästi vähentää puhaltimen moottorin sähkönkulutusta ja samalla ilmanvaihdon lämmitysenergian tarvetta. Ilmanvaihtopuhaltimen moottorin kierroslukua voidaan säädellä taajuusmuuttajan avulla, joka saa ohjaussignaalin kiinteistöautomaatiojärjestelmästä esimerkiksi mittaamalla ilman hiilidioksidipitoisuutta (CO₂-säätö) tai lämpötilaa. CO₂-säädön ja taajuusmuuttajakäytön avulla saavutettavat säästöt vaihtelevat tilanteittain, mutta keskimäärin arvioidaan sähkönkulutuksen vähenevän 20–30 % ja investoinnin takaisinmaksuajan olevan 1–3 vuotta. Taajuusmuuttajan asentaminen olemassa olevaan järjestelmään on usein kannattavaa ja suhteellisen vaivatonta. (Vehosmaa, 2008, 18.)

Rakennuksen sisälämpötilaan voidaan vaikuttaa myös rakennuksen ulkopuolisin keinoin. Kesäaikaan lisäjäähdityksen tarvetta auringon lämpösäteilyä vastaan on tehokkainta torjua ikkunan ulkopuolella tai mahdollisimman lähellä sen ulkopintaa olevilla suojauskeinoilla kuten auringonsuojalaseilla, kaihtimilla, markiiseilla tai säleillä. Sisäpuolisilla suojauskeinoilla kuten sälekaihtimilla tai rullaverhoilla ei voida estää huonetilan lämpiämistä kovin tehokkaasti, sillä lämpösäteily on jo päässyt sisätiloihin. Sisäpuolisten suojien avulla vain osa lämmöstä voidaan heijastaa ulos (Holopainen ym., 2007).

VTT:n tiedote 2377 sisälsi tutkimuksen, jossa toimistorakennuksen jäähdytysenergian tarpeen pienentämispotentiaalia arvioitiin sekä laskemalla valaistuksen tehotasoa että neljällä eri auringonsuojausmenetelmällä: kaksi auringonsuojalasi vaihtoehtoa eri kokonaisläpäisykertoimilla ($g = 0,44$ ja $g = 0,21$), sälekaihtimet ja markiisit. Tulosten mukaan rakennuksen vuotuinen jäähdytystehon tarve väheni, valaistuksen tehotason laskemisen ohella, auringonsuojalaseilla 44 % ($g = 0,44$) ja 69 % ($g = 0,21$), sälekaihtimilla 56 % ja markiiseilla 71 %. (Holopainen ym., 2007, 98.)

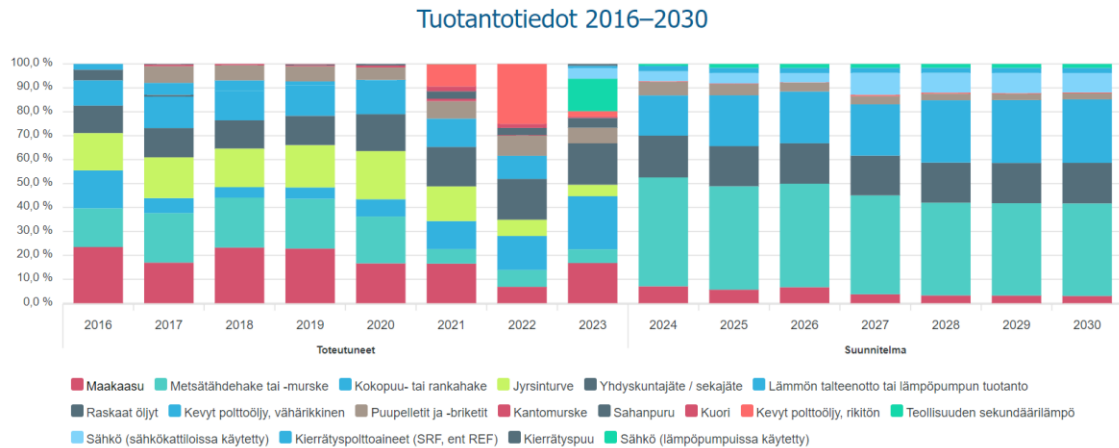
2.2.5 Kaukolämpö, sähkö ja itse tuotettu energia

Energiantuotannon kuten sähkön ja lämmön CO₂e-päästöillä on huomattava vaikutus päästöihin (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä). Kiinteistöjen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää hankkimalla vähäpäästöistä kaukolämpöä tai sähköä. Yleensä nämä uusiutuvilla tuotantomuodoilla tuotetut kaukolämpö- ja sähkötuotteet ovat hieman kalliimpia kuin tuote, joka ei ole tuotettu uusiutuvilla energiamuodoilla. Kaukolämmöllä lämmitetyn rakennuksen käytönaikainen hiilijalanjälki riippuu paljon siitä, mitä polttoainetta alueen kaukolämpöyhtiö käyttää kaukolämmön tuotannossa. Kaukolämmön tuotannossa uusiutuvien osuus on kasvanut 19 prosentista 53 prosenttiin ja hukkalämpöjen osuus 2 prosentista 14 prosenttiin vuodesta 2010 vuoteen 2023 (kuva 3) (Energiateollisuus ry, 2024, 10).



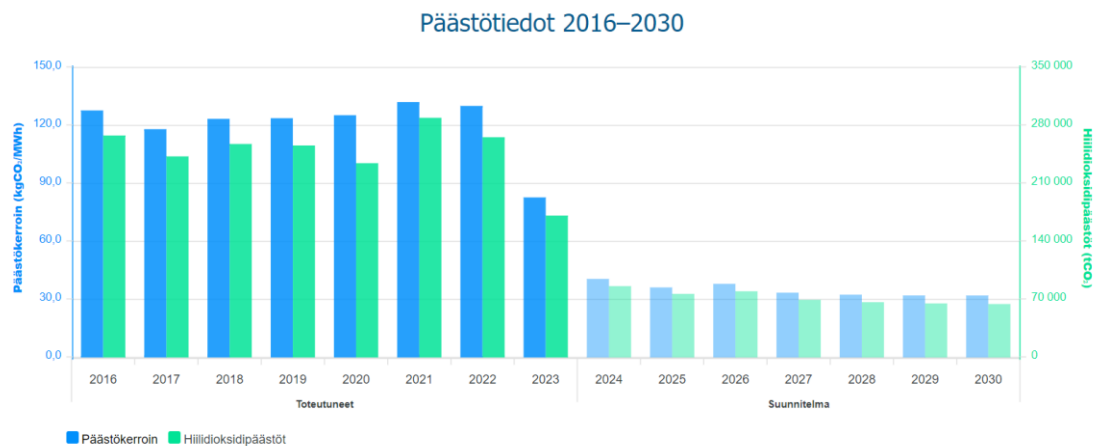
Kuva 3. Kaukolämmön tuotantomuotojen jakaumat vuonna 2010 ja 2023. (Energiateollisuus ry, 2024, 10).

Energian tuotantomuoto vaikuttaa hiilijalanjäljen laskennan päästökertoimeen, jolloin sillä on oleellinen vaikutus rakennusten käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen. Kun kaukolämpölaitokset käytettävät uusiutuvia energialähteitä polttoaineena, kuten puuta, haketta, pellettiä tai biokaasua, kaukolämmön ympäristövaikutukset vähenevät entisestään. Kuva (4) esittää Tampereen kaukolämmön tuotantomuotojen kehitystä vuosien 2016 ja 2030 välillä. Myös yhteistuotantolaitokset ovat tehokkaita, sillä ne tuottavat sekä sähköä että lämpöä, mikä lisää energian hyötysuhdetta ja vähentää kokonaispäästöjä. Kun energiantuotanto muuttuu vähäpäästöisemmäksi vaikuttaa se suoraan kiinteistöjen käytönaikaisiin päästöihin niitä pienentäen. Vaihtoehtona on myös ostaa vähäpäästöistä kaukolämpöä tai sähköä, jolloin rakennuksen käytönaikaisia CO₂e-päästöjä näiltä osin saadaan pienennettyä nopeammin.



Kuva 4. Tampereen kaukolämmön tuotantotiedot vuosina 2016–2023 ja suunnitelma vuosille 2024–2030. (Paikallisvoima klpäästölaskuri).

Verrattaessa Tampereen kaukolämmön tuotantomuotojen kehitystä (kuva 4) sekä kaukolämmön CO₂e-päästöjen kehitystä (kuva 5) voidaan todeta, että siirryttäessä fossiilista polttoaineista uusiutuvin on kaukolämmön CO₂e-päästöjä tarkoitus vähentää yli puolet vuoden 2022 tasosta jo vuoteen 2024. Energiayhtiöiden päästövähennys toimet vaikuttavat suoraan kiinteistöjen lämmityksen ja sähkön hiilijalanjälkeen sitä pienentäen.



Kuva 5 Tampereen kaukolämmön CO₂e-päästötiedot vuosilla 2016–2023 ja suunnitelma vuosille 2024–2030. (Paikallisvoima klpäästölaskuri).

Maailmanpoliittisten muutosten vuoksi aiemmat skenaariot energia- ja ilmastotoimille eivät enää ole luotettavia. Tällä hetkellä käynnissä olevan PEIKKO-hankkeen tarkoituksena on tuottaa uudet perusskenaariot, jotka tarjoavat olennaista taustatietoa poliittisen päätöksenteon tueksi, erityisesti kun pyritään arvioimaan tarvittavia lisätoimia kohti hiili-neutraalisuutta ja kestäväää energiataloutta. Tutkimushankkeen päämääränä on

kartoittaa kasviuonekaasupäästöjen ja energiataseiden kehityskulkuja vuoteen 2055 asti nykyisillä energia- ja ilmastopoliittisilla toimilla, eli perusskenaariona. (PEIKKO-hanke, n.d.)

Kiinteistökohtaisesti voidaan siirtyä myös vähäpäästöisempiin energialähteisiin, kuten vaihtamalla lämmitysjärjestelmä maalämpöön tai asentamalla aurinkopaneeleja. Valtakunnallisten ilmasto- ja energiasuunnitelmien mukaisesti sähkön ja lämmöntuotannon kasviuonekaasupäästöjen odotetaan vähenevän merkittävästi vuoteen 2035 mennessä (Kangas ym., 2020; Koljonen ym., 2021). Rakennuksen omalla tontilla tuotettu energia, joka hyödyntää uusiutuvia energialähteitä, vähentää tarvetta ostaa energiaa ja siten vähentää myös hiilidioksidipäästöjä (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä). Taulukossa (2) on esitetty esimerkkejä eri energiatuotantotapojen elinkaaren aikaisista CO₂e-päästöistä. Huomionarvoista on kuitenkin se, että uusiutuvien energialähteiden käyttö lisääntyessä energialaitosten tuotantomuodoissa myös perinteiset kaukolämpö- ja sähköverkot voivat yhä olla kannattavia vaihtoehtoja hiilijalanjäljen vähentämisen näkökulmasta. Käytännössä itsetuotetun energian suurimmat CO₂e-päästö vaikutukset kohdistuvat järjestelmän investointi hetkeen. Sekä aurinkopaneelien että maalämpöjärjestelmien käyttöikä on noin 25–30 vuotta.

Taulukko 2. Esimerkkejä rakennuksissa tai tontilla käytettävien tai tuotettavien eri energiatuotantotapojen elinkaaren CO₂e-päästöistä tuotettua kilowattituntia kohden. (RT 103170 Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä).

Energiamuoto	Päästöt keskimäärin
Sähköenergiantuotannon keskipäästöt	164 g CO ₂ e/kWh
Kaukolämmön keskipäästöt	183 g CO ₂ e/kWh
Maalämpö	80 g CO ₂ e/kWh
Puu/pelletti	30...100 g CO ₂ e/kWh
Aurinkolämpö	20 g CO ₂ e/kWh
Aurinkosähkö	40 g CO ₂ e/kWh
Tuuli	30 g CO ₂ e/kWh

Aurinkopaneelien ja –keräimien avulla kiinteistölle tuotettu sähkö ei lisää kiinteistön CO₂e-päästöjä, muutoin kuin hankinnan ja korjausten tai uusimisien osalta. Kiinteistöllä sijaitsevan aurinkovoiman tuotannon hyöty asiakkaalle on suurempi kuin sähkön markkinahinnan vaikutus. Johtuen siitä, että asiakas voi omalla tuotannollaan säästää myös sähköveron ja siirtomaksun energiaosuuden. Kuitenkin aurinkosähkön tuotantoa tulisi

pystyä ohjaamaan sähkön markkinahintojen tai verkon kuormituksen mukaan, jotta sähköjärjestelmään kohdistuvia haittoja voitaisiin välttää. Aurinkopaneelien tuotannon pois kytkeminen ei ole asiakkaalle kannattavaa, jos hänellä on sähkönkulutusta. Korkea sähkövero ja siirtomaksun energiamaksu kannustavat asiakkaita investoimaan aurinkopaneeliin. Tulevaisuudessa pienjänniteasiakkailta siirretty sähköenergia saattaa lisääntyä erityisesti haja-asutusalueella, asiakkaiden investoimassa aurinkosähkön tuotantoon. (Forsman, ym. 2021, 126.)

2.3 Rakennusten ympäristövaikutusten ohjauskeinoja

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) tavoitteena on saavuttaa CO₂e-päästötön rakennuskanta viimeistään vuoteen 2050 mennessä. Jäsenvaltiot määrittelevät itse, mitä päästötön rakennus tarkoittaa sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Määritelmässä huomioidaan paikalliset olosuhteet, sisäilman laatuvaatimukset ja kustannustehokkuus. Direktiivin mukaiset päästöttömät rakennukset kuluttavat vähemmän energiaa kuin nykyiset lähes nollaenergiarakennukset. Niiden ei tulisi aiheuttaa CO₂e-päästöjä fossiilisista polttoaineista paikan päällä. Lisäksi rakennuksen käytönaikana syntyvien kasvihuonekaasujen määrän tulisi olla vähäinen tai niitä ei tulisi olla lainkaan. (Ympäristöministeriö, 2024). Rakennuskannan energiatehokkuutta edistetään myös energiatehokkuusdirektiivissä (EED), jolla säädetään EU- ja kansallisen tason energiatehokkuustavoitteista, kansallisesta energiansäästövelvoitteesta ja energiatehokkuuden edistämisen toimenpiteistä (Motiva Oy, 2023).

Molemmat niin EED kuin EPBD direktiivit ovat osa EU:n Fit for 55-pakettia, jonka tavoitteena on vähentää EU:n kasvihuonepäästöistä 55 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasoon verrattuna. EU:ssa rakennukset kuluttavat 40 % energiasta ja aiheuttavat 36 % kasvihuonekaasupäästöistä, joten niiden rooli ilmastotyössä on merkittävä. (Ympäristöministeriö, 2024). Tähän tarkoitukseen on laadittu kokonaisuus, joka sisältää useita keskenään yhteydessä olevia ehdotuksia. Näillä ehdotuksilla joko muutetaan voimassa olevia säädöksiä tai luodaan uusia aloitteita talouden ja politiikan eri osa-alueilla. (Euroopan unionin neuvosto, 2023). Yhtenä tavoitteena on kannustaa kiinteistöjen omistajia peruskorjaamaan rakennuksiaan EU:ssa niin, että kaikki uudet rakennukset olisivat päästöttömiä vuoteen 2030 mennessä sekä vuoteen 2050 mennessä kaikki olemassa olevat rakennukset, tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta, olisivat päästöttömiä. (Euroopan unionin neuvosto, 2023).

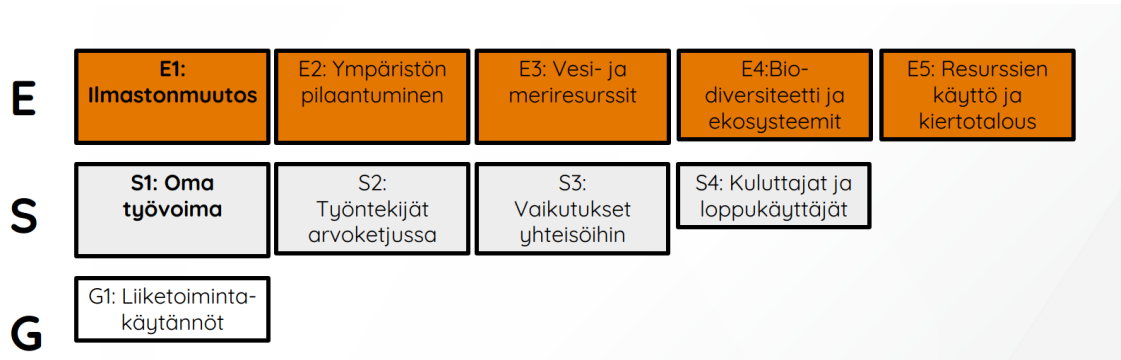
Uusiutuvan energian direktiivin (RED II ja RED III) tavoitteena on edistää uusiutuvien energianlähteiden käyttöä sähköntuotannossa, lämmityksessä, jäähdytyksessä ja liikenteessä. Direktiivin mukaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus on oltava vähintään 32 prosenttia unionin energian kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030. Direktiivissä säädetään muun muassa uusiutuvan sähkön taloudellisesta tukemisesta, jäsenmaiden välisestä alueellisesta yhteistyöstä ja alkuperätakuista. Direktiivi sisältää myös kestävyyskriteerit, jotka koskevat energiantuotannossa käytettävää biomassaa. (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.). Energiayhtiön myydessä loppukuluttajalle vähäpäästöistä energiaa, todennetaan se uusiutuvaksi Energiaviraston myöntämien alkuperätakuiden avulla. Lämmön alkuperätakuista voidaan myöntää RED II-direktiivin (Renewable energy directive) mukaisesti uusiutuvista energianlähteistä tuotetulle lämmölle. RED II -direktiivin mukainen kansallinen laki energian alkuperätakuista tuli voimaan 3.12.2021. (Energiavirasto, 2022.)

Suomessa asumisen energiankulutusta ohjataan rakentamismääräyksillä, jotka asettavat energiatehokkuusvaatimuksia sekä uusille että remontoitaville rakennuksille. Koska uusien rakennusten on jo oltava lähes nollaenergiarakennuksia aiempien säädösten mukaisesti, ohjauksen painopiste on siirtymässä vanhojen rakennusten peruskorjauksiin. Hallituksen esitys uudeksi rakentamislainsiksi tukee tätä ohjausta vaatimalla rakennushankkeilta ilmastoselvityksiä ja hiilijalanjäljen raja-arvojen noudattamista sekä luomalla yhteisen tietolustan (HE 140/2022, 2022). Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa on useita aloitteita ja eräs niistä on komission ehdotus kiristää rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä niin, että energiatehokkuudeltaan heikoimmat 15 % asuinrakennuksista parannetaan energiatehokkuustodistuksen luokasta G vähintään luokkaan F vuoteen 2030 mennessä (EU, 2021b). Suomen hallitus kuitenkin katsoo, että pakollisten korjausten sijaan tulisi edistää korjauksia kansallisella rakennusten perusparannussuunnitelmalla. (Valtioneuvosto, 2023, 58).

2.4 Kestävyysraportointi CSRD

Yritysten, jotka raportoivat CSRD vaatimusten mukaisesti tulee raportoida ympäristö-, sosiaalisista ja hallinnollisista (ESG) osa-alueista (Kalliokoski Sanna, Edu House Oy, Kestävyysraportointidirektiivi (CSRD). Kuvassa (6) on esitetty ESG:n mukaisesti raportoinnin eri osa-alueet aiheittain. Nämä kestävyysraportointiin liittyvät ESRS-standardit ovat E1-5, jotka ohjaavat ympäristökestävyys raportointia, S1-4 ohjaavat sosiaalista

kestävyys raportointia ja G1, joka ohjaa liiketoiminnan kestävyys raportointia (Komission delegoitu asetus (EU) 2023/2772, 27).

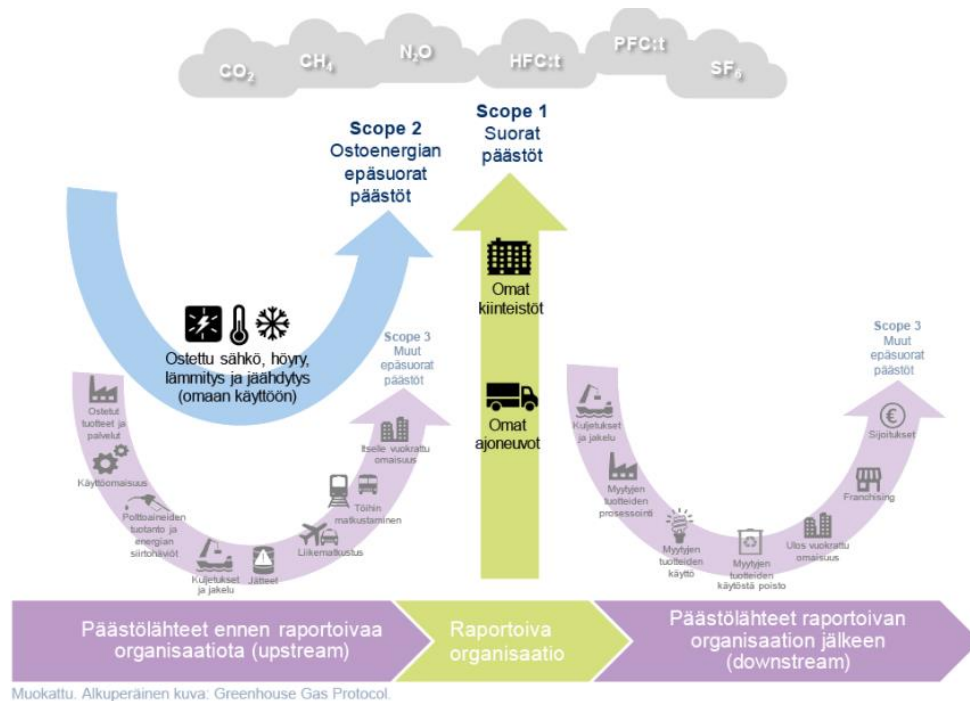


Kuva 6. ESG mukaiset raportoinnin osa-alueet. (Kalliokoski Sanna, Edu House Oy, Kestävyysraportointidirektiivi (CSRD)).

Ilmastonmuutosta käsittelevässä ESRS E1 -standardissa esitetään lisäksi yhdeksän eri raportointivaatimusta (E1-1...E1-9) sekä kolme ESRS 2 -standardiin linkittyvää raportointivaatimusta, joita ei ole erikseen numeroitu. Ensimmäinen raportointivaatimus (E1-1) käsittelee ilmastonmuutoksen hillitsemiseen liittyvän siirtymäsuunnitelman toteuttamista. Seuraavat vaatimukset (E1-2 ja E1-3) käsittelevät yrityksen strategisia toimintatapoja, toimenpiteitä sekä resursseja, jotka liittyvät ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja sopeutumiseen. Vaatimus E1-4 koskee ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja sopeutumiseen asetettuja tavoitteita ja vaatimus E1-5 käsittelee energiankulutusta ja energian jakamaa. Päästöjen laskennan näkökulmasta tärkein vaatimus on E1-6, joka kattaa yrityksen kaikki päästöt (scope 1, 2 ja 3) sekä kasvihuonekaasupäästöt. Vaatimus E1-7 käsittelee projekteja, joiden tavoitteena on hiilen sitominen ja kasvihuonekaasujen vähentäminen myymällä päästövähennysyksiköitä ja E1-8 koskee sisäistä hiilenhinnoittelua. Vaatimus E1-9 liittyy ilmastoon liittyvien riskien ja mahdollisuuksien taloudellisiin vaikutuksiin. (OpenCO2net, n.d.) ESRS E1 standardin osa-alueen tavoitteen saavuttamiseksi yrityksen on esitettävä hallintotapaan, strategiaan, vaikutuksien, riskien ja mahdollisuuksien hallintaan sekä mittareihin ja tavoitteisiin liittyvät tiedot (ESG Palvelu, 2023). Lisäksi yrityksen on annettava yksityiskohtainen selvitys, siitä miksi ilmastonmuutos ei ole yrityksen raportoinnissa olennaista, jos se aikoo jättää huomiotta ESRS E1 standardin raportoinnistaan. (Komission delegoitu asetus (EU) 2023/2772, 37). CSRD kestävyysraportointia toteutetaan vuosittain.

2.5 GHG-Protokolla

GHG-protokolla (Greenhouse Gas Protocol) on kehitetty kasvihuonekaasujen, kuten hiidioksidin ympäristövaikutusten arvioimiseen mahdollistaen yhteisöjen ja yritysten omien kasvihuonekaasuinventaarien laatimisen (Salovaara 2014, 19). GHG-protokolla on yksi suosituimmista menetelmistä kasvihuonekaasujen laskemiseen soveltuen hyvin organisaatioiden ja yritysten käyttöön. Kasvihuonekaasujen raportointivaatimukset perustuvat GHG-protokolla standardeihin (OpenCO2net, n.d.). Standardit sisältävät scoup 1, scoup 2 ja scoup 3 ryhmät. Scope 1- ja scope 2-päästöt syntyvät suoraan yrityksen omasta toiminnasta ja ovat siten suhteellisen vaivaton laskea, kun taas epäsuorat scope 3-päästöt syntyvät lähteistä, joihin yrityksillä itsellään on vähemmän vaikutusvaltaa, mikä tekee niiden laskemisesta vaativampaa (kuva 7). (GreenCarbon, n.d.) Yrityksen on määriteltävä scope 1, scope 2 ja scope 3-päästönsä, kokonaispäästönsä sekä kasvihuonekaasupäästöjen määrä suhteessa liikevaihtoon (ESRS E1 Climate change, 11).



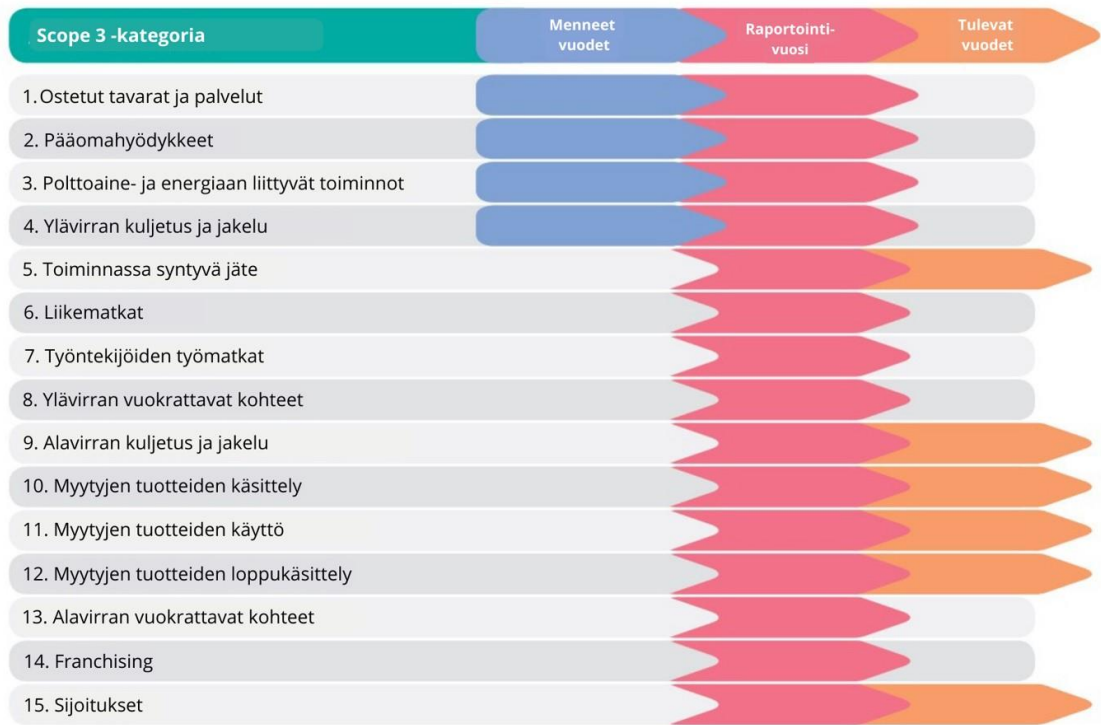
Kuva 7. GHG - Protokollaan mukaan Scope 1, 2 ja 3. (Keskuskauppakamari, alkuperäinen kuva Greenhouse Gas Protocol)

GHG-protokollan laskentamenetelmän mukaan scope 1 luokka sisältää yrityksen tuottamat suorat CO₂e-päästöt. Tässä luokassa yritykset ilmoittavat omistamiensa lähteiden aiheuttamat kasvihuonepäästöt tai ne CO₂e-päästöt, joita ne hallinnoivat. Scope 1 luokkaan kuuluvia CO₂e-päästöjä syntyy myös silloin kun polttoaineita kuluu yrityksen omistamissa tai hallinnoimissa liikkuvissa lähteissä, kuten autoissa (A Corporate Accounting and Reporting Standard, n.d., 27). Scope 1 luokkaan kuuluvat palvelurakennuksen käytön aikana syntyvät suorat kasvihuonekaasupäästöt voivat pääasiassa syntyä

materiaalien, tuotteiden tai henkilöiden kuljetuksesta yrityksen omistamissa tai hallinnoimissa kulkuvälineissä.

Scope 2 luokka sisältää epäsuorat CO₂e-päästöt, jotka syntyvät ostetun energian kuten sähkön, höyryn tai lämmön tai jäähdytyksen tuotannosta (Accounting and reporting of financed GHG emissions from real estate operations, 2022, 16–17). GHG-protokolla määrittelee kaksi laskentamenetelmää scope 2-päästöjen arvioimiseksi: Sijaintiperusteinen menetelmä mittaa scope 2-kasvihuonepäästöt keskimääräisten CO₂e-päästöjen perusteella, joissa energiankulutus tapahtuu. Markkinaperusteinen menetelmä määrittelee scope 2-kasvihuonekaasupäästöt tuottajien perusteella, joilta yhteisö ostaa energiaa. Markkinaperusteinen lähestymistapa heijastaa yhteisön valintoja energiantuottajien suhteen, tarjoten mekanismin uusiutuvan energian ostojen huomioimiseksi ja CO₂e-päästöjen vähentämiseksi. Päästökertoimia (EF) määritellään yleensä kansallisten rajojen perusteella, mutta ne voivat myös perustua paikallisiin tai jopa kansainvälisiin rajoihin. (Accounting and reporting of financed GHG emissions from real estate operations, 2022, 16–17). CSRD kestävyysraportointiin ostoenergiaan liittyvät scope 2- päästöt on laskettava sekä sijainti- että markkinaperusteisesti (OpenCO2net, n.d.).

Scope 3 luokka käsittää kaikki muut epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt paitsi ne, jotka liittyvät ostettuun energiaan. Nämä CO₂e-päästöt ovat seurausta organisaation toiminnasta, mutta ne syntyvät muiden organisaatioiden omistamista tai hallitsemista kasvihuonekaasupäästölähteistä. Scope 3 -päästöjen määrittely voi olla laaja riippuen raportointitavoitteesta ja ne voivat kattaa arvoketjun eri vaiheiden alku- ja loppupään CO₂e-päästöt. (Accounting and reporting of financed GHG emissions from real estate operations, 2022, 17.) Scope 3 -luokka on jaettu kahdeksaan alkutuotannon ja seitsemään lopputuotannon päästökategoriaan eli yhteensä 15 eri kategoriaan. Kuva (8) esittää näiden kategorioiden vähimmäisvaatimus raportointirajat. Yritykset voivat keskittyä valitsemaan itselleen merkittävimmät kategoriat ja paneutua vai niiden CO₂e-päästöjen selvittämiseen. Tärkeimmät toiminnot sisältyvät laskentaan, mutta yritysten ei tarvitse laskea jokaista CO₂e-päästöä yksityiskohtaisesti. Yritykset voivat lisätä valinnaisia toimintoja kuhunkin kategoriaan tai jättää pois ne scope 3 toiminnot, jotka alittavat minimirajat, kun niiden pois jättäminen raportoidaan ja perustellaan (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, n.d.)



Kuva 8. Scope 3:n 15 eri kategoriala ja minimiraportointi rajat. (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 33)

Yritysten tulee pyrkiä kattavuuteen laskelmissaan, mutta kaikkien scope 3-päästöjen täydellinen laskeminen ei aina silti ole mahdollista. Tämä voi johtua siitä, että tietyt päästökategoriat eivät ole relevantteja yrityksen toiminnalle. Tällaisissa tilanteissa raportissa tulisi ilmoittaa CO₂e-päästö joko nollapäästökseksi tai se ettei päästö ole merkittävä. Jos yrityksen alustavien arvioiden mukaan osa scope 3-toimintojen CO₂e-päästöistä ovat vähäisiä verrattuna muihin päästöihin ja tiedonkeruu sekä CO₂e-päästöjen vähentäminen ovat haasteellisia, voidaan nämä toiminnot jättää raportin ulkopuolelle. Nämä pois jätetyt toiminnot tulee ilmoittaa ja perustella raportissa. (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 2011, 60.)

Kiinteistöliiketoiminnassa kuten kiinteistöjen omistamisessa ja vuokraamisessa tulee ainakin huomioidavaksi kategoria 1: ostetut tuotteet ja palvelut, kategoria 2: rakennuttaminen ja rakentaminen, kategoria 5: jätteet ja jätevesi ja kategoria 15: investoinnit ja sijoitukset. Näiden lisäksi kategoriassa 8 ilmoitetaan raportoivan yrityksen vuokraamien omaisuususerien käyttö, jotka eivät sisälly scope 1 ja scope 2, ja jotka raportoitaisiin vuokranantajan toimesta. Vähimmäisvaatimuksena on raportoida vuokralaisten käyttäessä vuokraamiaan omaisuususeriä ja siitä syntyvät vuokranantajien scope 1 ja scope 2 CO₂e-päästöt, esimerkiksi energian käytöstä. Elinkaaripäästöjen raportointi, jotka liittyvät vuokrattavien omaisuususerien valmistukseen tai rakentamiseen, on valinnainen. (Technical

Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 7–10.) Yritysten tulisi kerätä scope 1 ja scope 2 CO₂e-päästötiedot tai toimintatietoja omaisuuskohtaisista polttoaineiden käytöstä sekä sähkön, höyryn, lämmön ja jäähdytyksen käytöstä sekä tarvittaessa toimintatietoja liittyen ei-polttoainepohjaisiin CO₂e-päästöihin eli teollisuusprosessien tai karkkaiden CO₂e-päästöjen osalta (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 95)

Yritykset, jotka vuokraavat osan rakennuksesta (esim. toimistorakennus), jossa energiankulutusta ei seurata erillisellä mittarilla vuokralaisen toimesta, voivat arvioida kulutetun energian käyttäen raportoivan yrityksen osuutta rakennuksen kokonaispinta-alasta ja kokonaisenergiankulutuksesta seuraavasti kaavalla (2) (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 97):

Kaava 2:

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiankulutus vuokratiloissa (kWh)} \\
 & = \text{raportitavan yrityksen pinta} \\
 & \quad - \text{ala} \frac{m^2}{\text{rakennuksen kokonaispinta} - \text{ala (m}^2\text{)}} \\
 & \times \text{rakennuksen käyttöaste} \\
 & \times \text{rakennuksen kokonaisenergiankulutus (kWh)}
 \end{aligned}$$

Kategoriassa 8 siis seurataan yrityksen vuokraaman tai liisaaman omaisuuden käytöstä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Tähän kategoriaan sisältyvät esimerkiksi vuokra-asunnot, ajoneuvot ja työkoneet, jotka voivat aiheuttaa sekä scope 1- että scope 2-päästöjä. Huomionarvoista on, ettei samoja CO₂e-päästöjä lasketa uudelleen, jos ne on jo sisällytetty yrityksen omiin scope 1- ja scope 2-päästöihin. Lisäksi laskentakertoimen valinnassa on otettava huomioon, että tarkastellaan suoria CO₂e-päästöjä. (Kainulainen, 2023, 28.)

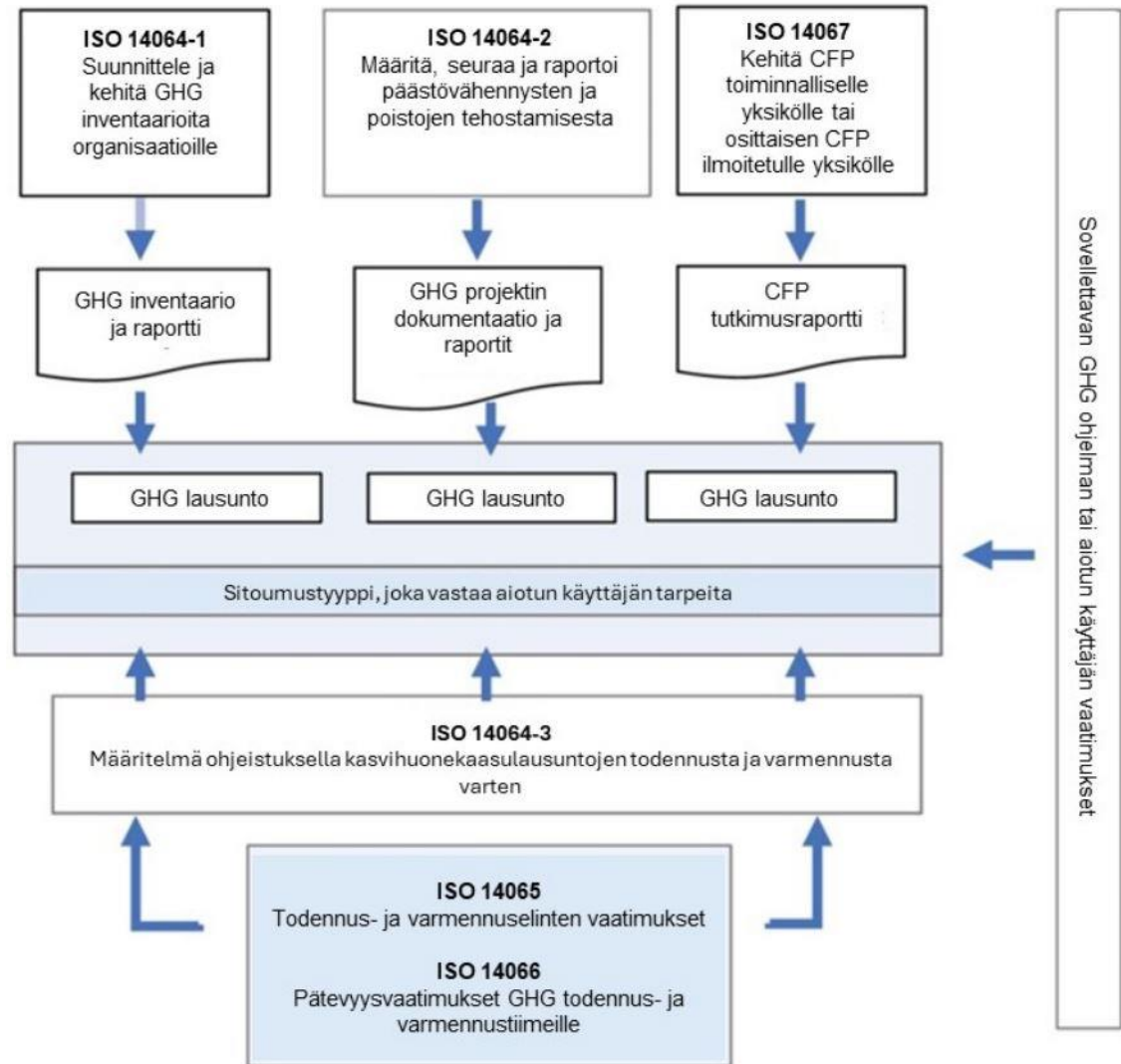
Kategoria 13 sisältää raportoivan yrityksen omistamien omaisuuserien käytön ja vuokrauksen muille organisaatioille, jotka eivät sisälly scope 1 ja scope 2, jolloin ne raportoitaisiin vuokranantajan toimesta. Vähimmäisvaatimuksena on raportoida vuokralaisten scope 1 ja scope 2 CO₂e-päästöt, jotka syntyvät vuokrattujen omaisuuserien käytön aikana esimerkiksi energian käytöstä. Halutessaan raportoiva yritys voi raportoida ne elinkaaripäästöt, jotka liittyvät vuokrattavien omaisuuserien valmistukseen tai rakentamiseen, mutta tämä ei ole pakollista. (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 7–10.) Ulos vuokratun omaisuuden CO₂e-päästöt lasketaan siis samalla tavalla kuin

kategoria 8, joka koskee vuokrattua omaisuutta. Erotuksena näiden kahden kategorian välillä on se, että tässä tapauksessa yritys ei aiheuta itse suoria CO₂e-päästöjä, sillä se vuokraa omia resurssejaan muille. Vuokratuista resursseista kuitenkin lasketaan niiden käytöstä aiheutuvat CO₂e-päästöt, joko tarkkojen käyttötietojen perusteella tai arvioimalla esimerkiksi vuokrattavan kohteen sähkön ja lämmön kulutusta tai polttoaineen käyttöä. (Kainulainen, 2023, 32.)

2.6 ISO 14064 -standardi

ISO 14000 -standardisarja edistää kestävästä kehitystä niin ekologisten kuin taloudellisten näkökulmien kautta. Siihen kuuluu ISO 14064- standardiperhe (International Organization for Standardization), joka tarjoaa ohjeita kasvihuonekaasupäästöjen inventaariomiseksi, raportoimiseksi, tarkastamiseksi ja vahvistamiseksi. Kuva (9) esittää kuinka organisaatiot tuottavat erilaisia kasvihuonekaasuihin liittyviä raportteja ja ilmoituksia näiden eri standardien mukaisesti. ISO 14064-1 auttaa organisaatioita suunnittelemaan ja kehittämään kasvihuonekaasuinventaarioita, joiden tuloksena syntyy raportti ja kasvihuonekaasuilmoitus. ISO 14064-2 ohjaa päästövähennysten ja poistojen tehostamisen määrittämistä, seuraamista ja raportointia ja tuottaa dokumentaation ja kasvihuonekaasuilmoituksen. ISO 14064-3 antaa ohjeita kasvihuonekaasuilmoitusten todentamiseen ja vahvistamiseen, varmistaen ilmoitusten luotettavuuden. (ISO 14064-3:2019).

ISO 14067 keskittyy hiilijalanjäljen laskemiseen joko toiminnallisen yksikön tai osittaisen hiilijalanjäljen mukaan ja tuottaa tutkimusraportin sekä kasvihuonekaasuilmoituksen. Lisäksi ISO 14065 määrittelee vaatimukset validointi- ja todentamislaitoksille ja ISO 14066 asettaa pätevyysvaatimukset kasvihuonekaasujen validointi- ja todentamistiimeille. Näiden standardien avulla organisaatiot voivat tehokkaasti hallita kasvihuonekaasupäästöjään ja edistää kestävästä kehitystä. (ISO 14064-3:2019).



Kuva 9. Suhteet ISO 14060 -kasviuonekaasustandardien välillä. (ISO 14064-3:2019)

ISO 14064 -kasviuonekaasuinventaaristandardi antaa ohjeita, mutta se ei ole itsessään laskentastandardi eikä siten tarjoa yksityiskohtaisia laskentaohjeita kuten GHG-protokolla. Sekä ISO 14064 että GHG-protokollaa voidaan käyttää rinnakkain kasviuonekaasupäästöjen laskennassa, missä ISO 14064 antaa suuntaviivat ja GHG-protokolla tarjoaa tarkat laskentaohjeet. (Salovaara 2014, 19.)

3. TUTKIMUSMETODIIKKA

3.1 Tutkimusmenetelmä

Tässä tutkimuksessa tutkimusmenetelmänä oli laskennallinen case tutkimusmenetelmä. Yin (1983, 23) määrittelee case- eli tapaustutkimuksen empiiriseksi tutkimukseksi, joka hyödyntää monipuolisesti ja monilla eri tavoilla kerättyä tietoa. Tämä tutkimusmenetelmä keskittyy myös tarkastelemaan tiettyä nykyistä tapahtumaa tietyssä rajatussa ympäristössä. (Yin, 1983.) Case-tutkimus pyrkii syventymään tarkkaan määriteltyyn kohteeseen laajan muuttujamäärän kautta. Tämän tutkimusmenetelmän avulla kerättiin taustatietoa ja paljastettiin eri tekijöitä, prosesseja ja vuorovaikutussuhteita, joihin voidaan keskittyä tarkemmin muilla tutkimusmenetelmillä. Case-tutkimuksia käytetään usein valmisteltaessa jatkotutkimuksia samasta aiheesta, tosin sen rajoituksena on sen kapea-alaisuus, sillä tulokset eivät välttämättä ole yleistettävissä, sillä ne keskittyvät tiettyyn kohteeseen. Tutkimuskohteen valinta tapahtuu usein sen herättämän mielenkiinnon perusteella, mikä voi rajoittaa yleistettävyyttä. (Anttila, n.d.)

Aineistokeruuna toteutettiin Tukena-säätiön omistamien palvelurakennuksien kiinteistöhuolloille kyselytutkimus Liite A, jonka tarkoituksena oli saada tietoa kiinteistöhuoltojen tuottamista CO₂e-päästöistä liittyen kyseisen palvelurakennuksen ja kiinteistön ylläpitoon. Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin tutkimukseen valittujen kolmen case-kohteen kiinteistöhuoltoyritysten vastauksia. Kyselyaineiston kokoamisen peruslähtökohtana on, että vastaajat ovat rehellisiä, vastaukset voidaan kerätä tarkasti ja luotettavasti, ja kysely tapahtuu lomakkeen avulla, joka sisältää tietyn määrän kysymyksiä (Anttila, n.d.). Aineistoa kerättiin myös palvelurakennusten sähkön-, lämmityksen- ja veden kulutustiedoista, jätehuoltoyhtiöiltä jätelajikkeittain jätemäärien osalta sekä yhteistyökumppaneiden ja teknisen isännöinnin työmatkojen polttoainekulutuksesta case-kohteille aiheutuvista CO₂e-päästöistä. VTS-kotien case-kohteista saatiin vertailua varten kiinteistökohtaisesti tiedot sähkön- lämmityksen- ja veden kulutustiedoista sekä jätelajikkeittain jätepainojen osalta.

Rakennuksen käytönaikaisen hiilijalanjäljen suuruuteen olevista vaikutusmahdollisuuksista etsittiin tietoa kirjallisuudesta, tutkimuksista ja eri organisaatioiden internet sivuilta. Diplomityön toteutus vaati myös GHG-protokollan mukaiseen laskentamenetelmään ja GHG-standardeihin perehtymistä.

3.2 Tutkimusaineisto

Alustavia tietoja kerätessä oli tärkeää määrittää laskennan tavoitteet ja rajaukset. Käytännössä tämä tarkoitti päätöstä siitä, mitkä päästöluokat haluttiin sisällyttää laskelmaan. Laskelmassa huomioitiin vain ne päästökategoriat, joihin yritys uskoo voivansa vaikuttaa, tai jolla se voi luoda laajemman inventaarion viestintätarkoituksia varten. (Kainulainen, 2023, 9.)

Tässä tutkimuksessa päästötietoja kerättiin kahdella eri menetelmällä. Hybridimenetelmällä yhdistettiin toimittajakohtaiset tiedot ja toissijaiset tiedot, joilla täytettiin puuttuvia tietoja. Keskimääräistietomenetelmällä arvioitiin CO₂e-päästöt keräämällä tietoa ostettujen tavaroiden tai palveluiden massasta ja soveltamalla toissijaisia päästökertoimia. (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 21.) Tässä tutkimuksessa kerättiin tiedot hyödyntämällä hybridimenetelmää sekä kiinteistöhuoltojen, työmatkaliikkumisen ja jätteiden osalta käytettiin keskimääräistietomenetelmää.

Tutkimuksessa huomioitiin rakennuksien käytön aikaisista CO₂e-päästöistä vuoden 2023 ajalta scoup 2 luokasta kaukolämmön- ja sähkönkulutuksen CO₂e-päästöt. Päästökerroimet kaukolämmön osalta olivat vuosien 2021–2022 ilmoitettujen tietojen mukaisia. Scope 3 -päästötietojen kerääminen vaati laajempaa työtä verrattuna scope 1 - ja scope 2 - luokkien päästötietojen hankintaan. Kun oli määritetty toiminnot, jotka haluttiin huomioida scope 3:sta, oli seuraavana vaiheena kerätä tarvittava määrä tietoa laskennan suorittamiseksi. Tämä vaati aikaa ja yhteistyötä ulkopuolisten kumppaneiden ja toimittajien kanssa. Case-kohteiden kaukolämmön CO₂e-päästöissä ei ole huomioitu kaukolämpö verkon häviöprosenttia.

Scoup 3 osalta huomiottiin kategoriasta 1 kylmän veden ja kiinteistön ylläpidosta kiinteistöhuollon polttoaineiden ja hiekoitussepin aiheuttamat CO₂e-päästöt sekä teknisen isännöinnin ja rakennuksille teknisille järjestelmille määräaikaistarkastuksia tekevän yrityksen työmatkaliikkumisesta case kohteisiin aiheutuvat CO₂e-päästöt. Laskennan ulkopuolelle jätettiin muutamien ostettujen palvelujen työmatkaliikkumisesta sekä laitehankinnoista aiheutuvat CO₂e-päästöt, sillä ne vaihtelevat paljon vuosittain. Tässä työssä ei laskettu kiinteistöhuoltojen huoltotyöajojen tonnikilometrien avulla syntyvää CO₂e-päästöä, sillä hiekoitussepin painon oletettiin olevan vaikutukseltaan vähäinen eikä se lisäisi oleellisesti työkoneen massan painoa. Palvelurakennuksien CO₂e-päästölaskennassa ei huomioitu korjauksia, sillä ne vaihtelevat paljon vuosittain ja tarvittavien tietojen kerääminen olisi ollut haasteellista.

Palvelurakennusten kiinteistöhuoltoyhtiölle tehdyn kyselytutkimuksen (liite A), avulla saatiin tietoa kiinteistöhuollon tuottamista CO₂e-päästöistä liittyen kyseisen palvelurakennuksen ja kiinteistön ylläpitoon yhden vuoden ajalta. Taulukossa (3) on esitetty tutkimuksessa hyödynnetyt kiinteistöhuoltojen ilmoittamat vuoden aikaiset polttoainekulutukset työkoneittain sekä sepelin painomäärätiedot. Näiden annattelujen tietojen avulla määritettiin kiinteistöhuollon tuottamat CO₂e-päästöt case-kohteille. Hiekoitussepin osalta käytettiin yleistä sepelin CO₂e-päästökerrointa, eikä siinä ole huomioitu sepelin kierrätyksestä, eli pesusta ja kuljetuksesta, aiheutuvia CO₂e-päästöjä.

Taulukko 3. Kiinteistöhuoltojen vuoden aikaiset polttoainekulutus- ja sepelin määrätiedot sekä niiden tuottamat CO₂e-päästöt.

	Polttoaine	Palvelurakennus 1	Palvelurakennus 2	Palvelurakennus 3	yht. tCO ₂ e-ekv/a
		l/a	l/a	l/a	
Huoltoajoneuvo	diesel	8	20	76	0,34
Työkoneet	diesel	15	20	30	0,21
Pienkoneet	benssiini	50	5	89	0,41
Hiekotus ja auraus	diesel	60	15	252	1,06
yht. tCO ₂ e-ekv/a		0,41	0,19	1,41	
		kg/a	kg/a	kg/a	
Hiekoitussepeleli		7000	800	5000	
kgCO ₂ e-ekv/a		0,042	0,005	0,030	

Kiinteistöhuollon ajokilometrien osalta CO₂e-päästöt huomioitiin kiinteistölle ajettujen kilometrien osalta seuraavasti: siirryttäessä suoraan esimerkiksi toimistolta kiinteistölle, otettiin huomioon kaikki ajokilometrit. Toiselta kiinteistöltä tai toiselle kiinteistölle siirryttäessä otettiin huomioon puolet kilometreistä. Lisäksi otettiin huomioon ne kilometrit, joista on maksettu kilometrikorvauksia, kuten oman ajoneuvon käyttö. Tiedot pyydettiin erikseen huoltoajoneuvojen, työkoneiden ja pienkoneiden osalta. Hiekotukseen ja auraukseen käytetyt ajotunnit ja polttoainekulutus pyydettiin ilmoittamaan erikseen. Lisäksi pyydettiin ilmoittamaan se määrä, mitä hiekoitussepeleitä kyseiselle kiinteistölle kuluu vuosittain. (Ryhänen, 2022, 22–24.)

Kategoriassa 4, joka koskee ylävirran kuljetusta ja jakelua, raportoitaisiin ostettujen tuotteiden kuljetuksesta (tier 1 suora) toimittajalta raportoivaan yritykseen, niiden ajoneuvojen osalta, jotka eivät ole raportoivan yrityksen omistamia tai hallinnoimia. (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 20.) Tässä työssä kaikki tuotteiden kuljetuksesta, kuten hiekoitussepeleistä, aiheutuvat CO₂e-päästöt huomioitiin kategoriassa 1.

Kategoriasta 5 huomioitiin käytönaikaiset syntyvät jäteveden ja jätteiden CO₂e-päästöt, pois lukien jätteiden kuljetuksesta aiheutuvat päästöt, joita GHG-protolla ei velvoita laskemaan. Kategorian 2 rakennusten peruskorjaamisesta, kiinteistötekniikan tai laitteiden uusimisesta aiheutuvia CO₂e-päästöjä ei huomioitu tässä tutkimuksessa, sillä ne vaihtelevat paljon vuosittain. CO₂e-päästölaskentaa varten selvitettiin tarvittavat päästökertoimet eri lähteistä. Päästökertoimet (EF) lähteineen on esitetty liitteessä (B).

Tutkimuksessa hyödynnettiin kolmea palvelurakennus- sekä kahta asuinrakennus casekohdetta, joiden avulla tarkasteltiin rakennuksien käytönaikaista hiilijalanjälkeä. Taulukossa (4) on esitetty case-kohteiden rakennusten brutto pinta-alat sekä ne vertailun mahdollistavat tiedot, jotka saatiin kaikista rakennuksista. Asuinrakennusten osalta tarkastelussa on sähkö, kaukolämpö, vesi, jätevesi sekä jätteet. Sähkön kulutuksessa kuuluu palvelurakennuksissa kiinteistösähkön lisäksi asukassähkö, kun kerrostalossa ja luhtitaloissa sähkönkulutus koostui vain kiinteistösähköstä. Näiden lisäksi palvelurakennuksista kerättiin tietoa kiinteistöhuollon polttoainekulutuksesta sekä hiekoituksen aiheuttamista CO₂e-päästöistä sekä teknisen isännöinnin ja määräaikaistarkastuksia toteuttavan yrityksen työmatkaliikkumisesta aiheutuvista CO₂e-päästöistä palvelurakennus kohteisiin.

Taulukko 4: Case-kohteiden brutto pinta-alat, energian- ja veden kulutuslukemat sekä jätteiden painot yhden vuoden ajalta. Sähkön kulutukseen sisältyy palvelurakennuksissa kiinteistö- ja asukassähkö, kun kerrostalossa ja luhtilaoissa sähkönkulutus koostuu vain kiinteistösähköstä, jonka vuoksi sitä ei huomioitu vertailussa.

	palvelurakennus 1	palvelurakennus 2	palvelurakennus 3	kerrostalo	luhtitalot
brutto ala, [m ²]	1 188	1 049	1 136	4 926	3 157
sähkö [MWh]	86	72	64		
sähkö MWh/m ²	0,07	0,07	0,06		
kaukolämpö [MWh]	165	230	195	405	358
kaukolämpö MWh/m ²	0,14	0,22	0,17	0,08	0,11
vesi [m ³]	1 065	1 073	1 018	4 466	4 428
vesi m ³ /m ²	0,90	1,02	0,90	0,91	1,40
jätteet [kg]	8 746	11 238	7 969	27 000	23 000
jätteet kg /m ²	7,36	10,71	7,01	5,48	7,29

Case-kohteet palvelurakennusten osalta valittiin niin, että ne sijaitsivat eri paikkakunnilla, jotta saatiin huomioiduksi alueelliset sijainnin vaikutukset. Valinta perustui myös siihen, kuinka kattavasti kiinteistöhuoltoyhtiöltä saatiin tutkimusaineistoa varten tarvittavat tiedot. Jotta voitiin vertailla VTS-kotien asuinrakennuksien päästötietoja Tukena-säätiön palvelurakennuksien päästötietoihin, käytettiin niin luhtitalo- kuin kerrostalorakennuksien kaukolämmön päästölaskennassa jokaisen eri case-kohteen alueellisia kaukolämmön päästökertoimia. Kerrostalo ja luhtitalo case-kohteissa sähkön kulutustiedot sisältävät

vain kiinteistösähkön, sillä asukkailla on asuntokohtaisesti omat sähkö sopimukset, joiden kulutustietoja kiinteistön omistajalla ei ole. Palvelurakennuksissa sähkön kulutustiedot kattavat asukas- sekä kiinteistösähkön. Tästä syystä sähkönkulutusta ei vertailussa huomioida.

3.3 Aineiston analysointi

Rakennuksen käytönaikaisten CO₂e-päästöjen laskennassa hyödynnettiin soveltaen Kohtuuhintaisten vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajat - KOVA ry:n jäsenistölleen laatimaa GHG-protokollaan pohjautuvaa raportointipohjaa. CO₂e-päästöjen laskentaan käytettävä raportointipohja ja siihen liittyvä opas on tarkistettu A-Insinöörien toimesta ja se on julkaistu 4/2023. Laskenta tässä tutkimuksessa toteutettiin GHG-protokollan standardeja mukaillen.

3.3.1 Kaukolämpö ja sähkö (scoup 2)

CO₂e-päästöjen laskeminen perustuu energian (kWh) ja paikan päällä syntyvien muiden kasvihuonekaasujen muuntamiseen hiilidioksidiekvivalenttipäästöiksi (kgCO₂e). Tätä laskentaa varten tarvittiin emissiotekijöitä (EF), joita kutsutaan myös muuntokertoimiksi, hiilitekijöiksi tai polttoainetehokkuuskertoimiksi. EF:t ovat kertoimia, jotka liittyvät energian tai polttoaineen lähteeseen ja jotka ilmaistaan yleensä yksiköinä kg CO₂e/kWh tai kgCO₂e/m³ kaasua. (Accounting and reporting of financed GHG emissions from real estate operations, 2022, 19.) Tässä tutkimuksessa emissiotekijöitä kutsutaan päästökerroimiksi. Kaukolämmön CO₂e-päästöjen selvittämisessä käytettiin sijaintiperusteista menetelmää, jossa päästöt laskettiin alueen keskimääräisen päästökertoimen mukaan. Sähkön osalta käytettiin valtakunnallista keskiarvo päästökerrointa.

Rakennuksen lämmityksen kulutustietoihin perustuva hiilijalanjäljen laskentaa varten kerättiin energiakulutustiedot kaukolämpölaskujen vuosikulutustiedoista jokaisen rakennuksen kohdalta erikseen. Ominaispäästökertoimet hyödynjakomenetelmällä laskettuna haettiin sijaintiperusteisesti paikallisvoiman päästökerroinlaskurista. Paikallisoivan päästökerroin laskuri kokoaa eri energiayhtiöiden kaukolämmön tuotantomuotojen sekä päästöjen tiedot. Kertomalla vuoden energiakulutuskerrat energiayhtiöiltä saaduilla ominaispäästökertoimilla saatiin kiinteistökohtainen kaukolämmön hiilijalanjälki (kg CO₂e-ekv/a). Kaukolämmön ja sähkön hiilijalanjälki laskettiin kaavan (3) mukaisesti:

Kaava 3:

$$\text{Hiilijalanjälki (kg CO}_2\text{e – ekv/a)} = \text{vuosikulutus (MWh)} \times \text{ominaispäästökerroin (EF)} \left(\frac{\text{kg}}{\text{CO}_2\text{MWh}} \right)$$

Palvelurakennus case-kohteissa käytettiin uusiutuvista energiantuotannon lähteistä tuotettua sähköä, jolloin niistä ei muodostu CO₂e-päästöjä. Tässä työssä haluttiin kuitenkin arvioida kuinka paljon sähkönkulutus tuottaisi CO₂e-päästöjä palvelurakennuksissa, jos sähköä ei hankittaisi päästöttömänä tuotteena. Sähkönkulutuksen CO₂e-päästöjen arvioinnissa käytettiin valtakunnallisia keskiarvopäästökertoimia.

3.3.2 Jätteet, vesi ja jätevesi sekä ostetut palvelut (scoup 3)

Scoup 3 luokassa kategoria 1 sisältää yrityksen hankkimien tavaroiden ja palveluiden päästöt, jotka eivät sisälly kategorioihin 2–8. Vähimmäisrajana on sisällyttää laskentaan kaikkien hankittujen tavaroiden ja palveluiden ylävirtapäästöt eli päästöt tavaran ja palvelun syntyvaiheesta portille asti. (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 7–10.)

Veden (kategoria 1) ja jäteveden (kategoria 5) osalta kiinteistöistä kerättiin tiedot veden vuosikulutuksesta. Veden ja jäteveden päästökertoimien osalta käytetään Vesihuki-laskurissa ilmoitettuja valtakunnallisia keskiarvoja, sillä laskurissa tällä hetkellä ilmoitetut tarkemmat sijaintiperusteiset vesilaitoskohtaiset tiedot voivat olla puutteelliset. Tarkemmat primääritiedot veden CO₂e-päästökertoimista vaihtelevat alueittain. Primääritietojen käyttäminen päästölaskennassa antaisi todellisen tiedon veden käytön synnyttämistä päästöistä. Veden ja jäteveden CO₂e-päästöjen määrittämisessä käytettiin valtakunnallisia keskiarvo päästökertoimia, jossa veden tuotannolle ja jakelulle oli erikseen omat päästökertoimet sekä jäteveden siirrolle ja käsittelylle oli omat päästökertoimet. Kylmän veden hiilijalanjälki laskettiin siten kaavan (4) mukaisesti ja jäteveden hiilijalanjälki laskettiin kaavan (5) mukaisesti:

Kaava 4:

$$\text{Kylmän veden hiilijalanjälki (kg CO}_2\text{e – ekv/a)} = \text{vuosikulutus (m}^3\text{)} \times \text{jakelunpäästökerroin (EF)} (\text{kg/CO}_2\text{m}^3\text{)} + \text{tuotannon päästökerroin (EF)} \left(\frac{\text{kg}}{\text{CO}_2\text{m}^3} \right)$$

Kaava 5:

$$\text{Jäteveden hiilijalanjälki (kgCO}_2\text{e – ekv/a)} = \text{vuosikulutus (m}^3\text{)} \times \\ \text{siirron päästökerroin (EF)(kg/CO}_2\text{m}^3\text{)} + \text{käsittelyn päästökerroin (EF)}\left(\frac{\text{kg}}{\text{CO}_2\text{m}^3}\right)$$

Jätteiden (kategoria 5) tuottamien CO₂e-päästöjen selvittämiseen saatiin primääritiedot paikallisilta jätehuoltoyhtiöltä jätelajikkeittain, jotka sisälsivät vaihtelevasti tiedot jäteastioiden tilavuudesta, tyhjennys kerroista sekä riippuen jätehuoltoyhtiöstä jäteastian täyttöasteesta ja jätteiden painosta. Päästökertoimiin vaikuttaa se millaiset CO₂e-päästöt jätteiden loppukäsittelystä syntyy jätteenkäsittelylaitoksella. Kaikilla jätehuoltoyhtiöillä ei ollut vielä kerättyä tietoa jätteiden kuljetusten aiheuttamista CO₂e-päästöistä, eikä päästökertoimista jätelajikkeittain. Joten tässä työssä ei kerätty jätelajikkeiden päästökertoimia alueellisesti jätehuoltoyhtiöiltä tai jätteenkäsittelylaitoksilta, vaan hyödynnettiin Suomen ympäristökeskuksen hiilijalanjäljen laskentaa varten kehittämän työkalun, Y-hiilarin tietoja. Jätteiden kuljetusten CO₂e-päästöjä ei huomioitu, sillä kuljetuista kilometreistä tietoja ei ollut saatavilla. Koska alueellisia eroja päästökertoimiin ei syntynyt eikä kilometritietoja ollut mahdollista käyttää, olivat päästökertoimet jätelajikkeittain joka rakennuksen osalta samat.

Syväkeräysastioista jätteiden painomäärät saatiin pääsääntöisesti suoraan jätehuoltoyritykseltä, sillä syväkeräysastioissa suoritetaan yleensä punnitus tyhjennyksen yhteydessä. On kuitenkin mahdollista, ettei kaikkia jätelajikkeita punnita syväkeräysjäteastioiden osalta, sillä esimerkiksi palvelurakennus (1) kohdalla syväkeräysjäteastioista punnittiin keräyksen yhteydessä vain seka- sekä biojäte ja punnitsemattomien jäteastioiden kohdalla jätehuoltoyhtiön ilmoittamat painomäärät olivat vain arvioita siitä, mitä kunkin jätelajin ja astiakoon jäte keskimäärin voisi painaa. Niiden kerättävien jätteiden osalta, joista painomääriä ei ollut saatavilla, jätteiden painomäärät määritettiin Suomen kierto-voima ry:n raportissa annettujen jätteiden tilavuuspainojen mukaan (taulukko 5).

Taulukko 5. Jätelajien tilavuuspainot (kg/astia-m³) erityyppisissä ja -kokoisissa keräysvälineissä (KIVO, Suomen kiertovoima ry, 2019, 6).

Pinta-astia									
Astiatilavuus m ³	Sekajäte	Energiajäte	Biojäte	Metalli	Lasi	Kartonki	Pahvi	Paperi	Muovi
0.10	110		200	100	220	20	20	154	30
0.14			200	100	220	20	20	154	30
0.24	90	40	180	100	220	20	20	154	30
0.30				100	220	20	20	154	30
0.60	73	38	160	100	220	20	20	154	30
0.66	71		160	100	220	20	20	154	30
0.80	70	35	160	100	220	20	20	154	30
Pintasäillöt									
Astiatilavuus m ³	Sekajäte	Energiajäte	Biojäte	Metalli	Lasi	Kartonki	Pahvi	Paperi	Muovi
1.00	68	35	300	80	225	20	20	150	30
2.00	68	35	300	80	225	20	20	150	30
4.00	68	35	300	80	225	20	20	150	30
6.00	68	35	300	80	225	20	20	150	30
Syväkeräysväline									
Astiatilavuus m ³	Sekajäte	Energiajäte	Biojäte	Metalli	Lasi	Kartonki	Pahvi	Paperi	Muovi
0.5	73	35	625	60	231	21	21	170	30
1.0	73	35	625	60	231	21	21	170	30
2.0	73	35	625	60	231	21	21	170	30
4.0	73	35	625	60	231	21	21	170	30
6.0	73	35	625	60	231	21	21	170	30
8.0	73	35	625	60	231	21	21	170	30

Palvelurakennuksen (1) osalta käytettiin jätehuoltoyhtiön jätelajikkeittain antamia painomääriä. Palvelurakennus (2) kohdalla jätehuollosta vastasi kaksi eri jätehuoltoyhtiötä riippuen jätelajikkeesta. Toiselta jätehuoltoyhtiötä tiedot saatiin jätteiden painomääristä ja toisen jätehuoltoyhtiön osalta tiedot saatiin jäteastioiden täyttöaste-, astiakoko sekä tyhjennyskerroista. Kun jätteiden painomääriä ei ollut tiedossa, painojen määrittämisessä hyödynnettiin Suomen kiertovoima ry:n laatimaa raporttia ja siinä esitettyä jätteiden tilavuuspainotaulukkoa (taulukko 5). Palvelurakennus (3) osalta käytössä olivat bio- ja sekajätteen osalta jätehuoltoyhtiön ilmoittamat painomäärät. Muiden jätelajikkeiden osalta jätehuoltoyhtiöltä saatiin käyttöön vain jäteastiakoot sekä tyhjennyskerrat, jolloin jätteiden painojen määrittämisessä hyödynnettiin tässäkin Suomen kiertovoima ry:n laatiman raportin jätteiden tilavuuspainotaulukkoa (taulukko 5). Jätteiden määrä saatetaan arvioida

todellista suuremmaksi silloin kun jäteastioiden täyttöastetta tai todellisia jätteiden painomääriä ei ole käytettävissä. Tämä saattaa nostaa näiltä osin jätteiden CO₂e-päästöjen suuruutta.

GHG-protokollan mukaan syntyneen jätteen hävittämisen ja käsittelyn minimirajana on raportoida ne scope 1 ja scope 2 päästöt jätehuoltopalveluntarjoajien osalta, jotka syntyvät jätteen hävittämisen tai käsittelyn aikana. Raportointi jätteen kuljetuksesta aiheutuvista päästöistä on vapaaehtoinen. (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, 7–10.) Jätteiden osalta käytettiin Suomen ympäristökeskuksen laskentatyökalun, Y-hiilarin tietoja, jossa esitetyissä päästökertoimissa ei ole huomioitu jätteiden kuljetuksen päästöjä. Jätteiden hiilijalanjälki laskettiin kaavan (6) mukaisesti:

Kaava 6:

$$\begin{aligned} \text{Hiilijalanjälki} & \left(\text{kgCO}_2\text{e} - \frac{ekv}{a} \right) \\ & = \text{jätelajikkeen paino} \frac{t}{a} \\ & \times \text{jätelajikkeen ominaispäästökerroin (EF)} \left(\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{t} \right) \end{aligned}$$

Kiinteistön ylläpitoon kuuluvan kiinteistöhuollon palvelujen osalta huoltoajoneuvojen, työkonoiden ja pienkonoiden polttoaineiden synnyttämät CO₂e-päästöt sekä teknisen isännöinnin ja määräaikaistarkastuksia tekevän toimijan kiinteistölle liikkumisesta syntyneet CO₂e-päästöt laskettiin kaavan (7) mukaisesti.

Kaava 7:

$$\begin{aligned} \text{Hiilijalanjälki} & \left(\text{kgCO}_2\text{e} - \frac{ekv}{a} \right) \\ & = \text{polttoaine} \frac{l}{a} \\ & \times \text{polttoaineen valmistuksen päästökerroin (EF)} \left(\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{l} \right) \\ & + \text{polttoaineen käytön päästökerroin (EF)} \left(\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{l} \right) \end{aligned}$$

SFS-EN 16258:2012-standardin mukaan dieselin käytön aikainen kasvihuonekaasupäästökerroin on 2,67 hiilidioksidiekvivalenttikilogrammaa ja bensiinin 2,27 hiilidioksidiekvivalenttikilogrammaa kulutettua polttoainelitraa kohti (kgCO₂-ekv/l). Nämä kertoimet sisältävät ainoastaan polttoaineen käytönaikaiset päästöt eli suorat päästöt. Polttoaineen koko elinkaaren aikaisia päästöjä laskettaessa tulee lisäksi huomioida valmistuksesta ja hankinnasta syntyvät epäsuorat päästöt. (Lähde, 2022, 32.) 2014 SFS-EN 16258 mukaan dieselin valmistuksen päästöt ovat 0,57 kgCO₂e/l ja bensiinin 0,46 kgCO₂e/l. Teknisen isännöinnin palvelurakennukselle kohdistuvien työmatkojen osalta hiilijalanjäljen laskennassa käytettiin DEFRA:n ilmoittamaa henkilöauton km-perusteista päästökerrointa: 176 g CO₂e/km. Työmatkan hiilijalanjälki laskettiin kaavan (8) mukaisesti:

Kaava 8:

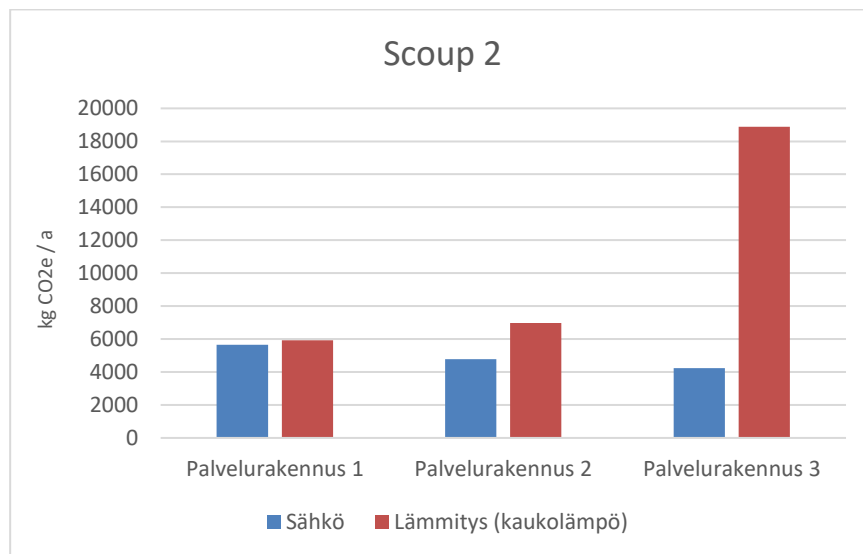
$$\text{Työmatkan hiilijalanjälki} = \text{työmatka (km)} \times 176 \text{ g CO}_2 \frac{\text{e}}{\text{km}}$$

4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO

4.1 Palvelurakennusten päästöjen olennaisuustarkastelu

Energiankulutuksen kokonaispäästöt scope 2-luokassa olivat palvelurakennuksissa (1) ja (2) hyvin samansuuruiset, ollen 11 564 kgCO₂e/a palvelurakennuksessa (1) ja 11 743 kgCO₂e/a palvelurakennuksessa (2). Palvelurakennuksessa (3) energiankulutuksen päästöt olivat 23 131 kgCO₂e/a, mikä oli noin kolme kertaa suurempi kuin palvelurakennuksissa (1) ja (2) (kaavio 2). Palvelurakennuksen (3) korkeisiin kaukolämmityksen CO₂e-päästöihin vaikuttaa sijaintipaikkakunnan kaukolämmön korkea päästökerroin, joka oli 0,0968 kg CO₂e/kWh, kun taas palvelurakennuksen (2) sijaintipaikkakunnalla kaukolämmön päästökerroin oli 0,0303 kgCO₂e/kWh (liite B).

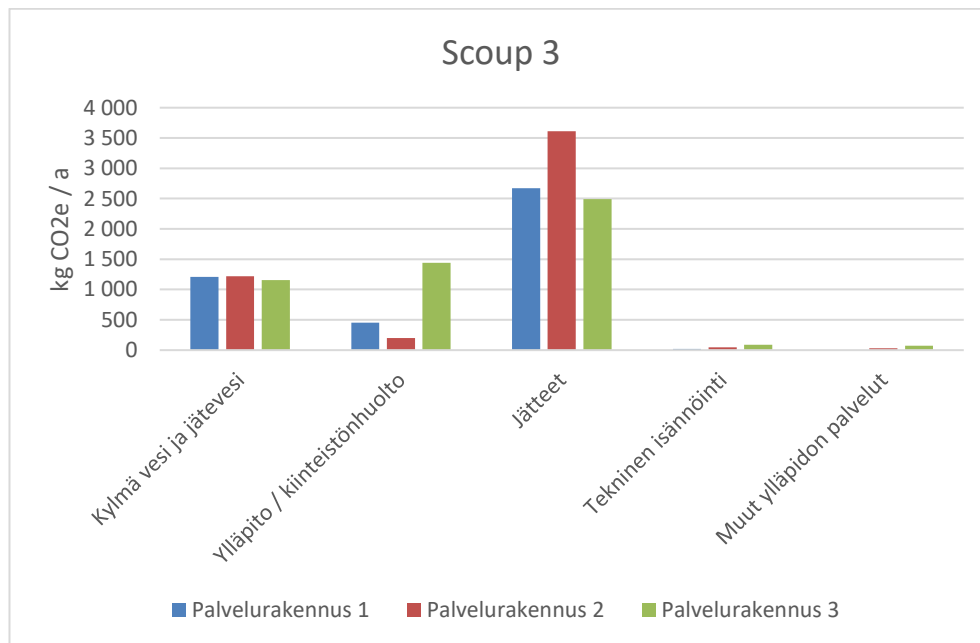
Sähkönkulutuksen tuottamat CO₂e-päästöt olivat hyvin samansuuruisia kaikissa case-kohteiden palvelurakennuksissa. Suurin sähkönkulutuksen aiheuttama CO₂e-päästö oli palvelurakennuksessa (1), jossa se oli 5 646 kgCO₂e/a, ja pienin palvelurakennuksessa (3), jossa päästöjen määrä oli 4 243 kgCO₂e/a. Palvelurakennusten sähkönkulutuksessa huomioitiin sekä kiinteistö- että asukassähkö. Luvussa 4.2 esitetään case-kohteiden CO₂e-päästöt suhteutettuna rakennuksen brutto pinta-alaan, mikä mahdollistaa rakennusten keskinäisen vertailun.



Kaavio 2. Scoup 2 palvelurakennuksien sähkön ja kaukolämmön kgCO₂e/a.

Scoup 3 -kategoriaan sisällytetyt jätteiden, kiinteistöhuollon, kylmänveden ja jäteveden sekä teknisen isännöinnin ja muiden ylläpidon palveluihin liittyvästä työmatkaliikkumisesta aiheutuneet CO₂e-kokonaispäästöt olivat hyvin samansuuruiset. Palvelurakennuksen (1) osalta CO₂e-päästöt olivat 4 351 kgCO₂e/a, palvelurakennuksen (2) osalta 5 101 kgCO₂e/a ja palvelurakennuksen (3) osalta 5 249 kgCO₂e/a (kaavio 3).

Case-kohteista palvelurakennuksen (2) jätteiden CO₂e-päästöt olivat korkeimmat johdettujen suurimmasta jättemäärästä, joka oli vuoden aikana 11 238 kg, jolloin CO₂e-päästöt olivat 3 661 kgCO₂e/a kun taas palvelurakennuksen (3) kohdalla jätteiden vuosittainen määrä oli 7 969 kg ja päästöt olivat 2 492kgCO₂e/a (taulukko 6). Jätteiden määrä vaihteli palvelurakennuksen asiakaskunnan mukaan. Päästökertoimet olivat jätelajikkeille samat riippumatta sijainnista, sillä alueellisia jäteyhtiöiden päästökertoimia ei ollut saatavilla tähän tutkimukseen.



Kaavio 3. Scoup 3 palvelurakennuksien käytön aikainen kgCO₂e/a jätteiden, ylläpidon ja veden kulutuksen sekä teknisen isännöinnin ja muiden ylläpidon palvelujen osalta.

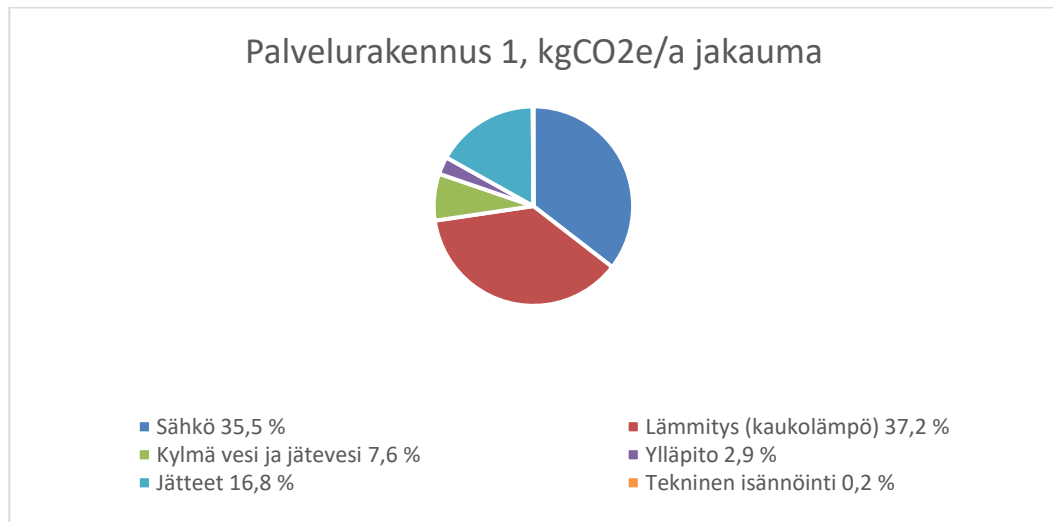
Palvelurakennuksen ylläpitoon sisältyvän kiinteistöhuollon polttoainekulutuksen ja hiekoitussepin tuottamat CO₂e-päästöt olivat huomattavasti suurimmat palvelurakennuksen (3) kohdalla ollen 1 442 kgCO₂e/a, kun vastaavasti kiinteistöhuollon CO₂e-päästöjä syntyi palvelurakennuksen (2) kohdalla vain 197 kgCO₂e/a. Palvelurakennuksen (1) kiinteistöhuollosta aiheutuneet CO₂e-päästöt olivat 455 kg CO₂e/a.

Kiinteistönhuollon tuottamiin CO₂e-päästöihin vaikutti kiinteistön hoidettavien piha-alueiden pinta-ala sekä se, kuinka paljon ajokilometrejä kiinteistön ja kiinteistöhuoltoyrityksen varikon tai muun huollossa olevan kiinteistön välille syntyi. Lisäksi vaikutusta oli kiinteistöhuollon ajoneuvoihin käytetyllä polttoaineella ja polttoaineen päästökertoimella, joka koostuu polttoaineen käytön ja valmistuksen tuottamista CO₂e-päästöistä. Dieselin päästökertoimena tässä työssä käytettiin 3,24 kg/CO₂e/l ja bensiinin päästökertoimena 2,88 kg/CO₂e/l. Päästökertoimet sisälsivät sekä käytön että polttoaineen valmistuksen aiheuttamat päästöt. Dieselin päästökerroin on 11 % suurempi kuin bensiinin päästökerroin. Tässä tutkimuksessa mukana olleet kiinteistöhuoltoyhtiöt eivät käyttäneet palvelurakennuskohteissa sähköisiä huoltoajoneuvoja. CO₂e-päästöihin vaikutusta oli lisäksi sillä, kuinka usein palvelurakennukseen tehtiin huoltoajokäyntejä vuoden aikana.

Kylmän veden ja jäteveden CO₂e-päästöt olivat kaikissa palvelurakennuksissa melko samanlaiset, mikä osoittaa, että veden kulutus on palvelurakennuksissa samansuuruista, sillä kaikkiin palvelurakennuksiin käytettiin samaa Suomen valtakunnalliseen vertailukeskiarvoon perustuvaa päästökerronta. Vähiten CO₂e-päästöjä tuottivat teknisen isännöinnin kiinteistökatselmuksista aiheutuvat työmatkat, joita tehtiin kerran vuodessa bensiiniä polttoaineena käytävillä autoilla. Tutkimuksessa huomioitiin myös määräaikaistarkastuksia tekevän yrityksen matkojen aiheuttamat CO₂e-päästöt case-kohteisiin, mutta niidenkin CO₂e-päästöt jäivät vähäisiksi.

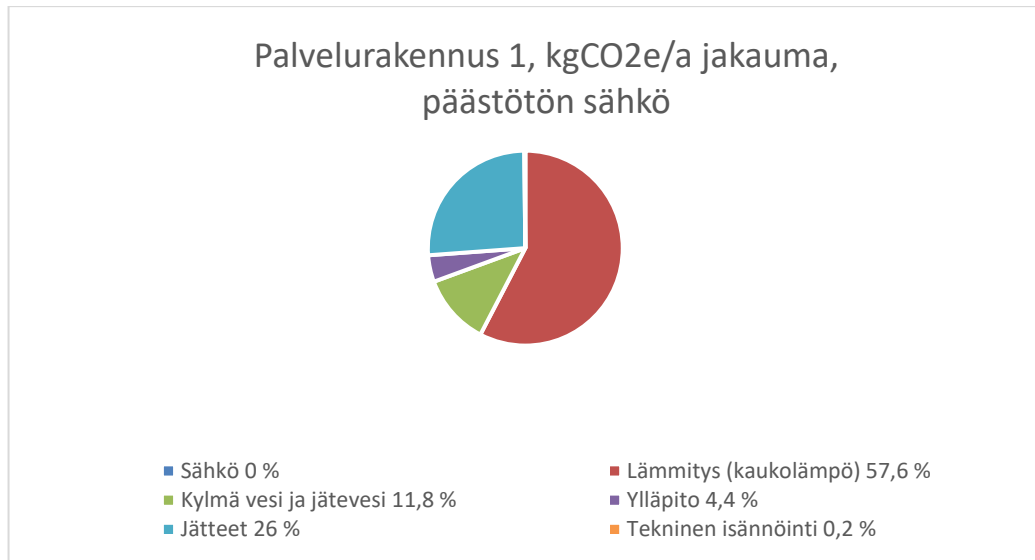
Kaavioissa (4), (6) ja (8) esitetään palvelurakennusten käytön aikaisen hiilijalanjäljen jakaumat. Suurin osa hiilijalanjäljestä syntyi energian käytöstä, eli rakennusten ja veden lämmityksestä sekä sähkön kulutuksesta. Kaukolämmityksen osalta palvelurakennuksen (3) CO₂e-päästöjen osuus oli 66,6 % ollen merkittävä, kun taas palvelurakennuksen (1) osuus oli 37,2 %. Sähkön CO₂e-päästöjen osuus oli pienin palvelurakennuksessa (3), ollen 14,9 %, ja suurin palvelurakennuksessa (1), ollen 35,5 %. Seuraavaksi suurimmat CO₂e-päästöt syntyivät kaikissa palvelurakennuksissa jätteistä. Kylmä vesi ja jätevesi aiheuttivat alle 10 % CO₂e-päästöistä, ja ylläpitoon kuuluvan kiinteistönhuollon CO₂e-päästöjen osuus oli suurimmillaan palvelurakennuksessa (3) ollen 5,1 %.

Palvelurakennuksen (1) osalta CO₂e-päästöjakauma osoitti, että eniten päästöjä aiheuttivat kaukolämmitys 37,2 % osuudella sekä sähkö 35,5 % osuudella. Jätteiden osuus oli kolmanneksi suurin 16,8 % osuudella. Kylmän veden ja jäteveden osuus oli 7,6 % ja ylläpitoon kuuluvan kiinteistöhuollon CO₂e-päästöjen osuus oli vain 2,9 %. Teknisen isännöitsijän kiinteistölle tekemien työmatkoihin käytettävän polttoaineen CO₂e-päästöjen osuus oli häviävän pieni ollen vain 0,2 % (kaavio 4).



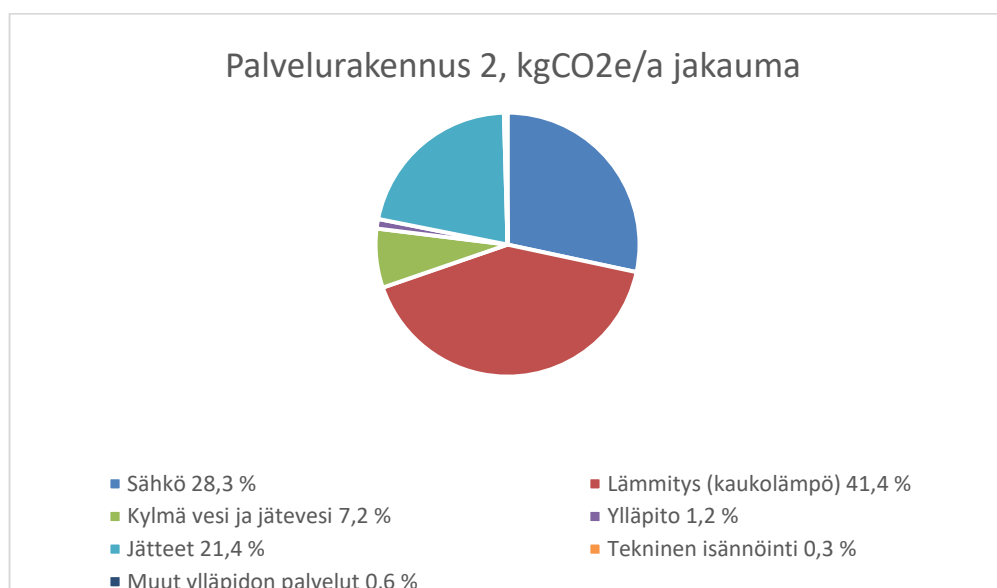
Kaavio 4. Palvelurakennuksen (1) käytön aikainen hiilijalanjälki jakauma.

Palvelurakennuksen (1) kohdalla sähkö voidaan hankkia päästöttömänä tuotteena, jolloin tämän osalta käytönaikaiset CO₂e-päästöt pienenisivät noin 35 %. Rakennuksen käytönaikaiset kokonaispäästöt olisivat sen jälkeen 10 269 kgCO₂e/a (taulukko 6). Kaukolämpöä ei tällä sijaintipaikkakunnalla ollut saatavilla vielä vähäpäästöisenä tuotteena. Kun sähkö hankitaan vähäpäästöisenä, CO₂e-päästöjä syntyy eniten edelleen kaukolämmön kulutuksesta 57,6 %. Seuraavaksi eniten päästöjä aiheutuu jätteistä 26 % osuudella sekä kylmästä vedestä ja jätevedestä 11,8 % osuudella. Ylläpitoon liittyvästä kiinteistöhuollon CO₂e-päästöt olivat vain 4,4 % kokonaispäästöistä ja isännöinnin työmatkat vain 0,2 % (kaavio 5).



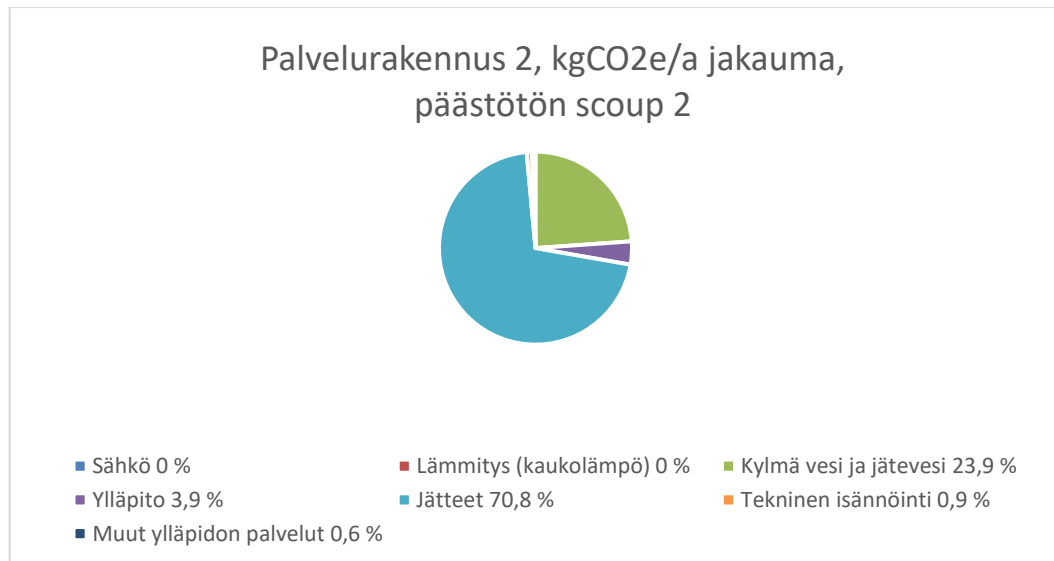
Kaavio 5. Palvelurakennuksen (1) käytönaikainen hiilijalanjälki jakauma, kun scoup 2:n osalta sähkö on päästötöntä.

Palvelurakennuksen (2) CO₂e-päästöjen jakaumassa suurimman osuuden, 41,1 %, tuotti kaukolämmitys. Sähkön CO₂e-päästöjen osuus oli 28,3 %, ja jätteiden CO₂e-päästöjen osuus oli kolmanneksi suurin, 21,4 %. Jäteveden ja kylmän veden osuus oli vain 7,2 %. Kiinteistön ylläpitoon sisältyvä kiinteistöhuollon palvelut tuottivat palvelurakennuksessa (2) vain 1,2 % päästöistä, teknisen isännöinnin työmatkat 0,3 %, ja muut ylläpidon palvelut 0,6 % (kaavio 6).



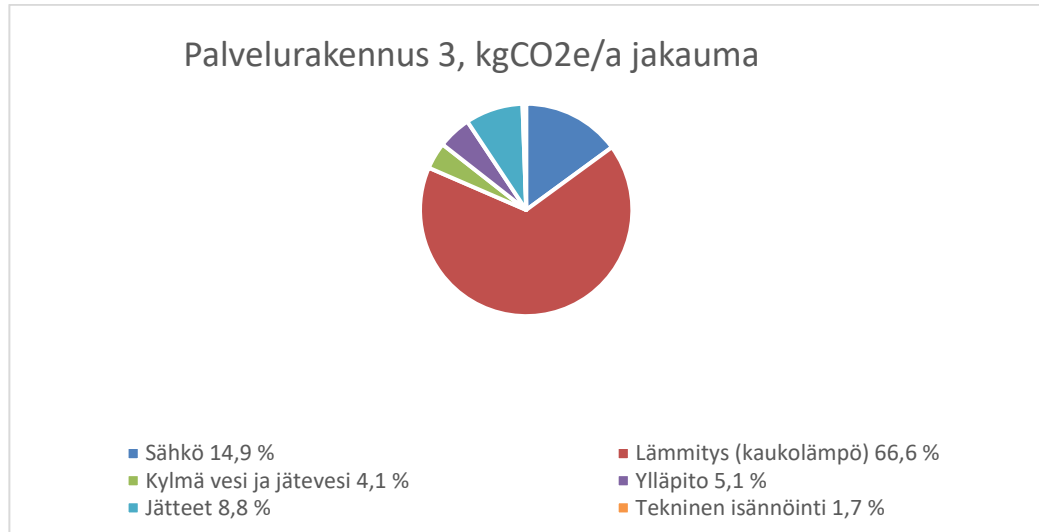
Kaavio 6. Palvelurakennuksen (2) käytönaikainen hiilijalanjälki jakauma.

Mikäli scope 2 eli sähkö ja kaukolämpö hankittaisiin päästöttöminä tuotteina palvelurakennuksen (2) kohdalla, rakennuksen käytönaikaiset vuosittaiset CO₂e-päästöt vähenisivät jopa 70 % (taulukko 6), jolloin jäljelle jäävien scope 3-päästölähteiden CO₂e-päästöt olisivat 5 101 kgCO₂e/a. Tässä tapauksessa yli puolet CO₂e-päästöistä aiheutuisivat jätteistä, joiden osuus olisi 70,8 %. Kylmän veden ja jäteveden osuus olisi tällöin 23,9 %. Muiden tarkasteltujen päästölähteiden vaikutus jäisi vähäiseksi, ollen yhteensä vain 5,4 % (kaavio 7).



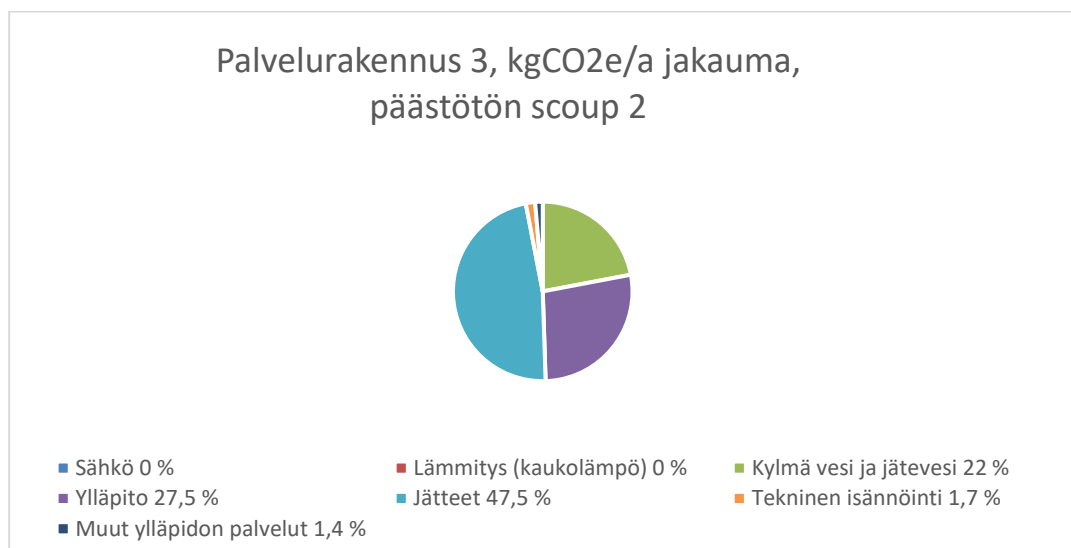
Kaavio 7. Palvelurakennuksen (2) käytönaikainen hiilijalanjälki jakauma, kun scoup 2:n energi-ankulutus on päästötöntä.

Palvelurakennuksen (3) CO₂e-päästö jakaumassa kaukolämmityksestä aiheutuvat CO₂e-päästöt olivat selkeästi suurimmat, muodostuen 66,6 % kokonaispäästöistä. Seuraavaksi suurin osuus aiheutui sähkön kulutuksesta, joka vastaa 14,9 % CO₂e-päästöistä. Jätteiden osuus oli 8,8 %, kylmäveden 4,1 % ja ylläpidon 5,1 %. Pienimmän osuuden CO₂e-päästöistä aiheuttivat teknisen isännöinnin työmatkat ja muut ylläpidon palvelut (kaavio 8). Palvelurakennuksen (3) kaukolämmön CO₂e-päästöjen suuri osuus johtui alueellisista kaukolämmön tuotantomuodoista ja niiden korkeasta päästökertoimesta, sillä lämmityksen vuosikulutus ei merkittävästi eronnut muiden tarkastelussa mukana olleiden palvelurakennusten kaukolämmön kulutuksesta.



Kaavio 8. Palvelurakennuksen (3) käytön aikainen hiilijalanjälki jakauma.

Mikäli palvelurakennuksen (3) osalta sähkö ja kaukolämpö hankittaisiin vähäpäästöisenä tuotteena vähentäisi se rakennuksen käytönaikaisia CO₂e-päästöjä 82 %, jonka jälkeen käytönaikaiset päästöt olisivat 5 249 kgCO₂e-ekv/a (taulukko 6). Tällöin CO₂e-päästöjä syntyisi ainoastaan jätteistä 47,5 %, ylläpidosta 27,5 % sekä kylmästä vedestä ja jätevedestä 22 %. Muut tarkastellut CO₂e-päästölähteet muodostaisivat yhteensä vain 3,1 % osuuden (kaavio 9).



Kaavio 9. Palvelurakennuksen (3) käytön aikainen hiilijalanjälki jakauma, kun scoup 2:n energian kulutus on päästötöntä.

Taulukossa (6) on esitetty palvelurakennusten tarkastelussa olleet käytönaikaiset päästölähteet ja niiden tuottamat CO₂e-päästöt vuoden ajalta, jaoteltuna scope 2 ja scope 3-kategorioihin. Palvelurakennuksen (1) käytönaikaiset kokonaispäästöt olivat 15 915 kgCO₂e/a, palvelurakennuksen (2) päästöt olivat 16 844 kgCO₂e/a ja palvelurakennuksen (3) päästöt olivat 28 380 kgCO₂e/a, mikä on lähes kaksinkertainen määrä palvelurakennukseen (1) verrattuna. Lisäksi arvioitiin, kuinka paljon CO₂e-päästöt vähenisivät, jos scope 2:een sisältyvät sähkö- ja kaukolämpö hankittaisiin CO₂e-päästöttömänä tuotteena. Palvelurakennuksen (1) osalta vain sähkö olisi mahdollista hankkia päästöttömänä tuotteena, jolloin päästö vähenemä olisi 35 % ja käytönaikaiset päästöiksi jäisi 10 269 kgCO₂e/a. Sähkön lisäksi myös kaukolämpö oli mahdollista hankkia päästöttömänä tuotteena palvelurakennuksien (1) ja (2) osalta. Tällöin palvelurakennuksen (2) päästöt vähentyisivät 70 % ja CO₂e-päästöt olisivat vain 5 101 kgCO₂e/a ja palvelurakennuksen (3) osalta päästöt vähentyisivät 82 % ja käytönaikaiset CO₂e-päästöt olisivat enää vain 5 249 kgCO₂e/a.

Taulukko 6. Palvelurakennusten (1), (2) ja (3) vuoden 2023 käytönaikainen hiilijalanjälki kgCO₂e/a ja scoup 2 mahdollistaman päästövähennyksen suuruus ja osuus.

	kgCO ₂ e/a	kgCO ₂ e/a	kgCO ₂ e/a
	Palvelurakennus 1	Palvelurakennus 2	Palvelurakennus 3
Scoup 2	11 564	11 743	23 131
Sähkö	5 646	4 774	4 243
Lämmitys (kaukolämpö)	5 918	6 969	18 889
Scoup 3	4 351	5 101	5 249
Kylmä vesi ja jätevesi	1 209	1 218	1 155
Ylläpito (kiinteistönhuolto)	455	197	1 442
Jätteet	2 670	3 611	2 492
Tekninen isännöinti	18	45	88
Muut ylläpidon palvelut	0	29	71
Päästöt scoup2 ja scoup3	15 915	16 844	28 380
Päästöt yht. kun scoup 2 päästötön*	10 269	5 101	5 249
Päästövähennys	5 646	11 743	23 131
Päästövähennys %	35 %	70 %	82 %

*palvelurakennukseen 1 vain sähkö oli saatavilla vähäpäästöisenä.

Rakennusten käytönaikaisen energiankulutuksen CO₂e-päästöjen erot johtuivat osittain rakennusten alueellisista sijainneista ja energiayhtiöiden erilaisista energiantuotantotavoista. Fossiiliset polttoaineet tuottavat enemmän CO₂e-päästöjä kuin uusiutuvat energialähteet. Tuotantotavat myös vaihtelevat energiayhtiöittäin. Alueellisella sijainnilla on merkitystä erityisesti kaukolämmön ja sähkön tuotannon CO₂e-päästöihin. Sijainnista

johtuvia eroja syntyy myös teknisen isännöinnin ja muun ylläpidon työmatkojen ja kuljetusten aiheuttamista polttoaineiden CO₂e-päästöistä. Kiinteistönhoidon päästöihin vaikuttivat ajokilometrit, polttoaineen kulutus, hoidettavan piha-alueen pinta-ala, kuten aurattavat ja hiekoitettavat alueet sekä nurmialueet sekä vuosittain leikattavien pensaiden määrä, sillä myös niiden hoitaminen kuluttaa polttoainetta ja tuottaa CO₂e-päästöjä.

Jotta palvelurakennusten käytön aikaisia CO₂e-päästöjä pystyttiin vertailemaan, päästötiedot oli suhteutettava rakennuksen brutto pinta-alaan, kgCO₂e/m²/a. Verrattaessa taulukkoa (3) ja taulukkoa (7), havaittiin, että scoup 2:n osalta vähiten kaukolämpöä kulutti palvelurakennus (1), ja siinä olivat myös pienimmät kaukolämmön CO₂e-päästöt. Eniten kaukolämmön CO₂e-päästöjä syntyi palvelurakennuksessa (3), vaikka sen kaukolämmön vuosikulutus ei ollut vertailukohteista suurin. Tämä johtui alueellisen kaukolämpöyhtiön korkeasta päästökertoimesta, joka määräytyi tuotantomuodon mukaan. Sähkön CO₂e-päästöt puolestaan korreloivat energian kulutuksen kanssa, sillä sähkön CO₂e-päästöjen laskenta perustui kansalliseen keskiarvokertoimeen, joka oli sama kaikissa kohteissa.

Taulukko 7. Palvelurakennusten (1), (2) ja (3) vuoden 2023 käytön aikainen hiilijalanjälki kgCO₂e/m²/a ja scoup 2 mahdollistaman päästövähennyksen suuruus ja osuus.

	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ ekv/m ² /a
	Palvelurakennus 1	Palvelurakennus 2	Palvelurakennus 3
Scoup 2	9,74	11,19	20,37
Sähkö	4,75	4,55	3,74
Lämmitys (kaukolämpö)	4,98	6,64	16,63
Scoup 3	3,66	4,86	4,62
Kylmä vesi ja jätevesi	1,02	1,16	1,02
Ylläpito (kiinteistönhuolto)	0,38	0,19	1,27
Jätteet	2,25	3,44	2,19
Tekninen isännöinti	0,01	0,04	0,08
Muut ylläpidon palvelut	0,00	0,03	0,06
Päästöt scoup2 ja scoup3	13,40	16,06	24,99
Päästöt yht. kun scoup 2 päästötön*	8,65	4,86	4,62
Päästövähennys	4,75	11,19	20,37
Päästövähennys %	35 %	70 %	82 %

*Palvelurakennuksessa (1) vain sähkö oli mahdollista hankkia vähäpäästöisenä

Case-kohteista ylläpidon ja siihen kuuluvan kiinteistönhuollon osalta palvelurakennuksessa (3) aiheutui eniten CO₂e-päästöjä. Tässä työssä ei ole otettu huomioon kiinteistön hoidettavan piha-alueen pinta-ala, millä on vaikutusta siihen kuinka paljon polttoainetta

kiinteistönhoidon huoltoajoneuvot ja koneet kiinteistöllä kuluttivat. Päästöjen eroihin vaikutti myös rakennuksen sijainti muihin kiinteistönhuoltokohteisiin tai varikkoon nähden. Suomessa myös rakennuksen sijainnilla on merkitystä, koska lumen määrä ja hiekoituksen tarve vaihtelevat alueittain, mikä vaikuttaa kiinteistönhoidon päästöihin.

Palvelurakennuksien käytönaikaisista päästölähteistä tutkimukseen otettiin mukaan kaukolämpö, sähkö, jätteet, kylmä vesi ja jätevesi, kiinteistöhuollon, teknisen isännöin ja ylläpidon palveluja tuottavan yrityksen case-kohteille kuljetun työmatkan polttoaineenkulutuksesta aiheutuvat CO₂e-päästöt. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että olennaisimmat päästölähteet kolmessa case palvelurakennuksessa tarkasteluaikana olivat energiankulutus, josta kaukolämpö tuotti suurimman 37,2–66,6 % osuuden kaikista tarkastelussa mukainen olleista päästölähteistä. Sähkönkulutuksen CO₂e-päästöjen osuus oli 14,9–35,5 % välillä, ollen toiseksi suurin CO₂e-päästöjen aiheuttaja ja kolmanneksi eniten päästöjä aiheutui jätteistä 8,8–21,4 % välisellä osuudella. Jätteiden päästöissä ei ollut mukana niiden kuljetuksesta aiheutuvia CO₂e-päästöjä. Päästövaikutuksiltaan kolmanneksi vähiten CO₂e-päästöjä tuotti kylmä vesi ja jätevesi, ylläpidosta kiinteistöhuollon CO₂e-päästöjen osuus oli toiseksi pienen ja teknisen isännöin ja muiden ylläpidon palveluihin työmatkojen tuottamat CO₂e-päästöjen osuus oli pienen. Huomionarvoista oli kuitenkin se, että kun energia, eli kaukolämpö ja sähkö voitiin hankkia päästöttömänä tuotteena, jäi suurimmiksi päästölähteiksi tämän jälkeen jätteiden sekä kylmän veden ja jäteveden tuottamat CO₂e-päästöt. Jätteiden CO₂e-päästöt aiheuttivat silloin yli puolet käytön aikaisista päästöistä. Tässä tutkimuksessa ei huomioitu rakennuksen peruskorjauksien aiheuttamia CO₂e-päästöjä ja on muistettava, että niiden osuus vaikuttaa myös rakennuksen käytönaikaisiin päästöihin.

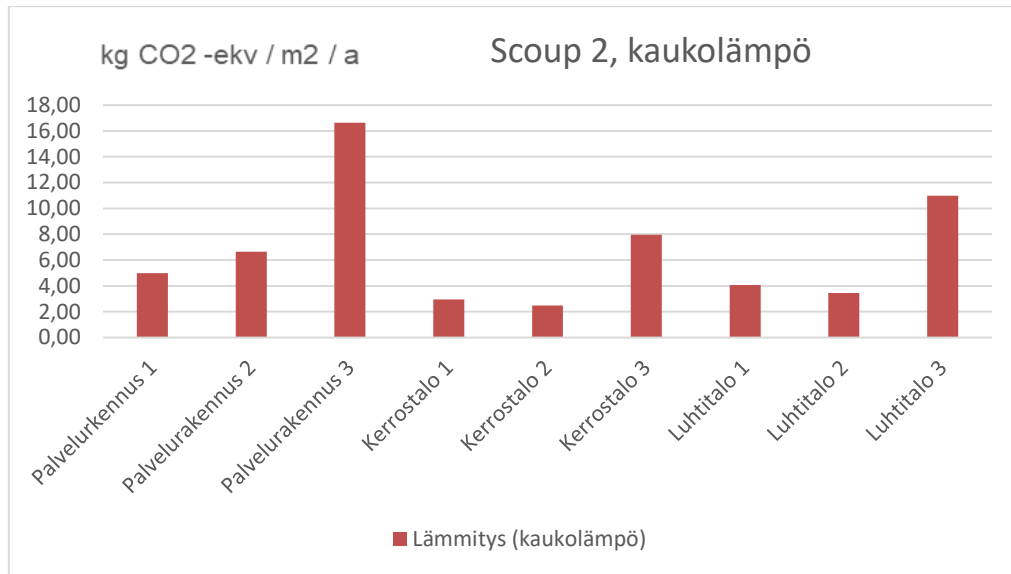
Palvelurakennuksen (2) kohdalla vuoden 2023 aikana samoja jätelajikkeita haki kaksi eri jäteyhtiötä, toinen alkuvuodesta ja toinen loppuvuodesta. Toinen ilmoitti astiakoot ja täyttöasteet ja toinen painotieto arviot. Jätteiden osalta huomionarvoista oli siis se, että Suomen kiertovoiman KIVO:n taulukon (5) mukaisten tilavuuspainotietojen avulla laskettujen jätemäärien painot olivat palvelurakennuksen (2) kohdalla noin puolet pienemmät kuin jätteiden painotiedot, jotka saatiin suoraan jätehuoltoyhtiöltä lasi- ja metallijätteiden osalta. Lisäksi kartonkijätteen paino oli jätehuoltoyhtiön ilmoittamien tietojen mukaan yhdeksänkertainen KIVO:n taulukon (5) avulla laskettuun kartonkijätteen painomäärään verrattuna. Palvelurakennuksen (2) kohdalla jäteastiat olivat pinta-astioita, joita ei yleensä punnita tyhjennyksen yhteydessä, eikä näiden jätteiden osalta saatu tietoa jäteastioiden täyttöasteesta. Kiinteistön käytönaikaisen todellisten CO₂e-päästöjen kanalta oleellista olisi saada jätteiden osalta tarkat painotiedot tai jäteastioiden täyttöasteet ja yksi kaikille yhtenäinen tietolähde, jossa jätelajikkeiden tilavuuspainot olisi määritelty

astiakoon mukaan. Palvelurakennus (1) osalta käytettiin Suomen kiertovoiman KIVO:n taulukko (5) jätteiden tilavuuspainotietoja, palvelurakennusten (2) ja (3) osalta käytettiin jätehuoltoyhtiöiden sekä KIVO:n tilavuuspainotietoja.

4.2 Palvelu- ja asuinrakennusten CO₂e-päästöjen vertailu

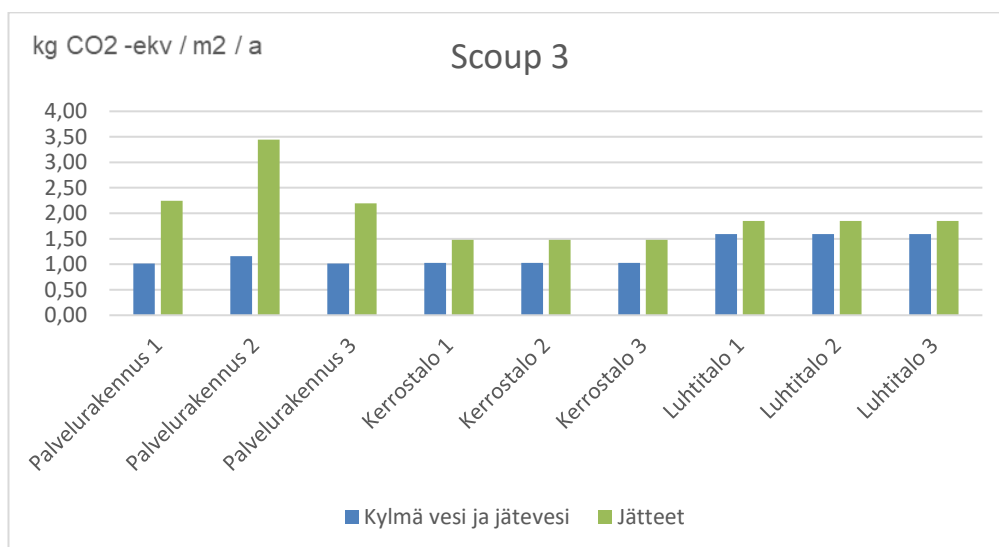
Tutkimuksessa verrattiin palvelurakennusten ja asuinrakennusten käytönaikaista hiilijalanjälkeä ja kulutustietoja neliömääräperusteisesti. VTS-kotien yhden kerrostalo rakennuksen ja kuuden rakennuksen luhtitalo kohteen kulutuslukemia hyödynnettiin palvelurakennusten ja asuinrakennusten käytön aikaiseen hiilijalanjäljen vertailuun. VTS-kohteilta kulutustiedot saatiin veden ja sähkön osalta sekä jätteiden painojen osalta ja ne on esitetty taulukoissa yhdessä palvelurakennusten vastaavien tietojen kanssa (liite C). Saadut tiedot sijoitettiin palvelurakennusten kolmelle eri sijaintipaikkakunnalle, jotta vertailu toteutui alueellisilla päästökertoimilla kaukolämmön osalta (liite B). Sijaintipaikkakunnat on kuvattu numeroin rakennuksen perässä. Jätteiden ja veden osalta käytettiin valtakunnallisia keskiarvokertoimia. Sähkön CO₂e-päästöjä ja kulutuksia ei tässä vertailussa huomioitu, sillä VTS-kotien rakennusten osalta oli kulutustiedot vain kiinteistösähkön osalta, sillä asukas-/asuntokohtaisia sähkönkulutustietoja ei kiinteistönomistajalla ollut. Palvelurakennuksessa sähkönkulutus kattoi koko rakennuksen sähkönkulutuksen eli ns. asukassähkön, että kiinteistösähkön.

Kaukolämmön kulutuksen aiheuttamat CO₂e-päästöt olivat palvelurakennuksessa suuremmat kuin kerrostalossa ja luhtitaloissa kaikilla sijaintipaikkakunnilla. Pienin neliöperusteinen päästö oli kerrostalossa sijaintipaikkakunnalla 2 ollen 2,49 kgCO₂e/m²/a, kun vastaavalla sijainnilla olevan palvelurakennuksen kaukolämmön päästö oli 6,64 kgCO₂e/m²/a. Sijaintipaikkakunnalla (3) kaukolämmön hiilijalanjälki oli korkein kaikkiin muihin paikkakuntiin verrattuna, jossa johtuen suurimmasta kaukolämmön päästökertoimesta (kaavio 10).



Kaavio 10. Scoup 2 kaukolämmön hiilijalanjälki kgCO₂e/m²/a palvelurakennusten ja asuinrakennusten osalta eri sijaintipaikkakunnilla (1,2 ja 3).

Palvelurakennuksissa veden vuosikulutuksen neliöperusteinen käytönaikainen hiilijalanjälki oli hyvin samansuuruinen kerrostalorakennuksen kanssa. Luhtitalokohteen veden kulutus oli hieman suurempaa kuin kerrostalossa tai palvelurakennuksissa. Jätteiden osalta todettiin, että sijaintipaikkakunnalla (2) palvelurakennuksessa hiilijalanjälki ja jätemäärä oli merkittävästi korkeampi. Jätteiden CO₂e-päästöt olivat myös hieman korkeampia sijaintipaikkakunnilla (2) ja (3) palvelurakennuksissa kuin asuinrakennuksissa (kaavio 11).



Kaavio 11. Scoup 3:n veden ja jätteiden hiilijalanjälki kgCO₂e/m²/a asuinrakennusten ja palvelurakennusten osalta eri sijaintipaikkakunnilla (1,2 ja 3).

Kaukolämmön kulutus oli palvelurakennuksissa hieman suurempaa kuin kerrostalo ja luhtitaloissa sijaintipaikkakunnilla (1) ja (3). Pienin neliöperusteinen kulutus oli kerrostalossa ollen $0,8 \text{ MWh/m}^3/\text{m}^2/\text{a}$ ja hiilijalanjälki oli pienin sijaintipaikkakunnalla (2) ollen $3,44 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$, ja suurin kulutus oli palvelurakennuksessa sijaintipaikkakunnalla (3) ollen $0,17 \text{ MWh/m}^2/\text{a}$, jolloin hiilijalanjälki oli $16,63 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$. Sijaintipaikkakunnalla (2) erot kaukolämmön kulutuksessa olivat hyvin pieniä asuinrakennusten ja palvelurakennuksen välillä; palvelurakennuksen kulutus oli $0,07 \text{ MWh/m}^3/\text{m}^2/\text{a}$, asettuen kerrostalojen ja luhtitalojen kulutuksen väliin (liite C). Hiilijalanjäljen osalta korkeimmat CO_2e -päästöt olivat sijaintipaikkakunnalla (3) kaikkien rakennusten osalta, johtuen kaukolämpöyhtiön korkeammasta päästökertoimesta.

Kylmän veden ja jäteveden neliöperusteiset kulutukset ja hiilijalanjälki olivat palvelurakennuksissa pienemmät kuin kerrostaloissa tai luhtitaloissa sijaintipaikkakunnilla (1) ja (3). Palvelurakennusten kylmän veden ja jäteveden yhteiskulutus vaihteli välillä $0,9\text{--}1,02 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{a}$ ja hiilijalanjälki oli pienimmillään $1,02 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$ palvelurakennuksissa (1) ja (3). Suurimmillaan veden kulutus oli luhtitaloissa ollen $1,40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{a}$, jolloin hiilijalanjälki oli $1,59 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2/\text{a}$. Kerrostaloissa kulutus oli $0,91 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{a}$ asettuen lähelle palvelurakennusten vedenkulutusta. Jätteiden osalta kerrostalon jätemäärä ja hiilijalanjälki suhteutettuna brutto neliöihin oli kaikilla sijaintipaikkakunnilla pienempi kerrostalorakennuksessa kuin palvelurakennuksissa. Luhtitalokohteissa jätemäärä asettui kerrostalorakennuksen ja palvelurakennuksen välille. Sijaintipaikkakunnalla (2) palvelurakennuksen jätemäärä oli $10,71 \text{ kg/m}^2/\text{a}$ ja hiilijalanjälki $3,44 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$, kun sijaintipaikkakunnalla (3) se oli pienimmillään kerrostalossa $5,48 \text{ kg/m}^2/\text{a}$ ja hiilijalanjälki oli tällöin $1,48 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2/\text{a}$ (liite C). Tässä sijaintiperusteisessa vertailussa päästökertoimet korreloivat kulutuslukemiin energian ja veden osalta sekä jätteiden määrän osalta, joten päästöt olivat korkeimmat siellä, missä kulutus tai jätemäärä oli suurinta.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten käytönaikaista hiilijalanjälkeä voidaan arvioida, mitkä ovat palvelukiinteistön käytönaikaiset olennaisimmat hiilijalanjälkeen vaikuttavat CO₂e-päästöt sekä millaisia vaikutusmahdollisuuksia on vähentää palvelurakennuksen käytönaikaista hiilijalanjälkeä. Lisäksi lähtökohtana oli selvittää CRSD-kestävyyssraportoinnin tuomat vaatimukset siihen, miten kiinteistön omistajat voivat ympäristökestävyyttään arvioida ja mitä raportointivaatimuksia ympäristö näkökulmasta kiinteistön omistajien tulee ottaa huomioon. Tällä hetkellä yritykset raportoivat ympäristökestävyydestä perustuen GHG-protokollan standardeihin. Lisäksi käytössä on ISO 14064 -kasvihuonekaasuinventaaristandardi, joka antaa ohjeita, mutta se ei ole itsessään laskentastandardi eikä siten tarjoa yksityiskohtaisia laskentaohjeita kuten GHG-protokolla. Sekä ISO 14064 että GHG-protokollaa voidaan käyttää rinnakkain kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa, jossa ISO 14064 antaa suuntaviivat ja GHG-protokolla tarkat laskentaohjeet. Kestävyyssraportoinnin ympäristönäkökulmaan liittyvät ESRS-standardit ovat E1-5 ja ne ohjaavat ympäristökestävyyssraportointia. Yrityksen on annettava yksityiskohtainen selvitys, siitä miksi ilmastonmuutos ei ole yrityksen raportoinnissa olennaista, jos se aikoo jättää huomiotta ESRS E1 standardin raportoinnistaan.

Kasvihuonekaasujen raportointivaatimukset perustuvat GHG-protokolla standardeihin. Standardit sisältävät scoup 1, scoup 2 ja scoup 3 ryhmät. Scope 1- ja scope 2-päästöt syntyvät suoraan yrityksen omasta toiminnasta, jossa scoup 2 sisältää rakennukselle ostetun energian CO₂e-päästöt. Epäsuorat scope 3-päästöt on jaoteltu 15 eri kategoriaan ja ne syntyvät lähteistä, joihin raportoivalla yrityksellä on usein vähemmän vaikutusvaltaa. Raportoiva yrityksen tulee selvittää ensin olennaisuusanalyysin kautta merkittävimmät päästölähteensä, jolloin se voi hyödyntää sitä perustellessaan, mikäli jokin kohta jätetään raportoinnin ulkopuolelle.

Tutkimuksessa mukana olleissa kolmessa case palvelurakennuksessa olennaisimmat päästölähteet tarkastelujakson aikana olivat energiankulutus, josta kaukolämpö tuotti suurimman osuuden CO₂e-päästöistä. Sähkönkulutus tuotti toiseksi eniten CO₂e-päästöjä ja kolmanneksi eniten CO₂e-päästöjä aiheutui jätteistä. Päästövaikutukseltaan vähäisimmät olivat kylmä vesi ja jätevesi, jotka tuottivat kolmanneksi vähiten CO₂e-päästöjä. Ylläpitoon kuuluvan kiinteistöhuollon polttoaineen kulutuksen ja hiekotussepelin aiheuttamien CO₂e-päästöjen osuus oli toiseksi pienen ja teknisen isännöin ja muiden

ylläpidon palveluihin ajomatkojen tuottamien CO₂e-päästöjen osuus oli pienin. Koska suurin osuus käytönaikaisesta hiilijalanjäljestä syntyi energian kulutuksesta, on käytönaikaisen hiilijalanjäljen pienentämisen tärkeimpiä keinoja energiatehokkuuden parantaminen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen, älykkäiden energiaratkaisujen käyttöönotto ja käyttäjien toimintatapojen muuttaminen sisäilmaolosuhteita heikentämättä.

Tutkimuksessa havaittiin, että suurimmat rakennuksen käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen vaikuttavat toimet, on siirtyä hyödyntämään uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Yksinkertaisin tapa on hankkia kaukolämpö tai sähkö päästöttömänä tuotteena, jos se on mahdollista, jolloin sen vaikutukset rakennuksen käytönaikaisessa hiilijalanjäljessä näkyvät heti. Tällä tavalla voidaan vähentää palvelurakennuksen käytönaikaista hiilijalanjälkeä jopa noin puolet. Toinen tapa on odottaa, että energiayhtiöiden energian tuotantomuodot siirtyvät fossiilisista polttoaineista uusiutuviin, jolloin energian hiilijalanjälki pienentyy ja vaikutus siirtyy suoraan rakennuksen käytönaikaiseen energiankulutuksen hiilijalanjälkeen sitä vähentäen. Mikäli halutaan vaikuttaa hiilijalanjäljen lisäksi kiinteistön energiakustannuksiin, on kannattavaa optimoida kiinteistön energiantarve esimerkiksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää ja kulutusjoustoja hyödyntämällä. Käytettäessä edullisimpia tunteja energian osalta, vaikuttaa se energian kustannuksiin ja mahdollisesti hiilijalanjälkeen, mikäli juuri sillä hetkellä käytettyä energian tuotantomuodon tietoa saadaan yksilöityä lyhyellä aikavälillä. Mahdollisesti tulevaisuudessa voidaan älykkään automaation avulla saada tarkka tieto siitä mitä energiantuotantomuotoa kiinteistö milläkin hetkellä käyttää.

Lisäksi on havaittu, että jo 1°C sisälämpötilan pienentäminen tuottaa 5 % energiankulutuksen säästön, jonka vaikutus näkyy suoraan niin energian kustannuksissa, että hiilijalanjäljessä. Kiinteistölle voidaan toteuttaa myös maalämpö- tai aurinkopaneelijärjestelmiä. Näiden hankinnasta syntyy kuitenkin CO₂e-päästöjä ja kustannuksia hankinta vuodelle, mutta sen jälkeen energian kustannukset sekä CO₂e-päästöt vähenevät. Järjestelmien takaisinmaksuajassa on otettava huomioon muuttuvat energian ostohinnat. Huomionarvoista on myös se, että uusiutuvien energialähteiden käytön lisääntyessä energialaitosten tuotantomuodoissa myös perinteiset kaukolämpö- ja sähköverkot voivat yhä olla kannattavia vaihtoehtoja hiilijalanjäljen vähentämisen näkökulmasta jo olemassa olevien rakennusten osalta lähitulevaisuutta ajatellen. Rakennuksen käyttäjät voivat myös vaikuttaa käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen veden kulutusta ja jätteiden määrää vähentämällä. Oleellista on myös se, että jätehuoltoyritykset punnitsevat jätteet tyhjennyksen yhteydessä tai ilmoittavat jäteasteiden täyttöasteet, jotta hiilijalanjälki määräytyy

todellisen jätemäärän mukaan. Myös kiinteistönhuollolla ja tilojen käyttäjien ohjeistuksella tilojen ja kiinteistötekniikan halutunlaisen käyttöön liittyen on merkitystä hyvien sisäolosuhteiden, energiatehokkuuden, vedenkulutuksen ja kiinteistön kunnan suhteen. Tutkimuksessa havaittiin, että mikäli energia päätetään hankkia ilmastotakuun mukaisena eli CO₂e-päästöttömänä tuotteena jää suurimmiksi päästölähteiksi tämän jälkeen jätteiden sekä kylmän veden ja jäteveden tuottamat CO₂e-päästöt. Jätteiden CO₂e-päästöt aiheuttavat silloin yli puolet rakennuksen käytönaikaisista CO₂e-päästöistä. Tässä tutkimuksessa ei huomioitu rakennuksen peruskorjauksien aiheuttamia CO₂e-päästöjä ja on muistettava, että niiden osuus vaikuttaa myös rakennuksen käytönaikaisiin CO₂e-päästöihin.

Asuinrakennusten ja palvelurakennusten CO₂e-päästövertailussa hiilijalanjälki määräytyi lämmityksen ja veden kulutuksen sekä jätteiden määrän mukaan, sillä vertailu tehtiin paikkakuntaakohtaisesti, jossa kaukolämmön päästökerroin oli jokaiselle rakennustypille sama riippuen sijainnista. Veden ja jätteiden päästökertoimet olivat tässä tarkastelussa samat sijainnista riippumatta. Palvelurakennuksissa oli korkeampi neliöperusteinen kaukolämmön hiilijalanjälki. Myös jätteiden CO₂e-päästöt olivat palvelurakennuksissa korkeammat. Veden hiilijalanjälki oli luhtitaloissa korkein. Kerrostalossa ja palvelurakennuksessa veden hiilijalanjälki olivat hyvin samansuuruiset.

Palvelurakennuksen korjaukset vaikuttavat myös käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen. Lisäksi palvelurakennukseen sisältyy erilaisia tiloja kuten asukkaalle jyvitetty tilat, tekniset tilat ja palveluntuottajan tilat, joihin kohdistuvia CO₂e-päästöjä erikseen tässä tutkimuksessa ei selvitetty. Jatkotutkimusaiheena mielenkiintoista olisi selvittää millainen vaikutus CO₂e-päästöillä on eri osapuolille, jos niitä tutkittaisiin asukas-, vuokralais- tai asun- tokohtaisesti sekä millainen merkitys rakennuksen korjauksilla on vuosittaiseen hiilijalanjälkeen.

LÄHTEET

A Corporate Accounting and Reporting Standard. The Greenhouse Gas Protocol. [ghg-protocol-revised.pdf \(ghgprotocol.org\)](https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-revised.pdf)

Accounting and reporting of financed GHG emissions from real estate operations, Draft version for public consultation, 25.3.2022. GHG Technical Guidance, Partnership for Carbon Accounting Financials. [Accounting and reporting of financed GHG emissions from real estate operations \(carbonaccountingfinancials.com\)](https://carbonaccountingfinancials.com/Accounting-and-reporting-of-financed-GHG-emissions-from-real-estate-operations)

Anttila, P., Tutkimuksen taito ja tiedon hankinta, verkkosivu, luettu 10.2.2024, Metodix. [Pirkko Anttila: Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. – METHODIX](#)

Asumisen energiankulutus, Tilastokeskus, Luettu 14.4.2024. [Asumisen energiankulutus muuttujina Energian käyttökohde. Yhteensä, Asumisen energiankulutus, GWh, 2022. PxWeb \(stat.fi\)](https://stat.fi/PxWeb)

Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 2011, GHG-Protocol. [Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf \(ghgprotocol.org\)](https://ghgprotocol.org/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard-041613-2.pdf)

CSRD kestävyysraportointi, verkkosivu, Bureauveritas. Luettu 8.12.2023. [CSRD - KESTÄVYYSRAPORTOINTI | finland \(bureauveritas.fi\)](https://bureauveritas.fi/CSRD-KESTAVYYSRAPORTOINTI-finland)

CSRD:n vaatimukset päästöraportoinnille, verkkosivu, OpenCO2net, Luettu 29.5.2024. [CSRD:n vaatimukset päästöraportoinnille - OpenCO2.net](https://openco2net.com/CSRD-n-vaatimukset-paastöraportoinnille-OpenCO2net)

CSRD-raportointi – uudet veloitteet vauhdittavat yrityksiä kestävämpään liiketoimintaan, 27.6.2022, verkkosivu, EcoBio. [CSRD-raportointi | Veloitteet | EU lainsäädäntö \(ecobio.fi\)](https://ecobio.fi/CSRD-raportointi-Veloitteet-EU-lainsaadanto)

Energiatehokkuusdirektiivi EED, 3.11.2023, verkkosivu, Motiva Oy. [Energiatehokkuusdirektiivi \(EED\) - Motiva](https://motiva.fi/energiatehokkuusdirektiivi-EED-Motiva)

Ensimmäiset lämmön alkuperätakuut myönnetty, 1.11.2022, verkkosivu, Energiavirasto. <https://energiavirasto.fi/-/ensimmaiset-lammon-alkuperatakuut-myonnetty>

ESRS E1 – Ilmastonmuutos, 16.2.2023, verkkosivu, ESG Palvelu, [ESRS E1 – Ilmastonmuutos | ESGpalvelu | ST-Akatemia](https://esgpalvelu.fi/ESRS-E1-Ilmastonmuutos-ESGpalvelu-ST-Akatemia)

ESRS E1 Climate change Exposure Draft, 4/2022, PTF-ESRS Project Task Force on European sustainability reporting standards, EFRAG, [Download \(efrag.org\)](https://efrag.org/Download)

EU ja Pariisin sopimus: Kohti ilmastoneutraaliutta, 8.12.2023, Verkkosivu, Euroopan parlamentti, [EU ja Pariisin sopimus: kohti ilmastoneutraaliutta | Aiheet | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](#)

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikka, verkkojulkaisu, Maa- ja metsätalousministeriö, Luettu: 15.5.2024. [EU:n energia- ja ilmastopolitiikka - Maa- ja metsätalousministeriö \(mmm.fi\)](#)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 22.10.2014/95/EU, 19a artikla, Euroopan unionin virallinen lehti L330/1, Verkkosivu. [L_2014330FI.01000101.xml \(europa.eu\)](#)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 14.12.2022/2464, Euroopan unionin virallinen lehti L322/15. [L_2022322FI.01001501.xml \(europa.eu\)](#)

Euroopan unionin ilmastopolitiikka, Ympäristöministeriö, Verkkosivu, Luettu 15.2.2024. [Euroopan unionin ilmastopolitiikka - Ympäristöministeriö](#)

Forsman J., Närhi J., Uimonen. H., Semkin N., Miettinen V., Toivola S. 2020. Hiilineutraalisuustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:4. Luettu 27.5.2024. [Hiilineutraalisuustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään \(valtioneuvosto.fi\)](#)

Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä ja maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta, HE 140/2022. [HE 140/2022 vp \(finlex.fi\)](#)

Hiilijalanjäljenlaskenta, verkkosivu, Vesitaito, Luettu 20.12.2023. [Rakennuksen hiilijalanjälkilaskenta - Vesitaito](#)

Hiilijalanjäljen laskenta -merkki, n.d. verkkosivut, Keskuskauppakamari. [Hiilijalanjälki laskettu –merkki KESKUSKAUPPAKAMARI](#)

Hiilijalanjäljenlaskennan periaatteet kohtuuhintaisessa vuokra- ja asumisoikeusasunto-tuotannossa, Opas kiinteistönomistajille, 19.4.2023, Kohtuuhintaisten vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajat - KOVA ry.

Hiilineutraali rakentaminen edellyttää alan yhteistyötä – ja se alkaa nyt, 26.5.2020, Verkkosivu, VTT, [Hiilineutraali rakentaminen edellyttää | VTT \(vttresearch.com\)](#)

Holopainen, R., Hekkanen, M., Hemmilä K., Norvasuo M., 2007, Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. VTT tiedote 2377. [Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit \[Energy renovation technologies and saving potentials of Finnish buildings\] \(vtt.fi\)](#)

Huttunen, V., Rivitaloyhtiön energiatehokkuuden parantaminen, 2013, Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu. [Rivitaloyhtiön energiatehokkuuden parantaminen - Theseus](#)

Ilmastolaki, 10.6.2022/423, 2022. [Ilmastolaki 423/2022 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Ilmastonmuutoksen syyt, verkkosivu, Euroopan komissio, Luettu 15.2.2024. [Ilmastonmuutoksen syyt \(europa.eu\)](#)

Ilmastonmuutos. Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä, Rakennustietosäätiö, 2020, RT-103170, Luettu 27.4.2024.

ISO 14064-3:2019. Greenhouse gases — Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements Luettu 29.5.2024 [ISO 14064-3:2019\(en\), Greenhouse gases — Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements](#)

Ju, Y., Lindholm, J., Verbeck, M., Jokisalo, J., Kosonen, R., Janßen, P., Li, Y., Schäfers, H. and Nord, N. Cost saving and CO2 emission reduction potential in German district heating system with demand response. Science and Technology for the Built Environment.28(2).2022.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23744731.2021.2018875>

Toissijainen lähde: Jokisalo, J., Lehtonen, M., Xiaolei Yuan, Y. J., Kosonen, R. 2023, Talotekniikka 2030. [TH2. Energiajoustavat rakennukset loppuraportti.pdf \(aalto.fi\)](#)

Kainulainen, J. Opas rakennusliikkeille GHG-protokollan mukaiseen kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan. 2023. [Julkaisun pääotsikko \(theseus.fi\)](#)

Kalliokoski Sanna, Edu House Oy, Kestävyysraportointidirektiivi (CSRD): ESRS1 + ESRS2 & olennaisuusanalyysi, Osa 2. Julkaistu EduHouse palvelussa / kuvattu 7.6.2023, Luettu: 25.4.2024.

Kangas, H.-L., Vainio, T., Sankelo, P., Vesanen, S., & Karhinen, S., 2020, Suomen korjausrakentamisen strategia 2020–2050 tavoitteiden laskenta ja aineisto. [Microsoft Word - Osaraportti 1 FV.docx \(ym.fi\)](#)

Kestävyysraportoinnin direktiivi voimaan 2024, 13.2.2023, verkkosivu, BureauVeritas. [Kestävyysraportoinnin direktiivi voimaan 2024 | finland \(bureauveritas.fi\)](#)

Koljonen, T., Lehtilä, A., Honkatukia, J., & Markkanen, J., 2022, Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ilmasto- ja energiapoliittisten toimien vaikutusarviot, Nro 402; VTT Technology, VTT Technical Research Centre of Finland. [VTT Technology 402: Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ilmasto- ja energiapoliittisten toimien vaikutusarviot](#)

Komission delegoitu asetus (EU) 2023/2772, 31.7.2023, Euroopan unionin virallinen lehti, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2013/34/EU täydentämisestä kestävyysraportointistandardien osalta, Luettu 30.5.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302772

Kunnan kaukolämmön päästöt 2023, Paikallisvoima, Luettu 5.3.2024. [TAMPERE - Kaukolämmön CO2-päästöt - Kaukolämmön päästölaskuri | Paikallisvoima \(klpaastolaskuri.fi\)](#)

Laskukaavat: Lämmin käyttövesi, 5.2.2024, verkkosivu, Motiva Oy. [Laskukaavat: Lämmin käyttövesi - Motiva](#)

Lähde, J., 2022, Hiilidioksidipäästöjen muodostuminen maanrakennusmateriaalien kuljetuksessa, Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202205036914>

Mikä ihmeen scope 1,2,3?. 30.3.2021, verkkosivu, GreenCarbon. [Green Carbon - Artikkelit - Scope 1,2,3](#)

Neuvosto hyväksyi energiatehokkuusdirektiivin, lehdistötiedote, 25.7.2023, verkkosivu, Euroopan unionin neuvosto. [Neuvosto hyväksyi energiatehokkuusdirektiivin - Consilium \(europa.eu\)](#)

Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO), Teknologian tutkimuskeskus VTT, Luonnonvarakeskus LUKE, Suomen ympäristökeskus SYKE, 2024, verkkosivu, Luettu 15.3.2024. [Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä \(PEIKKO\) | Tieto käyttöön \(tietokayttoon.fi\)](#)

Rakentamislaki liitelakeineen ja RYTJ-laki hyväksytty eduskunnassa, 23.1.2024, Rakennusteollisuus RT. [Rakentamislaki \(RakL\) liitelakeineen ja RYTJ-laki hyväksytty eduskunnassa \(kattoliitto.fi\)](#)

Rakentamislaki 751/2023, 2023. [Rakentamislaki 751/2023 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmä, Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22, Ympäristöministeriö. [Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmä \(valtioneuvosto.fi\)](#)

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin kansallinen toimeenpano käyntiin ennen kesää, 22.4.2024, Ympäristöministeriö, verkkotiedote, 2024. [Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin kansallinen toimeenpano käyntiin ennen kesää - Valtioneuvosto](#)

Ryhänen, J., Kiinteistöhuollon palvelutuotannon kasvihuonepäästöt Senaattikiinteistöissä, 2022, Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022060816466>

Salo, M., Heiskanen, E., Heikkinen, M., Heinonen, T., Jylhä, H., Kaljonen, M., Kautto, P., Lähteenmäki-Uutela, A., Matschoss, K., Meriläinen, T., Nissinen, A., Pyrhönen, T., Saarinen, M., Salminen, J., Salmivaara, L., Savolainen, H., Seppälä, J., Springare, S., Turunen, T., Vainio, A., Virkkunen, H. Ohjauskeinoja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjäljen pienentämiseen Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:47, 2023. Valtioneuvosto. [Ohjauskeinoja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjäljen pienentämiseen \(valtioneuvosto.fi\)](#)

Salovaara, M., Hiilijalanjäljen pienentämismahdollisuuksien tunnistaminen mediatalossa, 2014, Diplomityö, Ympäristötekniikan koulutusohjelma, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Diplomityö Salovaara Marjo.pdf \(lut.fi\)](#)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, 545/2015, 23.4.2015. [Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja... 545/2015 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 1352/2015, [Sosiaali- ja terveysministeriön asetus... 1352/2015 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#)

Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, GHG-Protocol. [Scope3 Calculation Guidance 0\[1\].pdf \(ghgprotocol.org\)](#)

Tietoa kotitalouksien jätehuollosta 2020, Jätteiden keräys kotitalouksista ja jätelajien vastaanottohinnat – julkaisu, KIVO Suomen kiertovoima ry, Luettu: 25.4.2024. [KIVO-ja-temaksut2019.pdf](#)

Vehosmaa, T., Sähköenergiankäytön tehostaminen kiinteistötoimialalla, 2008, Helsingin teknillinen korkeakoulu. <https://urn.fi/urn:nbn:fi:tkk-012348>

Vinkkejä taloyhtiölle energiansäästöön, 17.1.2023, verkkosivu, Motiva Oy. [Vinkkejä taloyhtiöille energiansäästöön - Motiva](#)

Yin, R. K., 1987, Case Study Research. Design and Methods. Beverly Hills, Ca.: Sage Publications 23s. Toissijainen lähde: Anttila, P., Tutkimisen taito ja tiedon hankinta, verkkosivu, Metodix, Luettu: 17.12.2023. [Pirkko Anttila: Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. – METODIX](#)

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, 4/13, 27.2.1013, Ympäristöministeriö. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/40799>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä, YM027:00/2021, Säädösvalmistelu, Ympäristöministeriö, Luettu 20.2.2024. [Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä - Ympäristöministeriö](#)

55-valmiuspaketti: tehdään rakennuksista ympäristöystävällisempiä, 2023, verkkosivu, Euroopan unionin neuvosto. [55-valmiuspaketti: tehdään rakennuksista ympäristöystävällisempiä - Consilium \(europa.eu\)](#)

LIITE A. KYSELY KIINTEISTÖNHUOLLOILLE



Kysely kiinteistöhuollon hiilijalanjäljestä liittyen KVPS-koti-kohteeseen vuodelta 2023

Hyvä kiinteistöhuollon edustaja

Kehitysvammaisten Palvelusäätiö / Tukena-säätiö selvittää osana vastuullisuustyötä omistamiensa kiinteistöjen käytönaikaista hiilijalanjälkeä. Selvitystyöhön tarvitaan tietoa kiinteistöhuoltojen hiilijalanjäljestä, joka kohdistuu kiinteistöhuollon huoltokohteena olevaan KVPS-kotiin. Tämä on osa kiinteistöhuollon ja tilaajan yhteistä sopimuksenmukaista laatutyötä ja siihen liittyvää raportointia. Käytönaikaisen hiilijalanjäljen selvitystyö toteutetaan osana diplomi-insinööryötä ja kyselyn anonyymit tulokset lähetetään pyydettyä vastaajille.

Pyydämme vastaamaan kyselyyn 15.1.2024 mennessä.

Kyselyyn liittyviä kysymyksiä voi esittää:

Kiitämme etukäteen vaivannäöstänne ja vastauksistanne.

1. Kiinteistöhuollon huoltokohteena oleva KVPS-koti ja osoite

2. Tehdäänkö yrityksessänne selvitystyötä yrityksen oman hiilijalanjäljen selvittämiseksi?

- Kyllä
- Ei
- Selvitystyö on tarkoitus aloittaa kolmen vuoden sisällä

3. Onko yrityksessänne tavoitteita ja keinoja, joilla se voi pienentää omaa hiilijalanjälkeänsä?

- Ei ole tavoitteita
- Ei ole keinoja
- Tavoitteemme ovat:
- Keinomme ovat:

4. Käytetäänkö yrityksenne työajoneuvoissa ja -koneissa paikannusjärjestelmää?

- Kyllä
- Ei
- Tulevina vuosina kyllä

Huoltoauton päästöt. Ajetut kilometrit KVPS-kodin kohteeseen vuonna 2023.

Ohje:

Kilometrit:

Huomioidaan kokonaiskilometrit, kun kohteelle siirrytään suoraan esimerkiksi toimistolta.

Siirtyessä toiselta kohteelta, huomioidaan puolet kilometreistä.

Huomioidaan myös ne kilometrit, joista on maksettu kilometrikorvaukset (omien ajoneuvojen käyttö).

Kokonaispolttoaineen määrä:

Suhteutetaan ostetun polttoaineen määrä ajettuihin kilometreihin (myös kilometrikorvatut).

Ilmoitetaan käytettyjen polttoaineiden määrien suhde toisiinsa; kuinka suuri osa ajoista on tehty fossiilisella / uusiutuvalla polttoaineella tai esim. sähköllä.

5. Kilometrit liittyen KVPS-kodin kohteeseen / vuosi

6. Polttoaineen määrä litroina liittyen KVPS-kodin kohteeseen / vuosi

7. Käytetty polttoaine

- Bensiini (fossiilinen)
 Diesel (fossiilinen)
 Biokaasu (uusiutuva)
 Sähkö

8. Käytettyjen polttoaineiden suhde (fossiilinen / uusiutuva / sähkö) %

**9. Huoltoajoneuvojen päästöt yhteensä vuodessa liittyen KVPS-kodin kohteeseen, kgCO₂e/v
(tämä vastauskenttä ei ole pakollinen)**

Työkoneiden päästöt (esim. asfaltin pesu, harjakone, lumenkuljetukset), pois lukien hiekoitus ja aeraus sekä siihen käytetty polttoaine (hiekoitus/aeraus käsitellään myöhemmin). Ajetut kilometrit KVPS-kodin kohteeseen ja kohteessa vuonna 2023.

Ohje:

Ajetut kilometrit ja/tai ajotunnit / kohde:

Huomioidaan kokonaiskilometrit / -ajotunnit kun kohteelle siirrytään suoraan esimerkiksi toimistolta. Siirtyessä toiselta kohteelta, huomioidaan puolet kilometreistä.

Kokonaispolttoaineen määrä

Suhteutetaan ostetun polttoaineen määrä ajettuihin kilometreihin/ajotunteihin. Ilmoitetaan käytettyjen polttoaineiden määrien suhde toisiinsa; kuinka suuri osa ajoista on tehty fossiilisella / uusiutuvalla polttoaineella tai esim. sähköllä.

10. Ajotunnit KVPS-kodin kohteessa / vuosi

11. Polttoaineen määrä litroina liittyen KVPS-kotien kohteeseen / vuosi

12. Käytetty polttoaine

- Bensiini (fossiilinen)
- Diesel (fossiilinen)
- Biokaasu (uusiutuva)
- Sähkö

13. Käytettyjen polttoaineiden suhde (fossiilinen / uusiutuva / sähkö) %

14. Työkoneiden päästöt yhteensä vuodessa liittyen KVPS-kodin kohteeseen, kgCO₂e/v (tämä vastauskenttä ei ole pakollinen)

Pienkoneiden (esim. ruohonleikkuri) päästöt KVPS-koti kohteessa vuonna 2023.

Ohje:

Ilmoitetaan myös suhde prosenteissa, kuinka paljon käytetystä polttoaineesta on fossiilista / uusiutuvaa.

15. Käytetyn polttoaineen määrä litroina liittyen KVPS-kodin kohteeseen / vuosi

16. Käytetty polttoaine

- Bensiini (fossiilinen)
- Diesel (fossiilinen)
- Biokaasu (uusiutuva)
- Sähkö

17. Käytettyjen polttoaineiden suhde (fossiilinen / uusiutuva / sähkö) %

18. Pienkoneiden päästöt yhteensä vuodessa liittyen KVPS-kodin kohteeseen, kgCO₂e/v (tämä vastauskenttä ei ole pakollinen)

19. Vuosittainen KVPS-kodit kohteeseen kulunut hiekoitussepin määrä (kg)

20. Käytetyn hiekotussepin päästökerroin (kg CO₂e/kg) KVPS-kodin kohteessa ja tieto mitä päästökerroin sisältää (jos tiedossa).

21. Hiekoitukseen ja auraukseen käytetty polttoaine ja määrä KVPS-kodin kohteessa litroina / vuosi.

Bensiini

Diesel

Biokaasu

Sähkö

22. Aurauksen ja hiekoituksen vuoksi ajettut kilometrit KVPS-kodit kohteeseen/kohteessa vuoden 2023 aikana

23. Ajoneuvotyyppi

24. Jätelaitokselle KVPS-kodit kohteesta toimitetun hiekoitussepin paino (kg) / vuodessa

25. Jätelaitoksen hiekoitussepin jätteen päästökerroin (jos tiedossa), kgCO₂e/kg

26. Haluamme että meille toimitetaan kyselyn anonyymit tulokset

Kyllä, sähköpostiosoitteeseen

Ei

LIITE B: CO₂E-PÄÄSTÖKERTOIMET

	Tuote	Päästökertoimet	Yksikkö		
Scope 2					
	Sähkö, Palvelurakennus 1	0,066	kg CO ₂ e/kWh		
	Sähkö, Palvelurakennus 2	0,066	kg CO ₂ e/kWh		
	Sähkö, Palvelurakennus 3	0,066	kg CO ₂ e/kWh		
	Lähteet:				
	Sähkön tuotannon ja -kulutuksen CO₂-päästöarviot - Fingrid				
	volyympainotettu keskiarvokerroin				
	Kaukolämpö, Palvelurakennus 1	0,0358	kg CO ₂ e/kWh		
	Kaukolämpö, Palvelurakennus 2	0,0303	kg CO ₂ e/kWh		
	Kaukolämpö, Palvelurakennus 3	0,0968	kg CO ₂ e/kWh		
	Lähteet:				
	Paikallisvoima Kaukolämmön päästölaskuri (kpaastolaskuri.fi)				
Scope 3					
	Kylmä vesi, Palvelurakennus 1, (jakelu ja tuotanto)	0,225	kg CO ₂ e/m ³		
	Kylmä vesi, Palvelurakennus 2, (jakelu ja tuotanto)	0,225	kg CO ₂ e/m ³		
	Kylmä vesi, Palvelurakennus 3, (jakelu ja tuotanto)	0,225	kg CO ₂ e/m ³		
	Jätevesi, Palvelurakennus 1, (siirto ja käsittely)	0,91	kg CO ₂ e/m ³		
	Jätevesi, Palvelurakennus 2, (siirto ja käsittely)	0,91	kg CO ₂ e/m ³		
	Jätevesi, Palvelurakennus 3, (siirto ja käsittely)	0,91	kg CO ₂ e/m ³		
	Lähteet:				
	https://laskurit.hiilineutraalisuomi.fi/vesihuki/				
	Suomen valtakunnallinen vertailukeskiarvo				

	Tuote	Päästökertoimet	Yksikkö		
Scou3					
	jätteet (kierrätettävät) ei sisällä kuljetusta				
	Kartonki ja pahvi	53,43	CO2ekv(kg/t)		
	Paperi	72,55	CO2ekv(kg/t)		
	Lasi	13,17	CO2ekv(kg/t)		
	Metalli	24,64	CO2ekv(kg/t)		
	Patterit / Akut	927,58	CO2ekv(kg/t)		
	Biojäte kompostiin	56,7	CO2ekv(kg/t)		
	Biojäte kaasutetuksi	119,3	CO2ekv(kg/t)		
	Muovijätteet	365,87	CO2ekv(kg/t)		
	Polttoon päättyvät jätteet, ei sisällä kuljetusta				
	Yhdyskuntajäte/sekajäte	400	CO2ekv(kg/t)		
	Muut sekapolttoaineet	1000	CO2ekv(kg/t)		
	Muovijätteet	1852,5	CO2ekv(kg/t)		
	Lähteet:				
	https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_ kehittaminen/Kiertotalous/Laskurit/Yhiilari				
	Ecoinvent tietokanta, versio 3.5, jätteenkäsittelyprosessit				
	Tilastokeskus 2019, Polttoaineluokitus, päivitetty 14.2.2019				
	https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html				
	Diesel polttoaineen käyttö	2,67	kg CO2e/l		
	Diesel Polttoaineen valmistus	0,57	kg CO2e/l		
	Bensiini Polttoaineen käyttö	2,42	kg CO2e/l		
	Bensiini Polttoaineen valmistus	0,46	kg CO2e/l		
	Lähteet:				
	https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_ kehittaminen/Kiertotalous/Laskurit/Yhiilari				
	SFS-EN 16258 ja SFS-EN 16257				
	VTT 2017. Lipasto yksikköpäästötiedot vuodelta 2017. http://lipasto.vtt.fi/ , vierailtu 4.11.2019				
	Ecoinvent 3.5 tietokantatietoja polttoaineiden valmistuksille, OpenLCA, 1.8, ReCiPe 2016 midpoint H, no alloc.				
	työmatkustus auto km perusteinen	0,176	kg CO2e/km		
	Lähde:				
	Ympäristö - VR				
	DEFRA 2022, Passenger vehicles, medium car, unknown fuel (petrol&diesel)), laskennassa oletuksena on 1 matkustaja/ajoneuvo. DEFRA:n km-perusteinen päästökertoin on jaettu Traficomin tutkimuksen tuoreimman henkilömääräoletuksen mukaan, joka on vuonna 2021 ollut Suomessa 1,6 henkilöä/henkilöauto.				
	Junamatka	1,5	g CO2e/hkm		
	Ympäristö - VR				
	VR Groupin vuosiraportti 2022 (vrgroupraportti.fi)				
	https://2022.vrgroupraportti.fi/fi/				
	Sepeli, hiekoitus	0,006	kg CO2e/kg		
	Lähde:				
	Infrarakentamisen päästötietokanta (co2data.fi)				

LIITE C. PALVELU- JA ASUINRAKENNUSTEN VERTAILU

Sijaintipaikkakunta 1	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kulutus/m ² /a	kulutus/m ² /a	kulutus/m ² /a
	Palvelurakennus 1	Kerrostalo 1	Luhtitalot 1	Palvelurakennus 1	Kerrostalo 1	Luhtitalot 1
Scoup 2	4,98	4,27	5,25	0,14	0,08	0,11
Lämmitys (kaukolämpö)	4,98	4,27	5,25	0,14	0,08	0,11
Scoup 3	3,27	3,64	4,45	8,26	6,39	8,69
Kylmä vesi ja jätevesi	1,02	1,49	2,06	0,90	0,91	1,40
Jätteet	2,25	2,15	2,39	7,36	5,48	7,29
Scoup 2 ja Scoup 3	8,25	7,92	9,70	8,40	6,47	8,80

Sijaintipaikkakunta 2	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kulutus/m ² /a	kulutus/m ² /a	kulutus/m ² /a
	Palvelurakennus 2	Kerrostalo 2	Luhtitalot 2	Palvelurakennus 2	Kerrostalo 2	Luhtitalot 2
Scoup 2	6,64	3,61	4,45	0,07	0,08	0,11
Lämmitys (kaukolämpö)	6,64	3,61	4,45	0,07	0,08	0,11
Scoup 3	4,60	3,64	4,45	11,74	6,39	8,69
Kylmä vesi ja jätevesi	1,16	1,49	2,06	1,02	0,91	1,40
Jätteet	3,44	2,15	2,39	10,71	5,48	7,29
Scoup 2 ja Scoup 3	11,25	7,26	8,89	11,80	6,47	8,80

Sijaintipaikkakunta 3	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kgCO ₂ e/m ² /a	kulutus/m ² /a	kulutus/m ² /a	kulutus/m ² /a
	Palvelurakennus 3	Kerrostalo 3	Luhtitalot 3	Palvelurakennus 3	Kerrostalo 3	Luhtitalot 3
Scoup 2	16,63	11,55	14,21	0,17	0,08	0,11
Lämmitys (kaukolämpö)	16,63	11,55	14,21	0,17	0,08	0,11
Scoup 3	3,21	3,64	4,45	7,91	6,39	8,69
Kylmä vesi ja jätevesi	1,02	1,49	2,06	0,90	0,91	1,40
Jätteet	2,19	2,15	2,39	7,01	5,48	7,29
Scoup 2 ja Scoup 3	19,85	15,19	18,65	8,08	6,47	8,80