Yritystason hiilijalanjälkilaskennan haasteet rakennusliikkeen näkökulmasta

Mika Vainionpää

Opinnäytetyö, ylempi AMK
Joulukuu 2025
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma (YAMK)

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences

jamk

Kuvailulehti

Vainionpää, Mika

Yritystason hiilijalanjälkilaskennan haasteet rakennusliikkeen näkökulmasta

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2025, 87 sivua.

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö ylempi AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksen torjunnassa kasvihuonekaasujen päästövähennykset ovat olennainen toimenpide. Rakennusalalla on merkittävä rooli sekä päästöjen muodostumisessa että vähennystoimissa. Yritystason hiilijalanjälkilaskenta on keskeinen väline päästölähteiden tunnistamisessa, päästökehityksen seurannassa ja päästövähennystoimenpiteiden kohdentamisessa. Rakennusliikkeen näkökulmasta laskentaan liittyy kuitenkin merkittäviä käytännön haasteita. Erityisesti epäsuorien päästöjen suuri osuus, monimutkaiset toimitusketjut sekä hajautunut lähtödata vaikeuttavat laskennan toteutusta ja tulosten vertailtavuutta.

Työn toimeksiantaja oli Rakennusliike Lapti Oy, ja työn tavoitteena oli selvittää, millaisia haasteita yritystason hiilijalanjälkilaskentaan liittyy rakennusliikkeen näkökulmasta, miten näitä haasteita voidaan ratkaista sekä miten laskenta voidaan toteuttaa luotettavasti GHG-protokollan mukaisesti. Lisäksi tavoitteena oli tunnistaa keskeiset päästölähteet, kartoittaa laskennassa tarvittavien lähtötietojen ja päästökertoimien lähteet sekä arvioida tietojärjestelmien kehittämistarpeita hiilijalanjälkilaskennan näkökulmasta.

Työ toteutettiin tutkimuksellisena kehittämistyönä, jossa yhdistettiin teoreettinen viitekehys ja yrityksen käytännön toiminnan analyysi. Teoreettinen osuus perustui ilmastonmuutoksen syihin ja vaikutuksiin sekä erityisesti GHG-protokollan standardeihin. Empiirisessä osuudessa hyödynnettiin laadullista analyysiä ja sisällönanalyysiä yrityksen taloushallinnon, hankinnan ja tuotannonhallinnan järjestelmien raporttien analysoinnissa.

Työn tuloksena tunnistettiin keskeisimmät yritystason hiilijalanjälkilaskennan haasteet, jotka liittyivät erityisesti toimintotietojen saatavuuteen ja laatuun, päästökertoimien valintaan ja tietojärjestelmätarpeisiin. Työssä laadittiin yritykselle hiilijalanjälkilaskennan määrittelymalli, jonka perusteella yrityksen päästölähteet, laskentaperusteet ja tietolähteet voidaan kuvata yhdenmukaisesti, ja jonka perusteella laskenta on toistettavissa ja vertailukelpoinen eri vuosien välillä.

Johtopäätöksenä todettiin, että rakennusliikkeen näkökulmasta onnistunut yritystason hiilijalanjälkilaskenta vaatii tarkat määrittelyt ja tietojärjestelmien määrätietoista kehittämistä sekä materiaalitoimittajien että alihankkijoiden vahvaa osallistamispanosta.

Avainsanat (asiasanat)

Ilmastonmuutos, GHG-protokolla, hiilijalanjälki, kasvihuonekaasupäästöt, ilmastolaki, kestävyysraportointi

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Sivuja: 61+26 liitteet
Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 31.12.2035

Vainionpää Mika

Challenges of Corporate-Level Carbon Footprint Accounting from the Perspective of a Construction Company

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2025, 87 pages

Engineering and Technology. Construction Engineering Degree Program. Master's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

In climate change mitigation, reducing greenhouse gas emissions is a key measure. The construction sector plays a significant role both in the generation of emissions and in mitigation actions. Corporate-level carbon footprint accounting is a central tool for identifying emission sources, monitoring emission trends, and targeting emission reduction measures. From the perspective of construction companies, however, carbon footprint accounting involves persistent practical challenges. In particular, the large share of indirect emissions, complex supply chains, and fragmented source data complicate the implementation of calculations and reduce the comparability of results.

The objective of this thesis was to examine the challenges related to corporate-level carbon footprint accounting from the perspective of construction companies and to assess how these challenges can be addressed in order to implement reliable calculations in accordance with the GHG Protocol. In addition, the aim was to identify key emission sources, map potential sources for activity data and emission factors required for the calculations, and evaluate information system needs from the perspective of carbon footprint accounting.

The study was conducted as a research-based development project combining a theoretical framework with an analysis of the company's practical operations. The theoretical part was based on the causes and impacts of climate change, with a particular focus on the standards of the GHG Protocol. The empirical part applied qualitative analysis and content analysis to reports derived from the company's financial management, procurement, and production management systems.

As a result of the study, the most significant challenges related to corporate-level carbon footprint accounting were identified. These challenges are primarily associated with the availability and quality of activity data, the selection of appropriate emission factors, and the development needs of information systems. Based on the findings, a carbon footprint accounting framework was developed for the company, defining emission sources, calculation principles, and data sources in a consistent manner. This framework enables the calculation to be repeatable and comparable across different reporting years.

In conclusion, from the perspective of a construction company, successful corporate-level carbon footprint accounting requires precise definitions, systematic development of information systems, and strong engagement from material suppliers and subcontractors.

Keywords/tags (subjects)

climate change, ghg protocol, carbon footprint, greenhouse gas emissions, climate act, sustainability reporting

Miscellaneous (Confidential information)

Pages: 61 + 26 appendices
Appendices 1 and 2 are confidential and have been removed from the public version of the thesis. The legal basis for confidentiality is Section 24, subsection 17, of the Finnish Act on the Openness of Government Activities (621/1999)

Sisältö

1 Johdanto ... 4
2 Kehittämistyön tavoitteet, menetelmät ja toimeksiantaja ... 5
2.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus ... 5
2.2 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuskysymykset ... 5
2.3 Työn toimeksiantaja ... 6
3 Ilmastonmuutos ... 8
3.1 Ilmastonmuutoksen ilmeneminen ja vaikutukset ... 8
3.2 Ilmastonmuutoksen syyt ja merkittävimmät kasvihuonekaasut ... 11
3.3 Kasvihuonekaasujen vaikutusmekanismi ilmastoon ... 13
3.4 Merkittävimmät päästölähteet ... 15
3.5 Ilmastonmuutoksen hillintä ... 17
4 Hiilijalanjälkeen liittyvät lainsäädännölliset ja vapaaehtoiset ohjausmekanismit ... 20
4.1 Ilmastosopimukset ... 20
4.2 Euroopan unionin ilmastolaki ... 21
4.3 EU:n päästökauppajärjestelmä (EU ETS) ... 21
4.4 EU-taksonomia ... 22
4.5 Vihreän kehityksen ohjelma - Green Deal ... 24
4.6 Suomen ilmastolaki ... 26
4.7 Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) ... 26
4.8 Kestävyysraportointi (CSRD) ... 27
4.9 Vapaaehtoinen kestävyysraportointi VSME ... 30
4.10 SBTi ... 31
5 GHG-protokollan mukainen hiilijalanjäljen laskenta ... 33
5.1 GHG-protokollan taustaa ... 33
5.2 GHG-protokollan julkaisemat standardit ... 34
5.3 GHG-protokollan mukaisen laskennan periaatteet ... 36
5.4 Laskennan rajaukset ... 38
5.5 Kasvihuonekaasupäästöjen lähteiden tunnistaminen ja päästöluokitukset ... 39
5.6 Laskennan lähtötiedot, päästökertoimet ja laskenta ... 42
6 Kehittämistyön tulokset ja haasteet ... 46
6.1 Kehittämistyön tulokset ... 46
6.2 Kehittämistyössä esille tulleet haasteet ... 47

7 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset ... 52
7.1 Johtopäätökset ja pohdinta ... 52
7.2 Kehittämisehdotukset ... 53
7.3 Luotettavuus ja eettisyys ... 54
Lähteet ... 56
Liitteet ... 62
Liite 1. Hiilijalanjälkilaskennan määrittelyt (salassa pidettävä) ... 62
Liite 2. Aineistohavainnot (salassa pidettävä) ... 64

Kuviot

Kuvio 1. Rakennusliike Lapti Oy:n aluejako ja aluetoimistot ... 7
Kuvio 2. Hiilidioksidimäärän vaihtelu (Lindsey 2025) ... 12
Kuvio 3. Hiilidioksidin määrän kasvu esiteollisesta ajasta (Lindsey 2025) ... 12
Kuvio 4. Rakennetun ympäristön elinkaaren hiilijalanjälki, luvut ktCO_2-e (Laine ym. 2024, 27) 16
Kuvio 5. Vihreän kehityksen ohjelma (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 3) ... 25
Kuvio 6. GHG-protokollan mukainen jaottelu suoriin ja epäsuoriin päästölähteisiin (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard 2011, 7) ... 40
Kuvio 7. Päästökertoimien hierarkia (Siitonen 2024) ... 43

Taulukot

Taulukko 1. Yleisimmät kasvihuonekaasut (IPCCe, 1017 muokattu) ... 15
Taulukko 2. Rakentamisen päästövähennystoimenpiteet ja vaikutukset (Laine ym. 2024, 47) 19
Taulukko 3. ESRS-standardit, koostettu EFRAG:n standardeista (Draft Simplified ESRS 2025) . 28
Taulukko 4. Konsolidointitavat (Kainulainen 2023, 9) ... 38
Taulukko 5. Konsolidointitavat ja esimerkit jako-osuuksista (Kainulainen 2023, 10) ... 39
Taulukko 6. GHG-protokollan mukaiset päästöluokat (taulukko koostettu lähteistä Corporate Accounting and Reporting Standard 2004; Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard 2011, 72-73) ... 41
Taulukko 7. Scope 1 ja 2 laskentaan tarvittava data jaoteltuna primääri- ja sekundäärilähteisiin (Kainulainen 2023, 16) ... 42
Taulukko 8. Päästökertoimet Gyproc GN 13 -kipsilevyn EPD:ssä (EPD Gyproc GN13, 12) ... 44
Taulukko 9. Esimerkki CO2data.fi-päästötietokannasta saatavasta kipsilevyn päästökertoimesta (CO2data.fi) ... 44
Taulukko 10. Esimerkki erilaisista materiaalinimikkeistä ... 48

Taulukko 11. Esimerkki materiaalin erilaisista kauppanimikkeistä. 48
Taulukko 12. Erilaisia kipsilevytyyppejä, kauppanimikeitä ja kokoja 49
Taulukko 13. Erilaisia yksiköitä ja yksikkömuunnoksia 49
Taulukko 14. EPD:n mukainen ja geneerinen päästökerroin..... 50
Taulukko 15. Maksueräpohjaiset toimitukset 50

1 Johdanto

Ilmastonmuutos on yksi keskeisimmistä ihmiskunnan globaaleista haasteista, ja sen hillitseminen edellyttää merkittäviä päästövähennyksiä kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Rakennettu ympäristö on maailmanlaajuisesti, ja myös Suomessa, merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen lähde, sillä päästöjä syntyy sekä rakennusten käytönaikaisesta energiankulutuksesta että rakentamisen materiaalien valmistuksesta, kuljetuksista ja työmaatoiminnoista. Rakennusalalla on merkittävä rooli sekä päästöjen hillitsemisessä että päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa.

Ilmastonmuutoksen torjuntaa ohjaavat kansainväliset ja kansalliset lait sekä ilmastotavoitteet, kuten Pariisin ilmastosopimus, Euroopan unionin ilmastolaki sekä Suomen ilmastolaki. Näiden tavoitteiden myötä yrityksiltä edellytetään yhä systemaattisempaa ja läpinäkyvämpää tapaa tunnistaa, mitata ja vähentää toiminnastaan aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Erityisesti rakennusliikkeille tämä tarkoittaa tarvetta kehittää päästölaskennan ja -vähennysten hallintaa, huomioiden moninaiset toimittajaketjut, etenkin kun merkittävä osa päästöistä syntyy epäsuorasti alihankinnan ja materiaalien kautta.

Yritystason hiilijalanjälkilaskenta mahdollistaa yrityksen päästölähteiden tunnistamisen, päästöjen kehityksen seurannan sekä päästövähennystoimenpiteiden kohdentamisen merkityksellisimpiin päästölähteisiin. Hiilijalanjälkilaskenta toimii myös oleellisena perustana yrityksen vastuullisuusraportoinnille mahdollistaen ympäristötavoitteiden strategisen päätöksenteon sekä osaltaan vastaa tilaajaorganisaatioiden tarpeisiin. Viime vuosina laskennan merkitys on korostunut entisestään EU-tasoisen sääntelyn myötä; erityisesti kestävyysraportointidirektiivin (CSRD) ja kestävän rahoituksen taksonomian velvoittavuuden kautta.

Rakennusliikkeen näkökulmasta yritystason hiilijalanjälkilaskentaan liittyy kuitenkin useita käytännön haasteita. Rakennushankkeiden sisällöt vaihtelevat, erilaisia materiaaleja ja alihankintoja on paljon ja lisäksi alihankintojen sisällöt vaihtelevat eri hankkeissa. Ongelmaksi muodostuu, että käytettävä laskentadata on hajautunut useisiin tietojärjestelmiin, kuten taloushallinnon, hankinnan ja työmaan eri järjestelmät sekä osaltaan dataan, joka on saatavilla vain tavarantoimittajalta tai aliurakoitsijalta. Tämän vuoksi laskennan lähtödatan määrittely- ja laskentamenetelmien vakioiminen myös vertailtavuuden ja toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioimiseksi on ensiarvoisen tärkeää.

2 Kehittämistyön tavoitteet, menetelmät ja toimeksiantaja

2.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön aihe valikoitui toimeksiantajan tarpeesta laskea yritystason hiilijalanjälki osana ympäristövastuullisuutta. Rakennusliikkeen toiminnasta merkittävä osa kasvihuonekaasupäästöistä syntyy epäsuorasti materiaalien ja alihankinnan kautta, mikä tekee yritystason hiilijalanjälkilaskennasta menetelmällisesti haastavaa.

Työn tavoitteena on selvittää mitä haasteita hiilijalanjälkilaskentaan liittyy rakennusliikkeen näkökulmasta, miten ne on ratkaistavissa, tunnistaa yrityksen keskeiset päästölähteet, määritellä hiilijalanjäljen laskentaperusteet sekä kartoittaa päästökertoimien ja määrädatan lähteet. Lisäksi työn tarkoituksena on arvioida järjestelmien kehittämistarpeita laskennan näkökulmasta. Hiilijalanjälkilaskennan perusteella yritys tunnistaa päästölähteensä, voi asettaa päästövähennystavoitteensa sekä kohdentaa vähennystoimenpiteet merkityksellisiin päästölähteisiin. Aihe rajautuu yritystason hiilijalanjälkilaskennan kehittämiseen rakennusliikkeen näkökulmasta GHG-protokollan mukaisesti, eikä työssä tarkastella laskennan lopputulosta.

Työn lopputuloksena syntyy hiilijalanjälkilaskennan määrittelymalli, jossa on esitetty yrityksen päästölähteet, laskentadatan saatavuus ja tietojärjestelmien sekä toiminnan kehittämistarpeet, ja jonka avulla yrityksen hiilijalanjälkilaskenta on toistettavissa ja vertailukelpoinen eri vuosien välillä. Työn määrittelyjen perusteella toteutetaan lopullinen yritystason hiilijalanjälkilaskenta ja laskennan tuloksia hyödynnetään vastuullisuusjohtamisessa ja -raportoinnissa.

2.2 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyö toteutetaan tutkimuksellisena kehittämistyönä, jossa yhdistetään teoreettinen tietoperusta ja yrityksen toiminnan kehittäminen. Tutkimukselliseen kehittämistyöhön kuuluu käytännön ongelmien ratkaisua ja uusien ideoiden sekä käytäntöjen tuottamista ja toteuttamista, tarkoituksena kehitellä ja ottaa käyttöön ratkaisuja etsimällä parempia vaihtoehtoja ja viemällä asioita käytännössä eteenpäin (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 19).

Teoreettinen viitekehys pohjautuu erityisesti GHG-protokollan standardeihin sekä yritystason hiilijalanjälkilaskentaa koskevaan kirjallisuuteen. Teoriaosiossa käsitellään kasvihuonekaasujen roolia ilmastonmuutoksessa sekä ilmastonmuutoksen keskeisiä syitä ja seurauksia. Lisäksi tarkastellaan lainsäädännöllisten ja vapaaehtoisten ohjauskeinojen merkitystä hiilijalanjäljen muodostumiseen ja päästöjen vähentämiseen.

Tutkimusmenetelminä hyödynnetään laadullista analyysia ja sisällönanalyysiä yrityksen eri tietojärjestelmistä saataviin aineistoihin, kuten taloushallinnon raportit, tuotannonhallintajärjestelmä, hankintadokumentit ja energiankulutustiedot. Lisäksi esille tulevia detaljitason tietotarpeita täydennetään tarvittaessa yrityksen sisäisille ja ulkoisille asiantuntijoille esitetyillä kohdennetuilla kysymyksillä, joiden perusteella voidaan paremmin määritellä järjestelmän tietotarpeet ja -lähteet.

Tutkimuksessa haetaan vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten rakennusliikkeen hiilijalanjälki voidaan laskea luotettavasti yritystasolla GHG-protokollan mukaisesti?
2. Mistä lähteistä hiilijalanjälkilaskennan edellyttämät lähtötiedot saadaan ja mitä haasteita niiden hyödyntämiseen liittyy?
3. Miten hiilijalanjälkilaskenta voidaan kytkeä osaksi yrityksen johtamista ja vastuullisuusraportointia?

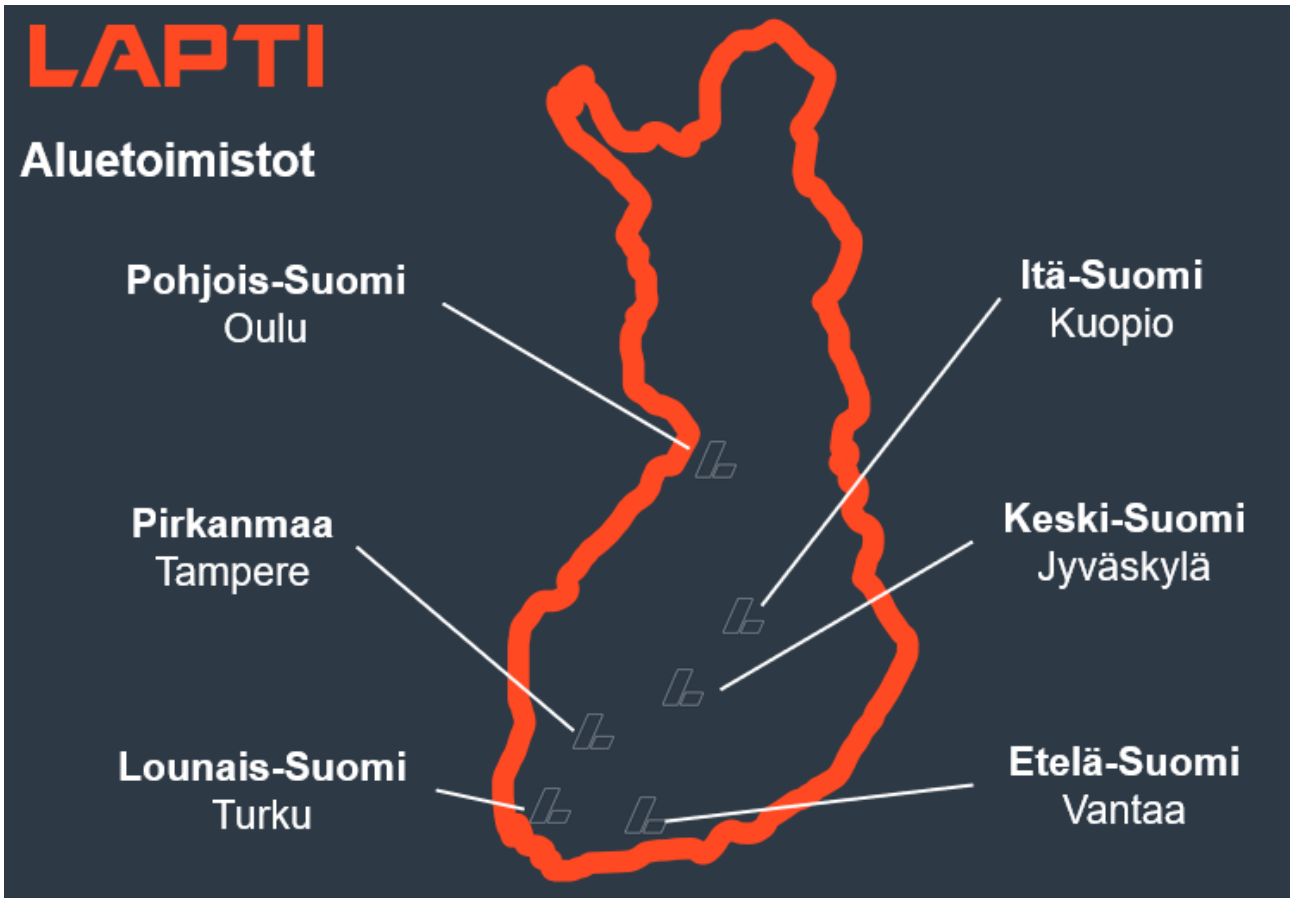
2.3 Työn toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Rakennusliike Lapti Oy, joka on Harjavalta-konserniin kuuluva suomalainen rakennusalan yritys. Lapti on perustettu vuonna 2000, ja varsinainen rakennusliiketoiminta käynnistyi vuonna 2008. Yhtiön toiminta-alue kattaa koko Suomen, ja sillä on kuusi aluetoimistoa eri puolilla maata. Kuviossa 1 esitetty Laptin aluetoimistot. Vuonna 2024 Laptin liikevaihto oli 226 miljoonaa euroa ja henkilöstömäärä 368.

Laptin toiminta on aiemmin painottunut omaperusteiseen asuntotuotantoon sekä hoivarakentamiseen, mutta markkinatilanteen muutosten myötä painopiste on siirtynyt yhä vahvemmin urakointiliiketoimintaan. Lapti on rakentanut useita KVR-mallilla toteutettuja koulu-, hoiva-, ja päiväkotihankkeita eri puolilla Suomea, sekä erityisen vaativia kohteita, kuten esimerkiksi allianssimallilla toteutetut Kuopion yliopistollisen sairaalan uudis- ja korjausrakennushankkeet.

Lapti on määritellyt vastuullisuuden yhdeksi strategisista kärkihankkeistaan (Lapti Green Building Council Finlandin jäseneksi 2025), ja yhtiö on julkaissut useana vuonna vastuullisuusraportteja, joissa käsitellään vastuullisuustavoitteita ja -toimenpiteitä. Yksi keskeisistä vastuullisuusteemoista on ympäristövastuu, johon olennaisesti liittyy toiminnan hiilijalanjäljen pienentäminen (Vastuullisuus Laptilla n.d.). Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ja arvioidaan yritystason hiilijalanjälkilaskennan toteuttamiseen soveltuvia malleja tämän tavoitteen tukemiseksi.

Rakennusliike Lapti Oy on Green Building Council Finlandin jäsen. Jäsenyyden kautta yritys sitoutuu edistämään hiilineutraalia, kiertotalouteen perustuvaa ja kestävää rakennettua ympäristöä, joka tukee ihmisten hyvinvointia ja laadukasta elinympäristöä. (Lapti Green Building Council Finlandin jäseneksi 2025; Vastuullisuusraportti 2024, 8).



Kuvio 1. Rakennusliike Lapti Oy:n aluejako ja aluetoimistot

3 Ilmastonmuutos

3.1 Ilmastonmuutoksen ilmeneminen ja vaikutukset

Ilmastonmuutos tarkoittaa ihmisen toiminnan aiheuttamaa ilmakehän koostumuksen muutosta, joka voimistaa kasvihuoneilmiötä ja lämmittää ilmastoa luonnollista vaihtelua enemmän (Ilmastolaki 423/2022, 6 §). IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) eli hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin kuudennen arviointiraportin (2021) mukaan maapallon keskilämpötila on noussut noin 1,1 °C esiteolliseen aikaan verrattuna, ja lämpeneminen on yksiselitteisesti seurausta ihmisen aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä (Climate Change 2021, 4–5). Pohjoisilla alueilla, kuten Suomessa, lämpötilan nousu on erityisen voimakasta. Raportin mukaan arktinen alue lämpenee useita kertoja nopeammin kuin maapallo keskimäärin, mikä näkyy talvien leudontumisena, lumipeitteen vähenemisenä, routajaksojen lyhenemisenä ja jäätymis-sulamissyklejä lisäävänä sään vaihteluna (Climate Change 2021, 12), ja sillä on suoria vaikutuksia esimerkiksi rakennusten ja infrastruktuurin kestävyyteen (Climate Change 2021, 4–5).

IPCC:n kuudennen raportin (2021) mukaan ilmastojärjestelmässä tapahtuneiden viimeaikaisten muutosten laajuus kokonaisuudessaan, ja monien ilmastojärjestelmän osa-alueiden nykytila, on ennennäkemätön verrattuna aikaisempiin vuosisatoihin ja -tuhansiin. Ihmisen aiheuttama ilmastonmuutos vaikuttaa jo moniin sään ja ilmaston ääri-ilmiöihin kaikkialla maailmassa. Havaitut muutokset ääri-ilmiöissä, kuten helleaallot, rankkasateet, kuivuusjaksot ja trooppiset syklonit, ja erityisesti ihmisen toiminnan vaikutus niihin, ovat vahvistuneet edellisen viidennen raportin jälkeen. (Climate Change 2021, 8.)

Suomi sijaitsee pohjoisilla leveysasteilla, minkä vuoksi ilmaston lämpeneminen on täällä selvästi globaalia keskiarvoa voimakkaampaa. Valtioneuvoston julkaisun, *Ilmastonmuutoksen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa,* mukaan Suomi lämpenee noin kaksinkertaisella nopeudella maapallon keskiarvoon nähden, mikä näkyy erityisesti talvikauden lämpötilojen nousuna, pakkasjaksojen lyhenemisenä ja lumipeiteajan vähenemisenä (Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa 2023, 20–25). Talvien lauhtuminen muuttaa routaa, lisää nollan molemmin puolin sahaavaa lämpötilavaihtelua ja kasvattaa rakenteiden kosteus- ja pakkasrasituksia. Samalla sateisuus kasvaa erityisesti talviaikaan, ja vuorokausisateiden sekä rankkasateiden ääriarvot voimistuvat, vaikka vuosittainen vaihtelu säilyy suurena (mts. 32). Kesäkaudella helleaallot pitenevät ja

yleistyvät (mts. 30–32), mikä lisää lämpökuormitusta sekä ihmisille (mts. 94) että rakennetuille ympäristöille (mts. 93). Merialueilla jääpeitteen lyheneminen, merenpinnan nousu ja rankkojen tuulien lisääntymiseen liittyvä aaltoilu muuttavat rannikkoalueiden riskejä, vaikka maankohoaminen osin tasapainottaa merenpinnan nousun vaikutuksia (mts. 45).

Ilmastonmuutoksen vaikutukset kohdistuvat Suomessa laaja-alaisesti sekä luonnonympäristöön että yhteiskunnan toimintoihin. Ekosysteemeissä lämpötilan nousu, vuodenaikaisrytmin muutokset ja pakkaskausien vähentyminen aiheuttavat muutoksia luonnon monimuotoisuuteen ja luonnonympäristöön (Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa 2023, 48).

Metsäekosysteemeissä riskejä kasvattavat lämpenevät kesät, kuivuusjaksot ja erilaiset tuholaisten sekä sienitautien yleistyminen, jotka voivat lisätä sekä lahovaurioita että laaja-alaisia metsätuhoja (Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa 2023, 56). Metsissä lämpenevä ilmasto pidentää kasvukautta ja nopeuttaa puuston kasvua, mutta lisää samalla tuho-hyönteisten, kuten kirjanpainajan, esiintyvyyttä ja riskiä metsätuhoihin (Metsänjalostus ja ilmastonmuutos n.d.).

Ilmastonmuutos muuttaa Suomessa metsien lisäksi vesiekosysteemien toimintaa. Sisävesissä ja Itämerellä veden lämpeneminen heikentää happipitoisuutta, lisää rehevöitymisherkkyyttä ja muuttaa kalakantojen rakennetta, ja nämä ilmiöt ovat jo havaittavissa (Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa 2023, 57–58; Virtanen 2023). Järvissä lämpötilojen nousu muuttaa ekologiaa ja altistaa vesistöt rehevöitymiselle (Ilmastonmuutos lisää vesistöjen kuormitusta 2021). Lämpeneminen vaikuttaa myös kalakantoihin; esimerkiksi viileän veden lohikalat kärsivät yli 20 asteen lämpötilassa (Tummuvat vedet, lisääntyvä valunta ja kohoavat lämpötilat – ilmastonmuutos vaikuttaa kaloihin elinympäristöjen kautta 2024). Suomen ilmastopaneelin raportin (2021) mukaan ilmastonmuutos vaikuttaa myös maamme vesien lämpötiloihin ja vaikuttaa kalalajistoon. Lämpötilojen vaihtelu vaikuttaa vesistön happitasoon, hapetuspelkistyspotentiaaliin, veden sekoittumiseen ja järvien kerrostuneisuuteen, sekä eliöiden kasvuun. Lämpötilojen nousu lisää myös rehevöitymistä ja leväkukintoja sekä myös bakteeri- ja sienipitoisuuksia. Sateiden lisääntyessä myös ravinto- ja kiintoaineiden valumat voivat lisääntyä. Kuivuus tai runsaat pohjavesiin johtuvat pintavedet heikentävät pohjaveden laatua. Ääriolosuhteiden lisääntyessä hulevesiongelmat

ja erilaiset häiriötilanteet voivat lisääntyä. Lumi- ja vesitilanteen sekä roudan muutokset vaikuttavat myös vesistöjen säännöstelyihin. (Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet 2021, 21.) Näiden yhteisvaikutusten seurauksena sekä metsien elinvoimaisuus että järvien ekologinen tasapaino voivat muuttua merkittävästi tulevina vuosikymmeninä.

Rakennettuun ympäristöön kohdistuvat vaikutukset ovat merkittäviä erityisesti sään ääri-ilmiöiden yleistyessä. Rankkasateiden voimistuminen kasvattaa hulevesitulvien riskiä kaupunkialueilla ja lisää rakennusten kosteus- ja sisäilmariskejä, kun taas talviset lämpötilanvaihtelut altistavat rakenteita toistuville jäätymis-sulamisrasituksille (Annila, Hietala, Lahdensivu, Pakkala, Koskivuori, Nöjd, & Vanha-Viitakoski 2024, 32–41). Lämpökuormituksen kasvu lisää jäähdytyksen tarvetta, mikä vaikuttaa rakennusten energiatehokkuuteen ja järjestelmäratkaisuihin (Annila ym. 2024, 30). Myrskytuulet, viistosade ja merenpinnan nousun aiheuttamat tulvariskit puolestaan korostuvat rannikkoalueilla ja edellyttävät rakennus- ja infrastruktuurisuunnittelulta uutta varautumistasoa (Annila ym. 2024, 32–34).

Yhteiskunnalliset vaikutukset liittyvät erityisesti terveyteen, kriittiseen infrastruktuuriin ja talouteen. Hellejaksot lisäävät sairastavuutta ja kuolleisuutta erityisesti ikääntyvässä väestössä, ja kosteusvaurioihin liittyvät sisäilmaongelmat voivat voimistua ilmasto-olosuhteiden muuttuessa (Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa 2023, 95). Energiantuotanto ja sähköverkot altistuvat yhä useammin sääilmiöiden aiheuttamille häiriöille, ja maataloudessa kuivuus, rankkasateet ja lämpöstressi kasvattavat satovaihtelua ja vaikuttavat ruokaturvaan (Virtanen 2023, 13–14; Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa 2023, 61–70). Logistiikka- ja liikennejärjestelmät kohtaavat uusia haasteita routavaurioiden, rankkasateiden ja tulvien kautta, mikä korostaa ilmastokestävän suunnittelun merkitystä (Virtanen 2023, 2.4–2.5).

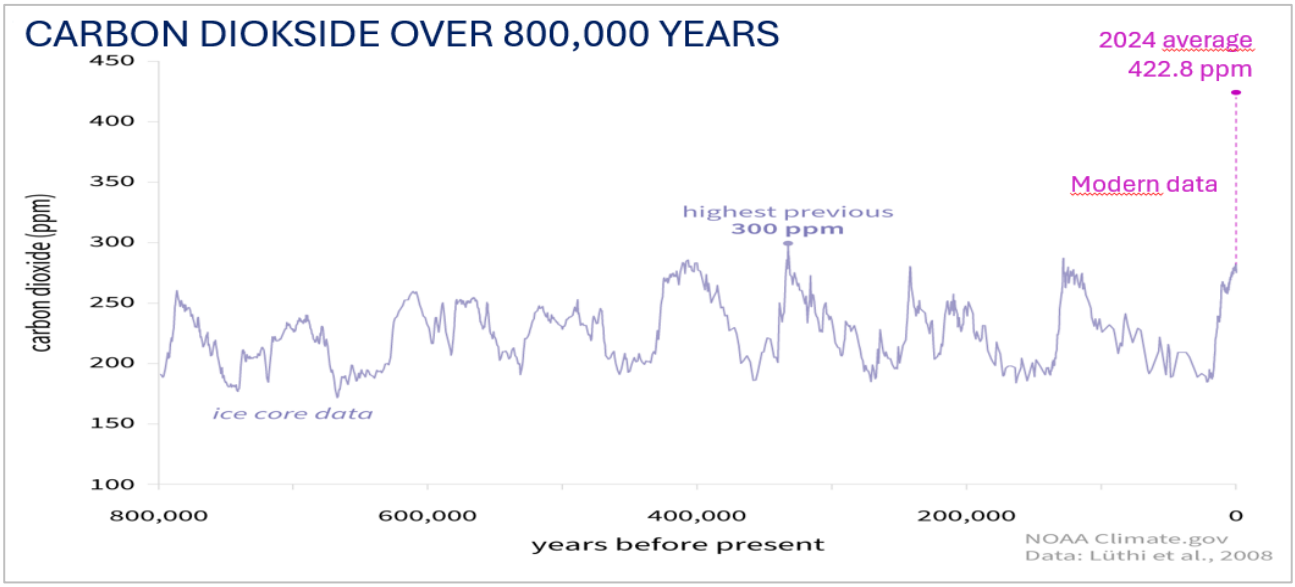
IPCC:n mukaan (2022) ilmastonmuutos on vaikuttanut maailmanlaajuisesti ihmisten fyysiseen sekä psyykkiseen terveyteen. Kaikilla alueilla äärimmäiset helleilmiöt ovat johtaneet ihmisten sairastuvuuteen ja kuolleisuuteen. Ilmastonmuutos on vaikuttanut myös siten, että ruoan ja veden välityksellä leviävien tautien esiintyvyys on lisääntynyt. Erilaiset eläin- ja ihmissairaudet, kuten zoonoosit, ilmaantuvat uusille alueille. Lämpötilojen kohoaminen, lisääntyneet sateet ja tulvat ovat lisänneet

koleran ja muiden infektioiden esiintyvyyttä sekä vaikuttaneet mielenterveyteen. (Climate Change WG II, 11.)

Myös Suomessa taudinaiheuttajien ja vektorien, kuten punkkien ja hyönteisten, levinneisyysalueet muuttuvat lämpötilojen noustessa. Esimerkiksi 90-luvulla punkkeja esiintyi lähinnä Etelä-Suomessa, mutta nyt jopa Lapissa. Punkkien levittämät taudit, kuten borrelioosi ja puutiaisaivokuume, yleistyvät jatkossa. Lämpenevä ilmasto voi tuoda uusia hyttyslajeja kuten tiikerihyttysen, joka voi levittää aikaisemmin Suomessa havaitsemattomia dengue, zika- ja chikungunyaviruksia. Hyönteisten ja jyrsijöiden levittämä tularemia eli jänisrutto lisääntyy. (Grekow & Meriläinen 2025, 9.)

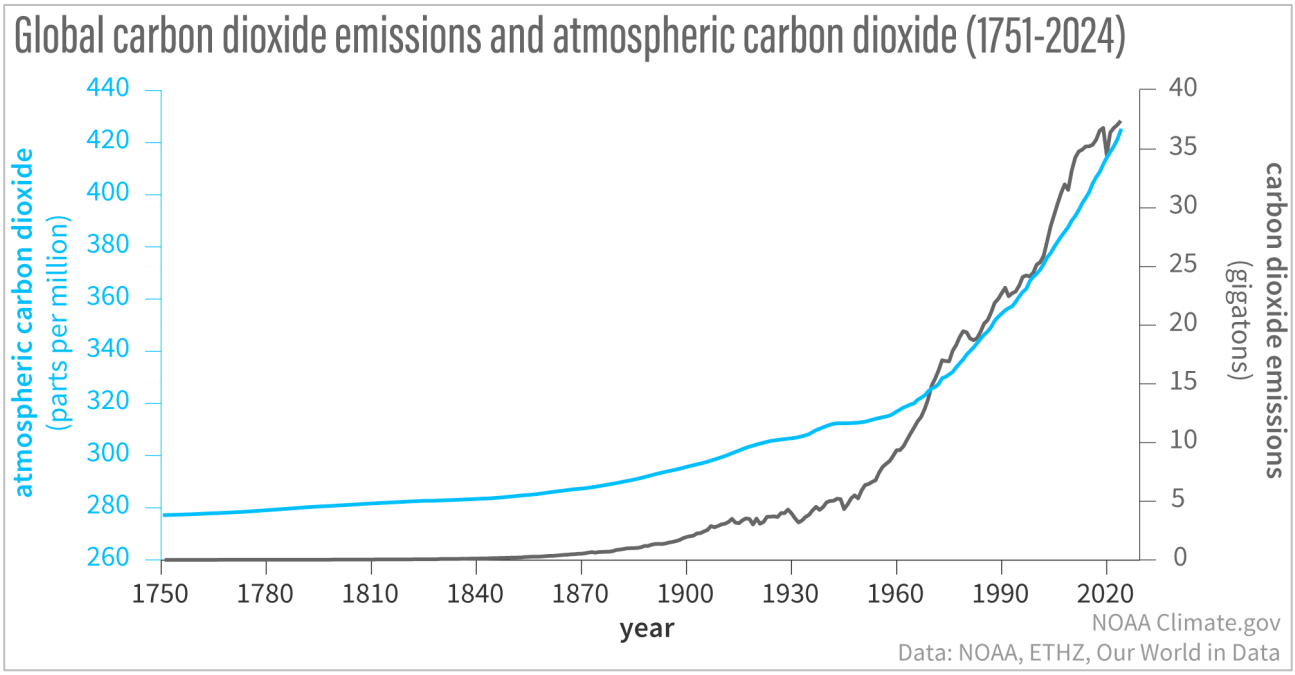
3.2 Ilmastonmuutoksen syyt ja merkittävimmät kasvihuonekaasut

Ilmastonmuutos johtuu ihmisen toiminnan aiheuttamasta kasvihuonekaasupitoisuuksien kasvusta, mikä lisää säteilypakotetta aiheuttaen ilmakehän, merien ja maapallon pinnan lämpenemistä. Ilmakehän, merien ja maanpinnan lämpeneminen muuttaa koko ilmastojärjestelmän toimintaa: se lisää ilman kosteutta, voimistaa sään ääri-ilmiöitä ja muuttaa hydrologisia kiertoja. Merien lämpeneminen puolestaan kiihdyttää merenpinnan nousua ja vaikuttaa valtamerivirtoihin, kun taas lumen ja jään väheneminen pienentää maapallon heijastuskykyä ja vahvistaa ilmaston lämpenemistä takaisinkytkentämekanismien kautta. Ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet (Ks. hiilidioksidin osalta kuvio 2) ovat korkeimmillaan ainakin viimeiseen 800 000 vuoteen. (Climate Change 2021, 4–9.)



Kuvio 2. Hiilidioksidimäärän vaihtelu (Lindsey 2025)

Hiilidioksidin (CO_2) pitoisuus (Ks. kuvio 3) oli 410 ppm vuonna 2019 (Climate Change 2021, 4) ja on noussut 47 % esiteollisesta ajasta (Climate Change 2021, 8), mikä selittyy pääosin fossiilisten polttoaineiden poltolla energiantuotannossa, liikenteessä ja teollisuudessa, sekä maankäytön muutoksilla, kuten metsäkadolla ja maaperän hiilivarastojen vähenemisellä (Climate Change 2021, 80). Fossiilisten polttoaineiden käytön osuus CO_2-pitoisuuden kasvusta on selvästi suurin (64 % ± 15 %, ja osuus on kasvanut 86 % ± 14 %:iin viimeisten 10 vuoden aikana), ja maankäytön muutokset muodostavat toiseksi merkittävimmän antropogeenisen eli ihmisen toiminnasta aiheutuvan hiilen lähteen (Climate Change 2021, 80). Hiilidioksidin ilmastoa lämmittävän säteilypakotteen vaikutus on 2.16 W/m^2 (Climate Change 2021, 69).



Kuvio 3. Hiilidioksidin määrän kasvu esiteollisesta ajasta (Lindsey 2025)

Metaanin (CH_4) pitoisuus ilmakehässä on noussut jyrkästi teollisen ajan alusta ja saavutti vuonna 2019 tason 1866 ppb (Climate Change 2021, 4). Metaanipitoisuuden kasvu on jatkunut viime vuosikymmeninä, ja erityisesti fossiilisen energian tuotantoketjujen fugitiiviset eli hallitsemattomat päästöt muodostavat merkittävän osan antropogeenisesta CH_4-kuormasta (Climate Change 2022, 32). Metaanin (CH_4) ilmastovaikutus on merkittävä, sillä se aiheuttaa suuren positiivisen säteilypakotteen. IPCC arvioi CH_4:n tehokkaaksi säteilypakotteeksi 0.54 W/m² (Climate Change 2021, 69),

josta osa johtuu kemiallisista muutoksista ilmakehässä, erityisesti otsonin kautta (Climate Change 2021, 92).

Myös dityppioksidin (N_2O) eli ilokaasun pitoisuudet ovat nousseet tasaisesti teollisen ajan alusta, ja ovat myös korkeimmillaan 800 000 vuoteen (Climate Change 2021, 68–69). Maatalous on keskeisin N_2O-päästölähde, erityisesti maaperän typpiprosessien ja lantaperäisten päästöjen vuoksi (Climate Change 2022, 33). N_2O lisää ilmakehän säteilypakotetta noin 0.21 W/m² (Climate Change 2021, 69).

Halogenoitujen kasvihuonekaasujen, kuten CFC-, HCFC-, HFC-, PFC- ja SF_6-yhdisteiden pitoisuudet ovat kasvaneet nopeasti teollisten prosessien, jäähdytys- ja kylmätekniikan sekä elektroniikkateollisuuden seurauksena (Climate Change 2021, 10–12). Esimerkiksi sähköteollisuudessa eristyskaasuna käytettävä SF6 on yksi voimakkaimmista tunnetuista kasvihuonekaasuista, jolla on erittäin pitkä elinikä (noin 1000 vuotta), erittäin korkea säteilytehokkuus ja korkea GWP (24300 GWP-100) (The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity 2021, 21). Halogenoitujen kasvihuonekaasujen säteilypakotevaikutus on 0,41 W/m² (Climate Change 2021, 69).

Kaikkien antropogeenisten tekijöiden yhteisvaikutuksesta ihmisen aiheuttama kokonaissäteilypakote on kasvanut noin +2,72 W/m² vuoden 1750 jälkeen (Climate Change 2021, 10). IPCC:n mukaan ihmisen vaikutus on yksiselitteisesti lämmittänyt ilmakehää, meriä ja maapallon pintaa, ja ihmistoiminta on pääasiallinen havaittujen lämpenemistrendien syy (Climate Change 2021, 5–7). Luonnolliset tekijät eivät kykene selittämään havaittua globaalia lämpenemistä, eikä niiden vaikutus ole ollut merkittävä nykyisessä ilmastonmuutoksessa (Climate Change 2021, 7). Kasvihuonekaasujen lisääntyminen muodostaa selvästi suurimman osan positiivisesta säteilypakotteesta, mikä tekee niistä ilmastonmuutoksen keskeisimmän tekijän (Climate Change 2021, 10).

3.3 Kasvihuonekaasujen vaikutusmekanismi ilmastoon

Luonnollinen kasvihuoneilmiö on välttämätön elämälle – ilman sitä maapallon keskilämpötila olisi noin –18 °C, kun se nyt on +15 °C (Global warming n.d.). Ihmisen toiminta on kuitenkin lisännyt kasvihuonekaasujen pitoisuuksia niin merkittävästi, että luonnollinen tasapaino on häiriintynyt ja maapallo lämpenee kiihtyvällä vauhdilla.

Maapallon ilmasto perustuu säteilytasapainoon, jossa Auringosta tuleva energia ja maapallon avaruuteen säteilemä lämpö ovat tasapainossa (Climate Change 2021, 39). Kasvihuonekaasut, kuten hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), dityppioksidi (N_2O) ja fluoratut kaasut, päästävät läpi auringon lyhytaaltoista säteilyä mutta absorboivat maan pinnalta lähtevää pitkäaaltoista infrapunasäteilyä, lämmittäen alailmakehää, josta osa säteilee takaisin maan pinnalle (Ilmastonmuutoksen torjuminen 2025; The Earth's Radiation Budget 2010). Kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidi ja metaani, kasvavat pitoisuudet nostavat alailmakehän lämpötilaa, rajoittamalla säteilyn kulkua ulospäin, lämmittäen maanpintaa, mikä johtaa ilmaston lämpenemiseen eli globaaliin ilmastonmuutokseen (The Earth's Radiation Budget 2010). IPCC:n raportin (2021) mukaan maapallon lämmityspotentiaalia lisääviä kasvihuonekaasuyhdisteitä luokittelusta riippuen on kymmeniä (The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity 2021, 16–27).

GWP (global warming potential) kuvaa kasvihuonekaasun lämmityspotentiaalia verrattuna hiilidioksidiin, kun hiilidioksidin arvo on yksi. Lämmityspotentiaali lasketaan eri pituiselle ajanjaksoille, yleensä 20, 100 tai 500 vuoden ajalle, yleisimmin kuitenkin käytetään 100 vuoden ajanjaksoa. GWP-arvoon vaikuttaa muun muassa kaasun infrapunasäteilyn absorptiokyky, absorptiospektri ja kaasun säilyvyys ilmakehässä. GWP-arvolla kaasun lämmityspotentiaali muunnetaan hiilidioksidiekvivalentiksi (CO_2-e). (What is Global Warming Potential (GWP)? 2024; Climate Change 1990, 58–59.)

Hiilijalanjäljen laskennassa päästökertoimien CO_2-ekvivalenttiarvossa (CO2-e) GHG-protokollan mukaan käytetään GWP-100 arvoa (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard 2011, 70). Yleisimpien kasvihuonekaasujen GWP-100-arvot ja säilyvyys ilmakehässä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Yleisimmät kasvihuonekaasut (IPCCe, 1017 muokattu)

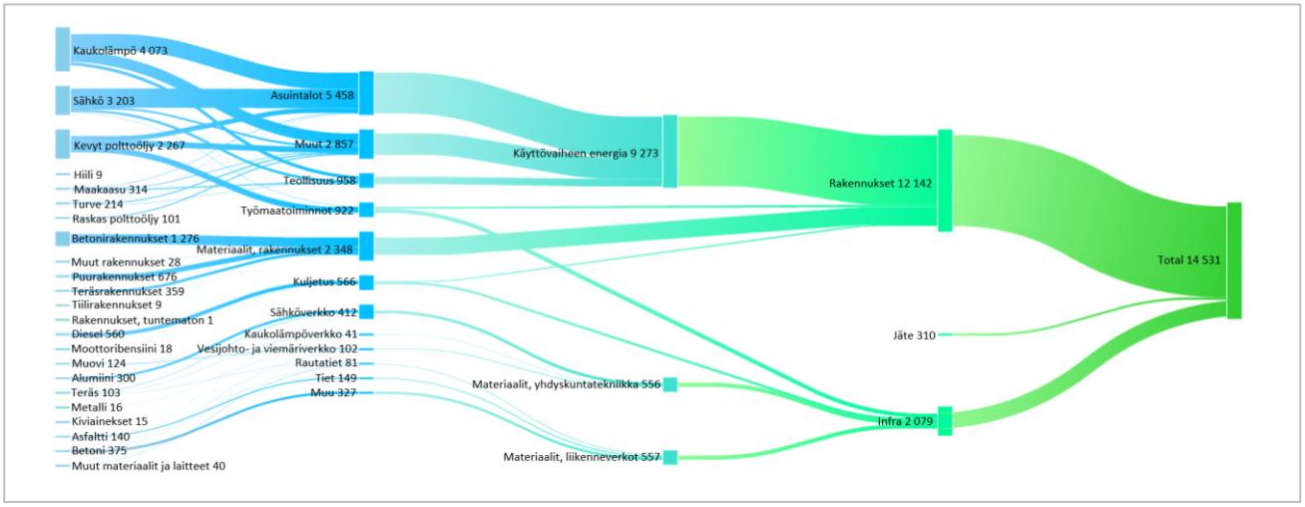
Kaasu	Nimi	Säilyvyys ilmakehässä vuosia	GWP-100
CO_2	Hiilidioksidi	100 -	1
CH_4 fossiilinen	Metaani fossiilinen	11.8 ± 1.8	29.8 ± 11
CH_4 ei fossiilinen	Metaani ei-fossiilinen	11.8 ± 1.8	27.0 ± 11
N_2O	Dityppioksidi (ilokaasu)	109 ± 10	273 ± 130
HFC-32 (CH_2F_2) F-kaasu	Difluorometaani (kylmäaineena)	5.4 ± 1.1	771 ± 292
HFC-134a ($C_2H_2F_4$) F-kaasu	Tetrafluorietaani (kylmäaineena ja ponnekaasuna)	14.0 ± 2.8	1526 ± 577
CFC-11	Kloorifluorihiilivety-yhdiste (kylmäaineena, käyttö kielletty)	52.0 ± 10.4	6226 ± 2297
PFC-14 F-kaasu	Tetrafluorimetaani	50,000	7380 ± 2430

3.4 Merkittävimmät päästölähteet

Vuonna 2019 globaalit antropogeeniset eli ihmisen toiminnasta aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt olivat noin 59 $GtCO_2$-e jakaantuen eri sektoreiden kesken (Climate Change, 10). Suurin yksittäinen päästölähde oli energiantuotanto 20 $GtCO_2$-e (osuus kaikista päästöistä 34 %), päästöjä syntyi erityisesti fossiilisten polttoaineiden käytöstä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Tämän lisäksi päästöjä syntyi teollisuudessa 14 $GtCO_2$-e (24 %), maataloudessa ja maankäytössä 13 $GtCO_2$-e (22 %), liikenteessä 8,7 $GtCO_2$-e (15 %) sekä rakennuksissa, joissa suoran energiankäytön päästöt olivat 3,3 $GtCO_2$-e (6 %). Jos sähkön ja lämmön tuotannon päästöt kohdistetaan loppukäyttösektoreille, 90 % epäsuorista päästöistä kohdentuu teollisuudelle ja rakennussektorille, mikä nostaa teollisuuden kasvihuonepäästöt 34 prosenttiin ja rakennussektorin päästöt 16 prosenttiin globaaleista antropogeenisista päästöistä. (Climate Change 2022, 8.)

Suomessa vuonna 2024 kokonaispäästöt ilman LUCLUCF-sektoria (maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous) olivat 41 $MtCO_2$-e. Päästöt jakaantuivat: energiasektori 26,7 $MtCO_2$-e (68 %), teollisuuden prosessit ja tuotteiden käyttö-sektori 4,6 $MtCO_2$-e (12 %), maataloussektori 6,2 $MtCO_2$-e (16 %) ja jätesektori 1,6 $MtCO_2$-e (4 %). Suomen sektorijaottelu ei vastaa IPCC:n raportin mukaista globaalia jaottelua, joten suoraa vertailua ei voi tehdä. Esimerkiksi Suomen energiasektorin luvuissa on mukana kotimaan liikenteen päästöt 9,6 $MtCO_2$-e (23 % kokonaispäästöistä). (Kasvihuonekaasupäästöt laskivat vuonna 2024 tuulivoiman kasvun myötä 2025.)

Rakennetun ympäristön päästöt Suomessa olivat viimeksi julkaistun vuoden 2021 osalta 14,5 $MtCO_2$-e. Rakennusten rakentamisen ja käytön osuus oli 86 % ja infrarakentamisen osuu 14 % rakennetun ympäristön päästöistä. Päästöjen tarkempi jaottelu esitetty kuviossa 4. Rakennusten osalta käyttövaiheen energiankulutus muodostaa suurimman osuuden, noin 70 %, rakennusten hiilijalanjäljestä. Talon- ja infrarakentamisen osuus päästöistä ilman käyttövaiheen energiankulutusta oli yhteensä noin 5,3 $MtCO_2$-e. (Laine, Pohjalainen, Mäntylä, Eloranta, Lehtomäki & Raivio 2024, 26.)



Kuvio 4. Rakennetun ympäristön elinkaaren hiilijalanjälki, luvut $ktCO_2$-e (Laine ym. 2024, 27)

Rakennusten rakentamisen osalta, ilman käyttövaiheen energiankulutusta, hiilijalanjälki oli 3,1 $MtCO_2$-e. Suurin päästölähde oli rakentamiseen käytettävät materiaalit 2,3 $MtCO_2$-e (75 % rakennusten rakentamisen päästöistä ilman käyttövaiheen energiaa), työmaatoiminnot 0,34 $MtCO_2$-e (11 %), logistiikka 0,19 $MtCO_2$-e (6 %) ja jäte 0,22 $MtCO_2$-e (7 %).

3.5 Ilmastonmuutoksen hillintä

Ilmastonmuutoksen hillintä edellyttää ihmisen toimintaa päästöjen vähentämiseksi tai hiilinielujen lisäämiseksi (Climate Change 2021, liite 7). Ellei päästövähennystoimenpiteitä tehdä välittömästi ja merkittävästi kaikilla sektoreilla, maapallon lämpenemisen rajoittaminen 1,5 ^{o}C:seen ole mahdollista (Climate Change 2022, V).

Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) käyttää eri potentiaalikäsitteitä eli mahdollisuuksia, jotka kuvaavat päästövähennys- ja vaikutusmahdollisuuksia eri näkökulmista ja jakaa ne kolmeen eri käsitteeseen. Biogeofysikaaliset mahdollisuudet liittyvät biologisiin, geofysikaalisiin ja geokemiallisten rajoitusten sekä termodynamiikan rajoittamaa hillitsemispotentiaalia, jossa ei huomioida teknisiä, sosiaalisia, taloudellisia tai ympäristöllisiä näkökulmia. Tekniset mahdollisuudet kuvaavat teoreettista vähennys- ja vaikutusmaksimia, joka on saavutettavissa nykyisellä teknologialla ilman kustannus- tai politiikkarajoitteita. Taloudellinen potentiaali kuvaa sitä osaa teknisestä potentiaalista, jossa sosiaaliset hyödyt ovat suuremmat kuin kustannukset. (Climate Change 2021, liite 7.)

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen koko energiasektorilla edellyttää merkittäviä muutoksia, kuten fossiilisten polttoaineiden kokonaismäärän merkittävää vähentämistä, vähäpäästöisten energialähteiden käyttöönottoa, siirtymistä vaihtoehtoisiin energialähteisiin sekä energiatehokkuuden tehostamista ja energiansäästöä. Tavoitteet edellyttävät vaihtoehtoisia energiajärjestelmiä, kuten kestävän kehityksen biopolttoaineet ja vähäpäästöinen vety, sekä tuulivoimalla ja aurinkoenergialla tuotettua sähköenergiaa. (Climate Change 2022, 28.)

Teollisuuden päästöjen nettonollataso on haastavaa mutta mahdollista, ja edellyttää ottamaan käyttöön uusia tuotantoprosesseja, joissa käytetään vähä- ja nollapäästöistä sähköä, vetyä, polttoaineita ja hiilen talteenoton hallintaa. Teräksen, sementin, muovien ja muiden materiaalien käyttö lisääntyy, ja tällöin on huomioitava kiertotalouden ja materiaalitehokkuuden lisäksi kehittyvät vähäpäästöisemmät tuotantoprosessit. Tällaisia kehittyviä tuotantoprosesseja ovat esimerkiksi vedyn käyttö pelkistimenä teräksen valmistuksessa, vedyn talteenotto sementin valmistuksen yhteydessä ja tietyissä tapauksissa sementin korvaaminen vaihtoehtoisilla raaka-aineilla. (Climate Change 2022, 29.)

Rakennusten rakentamisen osalta päästöjä voidaan vähentää käyttämällä vähäpäästöisiä rakennusmateriaaleja, toteuttamalla energiankulutuksen kannalta tiiviitä ja hyvin eristettyjä rakennusten vaippoja, käyttämällä energiatehokkaita koneita ja laitteita vähäpäästöisellä energialla, optimoimalla rakennusten käyttö, ja purkuvaiheessa huomioitavalla rakennusmateriaalien kierrätys ja uudelleenkäytöllä. Suunnitteluvaiheessa päästöjä vähentävissä toimenpiteissä huomioidaan rakennusten tyyppi, muoto ja muuntojoustavuus, jotta rakennusten kokoa ja tiloja voidaan muuttaa käyttäjien tarpeiden mukaisiksi. (Climate Change 2022, 31.)

Kaupunkiympäristöjen osalta päästövähennyksiä voidaan toteuttaa esimerkiksi rakennuskannan energiatehokkuuden parantamisella, infrastruktuurin kehittämisellä, kuten suunnittelemalla työpaikkoja ja asuntoja yhteen kompaktin kaupunkimuodon saavuttamiseksi, moottorittoman liikenteen, esimerkiksi kävely ja pyöräily, sekä päästöttömän julkisen liikenteen kehittämisellä. (Climate Change 2022, 30.)

Liikennesektorin päästöjen vähentämisessä keskeisiä keinoja ovat biopolttoaineet, vähäpäästöinen vety, synteettiset polttoaineet sekä ajoneuvokannan sähköistyminen. Raskaan liikenteen osalta ajoneuvojen sähköistymistä hidastaa vielä akkuteknologia ja latausinfrastruktuuri. Liikennesektorin päästöjen vähentymiseen voivat vaikuttaa myös edellä esitetyssä kappaleessa esille tuodun moottorittoman liikenteen infrastruktuurin kehittäminen. (Climate Change 2022, 32.)

Maatalouden, maankäytön ja metsätalouden sektorilla metsäkadon pysäyttäminen, metsien ennallistaminen sekä maaperän hiilivarastojen kasvattaminen ovat keskeisiä toimia, joilla voidaan samanaikaisesti vähentää päästöjä ja lisätä hiilinieluja. Kestävä kasvien viljely ja karjanhoito, sekä hiilensidonta maataloudessa omaavat suuren potentiaalin. (Climate Change 2022, 33.)

Suomessa rakennusalan päästöjen vähentämisen osalta tavoitteet ovat korkealla. Rakentamisen päästöjä vähentäviä toimenpiteitä ovat mm. fossiilivapaan teräksen, vähähiilisen betonin ja sementin sekä asfaltin tuotanto ja käyttö. Muita tunnistettuja toimenpiteitä ovat esimerkiksi rakenteiden ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö, puurakentamisen lisääminen ja päästöttömät lämmöntuotantojärjestelmät. Rakentamiseen liittyvät päästövähennystoimenpiteet ja niiden vaikutukset esitetty taulukossa 2. (Laine ym. 2024, 47.)

Taulukossa on huomionarvoista, että vähähiilisyyteen tähtäävillä toimenpiteillä on pääsääntöisesti myös potentiaalisesti positiivinen vaikutus biodiversiteettiin.

Taulukko 2. Rakentamisen päästövähennystoimenpiteet ja vaikutukset (Laine ym. 2024, 47)

Toimenpide	Päästövähennys-potentiaali	Kustannus-vaikutukset	Kädenjälki vienti-potentiaalista	Sektorirajat ylittävät liiketoiminta-mahdollisuudet	Osaamistarpeet	Biodiversiteetti-vaikutukset	Vaikutukset sosiaaliseen kestävyyteen	Toimenpiteisiin tarvittavat kriittiset materiaalit	Vaikutukset hiilidioksidin talteenottoon	Kysyntäjouston ja hukkalämmön hyödyntäminen
Fossiilivapaan teräksen tuotanto ja käyttö	Huomattava potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti	Huomattava vientipotentiaali	Tunnistettu huomattavia mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Tunnistettu tarve kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Tunnistettu potentiaali
Vähähiilisen betonin tuotanto ja käyttö	Huomattava potentiaali	Nostaa kustannuksia	Huomattava vientipotentiaali	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Potentiaalisia positiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Potentiaali tunnistettu	Ei olennainen
Vähähiilisen sementin tuotanto ja käyttö (sis. CCS)	Huomattava potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti	Tunnistettu vientipotentiaali	Tunnistettu huomattavia mahdollisuuksia	Ei merkittäviä osaamistarpeita	Potentiaalisia positiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Huomattava potentiaali	Ei olennainen
Vähähiilisen asfaltin tuotanto ja käyttö	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia	Ei tunnistettu vientipotentiaalia	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Ei merkittäviä osaamistarpeita	Potentiaalisia positiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Tunnistettu potentiaali
Rakenteiden/muiden rakennus-tuotteiden uudelleenkäyttö	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia	Ei tunnistettu vientipotentiaalia	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Potentiaalisia positiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Ei olennainen
Puurakentaminen	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia	Tunnistettu vientipotentiaali	Tunnistettu mahdollisuuksia	Merkittäviä osaamistarpeita	Potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Ei olennainen, mutta toimii hiilivarastona	Ei olennainen
Rakennusten ja rakenteiden elinkaaren pidentäminen	Huomattava potentiaali	Laskee kustannuksia	Ei tunnistettu vientipotentiaalia	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Potentiaalisia positiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Ei olennainen
Vähähiilisten työmaatoimintojen lisääminen	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti	Ei tunnistettu vientipotentiaalia	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Ei merkittäviä osaamistarpeita	Ei merkittäviä vaikutuksia	Potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia	Tunnistettu tarve kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Ei olennainen
Päästöttömien kuljetusten suosiminen	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti	Ei tunnistettu vientipotentiaalia	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Ei merkittäviä vaikutuksia	Potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia	Tunnistettu tarve kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Ei olennainen
Kiviainesten ja maamassojen hallinnan/käytön tehostaminen	Tunnistettu potentiaali	Laskee kustannuksia huomattavasti	Ei tunnistettu vientipotentiaalia	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Potentiaalisia positiivisia vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Ei olennainen
Rakennuksen talotekniset energiatehokkuustoimenpiteet	Tunnistettu potentiaali	Laskee käyttövaiheen kustannuksia	Tunnistettu vientipotentiaali	Ei merkittäviä mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Ei merkittäviä vaikutuksia	Potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia	Ei tunnistettua tarvetta kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Huomattava potentiaali
Päästöttömien lämmön-tuotantojärjestelmien lisääminen	Huomattava potentiaali	Laskee käyttövaiheen kustannuksia	Tunnistettu vientipotentiaali	Tunnistettu mahdollisuuksia	Tunnistettu osaamistarpeita	Ei merkittäviä vaikutuksia	Potentiaalisia negatiivisia vaikutuksia	Tunnistettu tarve kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Huomattava potentiaali
Kulutusjouston hyödyntäminen	Tunnistettu potentiaali	Laskee käyttövaiheen kustannuksia	Tunnistettu vientipotentiaali	Tunnistettu mahdollisuuksia	Ei merkittäviä osaamistarpeita	Ei merkittäviä vaikutuksia	Ei merkittäviä vaikutuksia	Tunnistettu tarve kriittisille materiaaleille	Ei olennainen	Huomattava potentiaali

4 Hiilijalanjälkeen liittyvät lainsäädännölliset ja vapaaehtoiset ohjausmekanismit

4.1 Ilmastosopimukset

Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutosta koskeva puitesopimus

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) ilmastonmuutosta koskeva puitesopimus hyväksyttiin YK:n päämajassa 9. toukokuuta 1992 ja se loi perustan yhteistyölle ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Sopimuksen tavoitteena oli kasvihuonekaasujen vakiinnuttaminen ilmakehässä sellaiselle tasolle, ettei ilmastojärjestelmään aiheudu vaarallista häiriötä ihmisten toiminnan seurauksena. Sopimuksessa sitouduttiin ilmastonmuutokseen liittyvien toimenpiteiden tukemiseen, kuten esimerkiksi lupaukseen tukea ja rahoittaa kansainvälisiä ja hallitusten välisiä tavoitteita tieteellisen ja teknisen tutkimuskyvyn vahvistamiseksi, huomioimaan kehitysmaiden tarpeet ja edut, sekä ryhtyä toimenpiteisiin, jolla minimoidaan ilmastonmuutoksen syitä ja lievennettäisiin sen haitallisia vaikutuksia. Suomessa puitesopimus vahvistettiin asetuksella 61/1994. (A 61/1994, 2 §)

Kioton pöytäkirja

Kioton pöytäkirja hyväksyttiin 11.12.1997, ja se oli ensimmäinen oikeudellisesti sitova kansainvälinen sopimus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Siinä teollisuusmaat sitoutuivat vähentämään kasvihuonepäästöjään sovittujen tavoitteiden mukaisesti huomioiden periaatteet yhteisistä, mutta eriytetyistä vastuista sekä niihin liittyvistä valmiuksista. Suomen eduskunta hyväksyi Kioton pöytäkirjan 8.5.2002 ja sen voimaansaattamisesta säädettiin 28.1.2005 presidentin asetuksella 55/2005. (A 55/2005.)

Pariisin ilmastosopimus

Vuonna 2015 solmittu Pariisin ilmastosopimus muodostaa globaalin kehyksen ilmastonmuutoksen hillitsemiselle. Sopimus velvoittaa kaikkia siihen liittyneitä valtioita toimimaan niin, että ilmaston lämpeneminen pysyy selvästi alle kahden asteen esiteolliseen aikaan verrattuna ja lämpeneminen pyritään rajoittamaan 1,5 asteeseen. Jälkimmäisen tavoitteen saavuttaminen vähentää merkittävästi ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä ja vaikutuksia. Lisäksi sopimus edellyttää, että globaalit

ihmisen aiheuttamat kasvihuonepäästöt ja päästöjä sitovat nielut ovat tasapainossa tämän vuosisadan loppupuolella. (Paris Agreement 2015, 2). Suomessa puitesopimus vahvistettiin asetuksella 76/2016.

4.2 Euroopan unionin ilmastolaki

Euroopan unionin ilmastolaissa (Asetus EU 2021/1119) asetettiin puitteet ihmisen toiminnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiselle sekä hiilinielujen lisäämiselle (Asetus 2021/1119/EU, artikla 1). Ilmastolaki teki EU:n ilmastotavoitteista oikeudellisesti sitovia ja määritteli tavoitteeksi Euroopan ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä (Asetus 2021/1119/EU, artikla 2). Lain mukaan EU:n kasvihuonekaasupäästöjen on vähennyttävä vähintään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta (Asetus 2021/1119/EU, artikla 4).

Ilmastolaissa määriteltiin ilmastonmuutosta käsittelevä eurooppalainen tieteellinen neuvottelukunta, joka hyödyntää parasta käytettävissä olevaa ja uusinta tieteellistä näyttöä, kuten muun muassa IPCC:n raportit. Samalla jäsenvaltioita kehotettiin perustamaan kansalliset ilmastoalan neuvoa-antavat elimet, joiden tehtävänä on antaa asiantuntevaa tieteellistä neuvontaa kansallisille viranomaisille. (Asetus 2021/1119/EU, artikla 3).

EU:n sääntely vaikuttaa suoraan myös Suomen ilmastopolitiikkaan, ja se ohjaa esimerkiksi energiantuotantoa, rakentamisen sääntelyä sekä yritysten vastuullisuutta, raportointia ja päästöjen hallintaa.

4.3 EU:n päästökauppajärjestelmä (EU ETS)

EU:n päästökauppajärjestelmä, EU Emissions Trading System (EU ETS), on taloudellinen ohjauskeino, joka perustuu saastuttaja maksaa -periaatteeseen ja jonka tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä kustannustehokkaasti markkinamekanismin avulla. Järjestelmä on käytössä kaikissa EU-jäsenvaltioissa sekä Islannissa, Liechtensteinissa ja Norjassa, ja se on yhdistetty Sveitsin vastaavaan päästökauppajärjestelmään. (Päästökauppa n.d.)

EU:n päästökauppa jakautuu yleiseen päästökauppaan (ETS1), joka käynnistyi vuonna 2005, sekä uuteen polttoaineen päästökauppaan (ETS2), joka kattaa hiilidioksidipäästöt liikenteestä, rakennusten lämmityksestä, maa- ja metsätaloudesta sekä yleisen päästökaupan ulkopuolelle jäävästä teollisuudesta. Yleiseen päästökauppaan ovat velvollisia osallistumaan muun muassa sähkön- ja lämmöntuottajat, suuret teollisuuslaitokset sekä lento- ja meriliikenne, kun taas ETS2:ssa velvollisia toimijoita ovat polttoaineesta valmisteverovelvolliset säännellyt yhteisöt, kun säädetyt kriteerit täyttyvät. (Päästökauppa n.d.)

Päästökauppaan osallistuvilta yrityksiltä edellytetään päästölupaa, viranomaisen hyväksymän tarkkailusuunnitelman mukaista päästöjen seurantaa sekä vuosittaista, ulkopuolisen todentajan varmentamaa päästöraportointia ja päästöjään vastaavan määrän päästöoikeuksien palauttamista. Päästöoikeus tarkoittaa oikeutta päästää ilmaan yhtä hiilidioksiditonnia vastaava määrä kasvihuonekaasuja, ja EU:n päästökauppajärjestelmään kuuluville päästöille on asetettu vuosittain aleneva päästökatto, joka rajoittaa liikkeelle laskettavien päästöoikeuksien määrää. Päästöoikeudet lasketaan liikkeelle pääosin huutokauppaamalla EU:n yhteisellä huutokauppapaikalla ja ETS1-järjestelmässä osittain myös maksuttomana ilmaisjakona, minkä jälkeen päästöoikeuksia voidaan ostaa ja myydä markkinoilla kysynnän ja tarjonnan mukaan. (Päästökauppa n.d.)

Järjestelmän kustannustehokkuus perustuu siihen, että yritykset voivat itse päättää, toteuttavatko ne päästövähennyksiä vai hankkivatko tarvittavat päästöoikeudet markkinoilta, jolloin päästövähennykset toteutuvat ensisijaisesti siellä, missä ne ovat taloudellisesti edullisimpia. Hiilivuodon riskin ehkäisemiseksi osa teollisuudesta saa päästöoikeuksia maksutta, mutta ilmaisjakoa vähennetään asteittain ja sen rinnalla sovelletaan EU:n hiilirajamekanismia, kun taas meriliikenteessä ja ETS2-järjestelmässä ilmaisjakoa ei ole. Päästöoikeuksien huutokauppatulot tilitetään jäsenvaltioille, ja ne on sääntelyn mukaisesti käytettävä ilmastonmuutosta hillitseviin toimiin. (Päästökauppa n.d.)

4.4 EU-taksonomia

EU-taksonomia on kestävän rahoituksen luokittelujärjestelmä, jonka tavoitteena on suunnata pääomia kestävään liiketoimintaan ja vihreään talouteen (Vihreä siirtymä, EU-taksonomia ja rakentaminen n.d.).

Euroopan unionin asetuksella 2020/852/EU (ns. taksonomia-asetus) jäsenvaltioiden on sovellettava säädettyjä kriteerejä, määrittääkseen pidetäänkö taloudellista toimintaa ympäristön kannalta kestävänä kaikissa sellaisissa toimenpiteissä, joissa finanssimarkkinatoimijoille tai liikkeeseenlaskijoille asetetaan ympäristön kannalta kestävinä saataville asetettuja rahoitustuotteita tai yritysjoukkovelkakirjalainoja koskevia vaatimuksia (2020/852/EU, artikla 4).

Asetus määrittelee ympäristön kannalta kestäviä taloudellisia toimintoja koskevat kriteerit. Taloudellista toimintaa on pidettävä ympäristön kannalta kestävänä eli taksonomian mukaisena, jos kyseinen toiminta edistää merkittävästi yhtä tai useampaa kuudesta ympäristötavoitteesta, eikä aiheuta merkittävää haittaa lopuille ympäristötavoitteille (do not significant harm, DNSH), noudattaa vähimmäissosiaalista suojaa sekä täyttää toimintokohtaiset tekniset arviointikriteerit (2020/852/EU, artikla 3). Asetuksessa 2021/2139 määritellään taksonomiakelpoisten sektorien tekniset kriteerit (2021/2139/EU).

Asetuksen 2020/853 artiklan 9 mukaiset ympäristötavoitteet ovat:
a) ilmastonmuutoksen hillintä
b) ilmastonmuutokseen sopeutuminen
c) vesivarojen ja merten luonnonvarojen kestävä käyttö ja suojelu
d) siirtyminen kiertotalouteen
e) ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen
f) biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojelu ja ennallistaminen. (2020/852/EU, artikla 9.)

Rakentamisen kannalta keskeiset tavoitteet ovat ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen. Ilmastonmuutoksen hillintää koskevat vaatimukset esitetään artiklassa 10, jossa määritellään toiminnan edistävän ilmastonmuutoksen hillintää, jos se vähentää päästöjä tai estää niiden syntymistä teknisesti perustelluilla tavoilla. Päästöjä vähentäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi uusiutuvan energian käyttö, energiatehokkuuden parantaminen, puhtaan tai ilmastoneutraalin liikkuvuuden lisääminen, kestävästi hankittujen uusiutuvien materiaalien käyttö ja hiilinielujen vahvistaminen. (2020/852/EU, artikla 10.)

Rakentamista koskevat konkreettiset tekniset arviointikriteerit määritellään asetuksessa 2021/2139/EU. Niissä edellytetään muun muassa, että uudisrakennus täyttää lähes nollaenergia-rakennuksia koskevat kansalliset raja-arvot, ja että olemassa oleva rakennus kuuluu energiatehokkuudeltaan parhaaseen 15 %:iin tai täyttää sille asetetut energiatehokkuusvaatimukset. Lisäksi kaikissa toiminnoissa on tehtävä ilmastoriskien arviointi ja toteutettava riskienhallintatoimet. (2021/2139/EU.)

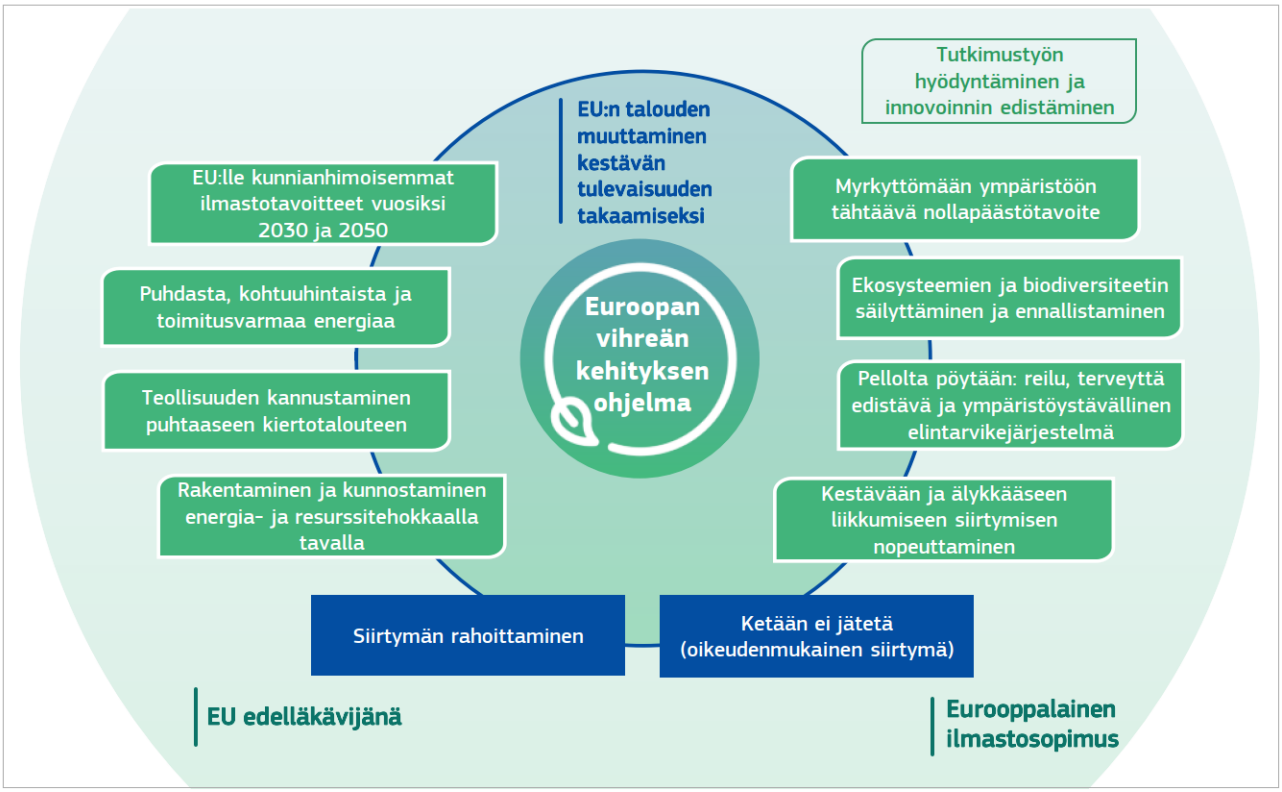
DNSH-periaate (ei merkittävää haittaa) edellyttää, että toiminta ei aiheuta haittaa esimerkiksi kiertotaloudelle, veden käytölle, ekosysteemeille tai pilaantumisen ehkäisylle. Rakentamisessa tämä koskee muun muassa jätehuoltoa, materiaalien kierrätystä, haitallisten aineiden hallintaa ja ympäristövaikutusten ehkäisyä. (EU 2020/852, 24.)

Kun energiatehokkuus, ilmastoriskien hallinta, DNSH-vaatimukset ja vähimmäissosiaalinen suoja täyttyvät, rakentaminen voidaan luokitella taksonomian mukaiseksi. Tämä luokittelu toimii pohjana sille, miten yritykset ja rahoittajat arvioivat investointien ympäristökestävyyttä ja se ohjaa rakentamista kohti vähähiilisiä ja ilmastokestäviä ratkaisuja EU:n pitkän aikavälin ilmastopolitiikan mukaisesti. (2020/852/EU.)

4.5 Vihreän kehityksen ohjelma - Green Deal

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (Green Deal) on Euroopan komission vuonna 2019 julkaisema strateginen kokonaisuus, jonka ensisijainen tavoite on siirtää EU:n talous ilmastoneutraaliin tilaan vuoteen 2050 mennessä (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 2). Ohjelma määrittää EU:n ilmasto- ja ympäristöpolitiikan painopisteet (kuvio 5.), jotka kohdistuvat energiaan, liikenteeseen, maatalouteen, teollisuuteen, rakentamiseen, luonnon monimuotoisuuteen ja materiaalikiertoon (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 3). Vihreän kehityksen ohjelma on kasvustrategia, joka tavoitteena on tehdä EU:sta oikeudenmukainen ja vauras yhteiskunta, jonka talous on moderni, resurssitehokas sekä kilpailukykyinen, ja samalla päästä eroon kasvihuonekaasujen nettopäästöistä vuoteen 2050 mennessä lisäämättä resurssien käyttöä (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 2).

Vihreän kehityksen ohjelmassa kirjattiin tavoite laatia eurooppalainen ilmastolaki, jonka avulla varmistetaan edellytykset tulokselliselle ja oikeudenmukaiselle siirtymälle ja lisätään ennustettavuutta sijoittajien näkökulmasta (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 4). Komissio ilmoitti valmistavansa vaikutusarvioidun suunnitelman, jossa vuoden 2030 kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite nostetaan tasolle 50–55 % vuoden 1990 tasosta, mikä muodostaa ohjelman teknisen välitavoitteen (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 5). Tavoitetason nosto perustui arvioon siitä, että nykypolitiikalla kasvihuonekaasuja olisi pystytty vähentämään vain 50 prosenttia vuoteen 2050 mennessä (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 4).



Kuvio 5. Vihreän kehityksen ohjelma (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 3)

Päästövähennysten toteutuminen edellyttää älykästä infrastruktuuria tavoitteena puhtaan energian hyödyt kohtuullisin kustannuksin. On edistettävä innovatiivisen teknologioiden kuten älykkäiden verkkojen ja vetyverkkojen käyttöönottoa, hiilen talteenottoa, varastointia ja käyttöä samalla panostaen hiilettömään kaasuntuotantoon, sekä energian varastointia. Infrastruktuuria on myös uudistettava, jotta se olisi tarkoituksenmukaisia ja ilmastonkestävää. (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma 2019, 6–7.)

4.6 Suomen ilmastolaki

Suomen ilmastolaki (423/2022) on yksi kansainvälisesti kunnianhimoisimmista, sillä se asettaa tavoitteeksi hiilineutraalin Suomen jo vuoteen 2035 mennessä. Lain mukaan Suomen tulee vähentää päästöjään 60 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 80 prosenttia vuoteen 2040 mennessä vuoden 1990 tasosta. Lisäksi tavoitteena on, että Suomi muuttuu nopeasti hiilinegatiiviseksi vuoden 2035 jälkeen. (Ilmastolaki 423/2022, 2 §.)

Laissa esitetään vaatimukset ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmälle, jolla määritetään tavoitteet kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämiseksi, hiilinielujen vahvistamiseksi ja ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi, sekä tavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavat toimet eri hallinnonaloilla. Ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmä koostuu pitkän sekä keskipitkän aikavälin ja maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta, sekä kansallisesta ilmastonmuutoksen sopeutumissuunnitelmasta. (Ilmastolaki 423/2022, 7 §.)

4.7 Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC)

Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) on perustettu 1988 tuottamaan ilmastopolitiikan päätöksenteon tueksi tieteellistä tietoa. IPCC:n päätehtävänä on tuottaa tieteeseen perustuvia ilmastonmuutosta koskevia raportteja, jotka valmistellaan tutkijaryhmien keräämästä ja arvioimasta aineistosta. IPCC ei anna täsmällisiä suosituksia toteutettavista ilmastopoliittisista toimenpiteistä, eikä tee itse tutkimusta. IPPC:n laatimat arviointiraportit kertovat ilmaston nykytilasta, kehityksestä, ilmastonmuutoksen hillinnästä ja vaikutuksista sekä siihen sopeutumisesta. IPCC:n toimintaan voivat osallistua kaikki Maailman ilmatieteen järjestön (WMO) ja Yhdistyneiden kansakuntien jäsenmaat. IPCC:n uusimman, kuudennen arviointiraportin osat julkaistiin vuosina 2021 ja 2022. (What is the IPCC?, 1.)

Kuudennen raportin (AR6) osalta raportit ja raporttien tekijät on jaettu kolmeen työryhmään. Työryhmä 1 (Working Group I, WGI, The Physical Science Basis) arvioi tieteellisiä aiheita, jotka sisältävät tutkimuksia kasvihuonekaasuista ja aerosoleista ilmakehässä, lämpötilan muutoksista ilmassa, maassa ja meressä, hydrologisesta kierrosta ja muuttuvista sademääristä (sade ja lumi), äärimmäisistä sääolosuhteista, jäätiköistä ja mannerjäätiköistä, valtameristä ja merenpinnasta, biogeokemiasta ja hiilen kierrosta sekä ilmastoherkkyydestä. Työryhmä 1:n arviointi tarjoaa tieteellistä tietoa,

joka on merkityksellistä globaalille yhteisölle ilmastonmuutoksen haasteeseen vastaamiseksi. (Working Group I The Physical Science Basis n.d.)

Työryhmä 2 (Working Group II, WGII, Impacts, Adaptation and Vulnerability) arvioi ilmastonmuutoksen vaikutuksia ekosysteemeissä ja luonnon monimuotoisuudessa sekä ihmisissä ja yhteiskunnissa. Se tarkastelee haavoittuvuuksia sekä näiden järjestelmien kykyä ja rajoituksia sopeutua ilmastonmuutokseen ja siten vähentää ilmastoon liittyviä riskejä sekä vaihtoehtoja kestävän tulevaisuuden luomiseksi kaikille oikeudenmukaisen ja integroidun lähestymistavan avulla hillitsemis- ja sopeutumistoimiin kaikilla tasoilla. (Working Group II Impacts, Adaptation and Vulnerability n.d.)

Työryhmä 3 (Working Group III, WGIII, Mitigation of Climate Change) keskittyy ilmastonmuutoksen hillitsemiseen, kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismenetelmien arviointiin ja kasvihuonekaasujen poistamiseen ilmakehästä. Työryhmä tukee IPCC:n ratkaisukeskeistä lähestymistapaa, mutta ei kannata mitään erityisiä hillitsemisvaihtoehtoja. Työryhmä käsittelee kaikkia hillitsemisen näkökohtia, mukaan lukien tekninen toteutettavuus, kustannukset ja toimintaympäristöt, jotka mahdollistavat toimenpiteiden toteuttamisen. Toimintaympäristöt kattavat poliittiset välineet, hallintovaihtoehdot ja sosiaalisen hyväksyttävyyden. (Working Group III Mitigation of Climate Change n.d.)

IPCC:n tekemä työ toimii globaalin ilmastopolitiikan ja sääntelyn tieteellisenä perustana, jonka arvioihin osaltaan tukeutuvat muun muassa kansainväliset sopimukset, lainsäädäntö, kestävyysraportointivaatimukset ja vapaaehtoiset päästövähennystavoitteet kuten Science Based Target -aloite (SBTi).

4.8 Kestävyysraportointi (CSRD)

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) on Euroopan unionin suuria ja keskisuuria yrityksiä koskeva kestävyysraportointidirektiivi, jota edelsi EU:ssa Non-Financial Reporting Directive (NFRD) joka edellytti yrityksiä raportoimaan ei-taloudellisista tiedoista. CSRD:n raportointivelvollisuuden piirissä oli ensimmäisessä vaiheessa yritykset, jotka olivat jo NFRD-direktiivin alaisia, eli yli 500 työntekijän pörssilistatut suuret yritykset sekä pankki- ja vakuutuslaitokset (Direktiivi

2022/2464/EU). Raportointivelvollisuuden oli tarkoitus laajentua koskemaan vuoden 2025 raportoinnin osalta yrityksiä, jotka täyttävät vähintään kaksi seuraavista kriteereistä: yli 250 työntekijää, liikevaihto yli 40 miljoonaa tai yli 25 miljoonan euron tase (CSRD-direktiivin vaikutukset kestävyysraportointiin 2024).

Direktiivin tavoitteena on kannustaa yrityksiä kestävämpään liiketoimintaan sekä yhdenmukaistamaan yritysten vastuullisuusraportointia sekä tukea Euroopan unionin Vihreän kehityksen (Green Deal) toteutumista. Kestävyysraportointidirektiivin mukainen raportointi perustuu ESR-kestävyysraportointistandardeihin (European Sustainability Reporting Standards, ESRS), jotka kattavat taulukossa 3 luetellut 12 aihealuetta. (CSRD-direktiivin vaikutukset kestävyysraportointiin 2024.)

Taulukko 3. ESRS-standardit, koostettu EFRAG:n standardeista (Draft Simplified ESRS 2025)

Standardi	Standardin aihe	Sisältö mm.
ESRS 1	Yleiset vaatimukset	Raportointiperiaatteet, kaksoisolennaisuus, rajaukset, arvoketju, datapisteiden rakenne, raportoinnin laatukriteerit
ESRS 2	Yleiset tiedot	Hallinto, organisointi, roolit ja vastuut, strategia, riskienhallinta, politiikat, tavoitteet, mittarit, olennaisuusarvio
Ympäristöstandardit		
ESRS E1	Ilmastonmuutos	Scope 1–3 -päästöt, ilmastoriskit, siirtymäsuunnitelma, päästövähennystavoitteet, energian käyttö, kompensaatiot
ESRS E2	Saastuminen	Päästöt ilmaan, veteen ja maaperään; vaaralliset aineet; kemikaalien hallinta
ESRS E3	Vesi- ja merivarat	Vedenotto, vedenkulutus, vesiriskit, vaikutukset merellisiin resursseihin
ESRS E4	Luonnon monimuotoisuus	Vaikutukset ekosysteemeihin, suojelualueisiin, luontohäviikkiin; biodiversiteettiriskit.
ESRS E5	Resurssien käyttö ja kiertotalous	Materiaalivirrat, jäte- ja sivuvirrat, kierrätysaste, resurssitehokkuus, tuotteiden elinkaarivaikutukset.
Sosiaaliset standardit		
ESRS S1	Oma työvoima	Työntekijöiden määrä, työterveys ja -turvallisuus, palkkaerot, koulutus, työehdot, työhyvinvointi.
ESRS S2	Arvoketjun työntekijät	Alihankkijoiden työolot, riskialttiit toimialat/maat, auditoinnit, työoikeudet.
ESRS S3	Vaikutuksen alaiset yhteisöt	Vaikutukset paikallisyhteisöihin, sosiaalinen hyväksyttävyys, ihmisoikeuskysymykset.
ESRS S4	Kuluttajat ja loppukäyttäjät	Tuoteturvallisuus, asiakasturvallisuus, tietosuoja, kuluttajavaikutukset.

Hallintostandardi		
ESRS S4	Liiketoiminta	Eettiset periaatteet, lahjonnan ja korruption torjunta, kilpailuoikeus, verostrategia, valvontamekanismit.

Yrityksen on tehtävä kaksoisolennaisuusanalyysi, jossa yritys arvioi toimintansa vaikutukset sekä ympäristöön ja ihmisiin että yrityksen talouteen. Sen periaate määritetään ESRS 1 -standardissa, jossa se toimii raportoinnin lähtökohtana (ESRS 1 General Requirements 2025, 7). Kaksoisolennaisuusanalyysin perusteella useimmilla toimialoilla vaikutus ilmastoon on olennaista, jolloin yrityksen tulee tehtävä GHG Protokollan mukainen päästölaskenta. ESRS E1 -standardi sisältää yksityiskohtaiset vaatimukset päästöistä, ilmastoriskeistä ja päästövähennystavoitteista.

Raportointi koostuu ESRS-standardien mukaisista tiedonantovaatimuksista ja niitä vastaavista datapisteistä. ESRS 1 määrittää, että jokainen tiedonantovaatimus sisältää yhden tai useamman datapisteen, jotka voivat olla numeerisia tai laadullisia. Datapisteitä kokonaisuudessaan on yli tuhat mutta niiden raportointitarve riippuu kaksoisolennaisuusanalyysistä ja sen perusteella yritykselle olennaisista aiheista. (ESRS 1 General Requirements.)

ESRS 2 -standardin yleiset tiedot ovat pakollisia kaikille yrityksille, ja olennaisuusarvio määrittää, mitä muita aiheita on raportoitava. Datapisteet muodostavat raportoinnin konkreettisen sisällön – esimerkkeinä päästömäärät, energiankulutus, riskit, tavoitteet ja prosessikuvaukset.

Euroopan komissio on julkaissut 26.2.2025 ns. Omnibus-aloitteen, jonka tavoitteena on keventää kestävyysraportointia osana EU:n kilpailukykystrategiaa. Aloitteen mukaan sekä kestävyysraportoinnin että EU-taksonomian raportointiaikataulua siirrettäisiin kahdella vuodella, sekä kestävyysraportointivelvollisten yritysten koko kasvaisi yli 1000 työntekijän, ja liikevaihdoltaan yli 50 miljoonan euron tai tasearvoltaan yli 25 miljoonan euron yrityksiin. Myös ESRS-raportointistandardeja kevennettäisiin muun muassa karsimalla datapisteiden määrää sekä uutena tulisi käyttöön vapaaehtoinen kestävyysraportointistandardi VSME (Voluntary Sustainability Reporting Standards for non-listed SMEs) pienemmille yrityksille. (Questions and answers on simplification omnibus I and II 2025.)

4.9 Vapaaehtoinen kestävyysraportointi VSME

VSME-standardi (Voluntary Sustainability Reporting Standard for non-listed SMEs) on European Financial Reporting Advisory Groupin (EFRAG) kehittämä ja Euroopan unionin rahoittama, vapaaehtoinen kestävyysraportointistandardi listaamattomille mikro-, pienille ja keskisuurille yrityksille. Standardin tavoitteena on tarjota pk-yrityksille merkittävästi kevyempi ja käytännöllisempi raportointimalli verrattuna CSRD-direktiivin mukaisiin ESRS -standardeihin, jotka on suunnattu ensisijaisesti suurille ja listatuille yhtiöille. VSME-standardin tavoitteena on tukea pk-yrityksiä antamaan kestävyystietoja suuryritysten, pankkien ja sijoittajien tietotarpeiden täyttämiseksi, sekä parantamaan pk-yritysten kilpailukykyä kestävyyshaasteiden hallinnassa. (Voluntary Sustainability Reporting Standards for non-listed SMEs 2024, 2–4).

VSME koostuu kahdesta raportointitasosta; perustaso (Basic Module) ja kattava taso (Comprehensive Module). Perustason raportointi kattaa raportoinnin vähimmäistason ja sisältää yrityksen perustiedot, hallintokäytännöt, strategian, riskienhallinnan sekä keskeiset ympäristö-, sosiaaliset ja hallinnolliset teemat. Kattavassa tasossa huomioidaan lisäksi raportointia esimerkiksi ilmastonmuutoksen siirtymäsuunnitelmiin, arvoketjuvaikutuksiin, päästöintensiteetteihin ja ihmisoikeusprosesseihin, mahdollistaen raportoinnin tarpeet silloin, kun toimiala tai sidosryhmät sitä edellyttävät (Voluntary Sustainability Reporting Standards for non-listed SMEs 2024, 8–14).

Yrityksen on raportoitava perustasossa (Basic Module) energiankulutus sekä hiilijalanjäljen osalta GHG-protokollan mukaisesti scope 1- ja scope 2 -päästöt. Päästöjen scope-luokittelun mukaisesta jaosta kerrotaan luvussa 5.4. VSME edellyttää sijaintiperusteista laskentaa sekä markkinaperusteista laskentaa. (Voluntary Sustainability Reporting Standards for non-listed SMEs 2024, 9.)

Kattavassa tasossa (Comprehensive Module) yrityksen tulee raportoida scope 1- ja 2 -päästöjen lisäksi oman arviointinsa perusteella merkittävät scope 3-päästökategoria. Lisäksi Comprehensive-moduulissa edellytetään ilmastosiirtymäsuunnitelman sekä päästöintensiteettien ja ilmastoriskien raportointia (Voluntary Sustainability Reporting Standards for non-listed SMEs 2024, 12)

4.10 SBTi

Science Based Targets initiative (SBTi) on kansainvälinen ilmastoaloite, joka kehittää standardeja, työkaluja ja ohjeistuksia, joiden avulla yritykset voivat asettaa tieteeseen perustuvia kasvihuonekaasujen vähennystavoitteita ja nettonollapäästötavoitteita (SBTi corporate net-zero standard 2025, 8). SBTi:n perustajajäseniä ovat CDP, Yhdistyneiden Kansakuntien Global Compact (UNGC), We Mean Business Coalition (WMBC), World Resources Institute (WRI) ja World Wide Fund for Nature (WWF) (About us n.d.). SBTi:n käyttämillä kehityspoluilla pyritään ohjaamaan vapaaehtoisia ilmastotoimia ja edistää Pariisin sopimuksen 1,5 °C:n tavoitteen ja kestävän kehityksen tavoitteiden (SDG) saavuttamista, eli saavuttaa hiilidioksidin nettonollapäästöt maailmanlaajuisesti vuoteen 2050 mennessä ja kasvihuonekaasupäästöjen nettonollapäästöt vuonna 2050 tai myöhemmin (SBTi corporate net-zero standard 2025, 16).

Rakennussektori on SBTi:n mukaan yksi suurimmista energiankulutuksen ja päästöjen lähteistä; rakennukset vastaavat noin 34 prosentista globaalista energian loppukäytöstä ja 26 prosentista energiaan liittyvistä päästöistä. Koska noin 80 prosenttia vuoden 2050 rakennuskannasta on jo olemassa, päästövähennykset edellyttävät erityisesti olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantamista (Buildings Sector Science-Based Targets Explanatory Document 2025, 6). Rakennusten ilmastovaikutuksia tarkastellaan kahdesta näkökulmasta: käytönaikaiset päästöt sekä rakentamisen materiaalipäästöt. Materiaalipäästöihin liittyy edelleen epävarmuuksia datan rajallisuuden vuoksi (Buildings Sector Science-Based Targets Explanatory Document 2025, 11).

Yritysten lyhyen aikavälin SBTi-tavoitteet sisältävät C17-kriteerin mukaisesti viidestä kymmeneen vuoden ajanjaksolle asetettavat 1,5 °C:n mukaiset päästövähennystavoitteet (SBTi corporate net-zero standard 2025, 38). Lähitavoitteiden on katettava sekä scope 1 ja 2 -päästöt että pakollisesti scope 3 -päästöt, sillä SBTi edellyttää scope 3:n sisällyttämistä aina, kun sen osuus ylittää 40 prosenttia yrityksen kokonaispäästöistä, jolloin lähitavoitteiden tulee lisäksi kattaa vähintään 67 prosenttia kaikista scope 3 -päästöistä (SBTi corporate net-zero standard 2025, 24). Myös rakennusliikkeiden tulee sitouttaa keskeiset toimittajansa asettamaan omat tieteeseen perustuvat päästövähennystavoitteet, koska SBTi:n mukaan scope 3 -luokkaa kuuluvien alihankinnan ja materiaalitoimitusten päästöt ovat keskimäärin yli 11-kertaiset yrityksen omiin suoriin päästöihin verrattuna (Engaging Supply Chains on the Decarbonization Journey 2025, 5). Rakennussektorin osalta yrityksen on sovellettava 1,5 °C:n päästöpolkuja sekä rakentamisen materiaalipäästöihin

että käytönaikaisiin päästöihin (Buildings Sector Science-Based Targets Explanatory Document 2025, 11).

5 GHG-protokollan mukainen hiilijalanjäljen laskenta

5.1 GHG-protokollan taustaa

GHG-protokolla (Greenhouse Gas Protocol) on World Resourses Instituten (WRI) ja World Business Council for Sustainable Developmentin (WBCSD) perustama yhteistyötaho, joka laatii kansainvälisiä kasvihuonekaasupäästöjen laskenta- ja raportointimenetelmiä. (What is GHG Protocol? n.d.)

Protokolla perustuu standardeihin, joiden tarkoituksena on auttaa yrityksiä laatimaan kasvihuonekaasuinventaarion, joka antaa oikean ja riittävän selvityksen yritysten päästöistä standardoitujen menettelytapojen ja periaatteiden mukaisesti. Lisäksi tavoitteena on yksinkertaistaa ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjen laskentakustannuksia, tarjota lähtötietoa tehokkaan kasvihuonekaasupäästöjen hallinta- ja vähentämisstrategian laatimiseksi sekä lisätä kasvihuonekaasulaskennan ja -raportoinnin johdonmukaisuutta ja läpinäkyvyyttä eri yritysten ja kasvihuonekaasuohjelmien välillä. (A Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, introduction.)

GHG-protokollan kehitys alkoi 1990-luvun lopulla, kun WRI ja WBCSD tunnistivat tarpeen kansainväliselle standardille yritysten kasvihuonekaasupäästöjen laskentaa ja raportointia varten. WRI julkaisi yhdessä suurten yrityskumppaneiden, kuten BP:n ja General Motorsin, kanssa vuonna 1998 raportin nimeltä ”Safe Climate, Sound Business”. Siinä määriteltiin toimintasuunnitelma ilmastonmuutoksen torjumiseksi, johon sisältyi kasvihuonekaasupäästöjen standardoidun mittaamisen tarve. Samanlaisesta laskennan standardoinnin aloitteesta keskusteltiin myös WBCSD:ssä. Vuoden 1997 lopulla WRI ja WBCSD sopivat kansalaisjärjestöjen ja yritysten välisestä yhteistyöstä kasvihuonekaasupäästöjen laskennan standardoimiseksi. WRI ja WBCSD kokosivat yhteen ydinohjausryhmän, joka koostui ympäristöryhmien ja teollisuuden jäsenistä, ohjaamaan standardien kehittämisprosessia. Ensimmäinen standardi julkaistiin vuonna 2001, ja sitä on myöhemmin täydennetty lisäohjeilla, jotka selventävät, miten yritykset voivat mitata sähkön ja muiden energiahankintojen päästöjä sekä laskea päästöt koko arvoketjustaan. GHG-protokolla kehittää standardeja, työkaluja ja verkkokoulutusta, jotka auttavat eri organisaatioita seuraamaan ilmastotavoitteidensa saavuttamisessa. (What is GHG Protocol? n.d.)

5.2 GHG-protokollan julkaisemat standardit

Ensimmäinen GHG-protokollan mukainen standardi julkaistiin 2001, ja sen jälkeen on julkaistu useampia muita hiilijalanjälkilaskenta- ja päästövähennysstandardeja. Standardit ja niiden oleellinen sisältö esitellään tässä kappaleessa. Standardien niminä käytetään englanninkielisiä versioita, koska standardeista ei ole tehty virallista suomen kielistä käännöstä.

A GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard

Yritysten laskenta- ja raportointistandardi tarjoaa vaatimuksia ja ohjeita yrityksille ja muille organisaatioille, jotka valmistelevat yritystason kasvihuonekaasupäästöjen laskentaa. Standardi auttaa yrityksiä kasvihuonekaasupäästöjen inventaariossa, joka antaa oikean ja tasapuolisen kuvan niiden päästöistä standardoitujen lähestymistapojen ja periaatteiden avulla. Standardin avulla myös yksinkertaistetaan laskentaa ja vähennetään kasvihuonekaasupäästöjen inventaarion laatimiskustannuksia. Se tarjoaa yrityksille myös tietoa, jota voidaan käyttää tehokkaan strategian rakentamiseen kasvihuonekaasupäästöjen hallintaan ja vähentämiseen sekä se lisää johdonmukaisuutta ja läpinäkyvyyttä kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa ja raportoinnissa eri yritysten ja kasvihuonekaasuohjelmien välillä. Standardi kattaa seitsemän Kioton pöytäkirjan piiriin kuuluvan kasvihuonekaasun – hiilidioksidin (CO2), metaanin (CH4), typpioksiduulin (N2O), fluorihiilivetyjen (HFC), perfluorihiilivetyjen (PFC), rikkiheksafluoridin (SF6) ja typpitrifluoridin (NF3) – kirjanpidon ja raportoinnin. Standardin nykyinen versio julkaistiin vuonna 2004 ja sitä päivitettiin vuonna 2015 scope 2 -ohjeistuksella, jonka avulla yritykset voivat luotettavasti mitata ja raportoida ostetun tai hankitun sähkön, höyryn, lämmön ja jäähdytyksen päästöjä. (Corporate Standard n.d.)

Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard

Yritysten arvoketjun (scope 3) laskenta- ja raportointistandardin avulla yritykset voivat arvioida koko arvoketjunsa päästövaikutuksia ja tunnistaa, mihin vähennystoimia tulisi keskittää. Standardi julkaistiin vuonna 2011 ja sen avulla voidaan laskea yritykselle yleensä merkityksellisemmät scope 3 -päästöt, koska yrityksen toiminnan kokonaispäästöistä suuri osa tulee niistä. Standardi jakaa scope 3 -päästöt ylä- ja alavirran päästöihin 15:een kategoriaan. Scope 3 -laskenta tukee myös asiakkaiden ja toimittajien välistä ilmastovaikutusten torjumiseksi tehtävää yhteistyötä. (Corporate Value Chain Scope 3 Standard n.d.)

Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories

Kaupungeille suunnattu laskenta- ja raportointistandardi, jonka avulla kaupungit voivat mitata päästöjä, laatia tehokkaampia päästövähennysstrategioita, asettaa mitattavia ja kunnianhimoisempia päästövähennystavoitteita sekä seurata edistymistänsä tarkemmin ja kattavammin. Standardi julkaistiin vuonna 2014 ja sitä päivitettiin vuonna 2021. (GHG Protocol for Cities n.d.)

Mitigation Goal Standard

Standardi sisältää ohjeistuksen kansallisten ja alueellisten päästövähennystavoitteiden suunnitteluun, ja tavoitteiden saavuttamiseksi standardoidun tavan edistymisen arviointiin ja raportointiin. Standardi on tarkoitettu ensisijaisesti kansallisille ja alueellisille viranomaisille, jotka osallistuvat päästövähennystavoitteiden asettamiseen ja seurantaan. Valtiot voivat hyödyntää standardia työkaluna päästövähennystavoitteiden asettamisessa, kotimaisten ja kansainvälisten päästöraportointivelvoitteiden täyttämisessä esimerkiksi YK:n ilmastosopimuksen mukaisille ryhmille ja varmistamaan, että päästövähennystoimet saavuttavat halutut tulokset. (Mitigation Goal Standard n.d.)

Policy and Action Standard

Standardi sisältää vakioidun lähestymistavan politiikkojen tai toimintatapojen ja toimien kasvihuonekaasuvaikutusten arviointiin. Kansallisen ja alueellisen tason analyytikot voivat arvioida politiikkojen tai toimintatapojen kasvihuonekaasuvaikutuksia, jotta voidaan parantaa niiden tehokkuutta päästöjen vähentämisessä ja resurssien kohdentamisessa parhaan tuloksen saavuttamiseksi. Standardin tavoitteena on myös auttaa poliittisia päättäjiä ja muita päätöksentekijöitä kehittämään tehokkaita strategioita kasvihuonekaasupäästöjen hallintaan ja vähentämiseen ymmärtämällä paremmin politiikkojen ja toimien päästövaikutuksia. (Policy and Action Standard n.d.)

The Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard

Tuotteen elinkaaren laskenta- ja raportointistandardin avulla yritykset voivat mitata tuotteiden koko elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasuja, huomioiden raaka-aineet, valmistus, kuljetus, varastointi, käyttö ja hävittäminen. Sen perusteella saatavien tulosten avulla yritykset voivat saavuttaa kilpailuetua mahdollistamalla paremman tuotesuunnittelun, lisäämällä tehokkuutta ja poistamalla riskejä. Standardi auttaa myös yrityksiä vastaamaan asiakkaiden ympäristötietoa koskeviin vaatimuksiin ja helpottamaan tuotteiden ympäristönäkökohtien viestintää. (Product Standard n.d.)

The GHG Protocol for Project Accounting

Standardi määrittelee vaatimukset ja ohjeet päästövähennysprojektien kasvihuonekaasupäästöjen muutosten kvantifiointiin ja raportointiin. Projekti-protokollaa voi käyttää kuka tahansa taho, joka haluaa mitata päästövähennysprojektien tuottamia kasvihuonekaasupäästövähennyksiä. Sitä ei kuitenkaan ole suunniteltu yritystason kasvihuonekaasupäästövähennysten kvantifiointiin vaan se tulisi tehdä yritysstandardin (Corporate Accounting and Reporting Standard) mukaan. (Project Protocol n.d.)

5.3 GHG-protokollan mukaisen laskennan periaatteet

Kasvihuonekaasulaskennan ja raportoinnin tulee perustua A Corporate Accounting and Reporting -standardissa esitettyihin periaatteisiin:

Merkityksellisyys (Relevance)

Kasvihuonekaasuinventaarion tulee sisältää ne tiedot, joita raportin käyttäjät tarvitsevat päätöksenteossaan. Keskeistä on valita inventaarioraja siten, että se kuvaa yrityksen liiketoiminnan todellista luonnetta eikä pelkästään yrityksen juridista rajausta. Rajauksen tulee perustua yrityksen ominaispiirteisiin, tiedon käyttötarkoitukseen ja käyttäjien tarpeisiin. Inventaariorajaa määritettäessä on otettava huomioon organisatoriset rakenteet, toiminnalliset rajat ja liiketoimintaympäristö. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 8.)

Täydellisyys (Completeness)

Kaikki inventaariorajaan sisältyvät olevat olennaiset päästölähteet on otettava huomioon, jotta inventaario on kattava ja merkityksellinen. Käytännössä tietojen puutteellisuus tai tietojen keräämisestä aiheutuvat kustannukset voivat kuitenkin rajoittaa laskentaa. Joissakin tilanteissa voi olla houkuttelevaa määritellä vähimmäiskynnys päästöjen laskennalle (ns. olennaisuuskynnys), jonka alittavat päästölähteet jätettäisiin inventaarion ulkopuolelle. Teknisesti tällainen kynnys tarkoittaa ennalta hyväksyttyä ja tiedostettua päästöjen aliarviointia. Käytännössä edellä mainitun esimerkin mukainen menettelytapa ei ole standardin täydellisyysperiaatteen mukainen. Jotta olennaisuuskynnys voitaisiin määritellä, tulisi tietyn päästölähteen tai toiminnon päästöt kvantifioida eli laskea sen varmistamiseksi, että ne alittavat kyseisen kynnyksen. Tällöin suurin osa kynnysarvon tuomasta hyödystä kuitenkin menetetään, koska päästöt niiltä osin on jo laskettu. Tapaukset, joissa päästöjä ei ole arvoitu lainkaan, tai ne on arvioitu riittämättömällä laadulla, on ne dokumentoitava

ja perusteltava avoimesti. Tällöin varmentajat voivat arvioida mahdollisen vaikutuksen ja merkityksen koko raportin kannalta. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 8.)

Johdonmukaisuus (Consistency)

Laskentamenetelmän osalta tulee säilyttää johdonmukaisuus, jotta päästötietoja voidaan seurata ja vertailla ajallisesti siten, että voidaan tunnistaa kehityssuuntia ja arvioida raportoivan yrityksen suoriutumista. Kaikkien toimintojen tiedot on koottava yhtenäisellä tavalla, jotta kokonaisuus on johdonmukainen ja vertailukelpoinen eri ajankohtina. Mikäli inventaariorajassa, laskentamenetelmissä, lähtötiedoissa tai muissa päästöarvioihin vaikuttavissa tekijöissä tapahtuu muutoksia, on muutokset dokumentoitava ja perusteltava avoimesti. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 8.)

Läpinäkyvyys (Transparency)

Läpinäkyvyys tarkoittaa, että kasvihuonekaasuinventaarion prosesseihin, menettelytapoihin, oletuksiin ja rajoitteisiin liittyvät tiedot esitetään selkeästi ja tosiasiallisesti, ja että ne perustuvat asianmukaiseen dokumentointiin ja arkistointiin. Tiedot on kirjattava, koottava ja analysoitava siten, että sekä sisäiset tarkastajat että ulkopuoliset todentajat voivat varmistua niiden luotettavuudesta. Tietojen tulee olla riittäviä siten, että kolmas osapuoli pystyy päätymään samoihin tuloksiin, mikäli sille annetaan käyttöön samat lähtötiedot. Riippumaton ulkopuolinen varmennus on yksi keino edistää läpinäkyvyyttä ja osoittaa, että asianmukainen tarkastusketju on toteutettu ja dokumentaatio riittävä. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 9.)

Täsmällisyys (Accuracy)

Tietojen tulee olla riittävän tarkkoja, jotta tiedon käyttäjät voivat tehdä päätöksiä kohtuullisella varmuudella raportoitujen tietojen luotettavuudesta. Kasvihuonekaasujen mittausten, arvioiden ja laskelmien ei tule järjestelmällisesti yli- eikä aliarvioida todellisia päästöjä siinä määrin kuin se on arvioitavissa, ja epävarmuuden on pyrittävä minimoimaan mahdollisuuksien mukaan. Kvantifiointiprosessi on toteutettava siten, että epävarmuus jää mahdollisimman vähäiseksi. Lisäksi päästöjenlaskennassa käytettyjen menettelytapojen ja tarkkuuden varmistamiseksi toteutettujen toimenpiteiden raportointi voi lisätä tietojen uskottavuutta ja samalla parantaa raportoinnin läpinäkyvyyttä. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 9.)

5.4 Laskennan rajaukset

GHG-protokollan mukaisessa kasvihuonekaasulaskennassa päästöinventaarion rajaus on olennainen vaihe, jossa määritetään mitkä yrityksen toiminnot ja organisaation osat sisällytetään laskentaan ja millä periaatteella päästöt konsolidoidaan yritystasolle. Rajauksen tavoitteena on varmistaa, että päästöinventaario kuvaa yrityksen toimintaa johdonmukaisesti ja vertailukelpoisesti. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 16; Kainulainen 2023, 9)

Rajaus tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa määritetään organisaation sisäinen rajaus, jossa päätetään, mitkä yritykset ja toiminnot kuuluvat laskentaan. Esimerkiksi sisällytetäänkö yrityksen päästölaskentaan tytäryrityksiä, yhteisomistuksessa olevia yrityksiä, franchising-yrityksiä tai osakkuusyhtiöitä. Toisessa vaiheessa tarkennetaan organisaation rajausta määrittelemällä konsolidointitapa eli toiminnallinen rajaus. Konsolidointitapa voi olla pääoman osuuteen tai määräysvaltaan perustuva. Määräysvaltaan perustuva tapa voidaan jakaa edelleen taloudelliseen tai toiminnalliseen hallintaa. Konsolidointitavat esitetty taulukossa 4. Toiminnallisen rajauksen valinta vaikuttaa merkittävästi siihen, mitä päästöjä otetaan laskentaan mukaan ja millaisia tuloksia saadaan. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 17; Kainulainen 2023, 9.)

Taulukko 4. Konsolidointitavat (Kainulainen 2023, 9)

Konsolidointitapa	Kuvaus toimintatavasta
Pääoman osuus	Pääomaosuusmenetelmässä yritys kirjaa kasvihuonekaasupäästöt kirjanpitoonsa sen mukaan, mikä päästön osuus on yrityksen omasta pääomasta. Pääomaosuus kuvastaa riskin ja hyödyn mukaista suhdetta toiminnassa
Taloudellinen hallinta	Taloudellisen hallinnan lähestymistavassa otetaan huomioon kaikki kasvihuonekaasupäästöt, joihin kohdeyrityksellä on taloudellinen vaikutusmahdollisuus. Päästöjä toiminnoista, joihin yritys ei voi taloudellisesti vaikuttaa, ei oteta laskennassa huomioon.
Toiminnallinen hallinta	Toiminnallisessa hallintatavassa laskennassa otetaan huomioon kaikki kasvihuonekaasupäästöt toiminnoista, joita yritys hallitsee. Laskennassa ei oteta huomioon päästöjä, joihin yrityksellä on osuus, mutta ei hallintaa toiminnoista.

Kasvihuonekaasupäästölaskennassa yrityksen on valittava yksi konsolidointitapa ja noudatettava sitä johdonmukaisesti. Konsolidointitapoja ei tule yhdistää samaan laskentaan, vaan mikäli päästöjä halutaan tarkastella esimerkiksi sekä toiminnallisen että taloudellisen hallinnan perusteella, tulee laskennat toteuttaa erillisinä. Käytännössä yleisimmin yritykset laativat päästöinventaarionsa

toiminnallisen hallinnan perusteella. Konsolidointitavat ja osuudet päästöistä esimerkin mukaisesti esitetty taulukossa 5. (Kainulainen 2023, 10.)

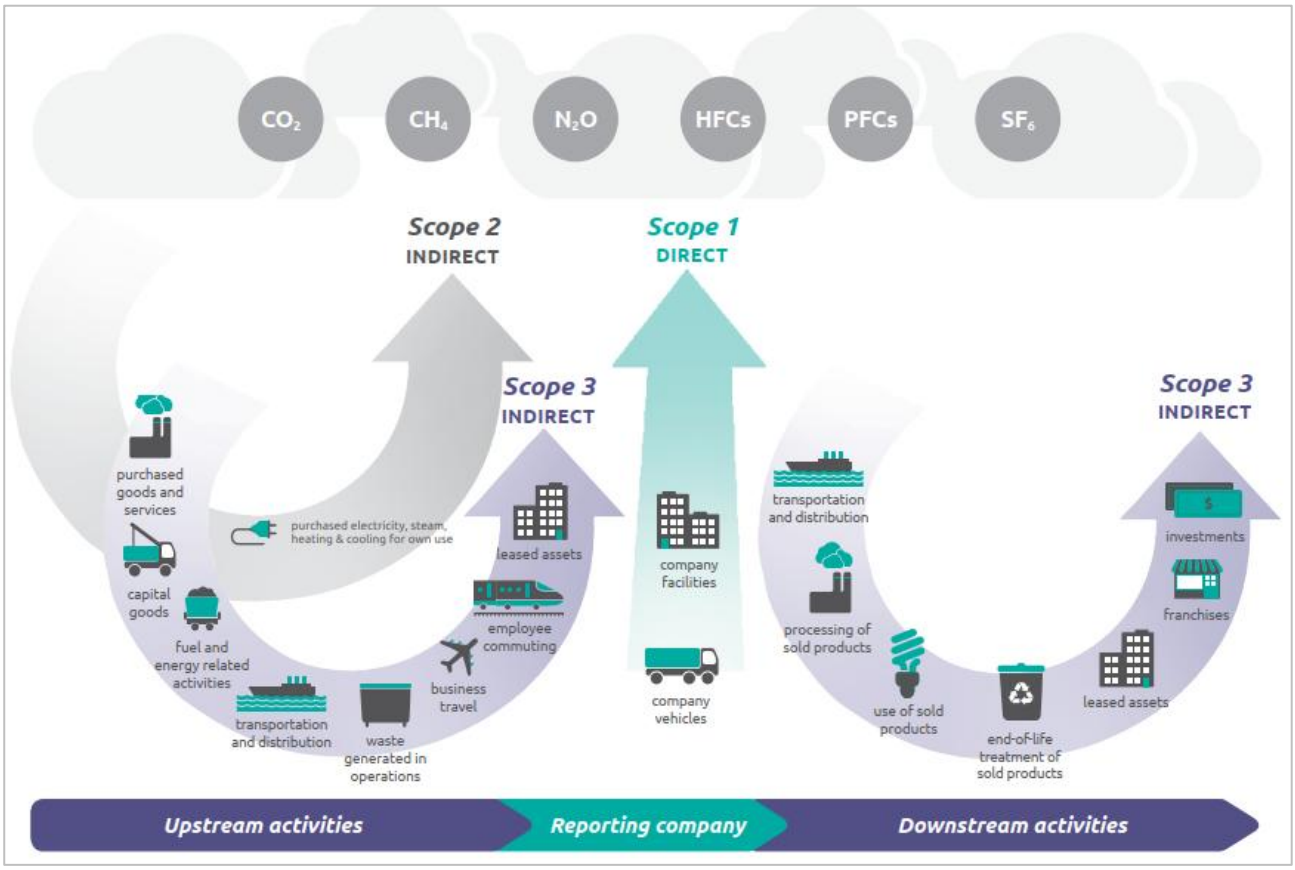
Taulukko 5. Konsolidointitavat ja esimerkit jako-osuuksista (Kainulainen 2023, 10)

Yhteenveto konsolidointitavoista		
Rajaustapa	**Määritelmä**	**GHG-laskennassa huomioitavat päästöt**
Pääoman osuus	Prosentuaalinen omistusosuus toiminnasta	Päästölähteen päästöt omistusosuuden mukaan. Esim. 50%
Taloudellinen hallinta	Suora mahdollisuus vaikuttaa toiminnan taloudellisiin valintoihin	Jos kyllä: 100% Jos ei: 0% Jaettu omistajuus: %-osuus
Toiminnallinen hallinta	Mahdollisuus vaikuttaa tapahtuviin toimintoihin ja toimintatapoihin	Jos kyllä: 100% Jos ei: 0%

5.5 Kasvihuonekaasupäästöjen lähteiden tunnistaminen ja päästöluokitukset

GHG-protokolla jaottelee kuviossa 6 esitetyn mukaisesti kasvihuonekaasupäästöt suoriin ja epäsuoriin päästöihin. Suorilla päästöillä tarkoitetaan päästöjä, jotka syntyvät yrityksen omistamista tai sen hallinnassa olevista päästölähteistä. Epäsuorat päästöt puolestaan aiheutuvat yrityksen toiminnasta mutta syntyvät lähteistä, jotka ovat toisen toimijan omistuksessa tai hallinnassa. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 41; Kainulainen 2023, 13.)

GHG-protokollan mukaan päästöt jaetaan taulukon 6 mukaisesti kolmeen päästöluokkaan eli scopeen. Scope 1 sisältää yrityksen toiminnasta johtuvat suorat päästöt. Näitä ovat esimerkiksi omissa laitoksissa käytetyt polttoaineet lämmön-, höyryn- ja sähköntuotannossa, fysikaalinen tai kemiallinen prosessointi, fossiilisia polttoaineita käyttävät työkoneet ja ajoneuvot sekä hajapäästöt, kuten kylmäainevuodot, esimerkiksi laitteista tai koneista.



Kuvio 6. GHG-protokollan mukainen jaottelu suoriin ja epäsuoriin päästölähteisiin (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard 2011, 7)

Scope 2 sisältää yrityksen hankkiman energian, kuten sähkön ja lämmityksen tuotannosta aiheutuvat epäsuorat päästöt. Scope 2-luokan osalta tulee laskea ja ilmoittaa sijaintiperusteinen ja markkinaperusteinen arvo. Markkinaperusteisena arvona käytetään sähkön toimittajien ilmoittamaa arvoa, joka tulee vahvistaa alkuperätodistuksella. Sijaintiperusteisessa käytetään aluekohtaista arvoa, joka tarkoittaa tässä tapauksessa Suomen keskimääräistä kasvihuonekaasupäästömäärää. Scope 3 -luokan päästöt ovat peräisin lähteistä, joita yritys ei omista tai ne ovat toisen yrityksen hallinnassa. Scope 3 sisältää yrityksen muut epäsuorat päästöt yrityksen arvoketjussa, ja se koostuu 15:stä eri kategoriasta. Scope 3 -luokan päästöt ovat yleensä yrityksen suurin päästöluokka, ja omaa siten suurimman päästövähennyspotentiaalin. (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 41; Kainulainen 2023, 13–14.)

Taulukko 6. GHG-protokollan mukaiset päästöluokat (taulukko koostettu lähteistä Corporate Accounting and Reporting Standard 2004; Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard 2011, 72-73)

GHG-protokollan mukaiset päästöluokat	
	Päästölähde
Scope 1	**Yrityksen aiheuttamat suorat päästöt**
	Sähkön-, lämmön- ja höyryntuotanto. Esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden polttaminen kattiloissa.
	Fysikaalinen tai kemiallinen prosessointi/prosessi. Esimerkiksi sementin valmistuksesta aiheutuvat päästöt
	Yrityksen omistamien / hallinnoimien ajoneuvojen päästöt. Esimerkiksi fossiiliset polttoaineet.
	Hajapäästöt. Esimerkiksi kylmäainevuodot kylmälaitteista.
	Päästölähde
Scope 2	**Yrityksen aiheuttamat epäsuorat päästöt**
	Yrityksen hankkima sähkö-, lämmitys-, höyry- ja jäähdytysenergia
	Sähköenergia
	Lämmitysenergia
	Jäähdytysenergia
	Höyryenergia
	Päästölähde
Scope 3	**Yrityksen aiheuttamat epäsuorat päästöt**
	Upstream - ylävirran päästöt
	1. Ostetut tavarat ja palvelut Organisaation hankkimien tavaroiden ja palvelujen tuotannosta aiheutuvat päästöt.
	2. Tuotantohyödykkeet Muun muassa laitteista, koneista ja ajoneuvoista syntyvät päästöt (ennen organisaation osuutta toimitusketjussa)
	3. Polttoaineeseen ja energiaan liittyvät päästöt (jotka eivät sisälly scope 1 tai 2 päästöihin, esim. polttoaineen tuotanto, sähkönsiirto ja -jakelun häviöt, voimalaitosten polttoaineketjut)
	4. Toimitusketjun ylävirrassa tapahtuva kuljetus ja jakelu
	5. Jätteet ja jätevesi
	6. Liikematkustus
	7. Työntekijöiden työmatkat
	8. Organisaatiolle vuokratun omaisuuden päästöt
	Downstream - alavirran päästöt
	9. Toimitusketjun alavirrassa tapahtuva kuljetus ja jakelu Organisaation osuuden jälkeen tapahtuva logistiikka.
	10. Myytyjen tuotteiden jatkoprosessointi
	11. Myytyjen tuotteiden käyttö
	12. Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto
	13. Ulos vuokrattu omaisuus
	14. Franchising-toiminta
	15. Sijoitukset

5.6 Laskennan lähtötiedot, päästökertoimet ja laskenta

Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta on sinänsä yksinkertainen toimenpide; yksittäisen päästölähteen laskenta toteutetaan kertomalla määrätieto päästökertoimella, jolloin tulokseksi saadaan kasvihuonekaasupäästö kiloa hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO_2-e):

Kasvihuonekaasupäästö = toimintotieto (määrätieto) x päästökerroin

Yritystason laskenta toteutetaan laskemalla kaikki tunnistetut päästölähteet scope-jaottelun mukaisesti ja yrityksen kasvihuonekaasupäästö, eli hiilijalanjälki, on kaikkien scope-luokkien mukaisten päästöjen yhteenlaskettu summa.

Lähtötietojen hankinta on keskeinen vaihe kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa ja lähtötietojen saatavuus määrittelee laskennan laadun ja luotettavuuden. GHG-protokollan mukaisesti laskennassa tarvittava lähtötieto muodostuu toiminto- tai tuotekohtaisesta toimintatiedosta (activity data) ja kyseisen toiminnon tai tuotteen päästökertoimesta (emission factor) (Corporate Accounting and Reporting Standard 2004, 46). Toimintotiedot ovat määräperusteisia ja kuvaavat laskettavan osion laajuutta, kuten esimerkiksi polttoaineen määrä litroina.

Saatavilla oleva tieto jaotellaan kahteen eri kategoriaan; primääridataan ja sekundääridataan. Taulukossa 7 on esimerkkejä scope 1 ja 2 -luokkien mukaisesta primääri- ja sekundääridatasta.

Taulukko 7. Scope 1 ja 2 laskentaan tarvittava data jaoteltuna primääri- ja sekundäärilähteisiin (Kainulainen 2023, 16)

Päästötyyppi	Primääridata	Sekundääridata
Polttoaineet (autot, työkoneet, aggregaatit).	Yrityksen kirjanpidosta polttoaineen tyyppi (öljy, bensiini, diesel) ja hankitut määrät (kg, l, m3, kWh).	Yrityksen kirjanpidosta hankitut polttoaineet euromääräisenä, ajetut kilometrit.
Prosessoinnit (fysikaalinen ja kemiallinen).	Prosessointiin käytetty aine ja hankittu määrä.	Arvio käytetyn prosessin päästöistä.
Hajapäästöt (kylmäaineen lisäykset, muut kaasu- ja nestevuodot).	Lisätyn kylmäaineen tyyppi ja massa. Havaittujen vuotomäärien (tyyppi, massa, tilavuus).	Keskimääräinen lisäystarve kylmäaineille.
Hankittu sähkö, kaukolämpö, kaukokylmä sekä höyry.	Yrityksen kirjanpidosta hankitun energian määrä (kWh).	Tutkimustietoon perustuvat keskimääräiset energiankulutukset per m2.

Primääridata on tietoa, joka on saatu suoraan yrityksen kirjanpidosta, toimittajilta tai yrityksen arvoketjun yhteistyökumppaneilta. Lähtötietojen osalta yleisin primäärilähde on taloushallinnosta

saatavien laskutositteiden sisältämä informaatio. Primääritietoja ovat myös tavarantoimittajilta ja yhteistyökumppaneilta saatavat materiaalivalmistuksen tai toimituksen tarkat päästö- tai kulutustiedot. Erilaiset tilastot, tutkimukset, tietokannat ja toimialan keskiarvot ovat sekundääridataa, joita voidaan käyttää, mutta se ei täsmällisesti kuvaa laskettavia päästöjä. (Kainulainen 2023, 16.)

Markkinoilla on useita päästölaskentatyökaluja, joissa on myös kattavat toimintojen tai materiaalien päästökerroinkannat. Päästökertoimena pyritään käyttämään materiaalin tai toiminnon yksilöllistä päästökerrointa, mutta mikäli sitä ei ole saatavilla, voidaan käyttää geneeristä päästökerrointa. Päästökertoimien hierarkia esitetty kuviossa 7.

Kuvio 7. Päästökertoimien hierarkia (Siitonen 2024)

Mikäli laskennan kohteena materiaalille on laadittu ympäristöseloste (EPD), on siitä saatavissa yksilöllinen kyseiselle materiaalille tarkoitettu päästökerroin. Esimerkkinä taulukossa 8 Gyproc GN13 -kipsilevyn EPD:ssä esitetyt päästökertoimet.

Taulukko 8. Päästökertoimet Gyproc GN 13 -kipsilevyn EPD:ssä (EPD Gyproc GN13, 12)

Environmental Impacts

Environmental indicators	Product stage	Construction stage		Use stage						
	A1 / A2 / A3	A4 Transport	A5 Installation	B1 Use	B2 Maintenance	B3 Repair	B4 Replacement	B5 Refurbishment	B6 Operational energy use	B7 Operational water use
Climate Change (total) [kg CO_2 eq.]	9,29E-01	4,18E-01	3,63E-01	0	0	0	0	0	0	0
Climate Change (fossil) [kg CO_2 eq.]	1,70E+00	4,13E-01	1,63E-01	0	0	0	0	0	0	0
Climate Change (biogenic) [kg CO_2 eq.]	-7,75E-01	9,95E-04	2,00E-01	0	0	0	0	0	0	0
Climate Change (land use change) [kg CO_2 eq.]	3,88E-03	3,41E-03	3,02E-04	0	0	0	0	0	0	0

Myös kansallinen päästötietokanta CO2data.fi tarjoaa rakentamiseen liittyviä päästökertoimia, palvelu on ilmainen ja vapaasti käytettävissä, mutta siinä esitetyt päästökertoimet (esimerkki taulukko 9) ovat tarkoitettu pääasiassa rakennusten hiilijalanjäljen laskentaan, koska päästökertoimet ovat GWP A1-A3 fossiili-muodossa.

Taulukko 9. Esimerkki CO2data.fi-päästötietokannasta saatavasta kipsilevyn päästökertoimesta (CO2data.fi)

Kipsi-kartonkilevy, sisäkäyttö

Gypsum plasterboard, interiors
Gipsskiva, inredning

Ympäristöindikaattorit

GWP A1-A3	0.31 kg CO_2e /kg (A1-A3 total) 0.31 kg CO_2e /kg (A1-A3 fossil, conservative)

Päästökertoimien käytössä tulee varmistua, että käytetty yksikkö on oikea. Esimerkiksi Gyprocin EPD:ssä ilmoitettu päästökerroin on pinta-alaperusteinen, eli ilmoitettu yhtä neliötä kohden (m^2),

kun vastaavasti CO2data.fi päästökerroin on painoperusteinen ja ilmoitettu materiaalin kilogrammaa kohden.

6 Kehittämistyön tulokset ja haasteet

6.1 Kehittämistyön tulokset

Työn tavoitteena oli selvittää mitä haasteita hiilijalanjälkilaskentaan liittyy rakennusliikkeen näkökulmasta, miten ne on ratkaistavissa, tunnistaa yrityksen keskeiset päästölähteet, määritellä hiilijalanjäljen laskentaperusteet sekä kartoittaa päästökertoimien ja määrädatan lähteet. Lisäksi työn tarkoituksena oli arvioida järjestelmien kehittämistarpeita laskennan näkökulmasta.

Kehittämistyössä analysoitiin yrityksen taloushallinnon, tuotannonhallinnan ja hankinnan järjestelmien tuottamaa dataa sekä yrityksen eri toimintojen prosesseja. Taloushallinnon osalta analysoitiin laskujen rivitietoja ja niiden antamaa informaatiota sekä datan käytettävyyttä. Tuotannonhallinnan ja hankintajärjestelmän sisältämää dataa hyödynnettiin toimittaja- ja sopimuskohtaisten työ- ja materiaalisisältöjen sekä niiden laajuuksien arviointiin. Analyysin perusteella tunnistettiin yrityksen päästölähteet scope-luokittelun mukaisesti sekä keskeisimmät päästökategoriat.

Päästölähteiden tunnistamisen yhteydessä arvioitiin myös toimintotiedon (activity data) eli määräperusteisen tiedon saatavuutta ja määriteltiin sille lähteet. Varsinkin scope 1 ja 2 -päästöluokkien sekä scope 3-luokan joidenkin kategorioiden osalta hyödynnettävin lähde on taloushallinnon järjestelmästä saatava laskujen rivikohtainen data. Scope 3 -luokan kategoriaan 1, ostetut tavarat ja palvelut, laskujen sisältämän informaation hyödyntäminen määräperusteeksi osoittautui erittäin haastavaksi. Haasteeksi muodostui esimerkiksi käsiteltävän tiedon suuri määrä; yritystasolla käsiteltävien laskujen rivimäärä on satoja tuhansia, joten manuaalikäsittely on työläs vaihe. Lisäksi laskujen sisältämä informaatio ei useinkaan kertonut tehdyn työn laajuudesta tai antanut materiaalidataa. Näitä haasteita käsitellään kappaleessa 6.2. Määräperusteisen datan muita lähteitä ovat muun muassa toimittajakohtaiset raportit; esimerkiksi sähköenergian valtakunnallisen vuosisopimuksen toimittajan raportti, jolloin saadaan valmis päästöraportti käytetystä energiasta, tai yritystason jäteraportti, joka pitää sisällään jätelajikohtaisen koosteen, jonka perusteella päästöt voidaan laskea.

Päästökertoimien osalta määriteltiin niiden peruste; esimerkiksi joko materiaalikohtaisessa ympäristöselosteessa (EPD) ilmoitettu päästökerroin tai materiaalin geneerinen päästökerroin. Esimerkiksi palvelujen, kuten suunnittelu, osalta käyttökelpoisin päästökerroin on hintaperusteinen.

Päästökertoimen valinnalla voi olla merkittävä vaikutus laskettavan materiaalin tai palvelun päästöarvoon.

Työssä kartoitettiin myös järjestelmien kehittämistarpeita sekä laskennan kannalta saatavan datan käytettävyyden parantamistoimenpiteitä. Aikaisemmassa kappaleessa haasteeksi todettu scope 3 -luokan kategoria 1 on rakennusliikkeen näkökulmasta päästöiltään suurin osio sekä vaativin laskettava. Suurin osa työmaatoimintoihin liittyvistä päästöistä kohdentuu kyseiseen kategoriaan. Tähän liittyen merkittävin tekijä on tietojärjestelmien kehittäminen siten, että rakennetaan yritystason raportointijärjestelmä aliurakoitsija- ja materiaalitoimittajakohtaisten päästötietojen raportoimiseksi. Järjestelmän tulee olla hankintajärjestelmään kytketty siten, että tarvittavan datan raportointivaateet ja seuranta tapahtuu järjestelmän toimesta automaattisesti.

Työssä laaditut hiilijalanjälkilaskennan määrittelyt on esitetty liitteessä 1.

6.2 Kehittämistyössä esille tulleet haasteet

Merkittävimmät haasteet liittyvät scope 3 -luokan kategorian 1, ostetut tavarat ja palvelut, päästöjen laskentaan, koska rakennusliiketoiminnassa rakennusprojektien erilaisten käytettävien materiaalien määrä ja alihankinnan osuus yleensä on suuri, ja nämä toiminnot kohdentuvat kyseiseen kategoriaan. Toimintotiedot (activity data) ovat esimerkiksi ostettujen materiaalien määrätietoja tai energian kulutustietoja, joiden yksi mahdollinen lähde on taloushallinnon järjestelmät.

Materiaalinimikkeiden tunnistaminen ja määrien koonti laskuriveiltä osoittautui haastavaksi, koska materiaalien tunnistaminen ja luokittelu pelkästään materiaalinimikkeen perusteella on suuritöinen. Esimerkiksi taulukossa 10 on listattuna laskurivien tulosteesta luokittelematon kohta, josta voi huomioida erilaisten materiaalinimikkeiden nimikkeiden laajuus.

Taulukko 10. Esimerkki erilaisista materiaalinimikkeistä

52896	R			1	KIPSILEVY GYPROC GN 13 1200X2600MM	2		3	kpl	
52896	R			1	KIPSILEVY GYPROC GTS9 TUULENS 1200X3000	2		5	kpl	
52896	R			1	VANERI HAVU MW FLEX 9X2400X1200 VAL/HAR	2		2	kpl	
52896	R			1	PAROC EXTRA 100 565X870 3,93M2	2		5	PKT	
52896	R			1	PAROC EXTRA 100 565X870 3,93M2	2		1	PKT	
52896	R			1	KIPSILEVY GYPROC GTS9 TUULENS 1200X3000	2		3	kpl	
52896	R			1	OSB 4 LEVY 18X2700X1200 TG4 KRONOSP PEFC	2		3	kpl	
52896	R			1	ASENNUSPALA PROF K10 PP 80X50X10 100KPL	2		3	PKT	
52896	R			1	ELEMENTIN ASENNUSPALA 3MM 1000KPL/SK KEL	2		2	ltk	
52896	R			1	TERASSIRUUVI FXA 4,2X55 AISI410 T20 200	2		2	PKT	
52896	R			1	TERASSIRUUVI PROF 4,2X55 RST A2 T20 200	2		5	PKT	
52896	R			1	LAUTA PROF VAJAASÄRMÄ 22X100 PL/VL	2		7	m	
52896	R			1	BETONIRUUVI SPIT 5X40/5 UPPO 100KPL	2		5	PKT	
52896	R			1	BETONIRUU SORMAT UPPO 5X50/5 ZN 100KPL	2		5	PKT	
52896	R			1	KIPSILEVY GYPROC GEK 13 1200X2600MM	2		1	kpl	
52896	R			1	SIKACRYL-S+ 600ML AKR.MASSA 21219980 VAL	2		5	kpl	
52896	R			1	ULKOVERHOUSPANEELI 23X145 UTV HS POHJAM	2		5	m	
52896	R			1	KONENAULA PROF 34 90X3,1 KS KAM 2080KPL	2		1	PKT	
52896	R			1	ULKOVERHOUSLAUTA PROF 20X95 POHJAMAAL	2		0	m	
52896	R			1	KULJETUSP OMA PAKETTIAUTO ALUE 1	2		1	kpl	
52896	R			1	VÄLISEINÄTOLPPA KERTOPUU 39X66X2700	2		0	kpl	

Myös saman materiaalin kirjoitusasu voi vaihdella riippuen jälleenmyyjästä. Materiaalien tunnistamisessa, ja mikäli rakennetaan laskentajärjestelmä, jossa materiaalit tunnistetaan nimikkeen perusteella, tulee huomioida kaikki nimikkeen kirjoitusasun variaatiot. Taulukossa 11 esitetty esimerkkinä kaksi saman valmistajan kipsilevytyyppiä, joista molemmilla kolme erilaista kirjoitusasua. Kolme ensimmäistä riviä ovat samanlaisia Gyproc-merkkisiä 13 mm:n normaalikovuisia kipsilevyjä ja kolme jälkimmäistä ovat samanlaisia Gyproc-merkkisiä 13 mm:n erikoiskovia kipsilevyjä.

Taulukko 11. Esimerkki materiaalin erilaisista kauppanimikkeistä.

52896	R			4	KIPSILEVY GYPROC GN 13 1200X2600MM	2		kpl		26
4095	St			5	KIPSILEVY GN 13 O120X272 3,26M2 86705	2		m2		53
1433	Sa			5	GYPROC GN 13 Normaali 1200x3000	2		PKT		19
52896	R			4	KIPSILEVY GYPROC GEK 13 1200X3000MM	2		kpl		11
4095	St			5	KIPSILEVY GEK 13 O120X260 3,12M2 86751	2		kpl		07
1433	Sa			5	GYPROC GEK 13 Erikoiskova 1200x3000	2		PKT		38

Materiaalityyppi voi olla sama, mutta materiaalin kauppanimike, ominaisuudet tai koko saattaa vaihdella. Taulukossa 12 esitetty esimerkkinä erilaisten kipsilevytyyppien, kauppanimikkeiden ja levykokojen variaatioita, jotka pitää huomioida laskennan lähtötietoja selvitettäessä, jotta tunnistetaan oikea levy ja EPD:n mukainen päästökerroin, sekä voidaan laskea luotettava määrädata.

Taulukko 12. Erilaisia kipsilevytyyppejä, kauppanimikeitä ja kokoja

Toim.nro	Toimi	Kipsilevy	Tapahtumalaji	Määrä	Yksikkö	A-hinta €	Hinta
52896	Ra	Kipsilevy	GYPROC GEK 13 Erikoiskova 1200x3000	7	kpl	26	94
52896	Ra	Kipsilevy	GYPROC GF 15 Protect 1200x2750 P	5	kpl	94	26
52896	Ra	Kipsilevy	GYPROC GH 13 Habito 1200x3000	1	kpl	06	20
4095	St	Kipsilevy	GYPROC GN 13 Normaali 1200x3000	4	kpl	07	11
4095	St	Kipsilevy	GYPROC GRI 13 Kylppäri 1200x3000	4	m2	53	31
50530	Ra	Kipsilevy	KIPSILEVY GEK 13 O120X260 3,12M2 86751	6	ST	,6	94
50530	Ra	Kipsilevy	KIPSILEVY GN 13 O120X272 3,26M2 86705	2	ST	,7	06
50530	Ra	Kipsilevy	KIPSILEVY GSE 6 ERGO90X270 2,43M2 86016	1	ST	54	26
1433	Sa	Kipsilevy	KIPSILEVY GYPROC GEK 13 1200X2600MM	5	PKT	39	20
1433	Sa	Kipsilevy	KIPSILEVY GYPROC GEK 13 1200X3000MM	0	PKT	38	11
1433	Sa	Kipsilevy	KIPSILEVY GYPROC GFL 18 FIRE 1200X2750MM	8	PKT	34	31
1433	Sa	Kipsilevy	KIPSILEVY GYPROC GN 13 1200X2600MM	0	PKT	57	94
1433	Sa	Kipsilevy	KIPSILEVY GYPROC GSE 6 ERGO 6X900X2700	4	PKT	53	06
1433	Sa	Kipsilevy	KIPSILEVY GYPROC GTS9 TUULENS 1200X3000	2	PKT	35	26
4095	St	Kipsilevy	KIPSILEVY HABITO120X270 GH13 3,24M2	4	kpl	36	20
51487	V	Kipsilevy	KIPSILEVY KEK13 O 13X1200X2720MM	0	kpl	35	11
4095	St	Kipsilevy	KIPSILEVY KEK13 O 13X1200X3000MM	4	kpl	77	31
52896	Ra	Kipsilevy	KIPSILEVY KXT9 N 9X1200X2700MM	1	kpl	20	94
52896	Ra	Kipsilevy	KIPSILEVY KXT9 N 9X1200X3000MM	0	kpl	31	06
1433	Sa	Kipsilevy	GYPROC GFR 95 Vahvistusranka 3600	2	PKT	12	26
1433	Sa	Kipsilevy	GYPROC GFS 95 Vahvistuskisko 2500	0	PKT	15	20

Materiaalien yksiköt vaihtelevat ja niiden osalta joudutaan tekemään yksikkömuunnoksia, jotta materiaaliryhmälle saadaan yhteinen yksikkö ja laskettua kokonaismäärä. Esimerkiksi taulukossa 13 on erilaisia betoniteräksiä ja yksiköitä (m, kpl, kg).

Taulukko 13. Erilaisia yksiköitä ja yksikkömuunnoksia

Toim.nro	Toimi	Tuoteryhmä	Selite	Määrä	Yksikkn tai m2 yl	g/m2 tai yl	kg yht
52896	Rau	Raudoitteet	PYÖRÖTERÄS 16MM 1,58KG/M	590	m	1	1,58	570
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS B500A 8MM 6M	370	kpl	6	0,395	912
3989	Ce	Raudoitteet	Raud. verkko B500K SFS1257 6-150 5*2,355	500	kg	1	1	500
52896	Rau	Raudoitteet	PYÖRÖTERÄS 16MM 1,58KG/M	272	m	1	1,58	490
52896	Rau	Raudoitteet	PYÖRÖTERÄS 16MM 1,58KG/M	730	m	1	1,58	053
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS B500A 8MM 6M	940	kpl	6	0,395	228
8166	Ke	Raudoitteet	B500B 8mm leikattu ja taivutettu	212	kg	1	1	212
8166	Ke	Raudoitteet	B500B 10mm L=12000	926	kg	1	1	926
8166	Ke	Raudoitteet	B500B 10mm leikattu ja taivutettu	423	kg	1	1	423
8166	Ke	Raudoitteet	B500B 12mm leikattu ja taivutettu	512	kg	1	1	512
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS A500HW 16MM 6M	950	kpl	6	1,58	486
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS A500HW 16MM 6M	270	kpl	6	1,58	040
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS B500A 8MM 6M	510	kpl	6	0,395	209
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS A500HW 16MM 6M	570	kpl	6	1,58	404
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS B500A 8MM 6M	750	kpl	6	0,395	778
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS A500HW 16MM 6M	403	kpl	6	1,58	820
52896	Rau	Raudoitteet	RAUDOITUSVERKKOB500A 5-150 5000/2350	147	kpl	11,75	24,62	525
52896	Rau	Raudoitteet	RAUDOITUSVERKKO B500A 6-150 5000/2350	150	kpl	11,75	35,5	569
52896	Rau	Raudoitteet	HARJATERÄS B500A 8MM 6M	415	kpl	6	0,395	984

Päästökertoimien osalta haasteena on materiaalin tunnistaminen ja käytettävä päästökerroin. Mikäli materiaali on tunnistettava ja sillä on ympäristöseloste (EPD), kannattaa käyttää siinä esitettyä materiaalikohtaista päästölukua, koska geneeriset arvot antavat yleensä suuremmat päästöarvot.

Esimerkiksi taulukossa 14 esitetty GN 13-kipsilevyn EPD:n mukainen päästökerroin on 0,929 kg CO_2-e, kun vastaavasti CO2data.fi:n mukainen geneerinen päästökerroin on yli 200 % suurempi. Päästökertoimia käytettäessä tulee huomioida ilmoitetun päästökertoimen yksikkö. Esimerkissä geneerinen arvo on ilmoitettu kipsilevyn kilogrammaa kohden ja vastaavasti EPD:n mukainen arvo on yhtä levyneliötä (1 m^2) kohden. Eli, jos levyn paino on 9 kg/m2, geneerinen päästökerroin on silloin 2,79 kg CO_2-e levyneliötä (m^2) kohden.

Taulukko 14. EPD:n mukainen ja geneerinen päästökerroin

Results refer to a declared unit of 1m2 of installed plasterboard 12,5 mm with a weight of 9,0 kg/m². The following results refer to a single product manufactured in a single plant: Gyproc Kirkkonummi, Finland Oy.

EPD

Climate Change (total) [kg CO_2 eq.]	9,29E-01	4,18E-01	3,63E-01	0	0	0	0	0	0	0
Climate Change (fossil) [kg CO_2 eq.]	1,70E+00	4,13E-01	1,63E-01	0	0	0	0	0	0	0
Climate Change (biogenic) [kg CO_2 eq.]	-7,75E-01	9,95E-04	2,00E-01	0	0	0	0	0	0	0
Climate Change (land use change) [kg CO_2 eq.]	3,88E-03	3,41E-03	3,02E-04	0	0	0	0	0	0	0

CO2data.fi

Ympäristöindikaattorit

GWP A1-A3	0.31 kg CO_2e /kg (A1-A3 total) 0.31 kg CO_2e /kg (A1-A3 fossil, conservative)

Maksueräpohjaisten, esimerkiksi taulukossa 15 esitettyjen, hankintojen osalta laskurivejä ei voi hyödyntää määräperusteen laskennassa, eikä myöskään saa tarkempaa tietoa päästökertoimen määrittelyyn, koska rivitiedosta ei ilmene tehdyn työn tai materiaalitoimituksen laajuus.

Taulukko 15. Maksueräpohjaiset toimitukset

Litterakoodi	Litteranimi	Toim.nro	Toimittaja	Selite	Määrä	Yksikkö	
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	1.erä	1	erä	6 3
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	2.erä	1	erä	19
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	3.erä	1	erä	19
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	4.erä	1	erä	19
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	erä 5	1	erä	25
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	erä 6	1	erä	12
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	erä 7	1	erä	12
2010	PERUSTUKSET JA PAIKALLAVAI	52690	Rak	erä 8	1	erä	12

Litterakoodi	Litterani Lähde	Toim.nro	Toimittaja	Selite	Määrä	Yksikkö	Netto €
3050	BETONIELEMENTIT	2948	Be		1		14
3050	BETONIELEMENTIT	2948	Be		1		24
3050	BETONIELEMENTIT	2948	Be		1		10
3050	BETONIELEMENTIT	2948	Be		1		25
3050	BETONIELEMENTIT	2948	Be		1		1 5
3050	BETONIELEMENTIT	2948	Be		1		9 3

Näiden osalta voidaan käyttää kustannusperusteista päästökerrointa mutta yleensä niiden perusteella päästömäärät arvioidaan yli todellisen määrän. Tällöin tulee määräperuste hankkia muusta lähteestä, esimerkiksi määrälaskennasta tai toimittajalta, jolloin samalla on mahdollista suoraan saada kyseisen toimituksen päästölaskelma. Yleensä myös suunnittelusopimukset ovat maksuerä-pohjaisia, ja niiden osalta on kustannusperusteinen päästökerroin perusteltua.

Ongelmakohtia ja havaintoja esitetty liitteessä 2.

7 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset

7.1 Johtopäätökset ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella yritystason hiilijalanjälkilaskennan keskeisiä haasteita rakennusliikkeen näkökulmasta sekä tunnistaa laskennan kehittämistarpeita ja edellytyksiä luotettavan ja käyttökelpoisen hiilijalanjälkilaskennan tuottamiseksi. Työ osoitti, että rakennusliikkeen hiilijalanjälkilaskenta poikkeaa monista muista toimialoista erityisesti arvoketjun laajuuden ja materiaalivirtojen merkityksen vuoksi ja sisältää paljon olettamuksia ja epävarmuustekijöitä.

GHG-protokollan scope-luokittelun mukaisesti tarkasteltuna scope 1 ja 2 -luokkien päästöt jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi. Scope 1 ja 2 -luokkien laskennassa taloushallinnosta saatava data on käyttökelpoista ja suhteellisen helposti saatavilla. Työn tulokset osoittavat, että yksi keskeisimmistä haasteista laskennan osalta liittyy scope 3 -luokan mukaisten päästöjen lähtödatan saatavuuteen, käsiteltävyyteen ja laatuun.

Rakennusliikkeen yritystason kasvihuonekaasupäästöistä valtaosa, yli 90 %, muodostuu scope 3 -luokan päästöistä, suurimpana kategoria 1, mikä käytännössä koostuu rakennustyömaiden toteutuksesta johtuvista päästöistä. Laskennan näkökulmasta pelkästään tavarantoimittajien ja aliurakoitsijoiden suuri määrä aiheuttaa haasteita, kun tarvittava lähtö- tai päästödatan saatavuus pirstoutuu useampaan lähteeseen. Yksittäisellä työmaalla voi olla yli 150 eri toimittajaa, joista suurin osa on aliurakoitsijoita ja tavarantoimittajia, ja kun määrä skaalautuu yritystasolle, on ymmärrettävää, että tiedon kerääminen yritystasolla vaatii tietojärjestelmien tukea.

Lähtötietoja on saatavilla yrityksen taloushallinnosta laskujen sisältämän tiedon perusteella, tavarantoimittajien ja aliurakoitsijoiden toimittamasta materiaali- tai päästölaskenta-aineistosta tai käyttämällä esimerkiksi taulukkoarvoja. Yksittäiseltä rakennustyömaalta voi muodostua arviolta keskimäärin noin 25000 laskuriviä, ja kun tämä kerrotaan työmaiden määrällä, päädytään laskurivien osalta kokonaismäärään, jonka jalostaminen laskennan lähtötiedoksi on haasteellinen käsiteltävä. Varsinkin scope 3- päästöjen osalta laskurivien sisältämä informaatio ei sellaisenaan ole kelvollista päästölaskennassa; tiedon jäsentely laskennan lähtötiedoksi on työlästä ja osin manuaalista.

Aliurakoitsijoilta ja tavarantoimittajilta on saatavilla laskentaan liittyvää lähtöaineistoa, mutta edelleenkin vain murto-osalta on saatavilla valmista päästölaskentadataa oman työnsä tai materiaalitoimituksen osalta. Tilannetta selittää osaltaan se, ettei tilaajatahojen vaatimukset ole olleet riittävän yhtenäisiä tai velvoittavia, ja toisaalta raportointijärjestelmien kehitys on vielä kesken koko toimialalla.

Tiedossa on, että rakennuksen hiilijalanjälkilaskelmia on hyödynnetty yritystason scope 3 -luokan hiilijalanjälkilaskennassa. Kuitenkin rakennuskohtaisessa laskennassa käytettävien geneeristen ja konservatiivisten päästökertoimien sekä useiden taulukkoarvojen käyttäminen ei välttämättä johda tarkkuustasoltaan siihen lopputulokseen, mitä GHG-protokollan periaatteista esimerkiksi täydellisyys ja täsmällisyys edellyttävät.

Käyttämällä mahdollisimman tarkkoja lähtötietoja päästölähteiden tunnistamisessa sekä määrätietojen ja päästökertoimien määrittämisessä voidaan varmistaa hiilijalanjälkilaskennan tulosten luotettavuus. Tällöin myös toteutettujen päästövähennystoimenpiteiden vaikutuksia voidaan arvioida luotettavasti, kun laskentaan liittyvät epävarmuustekijät on minimoitu.

7.2 Kehittämisehdotukset

Kehittämistyön kartoituksen perusteella merkittävin kehittämistarve liittyy päästöraportointijärjestelmään. Tarvitaan järjestelmä, jonka kautta materiaalitoimittajat ja aliurakoitsijat voivat toimittaa joko tarvittavat laskennan lähtötiedot tai valmiit päästölaskentaraportit. Tämä edellyttää automatisoitua järjestelmäratkaisua, joka muodostaa raportointitarpeet, mahdollistaa seurannan ja lähettää muistutukset sekä varmentaa raportoidut lähtö- ja päästötiedot. Raportointijärjestelmän tulee olla integroituna hankintajärjestelmään, ja raportoinnin toteutumisen varmentamiseksi raportointivelvoite tulee sitoa maksueriin.

Tiettyjen toimitusten osalta kehittämistoimenpiteenä voidaan pitää siirtymistä keskitettyihin valtakunnallisiin sopimuksiin. Esimerkiksi jätehuollon keskittäminen yhdelle toimijalle mahdollistaisi jäte- ja päästöraportointitietojen saannin yhdestä lähteestä.

Tekoälyratkaisujen mahdollisuuksia ja hyödyntämistä päästölaskennassa tulee selvittää. Tekoälyä voitaisiin käyttää erityisesti laskudatan läpikäynnissä ja luokittelussa sekä määrien laskennassa ja

päästökertoimien kohdistamisessa. Tekoäly voisi toimia ratkaisuna myös päästöraportointijärjestelmän seurannassa sekä raportoidun datan oikeellisuuden varmentamisessa.

Lisäksi tulee kartoittaa vuoden 2026 alusta pakolliseksi tulevan rakennuksen hiilijalanjälkilaskennan hyödyntämismahdollisuuksia yritystason hiilijalanjälkilaskennassa. Jatkossa rakennuksen hiilijalanjälkilaskennan kattaessa kaikki projektit, voi sen hyödyntäminen merkittävästi muuttaa ja helpottaa rakennusliikkeen näkökulmasta yritystason hiilijalanjälkilaskentaa haastavimman päästökategorian osalta. Mutta kuten aiemmin todettiin; tarkkuustasossa on vielä hiomista.

7.3 Luotettavuus ja eettisyys

Tuomen ja Sarajärven mukaan (2018, luku 6.3) laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnista ei ole mitään yksiselitteistä ohjetta, mutta usein miten muun muassa seuraavien kohtien mukaisesta arvioinnista on apua; tutkimuksen kohde ja tarkoitus, omat sitoutuksesi tutkijana tässä tutkimuksessa, aineiston keruu ja miten se on tapahtunut, miten aineisto analysoitiin, tutkimuksen luotettavuus ja raportointi. Tutkimusmenetelmien luotettavuutta käsitellään yleensä validiteetin ja reliabiliteetin käsittein, eli tutkimuksessa on tutkittu sitä mitä on luvattu ja tutkimustulokset ovat toistettavia (Tuomi & Sarajärvi 2018, luku 6.2)

Kehittämistyön tavoitteena oli selvittää, mitä haasteita yritystason hiilijalanjälkilaskentaan rakennusliikkeen näkökulmasta liittyy. Aihe on ajankohtainen yhä kiristyvien vastuullisuusvaatimusten ja tarpeellinen toimeksiantajan vapaaehtoisesti asettamien vastuullisuustavoitteiden saavuttamiseksi. Hiilijalanjälki ja sen pienentäminen on keskeinen tekijä ilmastonmuutoksen torjunnassa niin globaalilla kuin yritystasolla. Ilmastonmuutoksen taustalla on ilmakehään ihmisen toimesta, lähinnä fossiilisten polttoaineiden käytöstä vapautunut hiilidioksidi, sekä muut kasvihuonekaasut. Työn teoriaosiossa käsiteltiin kirjallisuustarkasteluun perustuen ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia. Lähteinä käytettiin vain luotettavia lähteitä ja tahoja, joiden tekemään taustatyöhön sekä EU-tason että Suomenkin ilmastotavoitteisiin liittyvä lainsäädäntö perustuu.

Vaikka opinnäytetyön tekijä on työsuhteessa toimeksiantajaan, ei työn aiheesta ja tavoitteista johtuen kehittämistyöhön ole liittynyt eturistiriitoja. Kehittämistyössä analysoitiin yrityksen laskudataa sekä tuotannonhallinnasta ja hankintajärjestelmästä saatavaa raportointia. Analysointi perustui lähtötiedon luokitteluun ja aineistosta tehtäviin havaintoihin, joita hyödynnettiin

kehittämistyön toteutuksessa. Lähtöaineiston hankinta ja analysointi perustui satunnaisiin otoksiin, eikä menetelmällä ole vaikutusta luotettavuuden näkökulmasta tulosten analysointiin tai siitä tehtäviin tulkintoihin. Analysoidusta datasta on raporttiin koostettu joitakin esimerkkejä; periaatteessa data voisi olla avointa, mutta koska se osin sisältää yrityssalaisuudeksi luokiteltavia materiaali- ja aliurakointihintoja, ei kyseistä lähtöaineistoa julkaista.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettisiä ohjeita sekä Suomessa yleisesti hyväksyttyjä tutkimuseettisiä periaatteita noudattaen. Työn toteutuksessa on huomioitu erityisesti Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) antamat, eurooppalaista ohjeistusta mukaillen, hyvän tieteellisen käytännön perusperiaatteet, jotka korostavat luotettavuutta, rehellisyyttä, arvostusta ja vastuunkantoa (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen 2023, 11–12).

Opinnäytetyössä ei ole kerätty henkilötietoja, eikä siihen sisälly haastatteluja, kyselyitä tai muuta sellaista aineistoa, joka edellyttäisi tutkimuslupia, tietosuojailmoitusta tai eettisen toimikunnan ennakkokäsittelyä. Työ perustuu kirjallisiin lähteisiin ja toimeksiantajalta saatuun dokumentaatioon, eikä siihen liity tutkimuseettisesti arkaluonteisia asetelmia.

Työn aineisto on hankittu julkisista, avoimista ja luotettavista lähteistä, kuten viranomaisjulkaisuista, aiemmista tieteellisistä tutkimuksista sekä rakennusalan ammattikirjallisuudesta. Lähteet on valittu ensisijaisesti niiden luotettavuuden, ajankohtaisuuden ja asiantuntijuuden perusteella. Lähdevalinnoissa on pyritty käyttämään mahdollisuuksien mukaan alkuperäislähteitä toissijaisten lähteiden sijaan.

Kaikki käytetyt lähteet on merkitty asianmukaisesti tekstiviitteisiin ja koottu lähdeluetteloon Jyväskylän ammattikorkeakoulun raportointiohjeiden mukaisesti.

Opinnäytetyö on tarkastettu Turnitin-plagioinnintunnistusjärjestelmällä, eikä työssä havaittu plagiointia tai epäasiallista lähteiden käyttöä.

Lähteet

A 61/1994. Asetus ilmastonmuutosta koskevan Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimuksen voimaansaattamisesta. Viitattu 28.9.2025. https://www.finlex.fi/fi/valtiosopimukset/sopimussarja/1994/61

A 76/2016. Valtioneuvoston asetus Pariisin sopimuksen voimaansaattamisesta ja sopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta annetun lain voimaantulosta. Viitattu 28.9.2025. https://www.finlex.fi/fi/valtiosopimukset/sopimussarja/2016/76

A 55/2005. Tasavallan presidentin asetusilmastonmuutosta koskevan Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimuksen Kioton pöytäkirjan voimaansaattamisesta sekä pöytäkirjan lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta annetun lain voimaantulosta. Viitattu 28.9.2025. https://www.finlex.fi/api/assets/extra/statute-book-of-finland-pdf/fin/2005/20050011.pdf

About us. N.d. Verkkojulkaisu SBTi:n sciencebasedtargets.org -verkkosivustolla. Viitattu 17.11.2025. https://sciencebasedtargets.org/about-us

Annila, P., Hietala, M., Lahdensivu, J., Pakkala, T., Koskivuori, M., Nöjd, K., & Vanha-Viitakoski, T. 2024. Opas rakennukseen kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutumisratkaisujen arvioimiseksi. Rakennusteollisuus RT ry/ Rakennusteollisuuden koulutuskeskus RATEKO. Viitattu 28.10.2025. https://rateko.fi/wp-content/uploads/2019/06/Opas-rakennukseen-kohdistuvien-ilmastoriskien-ja-sopeutumisratkaisujen-arvioimiseksi-2024.pdf

Asetus 2020/852/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kestävää sijoittamista helpottavasta kehyksestä ja asetuksen (EU) 2019/2088 muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 22.6.2020. Viitattu 24.9.2025. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852

Asetus 2021/1119/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus puitteiden vahvistamisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi sekä asetusten (EY) N:o 401/2009 ja (EU) 2018/1999 muuttamisesta (eurooppalainen ilmastolaki). Euroopan unionin virallinen lehti 9.7.2021. Viitattu 24.9.2025. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119

Asetus 2021/2139/EU. Komission delegoitu asetus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2020/852 täydentämisestä vahvistamalla tekniset arviointikriteerit, joilla määritetään, millä edellytyksillä taloudellista toimintaa pidetään ilmastonmuutoksen hillintää tai ilmastonmuutokseen sopeutumista merkittävästi edistävänä ja aiheuttaako kyseinen taloudellinen toiminta merkittävää haittaa millekään muulle ympäristötavoitteelle. Viitattu 24.9.2025. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139

Buildings Sector Science-Based Targets Explanatory Document. 2025. Science Based Targets iniative. Versio 1.1. Viitattu 17.11.2025. https://files.sciencebasedtargets.org/production/files/SBTi-Buildings-Sector-Explanatory-Document.pdf

Climate change. 1990. The IPCC Scientific Assessment. Report Prepared for IPCC by Working Group 1. Viitattu 17.10.2025. https://archive.ipcc.ch/ipccreports/far/wg_I/ipcc_far_wg_I_full_report.pdf

Climate Change. 2021. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Viitattu 17.10.2025. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport_small.pdf

Climate Change. 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report. Geneve: IPCC. Viitattu 17.10.2025. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Summary ForPolicymakers.pdf

Climate Change. 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. Viitattu 17.10.2025. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf

Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Viitattu 17.10.2025. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

A Corporate Accounting and Reporting Standard. 2004. The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition). World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. Viitattu: 6.11.2025. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf

Corporate Standard. N.d. Verkkojulkaisu Greenhouse Gas Protocol -verkoston verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 6.11.2025. https://ghgprotocol.org/corporate-standard

Corporate Value Chain (Scope 3). N.d. Julkaisu Greenhouse Gas Prorocol -verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 6.11.2025. https://ghgprotocol.org/corporate-value-chain-scope-3-standard

Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. 2011. The Greenhouse Gas Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate. Accounting and Reporting Standard World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. Viitattu: 6.11.2025. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporing-Standard_041613_2.pdf

CSRD-direktiivin vaikutukset kestävyysraportointiin. 2024. Huomioitamme keskeisistä kysymyksistä CSRD-direktiivin mukaiseen kestävyysraportointiin valmistautumisessa. Julkaisu KPMG:n www-sivuilla. Viitattu 28.10.2025. https://kpmg.com/fi/fi/ajankohtaista/esg/csrd-direktiivin-vaikutukset-kestavyysraportointiin.html

Direktiivi 2022/2464/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2022/2464, asetuksen (EU) N:o 537/2014, direktiivin 2004/109/EY, direktiivin 2006/43/EY ja direktiivin 2013/34/EU muuttamisesta yritysten kestävyysraportoinnin osalta direktiivin muuttamisesta yritysten kestävyysraportoinnin osalta. (CSRD-direktiivi). Viitattu 29.10.2025. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022L2464

Draft Simplified ESRS. 2025. ESRS-standardikokoelma ERFRAGin www-sivuilla. Viitattu 25.11.2025. https://www.efrag.org/en/draft-simplified-esrs

The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. 2021. IPCC. Supplementary Material. 7SM. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf?

Engaging Supply Chains on the Decarbonization Journey. 2025. Science Based Targets iniative. Engaging Supply Chains on the Decarbonization Journey 2025. A guide to developing and achieving scope 3 supplier engagement targets. Versio 1.1. Viitattu 17.11.2025. https://files.science-basedtargets.org/production/files/Supplier-Engagement-Guidance.pdf?dm=1752573896&_gl=1*erzpwz*_gcl_au%20*MTkyNjM3OTg0OC4xNzY1MTQ5NDg1*_ga*MTAyMzM0NDAwMC4xNzY1MTQ5NDg1*_ga_22VNHNTFT3*czE3NjUyODk4MTQkbzQkZzEkdDE3NjUyOTExMzQkajYwJGwwJGgxNzUxOTA4MDgz

EPD Gyproc GN13. 2024. Environmental Product Declaration. Gyproc® Normal GN/GNE – Standard Plasterboard. Saint-Gobain Gyproc. Viitattu 28.10.2025. https://www.gyproc.fi/documents/epd/epd-gyproc-gngne13-normal.pdf

ESRS 1 General Requirements. 2025. European Financial Reporting Advisory Group. Draft novembr 2025. Viitattu 5.11.2025. https://www.efrag.org/sites/default/files/media/document/2025-12/November_2025_ESRS_1.pdf

ESRS E1 Climate Change. 2022. Draft European sustainability reporting standards. European Financial Reporting Advisory Group. Viitattu 5.11.2025. https://www.efrag.org/sites/default/files/sites/webpublishing/SiteAssets/08%20Draft%20ESRS%20E1%20Climate%20Change%20November%202022.pdf

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. 2019. Euroopan komissio. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, Eurooppa-neuvostolle, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Bryssel 11.12.2019. Viitattu 28.10.2025. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF

GHG Protocol for Cities. N.d. Julkaisu Greenhouse Gas Protocol -verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 28.10.2025. https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities

Gregow, H. & Meriläinen, P. 2025, Lämpenevä ilmasto tuo uusia tauteja Eurooppaan – punkit, hyttyset ja muut eläimet vektoreina. Artikkeli Ilmastokatsaus 6/24 -lehdessä, 8–10. Viitattu 28.10.2025. https://www.doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2025-06-02

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen. 2023. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan HTK-ohje 2023. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 2/2023. Viitattu 28.10.2025. https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf

Ilmastolaki 423/2022. Suomen ilmastolaki Helsinki: Eduskunta. Viitattu 28.10.2025. https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/423

Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa. 2023. Tarkastelu kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 taustaksi. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:72.

Viitattu 28.10.2025. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/ddd7ddd8-30ce-4062-9ad4-f67bae46a06d/content

Ilmastonmuutoksen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset, ja alueelliset ulottuvuudet. 2021. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021. Viitattu 28.10.2025 https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/4ba59b96-039f-4245-9f06-01685c97bb47/content

Ilmastonmuutoksen torjuminen. 2025. Euroopan parlamentti. Faktatietoja Euroopan unionista. Viitattu 28.10.2025. https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/72/ilmastonmuutoksen-torjuminen

Ilmastonmuutos lisää vesistöjen kuormitusta. 2021. Julkaisu Suomen ympäristökeskuksen www.sivuilla. Viitattu 28.10.2025. https://www.vesi.fi/vesitieto/ilmastonmuutos-lisaa-vesistojen-kuormitusta/

Kainulainen, J. 2023. Opas rakennusliikkeille GHG-protokollan mukaiseen kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja B:87. Viitattu 30.10.2025. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/792232/B87_GHGopas.pdf

Kasvihuonekaasupäästöt laskivat vuonna 2024 tuulivoiman kasvun myötä. 2025. Tiedote tilastokeskuksen www-sivuilla. Tilastokeskus. Viitattu 16.12.2025. https://stat.fi/julkaisu/cm1942l1d9jk606uk6ltkwntx

Laine, A., Pohjalainen, S., Mäntylä, I., Eloranta, A., Lehtomäki, J. &Raivio T. 2024. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 -tiekartan päivitys. Gaia Consulting Oy. Viitattu 28.10.2025. https://rt.fi/wp-content/uploads/2024/06/Loppuraportti-RT-vahahiilisyys-7.6.2024_FINAL.pdf

Lapti Green Building Council Finlandin jäseneksi. 2025. Julkaisu Rakennusliike Lapti Oy:n verkkosivuilla. https://lapti.fi/ajankohtaista/lapti-green-building-council-finlandin-jaseneksi/

Lindsey, R. 2025. Climate change: atmospheric carbon dioxide. Artikkeli NOAA Climate.gov -sivustolla. Viitattu 28.10.2025. https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide

Metsänjalostus ja ilmastonmuutos. n.d. Julkaisu Luonnonvarakeskuksen www-sivuilla. Luonnonvarakeskus Viitattu 30.10.2025 https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/metsanjalostus/metsanjalostus-ja-ilmastonmuutos

Mitigation Goal Standard. N.d. Julkaisu Greenhouse Gas Prorocol -verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 20.10.2025. https://ghgprotocol.org/mitigation-goal-standard

NASA. 2010. The Earth's Radiation Budget. Retrieved. National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. Viitattu 28.10.2025. http://science.nasa.gov/ems/13_radiationbudget

NASA. N.d. Global Warming. Artikkeli Nasa Earth Observatory -sivustolla. Viitattu 28.10.2025. https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät. Helsinki: Sanoma Pro.

Paris Agreement. 2015. Pariisin ilmastosopimus. Viitattu 28.10.2025. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/paris_agreement_english_-B334B5EC_B697_4C03_8F06_D42B87AA76E6-118495.pdf

Policy and Action Standard. N.d. Julkaisu Greenhouse Gas Prorocol -verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 20.10.2025. https://ghgprotocol.org/policy-and-action-standard

Product Standard. N.d. Julkaisu Greenhouse Gas Prorocol -verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 20.10.2025. https://ghgprotocol.org/product-standard

Project Protocol. N.d. Julkaisu Greenhouse Gas Prorocol -verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 20.10.2025. https://ghgprotocol.org/project-protocol

Päästökauppa. N.d. Julkaisu Energiaviraston www-sivuilla. Viitattu 18.11.2025. https://energiavirasto.fi/paastokauppa

Questions and answers on simplification omnibus I and II. 2025. Euroopan komissio. 2025. Viitattu 28.10.2025. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_25_615

SBTi corporate net-zero standard. 2025. Science Based Targets iniative. Versio 1.3. Viitattu 17.11.2025. https://files.sciencebasedtargets.org/production/files/Net-Zero-Standard.pdf?dm=1757950109&_gl=1*u975l3*_gcl_au*MTkyNjM3OTg0OC4xNzY1MTQ5NDg1*_ga*MTAyMzM0NDAwMC4xNzY1MTQ5NDg1*_ga_22VNHNTFT3*czE3NjUyODU1NTEkbzMkZzEkdDE3NjUyODU2MzckajQ5JGwwJGgxMTEwMDA1MzAx

Siitonen, S. 2024. Päästökerroin – kuinka valitsen oikean? Artikkeli OpenCO2net-sivustolla. Viitattu 15.10.2025. https://www.openco2.net/fi/artikkelit/paastokerroin---kuinka-valitsen-oikean/

Tummuvat vedet, lisääntyvä valunta ja kohoavat lämpötilat – ilmastonmuutos vaikuttaa kaloihin elinympäristöjen kautta. 2024. Artikkeli Luonnonvarakeskuksen www-sivuilla. Luonnonvarakeskus. Viitattu 15.10.2025. https://www.luke.fi/fi/uutiset/tummuvat-vedet-lisaantyva-valunta-ja-kohoavat-lampotilat-ilmastonmuutos-vaikuttaa-kaloihin-elinymparistojen-kautta

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu painos. Tammi

Vastuullisuus Laptilla. N.d. Julkaisu Laptin verkkosivuilla. Viitattu 5.9.2025. https://lapti.fi/vastuullisuus/

Vastuullisuusraportti 2024. 2025. Rakennusliike Lapti Oy. Viitattu 5.9.2025. https://lapti.fi/wp-content/uploads/2025/03/Vastuullisuusraportti-2024_pakattu.pdf

Vihreä siirtymä, EU-taksonomia ja rakentaminen. N.d. Julkaisu Ratekon EU-taksonomia ja rakentamien -www-sivulla. Viitattu 15.10.2025. https://rateko.fi/eu-taksonomia/

Virtanen, K. 2023. Ilmastonmuutokseen liittyvät alueelliset ominaispiirteet ja haavoittuvuudet Suomessa. Tarkastelu kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 taustaksi. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2323:11. Viitattu 28.10.2025. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/a5dbb1b2-3bfe-4007-97df-fdf699dc956e/content

Voluntary Sustainability Reporting Standards for non-listed SMEs (VSME). 2024. European Financial Reporting Advisory Group. Voluntary Standard for non-listed micro-, small- and medium-sized undertakings. Viitattu 5.11.2025. https://www.efrag.org/sites/default/files/sites/webpublishing/SiteAssets/VSME%20Standard.pdf

What is GHG Protocol? N.d. Verkkojulkaisu Greenhouse Gas Protocol -verkoston verkkosivustolla. WRI & WBCSD. Viitattu 28.10.2025. https://ghgprotocol.org/about-us

What is the IPCC? 2024. Fact sheet. IPCC, Intergovernmental panel on climate change. Viitattu 28.10.2025. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2024/04/IPCCFactSheet_WhatisIPCC.pdf

What is Global Warming Potential (GWP)? 2024. Artikkeli Arborin www-sivulla. Viitattu 28.10.2025. https://www.arbor.eco/blog/what-is-global-warming-potential-gwp-carbon-101

Working Group I The Physical Science Basis. N.d. Artikkeli IPCC:n web-sivulla. Viitattu 15.10.2025. https://www.ipcc.ch/working-group/wg1/#wg1-intro-1

Working Group II Impacts, Adaptation and Vulnerability. N.d. Artikkeli IPCC:n web-sivulla. Viitattu 15.10.2025. https://www.ipcc.ch/working-group/wg2/

Working Group III Mitigation of Climate Change. N.d. Artikkeli IPCC:n web-sivulla. Viitattu 15.10.2025. https://www.ipcc.ch/working-group/wg3/

Liitteet

Liite 1. Hiilijalanjälkilaskennan määrittelyt (salassa pidettävä)

Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 31.12.2035.

Liite 2. Aineistohavainnot (salassa pidettävä)

Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 31.12.2035.