



# Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöjen vähentäminen

Vilho Loukkalahti

Opinnäytetyö, ylempi AMK  
Toukokuu 2023  
Rakennustekniikka (YAMK)  
YTR21 - Vähähiilinen rakentaminen

## Loukkalahti Vilho

### Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöjen vähentäminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2023**, 64+24 sivua

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri YAMK. Opinnäytetyö YAMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

### Tiivistelmä

Ilmastonmuutos ajaa teollista maailmaa suuntaan, jossa huomioidaan ympäristökuormat ja niiden seuraus entistä tarkemmin. Ilmastonmuutoksen estämiseksi yritysten ja yhtiöiden tulisi entistä enemmän keskittyä toimintansa ympäristövaikutuksiin. Ympäristötoiminnan kehittämiseksi oleellisessa roolissa on tuotettujen ympäristöpäästöjen määrä. Teollisten tuotantoprosessien kehittyminen ja vihreät valinnat vähentävät ympäristöpäästöjen määrää tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö tehtiin Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:lle ja sen keskeinen tarkoitus oli kehittää kohdeorganisaation ympäristötoimintaa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ympäristöpäästöjen määrä ja niiden jakautuminen. Tulosten perusteella laadittiin ympäristötoiminnan käsikirja ympäristötoiminnan edistämiseksi. Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky määritteli tavoitteekseen laskea ympäristöpäästöjään 30 prosenttia vuoteen 2030 mennessä.

Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisena tutkimuksena ja sen metodologisena viitekehyksenä toimi tapaustutkimus. Aineistonkeruu suoritettiin kohdeorganisaation käyttämän Jydacom-tuotannonhallintapalvelulla sekä toimittajien omilla palvelimilla. Ympäristöpäästöjen määrää tutkittiin vuosilta 2021 ja 2022 ja vertailutasoksi määriteltiin näiden vuosien keskiarvo.

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n vuosittaisten ympäristöpäästöjen keskiarvoksi saatiin 1496 tCO<sub>2</sub>e. Ympäristöpäästöjen jakautuminen esiteltiin päästöluokittain sekä resurssityypeittäin. Päästöluokan kolme epäsuorat päästöt vastasivat 87,8 prosenttia kaikista ympäristöpäästöistä. Rakennusmateriaalit muodostivat 77,6 prosenttia, polttoaineen käyttö 15,6 prosenttia sekä käyttöomaisuus 5,4 prosenttia kokonaispäästöistä. Kohdeorganisaatiolle kehitettiin päästövähennyspolku Ajalification, ympäristötavoitteensa saavuttamiseksi. Ajalificationilla on saavutettavissa 25,5 prosentin ympäristöpäästöjen vähennys vuoteen 2030 mennessä. Biopolttoaineen käyttö ja teollisuuden ratkaisut ovat Ajalificationissa avainasemassa.

Ajalification ei yksin riitä kohdeorganisaation ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi. Päästövähennyspolun rinnalle tulisi kehittää muita innovaatoratkaisuja. Ympäristötekijöiden lisäksi kohdeorganisaation tulee keskittyä säilyttämään kilpailukykyä myös taloudellisesti. Rakennusmateriaalien ja polttoaineen hinnat ovat muuttuneet viime vuosina merkittävästi, mikä lisää haasteita niiden tulevaisuuden ennustamiseksi.

### Avainsanat (asiasanat)

Ilmastonmuutos, kasvihuonekaasupäästöt, kestävä kehitys, kiertotalous, ympäristöjohtaminen

### Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liite 1. sisältää salassa pidettävää tietoa, minkä vuoksi se on poistettu julkisesta työstä.

**Loukkalahti Vilho**

### **Reducing the Environmental Emissions of Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin LP**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2023, 64+24 pages.

Civil engineering, master's degree

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

#### **Abstract**

Climate change leads the industrial world to a direction in which environmental burdens and consequences are being followed increasingly. In order to prevent climate change companies should increasingly focus on environmental effects. To improve environmental actions the number of environmental emissions is in a crucial role. The development and green choices decrease the amount of environmental emissions in the future in account of development of industrial manufacturing processes.

The thesis was made for Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky and its central purpose was to improve the environmental actions of the target organization. The goal of the thesis was to find out number of environmental emissions and division of them. According to the results a handbook was created to promote environmental actions. Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky defined the decrease of environmental emissions by 30 percent by 2030 as its goal.

The study was implemented as qualitative research and its methodological frame of reference was a case study. Collection of material was executed on the servers of the suppliers and Jydacom servers used by the target organization. The number of environmental emissions was studied 2021 and 2022 and average reference level was determined.

The average of annual environmental emissions of Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky was 1496 tCO<sub>2</sub>e. The environmental emissions were presented by emission classifications and resource types. Indirect emission corresponded 87,8 percent of all environmental emissions. The emissions constituted of construction materials by 77,6 percent, the use of fuel 15,6 percent and fixed assets 5,4 percent. Emission reduction path called Ajalinification was generated for the target organization. 25,5 percent decrease of environmental emissions is attainable by 2030. The use of biofuels and industrial solutions are in key position.

Ajalinification alone is not enough to reach environmental goals of the target organization. Alongside emission path other innovations should be developed. In addition to environmental factors the target organization must focus on preserving its competitiveness also financially. The prices of materials and fuel have changed crucially lately which increases the challenge to foretell prices of the future.

#### **Keywords/tags (subjects)**

Circular economy, climate change, environmental management, greenhouse gas emissions, sustainable development

#### **Miscellaneous (Confidential information)**

Appendix 1. Contains classified information which is deleted.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
1.1	Työn tausta ja tavoitteet .....	3
1.2	Opinnäytetyön rajaus .....	4
<b>2</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Tutkimuksen odotukset ja ongelmat</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Rakentamisen ympäristöpäästöt</b> .....	<b>11</b>
4.1	Ilmaston lämpeneminen ja sen vaikutus tulevaisuuden rakentamiseen .....	11
4.2	Kasvihuonekaasupäästöt ja niiden jakautuminen .....	14
4.3	Ympäristötavoitteet .....	22
4.4	Rakentamisen merkittävimmät ympäristökuormat.....	26
4.5	Keinot rakentamisen päästöjen vähentämiseksi .....	31
<b>5</b>	<b>Ympäristötoiminnan kehittäminen</b> .....	<b>36</b>
5.1	Ympäristöjohtaminen .....	36
5.2	Ympäristötoiminnan eettisyys.....	39
<b>6</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>41</b>
6.1	Ympäristöpäästöjen laskenta .....	41
6.2	Ympäristöpäästöjen jakautuminen päästöluokittain .....	42
6.3	Ympäristöpäästöjen jakautuminen resurssityypeittäin .....	44
<b>7</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Johtopäätökset ja käytännön sovellukset</b> .....	<b>53</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>55</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>64</b>
	Liite 1. Ympäristöhallinnan käsikirja (salattu tiedosto).....	64

## Kuviot

Kuvio 1. Maapallon keskilämpötilan nousun viitekehyksiä (Ilmatieteenlaitos 2021). .....	12
Kuvio 2. Kuvio 2. EU:n kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen vuonna 2019 (Euroopan parlamentti 2021). .....	15

Kuvio 3. Keeling-käyrä kuvastaa ilman hiilidioksidipitoisuutta ilmassa Mauna Loa-tulivuoren huipulla (Scripps institution of Oceanography 2023). .....	16
Kuvio 4. Maailman suurimmat kasvihuonekaasujen tuottajat vuonna 2015 (Euroopan parlamentti 2021). .....	18
Kuvio 5. Kasvihuonekaasupäästöt EU- maittain vuonna 2019 (Euroopan parlamentti 2021). ..	20
Kuvio 6. EU:n kasvihuonekaasupäästöt alakohtaisesti vuonna 2019 (Euroopan Parlamentti 2021). .....	21
Kuvio 7. Suomen kasvihuonekaasupäästöt ja niiden muutokset vuosina 1990–2020 (Tilastokeskus 2021, 6). .....	22
Kuvio 8. Valmisbetonin tuotantomäärät Suomessa vuosilta 2007–2020 (Rakennusteollisuus 2021, 8). .....	27
Kuvio 9. Celsa Steel Servicen kestävä kehityksen tavoitteet (Celsa Nordic 2018, 8). .....	30
Kuvio 10. Rakennusalan hiilijalanjäljen kehittyminen 2017–2050 perus- ja innovaatoratkaisuilla (Rakennusteollisuus 2022, 3). .....	33
Kuvio 11. Kiertotalouden periaate (Euroopan komissio 2014). .....	37
Kuvio 12. Ympäristöjohtamisen merkittäviä osatekijöitä (Ikäheimo 2015, 4). .....	39
Kuvio 13. Ympäristöpäästöjen muodostuminen päästöluokittain. Mukailtu (Greenhouse Gas protocol 2023). .....	41
Kuvio 14. Päästölaskennan esimerkki valmisbetonilla. ....	42
Kuvio 15. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen jakautuminen päästöluokittain vuosina 2021 ja 2022. ....	43
Kuvio 16. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen jakautuminen päästöluokittain vuosina 2021 ja 2022. ....	44
Kuvio 17. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen jakautuminen resurssityypeittäin vuosina 2021 ja 2022. ....	45
Kuvio 18. Kohdeorganisaation käyttämien rakennusmateriaalien ympäristöpäästöt vuosilta 2021 ja 2022. ....	46
Kuvio 19. Ympäristöpäästöjen vertailu päästötuoottajien kesken. ....	47
Kuvio 20. Ympäristöpäästöjen kehittymisen vertailu. ....	48

## Taulukot

Taulukko 1 Kasvihuonekaasujen GWP-kertoimia (Mukailtu, Artaxo ym. 2007, 212). .....	17
Taulukko 2 Euroopan päästökaupan- ja taakanjaon tavoitteet sekä niiden tarkoitus Suomelle (Ympäristöministeriö 2023). .....	24

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehtiin Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalan Ky:lle kohdeorganisaation tahdosta kehittää toimintaansa ympäristövastuullisena rakennusliikkeenä. Yritys toimii pääsääntöisesti Län-tisellä Uudellamaalla ja sen toimialaluokitus on asuin- ja muiden rakennusten rakentaminen. Tänä keväänä 72 vuotta täyttävällä perheyrietyksellä on talonrakentamisen lisäksi myös maanrakennuk-seen vaadittava kalusto ja erikoisosaaminen silta- ja laiturirakentamisessa. Kohdeorganisaatiolla ei ole aiempaa tutkimustietoa sen ympäristökuormien määristä tai niiden jakautumisesta.

Ilmastonmuutos ajaa teollista maailmaa suuntaan, jossa huomioidaan ympäristökuormat ja niiden seuraus entistä tarkemmin. Ilmastokriisi ja ilmaston lämpeneminen ohjaavat kansoja kohti yhteisiä tavoitteita, ympäristökeskeistä toimintaa. Suomen hallituksen ilmastopolitiikkaa ajaa Suomea vuo-teen 2035 mennessä kohti hiilineutraalisuustavoitetta. Rakentamisella on merkittävä rooli globaa-listi kasvihuonepäästöjen määrän, raaka-aineiden käytön ja ilmaston lämpenemisen kehittymisen suhteen.

Lisääntynyt kysyntä ja mielenkiinto ympäristöasioiden suhteen lisää urakoitsijoiden tarvetta selvit-tää oman toimintansa ympäristökuormia, jotta näihin voidaan tehdä positiivisia muutoksia. Ympä-ristökysymykset lisäävät entisestään aikataulu- ja laatupaineiden lisäksi vastuuta toimijoiden valin-toihin ja rakentamistottumuksiin. Yritysten ympäristökuormien selvittäminen on lisääntynyt, mutta lähtökohtaisesti virallista selvitystä ei vaadita urakkakilpailutuksen yhteydessä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää yrityksen ympäristökuormien nykyinen taso, jotta niitä voi-daan tulevaisuudessa seurata ja yrityksen toimintaa pystytään ohjaamaan ympäristöystävällisem-pään suuntaan. Tulosten perusteella laadittiin yrityksen omaan toimintaan ympäristöhallinnan kä-sikirja, jossa huomioidaan nykytila, tavoitteet ja kehittämiskohteet. Tulokset antavat kohdeorganisaatiolle myös mahdollisuuden valmistella halutessaan toimintaansa ympäristösertifi-kaatin vaatimaan suuntaan ja entistä laadukkaampaan sitoutumiseen ympäristöystävällisestä nä-kökulmasta.

## 1.2 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyössä keskityttiin selvittämään kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen määrä. Kohdeorganisaation tutkittava aineisto rajattiin kasvihuonekaasupäästöjen osalta hiilidioksidipäästöjen ekvivalentti määrään, jotka esitetään käytännönläheisesti resurssityypeittäin. Päästöjen kokonaisuudessa on huomioitu itse rakentamisesta muodostuneet päästöt sekä hallinnolliset ja logistiset tekijät. Hallinnollisissa päästöissä huomioitiin toimi- ja työmaatilojen käyttöön ja ylläpitoon liittyvät tekijät. Lisäksi huomioitiin työmatkaliikenne, jätteiden käsittely sekä kaluston hankinnasta ja ylläpidosta koostuvat päästöt. Yrityksen hallussa olevien kiinteistöjen ja työmaan sosiaalityöjen sähköistykset on otettu tarkastelussa huomioon. Työmaavesi ja -sähkö on rajattu työstä pois niiden haasteellisen selvittämisen vuoksi. Työmaan veden- ja sähkönkulutuksen energiavirrat ovat usein suoraan tilaajan kuluja, jonka vuoksi niiden selvittämiseen kohdistuisi liikaa epäluotettavuustekijöitä jälkeensä.

Merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat hiilidioksidi- metaani ja dityppioksidipäästöistä. Kasvihuonekaasuja ei eritelty tässä työssä toisistaan, vaan määrät esitettiin hiilidioksidiekvivalenteina. Ympäristöpäästöt kerättiin kalenterivuositain kausilta 2021 ja 2022. Tulevaisuudessa yrityksellä on tarkoitus jatkaa päästötietojen keruuta sekä monitorointia. Tulosten perusteella ympäristöpäästöjen volyymia pyritään vähentämään.

Opinnäytetyön tutkimuksellinen suuntautuminen määräytyi valitun kehittämisprosessin ja menetelmien mukaan. Kehittämisprosessi, tutkimukselliset lähtökohdat ja niiden asetelmat valikoituivat yrityksen tavoitteiden ja arvojen mukaan. Kohdeorganisaatiolle laaditussa opinnäytetyössä pohdittiin työn metodologista viitekehystä ja sen vaikutuksia tutkimuksen etenemiseen. Tutkimusmenetelmien, hyödynnettävien apuvälineiden sekä mittauslaitteiden valinta vastasi ammatillisen toiminnan käytänteitä ja validin tutkimuksen tapaa.

Käytetyn tiedon alkuperää ja sen oikeellisuutta tarkasteltiin tutkimukselle tyypilliseen ja kriittiseen tapaan. Tutkimuseettinen lähestyminen sekä aineiston käyttäminen toteutettiin hyvien tieteellisten käytäntöjen sekä kohdeorganisaation toiveiden mukaisesti. Tutkimustuloksia, henkilö- tai yritystietoja ei julkaista avoimena tietona. Hankittujen tulosten hyödyntäminen sekä implementointi jää kohdeorganisaation omaksi päätökseksi.

Saatujen tulosten perusteella pohdittiin mahdollisia päästövähennyskeinoja yrityksen toiminnan kehittämiseksi. Tulosten perusteella laadittiin yrityksen omaan käyttöön ympäristöhallinnan käsi- kirja. Tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa myös rakennusliikkeen muussa toiminnanohjauksessa. Organisaation tavoitteiden mukaisesti opinnäytetyön aihe on rajattu mahdollisimman konkreettisten lopputulosten saavuttamiseksi. Tuloksia hyödyntämällä yrityksellä on tulevaisuudessa mahdollisuus päivittää toimintaansa ympäristösertifikaatin vaatimalle tasolle.

On huomioitava, ettei kohdeorganisaation kaikki keräämä tieto ole julkaisukelpoista vaan jää ainoastaan yrityksen omaan käyttöön. Toimittajien ja tuotteiden anonymiteettia suojaten opinnäytetyössä käytettyjä yhteistyökumppaneita ei nimetä.

Rakennusliikkeen päästövähennyskeinojen selvittämisen ja toiminnan kehittämisen tueksi opinnäytetyössä pohdittiin yrityksen tulevaisuuden näkymiä ja mahdollisia haasteita. Tutkimuksen toistettavuus ja sen luotettavuus ovat avainasemassa kohdeorganisaation kehittymisen kannalta. Saatujen tulosten jalkauttamisen, ympäristöjohtamisen kehittämisen ja sen jatkuvan tarkkailun toivotaan edesauttavan kohdeorganisaatiota kohti sen päämäärää ympäristöystävällisenä toimijana.



## 2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa selvitettiin kahden eri kalenterivuoden ajalta kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen määrät. Lähtökohtana tutkimustyölle olivat halu toimia vastuullisena rakennusliikkeenä sekä globaalisti kasvava tarve puuttua ympäristöön vaikuttaviin tekijöihin. Tarkoituksena oli selvittää ympäristöpäästöjen nykytaso, jotta voidaan määritellä tavoitetaso tuleville vuosille.

Tutkimustoiminta on moniosainen prosessi, joka vaatii kohdeorganisaatiolta tavoitteellisuutta ja uudistumishalukkuutta. Näin varmistetaan yrityksen toiminnan kehittäminen toivottuun suuntaan. (Toikko & Rantanen 2009, 16.) Kehittämistoimi toimii lineaariseen malliin, jossa se sai alkunsa tarpeesta ja päättyy lopputuotoksen implementointiin eli käyttöönottoon. Tulosten jalkauttamisessa oleellisia tekijöitä ovat reflektiivisyys ja vuorovaikutus. Nämä vaikuttavat uuden toiminnan oppimisessa ja ne myös edesauttavat uuden toimintatavan mukaisessa mallissa pysymistä. (Salonen, Eloranta, Hautala & Kinos 2017, 52.)

Opinnäytetyössä tutkimusmenetelmäksi valikoitui kvantitatiivinen, eli määrällinen tutkimus. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa on oleellista reliabiliteetti eli luotettavuus sekä validiteetti, joka kuvastaa käsitteenä pätevyyttä (Toikko & Rantanen 2009, 121–123). Selvitettäessä kohdeorganisaation lähtötaso ympäristökuormien osalta, tulee huomioida kriittisesti aineistonkeruu- ja mittausmenetelmät. Oletamme näiden menetelmien olevan reliaabeleja, sillä mittalaitteisto pysyy samana ja niiden käyttö ja huolto on ammattilaisten suorittama. Toimittajilta saatu ja yrityksen omasta tietokannasta kerätty tieto voidaan nähdä validina, sillä käytössä on reaaliaikainen tulosten seuranta ja tietojenkäsittely on läpinäkyvää.

Tässä opinnäytetyössä metodologisena viitekehyksenä toimii tapaustutkimus. Simonsin (2009, 4) mukaan hyvin tarkennettu tapaus, voidaan kokea parempana lähtökohtana yleispätevään tilanteeseen nähden. Tapaustutkimuksessa tulee määritellä tarkkaan rajattu tapaus, johon keskitytään koko tutkimuksen ajan. Tutkimuksen tapaus on tässä tutkimustyössä rakennusliike, jossa työskentelen. Yritystoiminnan laadullinen tutkiminen vaatii runsaasti taustatietoa yritystoiminnasta ja pääsyn yrityksen tärkeisiin tietokantoihin. On tarpeellista tehdä heti alussa selväksi, mikä on tutkimustyössä käytettävää ja validia tietoa sekä mistä se on peräisin. Tässä opinnäytetyössä kannattavin etenemistapa pyrkiä vaikuttamaan ympäristökuormiin on löytää kehittämisen kohteet ja siten pyr-

kiä vaikuttamaan niihin. Toinen menetelmä olisi suorittaa interventio urakoitsijan mahdollisuuksilla, mutta se ei tässä tilanteessa ole oikea lähestymistapa. Uusien palvelujen tai tuotteiden sijaan tarkoituksena on enemmän löytää kehittämisen kohteet ja pyrkiä vaikuttamaan niihin. (Toikko & Rantanen 2009, 117.)

Tutkimuskysymykset ovat kehittämistoiminnan merkittävimpiä tekijöitä, sillä ne muodostavat tutkimusasetelman sisällön. Laadullisessa lähtökohdassa kysymykset voivat olla alkuun suurpiirteisiä ja kehittyä kerätyn aineiston ja tarkastelun myötä. (Toikko & Rantanen 2009, 117.) Näitä ovat tässä tutkimustyössä kysymykset, jotka vaikuttavat yrityksen ympäristökuormien muodostumiseen. Käytännön esimerkkinä, kuinka paljon rakennusliike voi vaikuttaa tuottamansa ympäristöpäästöjen määrään, tai kuinka suuri rooli yksittäisillä työntekijöillä on tässä asiassa.

Tutkimustoiminnan lähestymistavoiksi nousevat interpretatismi, konstruktivismi sekä pragmatismi. Interpretatismien lähestyminen tutkimusasetelmaan on haluttujen muutosten tueksi tuotetun uuden aineiston sekä tiedon hankkiminen. Tässä työssä se tarkoittaa ympäristöhallinnan käsikirjan tekemistä. Konstruktivisessa kehittämistoiminnassa oleellista on vahva reflektio ja ymmärrys tutkimusympäristön inhimillisiin tekijöihin. Kehittämistyön edetessä mahdollinen hermeneuttinen kanssakäyminen voisi tarkentaa tutkimustyötä ja turvata tutkimusasetelmassa pysymisen. Lopulta tutkimuksen syvälinen ja inhimillinen ymmärtäminen käytännöllistää ja selventää tiedon sisäistämistä. Konstruktivinen työskentely voisi helpottaa kohdeorganisaatiossa uusien toimintamallien mukaisissa käytänteissä pysymistä. Rakennusalalla, joka on varsin käytännönläheinen ala, ei sovi olla huomioimatta pragmatistista lähestymistapaa. Pragmatismi koetaan usein käytäntötutkimuksen tai kehittävän tutkimuksen lähestymistapana, mutta sopii omaan tutkimusasetelmaani toimivuuden ja käytännöllisyyden vuoksi. (Salonen, Eloranta, Hautala & Kinos 2017, 29–31.)

Opinnäytetyön aineistokeruussa hyödynnettiin yrityksen käyttämää Jydacom-tuotannonhallintapalvelua. Aineistonkeruuta täydennettiin tavarantoimittajien omilla palvelimilla ja kirjanpidolla. Kerätyn aineiston pohjalta hiilidioksidiekvivalenttipäästöt laskettiin päästötietokannan arvojen mukaisesti ja tuotekohtaisesti CO2data-palvelun arvojen mukaan. Tulosten analysoimisessa käytettiin Microsoft Office Excel -taulukkolaskentaohjelmaa.

Yrityksen sähkönkulutuksen määrä selvitettiin suoraan sähkösopimuksista sekä työmaaloissa sähkövahtien avulla. Työmaakeskusten sekä sosiaalitulojen kuluttama sähkön määrä saatiin näin työmaakohtaisesti selvitettyä. Polttoaineen kulutuksen määrät selvitettiin suoraan yrityksen käyttämiltä polttoaineen jakelijoilta. Käytetyt materiaalit selvitettiin toimittajien mukaan tuotannonhallintajärjestelmästä manuaalisesti tai toimittajalta suoraan koottuna. Jätteiden määrät summattiin jätteesiirtoasiakirjoista.

Ympäristöpäästöt jaettiin aineiston perusteella resurssityypeittäin, jotta seuranta olisi mahdollisimman tarkkaa ja loogista. Tuloksia tarkasteltiin kahden vuoden ajanjaksolta ja tulokset esitettiin kalenterivuositain. Lopputuloksena saatiin intentionaalinen tapa esittää ja selittää rakennusliikkeen ympäristöpäästöt kootusti resurssityypeittäin. Ympäristöpäästöjen vähentämiseen pyritään puuttumaan organisaation sen hetkisten mahdollisuuksien puitteissa.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin laajasti rakennusalan kirjallisuutta, tutkimusraportteja, lehtiartikkeleita, muita opinnäytetöitä, viranomaisten laatimia ohjeistuksia sekä direktiivejä. Näistä esimerkkejä ovat Euroopan komission tiedonanto Euroopan parlamentille sekä Ympäristöministeriön asettamia ohjeistuksia. Näin ollen lähdeaineistoa hyödynnettiin niin kansalliselta, kuin kansainväliseltä taholta. Lähteissä panostettiin ajankohtaisuuteen ja luotettavuuteen. Lähteiden välisellä vuoropuhelulla mahdollistettiin aiheen laaja tarkastelu useilta eri näkökannoilta.

Opinnäytetyön aihe sovittiin ja ennakoarviointi suoritettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun kanssa. Opinnäytetyö ja sen sisältö hyväksyttiin kohdeorganisaation kanssa. Opinnäytetyön ohella tehty ympäristöhallinnan käsikirjaa velvoittaa allekirjoittaneiden kesken salassapitosopimus. Tutkimuskohteiden anonymiteetti varmistetaan henkilö- ja yritystietojen julkaisematta jättämisellä.

### 3 Tutkimuksen odotukset ja ongelmat

Kohdeorganisaation tavoite on kehittyä ympäristötoiminnan osaajana ja vastuullisena rakennusliikkeenä. Yritys on määrittänyt omaksi tavoitteekseen saavuttaa 30 prosenttia päästövähennyksen vuoteen 2030 mennessä. Saavuttaakseen tämän tavoitteen kohdeorganisaation tulee ennen kaikkea keskittyä ympäristöystävällisiin toimittaja- ja materiaalivalintoihin.

Tutkimuksen tekemisessä kohdattiin useita haasteita. Näitä olivat muun muassa tiedon alkuperäisyys, resurssit, aiemman tiedon puute ja tulosten vertailtavuus. Aiemman tiedon puute luo tutkimukselle asetelman, jossa nykytilanne luokitellaan vertailutasoksi ympäristöpäästöjen muutoksen suhteen. Mikäli seuranta ympäristöpäästöistä olisi ollut tarjolla aiemmilta vuosilta, olisi se lisännyt tutkimuksen luotettavuutta. Tulosten vertailu muiden vastaavanlaisten yritysten ympäristöpäästöjen määrään olisi tuonut lisäluotettavuutta tutkimukseen. Materiaali- ja energiavirtojen selvittäminen aiemmilta vuosilta olisi osittain ollut toteutettavissa, mutta niiden oikeellisuutta ei olisi voitu todentaa. Tutkittavia vuosia aiemmalta ajanjaksolta täsmällistä ympäristöpäästöjen määrää ei olisi voitu luotettavasti dokumentoida.

Tutkimuksen haasteeksi koettiin aiemman tiedon puutteen lisäksi tiedonkeruuseen liittyvät haasteet ja virhemahdollisuudet. Muita tutkimusongelmia ovat inhimilliset virheet sekä puuttuvat tai virheelliset tiedot vertailtaessa ympäristöpäästöjen määrää. Luotettavuutta olisi voitu lisätä kehittämällä ja automatisoimalla tiedonkeruumenetelmiä. Tiedonkeruun kehittämistä olisi haastanut organisaation sisäinen resurssipula. Kohdeorganisaatiolla ei ollut valmiuksia hankkia lukuisille hajautetuille työmaille kalliita mittalaitteita. Tiedonkeruu toteutettiin näin ollen kohdeorganisaation mahdollisuuksien rajoissa.

Tutkittavien vuosien oletetaan olevan lähes samankaltaiset, eikä suurta muutosta liiketoiminnassa ole ollut vuosien 2021 ja 2022 aikana. Haasteita kalenterivuosien väliselle vertailulle syntyy useista eri tekijöistä. Lopputuloksen kannalta on merkittävää millä puolen kalenterivuotta suuret hankinnat ja työvaiheet ovat tehty. Nämä tekijät saattavat vääristää tuloksia vuositason tarkastelussa. Tulosten virhemarginaali laskee pidemmällä aikavälillä. Mikäli liiketoiminta kasvaisi, lisääntyisivät todennäköisesti myös ympäristöpäästöt.

Kohdeorganisaatio suoritti vuoden 2021 aikana suuria hankkeita, joissa rakennusmateriaaleina käytettiin runsaasti elementti- ja teräsrakenteita. Ympäristöpäästöiltään yhtä suuria projekteja ei suoritettu vuoden 2022 aikana tilauskannan vuoksi. Tämän oletetaan näkyvän päästöjakaumassa tutkittavien vuosien välillä.

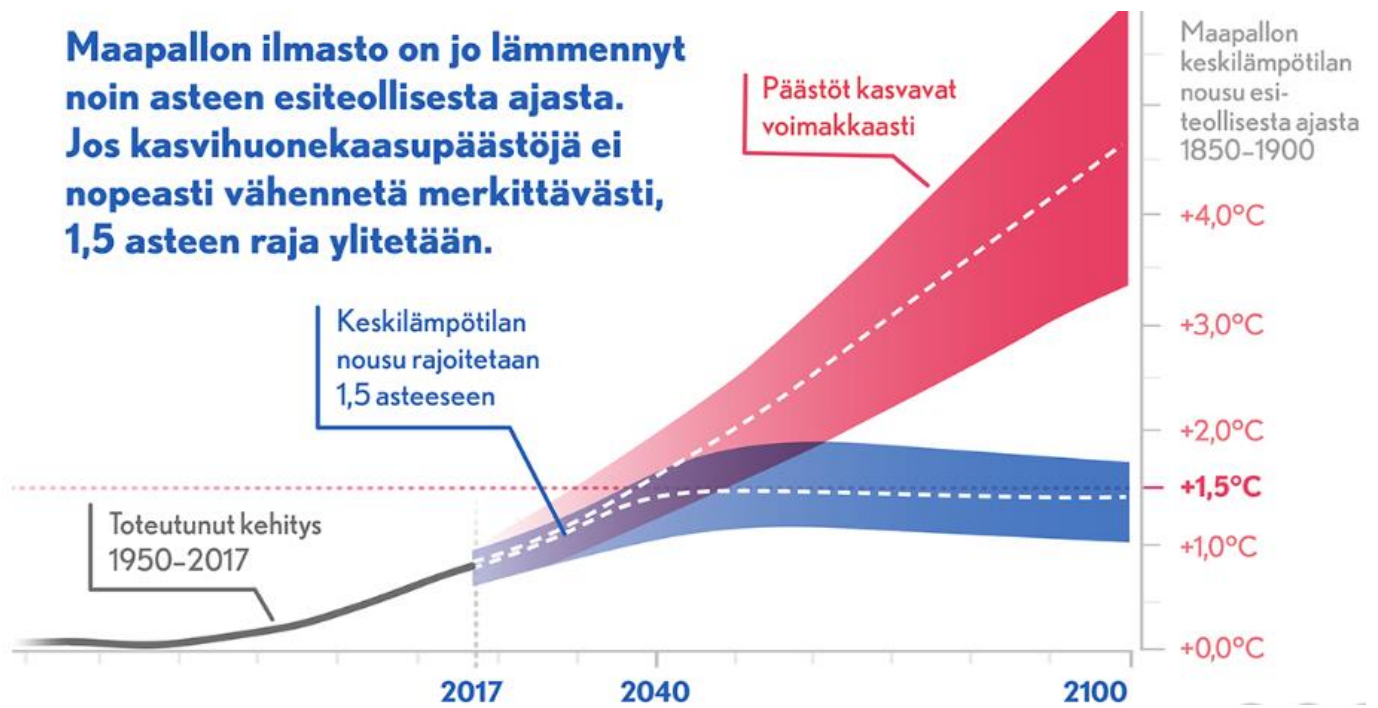
## 4 Rakentamisen ympäristöpäästöt

Ympäristömme turvaamisen ja sen monimuotoisuuden säilyttämisen vuoksi ympäristöpäästöjä tulee saada hillittyä. Ilmastotavoitteet ohjaavat kansoja ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi. Kasvi- huonekaasu- ja erityisesti hiilidioksidipäästöjä pyritään vähentämään kansalaisaloitteisesti sekä lainsäädännöllisesti. Euroopan Unioni on hyväksynyt omat ilmastotavoitteensa, mutta globaalisti yhteisiin sopimuksiin ei olla päästy.

### 4.1 Ilmaston lämpeneminen ja sen vaikutus tulevaisuuden rakentamiseen

Ilmastonmuutos, ilmastokriisi ja ympäristökuormien tavoitteellinen vähentäminen muokkaa rakentamiskulttuuria. Tulevaisuudessa rakentamiskulttuurilta tullaan vaatimaan yhä enemmän. Ilmaston lämpeneminen, ääriolo-suhteiden lisääntyminen, leudommat talvet sekä lisääntyvä tuulisuus ja sateiden määrä koettelevat tämän aikakauden taloja jo tulevina vuosikymmeninä. (Vinha ym. 2013, 25–27.)

Hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin IPCC:n laatiman kolmannen arviointiraportin mukaan ilmastonmuutos tulee saamaan aikaan ympäristön kannalta tuhoisan jatkumon. Kyseessä on valtaisa oravanpyörän, jossa ilmastonmuutos ruokkii itseään. Raportissa kuvataan konkreettisesti lämpötilan nousua, joka on vuosien 1950–1993 välillä ollut yöaikaan 0,2 astetta vuosikymmentä kohden. Päiväaikaan vastaava luku on noin puolet matalampi. Lämpötilojen kohoaminen on huomattu ilmakehän alimmassa kerroksessa kahdeksan kilometrin korkeuteen merenpinnasta mitattuna. Maapallon keskilämpötila on noussut esiteollisesta ajasta lähes asteen verran. (Daniel ym. 2001, 3.) IPCC kuudennen raportin mukaan ihmiskunnan aiheuttaneet kasvihuonekaasupäästöt ovat nostaneet ilmaston keskilämpötilaa 1,1 astetta vuosien 1990–2021 aikana (IPCC, press release. 2021, 1). Lämpötilan kehittyminen tähän päivään ja tulevaisuuden lämpötilan nousun ennuste esitetään kuviossa 1.



Kuvio 1. Maapallon keskilämpötilan nousun viitekehyksiä (Ilmatieteenlaitos 2021).

Ilmaston lämpeneminen on jatkunut esiteollisesta ajasta lähtien. Ilman riittäviä globaaleja ilmasto-tekkoja punaisen käyrän mukainen nousu uhkaa luontoamme kriittisesti. Rajoitetulla viitekehysellä luonnonmuutokset pystyttäisiin rajaamaan tavoitetulle tasolle, jolloin ilmastonmuutos ei aiheuttaisi ympäristölle liian suurta vaaraa. Ilmaston lämpenemisen hillitseminen 1,5 asteen tasolle on mahdollista, vaikka raja ylitettäisiinkin hetkellisesti. (Ilmasto-opas 2022.) Stanfordin tekoälyä hyödynnettävässä tutkimuksessa ilmaston lämpenemisen todetaan ylittävän tavoitetason seuraavan vuosikymmenen aikana, vaikka ympäristöpäästöt saataisiin hillittyä tavoitteiden mukaisesti (Garthwaite 2023).

Maanpinnalla auringonvaloa heijastavien emissioisten pintojen, kuten lumipeitteen ja jään laajuus, ovat vähentyneet merkittävästi viimeisen sadan vuoden aikana. Jääpeitteen vuotuinen kesto-aika on lyhentynyt maapallon korkeilla- ja keskileveyksillä noin kahden viikon verran. Kyseiset tekijät vaikuttavat auringon lämpösäteilyn absorptiomäärään ja niin edelleen merenpinnan jatkuvaan nousuun sekä valtamerien lämpenemiseen. Merijään määrä on todettu laskeneen lähes 15 prosenttia viimeisen 50 vuoden aikana. Pohjoisella pallonpuoliskolla jäätiköiden sulaminen on suurempaa, kuin eteläisellä. (Daniel ym. 2001, 3–4) Maapallon kokonais-vesivolyyminä noin 2,2 prosenttia on jään tai lumen olomuodossa, mikä vastaa 1/42 osaa merten vesitilavuudesta. Mikäli

Etelämantereen jäätiköt sulaisivat pois, nousisi merenpinnan taso 80 metriä nykyisestä. Tämä kuitenkin vaatisi 20 asteen lämpötilanousun ja massiiviset kelimuutokset. On kuitenkin luonnollista, että kauhuskenaariot kohdennetaan nimenomaan jäätiköiden sulamiseen. (Kakkuri 2001). Tämänhetkisten tietojen mukaan jäätiköiden sulaminen rajoittuu ilmavirtojen mukaan Etelämantereen sijaan pääosin vuoristojäätiköiden sekä Grönlannin sulamiseen. Tilastojen mukaan merenpinnan nousu oli 1900-luvun aikana yhteensä noin 20 senttimetriä. Tämän vuosisadan vastaavaksi luvuksi ennustetaan 35 senttimetriä. (Uspekhi 2021, 3.) Toisaalta Flannerin (2007, 4) raportoimien tutkimustulosten perusteella napa-alueen merkittävin ilmaston lämmittäjä ei olisi hiilidioksidi, vaan ilmassa kulkeutuva ja jääkerrosten päälle kertynyt noki.

Sateiden määrän todetaan lisääntyneen 1990-luvulla IPCC:n kolmannen arviointiraportin mukaan lähes prosentin verran jokaista vuosikymmentä kohden. Tämän epäillään johtuvan lisääntyneen ukkosaktiivisuuden ja ilmakehän kosteuden muutoksista. Eritoten ääriolosuhteiden kasvu lisää sopeutumisen haasteita niin ihmisillä kuin rakenteilla. Voimakkaat sateet ja pilvisuus lisääntyivät noin kaksi prosenttia 1990-luvun aikana. (Daniel ym. 2001, 3–4.) Toisaalta Laapas (2013, 3–5) toteaa teoksessaan, ettei sateiden määrän kasvu ole näin yksiselitteinen. Tähän vaikuttavat muun muassa poikkeavat siirtymät säähäiriöiden kulkureiteissä ja ilman kykyyn sitoa kosteutta ilmakehän lämpenemisen takia. Teoriassa lämpötilan noustessa asteella, ilmakehä pystyy sitomaan itseensä lähes seitsemän prosenttia suuremman absoluuttisen kosteusmäärän. (Laapas 2013, 3–5.)

Rakentamiskannan vuoksi on oleellista ymmärtää ja implementoida tietoa ilmastomuutoksen tuomista haasteista rakentamiskulttuurissa mahdollisimman nopeasti. Tällä voidaan varmistaa rakennuskannan säilyminen sille asetettujen tavoitteiden puitteissa. Muuttuvat olosuhteet heikentävät jo valmistettujen rakenteiden toimivuutta ja asettavat entisestään haasteellisemmat lähtökohdat nykyajan rakentamiselle. Raportissaan Vinha, ym. (2013, 1–3) Toteavat sademäärän kasvun, pilvisyyden lisääntymisen ja lämpötilojen nousun luovan homekasvustolle ja kosteuden kondensoitumiselle entistä otollisemmat olosuhteet. Kuivumisen hidastuminen on merkittävä rasite niin valmiille, kuin keskeneräisille rakenteille. Rakentamisen kosteudenhallintaan tulee siis tulevaisuudessa keskittyä entistä tarkemmin. (Vinha ym. 2013, 1–3.)

Sateiden määrän lisääntyminen vaikuttaa merkittävästi maaperään ja maanrakentamiseen. Rakennusten pohjarakenteiden kosteuskuorma kasvaa kaupungeissa hulevesien suhteen, jotka taas ovat



suoraan tekemisissä sateiden määrään. Maaperän lisääntynyt kyllästyskosteus ja näin ollen rakennetun ympäristön maa-alueiden kyky imeä vettä rajoittuu entisestään. Pintavesien imeytymisen estyminen mahdollistaa kaupunkialueiden entistä runsaamman tulvimisen. (Laapas 2013, 3.) Toisaalta, vaikka rankkasateet ja ääriolosuhteet lisääntyvät, ilmastonmuutoksen on todettu lisäävän myös kuivuuskausia (Niinimäki & Kankaanpää 2022, 22).

Sääilmiöiden ja hydrologisten vaikutustutkimusten tarkastelussa tulee huomioida niiden merkittävä poikkeavuus alueellisesti ja ajanjaksollisesti. Myös tutkimustulosten määrä on tutkimusasetelmaan nähden haasteellisen pieni. Etenkin ilmastomallien simuloinnissa tarvittaisiin tutkimustuloksia pistemittakaavassa ja ajanjakso tulisi rajata minuuttitasolle. (Willems & Vrac 2011, 2–3.) Myös Meduksen (2022, 3.) mukaan alueellisten ilmastomallien luotettavuuden kannalta olisi tärkeää saada korkean erotuskyvyn sallivaa ilmastodataa. Korkean erotuskyvyn ilmastomallinnusten käyttämisen haasteet muodostuvat tällä hetkellä resursseista ja parametrisoinneista. Luotettavaa dataa on jo voitu hankkia, mahdollistaen Pohjois- ja Baltian maiden rankkasateiden aiempaa edistyksempää ennustamista. (Medus 2022, 3.)

Lisääntyvien sateiden lisäksi merenpinnan jatkuva nousu haastaa etenkin laituri-, satama- ja silta-rakentamista. Ilmiötä on haastavaa havaita lyhyellä aikavälillä, muutoksen ollessa jatkuvaa. Nähtäväksi jää, onnistuuko rakennusala vastaamaan ilmastonmuutoksen tuomiin haasteisiin ja kehittämään toimintaansa pelastaen vanhan- ja uudistaen tulevaa rakennuskantaa.

## 4.2 Kasvihuonekaasupäästöt ja niiden jakautuminen

Kasvihuonepäästöillä tarkoitetaan lähtökohdin ilmakehässä esiintyviä kaasuja, joiden yksi ominaisuuksista on absorboida lämpösäteilyn energiaa. Kasvihuonekaasut päästävät auringon lyhytaaltoinen valon lävitseen, mutta estävät siitä aiheutuneen pitkäaaltoisen lämpösäteilyn matkaamisen takaisin avaruuteen. Näin ollen kaasut nimensä mukaisesti toimivat kasvihuoneen tapaisesti vaikuttaen ilmakehän lämpötilaan. Kasvihuonekaasujen kasvava määrä ilmakehässä kiihdyttää lämpötilan nousua. Kaasujen vähentäminen pitkällä aikavälillä hidastaisi ilmakehän lämpenemistä ja pitkällä tähtäimellä saattaisi kääntää sen laskuun. (Euroopan parlamentti 2020) Kasvihuonepäästöihin ennustetaan 2020-luvun aikana tulevan merkittäviä muutoksia osittain energiantuotannon ja -kulutuksen vuoksi. Kasvihuonepäästöjä tullaan vähentämään, vaikka fossiilisten polttoaineiden käyttö tulee säilyttämään asemansa vielä lähitulevaisuudessa. (Hanski 2017, 34)

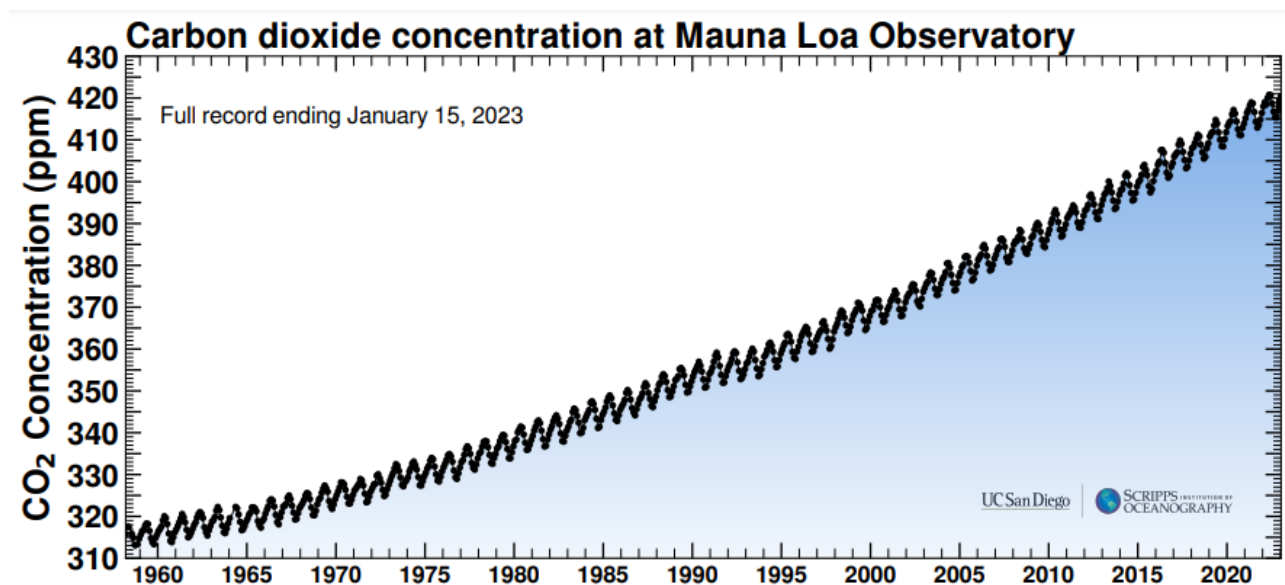
Kasvihuonekaasujen yleismittana käytetään hiilidioksidiekvivalentti-lukua, jolla lasketaan eri päästöjen vaikutus. Tämä mahdollistaa eri kaasujen ominaisuuksien mukaan yhden määreen käyttämiseen globaalisti ympäristöpäästöjen mittaamisessa. (Euroopan Parlamentti 2020.) Yleisimmät kasvihuonekaasupäästöt esitetään jaoteltuna kuviossa 2. Kuviossa on eroteltu EU:n kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen hiilidioksidiekvivalenteina prosentuaalisesti. Hiilidioksidin osuus hiilidioksidiekvivalenteina ilmaistuista kokonaispäästöistä on 80 prosenttia, dityppioksidin (ilokaasun) 6 prosenttia, metaanin 11 prosenttia ja F-kaasujen 2 prosenttia. (Tilastokeskus 2020)



Kuvio 2. EU:n kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen vuonna 2019 (Euroopan parlamentti 2021).

Maapallomme ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuus on noussut kolmanneksen, ja metaanipitoisuus tuplaantunut esiteolliseen aikaan nähden. Päästövähennyksiä on onnistuttu tekemään, mutta ne eivät kui-

tenkaan näyttäytyä ilmakehän hiilidioksidi päästöjen mittauksissa positiivisesti. Hiilidioksidin mitausta on toteutettu tarkemmin 1950-luvulta lähtien Charles Keelingin aloitteesta. Keeling perusti Havaijin Mauna Loa- tulivuoren laelle mittaustukikohdan, jolta saadaan edelleenkin luotettavaa dataa ilman hiilidioksidipitoisuudesta. Kuviosta 3 nähdään, että ilmakehän hiilidioksidipitoisuudet vaihtelevat vuodenaikojen mukaan, mutta kasvavat vuosi vuodelta. Ilmastopolitiikassa on ymmärretty, että Keeling-käyrän ja ilman lämpötilan nousu kehittyvät käsikädessä. (Viitala 2011, 92–94.) Kuviota tulkitessa huomataan, että hiilidioksidipäästöjen kohoaminen jatkuu edelleen. Selitys tähän saattaa olla, etteivät ilmastopoliittiset linjaukset ole riittävän laajoja ja tehokkaita, eikä niitä toteuteta riittävällä tasolla globaalisti.



Kuvio 3. Keeling-käyrä kuvastaa ilman hiilidioksidipitoisuutta ilmassa Mauna Loa-tulivuoren huipulla (Scripps institution of Oceanography 2023).

Eri kasvihuonekaasupäästöjen tuottaman kumulatiivisen yhteisvaikutuksen vuoksi pelkästään hiilidioksidinekvivalenttipäästöjen seuraaminen ei riitä. Ilmastomuutoksen torjunta tarvitsee numeeriset arvot ja konkreettisia lukuja, minkä vuoksi kasvihuonekaasupäästöjen suhteuttamiseen on kehitetty yhteismitta Global Warming Potential-, eli GWP-kerroin. GWP-kerroin perustuu laskukavaan, kuinka paljon tietty kasvihuonekaasu sitoo lämpöenergiaa suhteessa hiilidioksidiin. Potentiaalinen lämpöenergian sitoutuminen lasketaan aina tietyn ajanjakson puitteissa, jotka ovat 20, 100 tai 500 vuotta. (Artaxo ym. 2007, 210–212.) Merkittävimpien kasvihuonekaasupäästöjen GWP-kertoimet on esitetty taulukossa 1.

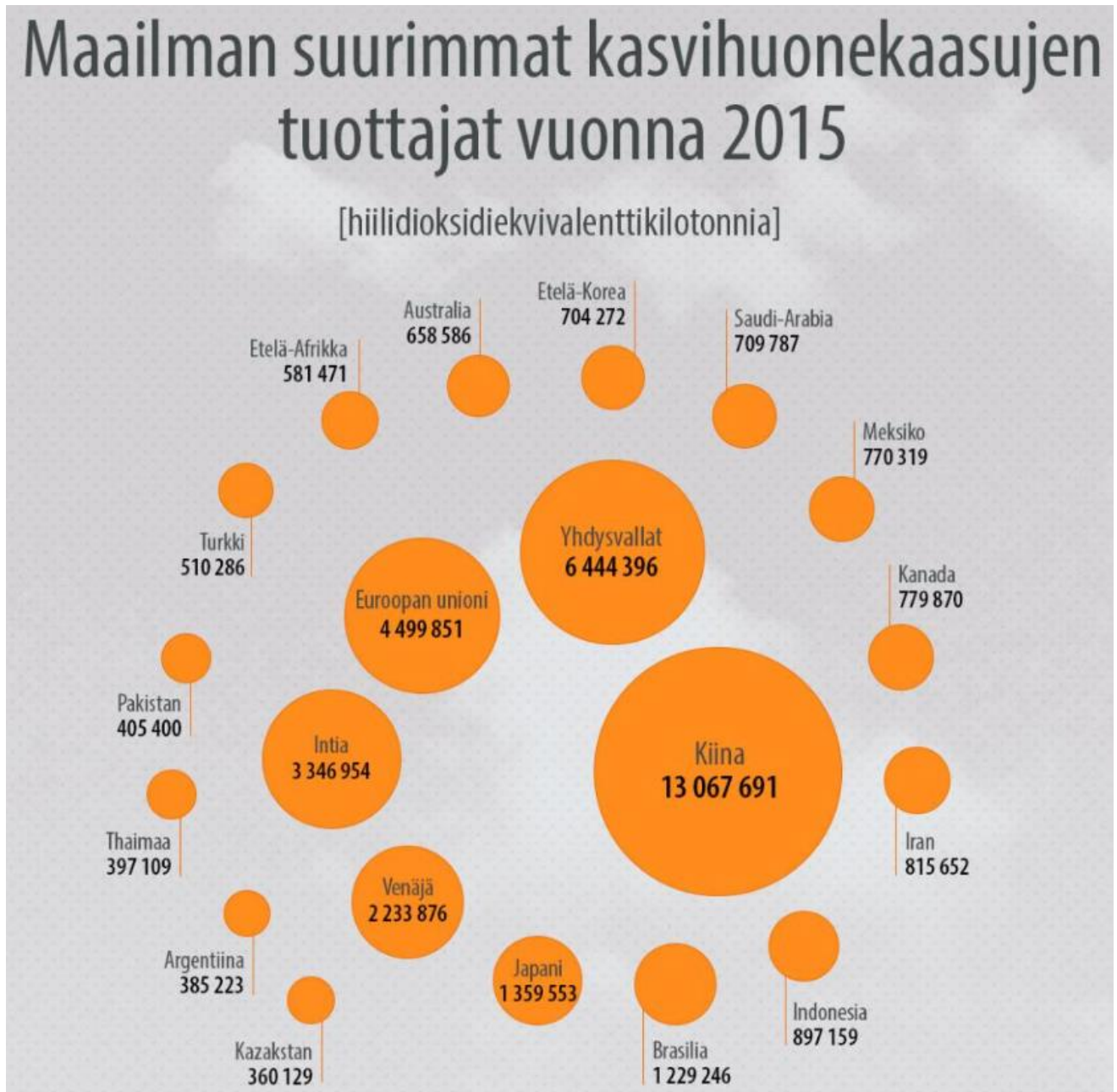
Taulukko 1. Kasvihuonekaasujen GWP-kertoimia (Mukaiitu, Artaxo ym. 2007, 212).

Nimi	Kemiallinen kaava	Ilmaston lämmityspotentiaali sadan vuoden ajanjaksolla
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	1
Metaani	CH <sub>4</sub>	25
Dityppioksidi	N <sub>2</sub> O	298
Rikkiheksafluoridi	SF <sub>6</sub>	22 800
Hiilitetrakloridi	CCl <sub>4</sub>	1400
Dikloorimetaani	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	8,7
Metyylikloridi	CH <sub>3</sub> Cl	13

On oleellista ymmärtää eri kasvihuonekaasupäästöjä niiden ominaisuuksien mukaan, jotta voimme hahmottaa kokonaiskuvan niiden ilmastovaikutuksista. Hiilidioksidi on ilmakehässä hitaasti hajoava kaasu ja sen kasvihuonevaikutus suhteutettuna ekvivalentteihin on arvolta 1. Sen sijaan metaani hajoaa nopeasti. Metaanin puoliintumisaika on keskimäärin 10 vuotta, ja se on hiilidioksidiin nähden 25-kertainen kasvihuonevaikutuksiltaan. Metaani on hiilidioksidia merkittävästi voimakkaampi kasvihuonekaasu, mutta sitä on myös merkittävästi vähemmän. Sama asia pätee kuitenkin ilmastotyönä molempia kasvihuonekaasuja vastaan. Mikäli päästöjä ei voida vähentää, on niille löydettävä kompensatioväyliä. (Euroopan Parlamentti 2020.)

Kuviossa 4. esitetään maailman suurimmat kasvihuonekaasupäästötuottajat ja niiden hiilidioksidiekvivalenttimäärät tonneittain vuodelta 2015. Kuvio tarjoaa käsityksen teollisten maiden merkityksestä ympäristöpäästöjen tuottajana. Toisaalta datan oikeellisuus voidaan kyseenalaistaa. On oletettavaa, ettei kehittyvien maiden ympäristöpäästöjen laskenta ja selvittäminen ole länsimaisella tasolla. Yhdysvaltojen ympäristöpäästöt olivat vuosituhaten vaihteeseen vielä Kiinaa korkeammat, mutta vuoden 2007 jälkeen päästöt ovat lähteneet laskuun. Vuoden 2019 tartuntatauti-pandemian vuoksi lasku on ollut viime vuosina aiempaa voimakkaampaa. Tästä huolimatta Yhdysvallat ovat tuottaneet esiteollisesta ajasta alkaen lähes neljänneksen maailman kasvihuone-

päästöistä. Vastaava luku Kiinalla on noin 14 prosenttia. Toisinkuin Yhdysvallat, Kiinan ympäristöpäästöt ovat olleet kasvussa koko 2000-luvun ajan ja kasvoivat entisestään vuonna 2020. Globaalit kasvihuonekaasupäästöt ovat edelleen noin prosentin nousussa vuosittain. (Ilmasto-opas 2022.)



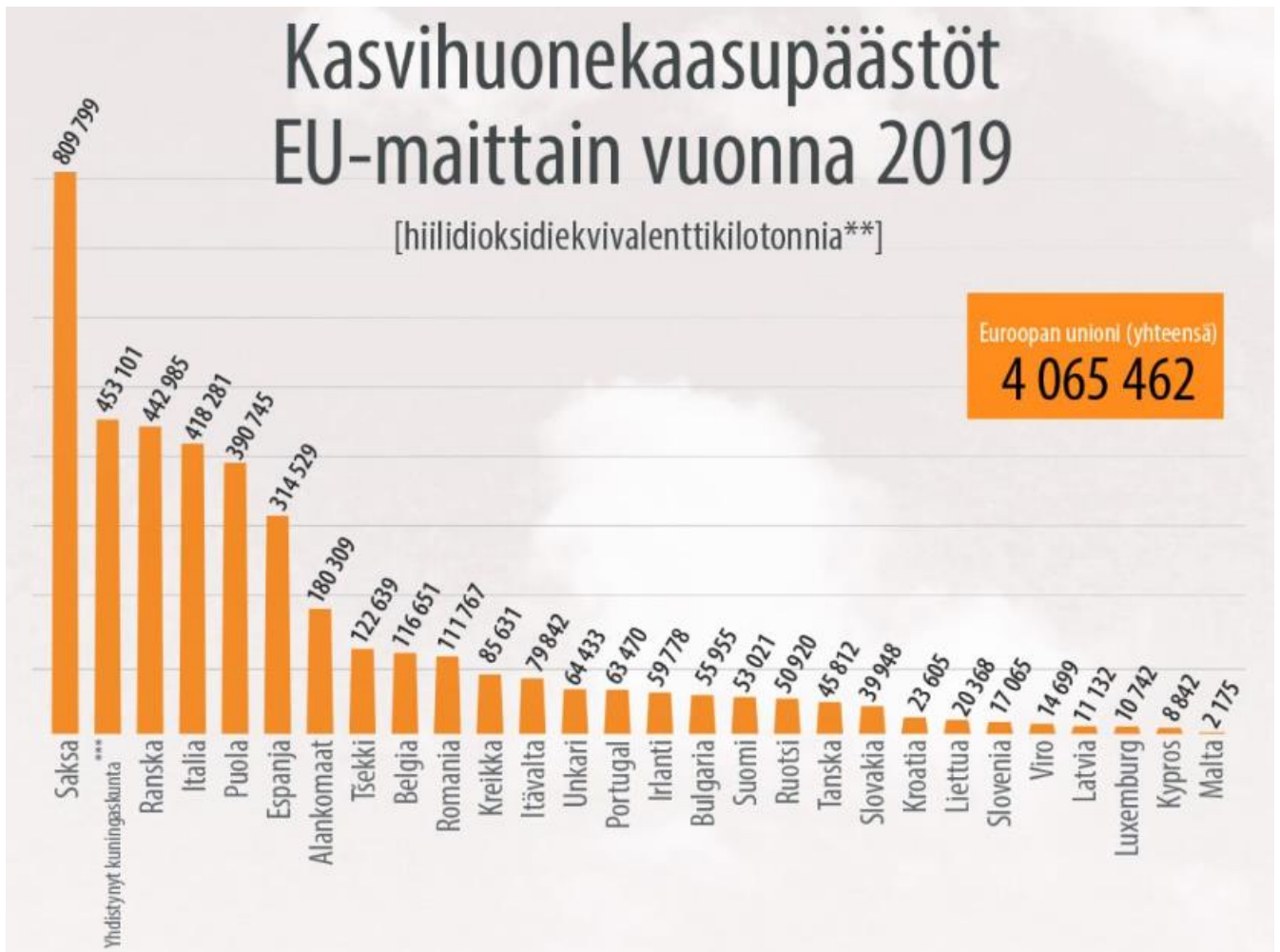
Kuvio 4. Maailman suurimmat kasvihuonekaasujen tuottajat vuonna 2015 (Euroopan parlamentti 2021).

Pohtiessa Kiinan ympäristöpäästöjen kehittymistä Chang (2015, 1–2) toteaa teoksessaan kasvaneen huolen hiilidioksidipäästöjen vaikutuksesta ilmastoon ja talouden rakenteeseen. Kiina on kuvion 4 mukaan maailman suurin kasvihuonekaasutuottaja ja näin voidaan olettaa, että yksin tämän valtion ympäristötavoitteet vaikuttavat merkittävästi ympäristökuormiin sekä ilmastopolitiikkaan globaalisti. Optimoidessaan hiilidioksidin tärkeimpien päästösektoreiden tuotantorakennetta ilmastotavoitteisiinsa Kiina pystyisi vähentämään noin neljä prosenttia päästöistään. Tosin tällä tulisi olemaan merkittävä vaikutus maan talouteen, jonka Chang arvioi laskevan bruttokansantuotetta pitkällä aikavälillä 82,59 miljardin yuanin (13 miljoonan euron) verran. (Chang 2014, 1–3.)

Vaikka Kiina onkin tuottanut absoluuttisesti suurimman määrän kasvihuonekaasupäästöistä, Yhdysvallat ovat olleet vertailun kärjessä jo kolme vuosikymmentä, vertailtaessa ympäristöpäästöjen määrää asukasta kohden. Kiina on tässä vertailussa lähes puolet pienemmällä tuloksella neljäntenä. Edellä ovat myös Venäjä sekä Japani. (Ilmasto-opas 2022.)

Euroopalla on ollut merkittävä rooli teollisen vallankumouksen ajalta saakka ympäristökuormiin. Vaikka koko Eurooppa tuottaa tällä hetkellä Kiinaan ja Yhdysvaltoihin verrattuna huomattavasti vähemmän ympäristöpäästöjä, on Euroopan kumulatiivinen osuus esiteollisesta ajasta tähän päivään Kiinaa korkeampi. (Ilmasto-opas 2022.) Kuviossa 5 esitetään Euroopan maiden eritelty kasvihuonekaasupäästömäärät vuodelta 2019. Tilastojen mukaan Euroopassa Ympäristöpäästöt ovat vähentyneet lähes 10 prosenttia vuosien 2015–2019 aikana.

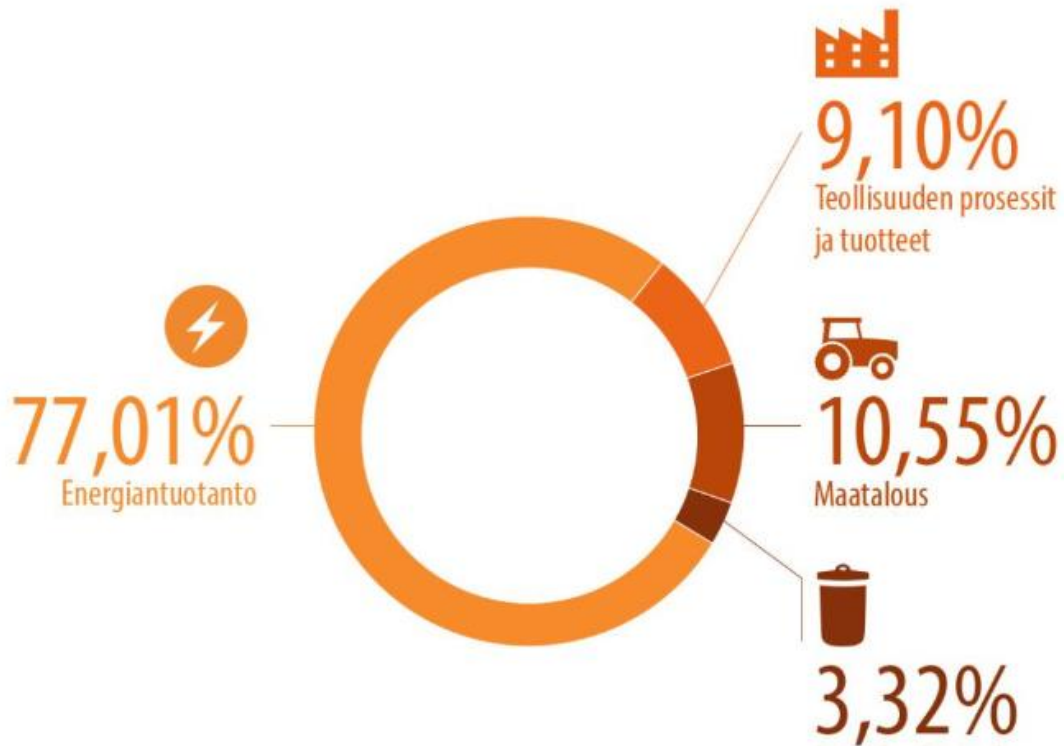




Kuvio 5. Kasvihuonekaasupäästöt EU- maittain vuonna 2019 (Euroopan parlamentti 2021).

Kuviossa 6 esitetään EU:n kasvihuonekaasupäästöjen alakohtainen jakauma vuonna 2019. Vuoden 2019 kokonaispäästöistä energiasectori tuotti suurimman osan kasvihuonekaasupäästöistä. Energiantuotannossa huomioitiin myös polttoaineiden käyttö ja haihtumapäästöjen määrät. Teollisuuden prosessit ja tuotesektorin osuus oli yhdeksän prosenttia, joka sisälsi F-kaasujen määrät. Maatalouden samassa vertailussa oli 11 prosenttia ja jätteiden käsittely kolme prosenttia. (Euroopan parlamentti 2021.)

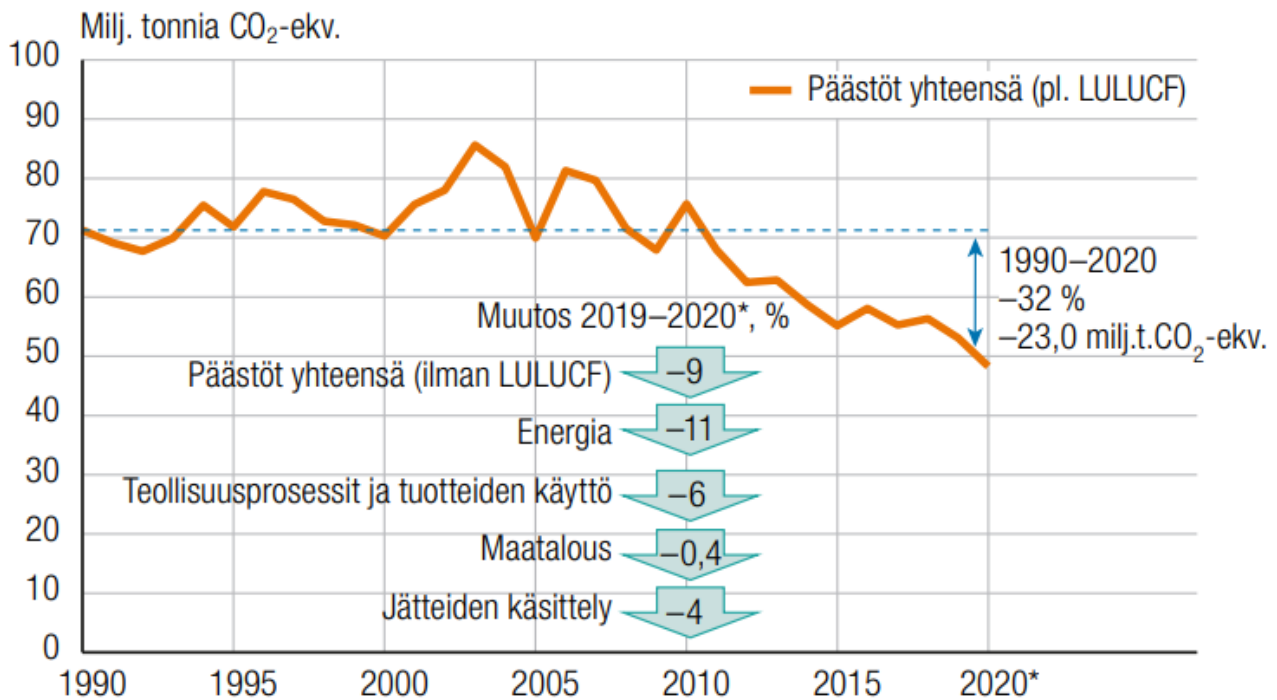
# Alakohtaiset\* kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa vuonna 2019



Kuvio 6. EU:n kasvihuonekaasupäästöt alakohtaisesti vuonna 2019 (Euroopan Parlamentti 2021).

Suomen rakentamisesta kohdistuneiden ympäristökuormien määrä on laskenut keskimäärin prosentin vuodessa, viimeisen 30 vuoden ajanjaksolla. Päästöjen väheneminen saattaa olla kuitenkin loivassa laskusuhdanteessa, sillä vuosien 2019 ja 2020 aikana ei ole merkittävää tilastollista eroa. (Tilastokeskus 2022.) Kasvihuonekaasupäästöt ovat laskeneet Suomessa 32 prosenttia vuosien 1990 ja 2021 välillä kuvion 7 mukaisesti. Rakentamiskanta ja sen suhdanteet ovat vaikutuksissa ympäristöpäästöjen muodostumiseen. Ympäristöpäästöjä kuluu rakentamisen sekä rakennusten koko elinkaaren ajalta. Toisin sanoen, silloin kun rakennetaan paljon, kohdistuu ympäristöpäästöjen muodostuminen pääosin rakentamisen ja materiaalien saralla.





Kuvio 7. Suomen kasvihuonekaasupäästöt ja niiden muutokset vuosina 1990–2020 (Tilastokeskus 2021, 6).

Tieliikenne tuottaa noin viidesosan Euroopan ympäristöpäästöistä. Tästä merkittävimpänä henkilöliikenne. Vaikka teknologiakehityksen myötä hybridi- ja täyssähköautot nostavat osuuttaan liikenteessä, autoilualan päästöjen kehitys on ollut hiipumaan viimeisten vuosien aikana. (Euroopan parlamentti 2022.) Suomen tieliikennepäästöjen oletetaan kuitenkin laskevan tulevaisuudessa. Ratkaisuksi koetaan sähkö- ja kaasuautoilun sekä biopolttoaineen käytön lisääntyminen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017.)

### 4.3 Ympäristötavoitteet

Ilmastonmuutos on ihmiskunnan yhteinen huolenaihe vaikuttaen sen kaikkiin asukkaisiin. Ympäristötavoitteiden asettaminen ylittää valtiorajat, eikä jää ainoastaan lämpötilan hallitsemiseen. Aluekohtaisesti ympäristötyössä kohdataan erilaisia haasteita. Puhtaan veden saatavuus, jäätiköiden sulaminen, muuttuneet elinolosuhteet, kuivuminen ja ruoantuotannon vaikeudet ovat näistä esimerkkejä. Tämän vuoksi maapallon kansoja ja eri valtioita koskettavien yhteisten pelisääntöjen on tähdittävä yhteiseen kehitykseen ilmastonmuutoksen vastaisessa työssä. Säästösten tasapuolisuuden huomioiminen on tärkeämmässä roolissa kuin koskaan aikaisemmin. (Virtanen 2019, 19–21.)

On siis selvää, että ilmastonmuutoksen vuoksi kasvihuonepäästöjen määrään tulee reagoida nopealla aikataululla. Ei sovi kuitenkaan unohtaa, että Euroopan tasolla tiettyihin tavoitteisiin on kuitenkin jo päästy. Eurooppa komission vuonna 2010 hyväksymä ”Eurooppa 2020-strategia” toimii hyvänä esimerkkinä, aikanaan kirjatuille tavoitteille. Eurooppa 2020-strategia pitää sisällään viisi eri tavoitetta Euroopassa vallitsevaan työllisyyteen, köyhyyteen, ympäristöön ja talouteen liittyvissä tekijöissä. Ympäristötekijöiden osalta keskityttiin 20–20–20 strategiaan, vuoden 2020 tilastoja verrataan vuoden 1990 tilastoihin. Tarkoituksena on kasvihuonepäästöjen lasku-, energiatehokkuuden kasvu- ja uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvu 20 prosentilla. (Euroopan komissio 2010, 6.)

Hallituksen ilmastolain (609/2015) mukaisesti tavoitteena on vahvistaa maankäyttöä ja hiilinieluja. Ilmastolain toivotaan tuovan myös ilmastopäästöjen vähenemisen 80 prosentilla vuosien 1990 ja 2050 välillä. Tämän tavoitteen arvioidaan kuitenkin kiristyvän vielä lähivuosina. Suomen on vähennettävä ympäristöpäästöjään noin 40 prosenttia vuoden 2005 ja 2030 välillä saavuttaakseen EU:n taakanjakoasetuksen (2018/842/EU) mukaiset päästövähennysvelvoitteet. Pariisin ilmastopöytäkirja on merkittävin peruste hallituksen hiilineutraaliustavoitteelle vuoteen 2035, jotta lämpötilan kohoamisen rajoittaminen yli 1,5° C olisi mahdollista. (Työ- ja Elinkeinoministeri 2020, 6–9.)

Euroopan unioni tavoittelee kasvihuonekaasupäästöjen määrän vähentämistä vuoden 1990 tasosta 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Tämä on vain väliaskel, suuremman tavoitteen edessä. Kunnianhimoisempaa tavoitteena voidaan pitää hiilineutraalisuustavoitetta vuoteen 2050 mennessä sekä tämän jälkeistä hiilinegatiivisuutta. Tavoitteita on säädetty eurooppalaisella ilmastolailla, joka velvoittaa EU-maat yhteisiin toimiin. Ilmastolain tavoitteisiin pääseminen vaatii jäsenmaiden sitoumusta. Jäsenmaiden tulee tarkkailla omien kasvihuonekaasupäästöjen progressiota ja tämän perusteella muokata tarpeen tullen ilmastopolitiikkaansa tavoitteiden saavuttamiseksi. (Euroopan komissio 2021.)

Euroopan ilmastopolitiikan ohjeet ja ilmastolaki nojaavat Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastopöytäkirjaan sekä sitä täydentäviin Kioton pöytäkirjaan ja Pariisin ilmastopöytäkirjaan. (Ympäristöministeriö 2023.) Päästökaupasta ja taakanjaon tavoitteista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Euroopan päästökaupan- ja taakanjaon tavoitteet sekä niiden tarkoitus Suomelle (Ympäristöministeriö 2023).

Miten tavoitteeseen päästään?	Mitä tarkoittaa Suomelle?
<p><b>Päästökauppa</b> Esimerkiksi suuret teollisuuslaitokset sekä sähkön- ja lämmöntuotanto.</p>	<p><b>EU:n tavoite -43 %</b> EU on asettanut päästökauppasektorin vähennystavoitteeksi 43 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Komission heinäkuussa 2021 antaman ehdotuksen mukaan päästökauppasektorin uusi tavoite olisi 61% vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi komissio ehdottaa päästökaupan vahvistamista ja laajentamista uusille aloille.</p>
<p><b>Päästökaupan ulkopuoliset alat (taakanjakosektori)</b> Rakentaminen, rakennusten lämmitys, asuminen, maatalous, liikenne ja jätehuolto tai teollisuuden F-kaasut.</p>	<p><b>Suomen maakohtainen tavoite -39 %</b> Suomen maakohtainen päästövähennystavoite taakanjakosektorilla on 39 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Komission heinäkuussa 2021 antaman ehdotuksen mukaan Suomen tulisi vähentää päästöjä 50% vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta.</p>
<p><b>Metsät ja maankäyttö (LULUCF)</b> Sektorilta ei kokonaisuutena saa EU-tasolla aiheutua päästöjä.</p>	<p>Komissio on vahvistanut vertailutasot syksyllä 2020. Komissio antoi ehdotuksen uudistetusta LULUCF-direktiivistä heinäkuussa 2021. Sen mukaan maankäyttösektorille tulisi jäsenmaakohtaiset tavoitteet nielujen kasvattamiseksi.</p>

Kansainväliset ilmastotavoitteet ovat tarkentuneet aikakausittain kehityksen ja tutkimustulosten perusteella. New Yorkissa, 1990 luvun alkupuolella järjestetyssä Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimuskokouksessa on kirjattu yhteiset tavoitteet ympäristön suojelusta. Kyseinen sopimus toimii myös yleissopimuksena muiden ympäristösopimusten alalla. Tavoitteena oli kasvihuonekaasupitoisuuksien vakiinnuttaminen tasolle, jossa ihmisten toiminta ei aiheuta vaarallista häiriötä ympäristölle. (61/1994, Artikla 2.) Tätä puitesopimusta ennen ja sen jälkeen on tehty tavoitteita ja sopimuksia eri alueiden kesken ja vaihtelevissa laajuuksissa.

Kestävän kehityksen ja uudemman ympäristöpolitiikan tueksi Yhdistyneet Kansakunnat kokoustivat ilmastopolitiikkaa tarkentavilla keinoilla. Tavoitteena Yhdistyneiden Kansakuntien Puitesopimuksen täyttämät aiemmat ehdot, sekä toimeksi pantava uusi toimintaohjelma. Tässä ohjelmassa

oleelliset tavoitteet ovat muun muassa energiatehokkuuden lisääminen, Kasvihuonekaasunielujen suojaaminen ja lisääminen sekä uusien energialähteiden edistäminen. (13/2005, Artikla 2.) Vuonna 1997 hyväksytty ja 2005 voimaanastunut Kioton pöytäkirja, on ensimmäinen oikeudellisesti osakkaista sitova päästövähennyksiä koskeva kansainvälinen sopimus. Allekirjoittaneet sopimusmaat sitoutuivat vähentämään keskimäärin 5,2 prosentin osuuden vuoden 1990 päästöistään vuosille 2008–2012. (Euroopan Komissio 2003). Kioton Pöytäkirjamaista kaikki saavuttivat tavoitteensa, joista merkittävimiksi päästövähennysmaiksi nousivat entiset sosialistimaat. Tämän arvioidaan johtuvan myös osittain Neuvostoliiton hajoamisesta. Onnistunut päästövähennys Kioton sopimuksen mailta ei kuitenkaan näyttäytynyt Globaalisti. Vuosien 2008–2012 aikana maailman ympäristöpäästöt kasvoivat noin kolmanneksen. (UNEP 2012, 43–44.)

Uutta Kioton sopimusta ei saatu enää ratifioitua vuosille 2013–2020, vaan se astui voimaan 2016 allekirjoitettuna Pariisin sopimuksena. Pariisissa 2016 käydyssä ilmastokokouksessa säädettiin yhteisistä tavoitteista maailmanlaajuisten ilmastotoimien osalta. Tavoitteita määritettiin kolme. Ensimmäinen oli rajata maapallon keskilämpötilan kohoaminen esiteolliseen aikaan verrattuna alle 2° C. Pyrkimyksenä on kuitenkin rajata lämpötilan nousu 1,5° C. Esiteollisella ajanjaksolla viitataan vuosikausiin 1720–1800. Jälkimmäiset tavoitteet koskivat ilmastomuutoksen haittavaikutuksiin sopeutumiseen ja vähäpäästöisen kehityksen rahoitusvirtoihin. (Valtioneuvos 2016, Artikla 2.) Tämän vuoksi Yhdistyneet Kansakunnat sopivat 2015 uudesta globaalista toimintamallista, joka tunnetaan nimellä Agenda 2030. Toimintamallissa on 17 eri pää- ja 169 alatavoitetta köyhyyden vähentämisestä, kestävästä kehityksestä ja ympäristönsuojelusta. Agendan tavoitteet ovat käytännöllinen ja havainnollistettu tapa ohjata kansojen ympäristöpolitiikkaa. (United Nation 2023.)

Pariisin ilmastosopimuksen hyväksyneiden maiden ohjattiin suuntaavan rahoitusvirtojaan ilmaston hyväksi tehtävää kestävä kehityksen ja vähähiilisen toiminnan kehittämiseksi. Ilmastomuutoksen ehkäisemiseksi keinoja haetaan talouspoliittisista ja rahoituksen ratkaisuilla. (Työ- ja Elinkeino- ministeri 2020, 6.) Ympäristöpäästöjen huomiointi talouden kustannuksella on yleinen pelko alalla. Talouden haasteet heijastelevat monesta muustakin asiasta, kuin yksinomaan ympäristön huolehtimisen suunnasta. Talouden kasvua on mahdollista saavuttaa, vaikka ympäristöön keskityttäisiin

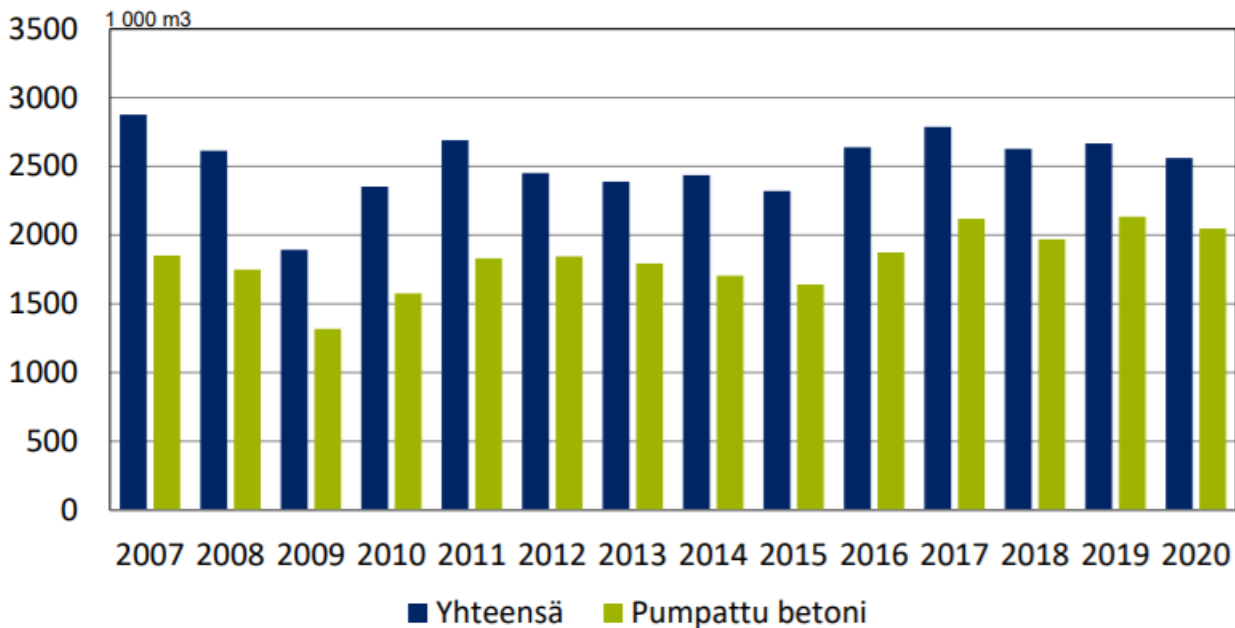
entistä enemmän. Tästä esimerkkinä, Euroopan unionin alueella onnistuttiin saavuttamaan 24 prosentin kasvihuonekaasupäästöjen lasku, vaikka talous kasvoi 60 prosenttia 1990–2019 vuosina. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 2021/1119.)

Ympäristötavoitteiden selvittämisessä on oleellista ymmärtää lähtöasetelma, kuinka ympäristöpäästöjä pystytään vähentämään sekä millä keinoilla hiilineutraalius on mahdollista saavuttaa. Tähkänen ja Tähtinen (2022, 15–16) toteavat teoksessaan, ettei hiilineutraaliutta tulla saavuttamaan ilman positiivisia ilmastovaikutuksia. Vaikka ilmastopäästöt saataisiin vähennettyä 80 prosenttia, tarvitsisi se edelleen tueksi kasvavan kompensatiomäärän. (Tähkänen & Tähtinen 2022, 15–16.) Tätä Näkökantaa puoltaa myös Granlund (2022), joka toteaa pilotointi raportissaan, että hiilineutraalius on mahdotonta saavuttaa rakentamisessa ilman runsaita toimiin kuuluvia kompensointimääriä.

#### **4.4 Rakentamisen merkittävimmät ympäristökuormat**

Rakennettu ympäristö muodostaa lähes kolmasosan koko Suomen ympäristöpäästöistä ja kuuluu näin merkittävimpiin toimialoihin teollisuuden lisäksi hiilidioksidipäästöjen suhteen. Rakennusala tuottaa lähes puolet EU:n kaikesta jätteestä. Rakentaminen tuottaa lähes neljäsosan globaaleista kasvihuonekaasu-päästöistä. (Euroopan Komissio 2020, 11.) Globaalisti lähes 50 prosenttia maapallon raaka-aineista käytetään rakentamiseen. (Nousiainen 2019, 4.) Rakentamisen suurimmat päästötuottajat ovat betoni- ja terästeollisuus. Terästä käytetään rakenneterästen lisäksi muun muassa vahvistamaan betonirakenteita.

Rakennusalan suurin yksittäinen hiilidioksidipäästö on sementin valmistus. Sementtiä käytetään betonin sidosaineena. Betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. Sementin valmistus muodostaa globaalisti jopa kahdeksan prosenttia hiilidioksidipäästöistä. Toisaalta betoni ikääntyessään karbonatisoituu, eli se sitoo hiilidioksidia ympäristöstä. Karbonatisoituminen tehostuu ajan ja sen pinta-alan kasvun myötä. Tämän vuoksi murskattua betonia on alettu käyttämään myös täyttömateriaaleina. Sementin osittaista korvaamista terästeollisuuden masuunikuonalla on pienentänyt sen ympäristöpäästöjä merkittävästi. Euroopan Unionin laatima ympäristötavoite hiilineutraaliuteen vuoteen 2035 mennessä saattaa olla yksinomaan betoniteollisuuden varassa. (Knuuttila 2016, 65.) Kuviossa 8 esitetään suomalaisen valmisbetonin tuotantomäärät vuosilta 2007–2020, mistä voi päätellä tuotantomäärien olevan varsin tasaista viime vuosina.



Kuvio 8. Valmisbetonin tuotantomäärät Suomessa vuosilta 2007–2020 (Rakennusteollisuus 2021, 8).

Betonoinnissa käytetty lisäraudoitus tavoitellun vetolujuuden saavuttamiseksi on myös merkittävä päästömuodostaja. Toisaalta betonin valmistuksessa kulunut ympäristökuorma on enemmän riippuvainen sementin määrästä, kuin betoniin asennettavasta lisäraudoituksesta. Betonoinnissa runkoaineen ympäristökuormiin suhteutettuna sen raudoituksen määrän arvioidaan olevan noin 10 prosenttia. Tyypillisen rakennebetonin ympäristökuormina voidaan pitää hiilidioksidin osalta 150 kg/m<sup>3</sup>, eli noin 60 kg/tn. Betonin käyttö nähdään osittain investointina, sillä se on pitkäikäinen ja kestävä rakenne. Jatkuvasta tuotekehittelystä huolimatta betonia ei olla onnistuttu vielä korvaamaan muilla menetelmillä. Toisaalta sen valmistuksessa on pystytty hyödyntämään teollisuuden muita sivuvirtoja, kuten terästeollisuuden masuunikuonaa. (Mattila 2014, 119–123.)

Vaikka betonointi on perinteisellä menetelmällään merkittävin ympäristöhaitta, se sitoo itseensä ajan myötä suurimman osan hiilidioksidista takaisin. Lähtökohtaisesti lähes 75 prosenttia kalvonoinnissa vapautuneesta hiilidioksidista uudelleen imeytyy 100 vuoden aikana betoniin. Tämä on kuitenkin hidaskäyttöinen prosessi. (Kekkonen 2019, 16–17.) Toisaalta Galan ym. (2010, 6–8), mukaan sementin kalsinoinnissa vapautuneesta hiilidioksidista voi imeytyä takaisin maksimissaan 50 prosenttia.

Kähkösen (2022) mukaan betonia ei tällä hetkellä voida korvata muilla rakennusmateriaaleilla. Betonituotanto koetaan alaksi, joka on toiminut pitkään muuttumattomana. Tietoa ja taitoa on hankittu jo riittävästi positiiviseen muutokseen saavuttamiseksi. Tulee kuitenkin muistaa, että betonin pitkä käyttöikä vahvistaa sen asemaa tulevaisuudessakin rakennusmateriaalina. Betoniteollisuuden kehittäminen seuraavalle tasolle vaatii tiivistä yhteistyötä. Kiertotalouden huomiointi on myös oleellinen asia ja betonialalla se toimii varsin hyvin. Käyttöikänsä päässä olevan betonin kierrätys on tehokasta ja näin ollen sementin kapasiteetti saadaan käytettyä myös hiilinieluna. (Kähkönen 2022.) Nykypäivän sementtiseoksilla pystytään tulevina vuosina saavuttamaan vielä noin 25 prosenttia ympäristöpäästöjen lisäsäästö, tuotannon tehostamisen myötä. Betonirakentamisen Loikka-hankkeella tavoitellaan kuitenkin ympäristöpäästöjen puoliintumista betoniteollisuudessa lähivuosien aikana. Hiilidioksidin talteenoton, hyödyntämisen ja varastoinnin koetaan olevan tulevaisuudessa merkittävä päästövähentäjä. (Leveelahti 2022.)

Teräs on toiseksi merkittävin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja rakennusalalla, muodostaen lähes kahdeksan prosenttia globaaleista päästöistä. Terästeollisuus on kokemassa mullistusta tuotannon laitteiden ja sulatusmekanismin uudistumisen myötä. Tällä hetkellä massiivista vihreän teräksen tehdasta kaavaillaan Inkooseen, joka tulisi kehittämään rakennustuotannon ympäristötehokkuutta. (Heikinmatti 2023). Teollisuuden muutokset eivät tapahdu hetkessä, mutta vähähiilisemmän teräksen arvioidaan olevan asiakkaiden saatavilla vielä 2020-luvun loppupuolella. (Raex 2023). Teräsyhtiö SSAB:n tuotannossa pyritään myös siirtymään fossiilittoman teräksen valmistukseen. Tavoitteena on saada fossiilitonta terästä seuraavan vuosikymmenen aikana (Hartikainen 2023.)

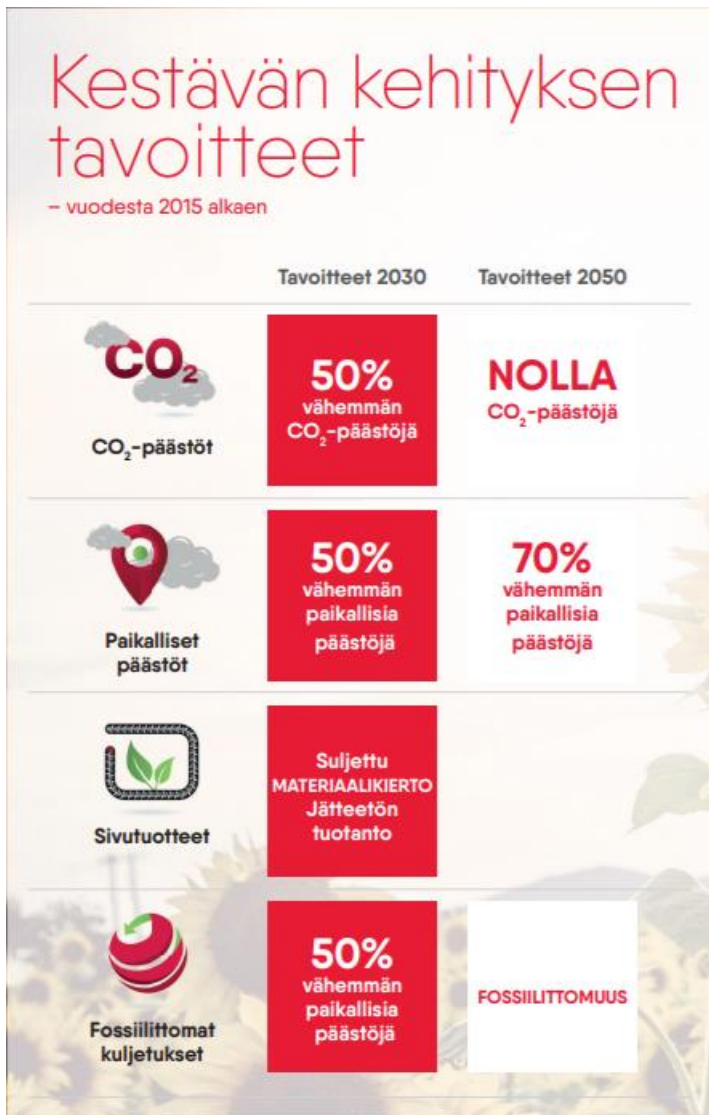
Teräksellä on Suomessa laaja kierrätysjärjestelmä, jolla pyritään laadukkaaseen materiaalin uusiokäyttöön, käytöstä poistetun tuotteen avulla. Materiaalille tyypillinen ja sen kierrätettävyyden kannalta otollisiin ominaisuuksiin kuuluu sen sulatus ja uudelleen käyttö lähes rajattomia kertoja. Suomessa noin puolet markkinoitavasta teräksestä on romuterästä. Teräs omaa erittäin pitkän käyttöikänsä, käyttötarkoituksesta ja käsittelystä riippuen. Teräksellä ei ole enää sen käyttövaiheessa luonnonvaroja kuluttavaa vaikutusta. (Pirilä 2017, 27–29.) Terästoimittajan valinnan mukaan on mahdollista käyttää romumetallista kierrätettyä ja uudelleen sulatettua harjaterästä betonirakenteissa. Lisäraudoituksen määrä ja laatu vaihtelevat kohteen tarpeiden mukaan. Romumetallin käyttö vähentää merkittävästi teräksen ympäristökuormaa. Romumetallin päästöt ovat 400 kg-

CO<sub>2</sub>/tn, joka on kolmasosa verrattavista tuotteista. Huomioitavaa on myös tuotteiden logistinen vaikutus ympäristöpäästöihin, mikä on terästuotteiden koon ja painon vuoksi merkittävän suurta. (Mattila 2014, 119.)

Terästeollisuudessa tulevaisuudessa hyödynnettävällä vetyteknologialla ympäristöpäästöjen määrä on mahdollista laskea lähes nolnaan. Tämä vaatisi käytetyn sähkön olevan ympäristöpäästötöntä. (Heikinmatti 2023.) Uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen tuotannon vaiheissa mahdollistaisi uudenlaisen teollisuuden prosessit ja tuotannon resurssitehokkuuden. Vähähiilinen terästuotanto on ollut pitkään tuloillaan, mutta suurimmat tavoitteet ovat vielä saavuttamatta. Rakennusalan ja materiaalityönteollisuuden ympäristöpäästöjen kehittyminen ovat avainasemassa rakentaessamme hiilineutraalia tulevaisuutta. (Ternola 2022.)

Celsa Steel Service Finland Oy on teräksen jatkojalostaja ja jakelija, jonka tuotannossa käytettävä raaka-aine on pääasiassa romumetallia. Yritys mainostaakin sen vuoksi itseään yhtenä Pohjoismaiden suurimpana kierrättäjänä. Celsalla metalliromu sulatetaan valokaariuunissa ja prosessi päättyy valmiiseen raudoitustuotteeseen. Yritys omaa korkeat kestävän kehityksen tavoitteet, jotka esitetään kuviossa 9. (Celsa Nordic 2018, 8.) Celsa on ottanut askeleita päästöttömän teräksen tuotantoon, jossa hyödynnetään myös vetyteknologiaa. Yhtiön yksi tehtaista on sijoitettu vuoren juurelle, josta muun muassa valumavesiä hyödynnetään suoraan tehtaan tuotantolinjoissa. Tämä on myös luonnon resursseja ja ympäristön infran kuluttamisen osalta luonnollinen sekä tehokas ratkaisu. Toivottavasti Suomessa nähtäisiin lähitulevaisuudessa vastaavia innovaatoratkaisuja. (Ternola 2022.)





Kuvio 9. Celsa Steel Servicen kestävän kehityksen tavoitteet (Celsa Nordic 2018, 8).

Terästeollisuuden tulevaisuuden näkymät ovat siis positiivisia ja tulevat konkreettisesti vaikuttamaan ympäristöpäästöjen määrään. Teräksenjalostaja Celsa tavoittelee päästövähennysten puoliintumista vuosien 2015–2030 vertailussa (Celsa Nordic 2021, 6–8). Terästuotannon vetyperoksidin hyödyntämisen odotetaan laskevan sen valmistusprosessien lähes nollapäästöjä.

Terästeollisuuden suuri toimija SSAB odottaa päästöjensä laskevan noin kolme prosentti yksikköä vuodessa seuraavan kymmenen vuoden ajan, ennen hiilivapaaseen tuotantoon siirtymistä. Uuden vihreän teräksen arvioidaan olevan 20 prosenttia verrokki hintoja korkeammat. Hinnoittelu saattaa vaikuttaa sen käyttöön aluksi, mutta toisaalta lisäävän mielenkiintoa tilaajien näkökulmasta. (SSAB 2021, 61).

## 4.5 Keinot rakentamisen päästöjen vähentämiseksi

Yritysten ja organisaatioiden tehokkain tapa vaikuttaa ilmastokriisiin on vähentää ympäristöpäästöjään. Ympäristöpäästöjen laskenta on ensimmäinen askel selvittäessä kohdeorganisaation ympäristöpäästöjä ja pyrkiessä vaikuttamaan niihin. Ympäristöpäästöjen hallinnassa oleellista on tiedottaa päästöjen määrä, niiden aiheuttajat ja kuinka niihin voidaan järjestelmällisesti puuttua. (Kuiri 2022.)

Yksi päästöjen hallinnan keino voisi olla toiminnan kehittäminen ympäristösertifikaatille vaaditulle tasolle. Tällöin yrityksellä tulisi olla perehtyneisyyttä päästöjen hallinnasta ja omasta toiminnasta. Ympäristön kannalta tärkeisiin seikkoihin sitoutuvalle yritykselle voidaan myöntää ympäristösertifikaatti, joka osoittaa yrityksen omistautuneen ympäristöpäästöjen kannalta oleellisiin toimiin. Ympäristösertifikaatti voisi lisätä yritykselle positiivista näkyvyyttä, sekä lisätä mielenkiintoa tilaajien keskuudessa urakoitsijan arvoista. (SFS 2021, 4–6)

Lähtökohtaisesti urakoitsijalla ei ole oikeutta poiketa urakka-asiakirjojen mukaisesta sisällöstä, minkä vuoksi urakoitsijan osuus ympäristöpäästöjen toteuttajana rakennushankkeissa keskittyy työnaikaisiin valintoihin. Toisaalta rakennushankkeen alussa rakennuttajan ja tilaajan tulisi suhtautua tarkasti urakoitsijan ehdotuksiin. Suotavaa olisi, että kaikkien osapuolten välillä vallitsisi luottamus ja projektinohjaus olisi edennyt ennen rakennusvaihetta toivotulle tasolla. Lisäksi on tarpeellista huomioida ympäristöasioiden ohjaus ja energiatehokas rakentamistapa. (Ajalin 2022.)

Raivion (2020, 21–22) mukaan ainoastaan työmaatoimiin keskittyvillä päästövähennyskeinoilla ei saavuteta riittävää tasoa toivotun vähähiilitavoitteen saavuttamiseksi. Työmaatoimien tueksi tarvitaan hankkeen suunnittelua, jossa huomioidaan ympäristötekijät. Materiaali- ja työntekijöiden valinnoilla ei siis koeta olevan merkittävää vaikutusta rakennusprojektin ympäristöpäästöjen kannalta. (Raivio 2020, 21–22.)

Myös urakoitsijan tekemät valinnat vaikuttavat ympäristöpäästöihin. Eettiseltä kannalta katsottuna on heikkoa priorisoida aina taloudellinen hyöty ympäristöystävällisten valintojen edelle. Rakennusliikkeen tekninen johto voi omilla valinnoillaan vaikuttaa muun muassa tilauskantaan erinäisten materiaalitoimittajien valinnoilla. Eri toimijoilla voi olla suuriakin eroja paikallisessa toiminnassa, vaikka tuotteen käyttö jäisikin pieneksi. (Ternola 2022.)

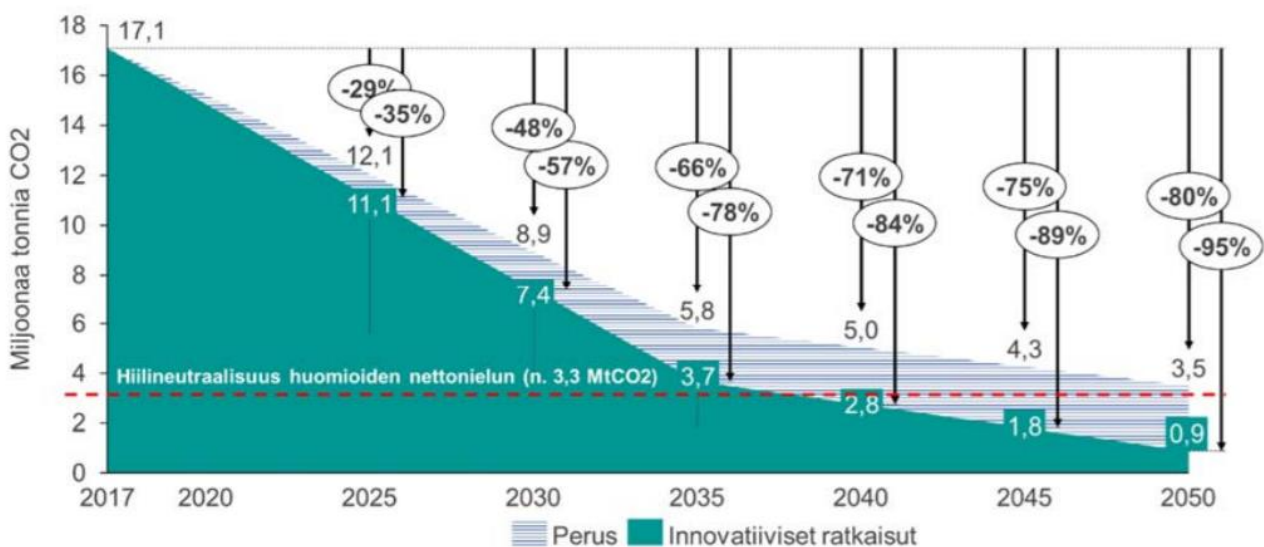
Toisaalta aikatauluihin ei aina voida puuttua kireän yleisaikataulun vuoksi. Ympäristön tuomiin haasteisiin ei voida ennalta puuttua, sekä projektit sisältävät aina erilaisia riskitekijöitä. Riskejä pyritään minimoimaan huolellisella etukäteissuunnittelulla. Oleellista on pyrkiä keskittämään työvoimaa tarpeen tullen niille työn saroille, missä työvoimaa tarvitaan. Työmatkaliikkuminen on yksi tekijä, mikä on muuttunut rakentamistottumusten mukaan. Biopohjaisten polttoaineiden osuus työkoneissa sekä henkilöliikenteessä voisi olla tulevaisuudessa merkittävä hyöty ympäristökuormituksen kannalta. Nykyään kuljetaan entistä enemmän omilla autoilla työmaille, mikä lisää ympäristökulujen sekä kustannusten määrää. Työmaakohtainen tarkastelu ja niiden jälkilaskenta voisivat tarkentaa tietoisuutta niihin kohdistuvista kustannuksista ja ympäristökuormista. Joka tapauksessa ympäristöasioiden lisäksi oleellista on työntekijäläheisyys ja työturvallisuus. (Ajalin 2022.)

Suurin osa rakennusalan ympäristöpäästöistä muodostuu teräs- ja betoniteollisuudesta, joissa vähähiilisyys-kysymykset ovat olleet esillä jo pitkään. Suurimpiin päästötuottajiin keskittyminen on ensisijaisesti paras tapa vaikuttaa lopputulokseen tuntuvasti. Yrityksen taloudellinen kapasiteetti ja muuttuvat markkinahinnat tuottavat oman vaikeutensa tässä ympäristötehokkaan rakentamisen yhteydessä. Oleellista olisi tuottaa markkinatehokkaasti ympäristöystävällisiä tuotteita ja ratkaisuja, missä teknologian kehittyminen ja uudet innovaatiot ovat ensisijaisessa roolissa. Vähähiilisten ratkaisujen haasteita kuvataan Raivion tekstissä olevan rakennusosalalla kannattavuusriskien lisäksi alan hidas uudistuminen ja kommunikaatio-ongelmat. Lainsäädäntö tuo vähähiiliseen rakentamiseen omat ongelmansa. (Raivio 2020, 20–21.)

Ympäristökuormien vähentämiseen kehitetään jatkuvasti keinoja tuote-, materiaali- ja toimintakehityksen saralla. Näihin eri toimijat ovat keskittyneet erilaisin toiminta- ja suhtautumistavoin, jotka muuttuvat aikakausittain. Ympäristökuormia voidaan pyrkiä konkreettisesti vähentämään, tai keskittyä kompensoimaan niitä prosessin eri vaiheissa. (Rakennusteollisuus 2020, 1–2.) Valittiin päätöshallinnankeinoiksi päästövähennykset tai niiden kompensatiot, tavoite on Euroopassa ja Suomessa selkeä. Hallituksen ilmastotavoite hiilineutraalisuuteen vuoteen 2035 mennessä on kriittisesti kiinni rakentamisen ympäristöhallinnasta ja sen ohjauksesta. (Ympäristöministeriö 2022.)

Tuotekehittelyn ja uusien innovaatioiden hyödyntäminen tulevat lähiaikoina vähentämään rakennusliikkeiden hiilijalanjälkeä. Innovaatoratkaisut vaativat pitkäjänteistä työtä, mutta ovat ajankoh-  
taisia etenkin työmaasähköistyksen liittyviltä osin. (Tähkänen & Tähtinen 2022, 32.) Innovaatorat-  
kaisujen suosion voisi kuvitella nousevan entisestään. Mahdollisesti ratkaisujen hinnoittelulla ja  
tarjonnan määrällä voisi lisätä niiden käyttöä. Viime aikoina tartuntataudit ja sodan käynti ovat  
mahdollisesti vaikuttaneet tuotekehittelyyn negatiivisesti niin Suomessa, kuin maailmanlaajuisesti.

Hiilineutraalisuustavoitteeseen pääseminen vaatii määrätietoista toimintaa rakentamisen kaikilta  
osapuolilta. Uudistuvan maankäyttö- ja rakennuslain avulla valtio yrittää puuttua rakentamisen  
ympäristösäätelyyn entistä tehokkaammin. Elinkaariajattelua hyödyntäen voidaan päästä suotui-  
siin lopputuloksiin päästöjen vähentämiseksi. Esimerkiksi kaavoituksella ja asuntojen sijoittelulla  
on merkittävä rooli rakentamisen, mutta myös käytönaikaiseen päästöjen määrään sekä toimin-  
nallisuuteen. Voidaan olettaa, että innovaatoratkaisuilla tulee olemaan jatkossa oleellinen merki-  
tys rakennusalan hiilidioksidipäästöihin ja näin ollen alan kehittymiseen vastuullisena toimialana.  
(Rakennusteollisuus 2020, 1–4.) Kuviossa 10 esitetään rakennusalan hiilijalanjäljen kehityksen  
vaihtoehtoja.



Kuvio 10. Rakennusalan hiilijalanjäljen kehittyminen 2017–2050 perus- ja innovaatoratkaisuilla (Rakennusteollisuus 2022, 3).

Maailman poliittinen tilanne ja energiakriisin tuomat haasteet oletetaan tuovan muutoksia ympäristöpäästöjen määrään. Suomessa hetkellisesti jo lakkautettu kivihiilen käyttö otettiin venäjän sodan vuoksi uudelleen käyttöön. Tämän vaikutus varsinaisiin tilastotuloksiin selviää vasta seuraavien vuosien aikana. Maailmanpoliittinen tilanne ohjaa talouden ja niin myös rakentamisen suuntaa. Tartuntatautien sekä poikkeusolojen vuoksi on koettu merkittäviä muutoksia rakentamisen saralla. Niiden vaikutus kuitenkin ei ole ainoastaan negatiivinen. Sodan tuoma epävarmuus on saanut aikaan muutosta kohti vihreämpää rakentamista. (Leveelahti 2022.)

Rakennusteollisuuden merkittävimpien ympäristöpäästötuottajien valmistusprosessien odotetaan muuttuvan suotuisasti lähitulevaisuudessa (Raivio 2020, 26). Yritysten ympäristöpäästöjen hallinnassa oleellista on tiedostaa päästöjen määrä, niiden aiheuttajat ja kuinka niihin voidaan järjestelmällisesti puuttua. Tämä vaatii tavoitteellisuutta kehittyä ympäristötoimijana ja mahdollisesti kannustimia tai ohjaukeinoja päästöjen hallintaan.

Maan- ja infrarakentamisen osalta päästövähennysten oleellisena keinona voidaan pitää logistiikan tehostamisessa. Päästövähennyksiin päästäisiin, mikäli urakoitsijat kykenisivät hyödyntämään alueellisia kiviainesvarantoja, tai lisäämään uusio- ja kierrätysmateriaalien osuutta kokonaismäärästä. Itse rakennushankkeessa vertaillen keskenään vastaavien rakennustuotteiden vaikutusta ympäristökuormiin, arvioidaan niissä olevan kyse ainoastaan promille-eroista. Ympäristöpäästöjen muodostumisen suhteen voidaan pitää suunnitteluvaiheessa huomioitujen ratkaisujen olevan vaikutukseltaan jopa 90 prosenttia lopullisen päästömuodostuksen määrästä. Loppu muodostuu urakoitsijan ja työmaatoimien omien valintojen ja rakentamistottumusten mukaisesti. Näin ollen rakennuttajilla ja tilaajilla on suuri vaikutus päästöihin hankkeiden elinkaaren eri vaiheissa. (Rakennusteollisuus 2022, 2–4.)

Rakennusteollisuuden merkittävimpien ympäristöpäästö tuottajien valmistusprosessien kaavillaan muuttuvan lupaavalla tavalla lähitulevaisuudessa. Sementin valmistuksessa käytettävä CCS-teknologia ja teräksen tuotantoprosessissa hyödynnettävällä vetypelkistysteknologialla voidaan saada merkittäviä muutoksia ympäristöpäästöihin. Toisaalta kustannuksien ennustetaan lisääntyvän 20–115 prosenttia tämänhetkisestä. (Raivio 2020, 26.) Hiilidioksidin talteenotto, siirto, paineistaminen ja varastointi sen tuotantovaiheessa on otettu käyttöön ja pilottihankkeita on odotettavissa lähiaikoina. Varastointia voidaan toteuttaa väliaikaisesti tai pysyvinä geologisina

toteutustapoina sekä hiilidioksidin sitomisella mineraaleihin. Itsessään hiilidioksidin hyödyntäminen raaka-aineena on vielä tehoton tapa ilmakehän hiilidioksidimäärän vähentämiseksi. (Leveelahti 2022.) Teräksen uusiokäyttö ja niin ollen romumetallin käyttö vähentää merkittävästi sen ympäristökuormaa. Romumetallin käyttö on etenkin pohjoismaissa hyvässä vauhdissa. (Mattila 2014, 119.)

Työmaan sähköistyksen kannalta voidaan pohtia ratkaisuja esimerkiksi sähkönkulutusta säästäviin aikakytkimiin. Kohdeorganisaation sähkösovimukset on tehty hyödyntäen uusiutuvan energian muotoja. Näin voidaan olettaa, ettei merkittäviä vähennyksiä ympäristökuormista ole saavutettavissa sähkönkulutuksen osalta. Yrityksen toimi- ja varastotilojen hallinta- ja käyttökulujen suhteen ympäristöpäästöjen koetaan olevan varsin maltilliset. Toisinaan kaluston pesun sekä pihaympäristöön varastoimisen koetaan olevan epäsuotuisaa yritystoimintaa.

Päästöjen vähentämiseksi tulisi ensisijaisesti keskustella toimijoiden kanssa, kuinka ympäristöpäästöihin olisi mahdollista vaikuttaa entistäkin enemmän. Kun tavoitteena on vähentää yrityksen ympäristökuormaa, ongelmaksi voi muodostua korkeat kustannukset. Toisaalta urakoitsija voisi pyrkiä keskustelemaan kustannusjakamaa ympäristöystävällisemmän valinnan käytöstä tilaajan kanssa. Pohtiessa esimerkiksi betonointia, sementin ja massalaadun valinnoilla voidaan vaikuttaa sen ympäristörasitukseen, korroosiokestävyyteen ja näin ollen elinkaareen. Betonitehtaan, urakoitsijan ja tilaajan olisi mahdollista sopia paikallisesti pienistä muutoksista, tinkimättä laadukkaan rakentamisen toimintatavoista. Mikäli muutokset lisäävät merkittävästi kustannuksia, olisi niiden jakaminen yhteisesti perusteltua.

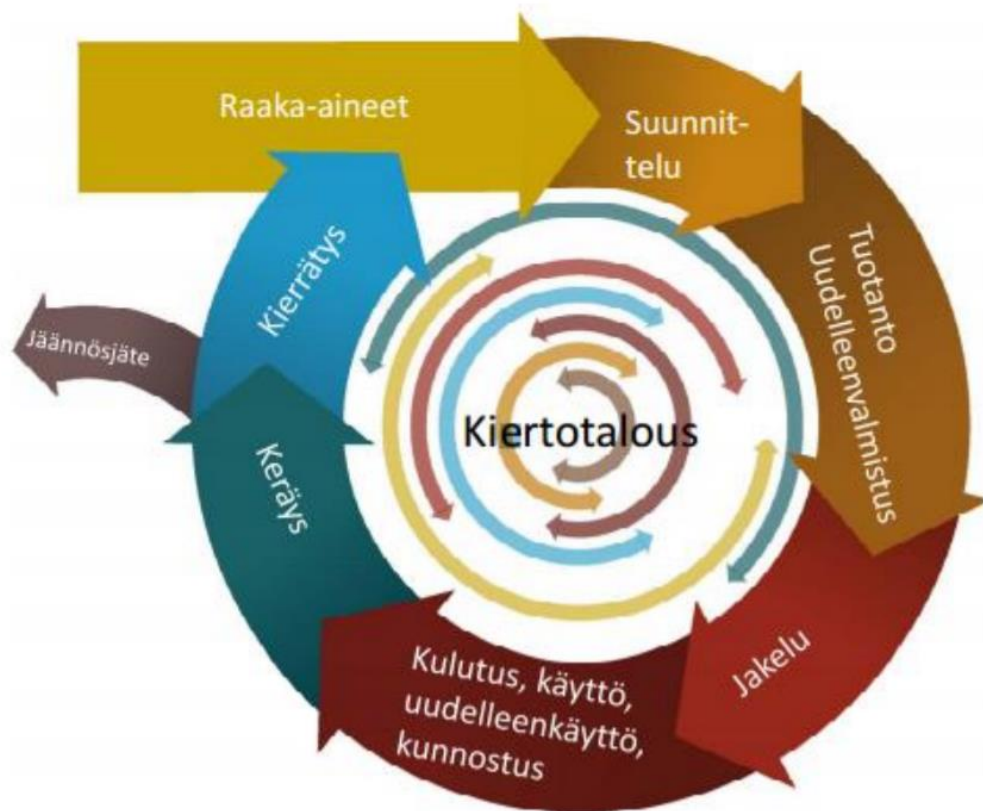
## 5 Ympäristötoiminnan kehittäminen

Rakentamisen suunnittelu- ja toteutusvaiheilla ovat selkeät vaikutukset ympäristöön. Ympäristöön kohdentuvien päästöjen määrät muodostuvat ympäristötoiminnan ja -johtamisen mukaisesti organisaatioittain. Ympäristöjohtamiseen on keskitytty viime vuosina entistä enemmän, tukien luonnonvarojen säästöä ympäristötehokkailla ratkaisulla. Muun muassa edistyneillä tuotannon prosesseilla ja tuotekehittelyllä saavutetut ympäristöhyödyt ovat avainasemassa luonnonvarojen käytön vähentämisessä. Ympäristötoiminnan kehittämisessä organisaation on tunnistettava nämä tekijät, jotta ne voidaan huomioida käytännön toteutuksessa.

### 5.1 Ympäristöjohtaminen

Ympäristöjohtaminen tarkoittaa toiminnan hallintaa ympäristön suojelemiseksi yrityksen tai yhteisön kaikessa toiminnassa ja päätöksenteossa. Laadukas ympäristöjohtaminen edistää toiminnan ekotehokkuutta sekä vähentää palveluiden ja tuotteiden ympäristökuormia niiden koko elinkaaren ajalta. (Ympäristöministeriö 2022.) Ympäristöjohtamisella varmistetaan ympäristöön vaikuttavien asioiden ja toimintojen tavoitteellinen ja suunnitelmallinen toteuttaminen. Kokonaisvaltainen ympäristöjohtaminen ei keskity ainoastaan ympäristöön, vaan myös ihmisten johtamiseen. Sen vuoksi on tärkeää ymmärtää organisaation toiminnan ympäristövaikutukset. Omalla toiminnallaan yritykset voivat vaikuttaa, vähentää ja ehkäistä ympäristökuormiaan. (Halsas 2020).

Kiertotalous on merkittävä osatekijä ympäristöjohtamisessa. Kiertotalouden perimmäinen tavoite on poistaa jätevirtoja ohjaamalla ne uusiokäyttöön kiertotalouden loppuun käytön sijasta. Kiertotalous on oikein suunniteltuna uusiutuvaa toimintaa. Luonnonvarat uudelleen käytetään ja lopulta palautetaan biosfääriin kuvion 11 mukaisesti. Luonnonvaroja pyritään liikuttamaan tuotannon ja käytön välillä mahdollisimman pienillä laadun sekä määrän menetyksillä. Jätteen käsittelyllä sekä toiminnan valvomisella tehokas toteuttaminen on mahdollista. Kiertotalous on globaali toimintamalli, mutta sen toimintaa voidaan paikallisesti tehostaa. Tuotteen kiertotaloutta voidaan tehostaa läheltä saatavia materiaaleja hyödyntäen ilman suurta logistiikkaa. Näin pienennetään myös logistiset kustannukset. (Koponen 2016, 10–12.)



Kuvio 11. Kiertotalouden periaate (Euroopan komissio 2014).

Euroopan komission tiedonannon (2020) mukaan rakennusalalla materiaalitehokkuutta lisäämällä ympäristökuormitusta voitaisiin vähentää jopa 80 prosenttia. Rakennetulla ympäristöllä on merkittävät vaikutukset talouden eri aloihin, paikallisiin työpaikkoihin sekä elämänlaatuun. Rakennusala vaatii valtavia määriä resursseja ja kuluttaa lähes 50 prosenttia kaikesta käyttöönotetusta materiaalista globaalisti. Rakennusala tuottaa yli kolmanneksen EU:n kaikesta jätteestä. (Euroopan Komissio 2020, 11.)

Deloitten (2018, 10) mukaan Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen riittävyys sekä teknologian kehitys ovat kiertotalouden globaaleja ajureita. Kierrätettävyyteen ja luonnonvarojen käyttöön tulee keskittyä, jotta maapallolla elinolot pysyvät siedettävänä. Suomessa taas oleellisia ajureita ovat kiertotalouden markkinointi ja uudet toimijat. Palveluiden tarjoaminen ja kiertotalouden kannattavuus lisäävät niiden kysyntää sekä tilaa tekniikan aloilla. (Deloitte 2018, 10).

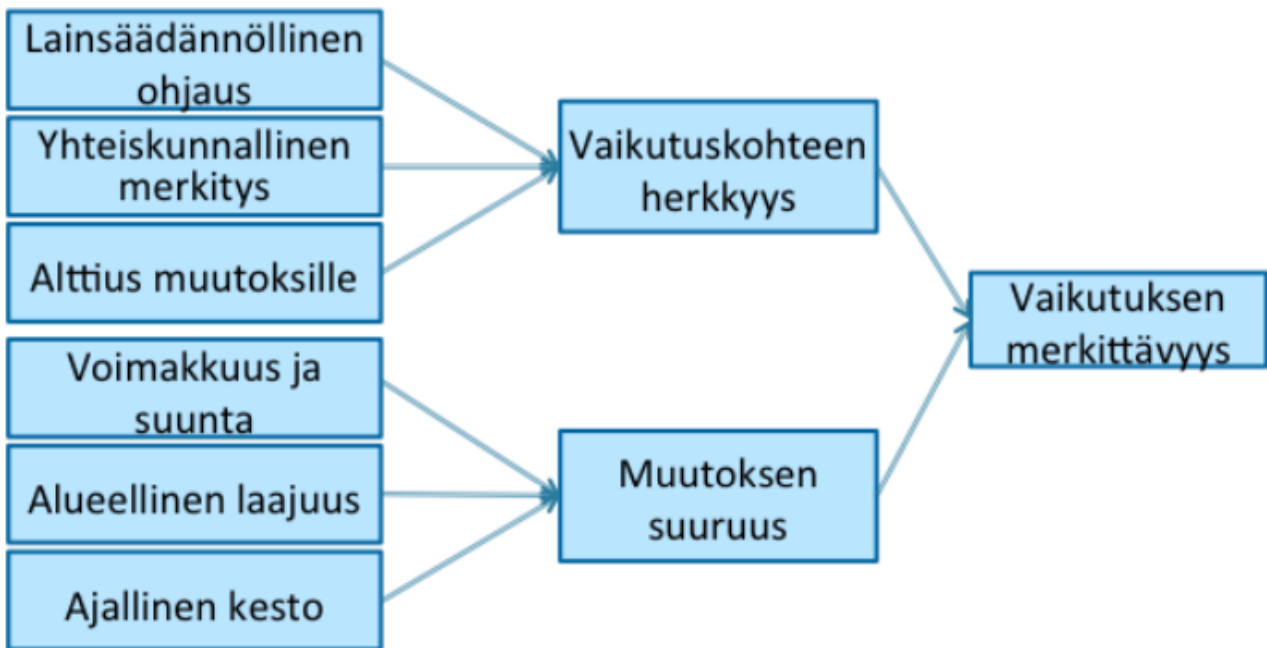


Resurssitehokkuudella tarkoitetaan luonnonvarojen kestäväää käyttöä mahdollisimman pienellä vaikutuksella ympäristöön. Resurssitehokkuus on yksi kiertotalouden osa-alueista. Resurssihin voidaan laskea luonnonvarat, materiaalit ja laajimmillaan myös ilma, vesi, maa ja maaperä. Resurssitehokkuudessa hyödynnetään luonnonvaroja mahdollisimman tehokkaasti alusta loppuun asti. Resurssitehokkuuteen voidaan vaikuttaa tuotannon optimoimisella hävikin ja jätteen määrää vähentämällä. Resurssitehokkuuden tavoite on päästä kokonaan eroon jätteestä muuttamalla se hyödykkeeksi kierrättämällä. (Koponen 2016. 12–13.)

Rakennusala on pääosin materiaalin loppukäyttäjä. Korjausrakentamisen saralla resurssitehokkuuteen lisätään entistä enemmän merkitystä. Korjausrakennuskohteet tuottavat myös eniten jätettä, jolloin tehokas jätehuolto on olennaista. Tehokkaalla jätehuollolla voi vähentää myös rakennustyömaan jätekustannuksia jopa 40 prosenttia. Uudisrakentamisessa materiaalien uusiokäyttö on myös lisääntynyt. (Koponen 2016. 13–14.) Jätelaki velvoittaa, että kaikessa toiminnassa on huomioitava jätteiden määrän vähentäminen. Laki velvoittaa myös pitämään huolen siitä, ettei jätteistä aiheudu merkittävää haittaa terveydelle tai ympäristölle. (Hovilampi 2012, 2.)

Rakentamisessa kiertotalouden edistäminen on ollut vahvasti kasvavassa trendissä. Materiaalituotannosta muodostuvia ympäristöpäästöjä pyritään laskemaan mahdollisimman tehokkaasti. Rakentamisen merkittävimpien päästötuottajien eli betonin ja teräksen kiertotalous on huomioitu esimerkillisen hyvin. Betonin kierrätysasteen arvioidaan olevan noin 80 prosenttia ja teräksen vielä sitäkin korkeampi. (Leveelahti 2023.)

Ympäristöjohtamisen kehittämiseksi on luotu erilaisia aputyökaluja ja arviointimenetelmiä. Yritysten kesken kehityskohteet vaihtelevat, mutta muutokseen vaadittavia vaikutuksia voidaan arvioida samalla tavalla. Ikäheimo (2015, 4) kuvaa teoksessaan yksinkertaisen lähestymistavan arvioinnille. Ympäristövaikutusten arvioinnissa merkittävyys koostuu vaikutuskohteen herkkyydestä sekä muutoksen suuruudesta. Nämä herkkyystekijät muodostuvat osatekijöistään kuvion 12 mukaisesti.



Kuvio 12. Ympäristöjohtamisen merkittäviä osatekijöitä (Ikäheimo 2015, 4).

## 5.2 Ympäristötoiminnan eettisyys

Tarkasteltaessa opinnäytetyön etiikkaa, tulee huomioida tutkimuseettinen näkökulma. Tutkimuseetikassa keskitytään kohteen ja tutkimuksen sille aiheuttamien vaikutusten suojaamiseen. Kaikkiin tutkimuksiin vaikuttaa lopulta työn eettinen puoli ja kuinka ne on esitetty kehittämistyössä lukijalle. (Mustajoki & Kohonen 2021.) Tiedonhankinta on tutkimuksen yksi merkittävimmistä vaiheista. Esitetyn tiedon tulee olla luonteeltaan rehellistä ja muita tutkijoita kunnioittavaa. (Hyvä tieteellinen käytäntö 2021.) Teoksessaan Toikko & Rantanen (2009, 121) toteavat, että kehittämistoiminnassa hankitun tiedon tulee olla myös kohdeorganisaatiolle hyödyllistä.

Opinnäytetyön lähtökohtana on tilanne, jossa vastuullinen toimija haluaa kehittää omaa yritystoimintaansa ja vaikuttaa omalta osaltansa positiivisesti ympäristöön. Näin ollen lähtötilanne on konkreettisesti perusteltavissa ja aihe on globaalisti merkittävä. Tämä vastaa kehittämistoiminnan perimmäistä tarkoitusta, eli viedä tutkimuskohdetta tehokkaampaan tai parempaan suuntaan alkuilanteeseen verrattuna (Toikko & Rantanen 2009, 16). Yrityksen ollessa tutkimuksen kohde, tapaus ei suoraan kohdistu henkilöihin. Kohdeorganisaation toiminnan kannalta on välttämätöntä, että yritystiedot ovat tarkkaan varjeltuja, eikä niitä jaeta eteenpäin. Suojatakseen kohdeyritystä tutkimustuloksilta, joidenkin tietojen julkaisu on perusteltua salata ulkopuolisilta tahoilta. (JAMK

2022.) Simons (2009, 97–101) toteaa teoksessaan tutkimusten eettisten haasteiden tulevan pääosin julkaisu vaiheessa. Mahdollisten haasteiden ilmetessä pyritään ne ratkaisemaan noudattamalla hyvää tieteellistä käytäntöä (JAMK 2022).

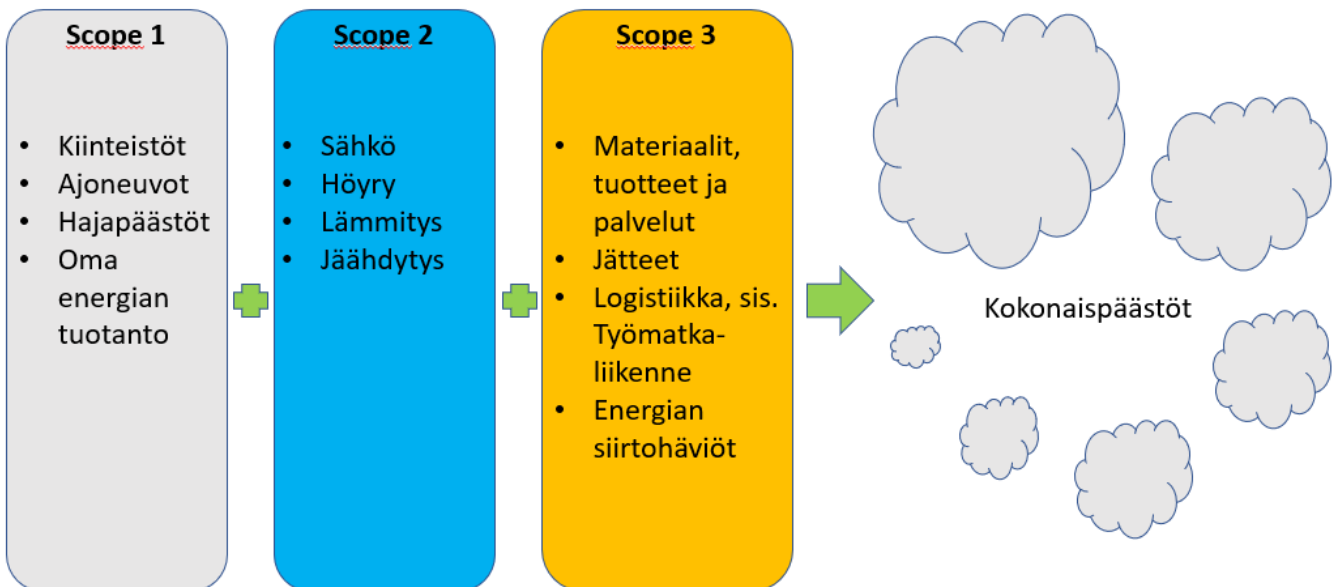
Ympäristökuormista puhuminen on nykyään yleistä ja aiheuttaa tutkimusasetelmaan haasteita aiheen arkaluonteisuuden vuoksi. Tutkimusintressit ja tavoitteet liittyvät kohdeorganisaation halukkuuteen pyrkiä vaikuttamaan omaan toimintaansa ympäristöystävällisempänä toimijana. Tämä tuo tutkimukselle myös eettistä arvoa ympäristökysymysten äärellä. Oman toiminnan kehittämisen vuoksi on tarkoitus ylläpitää seuranta ympäristökuormista. Näin saadaan selville, mihin suuntaan kohdeorganisaation ympäristökuormat kehittyvät ja tulevatko ne saavuttamaan niille asetetut tavoitteet.

## 6 Tulokset

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöt ja niiden jakautuminen vuosilta 2021 ja 2022 on esitetty resurssityypeittäin. Vuosien keskiarvon mukaan määriteltiin vertailutaso tulevaisuuden päästövähennyksiin sekä tavoitteiden asettamiseen. Ympäristöpäästöt on laskettu Greenhouse Gas -protokollan päästoluokituksilla Scopessa 1,2 ja 3. Tämä edistää päästövertailua organisaation työn eri vaiheissa. Opinnäytetyön päästölaskennassa on huomioitu kohdeorganisaation merkittävimmät päästöaiheuttajat.

### 6.1 Ympäristöpäästöjen laskenta

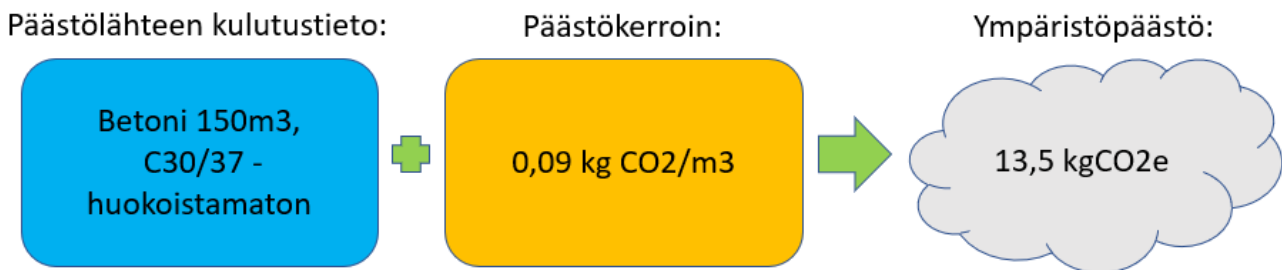
Yritysten ja organisaatioiden tehokkain tapa vaikuttaa ilmastokriisiin on vähentää ympäristöpäästöjään. Ympäristöpäästöjen laskenta on ensimmäinen askel selvittäessä kohdeorganisaation ympäristöpäästöjä ja pyrkiessä vaikuttamaan niihin. Ympäristöpäästöjen laskemisen tueksi on kehitetty Greenhouse Gas Protocol -standardi, jossa päästöt eritellään sen kolmeen eri luokkaan. Tämä helpottaa organisaatioita jäsentämään omat päästönsä. (Kuiri 2022.) Kuviossa 13 on esitetty päästöjen muodostuminen päästoluokittain.



Kuvio 13. Ympäristöpäästöjen muodostuminen päästoluokittain. Mukailtu (Greenhouse Gas protocol 2023).

Scope 1 muodostuu suorista päästöistä, jossa huomioidaan organisaation hallinnoimat kiinteistöt, ajoneuvot, hajapäästöt sekä oma energiantuotanto. Scope 2 on organisaation ostoenergiasta kohdistuvaa epäsuoraa päästöä, jotka muodostuvat muun muassa kiinteistöjen lämmityksestä ja jäähdytyksestä. Scope 3 sisältää kahden aiemman ulkopuolella muodostuvat epäsuorat päästöt. Näitä ovat muun muassa materiaalit, tuotteet, palvelut, jätteet, logistiikkaan sekä energian siirtoon liittyvät tekijät. (Kuiri 2022.)

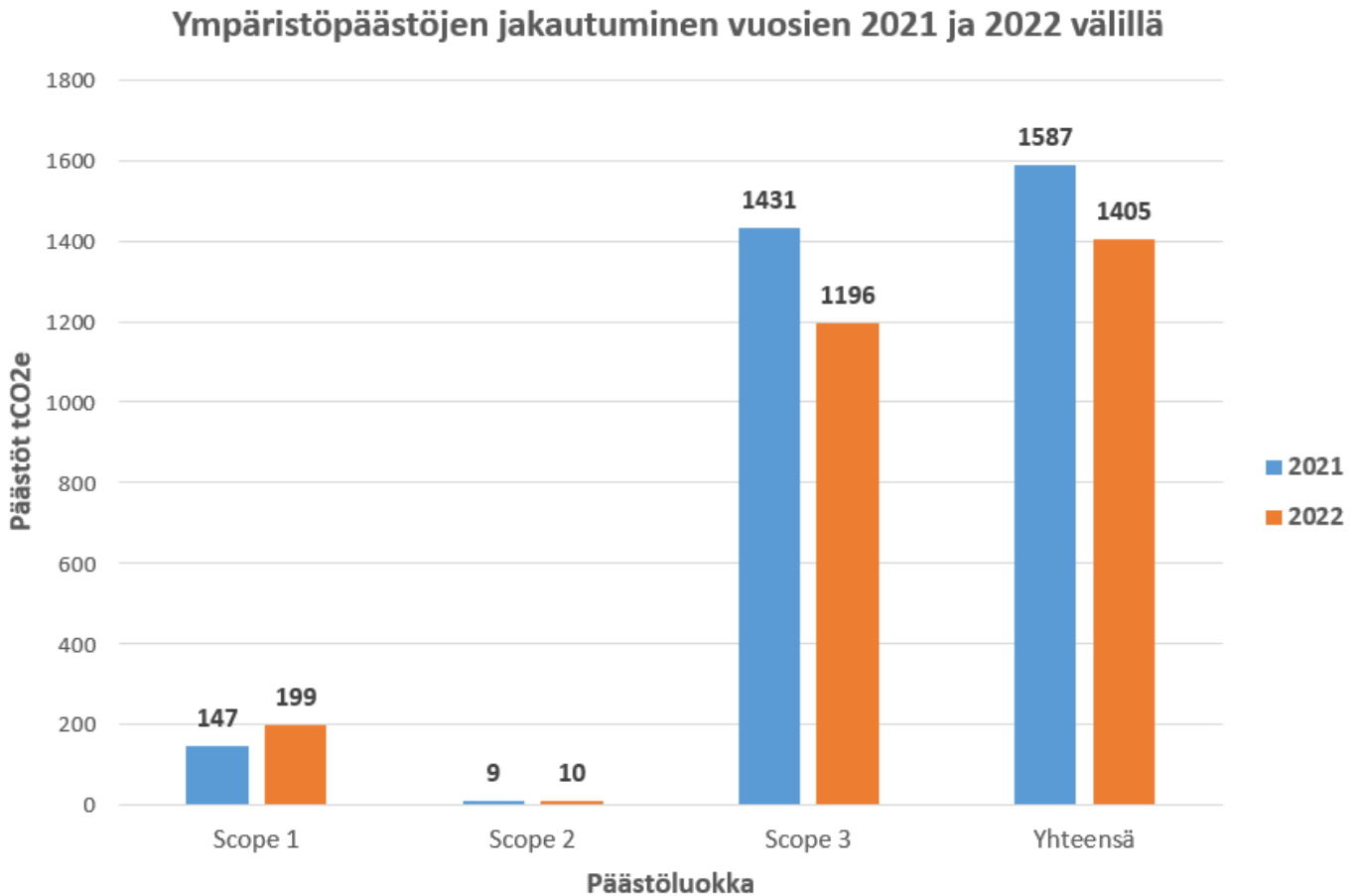
Päästölaskenta tehdään päästölähteille eriteltyinä. Lopuksi ne yhdistetään päästöluokittain. Lopputulos ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina kiloina- tai tonneina/CO<sub>2</sub>e. Kuviossa 14 esitetään valmisbetonista muodostuvat ympäristöpäästöt. Esimerkilaskelmassa lähtöarvoina käytetään 150 kuutiometriä ja päästölähteen kulutustiedoksi valittiin ei huokoistettu valmisbetoni, lujuusluokaltaan C30/37. Tälle saadaan CO<sub>2</sub>data palvelusta päästökerroin 0,09 kgCO<sub>2</sub>e. Samaa päästökerrointa käytettiin opinnäytetyössä kaiken valmisbetonin ympäristöpäästöjen laskennassa.



Kuvio 14. Päästölaskennan esimerkki valmisbetonilla.

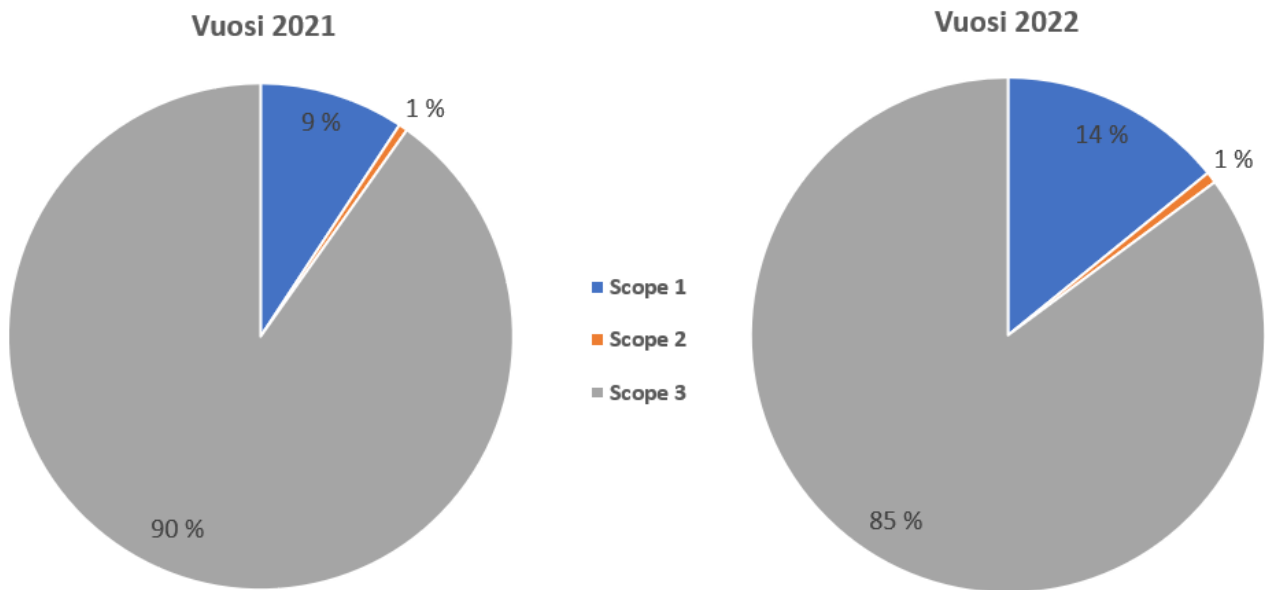
## 6.2 Ympäristöpäästöjen jakautuminen päästöluokittain

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöjen jakautumisen selvittäminen luosille vertailupohjaa ympäristöhallinnan kehittämiseksi sekä päästövähennyspoluille. Päästöluokien keskinäinen vertailu auttaa organisaatiota toimintansa selventämisessä. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöt ja niiden jakautuminen päästöluokittain vuosina 2021 ja 2022 esitetään kuviossa 15.



Kuvio 15. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen jakautuminen päästöluokittain vuosina 2021 ja 2022.

Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen absoluuttiset määrät ovat korkeammat vuonna 2021 kuin 2022. Tämä johtuu päästöluokan kolme epäsuorista päästöistä, joita ovat muun muassa materiaa-  
livirrat sekä logistiset tekijät. Vuoden 2021 yhteispäästöt ovat 13 prosenttia sekä päästöluokan kolme päästöt 20 prosenttia vuoden 2022 arvoja suuremmat. Vertailuvuosien päästöjen erot eivät kuitenkaan nouse odottamattoman suuriksi. Opinnäytetyön tutkimusodotuksena pidettiin tutkittavien vuosien eroavan toisistaan. Ensimmäisen päästöluokan eroavaisuus taas koettiin lievänä yllätyksenä, jossa vuoden 2021 luku on 26 prosenttia vuotta 2022 pienempi. Päästöluokassa kaksi ei ollut merkittäviä muutoksia vuosien välillä. Kuviossa 16 esitellään kohdeorganisaation päästöluokien prosentuaalinen jakautuminen tutkimusvuosille.

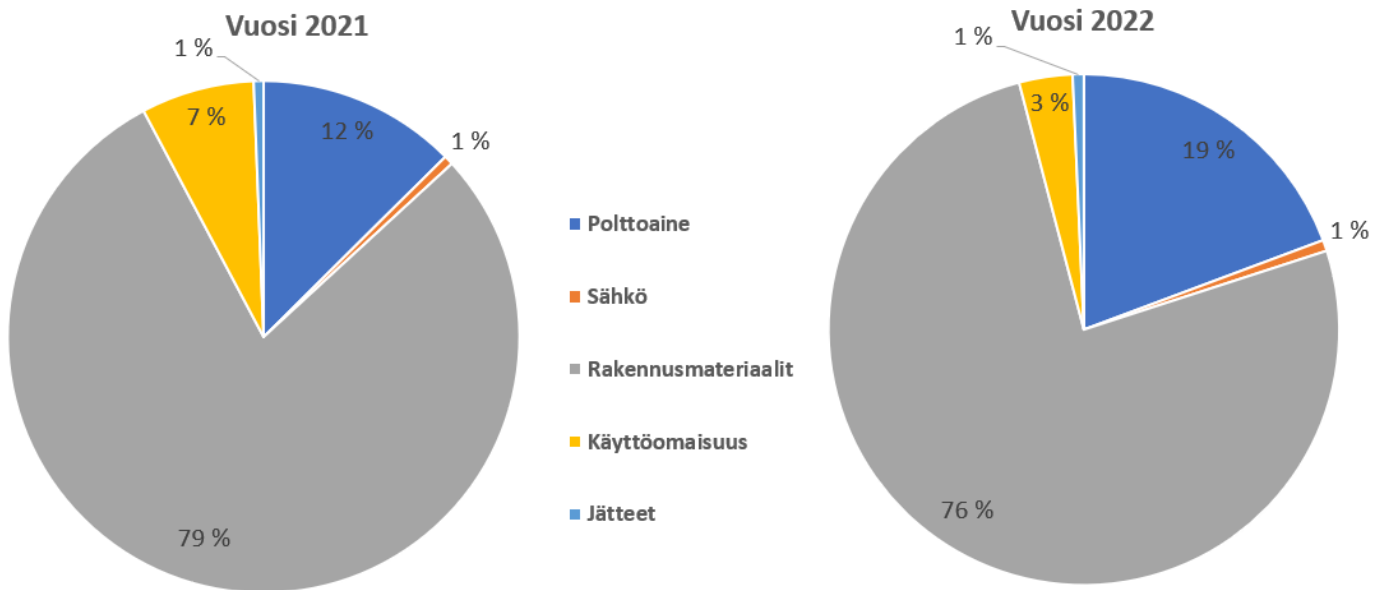


Kuvio16. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen jakautuminen päästölukittain vuosina 2021 ja 2022.

Merkittävimmät prosentuaaliset eroavaisuudet kohdeorganisaation ympäristöpäästöistä muodostuvat päästölukien yksi ja kolme välillä. Vuosien välisessä vertailussa merkittävimäksi yksittäiseksi tekijäksi nousi polttoaineenkulutus. Polttoaineen ympäristövaikutuksia on sijoitettu päästölukkaan yksi suorina päästöinä ja päästölukka kolmeen epäsuorina päästöinä. Epäsuorat polttoainepäästöt muodostuvat sen tuotannon ja jakelun siirtohäviöistä sekä työmatkaliikennöistä. Polttoaineen kulutuksesta muodostuneet suorat päästöt olivat vuonna 2022 jopa 35 prosenttia aiempaa vuotta korkeammat. Tästä muodostuu yksinään 51,6 tCO<sub>2</sub>e ympäristöpäästöt. Lisätessä tähän päästölukan kolme sisäiset polttoaineen epäsuorat päästöt ja työmatkaliikenne, nousee sen osuus entistä korkeammaksi.

### 6.3 Ympäristöpäästöjen jakautuminen resurssityypeittäin

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöjen jakautuminen resurssityypeittäin vuosien 2021 ja 2022 osalta on esitetty kuviossa 17. Vuosien 2021 ja 2022 nähdään olevan jakautumaltaan pääpiirteittäin samankaltaisia. Vuosien kesken suurimmat eroavaisuudet löytyivät käyttöomaisuuden ja polttoaineen suhteellisista määristä.



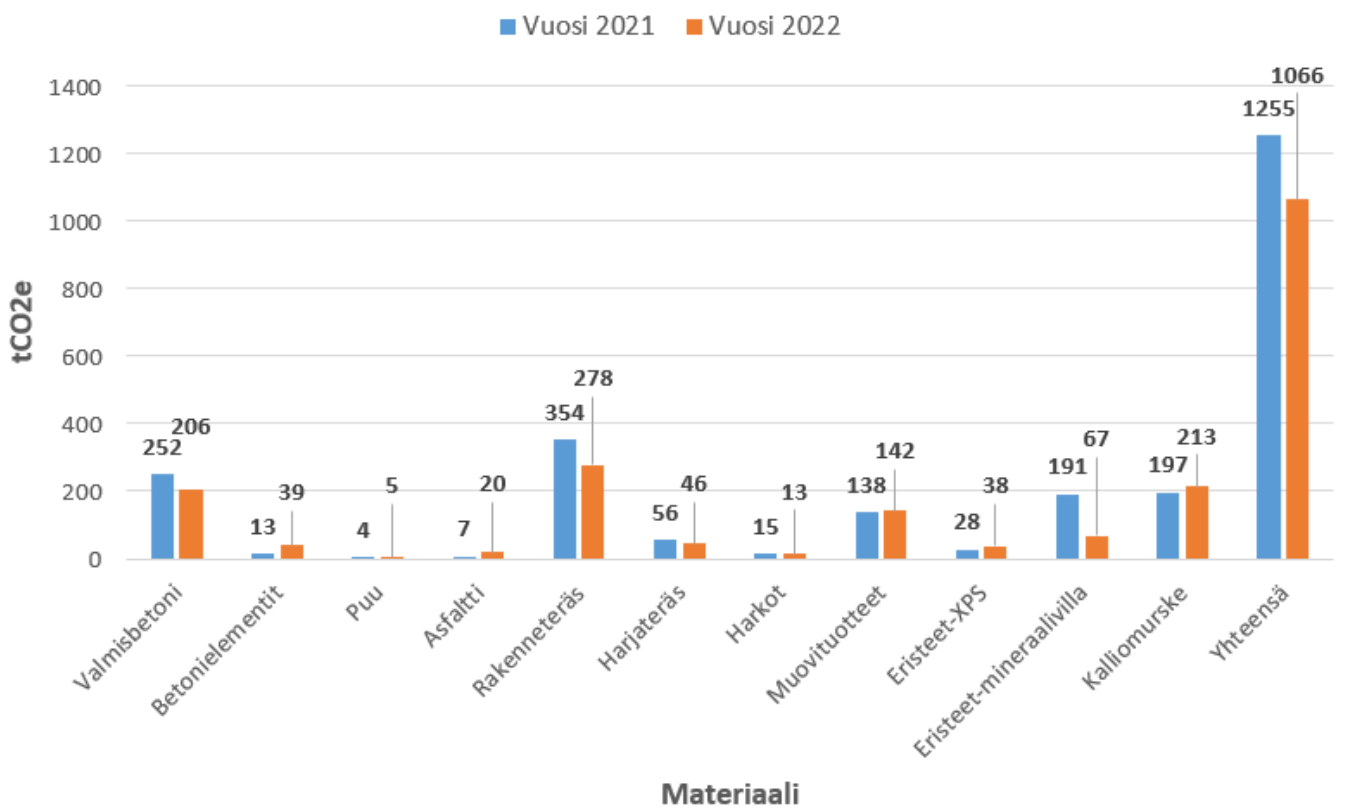
Kuvio 17. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen jakautuminen resurssityypeittäin vuosina 2021 ja 2022.

Rakennusmateriaalit kattoivat vuonna 2021 79 prosenttia ja vuonna 2022 76 prosenttia kaikista ympäristöpäästöistä. Toiseksi suurimmat ympäristöpäästöt muodostuivat polttoaineen käytöstä ja sen siirtohäviöistä. Kohdeorganisaation lopulliset ympäristöpäästöt polttoaineen osalta nousevat vuosina 2021 12,4 prosenttiin ja 2022 19,3 prosenttiin kaikista päästöistä. Näin ollen polttoaineesta muodostui vertailuvuosina keskiarvolta 15,7 prosenttia kaikista ympäristöpäästöistä. Käyttöomaisuus sisältää organisaation kalustohankinnan päästöt, mikä muodosti kolmanneksi suurimmat ympäristöpäästöt resurssityypeittäin.

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n hallinnoimien kiinteistöjen ja työmaan sosiaaltilojen sähkötöiden määrä oli vuosina 2021 105,8 MWh/a ja 2022 109,9 MWh/a. Käytössä olleet sähkösopimukset sisälsivät keskimäärin 10 prosenttia uusiutuvaa, 42 prosenttia fossiilisia ja 48 prosenttia ydinvoimalla tuotettua energiaa. Näin ollen kohdeorganisaatiolle sähkön käytöstä muodostui 0,6 ja 0,7 prosentin vuotuiset ympäristöpäästöt. Jätteet kattoivat yrityksen kokonaispäästöistä noin prosentin. Ympäristöpäästöjen kannalta suurimmaksi jätelajiksi nousi rakennusjäte. Kohdeorganisaation käyttämät rakennusmateriaalit on jaoteltu kohdevuosille kuviossa 18.



## Rakennusmateriaalien päästöjakauma vuosina 2021 ja 2022

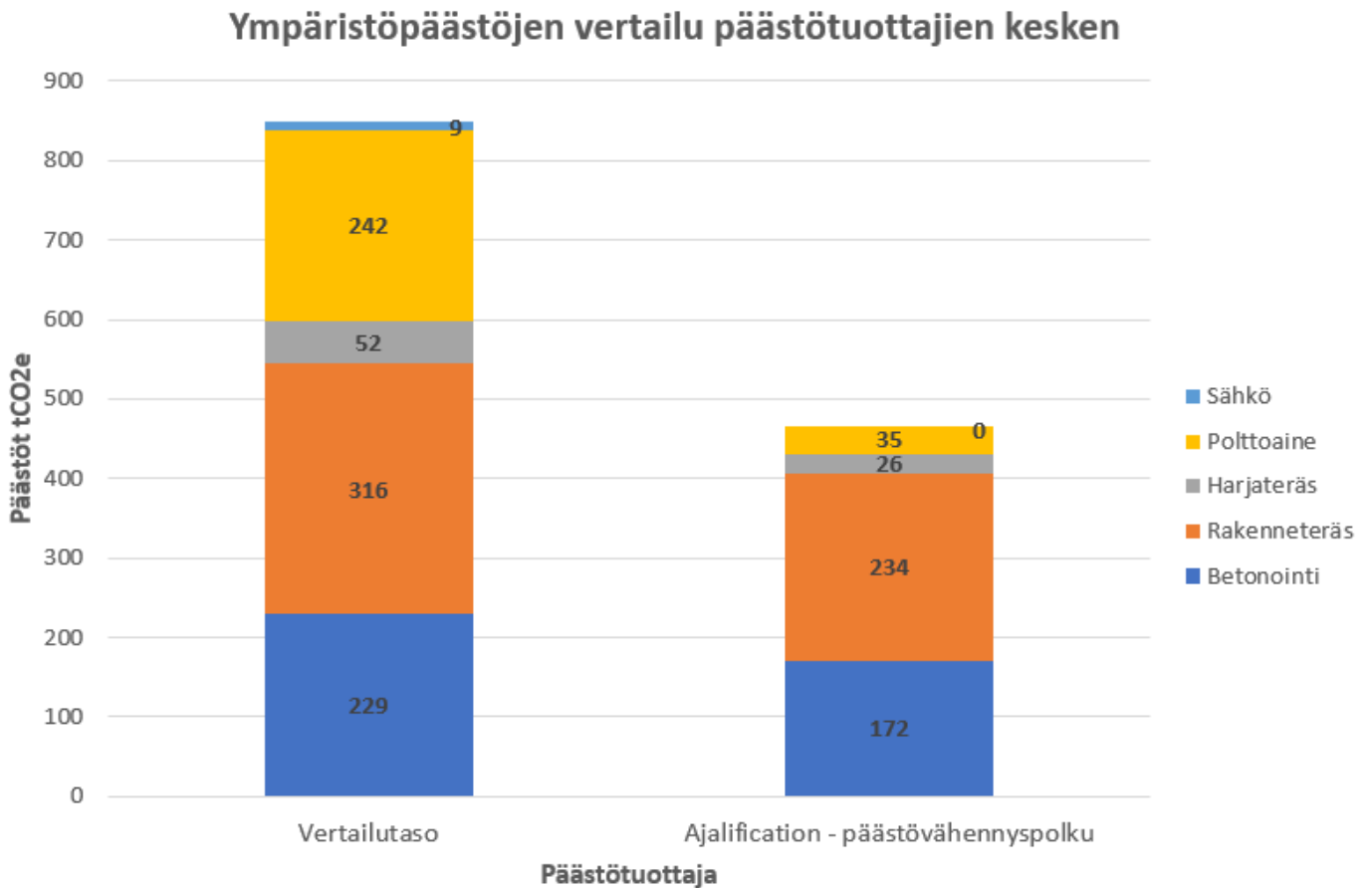


Kuvio18. Kohdeorganisaation käyttämien rakennusmateriaalien ympäristöpäästöt vuosilta 2021 ja 2022.

Vuoden 2021 rakennusmateriaalit muodostivat 18 prosenttia vuotta 2022 suuremmat ympäristöpäästöt. Tutkittavien vuosien keskiarvona merkittävimiksi päästöaiheuttajiksi nousevat rakenneteräs 27,2 prosentilla, valmisbetoni 19,7 prosentilla ja täyttötöihin tarkoitettu murskattu kiviaines 17,7 prosentilla. Tulokset noudattavat rakennusalalle tyypillistä kaavaa, jossa teräksen ja betonin saralla muodostuvat merkittävimmät ympäristöpäästöt. Kalliomurskeen osuus ympäristöpäästöistä on merkittävä, mutta ymmärrettävä kohdeorganisaation toimintatapojen puitteissa. Erityisesti infrahankkeiden osalta kiviainemenekki nousee suureen rooliin hankkeen kokonaispäästöistä.

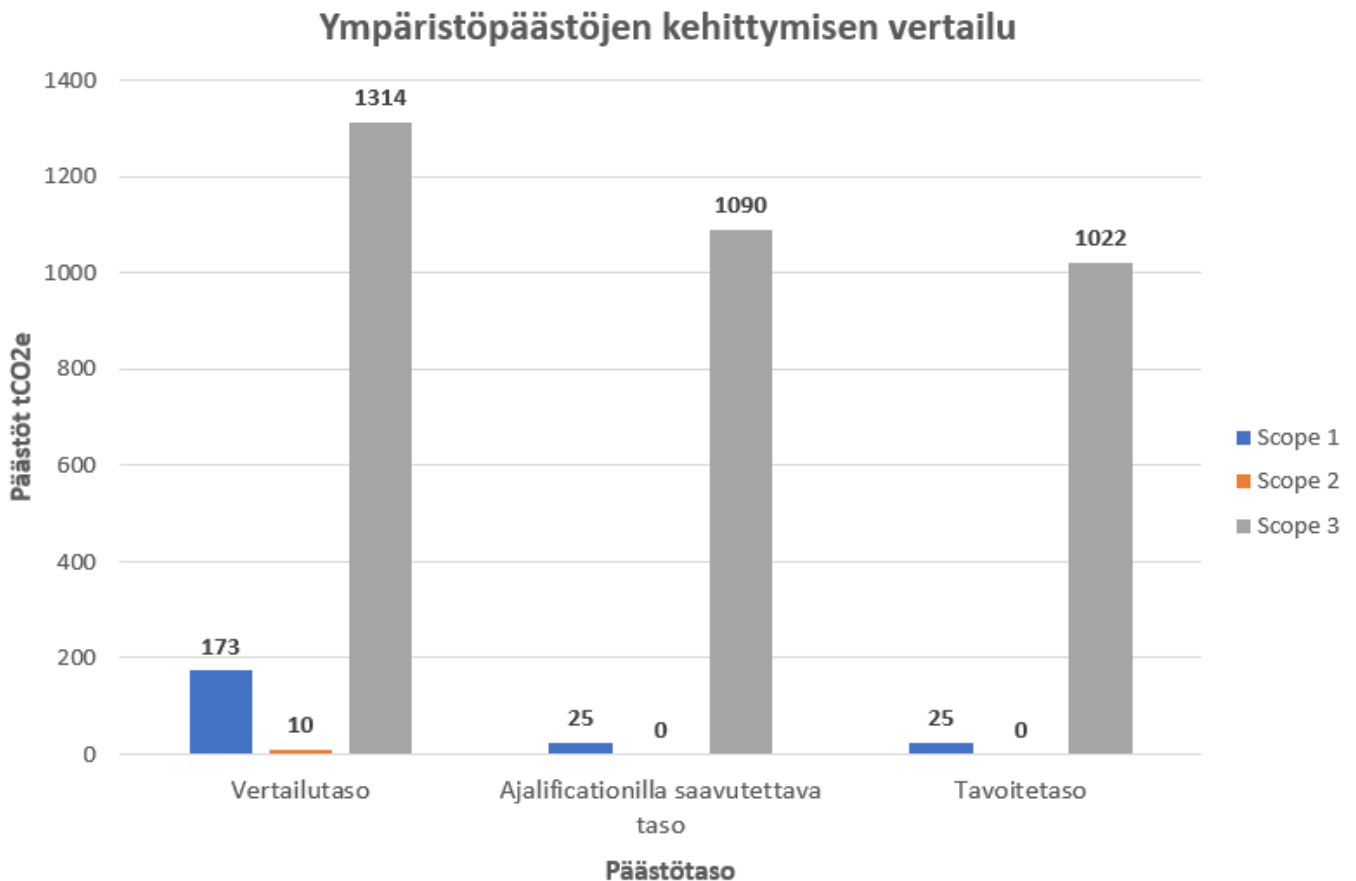
Kohdevuosien ympäristöpäästöjen suurimmat absoluuttiset erot muodostuivat mineraalipohjaisien eristeiden, rakenneteräksen ja valmisbetonin käytössä. Tämä selittyy työmaiden laajuudella sekä tyypillä. Suurimmat mineraalivillaeriste määrät keskittyivät kevytelementtisiin seinärakenteisiin, joiden käyttö kohdeorganisaatiolla oli merkittävästi pienempää vuonna 2022.

Tutkiessa kohdeorganisaatiolle soveltuvia päästövähennyskeinoja, tulee niitä etsiä organisaation sisäisistä tavoista sekä materiaalityönteollisuuden eri prosesseista. Organisaatiolla on omalla toiminnallaan helpointa vaikuttaa polttoaineen- ja sähkönkulutuksesta muodostuviin ympäristöpäästöihin. Biopolttoaineeseen siirtymisellä olisi yrityksellä mahdollista laskea polttoaineen vertailutasosta 89,3 prosenttia. Uusiutuvaa energiaa hyödyntävillä sähkösopimuksilla saataisiin laskettua sähköstä muodostuvat ympäristöpäästöt nolliin. Ympäristöpäästöjä tulee saada laskettua organisaation sisäisten toimien lisäksi teollisuuden prosesseista. Päästövähennykset ovat siis riippuvaisia organisaation käyttämien materiaalityöntekijöiden toimista. Vuoteen 2030 mennessä terästeollisuuden odotetaan tehostavan toimintaansa 26 prosentilla, betoniteollisuuden 25 prosentilla sekä betoniraudotteidentuotannon jopa 50 prosentilla vertailutasosta. Näillä kehityksillä saavutettaisiin kuvion 19 mukainen päästövähennyspolku nimeltä Ajalification.



Kuvio19. Ympäristöpäästöjen vertailu päästötuottajien kesken.

Päästövähennyspolku Ajalificationilla olisi saavutettavissa ympäristöpäästöjen lasku 25,5 prosentilla vertailutasoon, eli vuosien 2021 ja 2022 keskiarvoon nähden. Kuviossa 20 esitetään Scopeitain ympäristöpäästöjen määrät vertailutason, päästövähennyspolun ja tavoitetason mukaisesti. Kyseisellä päästövähennyspolulla ei saavuteta 30 prosentin päästövähennystavoitetta. Saavuttaakseen tavoitetason vuoteen 2030 mennessä, tulisi kohdeorganisaation löytää Ajalificationin lisäksi ympäristöpäästöjen säästöjä muista toimistansa.



Kuvio 20. Ympäristöpäästöjen kehittymisen vertailu.

Päästövähennyspolkua toteuttamalla kustannuserot muodostuvat raaka-aineiden ja tuotannon hinnoittelun kautta. Polttoainetottumuksia muuttamalla biopolttoaineeseen tulisi näillä näkymin olemaan suurin taloudellinen investointi. Biodieselin hinta on keskimäärin 16,6 prosenttia normaalia dieseliä kalliimpaa. (Klemola 2023, 1–2). Tästä kehittyisi vuosittain kustannuksia jopa sadan tuhannen euron verran.

## 7 Pohdinta

Tutkimuksen tulosten mukaan Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöt olivat vuonna 2021 13 prosenttia korkeammat vuoteen 2022 verrattuna. Tämä johtui päästöluokan kolme epäsuorien ympäristöpäästöjen määrästä, jotka olivat 20 prosenttia korkeammat vuonna 2021. Toisaalta vuoden 2021 päästöluokan yksi päästöt ovat 26 prosenttia vuotta 2022 pienemmät. Vuoden 2021 suuret teollisuusrakennushankkeet vastasivat suurimmista materiaaliveirroista ja näin ollen ympäristöpäästöistä.

Kohdeorganisaation tutkimusvuosien ympäristöpäästöt jakautuivat yhtenevästi sekä merkittävimmät päästötuottajat olivat vertailuvuosina samat. Tämän vuoksi koetaan, että tutkimusvuosien keskiarvoksi voidaan määritellä vertailutaso tulevaisuuden ympäristöpäästöjen osalta. Suurimmat ympäristöpäästöt muodostuivat rakennusmateriaaleista, jotka vastasivat 77,6 prosenttia kohdevuosien keskiarvosta. Rakennusmateriaalien jälkeen suurimmista ympäristöpäästöistä vastasivat vuosien keskiarvolta polttoaineen käyttö 15,6 prosentilla sekä käyttöomaisuus 5,4 prosentilla.

Opinnäytetyön tulokset olivat keskenään linjassa tutkimusodotuksiin nähden. Kohdeorganisaation ympäristöpäästöjen määrä on suhteessa yrityksen toiminnan määrään, joka saattaa aiheuttaa vuosivertailussa tulospoikkeamaa. Tulosten vertailtavuus vastaavien samankaltaisten organisaatioiden kesken olisi voinut varmentaa tutkimuksen tuloksia. Yritystiedot ovat usein salattuja ja näin ollen niiden vertailtavuus on tällä hetkellä haasteellista. Joka tapauksessa tutkimus koetaan luotettavaksi ja se on toistettavissa.

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n tavoite on vähentää ympäristöpäästöjään vertailutasosta 30 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Tämä saavutettaisiin vähentämällä vuosittaisesta toiminnasta 449,1 tCO<sub>2</sub>e päästöjä. Päästövähennyksiä pyritään ensisijaisesti hakemaan materiaali- ja teknologian kehityksen avulla merkittävimmistä tuotannon prosesseista, biopolttoaineen ja uusien sähkösovimusten avulla. Toimivien innovaatiotekniikoiden käyttäminen nähdään myös tervetulleena päästövähennyskeinona.

Materiaali- ja teknologiakehityksen sekä uusien innovaatioiden toivotaan tuovan tulevaisuudessa merkittävää edistystä rakennusalan ympäristökuormien määrään. Näin ollen rakennusmateriaa-

lien ympäristöpäästöjä voitaisiin saada laskettua entistä enemmän. Eri materiaalien osalta tuotekehittelyt etenevät vaihtelevaa vauhtia. Merkittävimpien päästötuottajien osalta ollaan kuitenkin kovaa vauhtia menossa kohti vihreämpää tulevaisuutta. Betonointialalla ennustetaan 25 prosentin ympäristöpäästöjen vähenemistä vuoteen 2030 mennessä. (Leveelahti 2023). Vastaava lukema terästuotannolle on 26 prosenttia (SSAB 2021, 61) sekä harjateräkselle jopa 50 prosenttia (Celsa Nordic 2018, 8). Näillä tuotannonkehityksillä kohdeorganisaatiolla olisi saavutettavissa 11,0 prosentin ympäristösäästöt toiminnastaan muodostuvista kokonaispäästöistä.

Koneiden ja kuljetusten kannalta merkittävin asia olisi fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopolttoaineilla, tai muilla sähköä hyödyntävillä ratkaisuilla. Yrityksellä ei ole tällä hetkellä sähköajoneuvoja, jolloin siirtymä nähtäisiin hitaampana vaihtoehtona. Hyödyntämällä 100 prosentista biodieseliä, polttoaineen ympäristöpäästöjä saataisiin laskettua 89,3 prosenttia. Tällä menettelyllä polttoaineesta muodostuvat ympäristöpäästöt vähenisivät 13,8 prosenttia, kattaen enää 3,1 prosenttia organisaation kaikista ympäristöpäästöistä. Uusimalla sähkösovimukset täysin uusiutuviin energiaratkaisuihin, saataisiin 0,6 prosentin säästöt kokonaispäästöihin.

Pohtiessa kohdeorganisaation mahdollisuuksia laskea omia ympäristöpäästöjään vuoteen 2030 mennessä 30 prosenttia, on sen tukeuduttava kehittyviin ratkaisuihin ja vihreisiin materiaali- sekä polttoainevalintoihin. Päästövähennyspolku laskisi 25,5 prosenttia kohdeorganisaation ympäristön kokonaispäästöistä. Näin ollen pieniä kehityksiä tarvittaisiin vielä tuotannon prosessien sekä yrityksen polttoainekäytännön sekä uusiosähkön käyttöönoton jälkeen. Nämä puuttuvat prosentit voisi olla helpoiten saavutettavissa logistiikan tehostamisella, innovaatoratkaisuilla sekä vaikuttamalla tilaajiin ennen hankkeiden aloittamista.

Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n lähitulevaisuudessa tapahtuvia ympäristöpäästöjen vähennyksiä voisivat olla erinäiset innovaatoratkaisut, energiankeruu tai älykkäät ratkaisut. Näiden ratkaisujen ei tarvitsisi olla heti suuria, vaan liikkeelle voisi lähteä pienistä parannuksista. Näitä voisivat olla esimerkiksi energiaa säästävät ratkaisut hyödyntämällä uusiutuvia energiamuotoja, tai työmaa- ja sosiaalitulojen varustamista älykkäillä ratkaisuilla. Logistiikkaa olisi mahdollista tehostaa ryhmäkyytien muodossa, sillä koronapandemian aikaan sitä ei voitu suositella. Työmaiden keskitäminen ja ajojärjestelyn kehittämällä voisi olla myös logistiikkaa tehostava vaikutus. Maanraken-

nuskoneisiin asennettavilla 3D-laitteistoilla voitaisiin saavuttaa myös työn tuottavuutta ja näin olen ympäristösäästöjä. Kohdeorganisaation jätehuolto on tehokasta ja koetaan riittäväksi. Tämän vuoksi työmaiden jätehuollon tehostamisella ei koeta saavutettavan merkittäviä ympäristöpäästöjen säästöä.

Urakoitsijan osuutta rakentamisen suunnan näyttäjänä on kiistelty erinäisten taloudellisten ja laatuhaasteiden vuoksi. On tärkeää ymmärtää, että lopulta suuressa kuvassa itse rakentamisen ympäristöpäästöjä on karsittu jo hanke- ja rakennesuunnittelun sekä materiaalivalintojen muodossa. Työmaatoimiin keskittyvillä päästövähennyskeinoilla ei saavuteta riittävää tasoa toivottujen ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi. Työmaatoimien tueksi tarvitaan ensisijaisesti laadullista suunnittelua ympäristökysymysten äärellä. Suunnitteluvaiheen merkitys ympäristöystävälliselle infrastruktuurille on siis korvaamattomassa asemassa, sillä siinä säädetään keskeisimmät ydinosat rakentamiseen. Materiaalivalinnoilla ja työntekijöillä ei siis koeta olevan riittävää merkitystä rakennusprojektin ympäristöpäästöjen kannalta. (Raivio 2020, 20–21.)

Vähähiilisen rakentamisen käytännön haasteita ovat resurssi- ja aikapula sekä taloudellinen osuus. Rakennusalan kannattavuusriskit, hidas uudistuminen ja kommunikaatio-ongelmat lisäävät haasteita urakoitsijan vähähiilisille ratkaisuille. Lainsäädäntö tuo vähähiiliseen rakentamiseen omat ongelmansa. (Raivio 2020, 20–21.) Säilyttääkseen kilpailukykyänsä taloudellisesti kohdeorganisaatiolle suunnitellussa päästövähennyspolussa on otettu huomioon luonnollisesti kehittyvät tuotannon prosessit, joilla ei ole suoraa vaikutusta tuotteen hintaan. Biopolttoaineeseen siirtymisellä nähdään suurin taloudellinen tappio. Vuosittaiset kustannukset tulisivat tämän hetken polttoainehinnoilla olemaan jopa sadan tuhannen euron suuruiset. Hinnan kehitystä on vaikea arvioida poikkeusolojen ja sodan aikaisen epävarmuuden vuoksi. Uusiutuvien sähkösopimusten käytöllä ei nähdä haasteita kohdeorganisaation talouteen. Tämän vuoksi sopimuksia onkin jo uusittu kevään 2023 aikana, saavuttaen pientä ympäristöpäästöjen säästöä pienillä lisäkustannuksilla.

Tulevaisuuden haasteet nähdään opinnäytetyön tulosten implementoinnissa ja käyttöönotossa organisaation sisäisesti. Tämän opinnäytetyön ohella laaditulla ympäristöhallinnan käsikirjalla koetaan olevan merkittävä hyöty tiedon jakelussa yrityksen sisäisesti. Työntekijät on perehdytettävä tähän tilanteeseen, jotta yhteiset tavoitteet ja toimintatavat tulevat selväksi. Muutokset eivät ta-

pahdu itsestään, vaan ne vaativat yhteistyötä ja toimintaa tiiviinä ryhmänä. Pyrittäessä saavuttamaan paras mahdollinen ympäristöystävällinen lopputulos, tulee kuitenkin huomioida ympäristöolosuhteiden lisäksi työntekijäläheinen toiminta, työturvallisuus sekä yritystoiminnan turvaaminen taloudellisesti.

## 8 Johtopäätökset ja käytännön sovellukset

Opinnäytetyö antaa konkreettiset tulokset Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n ympäristöpäästöjen lähtötilanteesta ja tulevaisuuden päästövähennyspolun. Eräänä jatkokehitystyönä voitaisiin tarkastella, onko urakoitsijalla mahdollisuus vaikuttaa omiin hankkeisiinsa itse rakentamisvaihetta suuremmassa laajuudessa. Saavutettaisiinko parempi lopputulos, mikäli kohdeorganisaatio olisi hankekehitys- ja suunnitteluvaiheessa mukana. Yrityksen tehtävänä olisi tällöin rakentamisen lisäksi ohjata ja neuvoa asiantuntijana tilaajaa koko hankkeen ajan. Kohdeorganisaatio tunnetaan kuitenkin tällä hetkellä rakennusliikkeenä, ilman erillistä suunnittelu- tai konsultointiosastoa.

Opinnäytetyön vahvuudet koettiin tutkimuksen ehjänä läpivientinä koko opinnäytetyöprosessin ajan. Vastaavan kaltaista työtä ei ole aiemmin tehty kohdeorganisaatiolle. Vaikka ympäristötoiminnan kehittämisen edistämiseksi on julkaisuja tehty kiihtyvällä tahdilla, ei niitä ole julkaistu yrityksittäin rakennusalalla aiemmin. Kohdeorganisaatio on tämän vuoksi tyytyväinen toimeksiannostaan ja ympäristötoimintansa kehittämistä.

Tutkimuksen heikkoudet kohdistuivat vertailutietojen puutteeseen ja tiedonkeruun resursointiin. Ympäristöpäästöjen selvittäminen yritystasolla nähdään tulevaisuudessa lisääntyvän. Tietoja saatetaan jopa alkaa vaatimaan tilaajien ja rakennuttajien toimesta. Tulosten tarkempi hankinta olisi tarvinnut systemaattisemman datankeruumenetelmän.

Opinnäytetyön tuloksien käyttöönotto vaatii kohdeorganisaatiolta sitoutumista ja uudistumishalukkuutta, jotta tavoitteet olisi mahdollista saavuttaa. Yrityksen omaksi päätökseksi jää, kuinka suurella resursoinnilla pyritään kohti yhteistä tavoitetta. Tutkimuksen jatkokehittäminen on myös katsottava tapauskohtaisesti. Lähtökohdin kohdeorganisaatio talouden puitteissaan ei poissulje mahdollisuuksia asioiden läpiviennille ja lisäkehittämiselle. Lisäresursointi, kehittämisryhmän tai ulkoisen konsultoinnin hankinta nähdään kuitenkin tällä hetkellä taloudellisesti kannattomaksi.

Rakennusliikkeiden tuottaman ympäristöpäästöjen määrän nähdään tulevaisuudessa laskevan tuote- ja materiaalityötuotannon kehittymisen vuoksi. Erilaiset lähtökohdat omaavat erilaiset päästövähennyspolut, jotka tulee pohtia tapauskohtaisesti. Rakennus- ja louhintaliike Toivo Ajalin Ky:n



koetaan saavuttavan ympäristötavoitteensa luottamalla tuotekehittelyyn betoni- ja terästeollisuuden saralla sekä biopolttoaineen ja uusiosähkön käyttöön tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön haasteet koetaan implementoinnissa, resursoinnissa sekä taloudessa. Mikäli organisaatiolle löydetään helposti lähestyttäviä ympäristöpäästöjä vähentäviä reittejä, voi niiden käyttöönotto ja saavutettavat tulokset olla helpommin ja nopeammin saavutettavissa, kun lähtökohdin on ajateltu. Tulosten levittäminen tullaan toteuttamaan yrityksen sisäisesti erinäisten perehdyttämis- ja koulutuskäytäntein.

Tuotekehittelyn ja uusien innovaatioiden hyödyntäminen tulevat lähiaikoina vähentämään rakennusliikkeiden hiilijalanjälkeä. Innovaatoratkaisut vaativat pitkäjänteistä työtä, mutta ovat ajankohdaisia etenkin työmaasähköistyksen liittyviltä osin. (Tähkänen & Tähtinen 2022, 32.) Innovaatoratkaisujen suosion voisi kuvitella nousevan entisestään. Mahdollisesti ratkaisujen hinnoittelulla ja tarjonnan määrällä voisi lisätä niiden käyttöä. Viime aikoina tartuntataudit ja sodan käynti ovat negatiivisesti vaikuttaneet tuotekehittelyyn niin kotimaassamme kuin globaalisti.

## Lähteet

Ajalin, K. Rakennus- ja luhintaliike Toivo Ajalin Ky:n toimitusjohtaja. Haastattelu 7.1.2022.

Artaxo, P. ym. 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Viitattu 18.1.2023. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf>

Celsa Nordic. 2018. Kestävän kehityksen suuntaviivat. Viitattu 16.12.2021. <https://celsa-steel-service.fi/wp-content/uploads/2019/01/Roadmap-Suomi.pdf>

Celsa Nordic. 2021. Ympäristöseloste. Versio 22.9.2021. Viitattu 18.1.2023.

Chang, N. 2014. Changing industrial structure to reduce carbon dioxide emissions: a Chinese application. Viitattu 17.1.2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.003>

Daniel, L ym. 2001. IPCC:n kolmas arviointiraportti, ilmastonmuutos 2001. Viitattu 11.1.2023. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/03/tar-wg1-spm.pdf>

Deloitte, 2019. Kiertotalous energia-alalla. Viitattu 23.11.2022. <https://energia.fi/uutishuone/materialipankki/kierto-talous-energia-alalla-deloitte-oy-2018.html#material-view>

Eettinen ennakoarviointi. 2021. Tutkimuseettinen neuvottelukunta TENK. Viitattu 8.12.2022. <https://tenk.fi/fi/eettinen-ennakoarviointi>

Euroopan Komissio. 2021. Eurooppalainen ilmastolaki. Viitattu 16.2.2023. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law\\_fi](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_fi)

Euroopan Komissio. 2020. Komission tiedonanto Euroopan Parlamentille, Neuvostolle, Euroopan talous ja Sosiaalikomitealle ja alueiden Komitealle. Uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma Puh- taamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta. Viitattu 4.12.2022. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b73501aa75ed71a1.0021.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b73501aa75ed71a1.0021.02/DOC_2&format=PDF)

Euroopan Komissio. 2010. Komission tiedonanto. Eurooppa 2020, älykkään, kestävän ja osallista- van kasvun strategia. Viitattu 9.1.2023. [https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/1\\_FI\\_ACT\\_part1\\_v1.pdf](https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/1_FI_ACT_part1_v1.pdf)

Euroopan Komissio. 23.7.2003. Kioton Pöytäkirja. Muistio 03/154. Viitattu 16.1.2023.

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/MEMO\\_03\\_154](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/MEMO_03_154)

Euroopan ympäristökeskus. 29.11.2022. What are the sources of greenhouse gas emissions in the EU. Viitattu 3.1.2023. <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2022/infographics/what-are-the-sources-of/view>

Euroopan parlamentti, 21.06.2022. Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja. Viitattu 17.1.2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/priorities/ilmastonmuutos/20190313STO31218/autojen-hiilidioksidipaastot-tietoa-ja-tilastoja>

Euroopan parlamentti. 28.10.2021. Kasvihuonepäästöt EU:ssa ja maailmalla. Viitattu 28.1.2022. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180301STO98928/kasvihuonekaasupaastot-eu-ssa-ja-maailmalla-infografiikka>

Flanner, M. 2007. Present-day climate forcing and response from black carbon in snow. Viitattu 18.1.2023. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006JD008003>

Galan, I. ym. 2010. Sequestration of CO<sub>2</sub> by Concrete Carbonation. Viitattu 12.1.2023. [file:///C:/Users/admin/Downloads/2010\\_Environ.Sci.Technol\\_SequestrationofCO2byConcretelsabelGalanySanjuan.pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/2010_Environ.Sci.Technol_SequestrationofCO2byConcretelsabelGalanySanjuan.pdf)

Garthwaite, J. 30.1.2023. Earth likely to cross critical climate thresholds even if emissions decline, Stanford study finds. Viitattu 14.2.2023. <https://news.stanford.edu/2023/01/30/ai-predicts-global-warming-will-exceed-1-5-degrees-2030s/>

Granlund. 12/2022. Hiilineutraali rakennusohjeen - pilotointi. Viitattu 19.1.2023. <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2022/12/Hiilineutraali-rakennus-ohjeen-pilotoinnin-loppuraportti-2022.pdf>

Greenhouse Gas Protocol. 2023. Standards. Viitattu 13.2.2023. <https://ghgprotocol.org/standards>

Hanski, I-M. 2017. Suomen Energiankäyttö nyt ja tulevaisuudessa. Opinnäytetyö, AMK. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 22.1.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017060712794>

Halsas, K. 2020. Mitä on ympäristöjohtaminen? Julkaistu 6.5.2020. Viitattu 20.11.2022. <https://www.arter.fi/mita-on-ymparistojohtaminen/>

Hartikainen, J. 1.11.2022. SSAB:n toimitusjohtaja: Raahe johtaa kisaa fossiilittoman terästehtaan sijaintipaikasta. Viitattu 18.2.2023. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009166426.html>

Heikinmatti, A. 4.1.2023. Jos terästeollisuus olisi maa, sen hiilijalanjälki olisi maailman kolmanneksi suurin – tässä kolme syytä, miksi terästehtaat muuttuvat vihreämmiksi. Viitattu 18.2.2023. <https://yle.fi/a/74-20011478>

Hovilampi, M. 2012. Rakennustyömaan jätehuolto. AMK-opinnäytetyö. Metropolian ammattikorkeakoulu. Viitattu 21.11.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201204285452>

Huotari, S. 2014. Työmaan materiaalihukan hallinnan kehittäminen. Opinnäytetyö, AMK. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 26.12.2021. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014091614019>

Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). 2021. Tutkimuseettinen neuvottelukunta, TENK. Viitattu 8.12.2022. <https://tenk.fi/fi/tiedetilppi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>

Hyvä tieteellinen käytäntö, tietosuoja ja tutkimuslupa. 2022. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, JAMK. Viitattu 7.12.2022. [https://oppimateriaalit.jamk.fi/opinnaytetyo/projektisuunnitelmaaika-taulu/htk\\_tietosuoja/](https://oppimateriaalit.jamk.fi/opinnaytetyo/projektisuunnitelmaaika-taulu/htk_tietosuoja/)

Ikäheimo, E. 2014. Ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi – Esimerkkejä arviointikriteereistä. Raportti EU/Life IMPERIA-hankkeessa. [https://www.jyu.fi/science/fi/bioenv/tutkimus/luonnonvarat/imperia-hanke/tyokalupakki-1/YmpristvaikutustenmerkittvyydenarviointiEsimerkkejarviointikriteereist\\_uusin.pdf](https://www.jyu.fi/science/fi/bioenv/tutkimus/luonnonvarat/imperia-hanke/tyokalupakki-1/YmpristvaikutustenmerkittvyydenarviointiEsimerkkejarviointikriteereist_uusin.pdf)

Ilmastonmuutosta koskeva Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimus. 61/1994. [https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1994/19940061/19940061\\_2#idm45053757793248](https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1994/19940061/19940061_2#idm45053757793248).

Ilmastonmuutosta koskevan Yhdistyneiden Kansakuntien Puitesopimus Kioton Pöytäkirja. 13/2005. [https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2005/20050013/20050013\\_2](https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2005/20050013/20050013_2)

Ilmasto-opas. 1.9.2022. Maailman kasviuonekaasupäästöt kasvavat yhä. Viitattu 18.1.2023. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/maailman-kasviuonekaasupaastot-kasvavat-yha>

Ikäheimo, E. 2015. Ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi – Esimerkkejä arviointikriteereistä. Viitattu 22.12.2022. [https://www.jyu.fi/science/fi/bioenv/tutkimus/luonnonvarat/imperia-hanke/tyokalupakki-1/YmpristvaikutustenmerkittvydenarviointiEsimerkkejarviointikriteereist\\_uusin.pdf](https://www.jyu.fi/science/fi/bioenv/tutkimus/luonnonvarat/imperia-hanke/tyokalupakki-1/YmpristvaikutustenmerkittvydenarviointiEsimerkkejarviointikriteereist_uusin.pdf)

IPCC, press release. 2021. Climate change widespread, rapid, and intensifying – IPCC. Viitattu 14.1.2023. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC\\_WGI-AR6-Press-Release\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_en.pdf)

Kakkuri, J. 2001. Mitä tapahtuu, jos mannerjääät sulavat? Viitattu 16.1.2023. <file:///C:/Users/admin/Downloads/58092-Artikkelin%20teksti-58503-1-10-20160523.pdf>

Kankaanmäki, S & Niinimäki, R. 2022. Hulevesitulvat ja geotekniikka. Viitattu. 21.1.2023. <https://sgy.fi/content/uploads/2022/09/geofoor-51-3092022-sisaltaa-linkit-pienennetty.pdf>

Kekkonen, T. 2019. Betoni hiilinieluna. Viitattu 12.12.2022. <https://concretesolution.fi/betoniko-hiilinielu/>

Klemola, K. 2023. Polttoaineiden hinnat ja ennuste tulevasta hinnasta. Viitattu 2.4.2023. [http://cleanfi.fi/data/documents/dieselin\\_hinnan\\_muodostuminen.pdf](http://cleanfi.fi/data/documents/dieselin_hinnan_muodostuminen.pdf)

Knuutila, H. 2016. Kiertotalouden perusteet ja liiketoimintamallit. Viitattu 12.12.2021

Koponen, J. 2016. Työmaiden resurssitehokkuuden parantaminen. AMK-opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.11.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016122021176>

Kuiri, M. 25.1.2022. Greenhouse Gas-Protokolla auttaa organisaatioita merkittävimpien päästölähteiden tunnistamisessa – WWF Green Office'n työkaluilla lasket ja seuraat päästöjä. Viitattu 21.2.2023. <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/greenhouse-gas-protokolla-auttaa-organisaatioita->

[merkittävimpien-paastolahteiden-tunnistamisessa-wwf-green-officen-tyokaluilla-lasket-ja-seuraat-paastoja%E2%80%AF/](#).

Kähkönen, P. 2022. Seis CO2! Vähähiilisen rakentamisen aika on nyt! Parma Consolis 16.9.2022. Viitattu 8.1.2023. <https://parma.fi/parmablogi-artikkeli/seis-co2-vahahiilisen-rakentamisen-aika-on-nyt/>

Laapas, M. 2013. Rankkasateet ja ilmastonmuutos. Ilmatieteen laitos. Viitattu 7.1.2023. [https://images.ctfassets.net/hli0qi7fbbos/6a4EZ6g1hkCRbOS2opgX7/83151dddd0bc48a6053ca7575f46a961/Laapas\\_rankkasaderaportti.pdf](https://images.ctfassets.net/hli0qi7fbbos/6a4EZ6g1hkCRbOS2opgX7/83151dddd0bc48a6053ca7575f46a961/Laapas_rankkasaderaportti.pdf)

Leveelahti, U. 2/2022. Kiertotalous tuo hiilipihin sementin ja laittaa hiilidioksidin kiertoon. Viitattu 16.2.2023. <https://betoni.com/lehti/2022/06/02/kiertotalous-tuo-hiilipihin-sementin-ja-laittaa-hiilidioksidin-kiertoon/>

Mattila, J 2014. Betoni ja ympäristö. Rakennustieto. Viitattu 20.12.2021. <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK150303.pdf>

Medus, E. 2022. Regional climate over Northern Europe: From observations to high-resolution modeling. Viitattu 22.1.2023. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/346386/Medus\\_Erika\\_dissertation\\_2022.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/346386/Medus_Erika_dissertation_2022.pdf?sequence=1)

Mustajoki, H & Kohonen, I. 2021. Mikä ihmeen tutkimusetiikka? Vastuullinen tiede. Tutkimusetiikka ja tiedeviestinä Suomessa. Verkkosivusto. Viitattu 7.12.2022. <https://vastuullinentiede.fi/fi/tutkimuksensuunnittelu/mika-ihmeen-tutkimusetiikka>

Nousiainen, N. 2019. Rakentamisen ympäristövaikutukset. Eduskunta & Ympäristövaliokunta. Viitattu 7.1.2023. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2019-AK-267112.pdf>

Pirilä, A. 2017 Rakennusmateriaalien ekologisuus ja niiden kierrätys sekä uusiokäyttö. Opinnäytetyö, AMK. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 7.1.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705086792>

Raex. 2023. Kestävää terästuotantoa. Viitattu 18.2.2023. <https://www.raexsteel.com/fi-fi/sustainable-steel>

Raivio, T ym. 2020: Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Rakennusteollisuus. Viitattu 6.12.2022. [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyyys\\_uudet/rt\\_4.-raportti\\_vahahiilisyyden-tiekartta\\_lopullinen-versio\\_clean.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyyys_uudet/rt_4.-raportti_vahahiilisyyden-tiekartta_lopullinen-versio_clean.pdf)

Rakennusteollisuus. 2020. Betonin kuviot. Viitattu 25.11.2022. <https://betoni.com/tietoa-alasta-2/suhdanteet-tilastot/tuotteiden-valmistusmaarat/>

Rakennusteollisuus 2021. Rakennettu ympäristö ja ilmastonmuutos. Viitattu 12.12.2021. <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Materiaalitehokkuus/>

Rakennusteollisuus. 2020. Betonin kuviot. Viitattu 12.12.2021. <https://betoni.com/tietoa-betonista/suhdanteet-tilastot/tuotteiden-valmistusmaarat/>

Ritzen, S. 2019. Exploring methods for further development of projects in a cluster initiative context. Viitattu 8.12.2022. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1235297/FULLTEXT01.pdf>

Salonen, K., Eloranta, S., Hautala, T & Kinos, S. 2017. Kehittämistoiminta ja kehittämisen menetelmiä ammatillisessa korkeakoulutuksessa. Viitattu 7.12.2022 <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522166494.pdf>

Scripps institution of Oceanography. 2023. The Keeling Curve. Viitattu 19.1.2023. <https://keelingcurve.ucsd.edu/>

SFS. 2021. Ympäristöjohtamisen standardisarja, ISO 14000. Viitattu 4.12.2022 <https://sfs.fi/standard-deista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/iso-14000-ymparistojohtamisen-standardisarja/#Standardi>

Seppänen-Järvelä, R. 2004. Prosessiarviointi kehittämissuorituksissa – Opas käytäntöihin. Viitattu 27.11.2022. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/75862/Arviointiraportteja4\\_04.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/75862/Arviointiraportteja4_04.pdf?sequence=1)

Simons, H. 2009. Case Study Research in Practice. SAGE Publications. Viitattu 6.12.2022.

SSAB, 2021. Annual report. Leading the green transition of the steel industry. Viitattu 18.2.2023.  
[file:///C:/Users/admin/Downloads/SSAB Annual Report 2021 EN.pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/SSAB%20Annual%20Report%202021%20EN.pdf)

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Viitattu 7.12.2022. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/frame-loppuraportti.pdf>

Ternola, T. Celsa Steel Service Oy:n myynti-insinööri. Haastattelu 14.12.2022.

Tilastokeskus. 2020. Suomen kasvihuonepäästöt 2020. Viitattu 16.1.2023.  
[https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki\\_2020\\_2021-05-21\\_kat\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-05-21_kat_001_fi.html)

Tilastokeskus. 2022. Suomalaisten kasvihuonekaasu- ja epäpuhtauspäästöt laskivat vuonna 2020. Viitattu 18.1.2023. <https://www.stat.fi/julkaisu/cktwlstmo3y1l0b5594sz3pl2>

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Viitattu 2.10.2022.  
[https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100802/Toikko Rantanen Tutkimuksellinen kehittämistoiminta.pdf](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100802/Toikko_Rantanen_Tutkimuksellinen_kehittamistoiminta.pdf).

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2020. Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Viitattu 11.1.2023. <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 4/2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Viitattu 28.1.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

Tähkänen, M. & Tähtinen, L. 2022. Hiilineutraalin rakennetun ympäristön toimintaohjelma. Viitattu 8.12.2022. <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2021/11/BuildingLife-Hiilineutraali-rakennettu-ymparisto-2035.pdf>



United Nations Environment Programme. 2012. The Emissions Gap Report 2012. A UNEP Synthesis Report. Viitattu 16.2.2023. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8526/-The%20emissions%20gap%20report%202012%20a%20UNEP%20synthesis%20reportemissionGapReport2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

United Nations. 15.2.2023. The Global Challenge for Government Transparency: The Sustainable Development Goals (SDG) 2030 Agenda. Viitattu 16.2.2023. <https://worldtop20.org/global-movement/>

Uspekhi, R. 2021. Sea level rise from melting glaciers and ice sheets caused by climate warming above pre-industrial levels. Viitattu 12.1.2023. [file:///C:/Users/admin/Downloads/Rig-not Uspekhi 2021.pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/Rig-not%20Uspekhi%202021.pdf)

Valtioneuvoston asetus Pariisin sopimuksen voimaansaattamisesta ja sopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta annetun lain voimaantulosta, 2016. 76/2016. Viitattu 8.1.2023. <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2016/20160076>

Varis, S. 2019. Vähähiilinen rakentaminen. Opinnäytetyö, AMK. Oulun ammattikorkeakoulu, rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma. Viitattu 11.1.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019112722748>

Viitala, J. 2011. Miten maalima loppuu? 1. p. Jyväskylä: Atena. Viitattu 11.1.2023

Vinha, J ym. 2013. Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tutkimusraportti 159. Viitattu 12.12.2022.

Virtanen, A. & Rohweder, L. 2011. Ilmastonmuutos käytännössä: hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus. Viitattu 18.1.2023.

Willems, P. & Vrac, M. 2011. Statistical precipitation downscaling for small-scale hydrological impact investigations of climate change. Journal of Hydrology. Viitattu 6.1.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169411001582>

Ympäristöministeriö. Kohti hiilineutraalia Suomea. Viitattu 2.12.2022. <https://ym.fi/hiilineutraali-suomi2035>

Ympäristöministeriö. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Viitattu 2.1.2023. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö. Kansainvälinen ilmastopolitiikka. Viitattu 12.1.2023. <https://ym.fi/kansainvalinen-ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka. Viitattu 2.2.2023. <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka>

## **Liitteet**

**Liite 1. Ympäristöhallinnan käsikirja. Liite 1 on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.**

**Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 23.5.2033.**