



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA

Sinna Savolainen

## **Tulevaisuuden hiilineutraalit kaupungit**

Tarkastelussa Helsingin ja Lahden ilmastotoimenpiteet

Johtamisen akateeminen yksikkö

Aluetieteen Pro gradu

Hallintotieteiden maisteri

Vaasa 2024

---

**VAASAN YLIOPISTO****Johtamisen akateeminen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Sinna Savolainen		
<b>Tutkielman nimi:</b>	Tulevaisuuden hiilineutraalit kaupungit		
<b>Tutkinto:</b>	Hallintotieteiden maisteri		
<b>Oppiaine:</b>	Aluetiede		
<b>Työn ohjaaja:</b>	Helka Kalliomäki		
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2024	<b>Sivumäärä:</b>	<b>88</b>

---

**TIIVISTELMÄ:**

Ilmastonmuutos on maailmanlaajuisesti merkittävä ajankohtainen huolenaihe. Kaupungistumisen myötä kaupungeilla on ilmaston lämpenemiseen suuri vaikutus, minkä vuoksi useat kaupungit tavoittelevat hiilineutraaliutta. Tällöin kaupunkien toiminta ei aiheuta enää lisää hiilipäästöjä, vaan päästöjä vähennetään yhtä paljon kuin niitä syntyy. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää keinoja, joilla tutkimuskaupunkini Helsinki ja Lahti voivat saavuttaa asettamansa ilmastopoliittiset hiilineutraaliustavoitteet. Kaupunkien toimenpiteiden tutkimisen myötä tutkielmassa tehdään myös vertailua toimenpiteiden yhtäläisyyksistä ja eroavaisuuksista, jolloin selviää, ovatko kaupunkien ilmastotoimenpiteet samankaltaisia, vai ovatko kaupungit kehittäneet omaperäisiä keinoja tavoitteisiin pääsemiseksi. Helsingin on määrä olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä, kun taas Lahti tavoittelee hiilineutraaliutta jo vuonna 2025. Helsingin kaupungin tavoitteet ovat kuitenkin haastavimmat, sillä pääkaupungin päästöt ovat selvästi Suomen suurimmat. Helsingin kaupunki on valikoitunut tutkimuskaupungiksi juuri suuren päästövähennystavoitteensa vuoksi. Lahti on toinen tutkimuskaupunki siksi, että se on valittu vuonna 2021 Euroopan ympäristöpääkaupungiksi sen toteuttamien ilmastotoimenpiteiden ansiosta.

Ilmastopoliittiset toimenpiteet toteutetaan usealla tasolla monitasohallinnan mukaisesti. Ilmastopoliittikkaa ohjaa suurilta osin Euroopan unioni (EU), mutta tämän ylikansallisen tason lisäksi toimenpiteitä toteutetaan kansallisella, alueellisella ja paikallisella tasolla. Tutkimuksessa keskitytään kaupunkien hiilineutraaliuteen ja toimenpiteisiin sen saavuttamiseksi, joten tutkimuksen toimenpiteet ovat pääasiassa paikallisella tasolla toteutettavia. Monitasohallinnan teorian mukaisesti päätökset tehdään yhdellä tasolla, josta ne vaikuttavat muille tasoille. Tutkielman aineistona on käytetty artikkeleita, joiden aiheena on ilmastopoliittikka, kaupunkien ilmastotoimet sekä tarkemmat toimenpiteet hiilineutraaliuden tavoittelussa. Lisäksi aineistona on käytetty dokumentteja liittyen tutkimuskaupunkien tavoitteisiin, strategioihin ja toimenpiteisiin. Tutkielma on toteutettu sisällönanalyysin keinoin teoriasidonnaisesti.

Helsingin ja Lahden toteuttamat ilmastopoliittiset toimenpiteet ovat pääosin hyvin samanlaisia. Merkittävimmät päästövähennystoimenpiteet kohdistuvat molempien kaupunkien kohdalla energiatehokkuuteen, lämmitykseen sekä liikenteeseen. Lahti on toteuttanut ilmastotoimenpiteitä paikallisella tasolla omaperäisin keinoin hyödyntämällä esimerkiksi uudenlaista teknologiaa liikenteen päästöjen vähentämiseksi uniikin päästökauppaan perustuvan sovelluksen avulla. Tällainen sovellus toimii myös esimerkkinä paikallisella kaupunkitasolla tehdystä toimenpiteestä, jota voidaan hyödyntää myös laajemmin maailmalla. Monitasohallinnan mallia toteuttaen tällainen paikallistasolla kehitetty toimintatapa voidaan nostaa ylemmälle tasolle, josta se voidaan levittää laajemmalle alueelle tehokkaamman vaikutuksen aikaansaamiseksi.

---

**AVAINSANAT:** hiilineutraalius, ilmastopoliittikka, monitasohallinta, päästövähennykset, kaupungit, Helsinki, Lahti

## Sisällys

1 Johdanto	5
1.1 Tutkimuksen tausta	5
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	7
2 Tutkimusmenetelmät ja aineisto	9
2.1 Tutkimusmenetelmät	9
2.2 Tutkimuskaupunkien valinta	15
2.3 Aineisto	17
3 Teoreettinen viitekehys	19
3.1 Ilmastopolitiikan toteutuksen tasot	19
3.2 Ilmastotoimet kaupunkialueilla	26
3.2.1 Liikenne	28
3.2.2 Rakentaminen	31
3.2.3 Energiatehokkuus ja lämmitys	34
3.2.4 Kiertotalous	35
4. Helsingin ja Lahden ilmastotoimenpiteet	37
4.1 Helsingin kaupungin paikalliset toimenpiteet	37
4.1.1 Rakentaminen	39
4.1.2 Energia ja lämmitys	40
4.1.3 Liikenne	44
4.1.4 Kiertotalous	47
4.2 Lahden kaupungin paikalliset toimenpiteet	49
4.2.1 Rakentaminen	52
4.2.2 Energia ja lämmitys	54
4.2.3 Kiertotalous	58
4.2.4 Liikenne	59
4.3 Tutkimuskaupunkien toimenpiteiden yhtäläisyydet ja eroavaisuudet	66
5. Johtopäätökset	71
Lähteet	76

## Kuvaluettelo

<b>Kuva1.</b> Sisällönanalyysin etenemisen vaiheet.	111
<b>Kuva2.</b> Helsingin ja Lahden kaupungit kartalla.	17
<b>Kuva3.</b> Lahden kaupungin tuotantoperusteinen päästökehitys.	50

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Ilmastonmuutos on kiinnostanut tutkijoita jo useiden vuosikymmenien ajan (Dufva, 2020, s.15). 2010-luvulla aihe sai entistä enemmän huomiota, kun hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC julkaisi raportin, joka koski ilmaston sen hetkistä tilaa. Ilmastonmuutos on yksi tämän päivän suurimmista globaaleista kriiseistä, joka on aiheutunut ihmisen toiminnan seurauksena (WWF, 2023). Ekologisella kestävyyskriisillä tarkoitetaan maapallon kantokyvyn rajojen ylittymistä sekä ympäristön tilan huononemista. Lämpötilan nousu globaalilla tasolla tulisi rajoittaa 1,5 asteeseen (Ilmastopaneeli 2018, s. 5). Suomi on mukana lämpötilan nousun hillitsemisessä vähentämällä kasvihuonekaasuja tavoitteen mukaisesti hiilineutraaliuteen saakka vuoteen 2030 mennessä.

Ilmaston lämpenemisen riittävän nopea rajoittaminen on tärkeää, jotta ilmastonmuutos pysyy hallinnassa (Alhola & Seppälä 2014, s. 8). Hiilineutraalius nähdään yhtenä keinona lämpenemisen rajoittamiseksi, ja vähähiilinen sekä vähäpäästöinen yhteiskunta on useiden maiden ja alueiden tavoitelistalla. Hiilipäästöjä vähentämällä yhdessä paikassa voidaan kompensoida päästöjä jossakin muualla, ja päästöjen kompensointi on ollut tärkeässä roolissa ilmaston lämpenemisen hillitsemisessä (Trexler & Kosloff, 2006, s. 34). Merkittävien päästövähennysten tavoittelussa välitavoitteena on esimerkiksi hiilineutraalius, jossa päästöt sekä hiilinielut ovat yhtä suuret (Ilmastopaneeli 2018, s. 4). Hiilineutraaliuden jälkeen voidaan saavuttaa jopa hiilinegatiiviset päästöt, jolloin hiilipäästöjä aiheutuu vähemmän kuin niitä varastoituu. Suomi voi tehdä omat välitavoitteensa, mutta lisäksi on noudatettava EU:n ilmastolainsäädännön määrittämiä tavoitteita sekä toteutettava Pariisin sopimuksessa määritellyjä kohtia. Välitavoitteet ovat merkittäviä erityisesti liikenteen, prosessiteollisuuden sekä energiantuotannon alueilla.

Ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi on tehty erilaisia toimenpidesuunnitelmia. Suomen kaupunkien ilmastotoimien edistämiseksi toimii esimerkiksi hiilineutraaleja kuntia kohti pyrkivä Hinku -ohjelma sekä FisU (Finnish Sustainable Communities). (Huovila ja muut, s.4.) Toimenpidesuunnitelmista yksi on myös keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma KAISU, joka on suunnitelma, joka laaditaan kerran vaalikauden aikana. (Ympäristöministeriö, 2020.) Se vaikuttaa päästökauppasektorin ulkopuolelle sisältäen päästökehitysarviot sekä ilmastotoimenpideohjelman. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023a.) Suunnitelma sisältää myös muun muassa liikenteen, jätehuollon ja työkoneiden sekä rakennusten erillislämmityksen ja osan maatalouden päästöistä (Ympäristöministeriö, 2020). Nykyinen suunnitelma on laadittu vastaamaan hallituksen tavoitetta Suomen hiilineutraaliudesta vuoteen 2035 mennessä.

Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman toteutumista seurataan eduskunnassa, jonne valtioneuvoston tulee vuosittain lähettää ilmastovuosikertomus tarkastettavaksi. KAISU perustuu eri sektoreiden suunnitelmiin koskien päästövähennyksiä sekä -kustannuksia (VNS, 2017, s. 41). Suunnitelmien avulla yritetään selvittää, miten riittäviä nykytoimet päästövähennystavoitteiden kannalta ovat ja millä tavoin niitä pitää tarpeen vaatiessa muuttaa. Keskipitkän aikavälin suunnitelman lisäksi on myös pitkän aikavälin suunnitelma, jossa päästövähennystavoitteet tulisi pyrkiä saavuttamaan vuoteen 2050 mennessä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023).

Poliittisessa keskustelussa hiilineutraalius on nykyisin keskeisessä roolissa, ja kaupunkien ilmastotoimilla nähdään olevan merkittävä rooli ilmastotavoitteiden saavuttamisessa (Huovila ja muut, 2022). Useat kaupungit ovat mukana hiilipäästöjen vähentämiseen tähtäävissä toimenpiteissä (Kilkis, Ulpiani & Veters, 2024). Kaupungit voivat vaikuttaa hiilipäästöihin monenlaisin tavoin, mutta kuitenkin päästövähennyksiä tavoitellessa huomioon on otettava kaupunkien ominaispiireet. Kaupungit tarvitsevat kuitenkin tukea toimintasuunnitelmien laatimiseksi, uusien innovaatioiden kehittämiseen sekä toimien arviointiin (Hovila

ja muut, 2022, s.1). Myös sidosryhmien keskisen yhteistyön lisääminen vaatii usein tukea ulkopuolelta. Suurin osa väestöstä asuu kaupunkialueilla, jolloin kaupunkien aiheuttamien päästöjen osuus on kaupunkiväestön määrän lisääntyessä kasvanut (Salvia ja muut, 2023). Väestömäärän kasvusta huolimatta päästöjen vähentämistä pidetään mahdollisena. Päästöjen vähentämisen lisäksi ilmastonmuutoksen hillintä sekä ilmansaasteiden vähentäminen ovat haasteita, joita yritetään poliittisin keinoin hillitä. Puhdasta ilmaa voidaan pitää ihmisoikeutena, jonka vuoksi esimerkiksi EU ja YK ovat päättäneet toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi erilaisten ilmastopoliittisten toimenpiteiden avulla.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkielman tarkoituksena on tutkia niitä toimia, joiden avulla tutkimuskaupungit pyrkivät saavuttamaan ilmastopoliittiset tavoitteet monitasohallinnan muodostamassa viitekehyksessä. Tutkimuksessani haluan selvittää, minkälaiset ovat tutkimuskaupunkien Helsingin ja Lahden keinot hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamiseksi. Helsinki tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä (Helsinki, 2024) ja Lahden kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2025 mennessä (Lahti, 2021a). Lisäksi tässä tutkielmassa selvitetään, millaisin tavoin keinot mahdollisesti eroavat toisistaan. Ilmastonmuutoksen hillitseminen on ajankohtaista kaikkialla maailmassa, jolloin Suomen ilmastotoimiin vaikutetaan myös ulkoapäin, ja myös tämän työn tutkimuskaupunkien toimet liittyvät laajempiin ilmastotavoitteisiin.

Tutkimuskysymykseni ovat:

1. Millaisin keinoin Helsinki ja Lahti pyrkivät saavuttamaan ilmastopoliittiset hiilineutraaliustavoitteet?
2. Millä tavoin Helsingin ja Lahden ilmastotoimet eroavat toisistaan?

### 1.3 Tutkimuksen rakenne

Luvussa kaksi kerron käyttämästäni aineistosta ja siitä, miksi olen valinnut tietyt kaupungit tarkasteluun. Luvussa käsittelen tutkimuksessa käytettyjä aineistoja, joiden pohjalta sisällönanalyysi on tehty. Tiedonhakumenetelmien kohdalla käyn läpi sitä, millaisilla keinoilla tietoa pyrin löytämään, ja millaisin menetelmin löytynyttä tietoa olen lähtenyt karsimaan pois ja millaisin keinoin olen analysoinut löytämäni aineistoa.

Luvussa kolme eli teorialuvussa käsittelen tarkemmin teoreettisen viitekehyksen muodostavia käsitteitä. Luvussa kerron ilmastotoimista, joita kaupungeissa on mahdollista tehdä hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamista varten. Ilmastotavoitteita ohjataan myös ulkopuolelta, jonka vuoksi kerron myös poliittisten ohjauskeinojen vaikutuksista kaupunkien ilmastotavoitteiden muodostumiseen. Luku neljä eli analyysiluku sisältää tutkimuskysymysten perusteella tapahtuvan tutkimuksen tarkastelun ja vastausten etsimisen kysymyksiin sisällönanalyysia hyödyntäen. Luvussa analysoidaan tarkasteltujen kaupunkien toimia hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Luku viisi sisältää pohdintaa ja johtopäätökset kaupunkien ilmastopoliittisiin tavoitteisiin vastaavista toimenpiteistä sekä niiden eroavaisuuksista ja yhtäläisyyksistä.

## 2 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

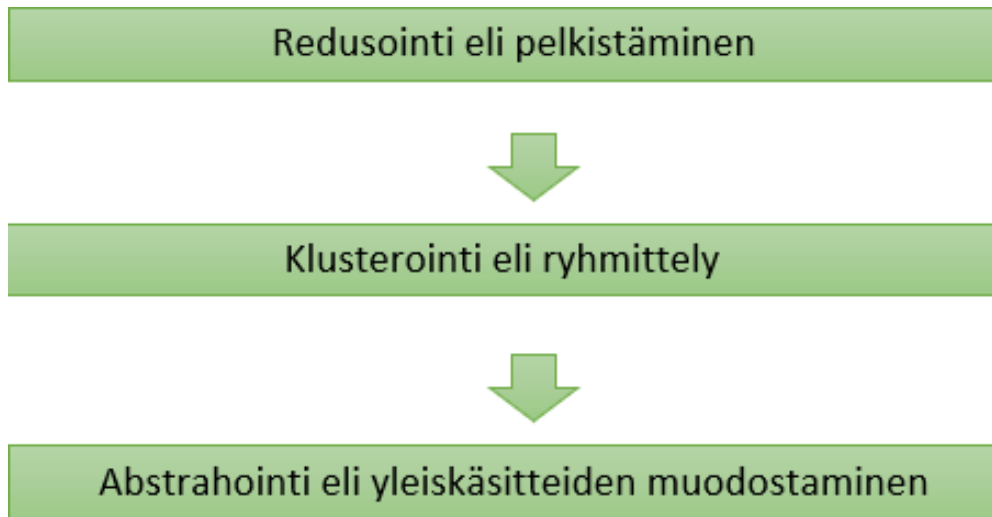
### 2.1 Tutkimusmenetelmät

Tee Pro gradu -tutkimukseni sisällönanalyysinä. Tutkimuskohteeni vuoksi kyseessä on myös tapaustutkimus, sillä tutkin kahden yksittäisen kaupungin ilmastotavoitteita sekä niiden toteutuskeinoja. Tapaustutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, jonka kohteeksi on valittu joukko erilaisia tapauksia tai jokin yksittäinen tapaus, tapahtuma tai tilanne (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006). Tapaustutkimuksessa tapauksia pyritään tutkimaan, selittämään sekä kuvaamaan käyttäen erityisesti miksi ja miten -kysymyksiä. Tutkimusaineistoni analysoin teoriasidonnaisen sisällönanalyysin avulla.

Sisällönanalyysi on perusanalyysimenetelmä, jota voidaan käyttää kaikenlaisessa laadullisessa tutkimuksessa (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s.91). Laadullisen tutkimuksen eri analyysimenetelmät useimmiten perustuvat jollain tavoin sisällönanalyysiin, jos sillä tarkoitetaan esimerkiksi kirjoitettujen tai kuultujen teoreettisena viitekehystenä toimivien sisältöjen analyysia. Tällöin sisällönanalyysia ei pidetä ainoastaan laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmänä. Sisällönanalyysi on menettelytapa, jolla voidaan analysoida objektiivisella ja systemaattisella tavalla erilaisia dokumentteja (s. 103–104). Dokumentti voi olla lähes mikä tahansa tekstimuotoinen materiaali, kuten kirja, artikkeli, raportti, haastattelu tai keskustelu. Sisällönanalyysin pyrkimyksenä on saada yleistetty sekä tiivistetty kuvaus tutkittavasta asiasta sekä etsiä tekstin merkityksiä. Johtopäätösten tekeminen tutkimuksessa ei sisällönanalyysillä kuitenkaan onnistu, vaan sitä voidaan käyttää lähinnä johtopäätösten tekemiseen tarvittavan aineiston keruuta varten.

Sisällönanalyysi voidaan tehdä kolmella erilaisella tavalla, joita ovat teorialähtöinen, aineistolähtöinen sekä teoriasidonnainen sisällönanalyysi (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 107–108). Teorialähtöisessä analyysissä analyysia ohjaa jo olemassa oleva teoria, jota käytetään yleensä silloin, kun halutaan testata kyseistä teoriaa tai mallia uudessa tilanteessa (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2023b). Teorialähtöistä analyysia voidaan kutsua myös deduktiiviseksi analyysiksi. Teorialähtöisessä analyysissä muodostetaan analyysirunko, jonka sisälle kootaan erilaisia kategorioita ja luokkia aineiston perusteella (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 113). Tällöin aineistosta etsitään analyysirunkoon sinne kuuluvat asiat, ja uusia luokkia tehdään asioista, jotka jäävät rungon ulkopuolelle. Myös ainoastaan analyysirunkoon sopivien asioiden kerääminen analyysia varten on mahdollista.

Aineistolähtöistä sisällönanalyysia kutsutaan myös induktiiviseksi analyysiksi (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 108–110). Sisällönanalyysia aloittaessa määritellään analyysiyksikkö, jonka määrittämiseen vaikuttaa aineiston laatu sekä tutkimustehtävä. Analyysiyksikkö voi olla esimerkiksi sana, lause tai lauseen osa. Aineistolähtöinen analyysi voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen, joita ovat aineiston pelkistäminen eli redusointi, aineiston ryhmittely eli klusterointi sekä teoreettisten käsitteiden luominen eli abstrahointi. Myös teoriaohjaavassa sisällönanalyysissä rakenne on samantyyppinen kuin aineistolähtöisessä analyysissä (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 118). Alla olevassa kuviossa on kuvattu sisällönanalyysin päävaiheet.



**Kuva1.** Sisällönanalyysin etenemisen vaiheet. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 108–110).

Aineistolähtöisessä analyysissä redusointivaiheessa aineistoa tutkimalla haetaan tutkimuksen kannalta tärkeät kohdat, jotka pelkistetään ja listataan (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 109–110). Löydetyistä pelkistetyistä ilmauksista etsitään eroavaisuuksia ja samanaisuuksia, jonka jälkeen ne voidaan klusteroida. Klusteroinnin eli ryhmittelyn avulla pelkistettyjä käsitteitä ryhmitellään samankaltaisten käsitteiden mukaisesti ja yhdistellään alaluokkiin. Alaluokkien ryhmittelyn jälkeen niistä kootaan yläluokkia, joista ryhmitellään pääluokkia. Pääluokat voidaan lopulta ryhmitellä yhdistävään luokkaan. Klusteroinnin avulla voidaan alustavasti kuvata tutkimuskohdetta.

Klusterointia voidaan pitää osana kolmantena vaiheena olevaa abstrahointia (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 111). Abstrahoinnissa pyritään muodostamaan teoreettisia käsitteitä tutkimuksen kannalta olennaisista asioista. Alkuperäisen materiaalin käyttämät ilmaisut muutetaan teoreettisiksi käsitteiksi sekä johtopäätöksiksi. Luokkia yhdistelemällä voidaan aineiston abstrahointia jatkaa niin pitkälle kuin se sisällön puolesta on mahdollista. Abstrahointia voidaan tehdä sekä alaluokista yläluokkiin ja edelleen pääluokkiin, sekä yläluokista pääluokkien kautta yhdistävään luokkaan.

Teoriaohjaava sisällönanalyysi on hyvin samankaltainen kuin aineistolähtöinen analyysi, sillä ainoa eroavaisuus niiden välillä näkyy abstrahointivaiheessa (Tuomi & Sarajarvi, 2009, s. 117). Aineistolähtöisessä analyysissä teoreettiset käsitteet saadaan käytettävästä aineistosta, mutta teoriaohjaavassa analyysissä käsitteet ovat jo valmiina analyysia varten. Teoriaohjaavan analyysin teossa voidaan etukäteen päättää, etsitäänkö alkuperäisestä materiaalista tietyn teorian mukaisia asioita vai tehdäänkö analyysi aineiston ehdoilla liittäen se lopuksi haluttuun teoriaan sopivaksi. Omassa työssäni käytän pohjana teoriaa, jonka perusteella jaan sieltä nousevia ilmastotoimenpiteisiin liittyviä asioita teemoittain omiin ryhmiinsä tuoden analyysissä esiin tulleita asioita osaksi teorian mukaisia teemoja. Teemat on muodostettu kaupunkien keinoista pyrkiä ilmastotavoitteita kohti, mutta samalla on huomioitu hallinnon eri tasojen tuomaa ohjausta ilmastotoimenpiteisiin.

Koska tutkimuksessani käsittelen hiilineutraaliutta tiettyjen kaupunkien osalta, on tutkimukseni tapaustutkimus. Tapaustutkimus muistuttaa usein laadullista tutkimusta, sillä kummassakin tehdään laajaa tutkimusta jostakin tietystä asiasta tai ilmiöstä (Vuori, 2023). Tapaustutkimuksella voidaan kuitenkin tarkoittaa vielä tarkemmin aseteltua tutkimusta, sillä tutkimus voi rakentua täysin tietyn ilmiön tai tapauksen tai pienen tapausjoukon ympärille. Tapaustutkimukset voivat olla mittasuhteiltaan hyvin erilaisia, sillä tutkija voi päättää itse minkälaiseen tapaukseen tapaustutkimuksen haluaa kohdistaa.

Kaikki laadullinen tutkimus ei ole tapaustutkimusta, vaikka laadullisesta tutkimuksesta tuleekin tapaustutkimukseen jatkuvasti uusia vaikutteita (Eriksson & Koistinen, 2005, s. 2). Tutkimuksessa ei ole syytä käyttää ainoastaan jotakin tiettyä tutkimusmenetelmää tai -suuntausta, vaan valikoida niiden joukosta ne, joiden avulla tapaustutkimuksen moniulotteisuus ymmärretään ja tutkimuskysymyksiin löydetään vastaukset. Usein materiaalia aiheeseen liittyen on paljon, jolloin aineistoa karsimalla ja tutkimalla löytää materiaalin joukosta sen tietyn tapauksen, josta tutkimuksen päättyy tekemään (Vuori, 2023). Tapaustutkimus voi

toteutukseltaan olla laaja. Se voi sisältää esimerkiksi tilastoja, haastatteluja, media-aineistoa sekä havainnointia. Tapauksesta on pyrkimyksenä saada mahdollisimman laaja ja monipuolinen kuva.

Eriksson ja Koistinen (2005, s. 9) mainitsevat, että Staken vuoden 1995 tutkimuksen mukaan tapaustutkimukset voidaan jakaa kolmeen erilaiseen tyyppiin. Tyyppien jaottelu voidaan tehdä tutkimuksen perusoletusten, tapauksen tavoitteiden, luonteen sekä lukumäärän perusteella. Näistä tapaustutkimuksen tyypeistä ensimmäisenä on itsessään arvokas tutkimus, jolloin tutkijan kiinnostus kohdistuu johonkin tiettyyn tutkimukseen, josta hän haluaa saada yksityiskohtineen mahdollisimman hyvän käsityksen.

Toisena tyyppinä he mainitsevat välineellisen tutkimuksen, jolloin tutkimuksessa ei pyritä ymmärtämään tapauksen kohdetta itsessään, vaan sen avulla pyritään välineellisesti ymmärtämään jotakin muuta asiaa (Eriksson & Koistinen, 2005, s.9). Kolmantena tyyppinä on kollektiivinen tapaustutkimus, jossa tutkimuksen muodostamisessa on käytetty useita erilaisia tapauksia, joiden välisen koordinaation avulla pyritään saamaan tutkittavasta kohteesta parempi ymmärrys sekä teoria tutkimukselle.

Tapaustutkimukset voidaan jakaa myös kahteen eri tutkimustyyppiin, joita ovat ekstensiivinen sekä intensiivinen tapaustutkimus (Eriksson & Koistinen, 2005, s. 15–17). Ekstensiivisessä tapaustutkimuksessa on pyrkimyksenä löytää ilmiöitä ja yleisiä malleja sekä kehittämään replikoinnin eli järjestelmällisen vertailun avulla uusia käsitteitä ja ideoita. Huomio kiinnitetään pääosin teoreettisiin käsitteisiin, eikä tosielämän tapausten ymmärtämiseen. Ekstensiivisessä tapaustutkimuksessa pyritään testaamaan aiempia teoreettisia käsitteitä sekä täydentämään niitä uudessa ympäristössä. Lisäksi voidaan kehittää ja kokeilla uusia käsitteitä sekä teoreettisia ideoita. Ekstensiivinen tapaustutkimus perustuu tutkittavien tapausten vertailuun, jolloin kyseessä on vertaileva tutkimusasetelma ja tutkijan tulee

päittää, miten vertailua tehdään. Tutkija voi etsiä tapauksesta esimerkiksi eroavaisuuksia, samankaltaisuuksia tai niitä molempia.

Intensiivisellä tapaustutkimuksella taas tavoitellaan teoreettisesti mielenkiintoista, ainutlaatuista kuvausta, ymmärrystä sekä tulkintaa tapauksesta (Eriksson & Koistinen 2005, s. 15–17). Tietoa pyritään tuottamaan yhdestä tai enintään kahdesta eri tapauksesta, jolloin tapausta tutkitaan monipuolisesti niin taloudellisessa, sosiaalisessa, teknologisessa sekä kulttuurisessa ympäristössä. Tutkija voi päättää itse, mikä hänen tutkimuksessaan on kiinnostavaa ja valita kriteerit sen mukaan, jolloin tutkija voi tuottaa oman tulkintansa tutkittavasta tapauksesta. Haasteena intensiivisessä tapaustutkimuksessa on yhdistää empiiriseen analyysiin teoreettisia käsitteitä sekä ideoita niin, että lukija saadaan oppimaan ja hyötymään oppimistaan asioista.

Pro gradu -työssäni hyödynnän kollektiivista tapaustutkimusta, sillä tutkimuksessani käsittelen useampaa Suomen kaupunkia, joita tutkimalla saa laajemman käsityksen Suomen kaupunkien keinoista olla hiilineutraaleja osana jo vuoden 2019 hallitusohjelmassa (Valtioneuvosto, 2019a, s. 34) määritellyä tavoitetta, jonka mukaan Suomen tulisi olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Kollektiivisen tapaustutkimuksen lisäksi pyrin työssäni hyödyntämään ekstensiivistä tapaustutkimusta enemmän kuin intensiivistä, jolloin useaa kaupunkia tutkimalla voi tehdä vertailua niiden kesken ekstensiivisen tutkimuksen mallin mukaisesti.

Vertailututkimusta voidaan käyttää, kun halutaan selittää, analysoida tai tunnistaa tutkittavien asioiden välillä olevia eroavaisuuksia sekä samanlaisuuksia (Hantrais, 1995). Vertailevaa tutkimusta voidaan tehdä esimerkiksi kvantitatiivisiin aineistoihin sekä tilastollisiin analyysimenetelmiin tai kvalitatiivisiin aineistoihin ja menetelmiin perustuvana tutkimuksena (Koppa, 2015). Vertailua voi tehdä erilaisista vertailukelpoisista kohteista. Omassa tutkimuksessani vertailun

kohteena on kaksi erilaista kaupunkia, jolloin on mahdollista vertailla niiden samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia hiilineutraaliustavoitteisiin ja niiden saavuttamiseksi tehtäviin toimiin liittyen. Tutkimukseni kannalta katsoin sopivaksi valita käsittelyyn kaksi kaupunkia, jotta vertailututkimus on mahdollista tehdä ilman, että tutkielmasta tulee tarpeettoman laaja. Vertailun toteutan teemoittelun avulla luotujen ryhmien sisältöä vertaamalla tutkimuskaupungeistani saatuihin tietoihin.

## 2.2 Tutkimuskaupunkien valinta

Tutkimukseeni valitut kaupungit ovat Lahti ja Helsinki. Lahden valintaa tutkimuskohteeksi perustelen sillä, että Lahden kaupunki valittiin Euroopan komission toimesta vuoden 2021 Euroopan ympäristöpääkaupungiksi ollen samalla ensimmäinen kyseisen nimityksen saanut Suomen kaupunki (Lahti, 2021a). Helsingin kaupungin päästövähennystavoite on Suomen viiden suurimman kaupungin joukosta selvästi kunnianhimoisin. Suurimmat kaupungit väkiluvun mukaan järjestettynä ovat Helsinki, Espoo, Tampere, Vantaa ja Oulu (Kuntaliitto, 2024a). Esimerkiksi seuraavaksi suurimman kaupungin Espoon tavoitteena on vähentää päästöjä vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 niin, että päästöt vähenevät 1224 hiilidioksidiekvivalenttitonniasta (kt CO<sub>2</sub>-ekv) 245 kt CO<sub>2</sub>-ekv:iin, jolloin vähennysten tarve on alle 100 kt CO<sub>2</sub>-ekv (Espoo, 2023). Tampereen päästöt vuonna 1990 olivat noin 1300 kt CO<sub>2</sub>-ekv, joka vähennystavoitteiden mukaisesti tulisi saada laskettua vuoteen 2030 mennessä tasolle 260 kt CO<sub>2</sub>-ekv, eli vähennys olisi reilu 1000 kt CO<sub>2</sub>-ekv (Hiilineutraali Tampere 2030, 2022, s. 6).

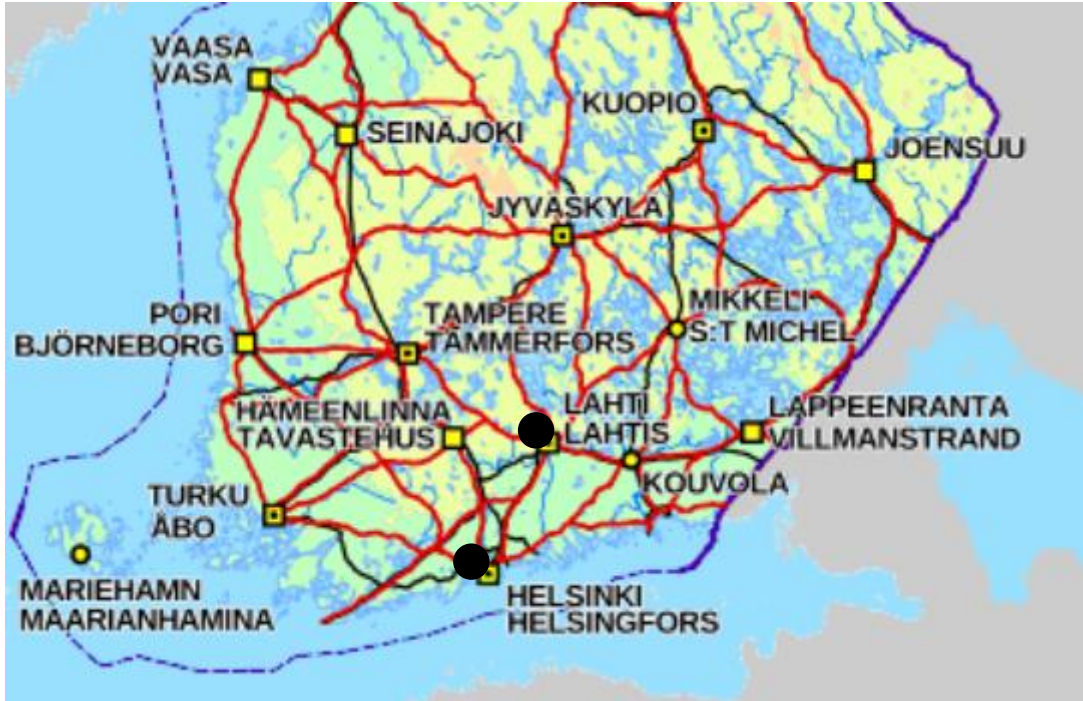
Vantaan kaupungilla on tavoitteena vähentää päästöjä vajaan 700 t CO<sub>2</sub>-ekv:n verran (Vantaan resurssiviisauden tiekartta, 2022, s.10). Oulun tilanteessa päästöjä pyritään vähentämään tavoitevuoteen 2030 mennessä reilu 3 t CO<sub>2</sub>-ekv:n verran (OUKA, 2018, s. 3). Helsingissä sen sijaan päästöt ovat vuonna 1990 olleet jopa 3,5

Mt CO<sub>2</sub>-ekv, jolloin 80 prosentin päästövähennystavoitteen mukaisesti kaupungin tavoitevuoden 2035 aikana korkeintaan 700 kt CO<sub>2</sub>-ekv (Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma, 2018, s. 8). Vähennystavoite on huomattavasti suurempi, kuin maan muilla suurimmilla kaupungeilla.

Tutkimuskaupunkini ovat keskenään melko erilaisia. Helsinki on vuonna 1550 perustettu kaupunki (Helsinki, 2021). Se on yli 664 000 asukkaan ansiosta selvästi Suomen suurin kaupunki (Hel, 2024). Seuraavaksi tulevan Espoon väkiluku jää reiluun 300 000 asukkaaseen, eli Helsingin kaupunki on yli kaksi kertaa suurempi kuin Suomen seuraavaksi toiseksi suurin kaupunki (Kuntaliitto, 2024a). Alle 18-vuotiaiden osuus Helsingin väkiluvusta on noin 112 300 henkilöä, eli aikuisväestön osuus kaupungin asukkaista on hieman yli 80 prosenttia (Hel, 2024). Helsingin kaupungissa asuu naisia hieman enemmän kuin miehiä ja kaupungin koko väestön keski-ikä on noin 41 vuotta, mikä on vähemmän kuin koko maassa keskimäärin (Helsinki, 2023, s. 8–10).

Lahti on saanut kaupunkinimityksen vuonna 1905 (Lahtiguide, 2017). Lahden väkiluku on 120 700, mikä tekee siitä Suomen 9:nneksi suurimman kaupungin (Lahti.fi, 2024). Lahdessa alaikäisten määrä väestöstä on noin 20 000 henkilöä, jolloin täysi-ikäisten osuus Lahden kaupungin asukkaista on myös reilu 80 prosenttia (Tilastokeskus, 2023a). Vuoden 2022 lopun tietojen mukaan Lahden asukkaiden keski-ikä on noin 45 vuotta (Tilastokeskus, 2022).

Alla olevassa kuvassa näkyy Helsingin sekä Lahden kaupunkien sijainti kartalla. Molemmat kaupungit sijaitsevat Etelä-Suomen alueella. Helsinki sijaitsee Uudellamaalla aivan Suomenlahden rannalla, kun taas Lahti sijaitsee sisämaakaupunkina ja Päijät-Hämeen maakuntakeskuksena Helsinkiä pohjoisempana ja hieman idempänä.



**Kuva2.** Helsingin ja Lahden kaupungit kartalla. (Maanmittauslaitos, 2024).

### 2.3 Aineisto

Tutkimuksessani käytetty aineisto on osittain verkkomateriaalia sekä Helsingin ja Lahden kaupunkien asiakirjoja sekä ilmasto- ja energiapolitiikkaa koskevia dokumentteja, joilla tarjotaan tietoa tämänhetkisestä tilanteesta ilmastotoimiin ja tavoitteisiin liittyen. Tutkin myös kaupunkien kaupunkistrategioita sekä nettisivuja, joista poimin kaupunkien tavoitteita sekä keinoja niiden toteutukseen. Esimerkiksi Helsingin vuosien 2021–2025 kaupunkistrategiassa (2021) on mainittu ohjelmia sekä painopisteistä, jotka liittyvät ilmastoon, ympäristöön sekä kaupungin liikennetkaisuun. Strategiassa mainitaan kaupungin ilmastotavoitteita, toimenpiteitä sekä tavoitteiden saavuttamiseen liittyviä ohjelmia.

Myös Helsinki Hiilineutraaliksi -sivulle (2024) kaupunki on koonnut tarkemmin kaupungin toimenpiteitä, joilla se pyrkii saavuttamaan hiilineutraaliuden tavoitevuoteen 2030 mennessä. Lahden kaupunki taas on koonnut ilmastotavoitteet sekä toimenpiteet

tavoitteiden saavuttamiseksi vuosien 2023–2030 ilmasto-ohjelmaan (Lahden ilmasto-ohjelma 2023–2030, 2023). Ilmasto-ohjelmassa on kerrottu myös erilaisia ohjelmia toimintakausineen sekä tarkempine kuvauksineen.

Teoreettisen viitekehyksen muodostaviin osiin pyrin löytämään tutkimusaineistoa kaupunkien ilmastotoimista sekä keinoista, joita kaupungit voivat hyödyntää tavoitteisiin pääsemiseksi. Monica Salvia ja muut (2023) ovat kertoneet kaupunkien sitoutumisesta hiilineutraaliuteen huomioiden kaupunkien yhteistyön sekä kaupunkien omat, paikalliset ilmastotavoitteet. Westerhoff ja Juhola (2010) puolestaan ovat kertoneet, että ilmastomuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen vaativat aiempaa yhä nopeampia poliittisia kehitystoimenpiteitä.

Aineiston valinnassa pidän tärkeänä kriteerinä monipuolisia lähteitä, jolloin tapaustutkimuksen mallin mukaisesti tutkittavasta tapauksesta saa niin laajan kuvan kuin materiaalin pohjalta on mahdollista. Löydetyin materiaalin valinnassa kiinnitän huomiota siihen, että se käsittelee mahdollisimman suorasti hiilineutraaliutta, kaupunkien ilmastotoimia, tutkimuskaupunkien ilmastotavoitteita sekä kaupunkien ilmastopolitiikkaa. Aiheeseen sopivan aineiston löydyttyä tutkin, onko siitä saatava tietoa enää ajankohtaista vai onko aineisto jo vanhentunutta. Tämän vuoksi pyrin löytämään aineistoa, joka on mahdollisimman tuoretta.

### 3 Teorettinen viitekehys

#### 3.1 Ilmastopolitiikan toteutuksen tasot

Ilmastonmuutoksesta ympäristöön kohdistuvat vaikutukset lisäävät tarvetta ympäristöpolitiikalle (Westerhoff ja Juhola, 2010). Ilmastonmuutoksen aiheuttamien vaikutusten lisääntyessä ilmastopolitiikkaa tulee kehittää myös aiempaa nopeammin. Tärkeää on käyttää resursseja erilaisten sopeutusohjelmien sekä -suunnitelmien tekemiseen. Poliitiikkaa toteutetaan usein kansainvälisellä tasolla, jolloin paikallisessa päätöksenteossa ollaan riippuvaisia kansainvälisistä poliittisista päätöksistä. Tällöin esimerkiksi kaupunkien on otettava paikallisissa ilmastotoimissaan huomioon myös kansainvälisellä tasolla tehdyt ilmastopoliittiset päätökset.

Ilmastopoliittisia päätöksiä tehdään esimerkiksi EU:ssa monitasoisen hallinnan (Multi-level governance) keinoin (Kleider, 2020). Monitasoinen hallinta on laajasti päivittäisessä käytössä kansainvälisessä EU:n päätöksenteossa, sillä se kuvaa niin poliittisten päättäjien kuin tutkijoiden mielestä toimivallan jakautumista useiden eri tasojen toimijoiden kesken. Monitasohallinnan mukaista vuorovaikutusta toteutetaan sekä keskus-, alue- sekä paikallishallinnon välillä (Allain-Dupré, 2020). Näiden lisäksi toiminta-alue on kuitenkin laajempi, sillä monitasohallinnan vaikutus ulottuu paikallisten julkisten toimijoiden ulkopuolelle myös ylikansalliselle tasolle. Ilmastonmuutokseen liittyvät haasteet edellyttävät tehokasta yhteistoimintaa eri hallintotasojen sekä lainkäyttöön liittyvien toimijoiden kesken, sillä sen aiheuttamat ulkoiset vaikutukset ovat niin suuria, ettei yksikään valtio tai paikallishallinto pysty ratkaisemaan haasteita itsenäisesti.

Monitasohallinnan mukaan valta jakautuu eri tasojen välillä valuen ylhäältä alas ja nousten alhaalta ylös (Kleider, 2020). Euroopan alueella eniten valtaa käyttää EU. Tutkimuksissa on pyritty selvittämään sitä, miten laajasti jäsenvaltiot noudattavat

EU:n lainsäädäntöä ja ottavat sen osaksi omaa kansallista lainsäädäntöään. Kun valta valuu ylhäältä alemmas, vaikuttaa se alemman hallinnon poliittisiin valintoihin sekä taloudelliseen vastuuseen sekä kilpailuun hallitusten välillä. Kansalliset hallitukset eivät helposti sopeudu päätöksiin, joita EU tekee, vaan ne yrittävät muokata EU:n politiikkaa itse parhaaksi näkemällään tavalla. Monitasohallinta ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ainoastaan paikallistason hallinta vahvistuu (Allain-Dupré, 2020). Pikemminkin hallinnan jakautuminen ylikansalliselta tasolta paikallishallinnon tasolle jakaa vastuuta ja auttaa toteuttamaan paikkaperusteista aluepolitiikkaa.

Nykyisin voidaan ajatella monitasohallinnan olevan pakollinen osa ilmastopolitiikan suunnittelua ja toteutusta (Allain-Dupré, 2020). Hallinnan monitasoisuus ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton, sillä hallinnan toteuttamisessa on havaittavissa useita haasteita. Haasteita aiheuttaa esimerkiksi hallinnon tasojen väliset riippuvuudet sekä niiden keskinäinen epäsymmetrisyys. Riippuvuus voi olla esimerkiksi resursseihin, tietoihin tai taitoihin liittyvää, ja sitä voi esiintyä eri tasoilla sekä horisontaalisesti tai vertikaalisesti. Haasteita aiheuttaa myös kaikilla hallinnon tasoilla esiintyvä valmiuksien puute monitasohallinnan toteutukseen. Puutteita on esimerkiksi teknisten sekä strategisten valmiuksien osalta. Valmiuksien kehittäminen ei myöskään ole helppoa ja nopeaa, vaan vaatii kokeilua ja oppimista kaikilta sidosryhmien tasoilta niin ylikansalliselta hallinnolta kuin paikallishallinnoltakin.

Hallinnon hajauttamisella on tutkimusten mukaan vaikutuksia kaupunkialueisiin (Allain-Dupré, 2020). Suurin vaikutus tapahtuu hajautuksen suunnitteluvaiheessa, sillä hajauttamisen joko hyvät tai huonot seuraukset ovat riippuvaisia alueellisesta sekä paikallisesta näkökulmasta, vastuullisuudesta ja tehokkuudesta. Hajauttaminen on tällöin suunniteltava huolella ja toteutettava oikealla tavalla, jotta hyötyjä saadaan. Huonon hajautuksen seurauksena voidaan huomata, että niillä kaupunkialueilla, joilla hajauttamista on tehty vain vähän, on talouskasvun

suurempaa kuin niillä alueilla, joilla hallinnon hajauttaminen on ollut merkittävämpää. Monitasohallinnan suunnitelulla voidaan siis vaikuttaa siihen, miten eri tasojen hallinta vaikuttaa politiikan tuloksiin.

Ilmastopolitiikan toteuttaminen tapahtuu pääosin niin, että paikallishallinto rakentaa ja toteuttaa kestäväää energia- ja ilmastopolitiikkaa EU:n tavoitteisiin perustuen (Domorenok & Zito, 2021). Ilmastopolitiikan toteutukseen liittyy esimerkiksi EU:n tavoitteisiin pohjautuva ohjaus, joka perustuu sääntelyyn sekä metodologiseen ohjaukseen, yhteistyöverkostoihin sekä erilaiseen paikallista ilmasto-osaamista lisääviin tiedotus- ja koulutustilaisuuksiin. EU:n tasolla suunnitellaan yleinen politiikan ohjaus, mutta paikallishallinnoilla on kuitenkin laajasti harkintavaltaa päättää, millä tavoin ne ottavat käyttöönsä EU:n komitean suunnittelemaa puitteita ilmastopolitiikassa.

Ylhäältä tulevaan ilmastopoliittiseen ohjaukseen sisältyy myös odotus, jonka mukaan EU:n ilmastopoliittisissa päätöksissä mukana olevien valtioiden tulee tietyin väliajoin tarkastaa omaa ilmastopolitiikkaansa sekä tavoitteitaan, jotta poliittisista toimista ja niiden tehokkuudesta voidaan oppia (Domorenok & Zito, 2021). Seurannan vuoksi valtioiden tulee laatia kestävään energian- ja ilmaston toimintasuunnitelma sekä päästöluettelo, jotta niiden edistymistä päästöjen vähentämisessä voidaan seurata. Seurannassa otetaan huomioon vähimmäisvaatimusten täyttyminen sekä annettujen tietojen johdonmukaisuus. Oppimisen arvioinnissa käytetään apuna benchmarking-työkalua, jonka avulla saadaan tietoa paikallisten kokemusten onnistumisesta.

Euroopan komissio on päivittänyt oppimisprosessin mukaan asteittain tavoitteita liittyen sekä suoraan EU:n ilmastopolitiikan tavoitteisiin että Pariisin ilmastopöytäkirjaan liittyviin tavoitteisiin (Domorenok & Zito, 2021). Pariisin ilmastopöytäkirja on kansainvälinen sopimus, jonka avulla pyritään globaaleihin päästörajoitteisiin ja tulevaisuuden muokkaamiseen vähähiiliseen suuntaan

(Ollikainen, 2017, s.42–43). Se on tehty vuonna 2015 ja tuli voimaan vuonna 2016 (VNS, 2017, s. 20), jolloin sopimuksen allekirjoittaneet maat sitoutuivat noudattamaan päästörajoitteita ja vähentämään maailmanlaajuisesti kasvihuonekaasupäästöjä ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi. Suomessa osana vähähiilisen tulevaisuuden tavoittelemista on noudattaa Euroopan unionin laatimia ilmastotoimia, sekä olla mukana Pariisin ilmastopöytäkirjassa tavoiteltujen päästöjen vähennyslupauksen toteuttamisessa. Tavoitteiden tarkastelussa huomioidaan myös sitä, miten paikallinen sitoutuminen ilmastotavoitteisiin on onnistunut (Domorenok & Zito, 2021). Paikallisen sitoutuneisuuden lisäksi komissio tarkastelee myös muiden ilmastostrategioiden vaikutusta tavoitteiden saavuttamiseen.

Politiikan oppimiseen liittyvät tulokset ovat olleet hyvin vaihtelevia, ja riippuvat osin siitä, tapahtuuko oppiminen ylhäältä alaspäin vain alhaalta ylös (Domorenok & Zito, 2021). Suurin osa niistä alueista, jotka ovat oppineet politiikan toteutuksesta strategioiden edetessä ovat sellaisia, joilla ei ole ennestään ollut paikallista energia- ja ilmastostrategiaa. Vaikka paikallisella tasolla tiedetään, mitä ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen vaatii, tarvitsevat ne silti ohjausta erilaisten strategioiden muodossa. Euroopan tasolta vaikuttaminen auttaa valtioita myös saamaan kansainvälistä näkyvyyttä sekä vahvistamaan yhteistyöverkostoja eri alueiden välillä. Kuten aiemmin mainitsin, tapahtuu oppimista myös alhaalta ylöspäin, eli esimerkiksi kaupungeilta EU:n tasolle. Tällöin mahdollistetaan tietojen vaihto sekä vuorovaikutus myös toiseen suuntaan, jolloin hyväksi huomattuja käytäntöjä on helppo jakaa esimerkiksi tiedon jakoa varten perustettujen tietokantojen ja verkostojen avulla. EU:n tasolla voidaan myös myöhemmin päättää siitä, tuleeko ilmastopoliittista yhteistyötä lisätä eri hallinnontasojen välillä.

Ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyy tavoitteita, joiden saavuttamiseen myös kaupungeilla on vaikutusta (Huang-Lachmann, 2019). Ilmastonmuutokseen

sopeutumisen vuoksi ilmastopolitiikan seurauksiin on etenkin kaupunkialueilla kiinnitetty enemmän huomiota. Kaupungeissa ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteisiin voi kuulua esimerkiksi uusiutuvan energian järjestelmien, liikenteen, lämmityksen ja jäähdytyksen sekä maankäytön liittäminen älykkäästi (Kilkis, Ulpiani & Vettters, 2024). Ilmastotoimia tehdään yhteistyössä eri tahojen kuten yritysten, tutkijoiden, kansalaisten sekä eri hallintotasojen kumppanuuksien kesken. Yhteistyön avulla saadaan vähennettyä eri alojen välisiä hiilidioksidipäästöjä ja ympäristöongelmia.

Kaupungeista erityisesti älykkäät kaupungit edistävät myös poliittista kilpailukykyä (Huang-Lachmann, 2019). Älykkäät kaupungit voidaan jakaa kuuteen eri osa-alueeseen, joita ovat liikkuvuus, ympäristö, talous, asuminen, ihmiset sekä hallinto. Nämä liittyvät hyvin myös ilmastonmuutokseen sopeutumiseen, jonka vuoksi älykkäitä kaupunkeja voidaan pitää ilmaston kannalta tärkeinä. Kaupunki voi parhaiten sopeutua ilmastonmuutokseen ehkäisemällä siitä aiheutuvia tappioita sekä tasaamalla niitä, mutta myös hyödyntämällä sen aiheuttamia myönteisiä vaikutuksia. Koska ilmastonmuutoksella on mahdollisesti myös positiivisia vaikutuksia kaupungeille, ei se aiheuta niille ainoastaan kustannuksia.

Sopeutumisperiaatteita voidaan jakaa kolmen eri periaatteen mukaisesti (Huang-Lachmann, 2019). Näistä ensimmäisenä ovat poliittiset toimenpiteet, jotka ovat välittömästi vallitsevissa ilmasto-olosuhteissa kannattavia toteuttaa. Toisena ovat poliittiset toimenpiteet, joilla voidaan mahdollisesti saavuttaa merkittäviä etuja ja kolmantena periaatteena poliittiset päätökset sekä toimenpiteet, jotka auttavat laajasti ilmastoon liittyvien riskien hallinnassa tai tuovat muita ympäristöetuja. Ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvissä päätöksissä pidetään aiempaa tärkeämpänä kansalaisten elämänlaadun parantamista, ja esimerkiksi älykkäiden kaupunkien sekä kestävä kehityksen välillä on huomattu olevan yhteyksiä.

Älykkäiden kaupunkien määritelmiin kuuluu muun muassa kestävä ympäristö ja talouskehitys, jotka ovat päällekkäisiä ilmastonmuutokseen sopeutumisen kanssa (Huang-Lachmann, 2019). Ympäristön kestävyteen ilmastonmuutoksen hillinnässä liittyy esimerkiksi ilmanlaadun puhtaus, joka sisältyy myös älykkään kaupungin määritelmään. Älykkäät kaupungit eri osa-alueineen voivatkin edistää kaupunkien ilmastopolitiikkaa esimerkiksi uusien teknologioiden kautta, jolloin voidaan mahdollistaa myös eri sidosryhmien osallistumista toimenpiteisiin esimerkiksi suunnittelun ja päätöksenteon kautta. Älykkäiden kaupunkien eri osa-alueet ovat riippuvaisia toisistaan, jolloin älykäs ympäristö, hallinto, liikkuvuus, asuminen, talous sekä älykkään ihmiset yhdessä voivat saavuttaa etuja sopeutumisessa ilmaston lämpenemiseen. Esimerkiksi energiatehokkuuteen tai vedensäästöön investoimalla saadaan välittömästi hyötyjä, joiden lisäksi näistä saadaan sivuhyötyjä, kuten hiilidioksidipäästöjen alentuminen. Älykkäiden kaupunkien edistämiseksi on EU:n politiikalla merkittävä rooli esimerkiksi rahoitusohjelmien kautta.

Kaupunkialueiden älykästä ja kestävästä siirtymää kohti hiilineutraaliutta voidaan tukea ja ohjata esimerkiksi viiden eri pääulottuvuuden avulla (Salvia ja muut, 2023). Näistä yksi on paikallinen ilmastosuunnittelu, jossa päätöksentekijät ja eri sidosryhmät kehittävät tapoja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Toisena ulottuvuutena voidaan pitää ilmastoa koskevia hätäjulkaisuja, joilla voidaan julistaa ilmastoa koskevaa hätätilanne, johon paikallishallinnot voivat vahvemmallalla ilmastojohtamisella reagoida. Kolmas ulottuvuus on kaupunkien yhteistyön mahdollistava paikallishallintojen muodostama verkosto, jossa ilmastotoimien toteuttamista helpotetaan kansainvälisen yhteistyön avulla.

Myös neljäs ulottuvuus liittyy kansainväliseen toimintaan kaupungeja koskevien kilpailujen sekä kaupunkipalkintojen muodossa (Salvia ja muut, 2023). Kaupungeilla, jotka osallistuvat kilpailuihin tulee olla aito halu kilpailuun osallistumiseen, mutta niiden tulee myös osoittaa, että niillä on jo valmius vihreään

siirtymään. Lisäksi niillä tulee olla innovaatioita, joilla ne voivat tarjota terveellisemmän sekä älykkäämmän ympäristön kaupunkilaisille. Kilpailussa voittaminen tuo kaupungille mahdollisesti uusia etuja, joita voivat olla esimerkiksi maineen parantuminen, turismin lisääntyminen sekä uusien verkostojen kehittyminen kaupunkien välillä. Lisäksi ne toimivat roolimalleina muille kaupungeille ja inspiroivat niitä kehittämään hiilipäästöjä vähentäviä käytäntöjä. Viides ulottuvuus liittyy kansainvälisiin ilmasto- ja energiahankkeisiin. Näihin hankkeisiin liittyy jo aiemmin mainitut EU:n rahoitusohjelmat, joilla kaupunkien ilmastotoimia voidaan tukea. Hankkeisiin liittyvien toimien avulla voidaan määritellä standardit, jotka älykkäiden kaupunkien tulisi pyrkiä saavuttamaan.

Hiilineutraaliustavoitteisiin pyrkiessä lähdetään siitä, että päästövähennysten laskenta aloitetaan vuoden 1990 perustasosta (Huovila ja muut, 2022, s. 9). Poliittisten sopimusten myötä hiilineutraaliuden saavuttamista varten keskitytään alueisiin, joilla sijaitsevilla kaupungeilla on mahdollisuuksia ja valtaa toteuttaa ilmastotavoitteisiin liittyvää politiikkaa ja toimenpiteitä. Kaupunkien keinoina päästötavoitteisiin pyrkimisisessä ei yleensä pidetä teollisuuden päästöihin vaikuttamista, sillä teollisuudesta aiheutuneet päästöt kuuluvat EU:n päästökappasektorin piiriin, johon kaupungeilla ei ole vaikutusvaltaa. Sen sijaan keskeisimmät asiat, joihin kaupunkien on mahdollista vaikuttaa, liittyvät usein rakentamiseen, valaistukseen sekä liikenteestä aiheutuviin päästöihin. Näiden lisäksi esimerkiksi jätehuolto, jätevesihuolto sekä metsätalous ovat aloja, joihin kaupungit voivat halutessaan asettaa vähentämistavoitteita.

Hiilineutraaliuden tavoittelun toimintasuunnitelmia on erilaisia malleja (Huovila ja muut, 2022, s.9). Yhdenlainen nykyisin käytössä oleva toimintasuunnitelma on kestävän energian ja ilmaston suunnitelma, joka toimii yhteen vuodelle 2030 suunniteltujen poliittisten tavoitteiden kanssa. Kyseinen toimintasuunnitelma on sisällöltään laaja, sillä se sisältää tavoitteita kohti etenemisen suunnitelman lisäksi myös ilmastonmuutokseen liittyvien riskien ja siihen sopeutumiseen liittyviä toimia.

Kaupunkien hiilineutraaliutta määriteltäessä voidaan käyttää hyödyksi kaupunkien ilmastopoliittisia dokumentteja, päästölaskentaa tai eri sidosryhmien kanssa käytyjä vuoropuheluja (Huovila ja muut, 2022, s. 5). Kaupunkien päästöjen soveltamisalana voidaan käyttää sekä maantieteellisyyteen, toimintoihin, ajallisuuteen tai elinkaarijärjestelmään liittyviä rajoja. Tällöin hiilineutraalius voidaan määritellä eri päästöluokkien mukaan, jolloin tutkittavana ovat sisäiset maantieteelliseen rajaan perustuvat päästöt sekä ulkoiset kuntien ydintoimintojen aiheuttamat päästöt. Viimeisenä luokkana voidaan pitää ydintoimintoihin kuulumattomia sisäisiä sekä ulkoisia päästöjä. Luokittelu auttaa kaupungeja saavuttamaan hiilineutraalius joustavasti, sillä esimerkiksi kaupungin epäonnistuessa hiilipäästöjen poistamisessa, se voi hyödyntää kaupungin rajojen ulkopuolelta tulevaa hiilipäästöjen kompensatiota. Ajallisuuden määritelmän mukaisesti kaupunki on hiilineutraali, kun sen nettopäästöjen määrä on tiettyyn ajankohtaan mennessä saavuttanut neutraalin tason.

### 3.2 Ilmastotoimet kaupunkialueilla

Paikallistason ilmastotoimiin vaikuttaa suurilta osin ne puitteet, joita kansallisen tason hallitukset rakentavat (Huovila ja muut, 2022, s. 13). Hiilineutraaliuden saavuttamisen vaatiessa useita erilaisia hankkeita tarvitaan myös tiivistä yhteistyötä eri hallinnon tasojen kesken, mutta silti hankkeiden ja toimenpiteiden toteutuminen riippuu poliittisista, taloudellisista sekä teknologisista seikoista. Paikallistason ilmastotoimiin liittyy erilaisia strategisia ja hallinnollisia rakenteita. Toimintastrategiat voidaan jakaa erilaisiin kategorioihin, joita ovat politiikan keinot, rahoituskeinot, vihreä talous sekä sitoutuminen. Toimenpiteiden hallintokeinoina voidaan pitää mm. monialaista yhteistyötä, viestintää sekä valvontaa ja raportointia.

EU:n tasolta lähtien on Euroopan komission strategioiden tavoitteena saada eurooppalaisille puhdasta energiaa sekä sopeutumisstrategian ilmaston lämpenemiseen (Domorenok & Zito, 2021). Eurooppalaiseen ilmastopöytäkirjaan sekä eurooppalaisen vihreän ohjelman strategioihin liittyy vahvasti monialainen lähestymistapa. Monialaisuus näkyy siinä, että komissio pyrkii päätöksillään edistämään puhtaiden rakennusten tuotantoa, rakennusten peruskorjauksia sekä älykästä liikkuvuutta ja kestäviä liikennetkaisuja. Älykkäät liikennetkaisuut integroivat nykyaikaisen teknologian liikennevälineisiin, jolloin liikkumisen ympäristövaikutuksia voidaan aiempaa helpommin seurata (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023). Uudet teknologiat vaativat kuitenkin energiaa, ja kaupunkien ilmastotavoitteiden kannalta, jolloin myös teknologian kehittäminen mahdollisimman päästöttömäksi on tärkeää.

Kaupungit eivät voi saavuttaa hiilineutraaliustavoitteitaan täysin itsenäisesti, vaan ilmastotoimenpiteiden toimivuuteen vaikuttaa myös ylikansalliset seikat (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023). Kaupungit voivat panostaa hiilineutraaliuden tavoittelussaan aiemmassa kappaleessa mainittujen keinojen lisäksi myös rakennusten energiatehokkuuteen, puhtaan sähkön hyödyntämiseen sekä älykkäaseen energiainfrastruktuuriin. Energiainfrastruktuurin kestävyteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi uusiutuvia luonnonvaroja kuten aurinkoenergiaa, tuulivoimaa, vesivoimaa tai ydinvoimaa hyödyntämällä. Kaupunkien hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä pyritäänkin kaupunki- ja aluesuunnittelun avulla lisäämään kaupunkien energiatehokkuutta.

Aluesuunnittelun avulla voidaan parantaa alueiden saavutettavuutta sekä joukkoliikennettä (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023). Päästövähennysten tekemistä mahdollistaa rakennusten ja liikenteen hiilipäästöjen vähentämisen lisäksi myös valaistukseen, teollisuuden energiankäyttöön, jätehuoltoon ja kiertotalouteen, lämmitykseen ja jäähdytykseen liittyvillä keinoilla. Lisäksi tietoisuuden lisääminen auttaa kaupungeja saavuttamaan hiilineutraalius, sillä ihmisten on helpompaa ymmärtää poliittisten toimenpiteiden merkitys ja asennoitua niihin oikein, jos heillä on riittävästi

tietoa asiasta. Päästöjen vähentämiseen voidaan vaikuttaa jo yhteen osa-alueeseen puuttamalla. Toimenpiteiden mahdollistaminen on riippuvainen ympäristöstä, sillä esimerkiksi kaupunkien keskustoihin on käytännöllisempää asentaa viherkattoja sekä lisätä kevyen liikenteen käyttömahdollisuuksia kuin asentaa suuria aurinkosähköjärjestelmiä energiantuotantoa varten.

Kaupunkien hiilineutraaliuden tavoittelussa ongelmaksi saattaa useimmissa tapauksissa muodostua resurssien puute (Huovila ja muut, 2022, s. 13). Haasteet koskevat pääasiassa puutteellisia henkilö-, talous- ja aikaresursseja. Kaupungit voivat kuitenkin kuulua yhdessä muiden kaupunkien kanssa ilmastoverkoston, jossa ne saavat käyttöönsä yhteisiä raportointimekanismeja, tukea asiantuntijoilta sekä vertaistukea. Ilmastoverkoston kuuluneiden kaupunkien on huomattu pienentäneet päästöjään tehokkaammin kuin kaupunkien, jotka eivät ole osa mitään ilmastoverkostoa. Seuraavana kerron enemmän ilmastotoimista, joita kaupungit voivat paikallisella tasolla toteuttaa hiilineutraaliutta kohti pyrkiessään sekä ilmastomuutosta hillitessään.

### 3.2.1 Liikenne

Liikenne aiheuttaa kaupungeille monenlaisia haasteita hiilineutraaliustavoitteita ajatellen (Kuokkanen ja muut, 2019, s.2). Henkilöautojen ja kuorma-autojen määrien arvioidaan kasvavan huomattavasti lähivuosikymmenten aikana, jolloin päästöt sekä energiankulutus lisääntyvät nykyisestä. Tämän estäminen vaatii määrätietoisia toimia. Sähköautojen lisääntyvästä määrästä huolimatta päästöjen on odotettu olevan kasvussa, sillä myös enemmän saastuttavien ajoneuvojen määrä on ollut kasvussa. Polttoainetehokkuuden osalta esimerkiksi sähkön tai biopolttoaineen käyttöön siirtyminen parantaa tuotannon energiatehokkuutta, mutta nekään eivät riitä yksinään liikenteen päästövähennyksiin. Liikenteen päästöihin vaikuttaminen vaatii ihmisten toimintatapojen muutosta esimerkiksi liikennevälineiden tai liikkumismäärien osalta. Tällaisiin asioihin kaupunki voi pyrkiä

vaikuttamaan tehokkaan kaupunkisuunnittelun ja kestäväan liikkumiseen kannustamisen avulla.

Liikenteen päästöjen vähentämiseksi on monenlaisia politiikan malleja (Kuokkanen ja muut, 2019, s. 3). Tällaisia ovat esimerkiksi kansallisten hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi tarkoitettut kaupattavat energiakiintiöt sekä liikenteen päästökauppa. Näillä malleilla ei ole rahoitusta eikä poliittista tukea, mutta niiden käyttöönotto tapahtuu vapaaehtoisena kokeiluna. Kokeiluja ei ole tähän mennessä tehty montaa. Näiden mallien on ajateltu olevan erityisesti liikenteen alalla tulevaisuudessa toimivia poliittisia lähestymistapoja päästöjen vähentämiseksi. Hiilidioksidipäästöjen seurannassa voidaan hyödyntää nykyaikaisesti digitalisaatiota ja dataa keräämällä voidaan taas kehittää uusia vähähiilipäästöisiä palveluita. Tällöin on mahdollista liikkumisen datan keräämisen lisäksi myös osallistaa kansalaisia mukaan päästöjen vähentämiseen, mutta myös hallita liikenneneruuhkia liikkumisen seurannan avulla.

Liikenneneruuhkiin liittyy suurentunut liikennepäästöjen määrä kaupunkialueella (Bilotta & Nesi, 2022, s. 2–4). Ajoneuvojen hidastukset ja kiihdytykset lisäävät päästöjä, jolloin ruuhkissa ajamisella aiheutuu suuremmat päästöt kuin sujuvilla ja ruuhkattomilla reiteillä. Liikenteen päästöihin vaikuttaa esimerkiksi ajoneuvojen polttoaineenkulutus, matka-aika, nopeus sekä kiihtyvyys. Ruuhkaisilla reiteillä polttoaineen kulutus on ajotavan vuoksi suurempaa kuin ruuhkattomilla alueilla. EU on asettanut vuotuisille liikennepäästöille rajat, jotka toimivat suuntaviivoina ja tavoitteina päästövähennyksissä. Päästöjen kehitystä pyritään ennustamaan erilaisten työkalujen avulla, jotta mahdollisia korjaustoimenpiteitä liikennepäästöjen vähentämiseksi voidaan suunnitella ajoissa. Kuten Kuokkanen ja muut (2019) mainitsivat, voidaan liikenneneruuhkien kehittymistä valvoa liikenteen seurannalla. Seurantaan tarkoitettuja antureita on Bilottan ja Nesin (2022) mukaan erilaisia, ja niistä saatava tieto riippuu sekä niiden sijoittelusta kaupungissa, että niiden lukumäärästä. Päästöjen mittaaminen tapahtuu joko ilmassa olevien

hiukkasten määrää tai painoa mittaamalla. Antureita voidaan sijoittaa kaupungin kriittisille paikoille kuten pääkatujen varrelle tai rauhallisemmin liikennöidylle alueelle.

Liikenteen päästöihin pyritään vaikuttamaan myös vähäpäästöisiin liikennemuotoihin siirtymällä (Leroutier & Quirion, 2023 s.1–2). Aiempaa suurempia päästövähennyksiä on mahdollista saavuttaa esimerkiksi sähköajoneuvojen, julkisen liikenteen käytön tai pyöräilyn lisääntymisen avulla. Liikenteen päästöjen alentamiseen tähtäävät poliittiset keinot voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään, joita ovat matkustamista ja matkojen pituutta vähentävät, vähäpäästöiset vaihtoehdot sekä ajoneuvojen energiatehokkuuteen vaikuttavat keinot. Nämä keinot ovat yleensä mahdollisia ainoastaan kaupunkialueilla, joilla vähäpäästöiset liikennevälineet ovat yleisesti hyvin toimiva vaihtoehto. Jo olemassa olevan julkisen liikenteen käytön lisääminen on myös keinoista ainoa, jonka toteuttaminen on mahdollista nopealla aikataululla ja ilman muutoksia kaupungin infrastruktuuriin. Ongelmaksi saattaa muodostua kuitenkin se, että kaikilla autoa tarvitsevilla ei ole mahdollisuutta siirtyä käyttämään vähäpäästöisiä vaihtoehtoja. Myös matkustamiseen kuluva aika saattaa muuttua julkista liikennettä tai esimerkiksi sähköpyörää käyttäessä.

Myös julkisen liikenteen päästöihin voidaan vaikuttaa vähentävästi vaihtamalla polttoaineella kulkevat bussit sähköllä kulkeviksi (Mahmout, Garnett, Ferguson & Kanaroglou, 2016, s.1). Sähköbussit voivat olla joko akkukäyttöisiä, hybridejä tai polttokennollisia. Hybridimallisia busseja ei pidetä merkittävästi parempana ympäristön kannalta, sillä ne sopivat vain lyhyen aikavälin tavoitteiden saavuttamiseen. Akku- tai polttokennollisilla busseilla ilmaston vaatimat tavoitteet täyttyvät, mutta molemmat vaativat suuren investoinnin alkuun pääsemiseksi. Sähköbussit ovat ilmastoneutraaleja erityisesti siksi, että sähköntuotanto voidaan toteuttaa uusiutuvaa energiantuotantoa hyödyntäen.

Kaupunkien hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää myös lisäämällä viheralueita esimerkiksi puistoihin ja kadun varsille (Xi ja muut, 2023, s. 2–4). Katujen varsille istutettavat puut ja pensaat ovat merkittäviä elementtejä kaupunkien päästövähentämiseen tähtäävissä toimenpiteissä. On tutkittu, että noin puolen metrin päässä tien reunasta sijaitsevilla viherkasveilla on tehokkain kyky epäpuhtauksien poistoon. Viherkasveille hiilipäästöjen sitomisen sekä jalankulkijoiden ilmanpuhtauden kannalta hyvä sijainti on teiden varsilla joko autotien ja pyöräilykaistan välissä tai vaihtoehtoisesti pyöräilykaistan ja kävelytien välissä, mutta kaupungin ilmaston kannalta puita ja pensaita on hyvä olla useammassa kohdassa.

Kaupungin pyörätieverkostot vaikuttavat siihen, miten paljon väestö hyödyntää päästöttömiä liikkumisvaihtoehtoja lyhyillä matkoilla (Raposo & Silva, 2022). Hyvän pyöräverkoston omaavat kaupungit voivat tarjota kaupunkilaisille vuokrattavia polkupyöriä yhteiskäyttöön pyöräilyn edistämiseksi. Polkupyörien kohdalla sähköpyörät ovat kaupunkilaisten suosiossa, sillä suurin osa pyörien vuokrauksista on huomattu tehtävän sähköpyörille tavallisten sijaan. Kaupunkipyöräjärjestelmän yleistymisellä kaupunki voi vähentää jopa useita kymmeniä tonneja liikennepäästöjä vuodessa. Kaupunkipyörät ovat myös osa liikenteen sähköistystä, joka perustuu liikenteen teknologian kehittämiseen (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023). Julkisen liikenteen, sähköisten kulkumuotojen ja kaupunkipyöräjärjestelmän lisäksi myös etätyön lisääminen vähentää liikennepäästöjä, sillä työmatkoihin kuluva autoilu vähenee (Leroutier & Quirion, 2023 s.1).

### 3.2.2 Rakentaminen

Rakennusten hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä voidaan käyttää erilaisia taloudellisia, sosiaalisia, teknologisia sekä ympäristöllisiä toimenpiteitä tutkimalla

vihreään rakentamiseen liittyviä etuja sekä esteitä (Chen ja muut, 2023). Vihreällä rakentamisella tavoitellaan energian, veden, materiaalien sekä maan säästämistä, minkä lisäksi työmaaympäristön turvaaminen on tärkeää. Rakennusten hiilipäästöjen vähentäminen kuuluu vähähiilisen politiikan kehittämiseen, ja rakennusala on siirtymässä vahvasti vähähiilisyttä kohti (Liang ja muut, 2023). Rakennusteollisuus voi hyödyntää erilaisia teknologioita sekä strategioita, ja ottaa niiden avulla suuria askelia kohti vähäpäästöistä kaupunkiympäristöä. Nykyaikaiset teknologiaratkaisut ja rakennusten peruskorjaus tuovatkin mahdollisuuksia rakennusten hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023).

Rakennusten energiatehokkuus on merkittävässä roolissa kansainvälisten ilmastotavoitteiden tavoittelussa (Economidou, Della Valle, Melica & Bertoldi, 2023). Paikallistasolla voidaan onnistuneisiin energiatoimenpiteisiin vaadittavan rahoituksen saavuttamiseksi luoda yhteyksiä eri alueiden asiantuntijoiden, rahoittajien ja asiakkaiden välille. Rakennusten energiatehokkuuden edistäminen koskee niin julkisia rakennuksia kuin myös asuin- ja liiketoimintarakennuksia. Vanhoista rakennuskäytännöistä johtuen rakennusten energiasta suurin osa menee hukkaan, jonka vuoksi rakennusten peruskorjaus lisää energiatehokkuutta. Peruskorjauksilla pyritään yleensä uusiutuvaa energiaa hyödyntävän teknologian lisäämiseen.

Rakennusten energiatehokkuudella on vähimmäisvaatimuksia, jotka koskevat uusia sekä kunnostettuja rakennuksia (Szcotka, Barwińska-Matajowicz, Szymiczek & Pyrek, 2023). Vähimmäisvaatimukset ovat osa EU:n direktiivejä, jotka sääntelevät energiatehokkuutta rakennuksissa. Energiatehokkuuden edistämässä otetaan huomioon myös kustannustehokkuus sekä vallitsevat olosuhteet niin ulko- kuin sisäilman suhteen. Vuoden 2012 direktiiviin on otettu mukaan vähimmäisvaatimusten lisäksi myös määritelmä ns. lähes nollaenergiarakennukselle. Tällainen rakennus on hyvin energiatehokas ja sen

käyttämä energia on suurimmaksi osin peräisin uusiutuvista energialähteistä. Vuoden 2018 direktiiviin tuli lisäykset esimerkiksi älykkäiden rakennusten vaatimuksesta sekä kunnostusstrategiasta pitkälle aikavälille.

EU:n ohjeistuksen mukaan vuodesta 2028 lähtien tulisi rakennusten olla täysin päästöttömiä, minkä takia rakennusten peruskorjausta pyritään nopeuttamaan aiemmasta sekä vähentää niiden energiankulutusta (Szczotka, Barwińska-Matajowicz, Szymiczek & Pyrek, 2023). Päästöttömyyteen liittyy myös se, että kaikissa uusissa rakennuksissa tulee hyödyntää aurinkoenergiateknologiaa mahdollisuuksien mukaan. Peruskorjattaviin rakennuksiin samat vaatimukset astuvat voimaan vasta vuonna 2032. Kansallisissa määräyksissä tulee noudattaa EU:n ohjeita liittyen energiatehokkuuteen, lämpöparannuksiin sekä uusiutuviin energialähteisiin. Uusiutuvan energian hyödyntäminen on osa päästöjä vähentävää teknologiaa, jonka avulla voidaan arvioida kaupungin siirtymistä päästöttömiin energiaratkaisuihin (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023).

Rakentamisen osalta hiilineutraaliuteen voidaan vaikuttaa myös käytettävien rakennusmateriaalien avulla (Shabhieh, Zaher Serdar, Al-Ghamdi, 2023). Maailman käytetyimpiä rakennusmateriaaleja ovat betoni, sementti ja teräs. Näistä erityisesti sementti- ja terästeollisuus aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä, joita voidaan pyrkiä vähentämistoimenpiteiden avulla hillitsemään haitallisten ympäristövaikutusten pienentämiseksi. Teräksen ja sementin hiilipäästöjen vähentäminen vaatii siirtymistä kestäviin käytäntöihin ja mahdollisesti uusiin, innovatiivisiin menetelmiin. Molemmille materiaaleille kehitetään korvaavia materiaaleja, minkä lisäksi teräksen ja sementin valmistukseen käytettäviä tuotantotekniikoita arvioidaan uudelleen ja mahdollisuuksien mukaan otetaan käyttöön myös uutta teknologiaa, jolla rakennusteollisuudesta tulee vähähiilisempää. Teollisuudessa hiilipäästöjä voidaan vähentää myös polttoaineiden valinnalla, sillä fossiilisten

polttoaineiden korvaaminen esimerkiksi biomassapolttoaineilla, vedyllä tai sähköllä vähentää hiilipäästöjä.

### 3.2.3 Energiatehokkuus ja lämmitys

Energiatehokkuutta pidetään merkittävänä energiankulutusta vähentävänä keinona, joka pienemmän energiankulutuksen myötä vähentää myös hiilidioksidipäästöjä (Moriarty & Honnery, 2023). Energiatehokkuuden lisääminen on sekä kansainvälinen että useassa maassa kansallinen tavoite, jolla ilmastotavoitteisiin pyritään. Energiatehokkuutta on mahdollista parantaa esimerkiksi hyödyntämällä uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä, jolloin esimerkiksi aurinko- tai tuulienergialla tuotettu sähkö on energiankulutuksen kannalta tehokasta. Mikään energiantuotannon muoto ei kuitenkaan ole ympäristön osalta täysin ongelmaton, vaikka hiilipäästöjä aiheutuu vähemmän. Sähköntuotannossa energiatehokkuutta aurinko- ja tuulivoimasta on kuitenkin vaikeaa arvioida, sillä molemmissa tuotantotavoissa energiakustannukset syntyvät lähinnä niissä käytetyistä materiaaleista. Ne ovat kuitenkin sähköntuotannossa nopeimmin yleistyviä sähkönlähteitä, joiden arvioidaan lähitulevaisuudessa tuottavan sähköstä suurimman osan. Aurinkoenergian käyttö on yksi paikallisen tason toimenpiteistä, joita päästöjen vähentämisen eteen voidaan kaupungeissa tehdä (Huovila ja muut, 2022, s. 10).

Kaupungit ja kaupunkialueen rakennukset kattavat lähes puolet maailman energiankulutuksesta, ja voidaankin ajatella kaupunkien luovan oman ilmastonsa (Moriarty & Honnery, 2023). Kaupungeissa lämpötila on yleensä korkeampi kuin kaupungin ympärillä olevalla maaseudulla. Tämä johtuu kaupungissa olevasta suuresta lämpöä vapauttavasta energiankulutuksesta, sillä esimerkiksi pienet kodinkoneet sekä suuret voimalaitokset nostavat kaupungin energiankulutusta ja vapautuvan lämpöenergian määrää.

Lämmityksen energiatehokkuuteen voidaan kaupunkialueilla vaikuttaa esimerkiksi lämpöpumppujen avulla (Vimpari, 2021). Niitä hyödyntämällä saadaan vähennettyä merkittävässä määrin päästöjä sekä kustannuksia, joita rakennusten lämmittämisestä aiheutuu, jolloin ne ovat sopiva ratkaisu erilaisiin hiilineutraaliuden edistämistä varten suunniteltuihin energiatehokkuusohjelmiin. Lämpöpumpuilla lämmitys voidaan toteuttaa kolmella tavalla, joita ovat ilmasta tai vedestä ilmaan tai vaihtoehtoisesti ilmasta ilmaan. Kaksi ensimmäistä ovat sopivia rakennuksiin, joissa on vesikierto, sillä ne lämmittävät vettä. Suoraan ilmaa lämmittävä lämpöpumppu toimii tuskin lainkaan ainoana rakennuksen lämmitysratkaisuna, sillä silloin veden lämmittäminen tapahtuu ainoastaan sähköä käyttäen. Lämpöpumppujen käyttökustannukset pysyvät tasaisina riippumatta kiinteistön sijainnista, kun taas esimerkiksi asuntojen hinnat vaihtelevat paikkakunnan mukaan. Tämä saattaa heikentää halvempien asuntojen omistajien halukkuutta vaihtaa lämmitysmuodoksi lämpöpumppu, sillä asuntojen hintojen kehitys on epävarmaa ja remontointi kallista.

On lisäksi huomattu, että ilmansaasteilla on negatiivinen vaikutus myös energiatehokkuuteen (Kuang, Tan & Zhang, 2023). Tämän vuoksi kaupunkialueilla ilmansaasteiden vähentäminen parantaa kaupungin energiatehokkuutta, jolla on taas positiivinen vaikutus ilman puhdistumiseen ja ilmastoon. Energiatehokkuuden parantamisessa voidaan lisäksi monin osin hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa (Ziozias, Kontogianni & Anthopoulos, 2023). Teknologia on mahdollista integroida eri energijärjestelmiin ja rakentaa kaupungin infrastruktuuri teknologiaan perustuvaksi.

### 3.2.4 Kiertotalous

Energiatehokkuus on ilmaston puhtauden ja kestävyyskannalta hyvä kehityskohde, jonka saavuttaminen itsenäisesti on vaikeaa ilman kaupungin ilmastotoimia eri osa-alueilla (Chang, 2023). Energiatehokkuuteen onkin yhteys myös kiertotaloudella. Tällöin kiertotalous ja energiatehokkuus muodostavat yhdenlaisen kokonaisuuden, jonka avulla hiilipäästöjä saadaan laskettua lähemmäs kansainvälisesti ja kansallisesti vaadittua tasoa. EU on myöntänyt rahoitusta ylikansalliseen energiaverkostojen rakentamiseen, ja tehokkuutta voi arvioida yhdessä energiatehokkuuden sekä kiertotalouden vaikuttavuuden mukaan. EU:n rahoittama, mukaan lähteneet kaupungit kattava kaikille valtioille vapaaehtoinen Horisontti Eurooppa -ohjelma keskittyy kehittämään hiilineutraaleja ja älykkäitä kaupunkeja (Möslinger, Ulpiani & Vettters, 2023). Kiertotaloudella ja jätehuollolla on merkittävä rooli kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä ja sitä kautta myös kaupunkien hiilineutraaliustavoitteissa.

Kaupungistumisen lisääntyessä myös kaupungeissa olevan jätteen määrä kasvaa, minkä vuoksi niiden kerääminen ja uudelleenkäyttö on yksi merkittävimmistä keinoista vähentää hiilipäästöjä (Möslinger, Ulpiani & Vettters, 2023). Jätepolitiikkaan kuuluu toisinaan myös jäteveden käsittely, jota kohtaan on huomattu kasvavaa kiinnostusta kaupunkien keskuudessa. Kiertotalouden avulla tuotteiden tuotanto vähenee materiaalien uudelleenkäytön myötä, jätteen kuljetus on vähäisempää ja jätteen hävitykseen yleisesti liittyvät päästöt vähenevät. Jätteiden tuoton välttämiseksi kaupungeissa voidaan esimerkiksi kieltää kertakäyttömuovin käyttö kaupungin rakennuksissa sekä kaupungin julkisissa tapahtumissa ja tilaisuuksissa. Tärkeimmät kaupunkien kiertotalouteen liittyvät toimet liittyvät siis jätteiden välttämiseen, keräykseen ja kierrättämiseen. Suuri osa kaupungissa syntyvästä jätteestä on biojätettä ja rakennusjätettä, joiden ehkäisyyn kaupungeissa tulee panostaa huolellisesti.

## 4. Helsingin ja Lahden ilmastotoimenpiteet

Yllä kerroin niistä keinoista, joita kaupungit voivat tehdä saavuttaakseen monitasoiset ilmastotavoitteet. Kaupungit toteuttavat paikallisesti omia tavoitteitaan, jolloin myös alueelliset sekä kansalliset ja sitä myöten kansainväliset tavoitteet toteutuvat. Kaupungit voivat vaikuttaa paikallisesti sekä liikenteeseen, kiertotalouteen, lämmitykseen ja jäähdytykseen, maankäyttöön että uusiutuvan energian käyttöön yhdessä useiden eri yhteistyöverkostojen kanssa. Alempana olen käsitellyt tutkimuskaupunkieni osalta teoriasta nousseita merkittävämpiä ilmastotoimia, joilla kyseiset kaupungit tavoittelevat ilmastopoliittisia hiilineutraaliustavoitteitaan tavoitevuosiin mennessä.

Kuten aiemmin kerroin, on Helsingin ja Lahden kaupungeilla omat hiilineutraaliustavoitteet sekä tavoiteaikataulut niiden toteuttamiseen. Helsingin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä ja Lahden tavoite on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2025 mennessä, ja nämä tavoitteet vaativat molemmilta kaupungeilta merkittäviä toimenpiteitä. Seuraavana käyn tarkemmin läpi teoriassa käsitellyt ilmastotoimenpiteisiin liittyvät teemat niitä Helsingin ja Lahden ilmastotoimiin peilaten.

### 4.1 Helsingin kaupungin paikalliset toimenpiteet

Helsingin kaupungin kunnianhimoinen päästövähennystavoite perustuu aiempiin sekä nykyisiin tilastoihin päästöjen kehityksestä (Huovila ja muut, 2022, s. 10). Aiempien tietojen mukaan hyödynnetään kuitenkin myös ennusteita muutoksista, päästöistä sekä energian tarpeesta. Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi kaupunki vaatii merkittäviä investointipäätöksiä, uusien energiamuotojen käyttöönottoa sekä poliittisiin toimiin sitoutumista sekä älykkään politiikan hyödyntämistä. Merkittävimmät päästöjen lähteet Helsingin alueella ovat lämmityksestä,

liikenteestä sekä sähköstä aiheutuvia. Näiden teemojen mukaisiin päästöjen vähentämiseksi on tehty erilaisia toimia, joilla päästöjä on pyritty saamaan laskuun (Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma, 2022, s. 5). Toimet liittyvät erityisesti liikenteeseen sekä energiatehokkuuteen, mutta myös sähkön- sekä lämmöntuotannon ympäristövaikutuksia on huomioitu. (Helsingin ilmastoteot, 2024). Nykyiset käynnissä olevat toimenpiteet on jaoteltu kolmeen erilliseen luokkaan, joita ovat päästöjä vähentävät, päästövähennyksiä mahdollistavat välttämättömät toimenpiteet sekä toimet, jotka vaativat vielä lisävalmistelua ennen kuin niitä voidaan käyttää kahden muun toimenpideluokan valmisteluun.

Hiilineutraali Helsinki -ohjelmaan kuitenkin kuuluu tavoitteita kohti eteneminen, joten kaupunki päätyi ohjelman päivitykseen, jotta sen oli mahdollista vastata hiilineutraaliustavoitteisiin ja haastavaan päästötilanteeseen aiempaa paremmin (STT Info, 2022b). Samalla todettiin kehityksen tapahtuvan oikeaan suuntaan, mutta eteneminen kuitenkin tapahtui tavoitteisiin nähden liian hitaasti. Päivitetyssä ohjelmassa merkittävässä roolissa on vaikuttavuus, jolloin suoriin päästövähennyksiin johtavat toimet ovat priorisoituja. Kaupungin vaikutusvalta ulottuu erityisesti rakentamiseen, liikkumiseen sekä erilaisiin energiaratkaisuihin liittyvät toimenpiteisiin. Erityisesti liikenteen osalta kaupungissa on jääty useilla osa-alueilla tavoitteista jälkeen, jolloin liikenteen huomioimisella tulevissa päästövähennysohjelmissa on merkittävä osa päästöjen tavoitteiden mukaisessa vähentämisessä kaupunkiliikenteeseen liittyen.

Tavoitteista jäämisen vuoksi kaupungin tulee selvittää tarkemmin, mitkä ovat juuri niitä päästövähennyskeinoja, joihin se pystyy kaikkein eniten itse vaikuttaa (STT Info, 2022b). Liikenteen päästövähennyksiä on pyritty tekemään esimerkiksi verotustoimien avulla. Autoiluun liittyvät verot koskevat suurinta osaa väestöstä, ja erilaisia veroja ovatkin esimerkiksi auton käyttöperusteinen vero, johon kuuluvat sekä ajoneuvovero että liikennepolttoaineiden verotus ja hankintaperusteinen vero eli autovero (Konttinen, 2019). Helsingin kaupungissa on myös laaja julkisen

liikenteen verkosto, joka ulottuu ympäri pääkaupunkiseutua esikaupunkialueelle sekä naapurikaupunkeihin. (Helsingin kaupunki, 2024).

#### 4.1.1 Rakentaminen

Kaupungilla on useita energiatehokkuuteen liittyviä toimia, joihin kuuluu esimerkiksi hiilijalanjäljen huomioiminen rakentamisessa sekä puun suosiminen rakennusmateriaalina, minkä lisäksi rakennusvalvonnassa keskitytään ja ohjataan uusiutuvan energian käyttöön sekä energiatehokkaisiin ratkaisuihin (Helsinki, 2024). Kaupungin päästövähennystavoitteilla on vaikutusta myös kaupunkirakenteeseen, sillä kaupunginosat pyritään suunnittelemaan aiempaa tehokkaammin hiilineutraaliuden tavoitteiden mukaan. Myös päästöttömiä energialähteitä, kuten tuuli- sekä lämpöenergiaa on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa aiempaa enemmän, joten kaupungin on tehtävä tilavarauksia kyseisten energiatyyppien käytön lisääntyessä uusia tilavarauksia niiden tuotantoa varten.

Helsingin alueella on aloitettu useita rakentamiseen ja lämmitykseen liittyviä toimia (STT Info, 2022b). Esimerkiksi erilaisissa infrahankkeissa käytetty betoni on päätetty vaihtaa aiempaa vähäpäästöisemmäksi ja Helsingin kaupungin toimitilojen ilmanvaihto on säädetty tarpeenmukaiseksi. Samoin lämmitysratkaisut on päädytty kehittämään aiempaa tehokkaammiksi sekä kaupungin ulkovalaistuksen käytössä on siirrytty led-valaisinten hyödyntämiseen. Myös rakennusten energiatehokkuuteen on panostettu jo ennen vuoden 2022 toimenpide-ehdotuksia, ja toimenpiteitä jatketaan edelleen. Tulevissa rakennushankkeissa hyödynnetään uusiutuvia energialähteitä kuten aurinkoenergiaa sekä maalämpöä, minkä lisäksi nykyisissä uusissa sekä peruskorjattavissa rakennuksissa korostetaan niiden energiatehokkuutta (STT Info, 2022b). Kaupungin toimet ovat hyvin laajoja, sillä energiatehokkuutta sekä rakentamista koskevat vaatimukset vaikuttavat kaikkiin

Helsingin kaupungin alueella oleviin palvelurakennuksiin, toimitiloihin sekä kaupungin omiin asuinrakennuksiin (Helsinki, 2024).

#### 4.1.2 Energia ja lämmitys

Helsingin kaupungin alueella merkittävästi suurimman osan suorista päästöistä aiheuttaa lämmitys (Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma, 2022, s. 5). Lämmityksestä aiheutuvien päästöjen suuruus määräytyy sen mukaan, millainen on käytettävän lämmön määrä, sekä lämmön tuotannosta aiheutuva päästökerroin. Näihin on myös mahdollista vaikuttaa kaupungin omilla toimenpiteillä, sillä lämmön määrää voidaan lisätä erityisesti parantamalla energiatehokkuutta, ja lämmön tuottaminen päästökerrointa alentavasti on mahdollista tuottamalla lämpöä sellaisilla tuotantomuodoilla, jotka ovat päästöttömiä. Kaupungin lämmityksestä aiheutuvista päästöistä suurin osa syntyy käytettäessä kaukolämpöä, sillä hieman yli 90 prosenttia päästöistä on ainoastaan kaukolämmön käytöstä aiheutuneita.

Lämmityksestä aiheutuneet päästöt ovat pienestä vaihtelusta huolimatta olleet viime vuosikymmenten ajan nousussa, ja riittävillä toimenpiteillä nousua voidaan yrittää jatkossa hillitä. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi aiemmin mainitsemistani päästöjä vähentävistä toimenpiteistä led-valaisinten lisääntyvä käyttö sekä kaupungin toimitilojen sisälämpötilan alentaminen (Helsingin ilmastoteot, 2024). Päästövähennyksiä mahdollistavat toimenpiteet ovat välttämättömiä päästöjen vähentämisen kannalta, vaikka kyseisen luokan toimenpiteillä ei itsessään ole suoraa vaikutusta päästöjen vähentämiseen. Välttämättömiä päästövähennyksiä voidaan tehdä esimerkiksi kehittämällä kiinteistöjen energiaratkaisuihin liittyvien prosessien kilpailuttamista. Lisäselvitystä vaativia toimia lämmityksen ja energiatehokkuuden osalta ovat esimerkiksi kaupungin kiinteistöjen perusparannusten ulkopuolisten energiatehokkuuteen tähtäävien parannusten

tehostaminen. Kyseiset päästövähennyksiin tähtäävät toimet ovat tähän mennessä edistyneet vähintäänkin kohtuullisen hyvässä aikataulussa.

Lämmityssektorille kuuluvia toimenpiteitä on tehty jo aiempien linjausten aikaan energialuokkien edellytyksiin. Energialuokat on määritelty lasketun E-luvun, eli energiatehokkuuden vertailuluvun mukaan (Motiva, 2022b). E-luvun avulla voidaan selvittää rakennuksen lämmitykseen vuosittain tarvitsema ostoenergiankulutus. Kaupungin toimitilojen suunnittelussa pyritään siihen, että E-luku pienenee alkuperäisestä luvusta jopa useita kymmeniä prosentteja, mutta myös asuinkerrostaloille edellytetään aiempaa korkeampaa energialuokkaa.

Kun verrataan lämmön kulutusta vuodesta 1990 vuoteen 2021 huomataan, että kulutus ei ole merkittävästi muuttunut vuosien varrella (Hiilineutraali Helsinki - päästövähennysohjelma, 2022, s. 6). Lämmitysenergiaksi voidaan seurannassa laskea kaukolämpö sekä öljylämmitys. Lämmitykseen kulunutta sähköä ei ole otettu lämmitysenergian seurannassa huomioon, sillä se on sisällytetty lämmityskulujen sijasta sähkön kulutukseen. Tehtyjen kokonaispäästöjä koskevien arviointien mukaan kaukolämmön kulutus ei tule lähtemään laskuun. Jos kuitenkin kaukolämpöön kuluneita kokonaispäästöjä saadaan laskettua noin kymmenen prosenttia nykyiseen verrattuna, laskee se vuoden 2030 kokonaispäästöjä lähes 10 prosenttia. Tämä tarkoittaisi noin kahden prosentin päästöjen vähenemää verrattuna vuoteen 1990.

Vaikka kaupungin voimakas kasvaminen tarkoittaa myös lisäenergian tarvetta, on lisäenergian kulutuksesta onnistuttu leikkaamaan erilaisilla energiatehokkuustoimilla (Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma, 2022, s. 6). Systemaattisia toimia energiatehokkuuden parantamiseksi on tehty vuodesta 2020 saakka, mutta tehtyjen toimien vaikutuksia ei kuitenkaan ole nähtävissä rakentamisen pitkän syklin vuoksi vielä nykyisessä kehityksessä. Voidaan kuitenkin jo tässä vaiheessa olettaa, että tehtyjen energiatehokkuustoimien seurauksena

energian tarve kääntyy tulevaisuudessa laskuun jonkin sopivaksi valitun tarkasteluajavälin sisällä.

Helsingin kaupungin alueella sijaitsevista rakennuksista on vain pieni osa kaupungin omistuksessa. Tällöin on päästövähennysten kannalta merkittävää, saako kaupunki organisaatiot ja kaupungin asukkaat mukaan vähennyksiin (Helsinki, 2024). Suurin osa päästöistä aiheutuu kaupunkilaisten tavallisesta elämisestä, joten päästövähennystoimenpiteisiin kaikkien toimilla on merkitystä (Helsingin ilmastoteot, 2024). Kaupungin omistaman rakennuskannan ollessa vähäinen, ei päästövähennyspotentiaali rakennusten energiatehokkuudesta ole kuin hieman yli 10 prosenttia (Helsinki, 2024). Rakennusten omistajien kannalta päästövähennystoimista on pitkän aikavälin kuluessa suurin osa kuitenkin kannattavia taloudellisesta näkökulmasta katsottuna, minkä lisäksi rakennuksista tulee myös aiempaa viihtyisämpiä, kun huomioidaan esimerkiksi asumisviihtyvyyttä.

Helsingissä otettiin vuonna 2019 käyttöön Nuuka-järjestelmä, joka on eräänlainen moderni, reaaliaikaisesti toimivaa kiinteistödataa keräävä alusta (Helsingin kaupunki, 2019, s. 28–30). Nuukassa toimii energiankulutusseuranta, jonka piiriin on liitetty kaupungin omistamat palvelukiinteistöt, minkä lisäksi järjestelmään on integroitu kiinteistöihin vahvasti liittyviä datalähteitä, kuten käyttäjätyytyväisyyttä mittaava sovellus sekä sisäolosuhteita mittaavia sensoreita. Järjestelmä kattaa noin 600 kiinteistöä eri puolilla Helsinkiä. Kerättyä dataa voidaan hyödyntää, kun halutaan esimerkiksi varmistaa taloteknisten järjestelmien toimivuutta. Sähköyhtiö Helen sekä Helsingin kaupungin asunnot Oy (Heka) perustivat vuonna 2018 Kiinteistövahti-nimisen palvelun, joka sittemmin laajentunut myös muualle maahan. Kiinteistövahti toimii analysoimalla lämpötilasta ja rakennuksen ilmakehän kosteudesta saatavaa tietoa, jolloin saadaan selville missä vaiheessa rakennusta lämmitetään liikaa tai liian vähän (Helen, 2023). Palvelun avulla voidaan

saavuttaa jopa 10 prosentin säästöjä lämmityskustannuksista ja taloyhtiön energiankulutus vähenee.

Osana hiilineutraaliustavoitetta Helenin on tarkoitus luopua vuoteen 2030 mennessä täysin kivihiilen käytöstä energiantuotannossa korvaten sen maakaasulla. (Kestävä Helsinki, 2024). Kivihiltä on käytetty erityisesti kaukolämmön ja sen myötä myös sähkön tuottamisessa (Helen, 2022). Kivihiilen käytön vähenemistä vauhdittaa kuitenkin vuonna 2029 voimaan tuleva laki, joka edellyttää kivihiilen käytön lopettamista kokonaan. Kivihiilen kieltö liittyy kansallisen energia- ja ilmastostrategian vuoteen 2030 mennessä toteutettavaan päästövähennystoimeenpanoon (Valtioneuvosto, 2019b). Kivihiilen on tarkoitettu olevan ensimmäinen fossiilinen polttoaine, josta energiapolitiikan tavoitteiden vaikutuksesta luovutaan. Helenin pyrkimyksenä on kivihiilen sijasta käyttää kaupungin lämmitystarpeisiin useita eri lähteitä, joita ovat pääasiassa erilaiset lämpöpumput (Helen, 2022). Helen on lämmön- ja sähköntuotannossaan jo päässyt hyödyntämään hukkaenergiaa, jota on saatu talteen esimerkiksi jätevesistä, teollisuuden prosesseista sekä kiinteistöistä. Lisäksi kehityskohteena on energian varastointi, jolloin esimerkiksi kaukolämpövettä voidaan varastoida sille rakennetuille paikoille.

Sähkö on Helsingin kaupungin kolmanneksi suurin päästöjen aiheuttaja (Helsingin ilmastoteot, 2024). Sähköntuotannon suhteen päästöt ovat kuitenkin olleet selvässä laskussa, sillä laskelmien mukaan koko Suomen sähköstä jo lähes 70 prosenttia on tuotettu tavalla, josta ei aiheudu hiilidioksidia. Helsingissä sähkön kulutus on erityisen huomattavaa palveluiden käytössä, sillä yli puolet sähkönkulutuksesta on sekä julkisten että yksityisten palveluiden kuluttamaa (Pääkaupunkiseudun ilmastostrategia 2030, 2007, s. 30). Palveluiden sähkönkulutus on kasvanut esimerkiksi lisääntyneellä rakennusten käyttöajalla, mutta toisaalta voidaan ajatella kaupungin tilojen monipuolisen käytön olevan energiatehokasta uusien rakennusten vähäisemmän rakentamistarpeen ansiosta.

Sähkönkulutus on pääkaupunkiseudulla laskenut lähes koko 2000-luvun ajan (Tableau Public, 2022). Sähkönkulutus on Helsingissä laskenut lähes 70 prosenttia 2000-luvun alun aikaiseen kulutukseen verrattuna. Selvästi suurin osa sähkönkulutuksesta on kulutussähköä, kun taas raideliikenteen osuus sähkönkulutuksesta on hyvin vähäistä. Myös lämmitykseen kuluvan sähkön määrä on ollut laskusuuntaista koko vuosituhaten alun. Lämmityksessä sähköä kuluu sekä sähkölämmitykseen että maalämmön käyttöön. Vuonna 2022 palveluista aiheutui yli 90 prosenttia enemmän päästöjä kuin teollisuudesta. Helsingissä sähköä kuitenkin tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä kuten vesi- ja tuulivoiman avulla (Helen, 2023). Vesivoimalla sähköä tuotetaan joista kuten Kemijoki ja Kymijoki, mutta vesisähköä saadaan myös Ruotsista. Näiden lisäksi sähköä tuotetaan myös ydinvoimalla, ja ydinenergian lähteenä energiayhtiö Helen käyttää Olkiluodon ydinvoimalaa. Aurinkosähkön osuus Helsingin sähköntuotannossa on kokonaisuudessaan melko pieni, mutta koko Suomen mittakaavassa Helsingin aurinkovoimaloissa tuotetaan merkittävä osa maan aurinkosähköstä.

#### 4.1.3 Liikenne

Helsingin seudulla liikenne on toiseksi suurin päästöjen aiheuttaja, sillä lähes neljäsosa kaupungin päästöistä on liikenteen synnyttämiä (Hiilineutraali Helsinki - päästövähennysohjelma, 2022, s. 6). Liikenteen aiheuttamista päästöistä lähes kaksi kolmasosaa on arvioitu aiheutuvan henkilöautoliikenteestä, kun taas raskaan liikenteen osuus kaikista liikennepäästöistä on vain vajaa viidesosa. Laivaliikenteestä aiheutuneita päästöjä tulee lähes 20 prosenttia, kun taas linja-autoliikenne aiheuttaa vain alle 10 prosenttia kaupungin päästöistä. Kun verrataan liikenteen päästöjen tilannetta vuodesta 2005 lähtien, vuoden 2021 aikana liikenteen päästöjen on huomattu olevan laskussa.

Lasku ei kuitenkaan ole ollut oletusten mukaista, sillä arvioiden mukaan vuoteen 2030 mennessä pitäisi liikenteen päästöjen olla vuoteen 1990 verrattuna lähes puolet sen

aikaisista päästöistä (Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma, 2018, s.29). Jotta päästövähennystavoitteisiin päästäisiin, pitäisi Helsingin kaupungin liikenteen päästöjen laskea tavoitteen mukaisesti noin 60 prosenttia vuoteen 2030 mennessä, minkä lisäksi vuoteen 2035 mennessä liikennepäästöjen pitäisi olla vertailuvuoteen nähden jo lähes 70 prosenttia matalammat. Laskelmien mukaan vuonna 2030 liikenteen päästöjä tuotettaisiin noin 220 000 tonnia, joka on liian vähän tavoitteen saavuttamiseksi (STT Info, 2022a).

Myös liikennesektorin päästövähennystoimenpiteitä on luokiteltu aiemmin mainittujen päästöjä vähentävien, välttämättömien päästöjä mahdollistavien sekä lisäselvitystä tarvitsevien toimenpiteiden mukaan (Helsingin ilmastoteot, 2024). Toimenpiteiden eteneminen on myös vähintään kohtuullisessa aikataulussa kuten oli myös lämmityksen osalta. Nyt käynnissä olevat liikennesektorin toimenpiteet kuuluvat kokonaan päästövähennyksiä mahdollistaviin tai lisäselvitystä vaativiin toimiin. Käynnissä oleva päästövähennyksiä mahdollistava toimi on esimerkiksi sähköautojen ennusteiden mukaisen määrän mukainen latauspisteiden rakentaminen. Selvitystä vaativa toimenpide on esimerkiksi selvitys liikennettä koskevista päästövähennyskeinoista. Sen eteneminen on kuitenkin vasta kohtuullisella tasolla.

Nykyisten toimenpiteiden lisäksi on myös aiempien linjausten mukaisia toimenpiteitä kesken (Helsingin ilmastoteot, 2024). Vaikka suurin osa toimenpiteistä on aikataulussa, on haasteita kohdattu erityisesti tavoitteessa vaihtaa henkilöautokantaa sähköautoihin. Syynä autokannan hitaaseen vaihtuvuuteen pidetään muun muassa aiemmin mainittua sähköautojen latauspisteiden rakentamista, sillä se ei ole tapahtunut autokannan vaihtumisen kannalta riittävän nopeasti. Toisaalta hyvin etenevä toimenpide on pyöräilyn edistämiseen suunnitellun ohjelman toteuttaminen.

Liikenteen hiilidioksidipäästöjä seurataan vuosittain (Traficom, 2023). Tieliikenteen päästöt ovat olleet jo selvässä laskussa verrattuna lähes 20 vuoden takaiseen tilanteeseen, mutta vähennystarve on edelleen huomattava. Tällä hetkellä ei vielä ole

keksitty sellaista tekniikkaa, jolla hiilidioksidi pystyttäisiin poistamaan pakokaasuista kokonaan. Liikenteen päästöjen voidaan katsoa syntyvän kolmesta eri syystä (Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma, 2018, s.35). Näitä ovat yksikköpäästöt eli päästöt, jotka syntyvät kutakin kuljettua kilometriä kohden, matkasuorite eli kuljettu matka kilometreissä sekä kulkumuotojakauma, joka kertoo millä kulkuneuvolla matka on tehty. Ajoneuvon aiheuttamien päästöjen määrä on suoraan verrannollinen siihen, minkä tyyppistä polttoainetta käytetään ja paljonko sitä kulutetaan. Kulutuksen kasvaessa kasvavat siis myös päästöt.

Vero- ja sääntelymuutokset ovat kuluttajien käyttäytymisen ohjaamisen kannalta tehokkaita keinoja myös liikennepäästöjen osalta (Konttinen, 2019). Liikennepolttoaineiden energiaverotusta on uudistettu jo vuonna 2011 ympäristöperusteiseksi (VNS, 2017, s. 52). Uudistuksessa litroihin pohjautuva valmistevero muutettiin hiilidioksidiveroksi, joka perustuu polttoaineen energiasisältöön ja polttoaineen poltosta muodostuvaan hiilidioksidiin. Autoveroprosenttia henkilöautoille ja pakettiautoille on porrastettu hiilidioksidipäästöjen mukaan, jotka vastaavat auton polttoaineen kulutusta. Myös sähköauton ollessa kyseessä sovelletaan tätä päästöihin perustuvaa verotusta, mutta silloin ajoneuvovero on pienin mahdollinen. Koska henkilöautoliikenne aiheuttaa valtaosan Helsingin päästöistä, on tehokkain keino päästöjen vähentämiseksi vähentää henkilöautoilun määrää (Hiilineutraali Helsinki - päästövähennysohjelma, 2022, s. 6). Vaikka yksikköpäästöt ovat raskaan kaluston liikenteellä ajoneuvokohtaisesti suuremmat, eivät ne niiden henkilöautoliikennettä vähäisemmän matkasuoritteen vuoksi aiheuta päästöjä yhtä paljon. (Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma, 2018, s. 35).

Helsingin kaupungilla on verotukseen liittyvä keino liikenteestä aiheutuvien päästöjen vähentämiseen työmatkaliikenteessä (HSL, 2023). Helsingin seudun liikenne (HSL) tarjoaa yrityksille mahdollisuuden antaa työntekijöilleen työsuhdematkalipun, jota työntekijä voi käyttää julkisissa kulkuneuvoissa kodin ja työpaikan välillä. Työsuhdematkalippujen hankinnasta on tehty yritykselle verovähennyskelpoisia, jolloin

työnantaja voi hyötyä edun tarjoamisesta. Etu voidaan tarjota koko vuodeksi tai esimerkiksi niin, että työntekijä maksaa osan lipun hinnasta itse. Työmatkaetu voi olla esimerkiksi vaihtoehto palkankorotukselle, sillä työntekijän palkkaa korottaessa se aiheuttaa lisäkuluja sekä työnantajalle että -tekijälle, mutta työmatkaetu ei aiheuta lisäkuluja, jos se tarjotaan työntekijälle paikan päällä. Työmatkalippu ei ole myöskään työntekijälle verotettavaa tuloa.

#### 4.1.4 Kiertotalous

Helsingissä on aloitettu innovaatiohaaste, jonka avulla pyritään vaikuttamaan rakentamisen kiertotalouteen (Motiva, 2024). Kiertotalousklusteriksi kutsutun haasteen avulla kaupunki voi tarjota tilaisuuden uuden kehittämiseen antaen siihen osallistuville toimijoille mahdollisuuden pilotoida omaa palveluaan tai tuotettaan sekä tarjota ratkaisujen kehittämiseen tukea. Kiertotalousklusteri keskittyy pääasiassa rakentamiseen kiertotalouteen, sillä Helsingillä on merkittävä rooli sekä rakentajana, rakennuttajana että tilaajana (Testbed Helsinki, 2020). Rakennusalan yrityksistä monet toimivat pääkaupunkiseudulla, jossa materiaalivirrat ovat suuret mutta kuljetuskustannukset eivät. Kuten aiemmin kerroin, vaikuttaa muun muassa kaupunkien läpi kulkevat materiaalivirrat siihen, millaisia kiertotalouden ratkaisuja kaupungissa voidaan tehdä. Helsingin tapauksessa kannattavaa on juuri rakennustuotteiden uudelleenkäyttö ja kierrätys sekä niiden jalostus uusiomateriaaleiksi (Testbed Helsinki, 2020). Helsinki edistää innovaatio- ja liiketoimintaa kiertotalouden osalta tuomalla yhteen rakennusalan toimijoita, jotta uusia liiketoimintamahdollisuuksia voidaan kehittää yhteistyön voimin.

Kiertotalousklusterin toteuttamiseen vaaditaan paljon osaamista ja rakennusalan toimijoiden panostusta (Testbed Helsinki, 2020). Klusteriohjelmalla voidaan vaikuttaa koko rakentamisen elinkaareen alkaen suunnittelusta kiertotalous huomioiden, jonka jälkeen tuotteiden elinkaari pyritään pitää mahdollisimman

pitkänä. Rakennusten purkaminen toteutetaan niin, että rakenteet ovat ehjiä ja voidaan tehdä pilottikokeiluja niiden käyttämisestä uuden rakentamisessa. Rakennusmateriaalien vähäinen hävitys ja mahdollisimman suuri kierrätysmäärä lisäävät kiertotalouden toteutumista. Uusia kiertotaloutta tukevia työkaluja sekä kaikille rakennusalan ammattilaisille kiertotalouteen keskittyvää koulutusta tarjoamalla saadaan myös tarvittava osaaminen kasvuun.

Kiertotalousklusteri tarjoaa pilottihankkeiden avulla uudenlaista tietoa sekä kokemusta, mitä ei muualta helposti saa (Motiva, 2024). Haasteen avulla osallistujat voivat laajasti sekä lisätä että syventää yhteistyötä eri toimijoiden kanssa. Innovaatiohaaste on perustettu sellaisella periaatteella, että kaikki osallistujat hyötyvät osallisuudestaan jollakin tavalla, jolloin osallistua on helpompi houkutella haasteeseen mukaan ja osallistuvat toimijat ovat kiinnostuneita kehittämään rakentamisen kiertotalouden innovaatioita sekä antamaan ja ottamaan vastaan palautetta ja oppimaan toisilta. Kiertotalousklusterin tavoitteena on, että innovaatiohaasteessa kehitettyjen ratkaisujen tulee olla sellaisia, että niistä voivat hyötyä tulevaisuudessa erilaiset toimijat eikä vain Helsingin kaupunki itse.

Kiertotalousklusterin lisäksi Helsingin kaupungilla on myös muunlaisia, teemoittain järjestettyjä kiertotalouteen tähtäviä toimenpiteitä (Kiertotalousvahti Helsinki, 2024). Teemoja ovat rakentaminen, ympäristötietoisuus ja kestävä kulutus sekä hankinnat. Jokaisen teeman alle kuuluu erilaisia toimenpiteitä, joiden aikataulussa pysymistä seurataan aktiivisesti. Rakentamisen toimenpiteisiin kuuluu edellisissä kappaleissa kerrotun kiertotalousklusterin mukaisia toimenpiteitä, kuten liiketoiminnan kehittäminen rakentamisen kiertotalouden osalta, kiertotalouden huomioiminen purkuhankkeissa sekä purkumateriaalien uudelleenkäytön edistäminen. Myös kiertotalouden huomioon ottaminen rakentamisen suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheissa sekä rakennusmateriaalien kiertotalouden mukainen käyttö kuuluvat rakentamisen toimenpiteisiin.

Ympäristötietoisuuden ja kestävän kulutuksen teemaan kuuluvat erilaiset tavaroihin ja palveluihin sekä ruokahävikkiin liittyvät toimenpiteet (Kiertotalousvahti Helsinki, 2024). Toimenpiteiden avulla pyritään vähentämään hävikkimateriaalien sekä hävikkiruoan määrää sekä hyödyntämään niitä mahdollisuuksien mukaan. Toimenpiteillä edistetään myös palveluihin sekä tavaroihin liittyvän yhteiskäytön mahdollisuutta. Lisäksi toimilla edistetään tietoutta kiertotaloudesta esimerkiksi koulutuksien avulla. Hankintojen teeman toimenpiteisiin kuuluu kaupungin hankintoihin liittyvien tuotteiden kestävyys edistäminen sekä ulkokalusteiden vaihtoehtoisten materiaalien selvittämishanke. Hankintojen toimenpiteillä pyritään lisäämään myös tietoutta kriittisten materiaalien osalta. Lisäksi selvitetään keinoja, joilla voidaan parhaalla tavalla hyödyntää palveluhankintojen potentiaalia. Kaikki hankkeet ovat tällä hetkellä eri vaiheissa aina aloittamattomasta toimenpiteestä suunnitteluvaiheeseen sekä toteutusvaiheeseen, mutta kaikki ovat toteutumassa aikataulun mukaisesti.

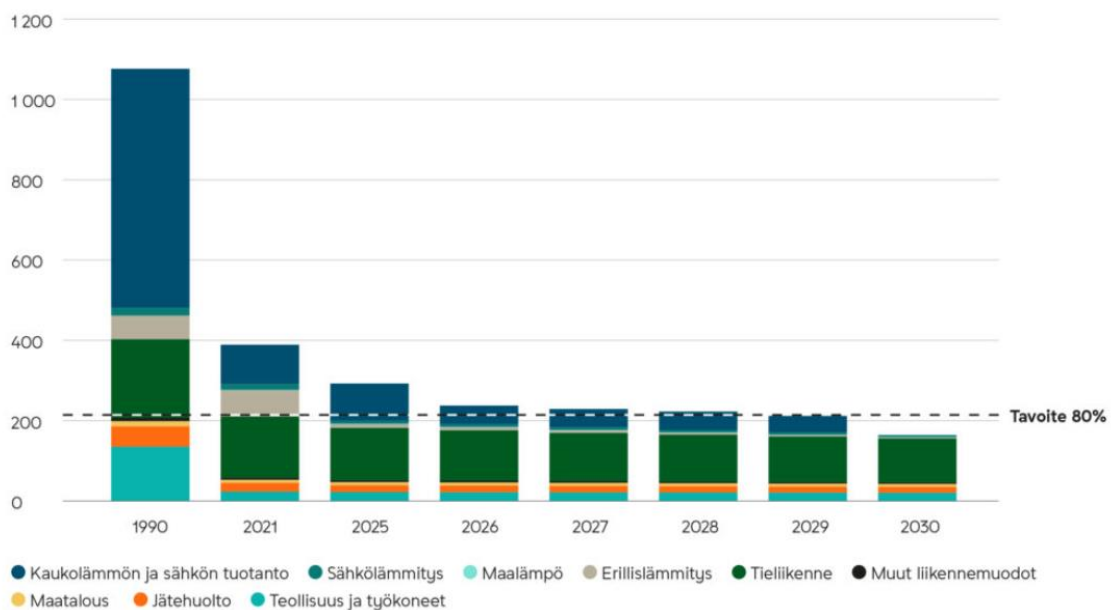
## 4.2 Lahden kaupungin paikalliset toimenpiteet

Ympäristöpääkaupunki toimii esimerkkinä muille Euroopan kaupungeille, ja oman vuotensa aikana kaupungista tuodaan ilmi parhaita ympäristöratkaisuja kannustaen laajasti niin yrityksiä, asukkaita kuin yhteisöjäkin toimimaan rohkeiden ympäristötekojen tekoon tähtäävällä tavalla (Greenlahti, 2024). Myös Lahden tehtävänä on näyttää sekä kansainvälisesti Euroopassa, että kansallisesti Suomessa maamme muille kaupungeille, miten se aikoo toteuttaa hiilineutraaliuden tavoitteensa vuoteen 2025 mennessä.

Tähän mennessä kaupungissa on muun muassa uudistettu jätehuoltojärjestelmä sekä joukkoliikenne, tehty luonnonsuojelualueita jo 1000 hehtaarin verran, otettu käyttöön ensimmäinen henkilökohtainen päästökauppa maailmassa sekä yhdistetty kaupunkiliikkumisen ohjelma yleiskaavaprosessiin (Greenlahti, 2024).

Tulevaisuudessa vuonna 2050 Lahden kaupunki on asettanut tavoitteekseen olla myös jätteen kierrätyskaupunki.

Lahden kasvihuonekaasupäästöt ovat viimeisimmän 30 vuoden aikana laskeneet lähes 70 prosenttia lähtötilanteesta (Lahti, 2023). Alla olevassa kuvassa näkyy skenaarioiden mukainen päästöjen muutos vuodelle 2030 saakka. Päästöjen kehityksen on arvioitu olevan laskusuuntaista myös tulevina vuosina, mutta lasku on arvioiden mukaan huomattavasti maltillisempaa kuin tähän mennessä on mitattu. Tulevina vuosina päästöjen vähenemän tulee olla noin 30 % nykyisestä. Päästöjen vähentämistä edistääkseen Lahden kaupunki on ottanut käyttöön päästövähennyksiin tähtäviä ohjelmia kuten Kestävän energian ja ilmastonmuutoksen toimenpidesuunnitelma SECAP:in, josta kerron alempana enemmän.



**Kuva3.** Lahden kaupungin tuotantoperusteinen päästökehitys vuodesta 1990 alkaen sekä päästöskenaariot vuoteen 2030 saakka. (Lahti, 2023).

Lahti on osa EU:n kaupunginjohtajien energia- ja ilmastopöytäkirjasta vuoteen 2030 saakka (Lahti, 2019, s. 2). Sen seurauksena kaupunginhallituksen tuli hyväksyä

kestävän energian ja ilmastotyön toimenpideohjelman SECAP (Sustainable Energy and Climate Action Plan) vuonna 2019 (Lahti, 2023). Lahden SECAP:iin sisältyy riskien ja haavoittuvuuksien arviointi, ilmastonmuutoksen hillinnän ja sopeutumisen toimenpiteet sekä sopeutumisen ohjelma (Lahti, 2019, s. 4). Sopeutumisen toimenpiteet sekä riskien arviointi on tehty sidosryhmiä ja kaupunkilaisia osallistavalla tavalla. Vuonna 2023 toimenpideohjelmaa päivitettiin vastaamaan tämänhetkistä tilannetta (Lahden ilmasto-ohjelma 2023–2030, s. 6–8).

Päivitettyyn ohjelmaan sisältyy SECAP, mutta mukaan on liitetty myös sitä tukevia ohjelmia kuten vuoden 2019 kestävän kaupunkiliikkumisen ohjelma (Lahden ilmasto-ohjelma 2023–2030, s. 6–8). Kaupunkiliikkumisen ohjelman avulla kaupunki voi kannustaa sekä ohjata kaupunkilaisia siirtymään kestävämpien liikkumismuotojen käyttäjiksi. Mukana on myös liikkumiseen liittyvistä toimenpiteistä poiketen esimerkiksi vuonna 2022 kehitetty kiertotalouden tiekartta. Sen tarkoituksena on ohjata kaupunkia jätteettömyyttä ja kiertotaloutta kohti. Mukaan liitettiin myös 2020 hyväksytty Lahden hiilinielu- ja kompensatiosuunnitelma. Erilaisten ilmastotoimia tukevien ohjelmien liittämisen seurauksena muodostettiin yleisesti ilmasto-ohjelmaksi kutsuttu suunnitelma, jolla tavoitteita kohti edetään.

Päivitettyyn ilmasto-ohjelmaan kuuluu yhteensä lähes sata erilaista toimenpidettä (Lahden ilmasto-ohjelma 2023–2030, s. 6). Toimenpiteet on jaoteltu esimerkiksi mukaan liitettyjen ohjelmien perusteella eri teemojen alle, joita ovat liikenne, energia, hiilinielut ja kompensatio sekä kiertotalous ja kestävä kulutus. Toimenpiteiden suunnittelussa on otettu huomioon myös niiden vaikutus aiemmin mainitun kaupunkien ilmastopimuksen tarpeisiin. Lahden kiertotalouden tiekartan sekä kaupunkiliikkumisen ohjelman edistymisiä seurataan vuosittain ilmasto-ohjelman seurannan yhteydessä, ja ohjelman päivittämisen etuna voidaan pitää toimenpiteiden seurannan sekä niiden vaikutusten arvioinnin helpottumista.

### 4.2.1 Rakentaminen

Lahden kaupunki on panostanut hiilineutraaliutta kohti pyrkiessään erityisesti hiilineutraaliin rakentamiseen (Lahden kaupunki, 2024a). Rakentaminen ja asuminen aiheuttavat suuren osan hiilidioksidipäästöistä, jolloin asumiseen ja rakentamiseen vaikuttamalla voidaan edistää ilmastostrategisia tavoitteita kohti kulkemista. Lahdessa pyritään löytämään ratkaisuja siihen, miten asumisesta aiheutuvat päästöt saadaan laskettua minimiin. Myös ilmastonmuutoksen hillintä ja muutoksiin sopeutuminen on rakentamisen ja asumisen ratkaisuilla kaupungin mukaan mahdollista. Käytössä on erilaisia hankkeita, joissa on mukana eri alojen asiantuntijoita. Kaupungistuminen lisää rakentamista, jolloin rakentamisen kysyntä ei lähitulevaisuudessa vähene asumisen keskittyessä pienelle alueelle (Greenlahti, 2024b).

Lahdessa toimii hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus, joka on perustettu syksyllä vuonna 2020 (Greenlahti, 2024b). Siinä toimivat yhdessä ratkaisuja kehittäen asiantuntijat niin tutkimuksen, koulutuksen kuin teollisuudenkin piiristä, toimien samalla yhdistävänä tekijänä toimijoiden välillä (Lahden kaupunki, 2021a). Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus toimii nimensä mukaisesti rakentamisen alalla kehittäen sitä aiempaa hiilineutraalimpaan suuntaan. Samalla se tukee muita alan toimijoita, jotka kehittävät uudenlaisia uusiutuvan energian ratkaisuja, joita voidaan tulevien kehitys- ja tuotehankkeiden toteutuksessa käyttää.

Rakentamiseen liittyviä toimenpiteitä tehdään Lahdessa sen mukaan, millaisiin tarpeisiin niitä tarvitaan (Greenlahti, 2024b). Erilaiset alan toimijat tekevät vaikuttavaa työtä kehittäessään uudenlaisia energia- sekä lämpöratkaisuja rakennusten, mutta myös kokonaisten kaupunginosien tarpeeseen. Hiilineutraalin rakentamisen tuomat haasteet ovat asettaneet asiantuntijat, yritykset ja tutkijat

yhteisen asian äärelle. Rakentamista ei voi tehdä jättämättä hiilijalanjälkeä, mutta asumisen ja rakentamisen toimintatapoihin vaikuttamalla voidaan vähentää niitä hiilidioksidipäästöjä, joita rakennusten elinkaaren aikana muodostuu. Hiilineutraali asuminen on tavoite, johon hiilineutraalin rakentamisen kehittämiskeskus pyrkii.

Rakentamisen ja asumisen päästöjen vähentämiseen on keinoja, jotka voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen (Greenlahti, 2024b). Näitä ovat ennen käyttöä, käytön aikana sekä lopulta käytön jälkeen tehtävät keinot. Kun rakentaminen aloitetaan, tehdään kaavoitus, tehdään huolellinen suunnitelma ja haetaan luvat. Rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen hiilidioksidipäästöjen määrään voidaan vaikuttaa jo heti alkuvaiheessa, jos jo ennen rakentamisesta huomioidaan hiilijalanjälkeen vaikuttavat asiat heti. Kaavoituksella ja rakennusluvilla määritellään ne rajoitteet ja mahdollisuudet, joita suunnitelmalla on esimerkiksi rakennusmateriaaleja ja energiaratkaisuja koskien. Rakennusmateriaaleja valitessa on huomioon otettavaa, että puuperäiset materiaalit toimivat myös hiilinieluina, jolloin hiili varastoituu rakennukseen ollen siten poissa ilmakehästä (Lahden ympäristövahti, 2020).

Niihin päästöihin, joita rakennuksen käytön aikana muodostuu, vaikutetaan jo siinä vaiheessa, kun suunnitelmaa tehdään (Greenlahti, 2024b). Suunnitteluvaiheessa päätetään rakennuksen rakennusmateriaaliin, sen lämmitysmuotoon, hukkalämmön hyödyntämiseen sekä esimerkiksi siihen, miten sähköautojen latauspisteet mitoitetaan. Käytön aikana rakennuksen hiilijalanjälkeen on mahdollista vaikuttaa myös korjausrakentamisen avulla. Käytön jälkeiset päästöt syntyvät pääasiassa rakennusten purkamisesta ja niiden rakennusmateriaalien kierrättämisestä. Suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa myös rakennuksen elinkaaren loppuun, sillä materiaaleiksi voidaan valita sellaisia vaihtoehtoja, jotka kelpaavat kierrätykseen. Lahden hiilineutraalin rakentamisen keskus on toimija, joka etsii parhaita ratkaisuja jokaiseen ilmastoystävällisen rakentamisen vaiheeseen.

Lahden kaupungin rakentamista koskevat mahdollisuudet ovat hiilineutraaliuteen pyrkiviä (Lahden ympäristövahti, 2020). Kaupungissa on paikallista osaamista, jonka käyttäminen erilaisissa pilottihankkeissa mahdollisesti innostaa alueen teollisuuden toimijoita mukaan ilmastotekoihin. Lahti järjestää myös maksutonta koulutusta hiilineutraalia rakentamista tukemaan suunnittelijoille, arkkitehdeille sekä rakennuttajille (Lahden kaupunki, 2022b). Erilaisia innovaatioita tutkimalla muun muassa hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskusten toimijoiden voimin, voidaan rakentamista tuottaa vähäpäästöisemmin ja mahdollistaa nollaenergistien talojen rakentaminen valmistelua tukevien selvityshankkeiden ja -tutkimusten avulla. Korjaushankkeissa on mahdollista kehittää kiertotaloutta, jolloin saadaan toteutettua myös taloudellisia säästötoimenpiteitä.

Kuten aiemmin mainitsin, Lahden kaupungilla on erilaisia hankkeita rakentamisen päästöjen vähentämiseksi. Hankkeista yksi on hiilineutraalin rakentamisen innovaatioverkosto (Lahden kaupunki, 2023). Hankkeen keskiössä on edistää vähähiilisen rakennuskannan lisäämistä ja sitä kautta rakennuskannan muuttamista hiilineutraaliksi käyttämällä uusiutuvaa energiaa sekä lisäämällä energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja. Nopeimmin rakennusten hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa muuttamalla rakennuskantaa uusiutuvalla energialla toimivaksi. Lahden kaupungissa toimii pk-yrityksiä, jotka voivat tarjota uusiutuvan energian ratkaisuja, mutta niillä on rajalliset mahdollisuudet löytää resursseja toimintansa kehitykseen. Hiilineutraalin rakentamisen innovaatioverkostolla on kehityshankkeiden toteuttamista helpottaakseen merkittävä rooli esimerkiksi tukea rahoitusohjelmien tunnistamisessa sekä hankeideoinnissa. Innovaatioverkosto on saanut rahoitusta suurimmaksi osaksi Euroopan aluekehitysrahastolta.

#### 4.2.2 Energia ja lämmitys

Tuotantoperusteisissa päästöissä Lahdessa aiheutuu toiseksi eniten päästöjä energiantuotannosta (Lahden seudun ympäristökatsaus, 2021, s. 7). Energiantuotannon päästöjen mittaamisessa on huomioitu Lahti Energian tuottamat päästöt. Kun verrataan vuoden 1990 tilannetta vuoden 2020 energian tuotannon päästöihin huomataan, että päästöjen määrä on vähentynyt yli kolminkertaisesti 30 vuoden aikana. Lasku on ollut viime vuosien aikana tasaista. Vähemmissä määrin päästöjä aiheuttaa rakennusten osalta erillislämmitys, maa- ja metsätalouden polttoaineen käyttö sekä jätteet.

Aiemmin mainittu Lahden rakennuskannan muuttaminen vähähiilisemmäksi vaikuttaa merkittävästi rakennusten lämmitysratkaisuihin (Lahti, 2023). Lahden kaupungissa öljy on korvattu lämpöpumpuilla sekä sähkökattiloilla. Muutos oli osa Öljylämmitteisen rivitalon muutos hiilineutraaliksi -hanketta. Tutkimuksissa huomattiin, että kiinteistöissä on mahdollista korvata lämmityksessä öljy lähes hiilineutraalilla tavalla, jonka seurauksena kaikki kaupungin vuokranantaja Lahden Talot Oy:n öljylämmitteiset kohteet luopuivat öljyn käytöstä.

Muutoksen kustannukset vaihtelevat suuresti sen mukaan, miten suuri muutos tulee olemaan (Lahti, 2023). Mitä suurempi investointi on kyseessä, sen todennäköisemmin hiilidioksidipäästöt ja elinkaarikustannukset ovat loppujen lopuksi alhaisemmat. Muutoksen kustannukset ovat edullisimmassa tapauksessa kymmeniä tuhansia euroja esimerkiksi pelkästään vesi-ilmalämpöpumpun kanssa, mutta pitkällä aikavälillä edullisin lämmitysratkaisu on tutkimusten mukaan maalämpöjärjestelmä yhdistettynä aurinkopaneelijärjestelmään. Tällöin kustannukset ovat yli 100 000 euron suuruiset ja tuotteiden koko elinkaaren aikaiset kustannukset ovat yli 500 000 euroa.

Energiajärjestelmäkeskusteluissa joukkoon on nostettu myös vedyn käyttö energiantuotannossa (Lahti 2023). Vedyn on tulevaisuudessa arveltu pystyvän tasaamaan vaihteluita, joita energiantuotannon- ja kulutuksen välillä esiintyy.

Vedyn tuotanto tapahtuu esimerkiksi höyryreformoimalla maakaasua tai sitä voidaan valmistaa elektrolyyseillä, joiden toiminnassa hyödynnetään aurinkoenergiaa. Maakaasun höyryreformoinnissa kemialliset sidokset hiilen ja vedyn väliltä rikotaan ja hiili hapetetaan hiilidioksidiksi. Tällöin tuotteena on vetyä ja hiilidioksidia (Motiva, 2023). Se on nykyisin yleisin vedyn valmistustapa.

Vedyn hiilijalanjälki on kuitenkin riippuvaista juuri sen valmistustavasta, sillä täysin hiilineutraalina sitä voidaan pitää ainoastaan siinä tapauksessa, jos valmistuksessa on käytetty uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä (Motiva, 2023). Hiilivapaata vetyä saa biomassasta tuottamalla, mutta myös fossiilista polttoaineista valmistamalla vedystä voi saada lähes hiilineutraalia, jos tuotantolaitoksessa on toimiva järjestelmä hiilidioksidin talteenottoon. Vedyn käyttö ei kuitenkaan ole taloudellisesti järkevää asuinkiinteistöille, sillä vedyn tuotantoon ja varastointiin vaadittavat järjestelmät maksavat miljoonia euroja (Lahti, 2023). Käyttö on kuitenkin mahdollista esimerkiksi teollisuudessa, mutta tulevaisuudessa on mahdollista, että vetyä voidaan käyttää kaukolämmön kaltaisesti myös omakotitaloalueella.

Lahden kaupungilla on työn alla myös tuotantoon vaikuttavia päästövähennyksiä, sillä Lahti Energia Oy on julkaissut vuonna 2021 kaksi erilaista hanketta, joilla tuotannosta aiheutuvia fossiilisia päästöjä saadaan tulevina vuosina vähennettyä (Lahdenseurun ympäristökatsaus, 2021, s. 8). Hankkeisiin kuuluu tuotannon toimintakuntoisena pitäminen ilman ylimääräisiä hiilidioksidipäästöjä. Ensimmäinen hanke koskee puhdistetusta jätevedestä saatavaa lämpöenergiaa, kun taas toinen liittyy Hartwallin tuotannossa käytetyn maakaasun korvaamista biokaasulla. Hankkeita pidetään merkittävinä askelina kohti ilmastoystävällisempää tulevaisuutta. Lisäksi sähkön ja lämmön tuotannossa Lahti Energia Oy hyödyntää paikallista polttoainetta, kuten saha- ja puuteollisuuden sivutuotteita sekä kierrätyspolttoainetta (Lahti Energia, 2024). Lahdessa sijaitseekin maailman ensimmäinen ainoastaan kierrätyspolttoainetta käyttävä voimalaitos.

Lahti on luopunut kivihiilen käytöstä vuonna 2019, jolloin kivihiiltä käyttävä vanha teollisuuslaitos korvattiin uudella biolämpölaitoksella (Greenlahti, 2024). Kaupungin lämmitykseen käytetäänkin nykyään kierrätyspolttoainetta sekä paikallista sertifioitua puuta, joka täyttää kestävän kehityksen kriteerit. Lahti Energia kehitti myös Suomen mittakaavassa ainutkertaisen lauhdeveden puhdistusprosessin, joka on valittu myös työ- ja elinkeinoministeriön energiakärkihankkeeksi (Lahti Energia, 2024). Prosessiin käytettävä saadaan polttoaineena käytettävän biomassan kosteudesta, jolloin ylimääräistä lauhdevettä ei juuri synny. Prosessin loppuessa vesi on puhtaampaa kuin juomavesi, jolloin se lasketaan takaisin järveen.

Laaja suunnanmuutos pois kivihiilen käytöstä on vaikuttanut Lahden kaupungin hiilidioksidipäästöihin huomattavasti niitä vähentäen (Greenlahti, 2024). Kun energiayhtiö Lahti energia aloitti kyseisten merkittävien lämmitysmuutosten tekemisen vuoden 2019 aikana siirryttyään uusiutuvan energian käyttöön, on se vähentänyt toiminnassaan hiilidioksidipäästöjä vuodessa 600 000 tonnia. Määrä vastaa päästöjä, joita suunnilleen 60 000 suomalaista vuosittain aiheuttaa (Greenlahti, 2024).

Toisena aiemmin mainitsemistani hankkeista on Hartwallin tuotannon uudistaminen. Hartwallin panimolla on siirrytty käyttämään biokaasua maakaasun sijaan (Lahdenseurouden ympäristökatsaus, 2021, s. 8). Hankkeen tarkoituksena on, että laitosta voidaan käyttää puhtaasti paikallista kiertotaloutta hyödyntäen (Hartwall, 2022). Tuotannossa käytettävää biokaasua saadaan esimerkiksi oluen panemisesta sivutuotteena syntyvästä mäskistä. Tällöin toiminnassa ei käytetä maakaasua enää lainkaan, vaan tuotanto perustuu täysin biokaasun hyödyntämiseen. Lisäksi energiaa varastoidaan lämpöenergiasta, jota saadaan Hartwallin jätevesistä.

Myös vanhan kaatopaikan alueelta Kujalasta vapautuvia metaanipäästöjä johdetaan Hartwallin käyttöön (Hartwall, 2022). Tämä osoittaa, että kaikki mahdollinen saatavilla oleva energia pyritään hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan. Kyseiset energiaratkaisut tuottavat energiaa yhtä paljon, kuin mitä tarvitaan yli tuhannen suuren omakotitalon lämmittämiseen vuoden ajaksi. Vuoden 2023 loppupuolella laitos hyödynsi ainoastaan biokaasua, jolloin tuotannosta tuli täysin hiilineutraalia (Hartwall, 2023). Hankkeen myötä kaupunki voi pääsi hyödyntämään paikallisesti tuotettua fossiilista energiaa puhtaasti ja kustannustehokkaasti.

#### 4.2.3 Kiertotalous

Kuten yllä kerroin, hyödyntää Lahden kaupunki kierrätettyjä raaka-aineita energiantuotannossaan. Kiertotalouden osalta kaupungissa on päästy toteuttamaan useita hankkeita, joissa on mahdollistettu kiertotalouden avulla uudenlaisen liiketoiminnan syntyminen (Lahden kaupunki, 2024a). Yksi Lahden kiertotalouden innovaatioista on edellisessä kappaleessa avaamani Lahti Energian Hartwall-hanke. Toinen kiertotalouden hanke on Labio Oy:n biojätettä sekä puhdistamolietettä hyödyntävä biokaasu- ja kompostointilaitos. Päijät-Hämeen alueella toimii yrityksiä, jotka ovat osa Viljaklusteria (Viljaklusteri, 2024). Siihen kuuluvat yritykset pyrkivät toimintansa avulla vähentämään aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Toiminta kattaa materiaalien kierrätyksen sekä ylijäämätuotteiden uudelleen hyödyntämisen. Klusterin toiminnalla pyritään siihen, että tuotteita tai raaka-aineita ei mene hukkaan missään vaiheessa valmistusprosesseja.

Kierrätys ja hävikin uudelleen käyttäminen toimii Lahdessa laajasti, sillä lähes 100 prosenttia kaupungin kotitalouksien jätteestä voidaan käyttää uudelleen (Greenlahti, 2024d). Lahti hyödyntää kaupungissa tuotetussa olutsarjassaan

muuten hävikkiin päätyviä ruoka-aineita, kuten hedelmiä ja marjoja sekä leipää. Lisäksi tuotannossa hyödynnetään järven rannoilta löytyvää hanhenkakkaa. Kaupungin kiertotalouden toteuttamisessa käytetään omaperäisiä keinoja ja uudenlaisia oivalluksia hyödyntäen epätavallisena pidettyjä keinoja. Kaupunki uudelleenkäyttää kuitenkin myös kierrätyslaitoksella jalostettuja purkumateriaaleja ja muita ylijäämätuotteita (Lahden kaupunki, 2024b). Myös maa-aineksista kuten kivistä ja puupohjaisista raaka-aineista valmistetaan tuotteita uudelleen käytettäväksi.

Kiertotalouden ideaa toteuttaa myös Fazerin tehdas, joka valmistaa ksylitolia kaurankuorista (Lahden kaupunki, 2022b). Kiertotalouden mallin mukaisesti ylimääräinen materiaali käytetään materiaalina uusiin tuotteisiin luoden uudenlaista liiketoimintaa. Ksylitolin valmistus kaurankuorista on maailmanlaajuisesti uniikkia, sillä Lahden ksylitolitehdas on ainoa yritys maailmassa, joka kyseistä valmistustapaa käyttää. Kyseessä on ainutlaatuinen esimerkki kiertotalouden modernista innovaatiosta, jonka tuotteilla on kotimaan lisäksi kysyntää myös kansainvälisesti. Lahden kaupungilla on kansainvälisesti arvostettua osaamista myös ympäristöekologian osalta, sillä lahtelaista vesi- ja maaperäosaamista hyödynnetään eri puolilla maailmaa jatkuvasti (Lahti Business Region, 2024). Lahden seutu hakee jatkuvasti myös uusia teknologiakehittäjiä liiketoiminnan kehittämistä ja kasvattamista varten.

#### 4.2.4 Liikenne

Lahden kaupungissa suurin päästöjen aiheuttaja on liikenne (Lahti, 2021b). Kaupungissa liikenteen seurantaan käytetään erilaisia mittareita, joiden perusteella liikenteen aiheuttamien päästöjen määrästä saadaan tietoa (Lahden ympäristövahti, 2020). Mittareina on seurannassa käytetty taktista, toiminnallista sekä strategista mittaria. Taktisella mittarilla oli saatu mitattua tietoa esimerkiksi

siitä, miten 2000-luvun alusta lähtien julkisen liikenteen käyttäjämäärä muuttui kymmenen vuoden aikana. 2010-luvulla julkista liikennettä käyttävien osuus ei pienestä kasvusta huolimatta juuri muuttunut, vaan matkoja tehtiin tasaisesti 50–60 kappaletta asukasta kohden seurantavuosikymmenen aikana (Julkisen liikenteen käyttäjämäärä, 2020).

Toiminnallisten mittareiden avulla on voitu mitata muun muassa pyöräilyyn liittyviä liikennejärjestelyitä (Lahden ympäristövahti, 2020). Mittauksen kohteina on ollut esimerkiksi yhdistettyjen jalankulku -sekä pyöräteiden pituudet. Mittausta on aloitettu tekemään vuoden 2000 aikana, jolloin yhdistettyjen teiden eli kevyen liikenteen väylien pituus oli noin 350 km (Yhdistettyjen jalankulku- ja pyöräteiden pituus, 2020). Määrä on ollut siitä lähtien selvässä kasvussa, ja vuonna 2022 yhdistettyjä pyörä- ja jalankulkuteitä oli yhteensä jo lähes 600 km.

Kahden edellisen lisäksi liikenteen päästöjen mittaamiseen käytetyillä strategisilla mittareilla voidaan mitata esimerkiksi liikenteen NO<sub>x</sub>-päästöjä, eli kuinka monta kilogrammaa typen oksideja vapautuu vuodessa asukasta kohden (Lahden ympäristövahti, 2020). Määrä on ollut 2010-luvun puolivälistä 2020-luvun alkuun selvässä laskussa, sillä määrä on muutaman vuoden seurannan aikana pudonnut yli 5 kg/as./v. tilanteesta alle 4 kg/as./v. tasolle (Liikenteen NO<sub>x</sub>-päästöt, 2020). NO<sub>x</sub>-arvojen määrittäminen ei kuitenkaan aina ole täysin tarkkaa (VTT, 1996, s. 50).

Liikenteen päästöihin Lahdessa on puututtu esimerkiksi paikallisliikenteen päästöjen osalta (Lahti, 2020). Lahden seudun liikenne (LSL) on siirtynyt uusiutumattomista polttoaineista kesällä 2020 biodieselin käyttöön. Biodieseliä valmistetaan esimerkiksi ruokajätteistä, puusta tai erilaisista viljelyskasveista. Toisen sukupolven biodiesel ei kilpaile yhdessä ruoantuotannon raaka-aineiden kanssa, sillä polttoainetta valmistetaan ruoantähteistä ja elintarviketeollisuuden jätteistä. Sen käyttö on fossiilisiin polttoaineisiin nähden kestävämpää ja

palaessaan puhtaampaa. Biodiesel vähentää käytössä syntyviä hiilidioksidipäästöjä jopa 90 prosenttia verrattuna fossiiliseen dieseliin.

Biodieselin lisäksi julkinen liikenne on liikkunut vuoden 2022 kesästä asti myös sähköllä (Lahti, 2021c). Uudistetut sopimukset saivat aikaan sen, että Lahden seudun liikenteessä liikkuu jo lähes 50 sähköllä kulkevaa bussia sekä lähes 40 uusiutuvalla dieselillä toimivaa bussia. Kuorma-autoja ja busseja valmistava Scania toimitti Lahteen ensimmäisenä Suomessa sähköllä kulkevia busseja paikallisliikenteen käyttöön. Sähköbussit voivat olla joko alkuperäisiä sähköllä toimivia ajoneuvoja, tai vaihtoehtoisesti busseja, jotka voidaan muuttaa dieselkäyttöisistä busseista sähköbusseihin. Sähköbussien latauksessa hyödynnetään myös paikallista osaamista, sillä latausjärjestelmän on toimittanut yritys Kempower Oy. Samaa latausjärjestelmää voidaan käyttää sekä nopeaan että hitaampaan lataukseen.

Latausjärjestelmän käyttöönotto ei kuitenkaan ole aivan yksinkertainen asia, sillä latauslaitteiston hankinnan lisäksi sen käyttöön tuominen vaatii muutoksia latauspaikan sähköjärjestelmiin (Lahti, 2021c). Uuden latausjärjestelmän hinnaksi muodostui kaiken kaikkiaan miljoonia euroja. Latauksen lisäksi pitää huomioida autojen lämmitys kylmillä keleillä, sillä myös bussien lämmittämiseen käytetään pääasiassa sähköä. Ainoastaan kaikkein kovimmassa pakkassäässä käytetään biodieselillä toimivaa lämmitintä lisälämmittimenä. Sähköbussien käyttö tulee kuitenkin merkittävästi edullisemmaksi kuin perinteisen dieselin käyttö.

Lahdessa on hyödynnetty digitalisaatiota suunnitellen, ideoiden ja kehittämien ratkaisuja tavoitteiden saavuttamiseksi (Kuntaliitto, 2024b). Erityisesti hyvinvointiin ja liikkumiseen on kaupungissa panostettu. Lahti on muun muassa luonut kestävän kaupunkiliikunnan ohjelman SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan), josta kerron jäljempänä enemmän, mutta sen lisäksi kaupungissa on toteutettu laajamittainen hanke CitiCAP (Citizen's cap and trade co-created), joka tarjoaa

älykkäitä liikkumISRatkaisuja, kuten esimerkiksi älykäs pyörätie sekä sovellus, joka seuraa kaupungin asukkaiden liikkumisen päästökauppaa. Älykäs pyörätie avattiin Lahdessa vuonna 2021 osana CitiCAP-hanketta. Samalla pyörätiehen suunniteltiin energiatehokas valaistus, joka toimii liiketunnistimella sekä digitaaliset infotaulut. Liikennemerkkit ovat myös digitaalisia heijastuen katuun, josta ne näkyvät riippumatta säästä tai vuodenajasta. Lisäksi vuonna 2022 kaupunki otti käyttöön sähköavusteiset kaupunkipyörät kannustaakseen asukkaita pyöräilyyn. Kaupunkipyöräjärjestelmällä kaupunki laajentaa joukkoliikenteen palvelutarjontaa (Lahden ympäristövahti, 2022.)

CitiCAP-sovelluksella seurattiin käyttäjien liikkumisen henkilökohtaisia päästöjä, joita se vertasi viikoittaiseen käyttäjille asetettuun päästökattoon käyden niistä kauppaa (Kuntaliitto, 2024b). Jos päästökattoon on vielä matkaa eli käyttäjä on pysynyt kiintiössä, hän saa sovelluksessa virtuaalisia euroja myytyään päästöoikeuksia järjestelmään. Vastaavasti jos päästokiintiö on ylittynyt, tulee käyttäjän ostaa virtuaalieuoroilla lisää päästöoikeuksia itselleen. Kertyneellä virtuaalisella rahalla käyttäjän on mahdollista ostaa erilaisia palveluita tai tuotteita sovelluksen kauppapaikasta. Sovelluksen ansiosta Lahti oli maailman ensimmäinen kaupunki, jossa toteutettiin ideaa asukkaiden päästökaupasta. Aktiivisia käyttäjiä sovelluksella oli viikossa parhaimmillaan yli 300 ja yhteensä käyttäjätunnuksia tehtiin jopa 2500. Sovelluksen 8 kuukauden toiminta-aikana se keräsi tietoa ihmisten liikkumistavoista sekä päästökaupan mahdollisuuksista toimia poliittisena ohjauskeinona.

Aiemmin mainitsemani kestävä kaupunkiliikkumisen ohjelma SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan) on toimenpideohjelma, jonka tarkoituksena on kannustaa kaupunkilaisia kestäväää liikkumista kohti (Lahden suunta, 2017, s.4). Lahdessa ohjelma on järjestetty vasta ensimmäistä kertaa ja se on liitetty yhteen kaupungin yleiskaavan kanssa. Se perustuu Euroopan komission ohjeistuksiin, jolloin ohjelman tulee sisältää tavoitteita pitkälle aikavälille ja siinä tulee olla poliittisesti

selkeät visiot. Tavoitteena kestävän kaupunkiliikkumisen ohjelmalla on ratkaista esimerkiksi liikenteen päästöihin liittyviä ongelmia sekä kehittää liikkumisympäristöä, joka on aikaisempaan verrattuna terveellisempi ja viihtyisämpi. SUMP-ohjelman toimenpiteitä seurataan ja kehitetään jatkuvasti jatkuvan työn ansiosta.

Kestävän kaupunkiliikkumisen ohjelman toimenpiteet on jaoteltu erilaisiin teemoihin, joita ovat esimerkiksi keskusta, kestävästi kasvava Lahti sekä palveluiden Lahti (Lahden suunta, 2017, s. 6–7). Myös asumisen Lahti on omana teemanaan. Asumisen Lahti -teemaan kuuluu ainoastaan liikenneturvallisuudesta huolehtiminen, ja palveluiden Lahti-teema taas sisältää toimenpiteet, jotka liittyvät kaupungin joukkoliikenteeseen sekä liikkumisen ja liikenteen dataan. Liikenteen dataa pyritään hyödyntämään entistä paremmin liikenteenohjauksen sekä liikennesuunnittelun kehittämiseen (Lahden suunta, 2017, s. 38). Datan keruussa voidaan käyttää esimerkiksi CitiCAP-sovellusta, josta kerroin aiemmin. Palveluiden Lahti -teemaan kuuluu erityisesti joukkoliikenteeseen vaikuttavat toimenpiteet (Lahden suunta, 2017, s. 6–7). Näihin toimenpiteisiin kuuluu esimerkiksi joukkoliikenteen siirtyminen vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttöön sekä matkustajainformaation kehittäminen joukkoliikenteen osalta, mutta myös kaupunkipyöräjärjestelmän kehittäminen on osa palveluiden Lahti -teemaa.

Keskusta-teeman alle kuuluu Lahden keskustan kehittämiseen liittyvät toimenpiteet, kuten keskustan kävelypainotteisuuden lisääminen sekä pysäköinnin keskittäminen pysäköintihalleihin keskustassa. (Lahden suunta, 2017, s. 6–10). Kestävästi kasvava Lahti kattaa pyöräilyyn ja kävelyyn liittyvät toimenpiteet, kuten kaupungin henkilöstölle tehty liikkumissuunnitelma sekä kävely- ja pyöräteiden talvikunnossapidon kehittäminen. Kestävän liikkumisen toimenpiteiden toteutusta tehdään hyödyntäen viestintää sekä vuorovaikutusta. Pyöräilyn tavoiteverkko-toimenpiteen tarkoituksena on mahdollistaa sujuva pyöräliikenne kaupungissa sekä pyöräilyn turvallisuuden lisääminen esimerkiksi erottamalla pyöräily ja kävely

toisistaan kaupungissa liikkumisessa. Myös pyöräilyn määrää seurataan keräämällä dataa pääreiteille asennettujen pyörälaskurien avulla, jolloin saadaan tietoa siitä, miten infrastruktuuri vaikuttaa pyöräilyn määrään. Pyöräilyn tavoiteverkko sekä pyöräpisteiden kehittäminen kuuluvat Luonnollisesti liikkeessä -strategian toimenpiteisiin. Luonnollisesti liikkeessä -toimenpiteet ovat sellaisia, että ne on valittu Lahden kaupungin strategiaa toteuttaviksi kärkihankkeiksi. Kyseisiin toimenpiteisiin kuuluu näiden lisäksi myös palveluiden Lahti -teemaan kuuluva kaupunkipyöräjärjestelmä.

Talvikunnossapidon kehittäminen pyörä- ja jalankulkureiteillä on päivitys myös pyöräilyn tavoiteverkon kehitykseen (Lahden suunta, 2017, s. 17). Talvikunnossapitoa parannetaan esimerkiksi tienauraamisen lähtörajaa kiristämällä sekä laskemalla lumikertymälle sallittua ylärajaa. Joillakin reiteillä talvikunnossapitoa tehdään myös talviharjauksen avulla. Tällöin teiden liukkauden torjunnassa käytetään kemiallisia menetelmiä ja hiekkaa käytetään ainoastaan poikkeustapauksissa. Myös hiekoitettujen teiden kunnossapitoa on parannettu talvikauden lopulla tehtävillä ylimääräisillä hiekanpoistoilla ennen keväällä tehtävää lopullista hiekoitushiekan kaduilta poistoa.

Kaupungin henkilöstön liikkumissuunnitelmalla tarkoitetaan kestävien kulkumuotojen käytön lisäämistä työmatkaliikenteessä sekä työasioilla liikkumisessa (Lahden suunta, 2017, s. 22). Noin kolmen vuoden välein toteutettavan työmatkakyselyn perusteella tehdään henkilöstön liikkumissuunnitelma. Kyselyn avulla selvitetään mikä on sen hetkinen tilanne eri kulkumuotojen jakautumisen välillä ja miten toimiviksi henkilöstö kokee esimerkiksi polkupyörien pysäköintimahdollisuudet. Tällöin työmatkaliikkumista voidaan ohjata kestävämpään suuntaan muun muassa pyöräpysäköinnin mahdollistamisella sekä työsuhdematkalippuja tarjoamalla. Myös kaupungin virka-autojen käyttöä voidaan laajentaa yhteiskäyttöautoiksi virka-ajan ulkopuolelle ja mahdollisesti myöhemmässä vaiheessa myös kaupunkilaisten käyttöön.

Myös aiemmin mainitsemani Luonnollisesti liikkeessä -strategiaan kuuluva vuonna 2021 käyttöön otettu kaupunkipyöräjärjestelmä lisää kestävien kulkumuotojen osuutta liikkumisessa (Lahden suunta, 2017, s. 40). Kaupunkipyörät täydentävät joukkoliikenteen palvelutarjontaa ja Lahden kaupungilla on toteutettavuuden kannattavuuden selvityksissä ollut edellytykset kaupunkipyöräjärjestelmälle niin kaupunkirakenteen toiminta-alueen kuin kysynnän osalta. Pyöräilyn houkuttelevuutta kaupungissa on lisätty myös pyöräpisteen avulla (s. 28). Kyseessä on matalan kynnyksen piste keskustan alueella, jonne kaupunkilaiset voivat pysähtyä esimerkiksi huoltamaan pyöräänsä tai pyytämään apua huollossa.

Kestävän kaupunkiliikunnan ohjelman lisäksi Lahden kaupungissa on tehty keskustan liikenteen ja liikkumisen tavoitesuunnitelma vuodelle 2030 (Lahti, 2024, s. 2). LIISU on samankaltainen sisällöltään kuin SUMP, sillä myös LIISUn tarkoituksena on kestävien kulkutapojen kehittäminen sekä liikenneturvallisuuden lisääminen. Lisäksi LIISUn avulla pyritään lisäämään viihtyisyyttä kaupungin keskusta-alueella sekä minimoida liikenteen aiheuttamia haittavaikutuksia. LIISU tukee myös aktiivista liikkumista edistääkseen kaupunkilaisten hyvinvointia. Liikennesuunnitelman on tarkoitus vaikuttaa ongelmiin, jotka ovat johtaneet ohjelman suunnitteluun (Lahti, 2024, s. 6). Keskustan alueella kulkee vuorokauden aikana yli 10000 ajoneuvoa, joista aiempien nopeuslaskentojen mukaan jopa reilu 70 prosenttia ajaa yli sallitun nopeuden. LIISUn perustamisen pyrkimyksenä on onnettomuuksien välttäminen sekä keskustan ilmanlaadun parantaminen ja melusaasteen vähentäminen.

Melusaasteen on arvioitu laskevan keskustan alueella korkeintaan 3dB verran LIISUn myötä (Lahti, 2024, s. 10–29). Liikennettä pyritään hajauttamaan keskustan kehäkadun sisäpuolelta muille kaduille niin, että liikennemäärät vähenevät ja kehän sisäistä kevyen liikenteen painottuneisuutta voidaan lisätä. Keskustan sisällä ajaa ei tulla kieltämään, mutta siellä ajaminen tapahtuu pyöräilyn ja kävelyn ehdoilla.

Kehän sisäisillä keskusta-alueen läpi kulkevilla kaduilla painottuu kulkumuotona joukkoliikenne. Useiden uusien liikenne- ja kaistajärjestelyiden avulla liikenteestä keskustan alueella saadaan turvallinen niin kevyen liikenteen kulkijoille kuin autoilijoillekin. Julkisen liikenteen mahdolliseen liialliseen kuormitukseen voidaan puuttua jakamalla linjojen lähtöaikoja aiempaa tasaisemmiksi.

Liikennesuunnitelman toteuttaminen tulee maksamaan arviolta reilu 20 miljoonaa euroa ja kustannukset jaetaan 10 vuoden ajalle (Lahti, 2023c). Toimenpiteiden on arvioitu kuitenkin tuottavan myös taloudellisia hyötyjä seuraavan 10 vuoden aikana esimerkiksi kaupunkilaisten terveyden ja hyvinvoinnin parantuessa. Terveyttä edistää suunnitelman mukaisesti lisääntynyt kansalaisten fyysinen aktiivisuus ja sitä kautta ennenaikaisen kuolleisuuden väheneminen, sillä pyöräilyn arvioidaan LIISUn valmistumisen myötä lisääntyvän yli 30 prosenttia ja kävelyn lähes 10 prosenttia (Lahti, 2024, s. 27–28). Saadut taloudelliset hyödyt olisivat näin lähes 60 miljoonaa euroa seuraavan 10 vuoden aikana. Säästöjä saavutetaan myös joukkoliikenteen vaihtopysäkkien suunnitelman toteuttamisella (Lahti, 2023c). Sen myötä bussireiteiltä jätetään pois bussien kierto torin kautta, jolloin niiden kulkua sujuvoitetaan ja nopeutetaan saavuttaen yli puolen miljoonan euron vuotuiset säästöt.

### 4.3 Tutkimuskaupunkien toimenpiteiden yhtäläisyydet ja eroavaisuudet

Molemmissa kaupungeissa rakentaminen, lämmitys ja energiatehokkuus liittyvät hyvin vahvasti yhteen. Toimenpiteitä tietyillä osa-alueilla on hankala tehdä ilman, että sillä olisi vaikutusta muihin mainittuihin osa-alueisiin. Helsingin kaupungissa rakentamisessa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan uusiutuvia energianlähteitä. Uusiutuvien energialähteiden käyttö ei kuitenkaan kaupungissa ole merkittävän runsasta, mutta niiden käyttöä pyritään tulevaisuudessa lisäämään. Myös Lahdessa uusiutuvaa energiaa hyödynnetään rakentamisessa,

mutta niiden käyttö on jo tässä vaiheessa yleisempää kuin Helsingissä. Kaupungissa toimivien pk-yritysten avulla voidaan kehittää uudenlaisia uusiutuvien energian ratkaisuja, mutta niiden haasteena on löytää riittävästi resursseja toiminnan kehitykseen. Lahdessa toimivan innovaatioverkoston myötä kehityshankkeisiin saadaan rahoitusta EU:n aluekehitysrahastosta. Lisäksi molemmissa kaupungeissa rakennusten energiatehokkuutta on pyritty parantamaan. Helsingissä on pyritty huomioimaan rakennusten sisälämpötilaa, jolloin lämmitystä on laskettu ja ilmanvaihtoa on säädetty vastaamaan tarvetta.

Lahdessa on kehitetty rakentamisen hiilineutraaliuden mahdollisuutta pidemmälle kuin Helsingissä. Lahti järjestää esimerkiksi maksutonta koulutusta hiilineutraaliin rakentamiseen liittyen, jolloin kaupunkilaisia tiedottamalla ja kouluttamalla hiilineutraaliudesta ja sen merkityksestä myös kaupungeille ymmärretään enemmän. Kaupungissa toimii myös hiilineutraalin rakentamisen innovaatiokeskus, jossa hiilineutraaliutta kohti rakentamisessa pyritään eri alueen asiantuntijoiden yhteistyöllä. Molemmat kaupungit hyödyntävät rakentamisessa puuta materiaalina, jolloin puu toimii kaupungissa myös hiilidioksidia sitovana hiilinieluna.

Lämmityksen päästöjen vähentämisen kohdalla Helsingin kaupungilla on Lahtea enemmän tavoiteltavaa, sillä Helsingin selvästi merkittävin päästöjen aiheuttaja on lämmitys. Rakennusten sisälämpötilan laskemisen lisäksi kaupunki on ottanut käyttöön älykkään kiinteistödataa keräävän Nuuka -järjestelmän. Järjestelmän avulla kaupunki voi seurata kiinteistöjen energiankulutusta, jolloin voidaan saavuttaa jopa 10 prosentin säästö kaupungin kiinteistöjen lämmityskuluista vähentäen samalla energiankulutusta. Helsingin kaupunki on myös luopumassa kivihiiilen käytöstä lähivuosien aikana uuden, sen käytön kieltävän lain voimaantulon seurauksena. Tästä poiketen Lahden kaupunki on jo luopunut lämmityksessä ja energiantuotannossa kokonaan kivihiiilen käytöstä. Kivihiihi on korvattu teollisuudessa bioenergialla, jolloin kaupungin hiilidioksidipäästöt vähenivät huomattavasti.

Teollisuudessa on Lahden kaupungissa korvattu myös maakaasu biokaasulla. Biokaasua saadaan kierrätettynä kierrätyspolttoaineesta. Lisäksi Lahden energiyhtiöllä on käytössään puhdistetusta jätevedestä saatava energia. Lahdessa myös jätteitä voidaan hyödyntää energiantuotannossa, sillä kaatopaikalta saatavia metaanipäästöjä käytetään teollisuuden hyödyksi. Rakennuskannan hiilineutraaluidella on vaikutusta myös rakennusten lämmitykseen, ja Lahti on pyrkinyt vähentämään rakennusten lämmitysratkaisuihin kuluvaan energiaa erityisesti korvaamalla öljyn lämpöpumpuilla. Myös Helsinki pyrkii energiantuotannossaan kivihielestä luopuessaan korvaamaan sen lämpöpumpuilla. Selvä eroavaisuus Helsingin ja Lahden lämmitysratkaisuissa on maakaasun käyttö, sillä kuten yllä mainitsin, on Lahti luopunut kivihieksen lisäksi myös maakaasusta korvaten sen biokaasulla, mutta Helsinki on luopunut kivihielestä korvaamalla sen maakaasulla.

Kiertotalouden osalta kaupungeilla ei ollut toimenpiteissään suuria eroavaisuuksia. Molemmissa kaupungeissa on älykkäitä hankkeita kiertotalouden edistämiseen, sillä Helsingillä on kiertotalousklusteri -niminen hanke, jonka tarkoituksena on vaikuttaa esimerkiksi rakennusten elinkaaren pituuteen hyödyntäen ja uudelleen käyttäen kaiken mahdollisen materiaalin. Lahden alueella taas toimii Viljaklusteri, joka pyrkii hyödyntämään ylijäämätuotteita ja käyttämään kierrätettyjä materiaaleja, jotta yhtään raaka-aineita ei mene valmistusprosesseissa hukkaan. Lahdessa kiertotalouden ideaa toteutetaan teollisuudessa runsaasti, sillä hävikkiruoka-aineita hyödynnetään esimerkiksi oluen valmistuksessa. Teollisuuden osalta myös ksylitolin valmistuksessa hyödynnetään maailmanlaajuisestikin epätavallisella tavalla hävikkiin jääneitä raaka-aineita.

Liikenteen päästöjen vähentämisen osalta Helsingissä on laaja julkisen liikenteen verkosto, joka kattaa koko kaupungin alueen sekä myös lähialueita. Helsingissä bussiliikenne kuitenkin aiheuttaa noin kymmenesosan kaupungin liikenteestä

aiheutuneista hiilidioksidipäästöistä, kun taas Lahdessa julkisen liikenteen osalta bussit toimivat joko sähköllä tai biokaasulla. Lahden kohdalla liikenne on kuitenkin suurin päästöjen aiheuttaja, kun Helsingissä liikenne aiheuttaa vasta toiseksi eniten päästöjä. Sähköautojen lisäämisen pyrkimys on molemmilla kaupungeilla, mutta ongelmaksi muodostuu latauspaikkojen riittävä määrä. Päästöjen vähentämisessä Helsingissä on merkittävimpana toimenpiteenä autoilun määrän vähentäminen esimerkiksi julkisen liikenteen käytön houkuttelevuutta lisäämällä. HSL on toteuttanut toimenpiteen julkisten käytön lisäämiseksi tarjoamalla työmatkaliikkuville työsuhdematkalippuja. Helsingissä liikenteen päästöihin vaikuttaa maantieliikenteen lisäksi pieniltä osin myös laivaliikenne, jolla ei Lahteen sisämaakaupunkina ole lainkaan vaikutusta.

Lahdessa liikenteen päästöjä on lähdetty vähentämään sähkö- ja biokaasulla toimivien kulkuneuvojen lisäksi erilaisilla liikkumisen digitalisaatiota lisäävillä sovelluksilla. Tällainen on esimerkiksi maailmanlaajuisesti ensimmäinen päästökauppaan perustuva sovellus, jonka käyttäjä voi tuottaa liikenteen päästöjä tietyn henkilökohtaisen kiintiön verran. Kiintiön täytyessä voi virtuaalisesti ostaa lisää oikeutta päästöjen aiheuttamiseen. Vastaavasti jos kiintiön jää kulutettavaa, saa käyttäjä virtuaalieuuroilla myydä päästöoikeuksia. Vastaavaa sovellusta Helsingin kaupunki ei ole kehittänyt, vaan kaupunki pyrkii päästöjen vähentämiseen suoraan henkilöautoliikenteeseen vaikuttamalla. Lahdessa liikennettä pyritään vähentämään keskustan alueella, jossa autoja kulkee suuret määrät aiheuttaen ilmasto- ja melusaastetta ja siten haittaa myös asukkaille.

Lahdessa on laajasti käytössä myös toimenpide, jolla pyritään lisäämään kaupunkilaisten pyöräilyä. Toimenpide on pyöräilyn tavoiteverkko, jolla tavoitellaan pyöräilyn sujuvuutta ja turvallisuutta, minkä lisäksi toimenpiteessä hyödynnetään digitaalisuutta pyöräliikenteen seurannalla. Lisäksi kaupunki tarjoaa kaupunkipyöriä kaupunkilaisten käyttöön, ja pyörillä on tarkoitus täydentää mahdollisuuksia autottomaan liikkumiseen kaupungissa. Myös Lahti pyrkii

lisäämään työmatkalaisten liikkumista polkupyörällä lisäämällä työpaikoille pyörän parkkeeraukseen sopivia tiloja. Vaihtoehtona on kuitenkin myös yhteiskäyttöauton tarjoaminen työntekijöille työmatkoille. Lahti on pyrkinyt myös kompensoimaan liikenteen ja kaupungin toimintojen aiheuttamia päästöjä lisäämällä luonnonsuojelualueiden määrää useiden satojen hehtaarien verran.

Lahden ja Helsingin toimenpiteissä eroaa myös se, että Helsingin kaupunki on tehnyt toimenpiteitä sähköntuotantoon liittyvien päästöjen vähentämiseksi. Sähköntuotanto aiheuttaa suuren osan Helsingin päästöjä, ja kaupunki onkin lisännyt myös sähköntuotannossaan uusiutuvien energialähteiden osuutta. Tällöin tuuli, vesi- sekä ydinvoima ovat lähteitä, joilla Helsinki pyrkii tuottamaan sähköä. Aurinkovoiman osuus on kaupungissa pieni, mutta verrattuna muihin Suomen kaupunkeihin mukaan luettuna Lahti, on aurinkovoiman käyttö Helsingissä merkittävää, sillä Helsinki tuottaa suurimman osan maan aurinkosähköstä.

## 5. Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millaisin keinoin kaupungit voivat saavuttaa ilmastopoliittisia hiilineutraaliustavoitteita. Kaupungistumisen myötä väestö keskittyy yhä enemmän kaupunkeihin ja kaupunkimaisille alueille, jolloin kaupunkien rooli ilmaston lämpenemisen hillinnässä kasvaa aiempaa suuremmaksi. Ilmaston lämpeneminen aiheuttaa ongelmia luonnolle ja sitä kautta myös ihmiselle esimerkiksi sään ääri-ilmiöiden yleistyessä sekä ruoantuotannon haasteiden lisääntyessä (WWF, 2024). Hiilineutraalius on tavoite, jolla ilmaston lämpenemistä voidaan hidastaa. Hiilineutraaliutta tavoittelevat myös tutkimuskaupunkini Helsinki ja Lahti, jotka pyrkivät lähivuosina saavuttamaan paikallisella tasolla hiilineutraaliuden.

Ympäristö- ja ilmastopolitiikalla pyritään vaikuttamaan laajasti hiilipäästöihin niin sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla (Allain-Dupré, 2020 & Kleider, 2020). Ilmastopoliittiset päätökset vaikuttavat kaupunkeihin ja niiden poliittisiin toimenpiteisiin monitasoisesti, sillä politiikkaa toteutetaan niin kansainvälisellä, kansallisella, alueellisella sekä paikallisella tasolla. Monitasohallinnan mukaisesti politiikka vaikuttaa näillä tasoilla ylhäältä alaspäin, mutta myös alhaalta ylöspäin. Tällöin esimerkiksi kansainvälisesti Euroopan alueella koko EU:n tasolla tehdyillä päätöksillä on vaikutusta myös kaupunkien paikallisiin päätöksiin, sillä päätösten seuraukset valuvat tasojen mukaan alemmas tuoden myös paikalliselle tasolla mahdollisuuksia toteuttaa ilmastopolitiikkaa, jota EU ylempää ohjaa. Monitasoinen hallinta tarkoittaa myös alempien tasojen kuten paikallisesti kaupunkien osalta sitä, että niille tarjotaan enemmän mahdollisuuksia ja valtaa vaikuttaa esimerkiksi ilmastopoliittisiin toimenpiteisiin.

Monitasoisen hallinnan osalta huomionarvoista on kuitenkin hallinnan vaikutus molempiin suuntiin. Ohjaus tapahtuu pääosin ylhäältäpäin, mutta alhaalta ylöspäin liikkuu erilaiset poliittiseen oppimiseen liittyvät asiat (Domorenok & Zito, 2021).

Esimerkiksi paikallinen taso saattaa toteuttaa ylhäältä suuntautuvaa ilmastopolitiikkaa tavalla, jota EU:n tasolla ei ole edes ajateltu. Esimerkiksi Lahden kaupungin kehittämä CitiCap -sovellus on ilmastopolitiikan toteuttamista ajatellen kehitetty sovellus, jonka maailmanlaajuisella tasolla ainutlaatuinen idea toimii esimerkkinä siitä, miten paikallinen taso kehittää toimenpiteitä, joista voidaan ottaa mallia myös kansainvälisesti. Sovellus lisää myös kaupungin älykkyyttä, sillä tätä uudenlaista teknologiaa hyödyntäen Lahti edistää ilmastopolitiikan toteutumista alueellaan.

Kaupungin älykkyyttä Lahti on osoittanut myös älykkyyteen liittyvien ulottuvuuksien avulla. Salvia ja muut (2023) jakoivat kaupunkialueiden älykkyyttä viiteen eri osaluokkaan, joista yksi liittyy kansainväliseen toimintaan kaupunkien palkitsemisen osalta. Kilpailuihin osallistuvilla kaupungeilla tulee olla vihreään siirtymään valmius sekä kykyä luoda innovaatioita terveemmän ympäristön puolesta. Lahden kaupunki on valittu Euroopan ympäristöpääkaupungiksi sen ilmastotoimenpiteiden ja innovatiivisen kehityksen vuoksi. Edellä mainitun sovelluksen lisäksi kaupunki hyödyntää kiertotaloutta laajasti esimerkiksi energiantuotannossa. Kaupunki pyrkii hyödyntämään kotitalouksista ja teollisuudesta syntyvät jätteet erilaisten hankkeiden avulla. Lahden kiertotalous on kansainvälisesti ainutlaatuista, sillä esimerkiksi ksytiloliteollisuudessa Fazerin tehdas hyödyntää kaurankuoria ainoana yrityksenä maailmassa (Lahden kaupunki, 2022b). Helsingin osalta kiertotalouden innovaatiot jäävät vaatimattomammiksi, sillä kaupungissa toimiva Kiertotalousklusteri perustuu lähinnä rakennusjätteen uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen (Testbed Helsinki, 2020).

Kaupungit voivat panostaa päästöjen vähentämiseen niillä keinoilla, joihin niillä on vaikutusvaltaa (Huovila ja muut, 2022). Tällöin ilmastotoimenpiteitä on mahdollista tehdä esimerkiksi liikenteeseen, rakentamiseen energiankäyttöön. Näitä kaupungeissa toteutettavia paikallisia ilmastotoimenpiteitä voidaan kuitenkin tukea muilta tasoilta, ja esimerkiksi Lahden kaupungissa toimivan hiilineutraalin rakentamisen innovaatioverkosto on saanut rahoitusta Euroopan

aluekehitysrahastolta (Lahden kaupunki, 2023). Hiilineutraalin rakentamisen innovaatioverkostohankkeen toteutukseen on varattu lähes 500 000 euroa, ja tästä summasta yli puolet on Euroopan aluekehitysrahaston tarjoamaa. Rahoitusta hyödynnetään esimerkiksi paikallisten pk-yritysten ilmastotoiminnan kehitykseen. Pk-yritysten tukemisen lisäksi aluekehitysrahasto tukee esimerkiksi myös tutkimus- ja innovaatiovalmiuksia teknologioiden parantamiseksi, digitalisaation kehitystä, ilmatonmuutokseen sopeutumista sekä paikallista ja alueellista saavutettavuutta (Rakenerahastot, 2022). Rahaston ansioista kaupungeilla on paremmat mahdollisuudet ilmastotoimenpiteiden toteuttamiseen.

Huovila ja muut (2022) mainitsivat myös kaupunkien mahdollisuuksista vaikuttaa liikenteen aiheuttamiin päästöihin. Kaupunkialueilla päästöjen määrä onkin merkittävä myös tutkimuskaupungeissani. Lahdessa päästöihin on pyritty vaikuttamaan esimerkiksi aiemmin mainitun CitiCAP-sovelluksen avulla, mutta myös paikallisliikenteen aiheuttamia päästöjä on vähennetty. Lahdessa hyödynnetään julkisen liikenteen osalta sekä biodieseliä että sähköä (Lahti, 2020 & 2021c). Biodieselin valmistuksessa hyödynnetään taas kotitalouksien sekä teollisuuden jätteistä, jolloin kiertotalous on esillä myös liikenteen päästöjä alentavissa toimenpiteissä. Lahdessa sähköllä toimivat bussit olivat myös Suomen tasolla ensimmäiset laatuaan, jolloin kaupunki on jälleen osoittanut kykynsä olla edelläkävijä ilmastotoimenpiteisiin liittyen.

Julkisen liikenteen päästöttömyyden lisäksi Lahti on pyrkinyt vähentämään päästöjä lisäämällä mahdollisuuksia pyöräilyyn osana CitiCAP-hanketta (Kuntaliitto, 2024b). Älykkäiden pyöräteiden sekä kaupunkipyöräjärjestelmän avulla kaupunki edistää autoilun vähenemistä kaupunkialueella. Lisäksi Konttinen (2019) mainitsi, on verotus tehokas keino ohjata kuluttajien käyttäytymistä liikennepäästöjen osalta. Helsingin kaupunki on pyrkinyt edistämään julkisen liikenteen käyttöä hyödyntämällä verotusta (HSL, 2023). Työsuhdematkalipun avulla työmatkalainen voi matkustaa työmatkat julkisilla kulkuneuvoilla, minkä lisäksi työnantaja voi tehdä tarjoamistaan lipuista verovähennyksiä. Autoilun vähentäminen on Helsingissä merkittävä

päästövähennystoimi suurten päästömäärien vuoksi (Hiilineutraali Helsinki - päästövähennysohjelma, 2022, s. 6).

Myös energiantuotanto ja lämmitys aiheuttavat kaupungeissa päästöjä. Lahti (2023) on puuttunut rakennusten päästöihin lämmitysratkaisujen avulla. Öljylämmityksestä on kaupungissa luovuttu, ja rakennusten lämmittäminen toteutetaan suurilta osin lämpöpumpuilla. Tehokkaimpana lämmityskeinona voidaan pitää lämpöpumpun sekä aurinkopaneelijärjestelmän yhdistelmää, jolloin kaupungissa lämmitys toteutuu hiilineutraalilla tavalla. Energiajärjestelmissä on Lahdessa huomioitu myös vedyn hyödyntäminen, sillä vetyä voidaan valmistaa esimerkiksi maakaasun höyryreformoinnissa. Vedyn hyödyntäminen on kannattavaa kuitenkin lähinnä teollisuudessa, sillä vedyn tuotantoon ja varastointiin vaadittavat järjestelmät ovat kalliita kotitalouksille. Vielä mahdollista on kuitenkin, että tulevaisuudessa vetyä voidaan hyödyntää myös omakotitaloalueilla, jos vetyä käytettäisi siellä kaukolämmön lailla. Vimpari (2021) sanoo lämpöpumppujen olevan kaupunkialueella sopiva ratkaisu hiilineutraaliuden edistämiseen energiatehokkaalla tavalla, mutta ongelmaksi lämpöpumppujen yleistymiseen erityisesti vanhoissa asunnoissa muodostuu kallis hinta remontointikuluineen.

Energiatehokkuus asettaa rakennuksille myös vähimmäisvaatimuksia, jotka ovat lisäksi osa EU:n direktiivejä (Szczotka, Barwińska-Matajowicz, Szymiczek & Pyrek, 2023). Direktiivien mukaisesti rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia, jolloin rakennuksen energiatehokkuus on erinomaisella tasolla ja käytössä oleva energia saadaan uusiutuvista energialähteistä. Esimerkiksi Helsingissä kaupungin sähkö tuotetaan pääosin uusiutuvista energialähteistä tuulivoiman ja vesivoiman avulla (Helen, 2023). Vesivoimaa saadaan virtaavista joista Suomessa, mutta myös esimerkiksi Ruotsissa tuotettua vesisähköä käytetään Helsingin alueella. Aurinkosähkön osuus on Helsingin alueella pieni, mutta koko Suomen alueella aurinkoenergiaa hyödynnetään pääkaupunkiseudulla paljon.

Tutkimuskaupungeillani päästöjen aiheuttajat ovat samankaltaisia, mutta niiden keinot ilmastotavoitteiden saavuttamiseen poikkesivat toisistaan. Helsingin kaupungilla ilmatotoimenpiteet keskittyivät suurilta osin päästöjen vähentämiseen sekä rakennusten hiilipäästöjen vähentämiseen. Lahti sen sijaan on ottanut käyttöönsä omaperäisiä keinoja päästövähennysten toteutukseen. CitiCAP-sovellus toimii liikenteen päästöjä vähentävällä tavalla, kun taas Hartwallin panimo hyödyntää kiertotalousmallin mukaisesti jätteistä saatavaa energiaa tuotannossaan. Tutkielman edetessä tuli ilmi, että Lahti on onnistunut Helsinkiä paremmin toteuttamaan hiilineutraaliustavoitteita kohti tähtääviä toimenpiteitä älykkäällä tavalla uusien innovaatioita hyödyntäen.

Hankaluutena kaupunkien toimien vertailussa on kuitenkin kaupunkien erilaisuus. Helsinki on suurempi asukasluvultaan ja päästöjä aiheutuu huomattavasti enemmän kuin Lahdessa. Helsingissä esimerkiksi julkinen liikenne on kuitenkin laajemmin käytössä, mutta päästöt ovat silti korkeammat asumisesta ja energiankulutuksesta johtuen. Lahti on vähentänyt ja hyödyntänyt tehokkaasti päästöjä niin liikenteestä, teollisuudesta kuin energiankulutuksestakin, jolloin päästötoimenpiteet ovat olleet Helsingin toimenpiteitä laajempia. Toimenpiteitä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi kuitenkin seurataan tarkasti niiden toimivuuden varmistamiseksi, jolloin toimenpiteet myös muuttuvat usein. Tämän vuoksi toimenpiteet uudistuvat tarpeen mukaan myös tutkimukseni valmistuttua. Toimien riittävyyttä on mahdotonta arvioida etukäteen, sillä ilmastotavoitteisiin vaikuttaa myös maailmalla tapahtuvat asiat ilmastotavoitteiden ollessa kaikkien yhteisiä tavoitteita. Ilmastotavoitteiden saavuttaminen on Lahden ja Helsingin tapatuksessa lähivuosien aikana ajankohtaista, jonka vuoksi tulevana vuosina nähdään nykytilannetta paremmin, minkälaisia toimenpiteitä ilmastotavoitteisiin pääsemiseksi vielä vaaditaan.

## Lähteet

- Alhola, K. & Seppälä, J. (2014). Ilmastopaneeli. Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Noudettu 2024-01-28 osoitteesta [https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Hiilineutraalisuus\\_taustraraportit\\_2014.pdf](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Hiilineutraalisuus_taustraraportit_2014.pdf)
- Allain-Dupré. (2020). The multi-level governance imperative. *British Journal of Politics & International Relations*. Vol 22 Issue 4, p800-808. Noudettu 2024-03-30 osoitteesta 10.1177/1369148120937984
- Atasu, A., Duran, S. & Van Wassenhove, L. N. (2021). The Dark Side of Solar Power. Noudettu 2023-12-02 osoitteesta <https://hbr.org/2021/06/the-dark-side-of-solar-power>
- Autoalan tiedotuskeskus. (2023). Tieliikenne. Autoilun verotus. Noudettu 2024-01-20 osoitteesta [https://www.aut.fi/tieliikenne/liikenteen\\_verotus](https://www.aut.fi/tieliikenne/liikenteen_verotus)
- Bilotta, S. & Nesi, P. (2022). Estimating CO2 Emissions from IoT Traffic Flow Sensors and Reconstruction. Vol. 22 Issue 9, p3382-3382. Noudettu 2024-04-03 osoitteesta <https://doi.org/10.3390/s22093382>
- Chang, M.-C. (2023). Spatial agglomeration analysis on a circular economy's energy efficiency: A study of European Union countries. Volume 426. Noudettu 2024-04-06 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139191>
- Chen, L., Huang L., Hua J., Chen, Z., Wei, L., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., Dong, L. & Yap, P. (2023). Green construction for low-carbon cities: a review. Volume 21, pages 1627–1657. Noudettu 2023-12-16 osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-022-01544-4>
- Domorenok, E. & Zito, Anthony R. (2021). Engines of learning? Policy instruments, cities and climate governance. Vol. 54 Issue 3, p507-528. Noudettu 2024-03-31 osoitteesta 10.1007/s11077-021-09431-5
- Dufva, M. (2020). Megatrendit 2020. Sitran selvityksiä 162. Noudettu 2024-02-13 osoitteesta <http://media.sitra.fi/2019/12/15143428/megatrendit-2020.pdf>
- Econimidou, M., Della Valle, N., Melica, G. & Bertoldi, P. (2023). The role of European municipalities and regions in financing energy upgrades in buildings. Noudettu 2024-04-03 osoitteesta <https://doi.org/10.1007/s10018-023-00363-3>

- Eriksson, P. & Koistinen, K. (2005). Monenlainen tapaustutkimus. Kuluttajatutkimuskeskus. Julkaisuja 4:2005. Noudettu 2023-12-29 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152279/Monenlainen\\_tapaustutkimus.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152279/Monenlainen_tapaustutkimus.pdf)
- Espoo. (2023). Espoon kaupungin kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelma. Noudettu 2023-12-09 osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/espoo-kaupungin-kestavan-energian-ja-ilmaston-toimintasuunnitelma>
- Greenlahti. (2024a). Vuoden 2023 Euroopan ympäristöpääkaupunki valitaan juhlavassa gaalassa Lahdessa. Noudettu 2023-11-24 osoitteesta <https://greenlahti.fi/vuoden-2023-euroopan-ymparistopaakaupunki-valitaan-juhlavassa-gaalassa-lahdessa>
- Greenlahti. (2024b). Hetkiä, jolloin tehtiin ympäristöhistoriaa. Noudettu 2023-11-24 osoitteesta <https://greenlahti.fi/article/hetkia-jolloin-tehtiin-ymparistohistoriaa>
- Greenlahti. (2024c). Lahti tuo hiilineutraalin rakentamisen tekijät yhteen. Noudettu 2023-11-23 osoitteesta <https://greenlahti.fi/blog/lahti-tuo-hiilineutraalin-rakentamisen-tekijat-yhteen>
- Greenlahti. (2024d). Ympäristöpääkaupunki Lahti ja Ant Brew lanseeraavat olutsarjan kaupungin mauista - osa voi yllättää. Noudettu 2024-02-03 osoitteesta <https://greenlahti.fi/ymparistopaakaupunki-lahti-ja-ant-brew-lanseeraavat-olutsarjan-kaupungin-mauista-osa-voi-yllattaa>
- Hantrais, L. (1995). Comparative Research Methods. Social Reseach Update. Issue 13. University of Surrey, England. Noudettu 2024-01-22 osoitteesta <https://sru.soc.surrey.ac.uk/SRU13.html>
- Hartwall. (2023). Kiertotaloudelle perustuva biokaasulaitos Hartwallin Lahden tehtaan pihamaalla avattu. Noudettu 2024-02-02 osoitteesta <https://www.hartwall.fi/yrittys/uutiset/2023/biokaasulaitos-vihittiin-kayttoon/>
- Hartwall. (2022). Hartwallilla korvataan maakaasu biokaasulla - hiilineutraali tuotanto ensi vuoden aikana. Noudettu 2023-11-28 osoitteesta <https://www.hartwall.fi/yrittys/uutiset/2022/maakaasusta-biokaasuun-hiilineutraali-tuotanto/>
- Hel. (2024). Väestö. Noudettu 2024-01-17 osoitteesta <https://kaupunkitieto.hel.fi/fi/vaesto>

- Helen. (2023a). Kiinteistövahti. Noudettu 2023-11-23 osoitteesta <https://www.helen.fi/taloyhtiot/lammitys/energiatehokas-lammitys/kiinteistovahti>
- Helen. (2023b). Energiantuotanto Helsingissä. Noudettu 2024-02-01 osoitteesta <https://www.helen.fi/tietoa-meista/energia/energiantuotanto/energiantuotanto>
- Helen. (2022). Kaikki mitä olet halunnut tietää hiilestä - ja vähän enemmänkin. Noudettu 2024-02-13 osoitteesta <https://www.helen.fi/artikkelit/2022/hiili>
- Helsingin ilmastoteot (2024). Ilmastotavoitteet ja seuranta- hiilineutraali Helsinki. Noudettu 2024-02-15 <https://helsinginilmastoteot.fi/city-act/helsingin-ilmastotavoitteet-ja-seuranta/>
- Helsingin kaupunki. (2024). Helsingissä liikut nopeasti ja ympäristöystävällisesti. Noudettu 2024-02-18 osoitteesta <https://www.myhelsinki.fi/fi/ty%C3%B6-ja-opiskelu/helsingiss%C3%A4-liikut-nopeasti-ja-ymp%C3%A4rist%C3%B6yst%C3%A4v%C3%A4llisesti>
- Helsingin kaupunki. (2019). Ympäristöraportti. Helsingin kaupungin ympäristöraportti. Noudettu 2024-02-05 osoitteesta <https://www.hel.fi/static/ymk/yrp/fi/hki-ymparistoraportti-2019.pdf>
- Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. (2018). Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. Noudettu 2024-02-18 osoitteesta <https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/56/5687f1450f0ccb62ec661ae716d2afc06c7238ca.pdf>
- Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma. (2022). Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma. Noudettu 2024-01-17 [https://helsinginilmastoteot.fi/wp-content/uploads/2019/06/HNH\\_pa%CC%88a%CC%88sto%CC%88va%CC%88hennysohjelma.pdf](https://helsinginilmastoteot.fi/wp-content/uploads/2019/06/HNH_pa%CC%88a%CC%88sto%CC%88va%CC%88hennysohjelma.pdf)
- Helsinki. (2024). Helsinki hiilineutraaliksi. Noudettu 2024-01-28 osoitteesta <https://www.myhelsinki.fi/fi/valitse-vastuullisemmin/helsinki-hiilineutraaliksi>
- Helsinki. (2023). Tilastotietoja Helsingistä 2023. Noudettu 2024-02-04 osoitteesta [https://www.hel.fi/static/kanslia/Kaupunkitieto/23\\_06\\_15\\_Tilastotietoja\\_Helsingista\\_2023.pdf](https://www.hel.fi/static/kanslia/Kaupunkitieto/23_06_15_Tilastotietoja_Helsingista_2023.pdf)

- Helsinki. (2021). 1550 - Helsingin perustaminen. Noudettu 2023-11-26 osoitteesta <https://historia.hel.fi/fi/kaannekohdat/alkujuuret-ja-perustaminen/1550-helsingin-perustaminen>
- Hiilineutraali Tampere. (2022). Tiekartta. Noudettu 2023-11-24 osoitteesta [https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-10/hiilineutraali\\_tampere\\_2030\\_tiekartta-paivitys\\_2022.pdf](https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-10/hiilineutraali_tampere_2030_tiekartta-paivitys_2022.pdf)
- HSL. (2023). Työsuhdematkalipun verotus. Noudettu 2024-01-20 osoitteesta <https://www.hsl.fi/yrityksille/ajankohtaista/tyosuhdematkalipun-verotus>
- Huang-Lachmann, J-T. (2019). Systematic review of smart cities and climate change adaptation. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, Vol. 10 No. 4, pp. 745–772. Noudettu 2024-03-14 osoitteesta <https://doi-org.proxy.uwasa.fi/10.1108/SAMPJ-03-2018-0052>
- Huovila, A., Siikavirta, H., Antuña Rozado, C., Rökman, J., Tuominen, P., Paiho, S., Hedman, Å. & Ylén, P. (2022). Carbon-neutral cities: Critical review of theory and practice. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 341. Noudettu 2024-03-31 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130912>
- Ilmastopaneeli. (2018). Suomen ilmastopaneeli. Ilmastopaneelin muiston asunto-, energia ja ympäristöministeri Kimmo Tiilikaisen pyyntöön. Noudettu 2024-01-26 osoitteesta [https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Ilmastopaneelin-muistio\\_hyvaksytty\\_4.6.2018.pdf](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Ilmastopaneelin-muistio_hyvaksytty_4.6.2018.pdf)
- Julkisen liikenteen käyttäjämäärä. (2020). <https://lahdenymparistovahti.fi/indicators/472>
- Kestävä helsinki. (2024). Ilmasto. Noudettu 2024-03-27 osoitteesta <https://kestavyys.hel.fi/ilmasto-ja-energia/>
- Kilkis, S., Ulpiani, G., & Vettters N. (2024). Visions for climate neutrality and opportunities for co-learning in European cities. Noudettu 2024-03-09 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114315>
- Kiertotalousvahti Helsinki. (2024). Toimenpiteet. Noudettu 2024-02-01 osoitteesta <https://kiertotalousvahti.hel.fi/actions?view=list>
- Kleider, H. (2020). Multilevel governance: Identity, political contestation, and policy. *British Journal of Politics & International Relations*. Vol. 22, Issue 4. Noudettu 2024-03-30 osoitteesta <https://doi.org/10.1177/1369148120936148>

- Konttinen, Juha-Pekka. (2019). Liikennepolitiikka ilmastopolitiikan välineenä. STAT. Tie-to & Trendit. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2019/liikennepolitiikka-ilmastopolitiikan-valineena/>
- Koppa. (2015). Jyväskylän yliopisto. Avoimen yliopiston Koppa. Noudettu 2024-02-02 osoitteesta <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/vertaileva-tutkimus>
- Kuang, Y., Tan, R. & Zhang, Z. (2023). Saving energy by cleaning the air?: Endogenous energy efficiency and energy conservation potential. Volume 126. Noudettu 2024-04-06 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106946>
- Kuntaliitto. (2024a). Kaupunkien ja kuntien lukumäärät ja väestötiedot. Noudettu 2024-02-03 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/kuntaliitto/tietotuotteet-ja-palvelut/kaupunkien-ja-kuntien-lukumaarat-ja-vaestotiedot>
- Kuntaliitto. (2024)b. Case 6: Lahden kehittämisessä yhdistyvät kestävyys ja digitalisaatio. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/tietotuotteet-ja-palvelut/verkkajulkaisut/digia-kuntatyossa/6-lahden-kehittamisessa-yhdistyvat-kestavyys-ja-digitalisaatio>
- Kuokkanen, A., Sihvonen, M., Uusitalo, V., Huttunen, A., Ronkainen, T. & Kahiluoto, H. (2019). A proposal for a novel urban mobility policy: Personal carbon trade experiment in Lahti city. Vol. 62. Noudettu 2024-04-01 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100997>
- Lahtienergia. (2024). Lämpöä ja sähköä paikallisista polttoaineista. Noudettu 2021-01-28 osoitteesta <https://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/energiantuotanto/>
- Lahden ilmasto-ohjelma 2023–2030. (2023). Noudettu 2024-01-14 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uploads/2023/06/f6892f41-lahden-ilmasto-ohjelma-2023.pdf>
- Lahden kaupunki. (2024a). Lahden hiilineutraalin rakentamisen innovaatioverkosto. Noudettu 2024-01-22 osoitteesta <https://www.lahti.fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit-ja-rakentaminen/hiilineutraali-rakentaminen/lahden-hiilineutraalin-rakentamisen-innovaatioverkosto/>

- Lahden kaupunki. (2024b). Kiertotalouden edelläkävijä Lahti. Noudettu 2024-02-03 osoitteesta <https://www.lahti.fi/kaupunki-ja-paatoksenteke/ymparistokaupunki/kiertotalous/>
- Lahden kaupunki (2023). Hiilineutraali rakentaminen. Noudettu 2024-01-22 osoitteesta <https://www.lahti.fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit-ja-rakentaminen/hiilineutraali-rakentaminen/>
- Lahden kaupunki. (2022a). Lahti järjestää rakennusalan ammattilaisille koulutusta hiilineutraalista rakentamisesta. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/lahti-jarjestaa-rakennusalan-ammattilaisille-koulutusta-hiilineutraalista-rakentamisesta/>
- Lahden kaupunki. (2022b). Fazerin ksylitolitehdas käynnistää toimintansa Lahdessa. Noudettu 2024-02-02 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/fazerin-ksylitolitehdas-kaynnistaa-toimintansa-lahdessa/>
- Lahden kaupunki. (2021). Hiilineutraalin rakentamisen kehityskeskus. Noudettu 2024-02-03 osoitteesta <https://www.lahti.fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit-ja-rakentaminen/hiilineutraalin-rakentamisen-kehityskeskus/>
- Lahden seudun ympäristökatsaus. (2021). Lahdenseudun ympäristökatsaus 2021. Noudettu 2024-02-04 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uploads/2022/06/bd89f36b-lahden-seudun-ymparistokatsaus-2021.pdf>
- Lahden ympäristövahti. (2023). SUMP11. Kaupunkipyöräjärjestelmä. Noudettu 2024-01-10 osoitteesta <https://lahdenymparistovahti.fi/actions/SUMP11>
- Lahden suunta. (2017). Kestävän kaupunkiliikkumisen ohjelma. Noudettu 2024-01-21 osoitteesta [https://www.lahti.fi/tiedostot/liite10\\_kestavan-kaupunkiliikkumisen-ohjelma-sump/](https://www.lahti.fi/tiedostot/liite10_kestavan-kaupunkiliikkumisen-ohjelma-sump/)
- Lahden ympäristövahti. (2020). Mittarit. Noudettu 2024-01-07 osoitteesta <https://lahdenymparistovahti.fi/indicators>
- Lahtiguide. (2017). Lahden historia. Noudettu 2024-01-04 osoitteesta <http://www.lahtiguide.fi/lahti/historia-lahti/>
- Lahti Business Region. (2024). Kiertotalous ja ympäristö. Noudettu 2024-02-03 osoitteesta <https://lahtibusinesregion.fi/bisnesmahdollisuudet/kiertotalous-ja-ymparisto>

- Lahti. (2024). Keskustan liikenteen ja liikkumisen tavoitesuunnitelma vuodelle 2030: LIISU 2030. Noudettu 2024-01-21 osoitteesta [https://www.lahti.fi/tiedostot/liite\\_2\\_liisu2030/](https://www.lahti.fi/tiedostot/liite_2_liisu2030/)
- Lahti.fi. (2024). Tilastot. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.lahti.fi/kaupunki-ja-paatoksenteke/tietoja-lahdesta/tilastot/>
- Lahti. (2023a). Lahden ilmasto-ohjelman päivitys julkaistu. Noudettu 2024-01-14 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/lahden-ilmasto-ohjelman-paivitys-kaupunginhallitukseen/>
- Lahti. (2023b). Keskustan liikenne- ja liikkumissuunnitelma. Noudettu 2024-01-21 osoitteesta <https://www.lahti.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaupunkiympariston-suunnittelu/liikennesuunnittelu/keskustan-liikenne-ja-liikkumissuunnitelma/>
- Lahti. (2023c). Uutta tietoa hiilineutraaleista energiaratkaisuista. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/uutta-tietoa-hiilineutraaleista-energiaratkaisuista/>
- Lahti. (2021a). Euroopan ympäristöpääkaupunki Lahti on tehty kestäväksi. Noudettu 2023-12-03 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/euroopan-ymparistopaakaupunki-lahti-on-tehty-kestavaksi/>
- Lahti. (2021b). Lahti on ratkaisevasti vähentänyt päästöjään: hiilineutraalius hämöttää jo vuonna 2025. Noudettu 2024-01-03 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/lahti-on-ratkaisevasti-vahentanyt-paastojaan-hiilineutraalius-haamottaa-jo-vuonna-2025/>
- Lahti. (2021c). Sähköbussien määrä kasvaa Lahdessa jälleen. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/sahkobussien-maara-kasvaa-lahdessa-jalleen/>
- Lahti. (2020). Paikallisliikenteen päästöt vähenevät. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta <https://www.lahti.fi/uutiset/paikallisliikenteen-paastot-vahenevat/>
- Lahti. (2019). Lahden kestävän energian ja ilmastonmuutoksen toimenpidesuunnitelma vuoteen 2030. SECAP 2019-2030. Noudettu 2024-02-04 osoitteesta <https://www.lahti.fi/tiedostot/lahden-kestavan-energian-ja-ilmastonmuutoksen-toimenpidesuunnitelma-2030-secap/>
- Leroutier, M. & Quirion, P. (2022). Tackling Car Emissions in Urban Areas: Shift, Avoid, Improve. Volume 213. Noudettu 2024-04-02 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107951>

- Liang, R., Zheng, X., Wang, P., Liang, J. & Hu, L. (2023). Research Progress of Carbon-Neutral Design for Buildings. Vol. 16 Issue 16, p5929. 50p. Noudettu 2024-03-31 osoitteesta [10.3390/en16165929](https://doi.org/10.3390/en16165929)
- Liikenteen NOX-päästöt. (2020). Liikenteen NOX-päästöt. Noudettu 2023-11-27 osoitteesta <https://lahdenymparistovahti.fi/indicators/461>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2024). Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumishjelma 2030. Noudettu 2024-02-08 osoitteesta <https://mmm.fi/kansallinen-sopeutumis suunnitelma/kiss2030>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2023a). Muita strategioita ja ohjelmia. Noudettu 2024-02-08 osoitteesta <https://mmm.fi/metsat/strategiat-ja-ohjelmat/muita-strategioita-ja-ohjelmia>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2023b). Kansainvälinen ilmastopolitiikka. Noudettu 2024-02-08 osoitteesta <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/kansainvalinen-ilmastopolitiikka>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2023c). Kansallinen energia- ja ilmastopolitiikka. Noudettu 2024-02-08 osoitteesta <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/kansallinen-energia-ja-ilmastopolitiikka>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2023d). Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelma 2030. Noudettu 2024-02-08 osoitteesta <https://mmm.fi/kansallinen-sopeutumis suunnitelma/kiss2030>
- Mahmoud, M., Garnett, R., Ferguson, M. & Kanaroglou, P. (2016). Electric buses: A review of alternative powertrains. Vol. 62, p673-684. Noudettu 2024-04-02 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.019>
- Maka, A. O. M & Jamal M. Alabid. (2022). Clean Energy. Volume 6, Issue 3, June 2022, Pages 476–483. Noudettu 2024-01-18 osoitteesta <https://doi.org/10.1093/ce/zkac023>
- Motiva. (2024). Innovaatiohaaste tuo uusia kiertotalousratkaisuja Helsingin kaupungin käyttöön. Artikkelit 2023. Noudettu 2024-01-30 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/artikkelit/artikkelit\\_2023/innovaatiohaaste\\_tuo\\_uusia\\_kiertotalousratkaisuja\\_helsingin\\_kaupungin\\_kayttoon.20710.news](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/artikkelit/artikkelit_2023/innovaatiohaaste_tuo_uusia_kiertotalousratkaisuja_helsingin_kaupungin_kayttoon.20710.news)

- Motiva. (2023). Vety. Noudettu 2024-01-23 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energiالاhteet/vety](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energiالاhteet/vety)
- Motiva. (2022b). Mikä on energiatodistus? Noudettu 2023-12-04 osoitteesta [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika\\_on\\_energiatodistus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus)
- Murray, J. & Dey, C. (2009). The carbon neutral free for all. Volume 3, Issue 2, March 2009, Pages 237–248. Noudettu 2024-01-24 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2008.07.004>
- Nylund, Nils-Olof. (2011). Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopoliittikan näkökulmasta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2011. Noudettu 2024-02-03 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-221-6>
- Ollikainen, M. (2017). Pariisin ilmastopöpmus ja Suomi: mahdollisuuksia vai rasitteita? Kansantaloudellinen aikakauskirja – 113. vsk. – 1/2017. Noudettu 2024-01-29 osoitteesta <https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2017/03/kak-1-2017-Ollikainen.pdf>
- Ouka. (2018). Oulun kaupungin kestävän energian ja ilmastön toimintasuunnitelma, 2018. Noudettu 2024-01-04 osoitteesta <https://www.ouka.fi/media/587/download>
- Pääkaupunkiseudun ilmastöstrategia 2030. (2007). Pääkaupunkiseudun ilmastöstrategia 2030. Noudettu 2023-11-27 osoitteesta [https://www.hsy.fi/globalassets/ilmanlaatu-ja-ilmastö/tiedostot/paakaupunkiseudun-ilmastöstrategia-2030\\_ytv-2007-1.pdf](https://www.hsy.fi/globalassets/ilmanlaatu-ja-ilmastö/tiedostot/paakaupunkiseudun-ilmastöstrategia-2030_ytv-2007-1.pdf)
- Rakennerahastot. (2022). Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR). Noudettu 2024-04-25 osoitteesta <https://rakennerahastot.fi/euroopan-aluekehitysrahasto-eakr>
- Raposo, M. & Silva, C. (2022). City-Level E-Bike Sharing System Impact on Final Energy Consumption and GHG Emissions. *Energies* 2022, 15(18), 6725. Noudettu 2024-04-03 osoitteesta <https://doi.org/10.3390/en15186725>
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2006). KvaliMOTV – Menetelmäöpetuksen tietövaranto. Yhteiskuntatieteellinen tietöarkisto. Noudettu 2024-02-12 osoitteesta [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaöpetus/kvali/L5\\_5.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaöpetus/kvali/L5_5.html)

- Salvia, M., Pietrapertosa, F., D'Alonzo, V., Maestosi, P. C., Simoes, S. G. & Reckien D. (2023). Key dimensions of cities' engagement in the transition to climate neutrality. Noudettu 2024-03-09 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118519>
- Shabhih, S., Zaher Serdar, M. & Al-Ghamdi, S. G. (2023). Decarbonization strategies of building materials used in the construction industry. Noudettu 2024-04-04 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.08.346>
- STT Info. (2022a). Helsingin päästöt eivät laske odotetusti – Hiilineutraali Helsinki -ohjelmaa päivitetään. Noudettu 2024-01-28 osoitteesta <https://helsinginilmastoteot.fi/helsingin-paastot-eivat-laske-odotetusti-hiilineutraali-helsinki-ohjelmaa-paivitetaan/>
- STT Info. (2022b). Helsingin liikenteen päästövähennystavoite ei toteudu nykyisillä toimenpiteillä – uusia selvitetään. Noudettu 2024-01-28 osoitteesta <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69942983/helsingin-liikenteen-paastovahennystavoite-ei-toteudu-nykyisilla-toimenpiteilla-uusia-selvitetaan?publisherId=60577852>
- Szczotka, K., Barwińska-Małajowicz, A., Szymiczek, J. & Pyrek, R. (2023). Thermomodernization as a Mechanism for Improving Energy Efficiency and Reducing Emissions of Pollutants into the Atmosphere in a Public Utility Building. Vol. 16 Issue 13, p5026. Noudettu 2024-04-03 osoitteesta <https://doi.org/10.3390/en16135026>
- Tableau Public. (2022). Sähkönkulutus. Noudettu 2024-02-01 osoitteesta [https://public.tableau.com/views/Pkaupunkiseudunkhk-pstt1990-2021/Story1?:language=fi&publish=yes&:display\\_count=n&:origin=viz\\_share\\_link:showVizHome=no&:embed=true](https://public.tableau.com/views/Pkaupunkiseudunkhk-pstt1990-2021/Story1?:language=fi&publish=yes&:display_count=n&:origin=viz_share_link:showVizHome=no&:embed=true)
- Testbed Helsinki. (2020). Kiertotalous. Noudettu 2024-01-30 osoitteesta <https://testbed.hel.fi/kiertotalous/>
- Tilastokeskus. (2023a). Väestön ennakkotilasto. Noudettu 2024-01-03 osoitteesta <https://www.stat.fi/tilasto/vamuu>
- Tilastokeskus. (2023a). Väestörakenteen ennakkotiedot alueittain 2022M01\*-2023M03\*. Noudettu 2024-01-03 osoitteesta [https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_vamuu/statfin\\_vamuu\\_pxt\\_11lj.px/](https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vamuu/statfin_vamuu_pxt_11lj.px/)

- Tilastokeskus. (2022). Tunnuslukuja väestöstä alueittain, 1990–2022. Noudettu 2024-01-03 [https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_vaerak/statfin\\_vaerak\\_pxt\\_11ra.px/](https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11ra.px/)
- Traficom. (2023). Liikenteen CO2-päästöt liikennemuodoittain sekä maakunnittain. Noudettu 2024-01-05 osoitteesta <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-co2-paastot-liikennemuodoittain-seka-maakunnittain>
- Trexler, M. & Kosloff, L. (2006). Selling carbon neutrality. Noudettu 2023-12-29 osoitteesta [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/5010474/trexler\\_retail\\_offsets\\_envforum\\_final11-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1635955912&Signature=ZJy3YQHssx798kn~FYeBT80jBhkZYIX9GeWBF7l0PaE9a6eH4k1zmA0ys6dKHt56b~afmmFKtYALanQ1o2OdLxEbnUSnPypFJueRictnQuGl5TfpYDI3vU8FOIkL1M8AEWYQxbWI9Jthw2UBeu5HKgtpg9xRwW6gwbTQ499vp-CZJel3nf55jRO-UStpeSRdDHUD6ggfz4t2r8xTT-7CmLIKXF9xQb-S4ctexdCIS1ehAMD15ez~mP8CLpQjZamizdHKul35SsliEaocZqYCSqsG7Z37ATrvqMAclvI9A9sEkp3BP~3rG8JhSuSfRbyanNe3eYFW~fqle1wNeKZnqw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/5010474/trexler_retail_offsets_envforum_final11-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1635955912&Signature=ZJy3YQHssx798kn~FYeBT80jBhkZYIX9GeWBF7l0PaE9a6eH4k1zmA0ys6dKHt56b~afmmFKtYALanQ1o2OdLxEbnUSnPypFJueRictnQuGl5TfpYDI3vU8FOIkL1M8AEWYQxbWI9Jthw2UBeu5HKgtpg9xRwW6gwbTQ499vp-CZJel3nf55jRO-UStpeSRdDHUD6ggfz4t2r8xTT-7CmLIKXF9xQb-S4ctexdCIS1ehAMD15ez~mP8CLpQjZamizdHKul35SsliEaocZqYCSqsG7Z37ATrvqMAclvI9A9sEkp3BP~3rG8JhSuSfRbyanNe3eYFW~fqle1wNeKZnqw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2023) Kansallinen energia- ja ilmastosunnitelma. Noudettu 2023-11-28 osoitteesta <https://tem.fi/eulle-toimitettavat-suunnitelmat-ja-raportit>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2016). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Noudettu 2023-12-28 osoitteesta <https://tem.fi/documents/1410877/3570111/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf?t=1480670584000>
- Valtioneuvosto. (2019a). Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:31. Noudettu 2024-01-27 osoitteesta [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161931/VN\\_2019\\_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161931/VN_2019_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Valtioneuvosto. (2019b). Kivihiilen energiakäytön vuonna 2029 kieltävä laki voimaan huhtikuun alussa. Työ- ja elinkeinoministeriö. Tiedote. Noudettu 2024-01-27 osoitteesta <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/kivihiilen-energiakayton-vuonna-2029-kieltava-laki-voimaan-huhtikuun-alussa>
- Vantaan resurssiviisauden tiekartta. (2022). Valtuustokausi 2021–2025. Noudettu 2023-12-09 osoitteesta [https://www.vantaa.fi/sites/default/files/document/Resurssiviisauden%20tiekartta\\_0.pdf](https://www.vantaa.fi/sites/default/files/document/Resurssiviisauden%20tiekartta_0.pdf)
- Viljaklusteri. (2024). Päijät-Hämeen Viljaklusteri. Kiertotalous ja ympäristö. Noudettu 2024-02-02 osoitteesta <https://viljaklusteri.fi/kiertotalous-ymparisto/>
- Vimpari, Jussi. (2021). Environmental Research Letters, Volume 16, Number 6. Noudettu 2024-01-09 osoitteesta [10.1088/1748-9326/abfee](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfee)
- VNS. (2017). Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030. VNS 7/2017 vp. Noudettu 2024-01-28 osoitteesta [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/VNS\\_7+2017.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/VNS_7+2017.pdf)
- Vuori, J. (2023). Tapaustutkimus. Tietoarkisto. Tampereen yliopisto. Noudettu 2024-01-28 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tapaustutkimus/>
- Westerhoff, L & Juhola S. (2010). Science-policy linkages in climate change adaptation in Europe. International Journal of Climate Change Strategies and Management. Volume 2 Issue 3. Noudettu 2024-03-09 osoitteesta <https://doi.org.proxy.uwasa.fi/10.1108/17568691011063024>
- WWF. (2024). Ilmastonmuutos. Noudettu 2024-04-16 osoitteesta <https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>
- Xi, C., Ren, C., Zhang, R., Wang, J., Feng, Z., Haghgha, F. & Cao, S. (2023). Nature-based solution for urban traffic heat mitigation facing carbon neutrality: sustainable design of roadside green belts. Noudettu 2024-01-04 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121197>

Yhdistettyjen jalankulku- ja pyöräteiden pituus. (2020). Noudettu 2023-11-13 osoitteesta <https://lahdenymparistovahti.fi/indicators/473>

Ympäristöministeriö. (2020). Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma (KAISU). YM049:/2020. Noudettu 2022-02-08 osoitteesta <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM049:00/2020>

Ziozias, C., Kontogianni, E. & Anthopoulos, L. (2023). Carbon-Neutral City Transformation with Digitization: Guidelines from International Standardization. Vol. 16 Issue 15, p5814. 24p. Noudettu 2024-03-31 osoitteesta [10.3390/en16155814](https://doi.org/10.3390/en16155814).