

Helsingin kaupungin päästöjen BAU- skenaario vuoteen 2050

Raportti

Atte Supponen
Terhi Tikkanen-Lindström
Pasi Metsäpuro
Susanna Eräranta
Kaisa-Reeta Koskinen

Helsinki

Helsinki

**Helsingin kaupungin päästöjen BAU-skenaario
vuoteen 2050: Raportti**

**Helsingin kaupungin keskushallinnon
julkaisuja 2023:10**

WSP Finland Oy

Atte Supponen
Terhi Tikkanen-Lindström
Pasi Metsäpuro

Helsingin kaupunki

Susa Eräranta
Kaisa-Reeta Koskinen

ISBN 978-952-386-254-8 (nidottu)

ISBN 978-952-386-255-5 (pdf)

ISSN 2242-4504/ISSN 2242-4504 (nidottu)

ISSN 2323-8135 (verkkójulkaisu)

Julkaisuvuosi: 2023

Kannen kuva: Helsinki Partners

Esipuhe

Helsingin kaupungin hiilineutraaliustavoite kiristyi kaupunkistrategiassa 2021–2025 vuodesta 2035 vuoteen 2030. Lisäksi kaupunki asetti tavoitteeseen saavuttaa hiilinollan vuoteen 2040 mennessä ja hiilinegatiivisuuden tämän jälkeen. Toisin kuin hiilineutraaliudessa, hiilinollassa ei voida enää hyödyntää kaupungin rajojen ulkopuolella tapahtuvaa päästöjen kompensointia. Näin ollen kaupungin alueella olevien hiilinielujen määrä asettaa päästöille maksimitason. Mitä pienemmäksi hiilinielut kutistuvat, sitä enemmän päästöjä on leikattava.

Tavoitteiden saavuttamisen tueksi on käynnistynyt työ, jossa konkretisoidaan hiilinegatiivisen kaupungin reunaehtoja ja tulevaisuuskuvia. Kun aikaa ja resursseja on käytössä rajallisesti, on tärkeää varmistaa, että ne pystytään ohjaamaan niihin vaikuttavimpiin tekoihin, joilla asetettuihin tavoitteisiin päästään. Tarvittavien tekojen konkretisoimiseksi tarvitaan myös suuntaa antava ymmärrys siitä, mitkä päästöluokat ovat tulevana vuosikymmeninä mittakaavaltaan keskeisiä ja mihin asti nykyisillä toimilla kullakin sektorilla päästään.

Tämän raportin tavoitteena oli kehittää ensimmäinen avoin ja vertailukelpoinen menetelmä alueperustaiseen, eli esimerkiksi kaupungin alueen, päästöjen tilannekuvatarkasteluun ilmastojohtamisen tueksi. Laskentamalli tuottaa suuntaa antavan kokonaisarvion päästöjen mittaluokista ja mahdollistaa alueperustaisen vertailtavuuden Scope 1-, 2- ja 3-päästöjen jakaumasta nykytilanteesta sekä BAU-kehitykseen pohjaavien arvioiden osalta poikkileikkausvuosina 2030, 2040 ja 2050. Erityisesti Scope 3-päästöissä lähtötietojen laadulliset puuteet ovat merkittävä syy siihen, että Scope 3-laskennan tulokset ovat ainoastaan suuntaa antavia. Menetelmäkehityksestä ja laskennan oikeellisuudesta on vastannut WSP Finland Oy. Laskentamallin periaatteet ja oletukset on systemaattisesti ja avoimesti raportoitu mahdollistaen helpon päivitettävyyden, jatkotarkastelut ja -kehityksen myös kaupungin ulkopuolisille toimijoille.

Vain tehdyillä päästövähennyksillä on tavoitteen saavuttamisen kannalta merkitystä. Tulevan kehityksen osalta onkin huomioitu vain tähän mennessä tehdyt sitovat päätökset päästökehitykseen merkittävästi vaikuttavista suunnitelmista ja investointihankkeista, lainsäädännön vaikutus ja muut valtion toimet, joilla

on vaikutusta päästökehitykseen sekä muut päästökehitykseen merkittävästi vaikuttavat tekijät. Tästä syystä esimerkiksi käynnissä olevat osayleiskaavat ja niiden hahmottelema muuttuva maankäyttö on rajattu tarkastelun ulkopuolelle, mutta vähenevän kaavavarannon merkitys on tärkeää tunnistaa tuloksia tulkittaessa. Samoin esimerkiksi Scope 3-päästökehityksen osalta ruokailutottumuksissa ei lähtökohtaisesti ole oletettu radikaaleja muutoksia. Tehdyt lähtöoletukset on kuvattu raportissa kunkin arvion kohdalle. Kun toimintaympäristössä tapahtuu muutoksia, jotka vaikuttavat lähtötietoihin merkittävässä määrin, on laskentaa syytä päivittää.

Laskennan pohjalta kaupungin omien toimien osalta korostuu hiilinielujen säilyttäminen ja vahvistaminen. Laskentamalli vaatii jatkokehitystä erityisesti hiilinielujen osalta, eikä huomioi yksiselitteisesti esimerkiksi rakentamisen vaatimaa pohjapinta-alaa. Jo nykyinen tarkastelu antaa kuitenkin viitteitä esimerkiksi hiilinielujen säästämisen sekä vahvistamisen merkityksestä, hiilinielujen pienentävien hankkeiden vähentämisestä sekä kaavoitettavan pohjapinta-alan sääntelystä ole-massa olevan viherrakenteen ja maaperän säästämissä, jotta asetetut tavoitteet on mahdollista saavuttaa ajallaan. Jatkossa myös Scope 3-laskennan oletuksia tulee tarkentaa.

Laskenta osoittaa myös, että tulevana vuosikymmeninä korostuvat erityisesti ne päästöluokat, joiden ohjaamiseksi kaupungit omat keinot ovat rajalliset. Yhteiskunnan näkökulmasta on keskeistä tunnistaa oikeat menetelmät ja taso näiden sääntelemiseksi. Myös muilta toimijoilta vaaditaan vaikuttavia tekoja päästövähennyksiin.

Helsingissä 27.2.2023,

Susa Eräranta ja Kaisa-Reeta Koskinen

WSP FINLAND OY

HELSINGIN KAUPUNGIN PÄÄSTÖJEN BAU- SKENAARIO VUOTEEN 2050 RAPORTTI

21.2.2023



Sisältö

1. Tausta ja tavoitteet	3
2. Business As Usual -skenaario	4
2.1. Voimassa oleva lainsäädäntö ja toimenpiteet	4
2.2. Väestö- ja työpaikkaennusteet	4
2.3. Yleinen markkinakehitys	5
3. Menetelmä	6
3.1. Scope-luokitus	6
3.2. Laskentamalli	7
3.3. Päästösektorit	8
4. Polttoaineiden energiakäyttö	10
4.1. Rakennusten lämmitys	10
4.2. Sähkönkulutus	13
4.3. Muut kiinteät päästölähteet	16
4.4. Polttoaineiden epäsuorat päästöt	18
5. Liikenne	19
5.1. Tieliikenne	19
5.2. Lento- ja laivaliikenne	22
6. Teollisuus	25
7. Jätteet	25
8. Maatalous, metsätalous ja maankäyttö	26
8.1. Maatalous	26
8.2. Hiilinielut	27
9. Muut epäsuorat päästöt	30
9.1. Ruoan kulutus	30
9.2. Rakennusmateriaalien kulutus	32
9.3. Muu kulutus	35
10. Yhteenveto	37
Lähteet	40

1. Tausta ja tavoitteet

Helsingin kaupungin hiilinegatiivisuustavoitteen tueksi on käynnistynyt visiotyö, jossa määritellään hiilinegatiivisen kaupungin reunaehdoja ja tulevaisuuskuvia. Visiotyön tueksi vaaditaan ymmärrys kaupungin kokonaispäästöjen jakaumasta ja mittaluokista nykytilanteesta ja tulevaisuudessa.

Tämän selvityksen tavoitteena on kartoittaa kokonaiskuva Helsingin kaupungin maantieteellisellä alueella syntyvistä sekä kaupungin toiminnan muualla synnyttämistä kasvihuonekaasupäästöistä nykytilanteesta ja pitkän aikavälin Business As Usual (BAU) -skenaariossa. Skenaario kuvataan poikkileikkausvuosille 2030, 2040 ja 2050.

Selvityksessä kuvataan päästöjen lähteet ja nielut seuraavilta päästösektoreilta:

- rakennusten lämmitys,
- sähkönkulutus,
- liikenne,
- teollisuus,
- maa- ja metsätalous,
- jätteiden käsittely
- muut epäsuorat päästöt,
- maankäytön hiilinielut.

Selvitys kattaa suorat maantieteellisellä alueella syntyvät päästöt ja kaupungin alueella tapahtuvan toiminnan aiheuttamat epäsuorat päästöt. Epäsuorat päästöt ovat seurausta kaupungin maantieteellisellä alueella tapahtuvasta toiminnasta, mutta syntyvät muualla kuin kaupungin rajojen sisäpuolella.

Työtä on ohjannut Helsingin kaupungin ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet Kaisa-Reeta Koskinen ja Susa Eräranta. Selvitys on laadittu WSP Finland Oy:ssä, jossa työhön ovat osallistuneet Atte Supponen, Terhi Tikkanen-Lindström, Pasi Metsäpuro, Elli Happonen, Samuli Kyytsönen ja Tuomas Seppänen.

2. Business As Usual -skenaario

Skenaarioiden tarkoitus on kuvata, kuinka jokin tulevaisuuden tila kehittyy nykyhetkestä ja millaisia vaihtoehtoja kehityskulun muuttamiseksi on olemassa. Business As Usual -skenaario (BAU-skenaario) kuvaa päästöjen muutosta pitkällä aikavälillä, kun lähtöoletuksena huomioidaan vain jo päätetyt toimenpiteet ja voimassa oleva lainsäädäntö. Näiden toimenpiteiden lisäksi skenaarion lähtökohdaksi toimii kaupungin väestö- ja työpaikkaennusteet sekä yleinen markkinakehitys.

2.1. Voimassa oleva lainsäädäntö ja toimenpiteet

Voimassa olevan lainsäädännön ja päätettyjen ilmastotoimenpiteiden osalta BAU-skenaarion tärkeimpiä lähtökohdiksi ovat:

- Biopolttoaineiden energiasisällön osuus jakelijan toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä on nostettava 30 prosenttiin vuonna 2029 (jakeluvaihe).
- Biopolttoaineen osuus kulutukseen toimitetusta kevyestä polttoöljystä tulee olemaan 10 prosenttia vuonna 2028 ja siitä eteenpäin (biopolttoöljyn jakeluvaihe).
- Hiilen käyttäminen sähkön tai lämmön tuotannon polttoaineena voimalaitoksissa ja lämpölaitoksissa kielletään vuonna 2029.
- Helen Oy:n kehitysohjelma ja toteutus- ja suunnitteluvaiheessa olevat hankkeet, joiden avulla kivihiilen käyttöä korvataan muilla polttoaineilla.
- Helsingin yleiskaava 2016 (Helsingin kaupunki 2018), jonka mukaisesti rakentamista tiivistetään ja ohjataan täydennysrakentamisen alueille. Yleiskaavaan kuulumattomien kaava-alueiden (Östersundom) ja kumottujen kaavamerkintöjen kohdalla ei oleteta lisärakentamista. Näiden osalta vireillä olevat osayleiskaavat voivat muuttaa tilannetta tämän selvityksen arvioista.
- Tehdyt päätökset tulevista liikenneverkon kehittämishankkeista: Raide-Jokeri, Kruunusillat, Vihdintien pikaraitiotie, Pasila-Kalasadama raitiotie ja Sömäisten tunneli.

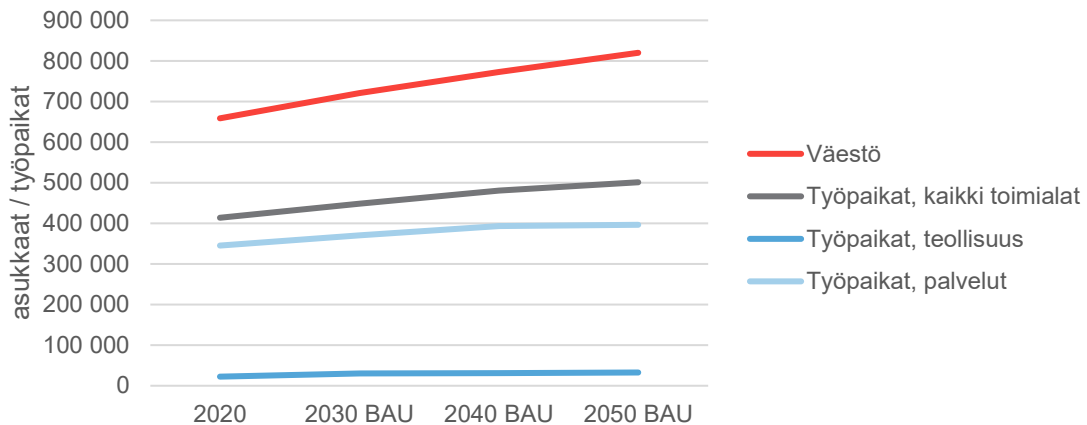
Skenaarion lähtökohdaksi ei ole otettu tavoitteita tai valmistelevia periaatepäätöksiä. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi valtioneuvoston periaatepäätöstä lentoliikenteen päästövähennyksistä (Valtioneuvosto 2021) tai valmisteilla olevia päätöksiä vähähiilisen rakentamisen kriteereistä (kts. Ympäristöministeriö 2019) tai merenkulun päästökaupasta (kts. Honkatukia ym. 2021) ei ole otettu skenaarion lähtökohdaksi.

2.2. Väestö- ja työpaikkaennusteet

Kaupungin väestökehityksestä on laadittu kolme vaihtoehtoista projektia, joista käytetään lähtökohdaksi perusvaihtoehtoa (Helsingin kaupunki 2022a, Helsingin kaupunki 2022b). Kaupungissa on nykyisin noin 658 000 asukasta ja perusvaihtoehdon mukaisen väestöprojektin mukaan väestö kasvaa 824 000 asukkaaseen (+25 %) vuoteen 2050 mennessä (Kuva 1).

Helsingin työpaikkamäärien ennuste on laadittu osana Uudenmaan työpaikkaprojektia (Laakso 2021). Projektien vaihtoehtoisista lähtökohdaksi on valittu Ve0-projekti, jossa työpaikkojen kasvu jatkuu 2010-luvun jälkipuolen trendiä seuraten ja yritystoiminnan kasvu painottuu pääkaupunkiseudulle. Työpaikkojen määrä on nykyisin 413 000 ja kasvaa noin 482 000 työpaikkaan (+17 %) vuoteen 2050 mennessä (Kuva 1).

Työpaikkaprojektiot laaditaan toimialakohtaisesti ja tätä toimialakohtaista tietoa käytetään teollisuuden sekä palveluiden päästökehityksen arviointiin. Työpaikkaprojektiossa teollisuuden kasvu suuntautuu osaamisintensiiviseen tuotantoon, jolloin teollisuuden sekä liike-elämän palveluiden ja informaatioalojen kasvu suuntautuu pääkaupunkiseudulle. Helsingissä teollisuuden ja palveluiden työpaikkamäärä kasvaa nykytilanteesta (Kuva 1).



Kuva 1. Väestön ja työpaikkojen kehitys Helsingissä (Helsingin kaupunki 2022b).

2.3. Yleinen markkinakehitys

Kaupungin sisällä tapahtuvan kehityksen lisäksi pitkän aikavälin päästökuvauksessa on tehtävä lähtöoletuksia markkinoiden kehityksestä kansallisella ja globaalilla tasolla. Näiden oletusten osalta tämä työ perustuu ensisijaisesti kansallisen ilmasto- ja energiastrategian With Existing Measures -skenaarioon ja sen vaikutusten arviointiin (Koljonen ym. 2021), toimialakohtaisiin ilmastotiekarttoihin (Paloneva ja Takamäki 2020) ja epäsuorien päästöjen kohdalla myös kansainvälisten organisaatioiden (ECAC, IEA, IMO) päätettyjen toimenpiteiden skenaarioihin.

3. Menetelmä

Kaupunkitason kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan on olemassa maailmanlaajuisesti useita laskentamalleja. Selvityksessä käytetty laskentamalli soveltaa kaupunkien päästö-laskennan malleja PAS 2070 (BIS 2014a), U.S Community Protocol for Greenhouse Gas Emissions (ICLEI 2019) sekä GPC Version 1.1 (WRI 2021), jotka huomioivat suorien alueellisten päästöjen lisäksi alueen tai kaupungin epäsuorat päästöt.

Maantieteellisellä alueella syntyvien päästöjen osalta laskentamalli noudattaa samankaltaisia periaatteita aiempien Suomessa tehtyjen päästöjen skenaarioselvitysten (Lounasheimo 2015, Huuska ym. 2017, Karhinen ja Lounasheimo 2021) kanssa. Laskenta toteutetaan aktiviteettien ja ominaispäästökertoimien erillisen arvioinnin kautta.

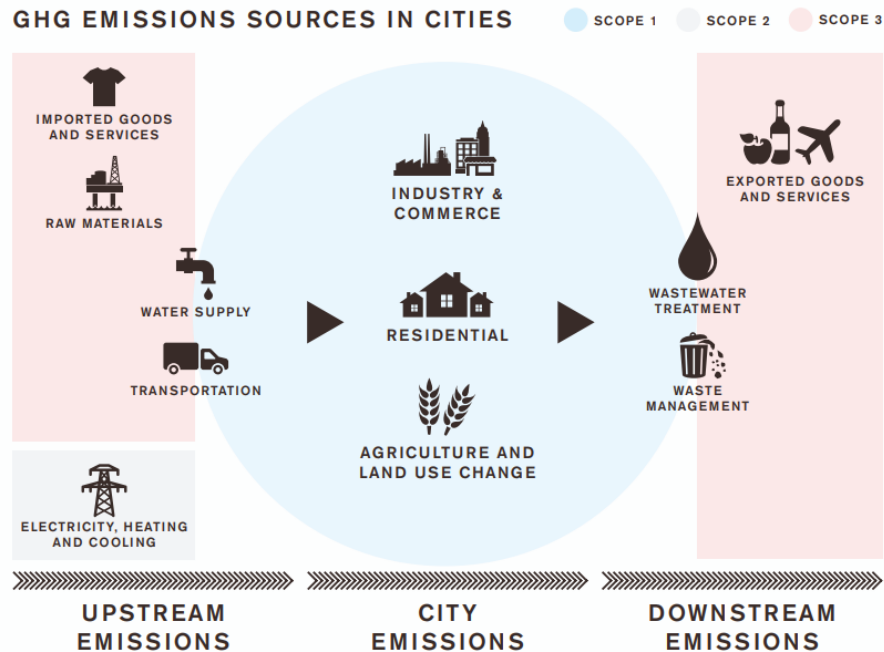
Menetelmällisesti päästömallia on yksinkertaistettu nykytilanteen päästöinventareista. Nykytilanteen päästöjen tarkasteluun ja kaupunkien väliseen vertailuun tarkempia tietolähteitä ovat maantieteellisten päästöjen osalta HSY:n Hilma-laskenta (HSY 2022) ja kuntien päästöjen ALAS-malli (Lounasheimo 2020) sekä kulutusperusteisten päästöjen osalta Kulma-laskenta (Liljeström ym. 2021) ja ALasKulutus-laskenta (Karhinen ym. 2023).

3.1. Scope-luokitus

Päästöjen laskennassa tehtävällä maantieteellisellä rajauksella on suuri vaikutus tuloksiin, sillä kaupungin toiminta voi tuottaa päästöjä kaupungin rajojen sisäpuolella tai sen maantieteellisen alueen ulkopuolella. Tämän esilletuomiseksi päästöt jaotellaan selvityksessä laskentanormien (BIS 2014a, ICLEI 2019 ja WRI 2021) mukaisiin luokkiin, jotka kuvaavat sitä, missä päästöt syntyvät. Päästöluokat määritellään tarkemmin seuraavasti:

- Scope 1 viittaa päästöihin, joiden lähteet ovat kaupungin rajojen sisäpuolella.
- Scope 2 tarkoittaa päästöjä, jotka syntyvät verkon kautta siirrettävän energian (sähkö, lämpö, jäähdytys) kuluttamisesta kaupungin rajojen sisäpuolella.
- Scope 3 tarkoittaa kaupungin sisällä tapahtuvan toiminnan aiheuttamia päästöjä kaupungin rajojen ulkopuolella.

Scope 1 -päästöjä voidaan kutsua myös alueellisiksi päästöiksi, koska ne syntyvät kaupungin maantieteellisellä alueella. Scope 2 ja 3 sen sijaan huomioivat kaupungin toiminnan aiheuttamat päästöt kaupungin maantieteellisen alueen ulkopuolella. Osa sektoreista (mm. liikenne) voivat sisältyä useaan luokkaan, jolloin tarvitaan tarkempaa määrittelyä siitä mihin luokkaan päästöt jaetaan.



Kuva 2. PAS2070 ohjeen Scope-luokittelu (BIS 2014a).

3.2. Laskentamalli

Laskentamallin lähtökohta on edellä esitetty maantieteellinen luokittelu. Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta kullekin poikkileikkausvuodelle perustuu aktiviteettien ja ominaispäästökertoimien kehityksen arviointiin:

$$KHK \text{ päästöt} = \text{Aktiviteetti} \times \text{Ominaispäästökerroin}$$

Kasvihuonekaasupäästöjen määrä raportoidaan hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂-ekv), joka on laskennallinen kasvihuonekaasu, jossa eri kaasuja painotetaan niiden voimakkuuden ja pysyvyyden mukaan.

Aktiviteetti tarkoittaa päästöjä tuottavan toiminnan määrää (esimerkiksi rakennusten energiankäyttö tai liikennesuorite). Aktiviteetin kehitystä arvioidaan tilastotietojen ja muiden lähteiden pohjalta perustuen BAU-skenaarion toimenpiteisiin ja kaupungin yleisiin väestö- ja työpaikkaprojektioihin. Aktiviteetin määrään vaikuttaa voimakkaimmin väestönkehitys ja siihen liittyvä rakentaminen, liikenne ja kuluttaminen.

Ominaispäästökerroin muuntaa aktiviteetin kasvihuonekaasupäästöjen massaksi (esimerkiksi päästöt ajoneuvokilometriä kohden). Päästökertoimet voivat olla aktiviteetti- tai elinkaari- perusteisia (WRI 2013, WRI 2021):

- Aktiviteettiperusteinen kerroin sisältää päästöt aktiviteetin tapahtuessa (esimerkiksi polttoaineen palaminen käytön aikana). Aktiviteettiperusteista kerrointa käytetään, kun lasketaan Scope 1 - ja Scope 2 -päästöt.
- Elinkaari- perusteinen kerroin sisältää kaikki materiaalin tai polttoaineen elinkaaren vaiheet (valmistus, kuljetus, poltto). Elinkaari- perusteista kerrointa käytetään, kun lasketaan Scope 3 -päästöjä.

Päästökertoimissa bioperäiset polttoaineet ovat hiilidioksidin kannalta nollapäästöisiä. Biomassan poltossa vapautuvan hiilen katsotaan sitoutuvan takaisin uuden biomassan kasvuun, jolloin bioenergia toimii ilmakehän kannalta hiilineutraalisti. Bioperäisten polttoaineiden valmistus ja muut kuin CO₂-päästöt huomioidaan kuitenkin päästölähteenä.

3.3. Päästösektorit

Selvityksessä käytetään sektorijaottelua (Taulukko 1), joka vastaa suurelta osin kaupungin aiempia päästöselvityksiä (Huuska ym. 2017, HSY 2022). Aiemmasta poiketen rakennusten lämmitys, sähkönkulutus ja muut kiinteät päästölähteet kuvataan kuitenkin alasektoreina, jotka kuuluvat yhteiseen polttoaineiden energiakäyttösektoriin GPC- ja PAS2070-ohjeiden sektorijaon mukaisesti (WRI 2021, BIS 2014a).

Lisäksi laskentamallissa on mukana muut epäsuorat päästöt, joihin sisältyy aiempaan laskelmaan kuulumattomia eriä. Muihin epäsuoriin päästöihin luetaan kaupungissa tapahtuvan kulutuksen aiheuttamia päästöjä, jotka syntyvät suurimmaksi osaksi kaupungin ulkopuolella.

Taulukko 1. Selvitykseen sisältyvien päästölähteiden sektorijako. Sulkeissa esitettyjä kohtia ei ole otettu mukaan laskentamalliin, tyyppillisesti koska alasektorit sisältyvät laskelman muihin kohtiin.

Sektori	Alasektori	Sisältö	Scope
Polttoaineiden energiakäyttö	Rakennusten lämmitys	Rakennusten kaukolämmön päästöt	1
		Rakennusten erillislämmityksen polttoaineet	1
	Sähkönkulutus	Sähkölämmitys	2
		Muu sähkönkulutus	2
	Muu kiinteät päästölähteet	Rakentamisen polttoaineiden käyttö	1
		Teollisuuden polttoaineiden käyttö	1
	Polttoaineiden epäsuorat päästöt	Polttoaineiden valmistuksen päästöt	3
	Liikenne	Tieliikenne	Tieliikenteen suorat päästöt kaupungin sisällä
<i>(Tie- ja raideliikenteen sähkönkulutus kohdassa "Sähkönkulutus")</i>			(2)
Tieliikenteen päästöt kaupungin ulkopuolella rajat ylittävillä matkoilla			3
Lento- ja laivaliikenne		Lentoaseman lähtevien matkojen päästöt jyvitettyinä kaupungin alueelta lähteville matkoille	3
	Satamien lähtevien matkojen päästöt jyvitettyinä kaupungin alueelta lähteville matkoille <i>(Lento- ja laivaliikenteen tavarakuljetusten päästöt kohdassa "Muut epäsuorat päästöt")</i>	3 (3)	
Teollisuus	Teollisuuden prosessien tuotteiden käytön (liuottimet, ponnekaasut, jäähdytysnesteet) päästöt	1	
Maatalous ja maakäyttö	Maatalous	Maatalouden päästöt eläinten ruoansulatuksesta, viljelymaista ja lannankäsittelystä	1
	Hiilinielut	Hiilivarastojen muutos ja hiilinielut maankäytön muutosten seurauksena <i>Hiilivarastojen muutokset biomassan energiakäytön seurauksena</i>	1 (3)
Jätteet	Jätteet	Jäteveden käsittelyn päästöt	1
		Kaatopaikkajätteiden päästöt	2
		Biojätteen ja jätevesilietteen kompostointi	2
Muut epäsuorat päästöt	Ruoan kulutus	Kaupungissa kulutettavan ruoan päästöt	3
	Rakennusmateriaalit	Talo- ja infrarakentamisen materiaalien päästöt	3
	Muu kulutus	Kaupungissa kulutettavien muiden palveluiden ja tavaroiden päästöt	3

4. Polttoaineiden energiakäyttö

4.1. Rakennusten lämmitys

Rakennusten lämmityksen päästöillä tarkoitetaan rakennusten lämmitykseen, jäähdytykseen ja käyttöveden lämmitykseen käytettävää energiaa ja siitä aiheutuvia päästöjä. Energialähteinä toimivat kaukolämpö, sähkö, lämpöpumppuenergia, fossiiliset polttoaineet ja biomassa. Näistä lämmityssähkön päästöt raportoidaan osana sähkönkulutusta. Jäähdytysenergia on jätetty pois, koska sen merkitys on Helsingissä vähäinen.

Rakennusten lämmitys kaukolämmöllä ja erillislämmityksen polttoaineilla luetaan Scope 1-luokkaan, koska verkon kautta kaupungin rajojen yli siirretyn kaukolämmön merkitys on kaupungissa vähäinen.

Skenaarion lähtöoletukset

Rakennusten lämmitysenergian laskentamalli perustuu rakennuskannan kehitykseen (kerrosalan määrä, lämmönlähteet), rakennusten lämmitysenergiankulutukseen ja rakennusten lämmönlähteiden ominaispäästöihin (Taulukko 2). Erityisen merkittävässä asemassa on kaukolämmön ominaispäästöt, koska suurin osa Helsingin rakennusten lämmitysenergiasta tuotetaan kaukolämmön avulla.

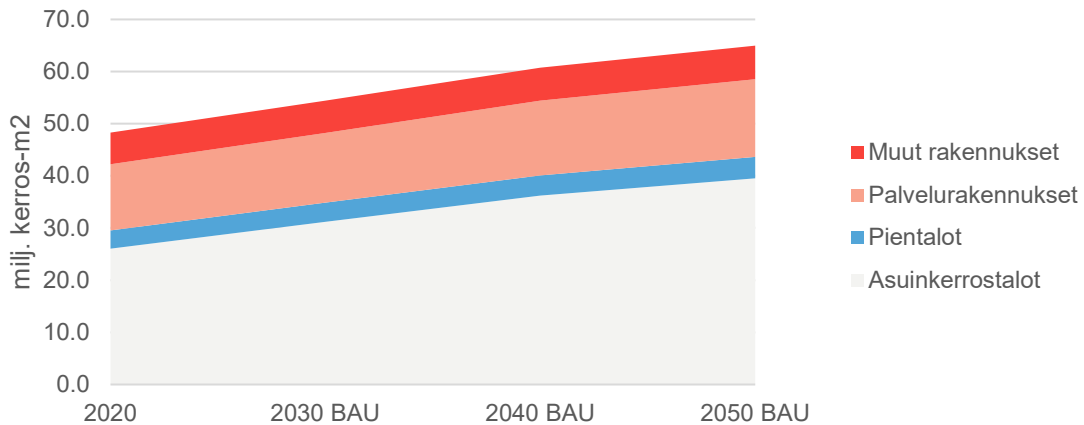
Taulukko 2. Lämmitysenergian päästökehityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Energiankulutus	2020	BAU 2030	BAU 2050
Rakennuskanta		Helsingin yleiskaava 2016	
Rakennusten lämmönlähteet	Rakennusrekisterin tilastot	Maalämmön yleistyminen Öljylämmityksen ja suoran sähkönlämmityksen poistuminen vuoteen 2050	
Lämmitysenergian kulutus	Kaupungin rakennusten kulutustiedot	Korjausrakentamisen vaikutukset vanhassa rakennuskannassa, uuden rakentamisen energiatehokkuus ja ilmaston lämpenemisen vaikutus	
Ominaispäästöt			
Kaukolämpö	Energiatilastot (HSY 2022)	Kivihiilen korvaaminen lämmöntuotannossa vuoteen 2029	Maakaasun käytön korvaaminen lämpöpumppujen ja biopolttoaineiden avulla

Rakennuskanta kasvaa vuoteen 2050 asti ja lisää samalla lämmitettävän kerrosalan määrää. Rakennuskannan nykytila on arvioitu rakennusrekisterin (Helsingin kaupunki 2022c) ja kehitys yleiskaavan 2016 (Helsingin kaupunki 2018, Helsingin kaupunki 2022d) perusteella. Kerrosalan muutokset on arvioitu erikseen pientaloille, asuinkerrostaloille, palvelurakennuksille (liike-, toimisto-, kokoontumis- ja opetusrakennukset) ja muille rakennuksille.

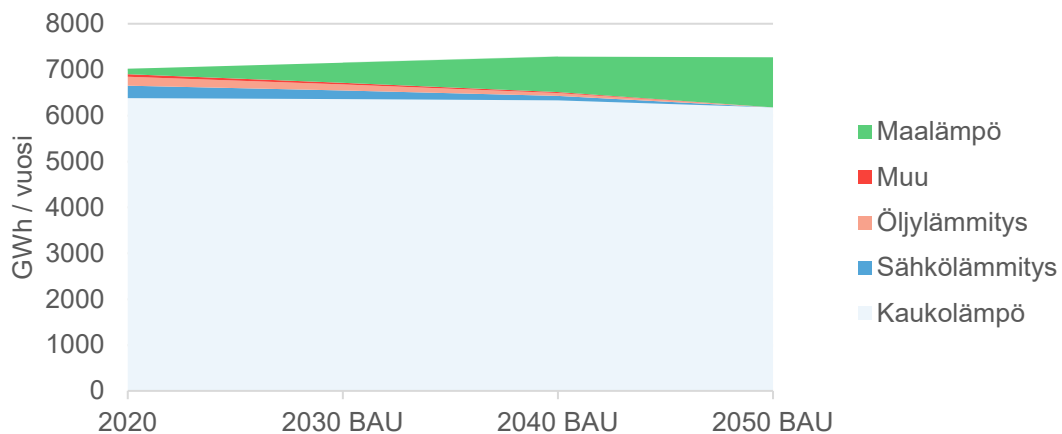
Yleiskaavan rakennuskannan varauksissa huomioidaan väestönkasvu ja erityisesti asuinkerrostalojen pinta-ala kasvaa voimakkaasti, mikä vaikuttaa rakennuskannan energiatarpeeseen. Tätä selvitystä varten on saatu Helsingin kaupungilta käyttöön yleiskaavan ja

sen toteuttamishjelman mukaiset kerrosalavaraukset, joissa on esitetty asuin- ja toimitila-kerrosalan nettomuutokset vuoteen 2050 ja laskennallisesti arvioitu jakautuminen rakennustyypeittäin (Kuva 3).



Kuva 3. Kerrosalan kasvu Helsingissä yleiskaavan 2016 pohjalta (Helsingin kaupunki 2022d). Palvelurakennukset sisältävät kaupan, palveluiden ja toimistojen kerrosalan.

Rakennusten lämmönlähteiden kehityksen tärkein muutos on maalämmön yleistyminen ja öljylämmityksen osuuden pienentyminen (Kuva 4). Maalämmön osuus Helsingin rakennuskannan lämmönlähteenä on kasvanut voimakkaasti viime vuosina ja sen ennustetaan olevan 7–12 % vuonna 2030 (Vähäaho ym. 2022). BAU-skenaariossa lähtökohdaksi on hitaamman kasvun ennuste, jossa maalämmön osuus lämmitysenergiasta on 7 % vuonna 2030 ja 15 % vuonna 2050. Öljylämmityksen ja muun erillislämmityksen osuuden ennustetaan vähenevän nollaan pitkällä aikavälillä (Mattinen ym. 2016, Karhinen ja Lounasheimo 2021).



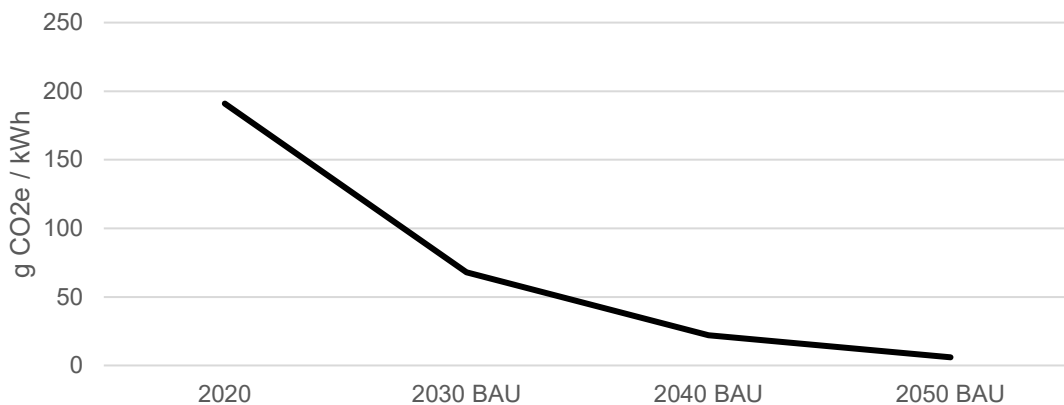
Kuva 4. Rakennuskannan lämmönlähteiden kehitys.

Rakennuskannan lämmitysenergian kulutus vähenee uudisrakentamisen energiatehokkuuden, vanhan rakennuskannan korjaustoiminnan ja ilmastonmuutoksen myötä. Nykyinen lämmitysenergiankulutus on arvioitu erikseen uudelle ja vanhalle rakennuskannalle perustuen kaupungin tilastoihin sen omistamien rakennusten energiankulutuksesta (Hel-

singin kaupunki 2022e). Pitkän aikavälin muutosten osalta rakennuskannan lämmitysenergiankulutus perustuu rakennusten energiankulutuksen perusskenaarioon (Mattinen ym. 2016, Karhinen ja Lounasheimo 2021).

Rakennusten lämmitysenergian ominaispäästöt vähenevät voimakkaasti jo lyhyellä aikavälillä kaukolämmön tuotannon muutoksesta johtuen (Kuva 5). Kaukolämmön tuotannon ominaispäästöt perustuvat vuoteen 2030 asti Helen Oy:n kehitysohjelman BAU-skenaarioon (Rantsi ja Viholainen 2022), jossa kivihiilen käyttö energialähteenä vähenee nollaan vuoteen 2025 mennessä. BAU-skenaariossa kivihiiltä korvataan ilman suuria lämpöpumpuinvestointeja, jolloin maakaasun ja biomassan osuus energialähteenä kasvaa.

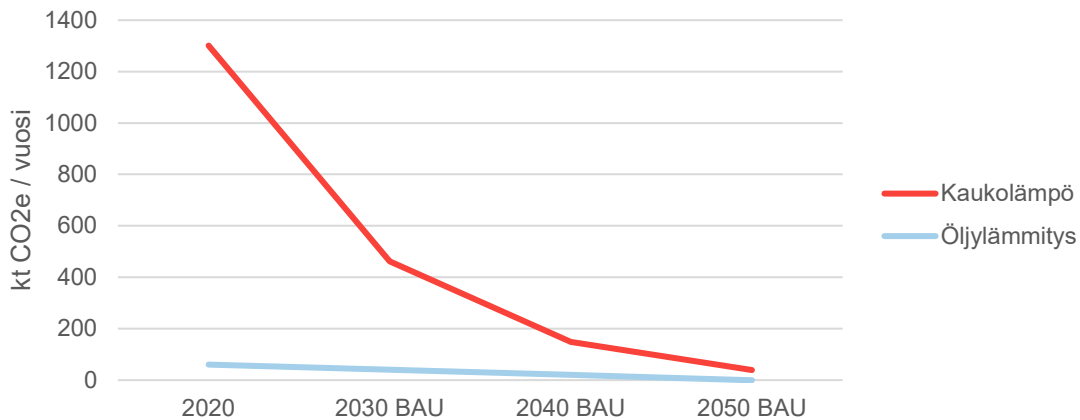
Vuoden 2030 jälkeen ominaispäästöjen kehitys ei perustu enää suunniteltuihin toimenpiteisiin, vaan yleispiirteisiin oletuksiin kaukolämmön tuotannon kehityksestä. Vuonna 2030 käytetyistä energialähteistä maakaasun osuuden oletetaan vähenevät nollaan Energiategollisuuden tiekartan (Afy 2020) mukaisesti. Korvaaviksi energialähteiksi oletetaan suuren kapasiteetin lämpöpumppuratkaisut, jolloin puuperäisten polttoaineiden käyttöä ei lisättäisi vuoden 2030 tasosta. Energiategollisuuden tiekartassa pitkällä aikajänteellä odotetaan olevan käytössä myös geotermistä energiaa ja muita uusia lämmönlähteitä.



Kuva 5. Kaukolämmön ominaispäästöjen kehitys nykytilanteesta vuoteen 2050.

Päästökehitys

Rakennusten lämmityksen päästöt vähenevät pitkällä aikavälillä merkittävästi suhteessa nykytilaan (Kuva 6). Rakennusten ostoenergian tarve vähenee BAU-skenaariossa rakennuskannan kerrosalan kasvusta huolimatta, johtuen maalämmön yleistymisestä lämmönlähteenä ja rakennusten ominaisenergiatarpeen vähentymisestä korjausrakentamisen kautta. Merkittävien päästöihin vaikuttava tekijä on kuitenkin kaukolämmön ominaispäästöt, jotka vähenevät, kun fossiilisia polttoaineita korvataan lämpöpumppuratkaisuilla ja biopolttoaineilla.



Kuva 6. Rakennusten lämmityksen päästöjen BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050.

4.2. Sähkönkulutus

Sähkönkulutuksella tarkoitetaan lämmityssähköä (sähkölämmitys ja maalämpö) ja kullussähköä. Sähkönkulutus muodostuu kotitalouksien, palveluiden, teollisuuden ja julkisen sektorin toiminnasta kaupungissa. Kaupungin rajojen sisäpuolella kulutetun sähkön päästöt luokitellaan kokonaisuudessaan Scope 2 -luokkaan. Sähkömarkkinoiden rakenteen vuoksi kaupungissa kulutetun sähkön ei voida käytännössä olettaa olevan peräisin sen omista tuotantolaitoksista (WRI 2021).

Skenaarion lähtöoletukset

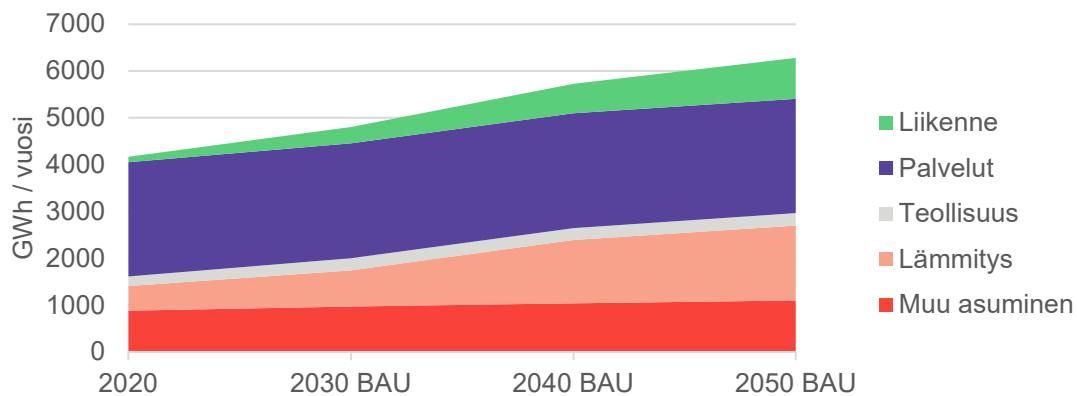
Sähkönkulutuksen BAU-skenaario perustuu asumisen, teollisuuden ja palveluiden kullusmuutokseen sekä sähkön valtakunnallisen ominaispäästökertoimen kehitykseen. Asumisen sähkönkulutus sisältää lämmityssähkön, liikenteen ja muun asumisen sähkönkäytön ennusteet (Kuva 7):

- Lämmityssähkö arvioidaan osana lämmitysenergian kullusta. Skenaariossa huomioidaan rakennuskannan kerrosalan kasvu, maalämmön yleistymisen rakennusten lämmönlähteenä ja lämpöpumput kaukolämmön tuotannossa.
- Liikenteen sähkönkäyttö arvioidaan osana liikenteen päästökäytöstä. Skenaariossa huomioidaan liikennemäärien muutokset, sähköllä ajamisen voimakas yleistymisen ja raideverkon laajentaminen.
- Muu asumisen sähkönkäyttö pitää sisällään ruoan valmistuksen, valaistuksen ja muut sähkölaitteet. Muun sähkönkäytön oletetaan kasvavan suhteessa väkiluvun muutokseen.

BAU-skenaariossa teollisuuden ja palveluiden energiatehokkuuden oletetaan parantuvan tarkastelujaksolla 0,5 % vuosittain. Samalla teollisuuden sekä palveluiden sähkönkulutus kasvaa samassa suhteessa toimialan työpaikkojen määrään. Toimialakohtaiset työpaikkaennusteet Helsingissä on arvioitu osana Uudenmaan seudullista työpaikkaprojektia (Laakso 2021).

Taulukko 3. Sähkönkulutuksen päästökehityksen muuttajat BAU-skenaariossa.

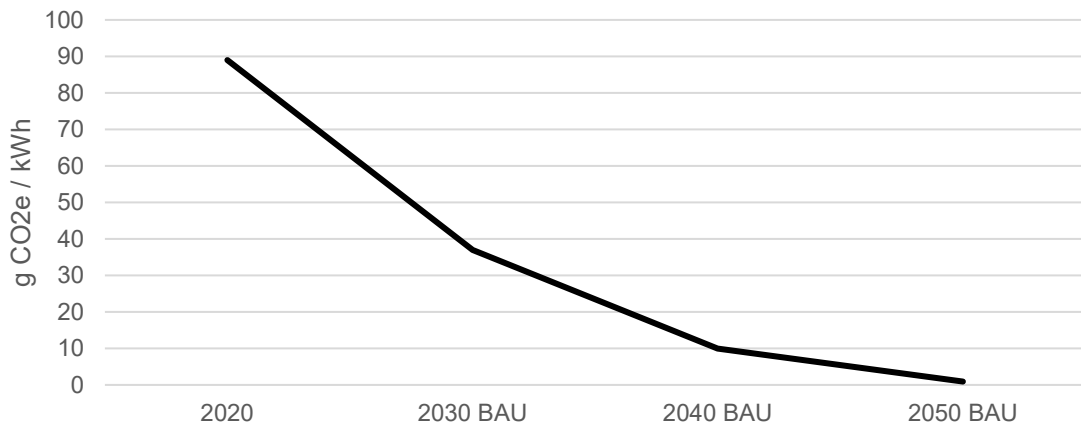
Sähkönkulutus	2020	BAU 2030	BAU 2050
Lämmitys	Kohdassa "Rakennusten lämmitys"		
Liikenne	Kohdassa "Liikenne"		
Muu asuminen	Energiatilastot, pl. lämmitys	Muutos asukasmäärien suhteessa	
Teollisuus		Muutos teollisuustyöpaikkojen suhteessa	
Palvelut		Muutos palvelutyöpaikkojen suhteessa	
Ominaispäästöt			
Sähkönkulutus	Energiatilastot	Energiateollisuuden tiekartan perusuran valtakunnallinen päästökerroin	



Kuva 7. Sähkönkulutuksen kehitys BAU-skenaariossa nykytilanteesta vuoteen 2050.

Sähköntuotannon ominaispäästöt vähenevät voimakkaasti (Kuva 8). Sähkönkulutuksen päästöt lasketaan käyttämällä valtakunnallista ominaispäästökerrointa. Sähkön nykytilanteen ominaispäästöt on määritetty Tilastokeskuksen keskimääräisen sähköntuotannon päästökertoimella (Tilastokeskus 2021) ja pitkän aikavälin kehitys Energiateollisuuden vähähiilisyystiekartan perusuran mukaisesti (Afy 2020, s. 12–13). Päästökertoimissa yhteistuotannon päästöt on jaettu hyödynjakomenetelmällä. Sähköntuotannon oletetaan muuttuvan siten, että hiilen käytön lopetetaan vuoteen 2030 mennessä ja maakaasu sekä turpeen käyttö vuoteen 2050 mennessä. Lämmitys- ja kulutussähkön päästöjen laskentaan käytetään samaa päästökerrointa.

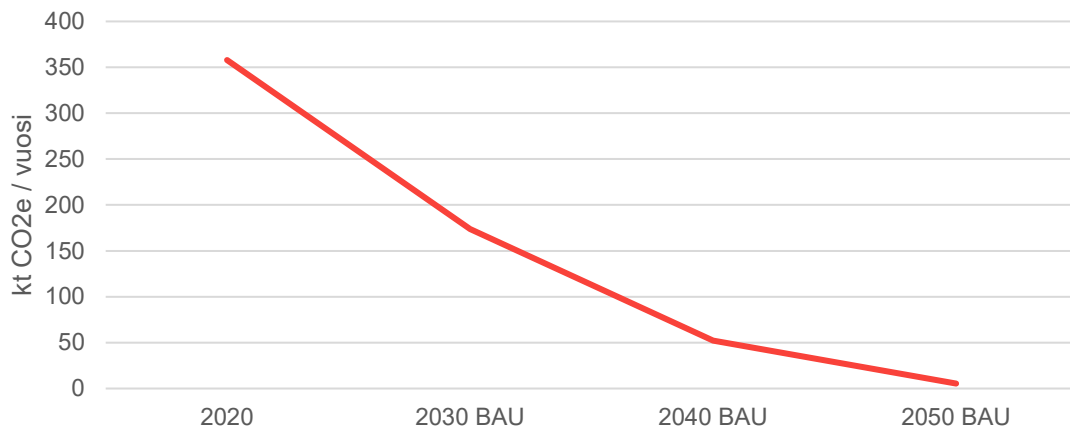
21.2.2023



Kuva 8. Sähkön tuotannon ominaispäästöjen kehitys nykytilanteesta vuoteen 2050.

Päästökehitys

Sähkönkulutuksen päästöt vähenevät voimakkaasti nykytilanteesta, johtuen sähkön tuotannon ominaispäästöjen vähentymisestä (Kuva 9). Sähkönkulutus kasvaa kokonaisuutena noin 1–2 % vuodessa vuoteen 2050 asti, johtuen pääosin lämmityksen ja liikenteen sähköistymisestä. Palvelut muodostavat suurimman sähkönkulutuksesta nykyisin ja pitkällä aikavälillä, joten niiden energiatehokkuuden kehittyminen on kulutuksen näkökulmasta keskeinen tekijä.



Kuva 9. Sähkönkulutuksen päästöjen BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050.

4.3. Muut kiinteät päästölähteet

Muilla kiinteillä päästölähteillä tarkoitetaan teollisuuden ja rakentamisen polttoaineiden energiakäyttöä, pois lukien rakennusten lämmitys. Teollisuudessa polttoaineita käytetään esimerkiksi energiantuotantoon höyrykattiloissa, sulatusuuneissa, polttouuneissa ja työkoneissa. Rakentamisessa polttoaineita käytetään esimerkiksi työmaiden lämmitykseen, kuitukseen ja työkoneisiin.

Taulukko 4. Muiden kiinteiden päästölähteiden muuttujat BAU-skenaariossa.

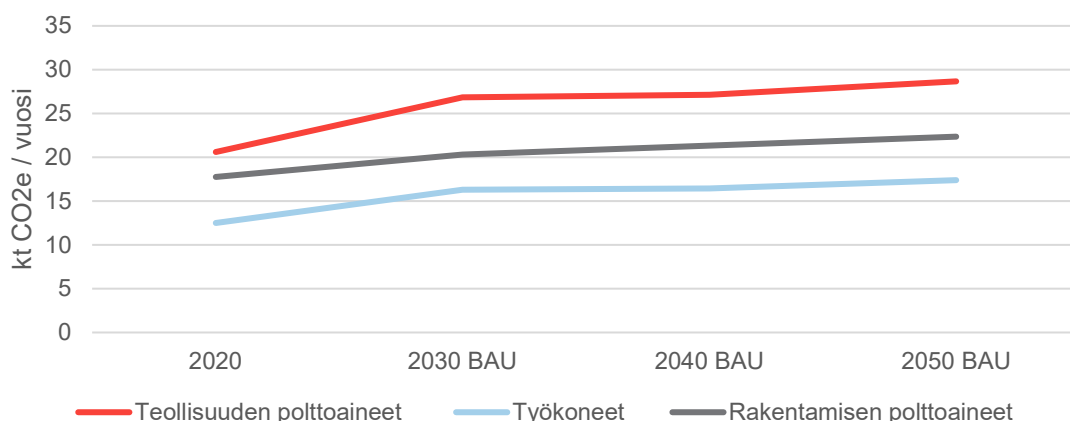
Polttoaineiden kulutus	2020	BAU 2030	BAU 2050
Teollisuus	HSY Hilma-laskenta	Muutos teollisuustyöpaikkojen suhteessa	
Rakentaminen	Arvio rakentamisen kerrosalaan perustuen	Muutos rakentamisen työpaikkojen suhteessa	
Ominaispäästöt			
Polttoaineet	Polttoaineluokitus	Biopolttoaineen osuus kasvaa 10 prosenttiin vuoteen 2028	

Skenaarion lähtöoletukset

Muiden kiinteiden polttoaineiden merkitys kokonaispäästöjen kannalta on pieni, joten niiden laskentamalli perustuu yksinkertaisesti vastaavien toimialojen työpaikkamäärän kehitykseen ja Tilastokeskuksen polttoaineluokitukseen. Lisäksi huomioidaan, että kevyen polttoöljyn biopolttoaineen osuus kasvaa 10 prosenttiin vuonna 2028.

Päästökehitys

Muiden kiinteiden polttoaineiden energiakäytön päästöt kasvavat kaupungissa rakentamisen ja teollisuuden määrän kasvun myötä. Biopolttoaineen jakeluvelvoite kompensoi muu-
tosta, mutta vain vähäisesti. Sektorin päästökehityksen merkitys kokonaispäästöjen kannalta on pieni.



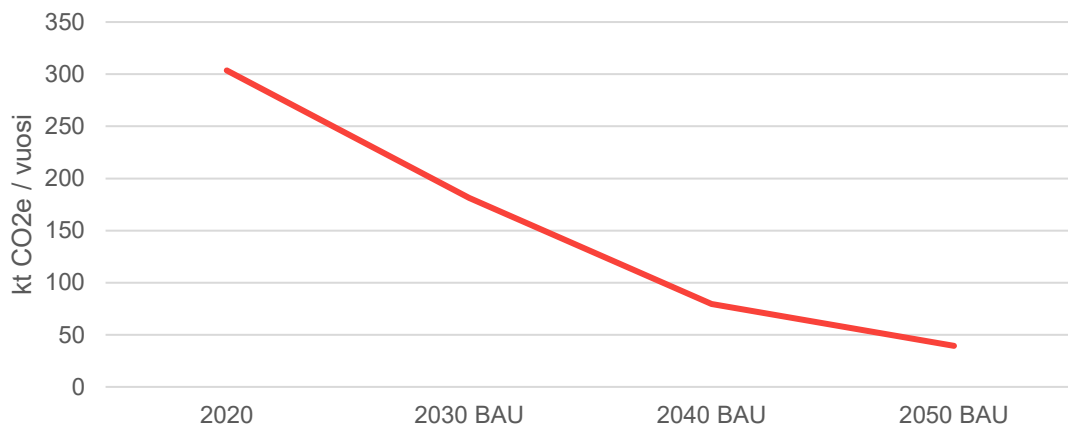
Kuva 10. Muiden kiinteiden päästölähteiden BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050.

4.4. Polttoaineiden epäsuorat päästöt

Polttoaineiden energiakäytön epäsuorat päästöt koostuvat kaupungissa käytetyn polttoaineen valmistuksen, jalostuksen ja kuljetuksen aiheuttamista epäsuorista päästöistä. Käytön aikaisen polttoaineiden palamisen päästöt on raportoitu muissa alasektoreissa.

Polttoaineiden valmistuksen, jalostuksen ja kuljetuksen päästöt syntyvät kaupungin ulkopuolella osana kulutetun polttoaineen tuottamista. Laskentamallissa on mukana rakennusten lämmitykseen käytetty polttoaine, joka koostuu pääosin kaukolämmön tuotannon kulu- tuksesta. Polttoaineiden valmistuksen päästöt on laskettu Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2021) tietokannan mukaisilla ominaispäästökertoimilla. Polttoaineiden valmistuksen päästöihin sisältyy myös biomassan keräämisen ja kuljetuksen aiheuttamat päästöt.

Kaukolämmön päästöjen tavoin myös polttoaineiden epäsuorat päästöt vähenevät tasaisesti, kun energialähteiden jakauma painottuu enemmän lämpöpumppuihin ja biopolttoaineisiin (Kuva 11). Biopolttoaineiden tuotannon päästöt ovat pienemmät kuin fossiilisilla polttoaineilla, kun niiden käytön on oletettu painottuvan jatkossa metsähakkeeseen ja metsäteollisuuden sivuvirtoihin.



Kuva 11. Polttoaineiden käytön aiheuttamien epäsuorien päästöjen BAU-skenaario vuoteen 2050.

5. Liikenne

5.1. Tieliikenne

Tieliikenteen päästöillä tarkoitetaan henkilö- ja pakettiautojen, raskaan liikenteen ja linja-autojen polttoaineiden kulutuksesta aiheutuvia päästöjä. Päästöjä syntyy suorina pakoputkipäästöinä ja polttoaineiden valmistuksessa. Liikenteen sähkönkulutus syntyy pääosin asumisen yhteydessä ja sisältyy siten osaksi sähkönkulutuksen sektoria.

Tieliikennettä aiheutuu kaupungin toiminnan seurauksena kaupungin sisällä ja sen ulkopuolella. Päästöjen luokittelu kaupungin sisällä syntyviin päästöihin ja toiminnan epäsuoriin päästöihin on tehty GPC-standardin esittämän johdetun kysynnän menetelmän avulla (WRI 2021).

Tieliikenteessä Scope 1 -luokkaan luetaan suorat päästöt kaupungin sisäisestä liikenteestä (lähtö- ja määräpaikka Helsingissä) ja puolet kaupungin rajan yli kulkevien matkojen suoritteesta (lähtö- tai määräpaikka Helsingissä). Scope 3 sisältää puolet kaupungin rajan yli kulkevien matkojen suoritteesta. Lisäksi Scope 3 -päästöihin luetaan tieliikenteen kuluttaman polttoaineiden valmistuksen päästöt.

Skenaarion lähtöoletukset

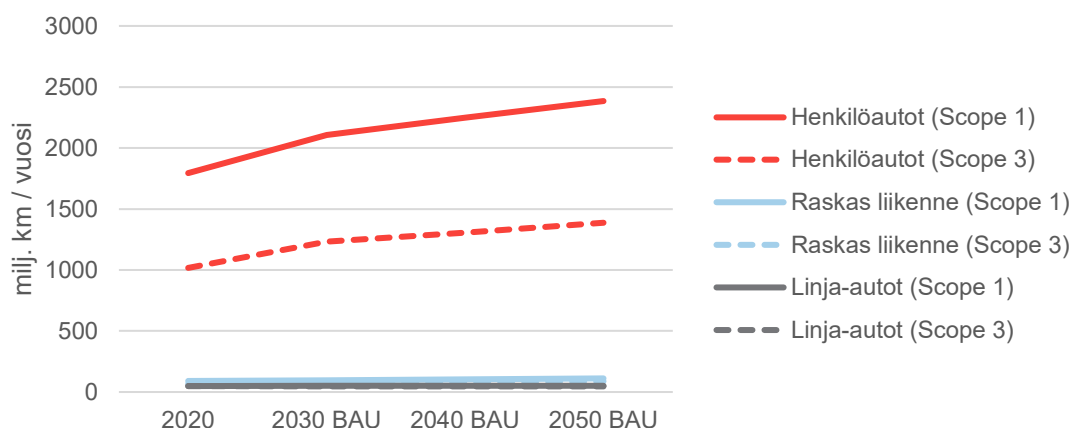
Tieliikenteen BAU-skenaario perustuu liikenteen suoritteiden kehitykseen, ajoneuvojen käyttövoimien muutokseen, biopolttoaineiden jakeluvoitteeseen ja polttoaineiden ominaispäästöihin. Lähtöoletukset on esitetty alla (Taulukko 5).

Liikennesuorite on arvioitu kulkutavoittain Helsingin seudun liikenne-ennustemallin tuottamien suoritetietojen perusteella (Supponen ja Kyytsönen 2022). Liikennemäärien kehityksessä huomioidaan yleiskaavan mukainen uuden maankäytön rakentuminen ja liikenteen kehittämishankkeet, joista on toteutus päätös olemassa laskelmien laadinnan ajankohtana.

Tieliikenteen suorite koostuu pääosin henkilöautoliikenteestä, jonka suorite kasvaa samassa tahdissa asukasmäärien kanssa. Tämä tarkoittaa, että kaupungin sisällä ja kaupunkiin tehtävien matkojen kulkutapajakauma ei muutu merkittävästi skenaarion poikkeileikkausvuosina. Yleiskaavan mukainen maankäytön tiivistyminen ja uudisrakentaminen hyvien joukkoliikennedyhteyksien varrella lisää kestävien kulkutapojen käyttöä, mutta samalla sähköautojen suhteellisesti edullisemmat käyttövoimakustannukset vaikuttavat henkilöauton käyttöä lisäävästi. (Supponen ja Kyytsönen 2022.)

Taulukko 5. Tieliikenteen päästökehityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Kilometrisuorite	2020	BAU 2030	BAU 2050
Henkilöautot	Helsingin seudun liikenne-ennustemallilla laadittu erillinen skenaario: <ul style="list-style-type: none"> Asukas- ja työpaikkamäärien muutokset alueittain (maankäytön tiivistyminen yleiskaavan mukaisesti) Päätetyt ja toteutuksessa olevat liikennehankkeet Autojen käyttövoimakustannukset (sähköautojen yleistyminen) 		
Raskas liikenne			
Bussit			
Ominaispäästöt			
Autokanta	LIISA-laskenta	Sähköautojen yleistyminen kansallisen perusennusteen mukaisesti	
Polttoaineet	LIISA-laskenta	Biopolttoaineiden jakeluvelvoite 30 %	
Sähkönkulutus	LIISA- ja RAILI- laskenta		

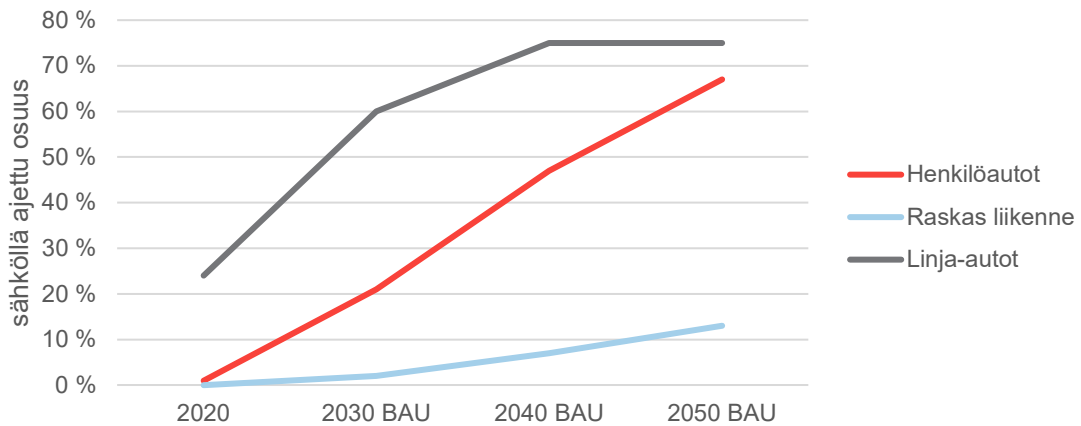


Kuva 12. Tieliikenteen suoritteiden muutos BAU-skenaariossa.

Tieliikenteen ominaispäästöt vähenevät sähköllä ajamisen lisääntyessä voimakkaasti (Kuva 13). Henkilöautojen ja raskaan liikenteen käyttövoimat perustuvat kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteeseen (VTT 2021), mutta linja-autojen osalta lähtöoletuksena on edellä mainittua ennustetta nopeampi liikenteen sähköistytminen. Sähkö on pitkällä aikavälillä pääasiallinen energianlähde henkilöautoilla ja linja-autoilla, kun taas raskaan liikenteen osalta sähkön yleistyminen on hitaampaa.

Tieliikenteen ominaispäästöissä huomioidaan myös biopolttoaineiden jakeluvelvoite, jonka mukaisesti biopolttoaineiden energiasisällön osuus jakelijan toimittamien bensiinin, dieselin ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä nousee 30 prosenttiin vuonna 2029. Jakaumasta polttoaineiden välillä ei ole tehty tarkempia oletuksia. Työssä käytetyt päästökertoimet vastaavat pääosin aiempia ennusteita Helsingin autokannan ominaispäästöistä (Kaartinen 2021).

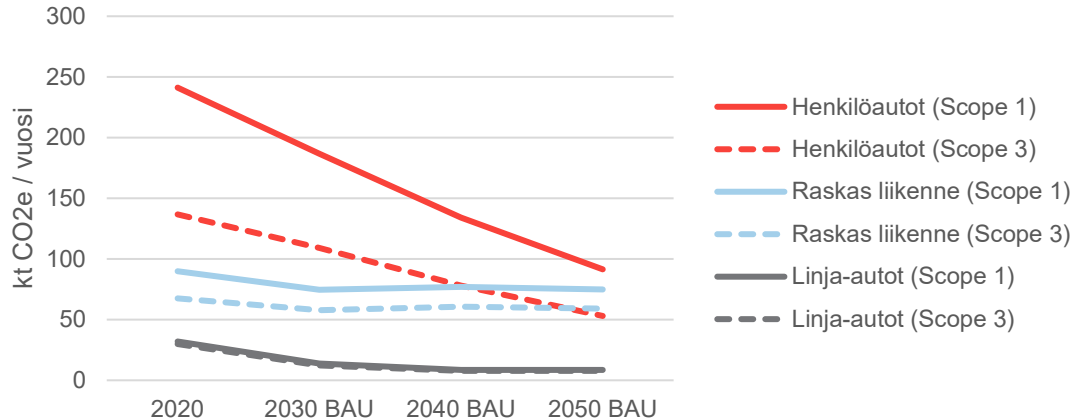
21.2.2023



Kuva 13. Sähköllä ajettu osuus eri ajoneuvojen kilometrisuoritteesta BAU-skenaariossa.

Päästökehitys

Tieliikenteen päästöt vähenevät ominaispäästöjen voimakkaan vähentymisen myötä, vaikka tieliikenteen suoritteet kasvavat (Kuva 14). Tieliikenteen ominaispäästöt vähentyvät johtuen erityisesti liikenteen sähköistymisestä sekä biopolttoaineiden jakeluvaihteen vaikutuksesta.



Kuva 14. Tieliikenteen päästöjen BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050.

5.2. Lento- ja laivaliikenne

Lento- ja laivaliikenteellä tarkoitetaan Helsinki-Vantaan lentoaseman ja Helsingissä sijaitsevien satamien henkilöliikennettä. Alasektorista rajataan pois tavaroiden kuljetuksen päästöt, jotka sisältyvät muiden epäsuorien päästöjen sektorille osaksi ruoan, tavaroiden ja palveluiden kulutuksen elinkaaren päästöjä.

Lento- ja laivaliikenteen terminaalit palvelevat kaupunkia laajempaa aluetta, joten päästöt suositellaan jyvitetäväksi alueelle sieltä lähtevän matkustuksen suhteessa (WRI 2021). Päästöt on selvityksessä laskettu koko matkan osalta ja ne sisällytetään Scope 3 -luokkaan. Kaupungin toiminnan aiheuttamiksi päästöiksi katsotaan vain lähtevän liikenteen päästöt.

Lento- ja laivaliikenteen osalta nykytilanteen vertailuvuotena käytetään poikkileikkausvuotta 2019, koska vuonna 2020 lento- ja laivaliikenteen kysyntä oli poikkeuksellisen alhaisella tasolla koronapandemiasta johtuen.

Skenaarion lähtöoletukset

Lentoliikenteen BAU-skenaariossa arvioidaan tuleva matkustussuorite ja päästöt perustuen matkustajamääriin, matkojen suuntautumiseen ja lentomatkojen päästökertoimiin. Nykytilanteen osalta perustana on matkustajatilastot ja pitkän aikavälin kehityksessä Euroopan laajuinen skenaarioselvitys.

Lentoliikenteen matkustajatilastojen mukaan Helsinki-Vantaalta lähtevien matkojen kokonaismäärä oli 15,1 miljoonaa matkaa vuonna 2019 (Finavia 2021a) ja keskimääräinen pituus on noin 2400 kilometriä (Finavia 2021b, Finavia 2021c), kun lentomatkan pituudeksi on oletettu etäisyys Helsinki-Vantaan lentoasemalta kunkin kohdemaan pääkaupunkiin. Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimuksessa lentoaseman matkustajista noin 15 % on lähtenyt Helsingistä (Finavia 2006).

Lentomatkojen nykyiset ominaispäästöt on laskettu ilmastolaskurin avulla (IATA 2020) huomioiden matkojen suuntautuminen. Eri kohdemaita ja kaupunkeja on painotettu niiden matkustuksen suhteessa. Ominaispäästöt saadaan jakamalla kokonaispäästöt matkustajakilometreillä.

Lentoliikenteen pitkän aikavälin matkustajamäärien ja päästöjen skenaario perustuu Euroopan siviili-ilmailukonferenssin (ECAC) Baseline-skenaarioon (Traficom 2022), joka on laadittu huomioiden koronapandemian vaikutukset lentoliikenteeseen. Ennusteen mukaan koronapandemiaa edeltävän ajan taso lentomatkustuksessa saavutetaan vuoteen 2028 mennessä ja lentoliikenteen matkustajamäärät kasvavat tämän jälkeen noin 5 % vuoteen 2030 ja 35 % vuoteen 2050.

Ominaispäästöjen pitkän aikavälin kehityksen osalta lähtökohdaksi on otettu skenaario, jossa huomioidaan lentokoneiden teknologinen kehitys ja polttoaineiden käytön tehostuminen vuoden 2019 jälkeen (Traficom 2022). Skenaariossa lentoliikenteen päästöt matkustajakilometriä kohden vähenevät vuoteen 2019 verraten 12 % vuoteen 2030 ja 23 % vuoteen 2050 mennessä.

Taulukko 6. Lentoliikenteen päästökehityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Matkustussuorite	2020	BAU 2030	BAU 2050
Matkojen määrä	Matkustajatilastot	ECAC Baseline -skenaarion mukainen kasvu, huomioiden koronapandemian vaikutukset	
Matkojen suuntautuminen	Matkojen kohdemaatilasto		
Osuus matkoista Helsingistä	Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimus		
Ominaispäästöt			
Lentomatkojen päästökerroin	IATA-päästölaskuri	ECAC Aircraft Technology -skenaario, jossa huomioitu teknologisen kehityksen vaikutukset	

Laivamatkojen BAU-skenaariossa arvioidaan tuleva matkustussuorite ja päästöt perustuen matkustajamääriin, matkojen suuntautumiseen ja lentomatkojen päästökertoimiin. Nykytilanteen tietolähteenä toimivat matkustajatilastot ja pitkän aikavälin kehitys arvioidaan Euroopan laajuisten ilmailun skenaarioiden pohjalta.

Laivaliikenteen matkustajatilastojen mukaan lähteviä laivamatkoja oli noin 11,6 miljoonaa vuonna 2019 (Helsingin satama 2020). Henkilökilometriä määrä perustuu ulkomaan meriliikenteen tilastoihin (Tilastokeskus 2022a) ja kotimaan matkojen osalta Helsingin Sataman tietoihin, joista laskettuna matkan keskimääräinen pituus on 145 kilometriä. Helsingistä lähtevien matkustajien osuus on HSL:n satamien määräpaikkatutkimuksen (Tuominen ja Kiiskilä 2016) mukaan 40 % matkustajista.

Laivaliikenteen nykyiset ominaispäästöt ovat Lipasto-päästötietokannasta vuodelta 2016 (VTT 2016). Päästötietokannassa autolautan päästöistä on pinta-alaan perustuvalla allokatiolla jaettu 80 % matkustajille ja 20 % rahdille. Tämä allokatio tuottaa suurusluokaltaan samankaltaisia tuloksia kuin Suomen laivaliikenteen MERIMA-päästömallit (Salanne ym. 2022). Autolautan nopeudeksi on oletettu Viroon suuntautuvalla liikenteelle 25–27 solmua ja muualle 18 solmua. Viron ja Suomen välisestä liikenteestä puolet on kaasukäyttöistä. Laivaliikenteen päästöissä ei ole mukana satamien sähkönkulutusta, mutta laivan polttoainekäyttö satamassa lasketaan mukaan.

Laivaliikenteen pitkän aikavälin skenaario perustuu matkustajamäärien osalta Helsingin sataman skenaarioselvitykseen (Helsingin satama 2020). Selvityksessä on oletettu, että matkustajaliikenne kasvaa vuodesta 2019 noin 30 % vuoteen 2040, kun satamatoiminnot jatkavat nykyisillä sijainneilla. Vuosien 2030 ja 2050 matkustajamäärät on arvioitu tämän perusteella olettamalla kasvun toteutuvan tasaisella vauhdilla ennen vuotta 2040 ja sen jälkeen.

Laivaliikenteen päästökertoimen odotetaan pienentyvän pitkällä aikavälillä useiden erilaisten toimenpiteiden seurauksena. Pitkällä aikavälillä käyttöön otettavia uusia toimenpiteitä ovat esimerkiksi ajonopeuksien alentaminen, hukkalämmön hyödyntäminen, tuuliroottorit, pohjan vastuksen vähentäminen ja vaihtoehtoiset polttoaineet. (IMO 2020.)

Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n selvityksen (2020) mukaan meriliikenteen hiilidioksidipäästöt ovat laskeneet suhteessa vertailuvuoteen 2008 ja erkaantuneet merikuljetusten määrän kasvukehityksestä. Selvityksen pitkän aikavälin BAU-skenaariossa laivaliikenteen päästötehokkuus paranee kokonaisuutena keskimäärin 25 % ja matkustaja-aluksilla 20 % vuoteen 2050.

Laivaliikenteen ominaispäästöjen BAU-skenaarion lähtökohdaksi on otettu edellä esitetty IMO:n pitkän aikavälin skenaario. Valmisteilla olevaa päästökauppaa ei ole huomioitu skenaariossa, vaan lähtökohtana on EEDI-suunnitteluindeksin mukaiset aluksien energiatehokkuuden parannukset ja markkinavetoiset uudistukset.

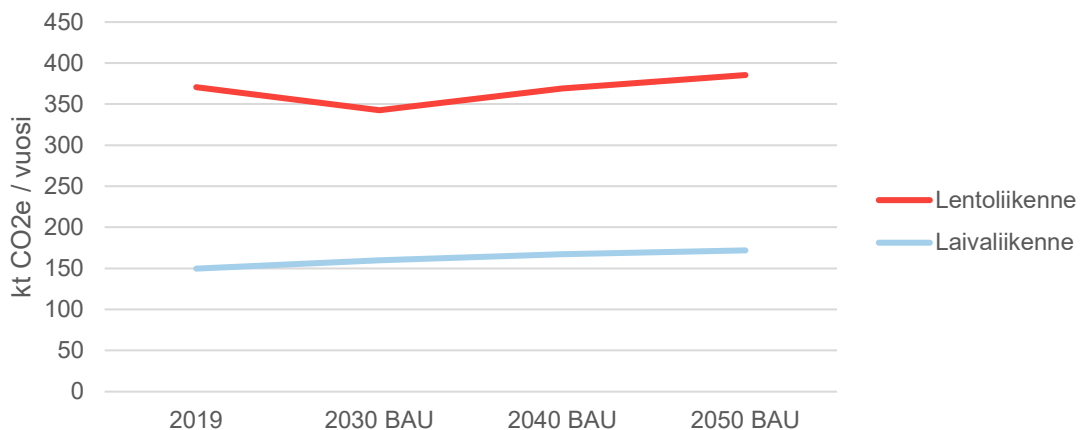
Taulukko 7. Laivaliikenteen päästökehityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Matkustussuorite	2020	BAU 2030	BAU 2050
Matkojen määrä	Helsingin sataman matkustajatilastot	Helsingin sataman skenaarioselvitys	
Matkojen suuntautuminen	Matkojen kohdemaatilasto		
Osuus matkoista Helsingistä	Satamien matkustajaliikennetutkimus		
Ominaispäästöt			
Laivamatkojen päästökerroin	Lipasto-yksikköpäästöt	Kansainvälisen merenkulkujärjestön BAU-skenaarion päästöttehokkuuden parannus matkustaja-aluksilla	

Päästökehitys

Lento- ja laivaliikenteen BAU-skenaariossa päästöt kasvavat nykytilanteesta vuoteen 2050 johtuen pääosin kysynnän kasvusta. Lentoliikenteen päästöt ensin vähenevät vuoteen 2030, johtuen osittain koronapandemian pitkäaikaisista vaikutuksista matkustajamääriin. Pitkällä aikavälillä päästöt nousevat vähäisesti, noin 4 prosenttia vuoteen 2050.

Laivaliikenteessä BAU-skenaario ei sisällä vastaavaa koronapandemiasta aiheutuvaa matkustajakysynnän alenemaa kuin lentoliikenteessä. Matkustajamäärät kasvavat pitkällä aikavälillä 30–40 % ja päästöt noin 10–15 % nykytilanteesta.



Kuva 15. Lento- ja laivaliikenteen päästöt BAU-skenaariossa nykytilanteesta vuoteen 2050. Nykytilanteen perusvuotena käytetty vuotta 2019, jolloin koronapandemia ei ollut vähentänyt matkustajamääriä.

6. Teollisuus

Teollisuuden päästöillä tarkoitetaan teollisuuden prosesseista ja tuotteiden käytöstä syntyviä päästöjä, jotka syntyvät pääosin raaka-aineiden kemiallisista sekä fysikaalisista käsittelyvaiheista. Teollisuuden polttoaineiden energiakäytön päästöt lasketaan osana polttoaineiden energiakäyttöä.

Teollisuuden prosessien ja tuotteiden käytön päästöt ovat Helsingissä kokonaisuuden kannalta merkityksettömiä, joten niiden kehitystä ei arvioida erikseen. Teollisuuden prosessien päästöt ovat alle kilotonnin vuodessa (HSY 2022).

7. Jätteet

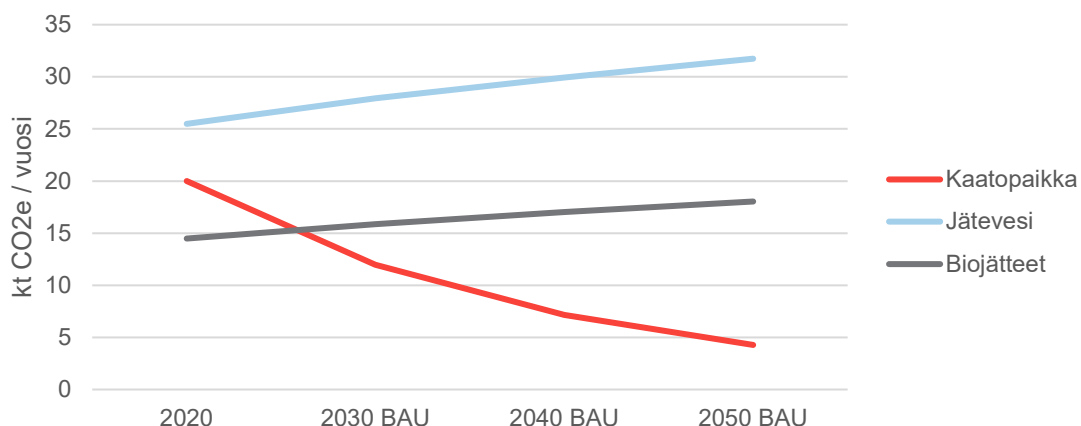
Jätteiden käsittely kattaa kaatopaikkakäsittelyn, biojätteen kompostoinnin, jätevesilietteen kompostoinnin ja jäteveden käsittelyn. Helsingin kaatopaikkajätteet ja bioperäiset jätteet käsitellään kaupungin ulkopuolella (Scope 3) ja jätevedet Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla (Scope 1). Kiinteistöjen kompostoinnin päästöt on jätetty tarkastelusta pois, koska niiden ei ole katsottu olevan merkittävä päästölähde.

Skenaarion lähtöoletukset

Nykytilanteen jätteenkäsittelyn päästöt saadaan HSY:n Hilma-laskennasta (HSY 2022). Päästöjen tulevaa päästökehitystä arvioidaan historiallisen trendin perusteella. Kaatopaikkajätteiden käsittelyn päästöt ovat laskeneet vuodesta 1990 vuosittain 5 % ja tämän kehityksen ennakoidaan jatkuvan tulevaisuuteen. Biojätteiden ja jätevesien osalta päästöt ovat kasvaneet maltillisesti, joten niiden kehityksen oletetaan seuraavan väestökehitystä.

Päästökehitys

Jätteiden käsittelyn päästöt laskevat kokonaisuutena lievästi, johtuen kaatopaikkajätteiden päästöjen vähentymisestä (Kuva 16). Jätteiden käsittelyn päästöjen merkitys kaupungin tasolla on vähäinen.



Kuva 16. Jätteiden käsittelyn päästöt BAU-skenaariossa nykytilanteesta vuoteen 2050.

8. Maatalous, metsätalous ja maankäyttö

8.1. Maatalous

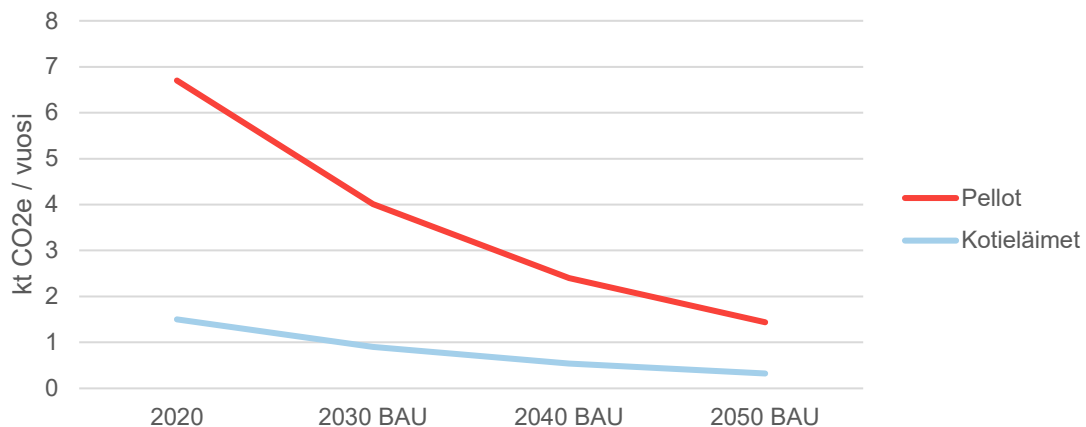
Maatalouden päästöt kattavat kaupungin sisällä kotieläimistä syntyvät päästöt ja peltojen maaperän päästöt, jotka syntyvät pääosin eläinten ruoansulatuksesta ja lannankäsittelyn päästöistä. Nämä päästölähteet luetaan Scope 1 -luokkaan.

Skenaarion lähtöoletukset

Maatalouden päästöjen nykytilanne saadaan HSY:n Hilma-laskennan tuloksista (HSY 2022). Päästöjen tulevaa päästökehitystä arvioidaan historiallisen trendin perusteella. Vuodesta 1990 vuoteen 2020 maatalouden päästöt ovat vähentyneet Helsingissä noin 50 prosenttia (HSY 2022) ja tämän trendin oletetaan jatkuvan.

Päästökehitys

Maatalouden päästöt vähenevät kokonaisuutena, mutta maatalouden päästöjen merkitys kaupungin tasolla on vähäinen.



Kuva 17. Maatalouden päästöt BAU-skenaariossa nykytilanteesta vuoteen 2050.

8.2. Hiilinielut

Hiilinieluksi kutsutaan mekanisme, joka sitoo hiilidioksidia ilmakehästä. Hiilinielujen laskentaan käytetään menetelmää, jossa raportoidaan biomassan hiilivaraston vuosittaisia muutoksia. Alue toimii hiilinieluna, kun kasvillisuuden ja maaperän yhteenlaskettu hiilivarasto kasvaa. Hiilivarasto tarkoittaa kasvillisuuteen ja viheralueiden maaperään varastoituneen hiilen määrää. Varasto lisääntyy, kun sen vuotuinen kasvu on suurempi kuin poistumat (ml. puunkorjuu).

Skenaarion lähtöoletukset

Helsingin kaupungin alueella nykyisin sijaitsevat hiilivarastot on määritetty HSY:n pääkaupunkiseudun hiilinieluselvityksessä (HSY 2021). Selvityksessä on laskettu hiilivarastot ja niiden vuosittainen muutos kasvillisuudelle ja maaperälle eri hoitoluokissa:

- rakennetut viheralueet (A),
- avoimet viheralueet (B),
- taajamametsät (C),
- suojelualueet (S) ja
- muut alueet (E, O, R).

Helsingin kaupungin hiilivarastojen muutoksen kannalta tärkein kehityskulku on uudisrakentaminen ja maankäytön käyttötarkoituksen varaaminen viheralueista rakennuskortteleiksi ja katualueiksi (Liite 1). Nämä muutokset vaikuttavat hiilivarastoon kahta kautta:

1. Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarasto pienenee rakentamisen yhteydessä, mikä lasketaan päästölähteesi.
2. Maankäytön pysyvä muutos vaikuttaa hiilivarastojen vuosittaiseen kasvuun ja sen yhteydessä sitoutuvan hiilen määrään.

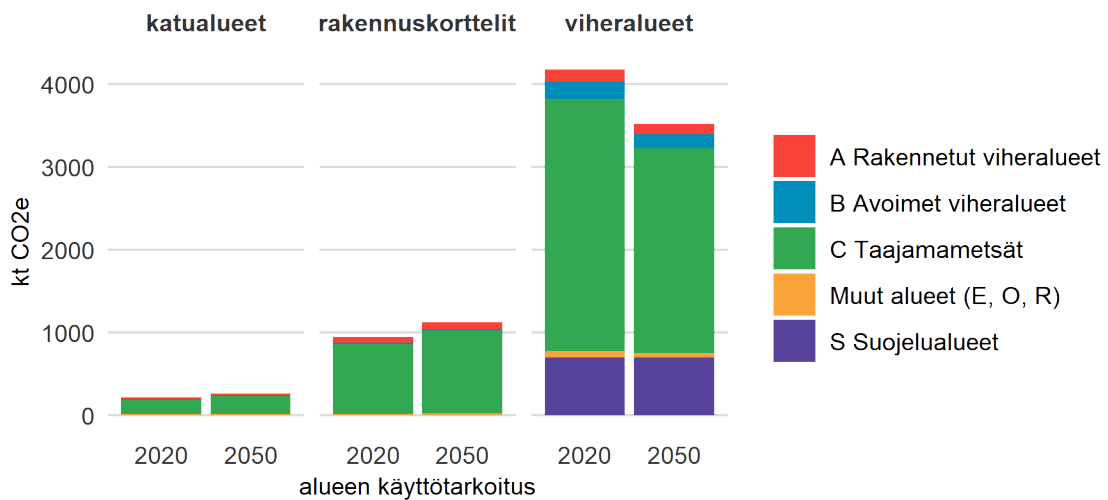
Pitkän aikavälin BAU-skenaarion vuosittainen hiilivaraston muutos lasketaan eri käyttötarkoituksiin varattujen maapinta-alojen muutosten avulla pienalueittain. Kullekin pienalueelle, käyttötarkoitukselle ja hoitoluokalle lasketaan hiilivarastojen ja hiilivuon määrät nykytilanteesta maapinta-alaa kohden. Tähän liitetään tieto eri käyttötarkoituksiin varatun alan muutoksista pienalueittain (Liite 1). Hoitoluokkien hiilivarastojen oletetaan muuttuvan niiden nykyisten hiilivarastojen suhteessa, poikkeuksena kuitenkin suojelualueet (S), joiden varastot pysyvät nykyisellään.

Hiilivaraston vuosittaisen muutoksen laskennassa huomioidaan, että käyttötarkoituksen muuttuminen viheralueesta rakennetuksi ympäristöksi ei suoraan tarkoita hiilivaraston täydellistä poistumista, vaan rakennuskortteleiden alueilla ja katualueilla säilyy hiilivarastoja (viheralueet, puut). Hiilivarastojen määrä lasketaan pienalueittain, jotta kaupunginosien väliset erot rakentamistavassa tulevat huomioiduksi rakennuskorttelien alueella säilyvien hiilivarastojen määrässä.

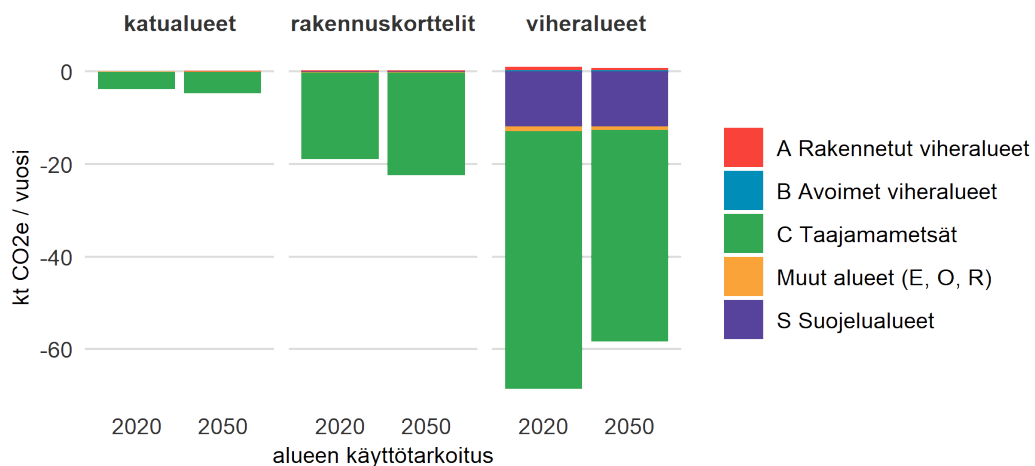
Hiilinielujen kehitys

Helsingin kaupungin alueella sijaitsevan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarasto pienenee nykytilanteesta rakentamisen seurauksena (Kuva 17). Hiilivarasto on nykyisin noin 5610 kt CO₂ (HSY 2021) ja se vähenee maankäytön käyttötarkoitusten muutosten myötä 8 % vuoteen 2050 mennessä. Tämä vähenemä jyvitetään laskentamallissa vuosittaiseksi poistumaksi, eli se vähennetään kasvillisuuteen kasvun yhteydessä sitoutuvasta hiilimäärästä.

Kasvillisuuden ja maaperän hiilivaraston muutos on nykyisin -95 kt CO₂ vuodessa. BAU-skenaariossa vuosittainen varaston muutos on noin 7 % pienempi kuin nykyisin ja on pitkällä aikavälillä vuonna 2050 noin -89 kt CO₂. Negatiiviset arvot edustavat hiilivuota pois ilmakehästä. Kasvillisuuden tai maaperän hiilivarasto toimii siten hiilinieluna kaikkina poikileikkausvuosina, vaikka alueiden käyttötarkoitusten muutokset vähentävät kasvillisuuden vuosittain sitoutuvan hiilen määrää.



Kuva 18. Hiilivarastot eri käyttötarkoituksiin varatuilla alueilla ja hoitoluokissa nykytilanteessa ja BAU-skenaariossa vuoteen 2050.



Kuva 19. Vuosittainen hiilivaraston muutos eri käyttötarkoituksiin varatuilla alueilla ja hoitoluokissa nykytilanteessa ja BAU-skenaariossa vuoteen 2050.

Hiilivarastojen muutokset biomassan käytön seurauksena

Bioperäiset polttoaineet ovat polttoaineiden energiakäytön sektorin laskennassa nollapäästöisiä. Biomassan käytön hiilipäästöjä ei lasketa energiakäytön sektorilla, koska ne sisältyvät maakäyttösektorin hiilivaraston muutoksiin. Esimerkiksi GPC-standardin mukaan (WRI 2021) puupellettien tai metsähakkeen polton päästöt tulee raportoida käyttöalueen sijaan metsien hiilivaraston muutoksena metsien kasvualueella.

Biomassan käytön aiheuttamat päästöt vastaavat laskentaperiaatteeltaan muita kaupungin toiminnan aiheuttamia epäsuoria päästöjä (esim. polttoaineiden käytön epäsuorat päästöt). BAU-skenaariossa biomassan käyttöä lisäämällä korvataan fossiilisia polttoaineita ja biomassan lisääntyvä käyttö saattaa samalla heikentää metsien hiilitasetta kaupungin rajojen ulkopuolella.

Kaukolämmön tuotannossa käytetty biomassa painottuu nykyisin metsähakkeeseen (Energiateollisuus 2022). Lisäksi metsien käytön lisääminen näyttää pienentävän hiilinieluja merkittävästi suhteessa fossiilisten polttoaineiden korvaamisen kautta saatavaan päästövähennykseen (Soimakallio ym. 2022).

Kaupungin puun energiakäytön lisäyksen vaikutuksia hiilivarastoihin ei ole kuitenkaan kyetty huomioimaan tämän selvityksen laskentamallissa. Laskennallinen kuvaus vaatisi lähtötietoa siitä, kuinka suuri vaikutus kaupungin energiatuotannon biomassan käytöllä on puun korjuuseen ja miten muun metsätalouden sivuvirtoina syntyvä metsähake riittää energiakäytön tarpeisiin.

9. Muut epäsuorat päästöt

Muilla epäsuorilla päästöillä tarkoitetaan ruoan, tavaroiden ja palveluiden kuluttamisesta aiheutuvia päästöjä, jotka syntyvät kaupungin ulkopuolella. Kulutusperusteisia päästöjä ei yleensä sisällytetä osaksi maantieteellisellä jaotellulla tehtyjä laskentamalleja (ICLEI 2019, WRI 2021), mutta ne ovat osittain mukana PAS 2070 -standardin ”Direct Plus Supply Chain” laskennassa (BIS 2014a). Muut epäsuorat päästöt sisällytetään Scope 3 -luokkaan.

Kulutusperusteisia päästöjä voidaan laskea kahdella menetelmällä (Heinonen ym. 2022):

1. Alueperusteisessa laskennassa otetaan huomioon kaikki tietyllä alueella tapahtuva kulutus riippumatta siitä, mistä kuluttaja on kotoisin.
2. Asuinpaikkaperusteisessa laskennassa otetaan huomioon alueen asukkaiden kulutus huomioimatta sitä, missä kulutus tapahtuu.

Scope 3:n määritelmä ”kaupungin sisällä tapahtuvien aktiviteettien aiheuttamat päästöt kaupungin rajojen ulkopuolella” vastaa paremmin alueperusteista laskentaa. Kulutuksen päästöt perustuvat kuitenkin käytettävissä olevien tietolähteiden vuoksi pääosin asukkaiden kulutukseen.

Kulutuksen päästöt sisältävät koko tavaran tai palvelun elinkaaren päästöt ja ovat osittain päällekkäisiä muiden sektoreiden kanssa. Esimerkiksi palveluiden tuotannon päästöistä suuri osa syntyy rakennusten lämmityksestä, sähkönkulutuksesta ja kuljetuksista, jotka tulevat lasketuiksi muilla sektoreilla. Laskentamalleissa kulutuksen päästöt lasketaan siksi yleensä erillisenä maantieteellisesti jaotelluista päästöistä (BIS 2014a, ICLEI 2019).

Kulutusperäiset päästöt on kuitenkin selvityksessä asetettu samaan maantieteellisesti ja oteltuun laskentamalliin muiden päästösektorien kanssa. Laskentamallissa on pyritty erottamaan kaupungin alueella syntyvät päästöt tuontialueilla syntyvistä päästöistä.

9.1. Ruoan kulutus

Ruoan kulutuksen päästöillä tarkoitetaan asukkaiden kuluttaman ruoan aiheuttamia päästöjä. Ruoan tuotannon päästöt muodostuvat suurimmilta osin alkutuotannossa ja maataloudessa, joten kaupunkilaisten kulutuksen päästöt syntyvät Helsingissä pääosin kaupungin ulkopuolella.

Skenaarion lähtöoletukset

Ruoan kulutuksen päästöt asukasta kohden ovat nykyisin Helsingissä tasolla 1,83 tonnia CO₂-ekv vuodessa. Päästöistä noin 84 % vuodessa syntyy Helsingin maantieteellisen alueen ulkopuolella. (Karhinen ym. 2023.) Suuruusluokaltaan vastaava arvio asukkaiden ruoan kulutuksen aiheuttamista päästöistä on saatu myös toteutuneeseen kulutuksen perustuvan Kulma-laskennan tuloksissa (Liljeström ym. 2021).

Pitkän aikavälin BAU-skenaarion lähtökohtana on asukasmäärän kehitys ja kansallinen WEM-skenaario maatalouden päästöjen kehityksestä vuoteen 2050. Kaupungin asukasmäärän kehitys seuraa kaupungin väestöennusteita ja elintarvikkeiden kulutuksen henkilöä kohden oletetaan pysyvän nykytilanteen tasolla aina vuoteen 2050 saakka. Tämä oletus on vastaava kuin kansallisessa WEM-skenaariossa, jossa elintarvikkeiden kulutuksen henkilöä kohden oletettiin pääsääntöisesti pysyvän vuoden 2019 tasolla ajanjaksolla 2019–2050 (Miettinen ym. 2022).

21.2.2023

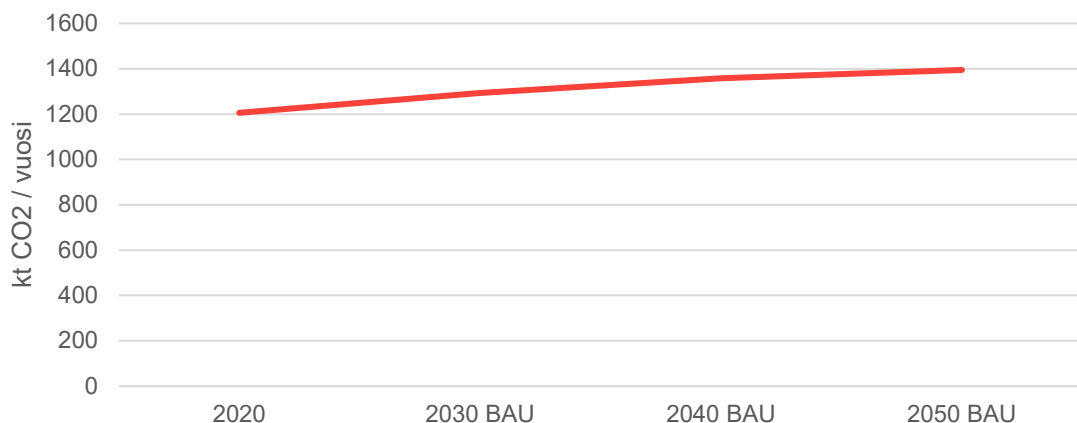
Kansallisessa WEM-skenaariossa maatalouden päästöjen odotetaan vähenevän maltillisesti noin 4 % vuoteen 2040 mennessä (Koljonen ym. 2022). Maatalouden ilmastotiekartassa WEM-skenaariossa päästöt vähenevät noin 7 % vuoteen 2050 mennessä, tuotannon tason pysyessä ennallaan (Lehtonen ym. 2020). Nämä toimivat BAU-skenaarion lähtöoletuksena ruoan päästöjen muutoksen osalta.

Taulukko 8. Ruoan kulutuksen päästökemityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Ruoan kulutus	2020	BAU 2030	BAU 2050
Asukkaiden lukumäärä	Väestötilastot	Helsingin väestöennuste	
Kulutusmenot	Elintarvikkeiden kulutus henkilöä kohden nykytilanteen tasolla		
Kulutus rakenne	Ei oletuksia ruokavalion muutoksesta tai kuluttajien valintojen varassa tapahtuvista vähennyksistä		
Ominaispäästöt			
Päästökerroin kulutusyksikköä kohden	Asukaskohtainen päästökerroin	Maataloustuotannon päästöjen maltillinen vähenemä kansallisen WEM-skenaarion mukaisesti	

Päästöjen kehitys

Kulutetun ruoan merkitys kaupungin toiminnan aiheuttamissa epäsuorissa päästöissä on suuri nyt ja kaikkina BAU-skenaarion poikkileikkausvuosina (Kuva 20). Ruoan kulutuksen päästöt kasvavat nykytilanteesta noin 15 %, kun skenaarion lähtökohdaksi ei oteta kulutusrakenteen muutoksia. Väestönkasvu kasvattaa kulutusta ja päästöjen näkökulmasta tehokkuuden kehitys on maataloustuotannossa maltillista.



Kuva 20. Ruoan kulutuksen aiheuttamien epäsuorien päästöjen kehitys BAU-skenaariossa vuoteen 2050.

9.2. Rakennusmateriaalien kulutus

Rakennusmateriaalien päästöt tarkoittavat rakennuksiin, infraan ja niiden korjaukseen käytettäviä rakennusmateriaaleja, joista merkittävimmät ovat nykyisin betoni, teräs, puu, asfaltti ja kiviainekset. Materiaaleihin liittyvät päästöt muodostavat suurimman osan rakentamisen elinkaaren päästöistä. Muut rakentamisen päästöt (työmaat, kuljetukset) lasetaan osana muita sektoreita.

Skenaarion lähtöoletukset

Rakennusmateriaalien kulutus koostuu kahdesta osasta: talonrakentamisesta ja infrarakentamisesta, joiden päästöt on arvioitu erikseen. Päästöjen laskentamalli perustuu molemmilla kaupungin alueella tapahtuvan rakentamisen määrien arviointiin ja eri rakennusmateriaalien ominaispäästöjen arviointiin.

Talonrakentamisen vuosittainen uudisrakentamisen kerrosala on laskettu vuonna 2020 valmistuneiden rakennusten kerrosalan pohjalta (Helsingin kaupunki 2022c) ja pitkän aikavälin skenaario perustuu yleiskaavan nettokerrosalaan edellisen vuosikymmenen aikana (Helsingin kaupunki 2022d).

Vuosittaisen rakentamisen määrä pienenee skenaariossa vuosille 2030 ja 2050 (Kuva 21), mikä selittyy sillä, että vuoden 2020 aikana asuin- ja toimitilarakentaminen on ollut poikkeuksellisen korkealla tasolla. Skenaariossa vuoden 2040 jälkeen vuosittainen rakentaminen vähenee, mutta pitkän aikavälin arvio rakentamisen määrästä voi päivittyä korkeammaksi uusien osayleiskaavojen tai yleiskaavojen myötä.

Rakennusmateriaalien ja korjausrakentamisessa käytettävien materiaalien nykyiset ominaispäästöt perustuvat tutkimuksiin eri rakennustyypeistä (Bionova 2021, Laine ym. 2020). Ominaispäästöt on määritetty talotyypeittäin (pientalot, asuinkerrostalot, palvelurakennukset, muut rakennukset), joiden nykyiset ja tulevat nettokerrosalat saadaan rakentamistilastoista ja yleiskaavasta.

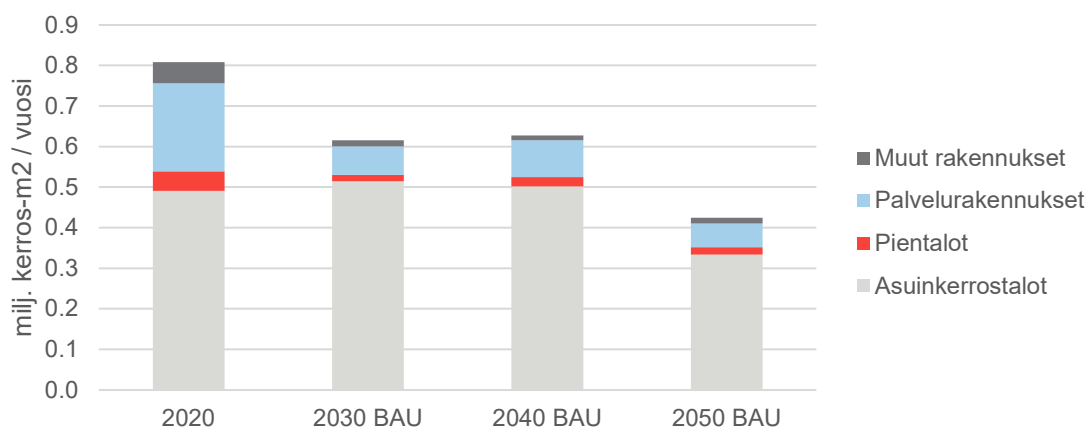
Rakennusmateriaalien tuleviin ominaispäästöihin vaikuttaa voimakkaimmin:

- Rakennuskannan materiaalivalinnat: Puurakenteiden hiilijalanjälki on noin 20–25 % betonirakennetta pienempi (Bionova 2018).
- Rakennusmateriaalien valmistuksen päästökehitys: Materiaalin valmistuksen valinnoilla kyetään vaikuttamaan sen elinkaaren päästöihin ja tarjolla on esimerkiksi vähähiilisiä betonituotteita. Lisäksi sementin valmistus kuuluu päästökaupan piiriin, mikä vaikuttaa betonin päästöihin (Klimscheffskij ym. 2020).

Rakennusten vähähiilisyyden ohjaus perustuu koko rakennuksen elinkaareen, sisältäen rakentamistoiminnan, lämmitysenergian, rakennusmateriaalit ja purkamisen, joten edellä esitettyjen tekijöiden kehitystä ei voida arvioida erillään koko elinkaaren ohjauksesta. Rakennusmateriaalien tulevien päästöjen oletetaan yksinkertaistetusti vähenevän 20 % vuoteen 2030 ja 40 % vuoteen 2050, perustuen Rakennusteollisuuden tiekartan arvioihin päästökaupan vaikutuksesta betoniin ja teräksen tuotantoon (Klimscheffskij ym. 2020).

Taulukko 9. Rakennusmateriaalien päästökehityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Kerrosneliöt	2020	BAU 2030	BAU 2050
Rakennuksen uudisrakentaminen	Rakennusrekisteri	Helsingin yleiskaavan 2016 kerrosneliöt	
Infrastruktuuri uudisrakentaminen	Katualueiden rakentaminen seuraten korttelialan kehitystä (Liite 1) Erilliset suuret infrahankkeet Helsingin investointiohjelmassa		
Ominaispäästöt			
Rakennuksen uudisrakentaminen	Rakennustyyppien päästökertoimet	Päästökaupan vaikutus betonin ja teräksen tuotantoon	
Infrastruktuuri uudisrakentaminen	Useita lähteitä	Päästökaupan vaikutus asfaltin ja kiviaineksen ominaispäästöihin	



Kuva 21. Rakennuskannan kerrosalan kasvu poikkileikkausvuosina rakennustyypeittäin.

Infrarakentaminen sisältää laskentamallissa katualueiden ja suurien infrahankkeiden (moottoritiet, pääkadut, raidehankkeet) rakennusmateriaalien ja korjausmateriaalien päästöt. Katualueiden sekä liikenteen pääverkon lisäksi rakentamisen infrastruktuurin sisältyvät lisäksi yleisten viheralueiden ja yhdyskuntatekniikan (kaukolämpö, vesihuolto, sähköverkot) rakentaminen, mutta näiden merkitys kokonaisuuden kannalta on vähäinen.

Katualueiden uudisrakentamisen kehitystä yleiskaavan toteutuessa on arvioitu erillisellä mallilla (Liite 1). Katualueiden alan kehitys ei seuraa suoraan rakennusten kerrosalan kehitystä, vaan katualueiden kannalta ratkaiseva muuttuja on kortteliala. Kortteliala kasvaa täydennysrakentamisen ja tiiviin rakentamisen yhteydessä hitaammin kuin yhdyskuntatekniikan uuden rakentamisen alueilla.

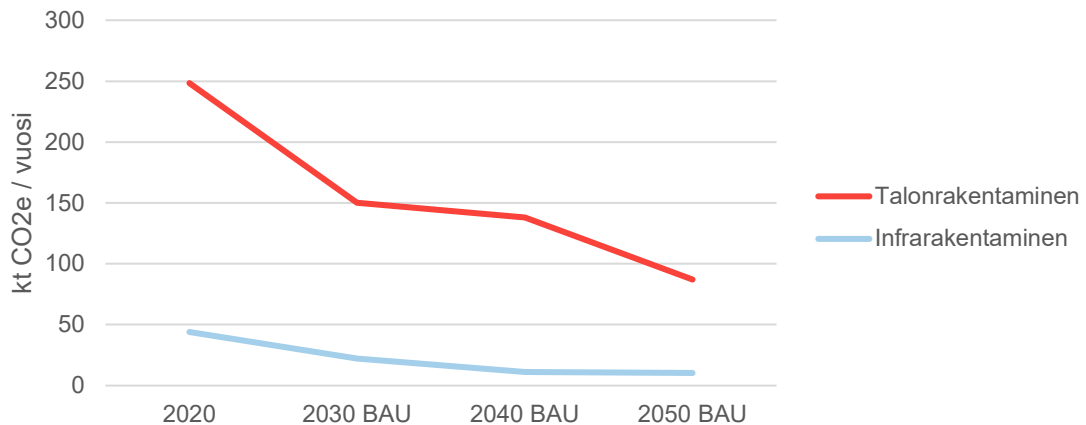
Liikenteen pääverkon (moottoritiet, pääkadut, raidehankkeet) osalta kehityksen oletetaan perustuvan erillisiin hankkeisiin. BAU-skenaariossa liikenneverkkoon näistä on oletettu Raide-Jokeri, Kruunusillat, Vihdintien pikaraitiotie, Pasila–Kalasatama-raitiotie ja Sörnäisten tunneli. Hankkeita on aikataulutettu vain vuoteen 2030 asti, joten niitä ei huomioida tämän jälkeen rakentamisen päästölähteenä tai liikenteen päästöjen vähenemissä.

Infrarakentamisen ominaispäästöt on arvioitu nykytilanteeseen useita tietolähteitä hyödyntäen. Katualueiden osalta päästökertoimet perustuvat KEKO-laskennan (2016) päästökerrotimeihin. Suurten infrahankkeiden osalta päästöjen määrä suhteutetaan investointikustannuksiin ja käytetty kerroin perustuu raitiotiehankeista kerättyihin kustannus- ja päästötietoihin.

Infrarakentamisen ominaispäästöjen kehitykseen vaikuttavat pääosin samat muuttujat kuin talonrakentamisen ominaispäästöihin. Materiaalivalintojen kautta on mahdollista säästää suuria päästövähennyksiä infrarakentamisessa, vaikka tulokset vaihtelevat kohteiden mukaan (Dettenborn ym. 2022). Ominaispäästöjen oletetaan vähenevän 15 % vuoteen 2030 ja 30 % vuoteen 2050, perustuen Rakennusteollisuuden tiekartan (Klimscheffs-kij ym. 2020) mukaisiin asfaltin ja kiviaineksen ominaispäästöjen alenemaan.

Päästökehitys

Talonrakentamisen ja infrarakentamisen materiaalien vuosittaiset ilmastopäästöt laskevat BAU-skenaariossa kaikille poikkileikkausvuosille (Kuva 22). Vuosittaisen rakentamisen määrä kasvaa nykytilanteesta vuosille 2030 ja 2040, mutta ominaispäästöjen vähenemä on suhteessa voimakkaampaa. Vuoteen 2050 yleiskaavan uudisrakentamisen määrä vähenee, jolloin myös päästöt laskevat voimakkaammin.



Kuva 22. Rakennusmateriaalien päästöt nykytilanteessa ja BAU-skenaariossa vuoteen 2050.

9.3. Muu kulutus

Muu kulutus tarkoittaa tavaroiden ja yksityisten sekä julkisten palveluiden kulutusta muilla kuin edellä esitetyillä sektoreilla. Yksityisten palveluiden ja tavaroiden laskentamalli perustuu asukkaiden kulutukseen, koska tietoja alueellisesta kulutuksesta ei ole saatavilla. Julkisten palveluiden laskenta sen sijaan perustuu kaupunkiorganisaation alueperusteiseen kulutukseen.

Skenaarion lähtöoletukset

Nykytilanteen muun kulutuksen päästöarvio perustuu kahden laskentamallin tuloksiin. SYKE:n ALasKulutus-mallilla laskettuna Helsingin asukaskohtaiset tavaroiden ja palveluiden päästöt ovat yhteensä noin 2,33 CO₂-ekv vuodessa. Palveluiden päästöt ovat 0,96 tonnia CO₂-ekv vuodessa ja tavaroiden päästöt 1,37 tonnia CO₂-ekv vuodessa. Palveluiden päästöistä noin 83 % ja tavaroiden päästöistä 88 % syntyy kaupungin alueen ulkopuolella. (Karhinen ym. 2023.)

SYKE:n laskennassa julkisten hankintojen ja investointien päästöt ovat Helsingissä noin 0,66 tonnia CO₂-ekv vuodessa, kun näistä vähennetään muille sektoreille sisältyvät erät: rakentamisinvestoinnit, sähkö ja kaasu, lämmitys, elintarvikkeet, rakennusmateriaalit, rakentamispalvelut sekä majoitus- ja ravitsemispalvelut. (Karhinen ym. 2023.)

Sitowisen ja Luonnonvarakeskuksen Kulma-laskentamallilla asukaskohtaiset tavaroiden ja palveluiden päästöt ovat yhteensä 2,35 tonnia CO₂-ekv vuodessa. Näistä yksityisen kulutuksen päästöjä on noin 1,88 tonnia CO₂-ekv vuodessa ja julkisen sektorin 0,47 tonnia CO₂-ekv vuodessa. (Liljeström ym. 2021.)

Nykytilanteen luvut on esitetty seuraavin rajauksin:

- Ateriapalvelut lasketaan edellä ruoan kulutukseen, eivätkä sisälly palveluihin.
- Rakentaminen ja kunnossapito lasketaan rakennusmateriaalien ja rakentamisen energiankulutuksen kautta ja on siten vähennetty kulutuksesta.
- Palveluiden tuotannon päästöihin ei sisälly muille sektoreille kuuluvat päästöerät: rakentaminen, lämmitys, sähkö, elintarvikkeet, rakennusmateriaalit ja kunnossapito.

Pitkän aikavälin päästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat väestönkasvu, kotitalouksien kulutusmenot, kulutusrakenteen muutos ja kulutushyödykkeiden päästökertoimet, joihin vaikuttaa teknologinen kehitys. Viimeisen 15 vuoden aikana suomalaisten kulutuksen päästöt ovat vähentyneet (Nissinen ym. 2019). Väestönkasvu ja kulutusmenojen kasvu ovat vaikuttaneet päästöjä nostavasti, mutta kulutusrakenteen muutos ja teknologinen kehitys ovat vähentäneet kokonaispäästöjä voimakkaammin. Teknologisen kehityksen myötä päästökerroimet ovat pienentyneet lähes kaikkien kulutushyödykkeiden kohdalla.

Tämän selvityksen BAU-skenaariossa otetaan lähtöoletukseksi vastaavan kehityksen jatkumo. Kaupungin asukasmäärä kasvaa noin 25 % vuoteen 2050, kun taas kulutusyksikköä kohden tuotetut päästöt vähentyvät edelleen teknologisen kehityksen myötä. Kansainvälisen energiatehokkuus paranee 2,2 % vuosittain ja energian päästökerroin pienenee 0,8 % vuosittain vuoteen 2050, mikä kompensoi ennustettua kulutuksen kasvua. Tämä tarkoittaa noin 27 % päästövähennemää kulutusyksikköä kohden vuonna 2030 ja 58 % vähennemää vuoteen 2050 mennessä.

Kotitalouksien kulutusmenojen on arvioitu kansallisessa WEM-skenaariossa kasvavan, vaikka väestön määrä ei merkittävästi kasva (Honkatukia ym. 2021). Kulutusmenojen ja kulutusrakenteen muutoksia ei ole kuitenkaan otettu skenaarion lähtökohdaksi, koska kulutusrakenteen muutoksia ei ole osattu arvioida pitkällä aikavälillä.

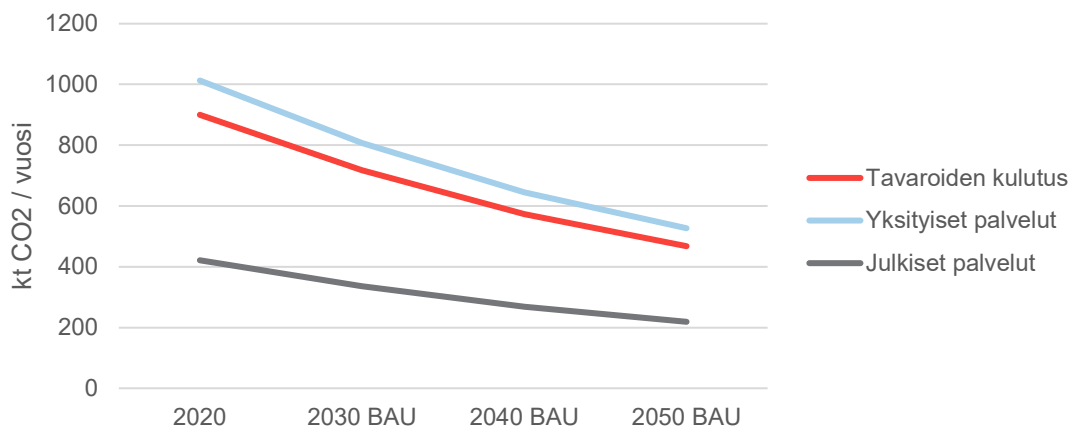
Taulukko 10. Muun kulutuksen päästökehityksen muuttujat BAU-skenaariossa.

Muu kulutus	2020	BAU 2030	BAU 2050
Asukkaiden lukumäärä	Väestötilastot	Helsingin väestöennuste	
Kulutusmenot	Kulutusmenoissa ja kulutusrakenteessa ei muutoksia		
Kulutus rakenne			
Ominaispäästöt			
Päästökerroin kulutusyksikköä kohden	Asukaskohtainen päästökerroin	Energiatehokkuus tarkastelujaksolla 2,2 % vuodessa ja päästöintensiiteetti 0,8 % vuodessa	

Päästöjen kehitys

Muiden tavaroiden ja palveluiden päästöt laskevat nykytilanteesta ennustevuosille (Kuva 23), johtuen kulutushyödykkeiden päästökertoimien pienentymisestä. Palveluiden ja tavaroiden kulutus kasvaa väestökasvusta johtuen, mutta teknologinen kehitys ja tuotannon energiatehokkuus kehittyvät suhteessa enemmän.

Aiemmin Suomen ilmastopaneeli (Seppälä ym. 2022) on arvioinut, että kotimaan muun kulutuksen päästöt vähenevät vuoteen 2030 taakanjakosektorilla noin 43 prosenttia, ja päästökauppasektorilla 60 prosenttia vuoden 2015 tasosta. Ulkomailla päästöjen arvioidaan vähentyvän 40 prosenttia vuodesta 2015 vuoteen 2030. Päästövähennykset perustuvat Suomen ja EU:n kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissuunnitelmiin tilanteessa, jossa kulutustaso pysyy samalla tasolla koko tarkastelujakson.



Kuva 23. Muiden epäsuorien päästöjen kehitys BAU-skenaariossa vuoteen 2050.

10. Yhteenveto

Selvityksessä on esitetty Helsingin kaupungin päästöjen BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050. Päästöt on jaettu luokkiin, jotka kuvaavat sitä, missä päästöt syntyvät ja mikä on lähteen suhde tarkasteltavaan alueeseen. Scope 1 vastaa kaupungin maantieteellisellä alueella syntyviä päästöjä, kun taas Scope 2 ja Scope 3 huomioivat toiminnan päästöt kaupungin ulkopuolella.

Kaupungin maantieteellisen alueen sisäpuolella syntyvät kasvihuonekaasupäästöt vähenvät BAU-skenaariossa nykytasosta noin puoleen vuoteen 2030 mennessä ja neljänneksen vuoteen 2050 mennessä (Kuva 24). Nykyisin kaupungin alueella syntyvät päästöt ovat noin 2100 kt CO₂-ekv. Asukasta kohden päästöt ovat nykytilanteessa 3,2 tonnia CO₂-ekv vuodessa ja BAU-skenaarion lähtöoletuksilla pitkällä aikavälillä vuonna 2050 noin 0,3 tonnia vuodessa.

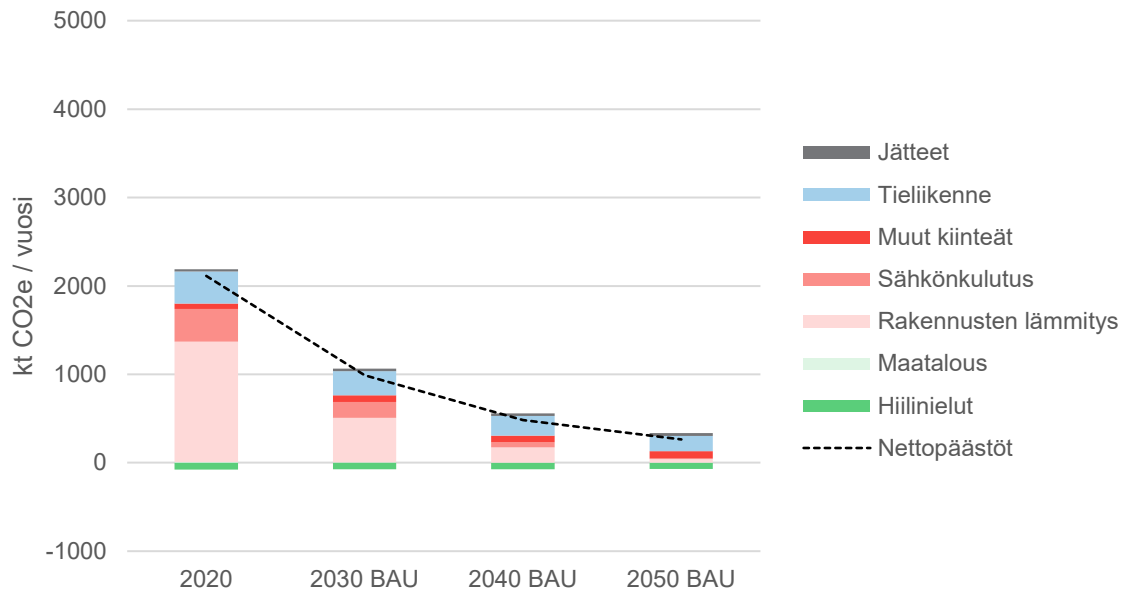
Nykytilanteen tärkeimmät päästölähteet ovat rakennusten lämmitys, liikenne ja sähkönkulutus (Kuva 24). Rakennusten lämmityksen päästöt vähenevät BAU-skenaariossa nopeasti, johtuen kivihiilen käytön lopettamisesta kaukolämmön tuotannossa. Vuoteen 2050 myös maakaasun käyttö korvataan lämpöpumppujen ja biopolttoaineiden avulla. Rakennuskannan energiankulutus pysyy lähellä nykytasoa, koska rakennusten energiatehokkuuden parantuminen kompensoi rakennuskannan kerrosalan kasvua.

Liikenteen BAU-skenaariossa eri ajoneuvojen kilometrisuoritteet kasvavat nykytilanteesta väestökasvun myötä, sillä matkojen kulkutapajakauma pysyy nykyisen kaltaisena. Liikenteen päästöihin vaikuttaa siten voimakkaimmin autokannan painottuminen nykyistä enemmän sähköautoihin. Erityisesti henkilöautoliikenteessä sähköllä ajamisen osuuden odotetaan nousevan puoleen kilometrisuoritteesta vuonna 2040 ja jatkavan tasaista kasvua tämän jälkeen.

Sähkönkulutuksen aiheuttamat päästöt vähenevät kulutuksen kasvusta huolimatta BAU-skenaariossa poikkileikkausvuosille 2030 ja 2050 (Kuva 24). Sähkönkulutuksen kasvu johtuu asukasmäärän kasvusta, maalämmön yleistymisestä, lämpöpumppujen käytöstä kaukolämmön tuotannossa ja liikenteen sähköistymisestä.

Sähkönkulutuksen päästöjen vähentyminen on seurausta siitä, että kansallisessa tuotantorakenteessa tapahtuu jo vuoteen 2030 mennessä suuria muutoksia. Fossiilisiin polttoaineisiin ja turpeeseen perustuvasta sähköntuotannosta luovutaan ja uusiutuvan energian osuus kasvaa. Voimakas muutos vähentää sähkönkulutuksen ominaispäästöt pitkällä aikavälillä lähelle nollaa.

Hiilivarastojen muutoksen ja hiilinielujen merkitys on kaupungin nettopäästöjen kannalta nykyisin vähäinen. Maankäytön varaaminen yhä enemmän rakennuskorttelien ja katualueiden käyttöön vähentää BAU-skenaariossa taajamametsien ja muiden viheralueiden hiilivarastoja ja vuosittaista hiilinielua, mutta muutos on kokonaisuuden kannalta pieni.



Kuva 24. Helsingin maantieteellisen alueen nettopäästöjen BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050.

Selvityksen BAU-skenaarion päästökehitys vastaa pitkälti aiempia ennusteita kaupungin kokonaispäästöistä (Huuska ym. 2017) ja liikenteen päästöistä (Supponen ja Kyytsönen 2022). Vuoteen 2030 skenaarion lähtökohdat ovat pysyneet pitkälti ennallaan ja laskentamalli on hyvin vakiintunut. Merkittäviä uusia muutostrendejä ovat aiempaa nopeampi autokannan sähköistyminen ja maalämmön yleistymisen, joiden seurauksena päästöjen väheneminen on nykyisillä lähtöoletuksilla aiempia skenaarioita nopeampaa.

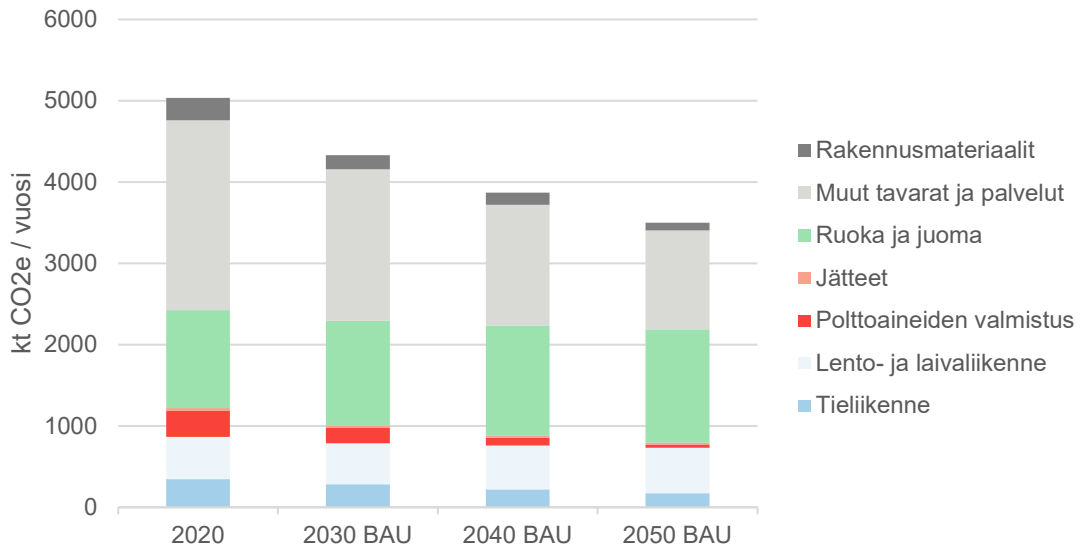
Kaupungin toiminnan epäsuorat päästöt

Kaupungin toiminnan aiheuttamat epäsuorat päästöt ovat nykyisin ja kaikkina BAU-skenaarion poikkileikkausvuosina kaupungin toiminnan suurin päästölähde. Epäsuorat päästöt kaupungin rajojen ulkopuolella ovat nykyisin noin 5000 kt CO₂-ekv vuodessa ja vähentyvät BAU-skenaarion lähtöoletuksilla vuoteen 2050 mennessä tasolle 3500 kt CO₂-ekv vuodessa. Asukasta kohden epäsuorat päästöt ovat nykyisin noin 7,6 tonnia CO₂-ekv vuodessa ja vähentyvät noin 4,3 tonniin vuodessa.

Epäsuorat päästöt koostuvat ruoan ja juoman, palveluiden sekä rakennusmateriaalien ja tavaroiden kulutuksesta. Merkittävimmät tekijät pitkän aikavälin BAU-skenaariossa ovat:

- Lento- ja laivaliikenteen odotetaan toipuvan koronapandemiasta nopeasti ja matkustajamäärien kasvavan tulevana vuosikymmeninä väestönkasvua nopeammin. Omaispäästöjen osalta BAU-skenaario perustuu lentokoneiden ja laivojen teknologian kehitykseen, eikä valmisteilla olevia päästötoimenpiteitä ole otettu laskennan lähtökohdaksi.
- Tavaroiden ja palveluiden tuotannon oletetaan muuttuvan tulevaisuudessa energiatehokkaammaksi ja tuotannossa käytetyn energian painottuvan enemmän uusiutuviin lähteisiin, mikä vähentää päästöjen määrää. Skenaarion lähtökohdaksi ei ole oletettu asukkaiden kulutusmenojen tai kulusrakenteen muutoksia.

- Ruoan kulutuksen aiheuttamat päästöt kasvavat väestönkasvun myötä. Tuotannossa saavutettavat päästövähennykset ovat pienempiä kuin muissa tavaroissa ja palveluissa, perustuen kansalliseen maatalouden skenaarioon.



Kuva 25. Helsingin kaupungin Scope 3 -päästöjen BAU-skenaario nykytilanteesta vuoteen 2050. Lento- ja laivaliikenteen osalta nykytilanteen vertailuvuotena on käytetty vuotta 2019.

Tuloksien tulkinnassa on huomioitava, että epäsuorien päästöjen kohdalla laskentamalliin ja sen lähtötietoihin liittyy eniten epävarmuuksia ja yksinkertaistuksia. Ruoan, tavaroiden ja yksityisten palveluiden osalta nykyisten päästöjen laskenta perustuu asukkaiden kuluutukseen ja skenaarion lähtöoletukset ovat pitkälle yksinkertaistettuja. Lisäksi biomassan energiakäytön vaikutukset hiilivarastoihin jäävät tässä selvityksessä kokonaan laskennallisen tarkastelun ulkopuolelle tietopuutteiden vuoksi.

Lähteet

- Afry. 2020. Finnish Energy – Low carbon roadmap. Final report 1.6.2020.
- Bionova. 2018. Puu- ja betonikerrostalojen elinkaaripäästöjen vertailu. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arviointi (EN 15978). 14.06.2018.
- Bionova. 2021. Carbon Footprint Limits for Common Building Types. Ministry of Environment, Finland. 11.1.2021.
- British Standards Institution. 2014a. Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city. Direct plus supply chain and consumption-based methodologies. PAS 2070:2013+A1:2014. 31.5.2014.
- British Standards Institution. 2014b. Application of PAS 2070 – London, United Kingdom.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2014. Table 13. Indirect emissions from the supply chain. Version 2.0. 1.3.2014.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2021. Greenhouse gas reporting: conversion factors 2021. 2.6.2021.
- Energiateollisuus. 2020. Energiavuosi 2019 Sähkö. 3.1.2020.
- Energiateollisuus. 2022. Kaukolämpötilasto 2021. 26.1.2023.
- Finavia. 2006. Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimus 2006. Ilmailulaitos Finavia ja Vantaan kaupunki.
- Finavia 2021a. Helsinki-Vantaan kotimaan ja kansainvälisen liikenteen saapuvien, lähtevien ja vaihtomatrustajien määrät 1998–2021. Viitattu 3.2.2023.
- Finavia 2021b. Kansainvälinen reittiliikenne maittain 2013–2021. Viitattu 3.2.2023.
- Finavia 2021c. Kansainvälinen tilausliikenne maittain 2013–2021. Viitattu 3.2.2023.
- Heinonen, Ottelin, Guddisardottir, Junnila. 2022. Spatial consumption-based carbon footprints: two definitions, two different outcomes. Environmental research communications 4(2). 1.2.2022.
- Helsingin kaupunki 2018. Yleiskaavan selostus. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2016:3. Voimaantulo: 5.12.2018.
- Helsingin kaupunki 2019. Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. Helsingin kaupungin keskushallinnon julkaisuja 2018:4.
- Helsingin kaupunki. 2022a. Helsingin ja Helsingin seudun väestöennuste 2021–2060. Ennuste alueittain 2021–2036. Tilastoja 2022:6. Helsingin kaupunginkanslia, Kaupunkitieto.
- Helsingin kaupunki. 2022b. Aluesarjat. Helsingin seudun avoimet tilastotietokannat. Helsingin kaupunginkanslia, Kaupunkitieto. Viitattu 3.2.2023.
- Helsingin kaupunki 2022c. Helsingin rakennukset. Helsingin kaupunkiympäristön toimiala, Kaupunkimitta- ja palvelut. Aineisto poimittu 3.2.2023.
- Helsingin kaupunki 2022d. Helsingin yleiskaavoitukset toimittamat tiedot kerros- ja korttelialasta kaavaruuuittain. Helsingin kaupunkiympäristön toimiala, Yleiskaavoitus. Aineisto toimitettu 24.10.2022.

Helsingin kaupunki 2022e. Helsingin ympäristötilasto. Helsingin seudun avoimet tilastotietokannat. Helsingin kaupunginkanslia, Kaupunkitieto. Viitattu 3.2.2023.

Helsingin kaupunki 2022f. Kaavayksiköt. Helsingin kaupunkiympäristön toimiala, Kaupunkimittauspalvelut. Aineisto poimittu 3.2.2023.

Helsingin satama Oy 2020. Helsingin Sataman 3 skenaariota vuoteen 2040. Selvityksen julkinen loppuraportti. Helsingin Satama Oy. 29.6.2020.

Honkatukia, Savikko, Hokkanen, Rannikko. 2021. Merenkulun päästökaupan vaikutukset merenkulun kustannuksiin ja Suomen kilpailukykyyn. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2021:23.

Huuska, Lounasheimo, Jarkko, Viinanen, Ignatius. 2017. Selvitys Helsingin uusista ilmastotavoitteista 2017. Hiilineutraalisuustavoitteen päivitys sekä vuoden 2030 päästötavoite ja toimenpiteet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 4/2017.

HSY 2021. Selvitys pääkaupunkiseudun hiilinieluista ja –varastoista. Loppuraportti. Simosol Oy, Ramboll Oy, Tapio Oy, Helsingin seudun ympäristöpalvelut.

HSY. 2022. Pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöt – laskentamenetelmä. Viitattu 3.2.2023.

IATA 2021. ICAO Carbon Emissions Calculator. The Official UN tool to quantify air travel CO2 footprint. Aineisto poimittu 3.2.2023.

ICLEI. 2019. U.S Community Protocol for Accounting and Reporting of Greenhouse Gas Emissions, version. 1.2. July 2019.

Kaartinen. 2021. Helsingin kaupungin autokanta ja yksikköpäästökertoimet vuoteen 2040. Muistio 1.3.2022. Sitowise Oy.

Karhinen ja Lounasheimo 2021. Kuntien kasvihuonekaasupäästövähennysten skenaariotyökalu. ALasSken-mallin laskentaperiaatteet. 26.4.2021. Suomen ympäristökeskus.

Karhinen, Heikkinen, Saikku. 2023. Kunta- ja maakuntakohtaiset kulutus päästötiedot. ALasKulutus 1.0-data. Suomen ympäristökeskus.

Klimscheffskij, Raivio, Laine, Heino, Lehtomäki. 2020b. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Vähähiilisuuden skenaariot. Taustaraportti 28.5.2020. Gaia Consulting Oy, Rakennusteollisuus.

Koljonen, Honkatukia, Maanalavilja, Ruuskanen, Similä, Soimakallio. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI): Synteesiraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:62. Valtioneuvoston kanslia 01.12.2021.

Laakso. 2021. Väestö- ja työpaikkaprojektiot sekä asuntojen toimitilakannan muutosarvot. Uudenmaan liiton julkaisu E 236–2021. Kaupunkitutkimus TA, Uudenmaan liitto.

Laine, Raivio, Jonsson, Heino, Klimscheffskij, Lehtomäki. 2020. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Rakennetun ympäristön hiilinelinkaaren nykytila. Taustaraportti 28.5.2020. Gaia Consulting Oy, Rakennusteollisuus.

Liljeström, Monni, Kaartinen, Mattinen-Yuryev, Puurunen, Katajajuuri. 2021. Helsingin kuluksen kasvihuonekaasupäästöt. Kulma-malli, tammikuu 2022. Sitowise Oy, Luonnonvarakeskus.

Liski, Repo, Känkänen, Vanhala, Seppälä, Antikainen, Grönroos, Karvosenoja, Lähtinen, Leskinen, Paunu, Tuovinen. 2011. Metsäbiomassan energiakäytön ilmastovaikutukset Suomessa. Suomen ympäristö 5/2011.

Lounasheimo. 2015. Helsingin kaupunkikaavan ilmastovaikutukset. Päästöskenaariot 2035 ja 2050. Helsingin seudun ympäristöpalvelut.

Lounasheimo, Karhinen, Grönroos, Savolainen, Forsberg, Munther, Petäjä, Pesu. 2020. Suomen kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005–2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2020.

Mattinen, Heljo, Savolahti 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2016.

Miettinen, Aakkula, Koikkalainen, Lehtonen, Luostarinen, Myllykangas, Sairanen, Silfver. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 Maatalouden lisätoimenpiteiden ja ruokavaliomuutoksen päästövähennysvaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2022.

Nissinen, Savolainen. 2019. Julkisten hankintojen ja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki ja luonnonvarojen käyttö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2019.

Paloneva ja Takamäki. 2020. Yhteenveto toimialojen vähähiilitiekartoista. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:52. Työ- ja elinkeinoministeriö.

Rantsi, Viholainen. 2022. Helsingin kaukolämmön BAU-skenaariot. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. 25.10.2021, päivitetty 10.3.2022.

Salanne, Mäkelä, Tikkanen. 2022. MERIMA - Suomen laivaliikenteen päästöt -mallit. Tuloraportti 2005–2021. Traficom tutkimuksia ja selvityksiä 9/2022. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. 15.12.2022.

Soimakallio. 2018. Biomassan energiakäyttö: vaikutukset hiilinieluihin ja ilmastopäästöihin. Teoksessa Arktinen murros: Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen käyttö pohjoisilla napa-alueilla. Into kustannus 2017.

Soimakallio, Böttcher, Niemi, Mosley, Turunen, Hennenberg, Reise, Fehrenbach. 2022. Closing an open balance: The impact of increased tree harvest on forest carbon. GCB Bioenergy 8/2022. 11.6.2022.

Supponen ja Kyytsönen. 2022. Helsingin liikenteen kasvihuonekaasujen BAU-kehitys vuosille 2030 ja 2040. Raportti 18.3.2022. WSP Finland Oy, Helsingin kaupunki.

SYKE 2016. KEKO laskennan kuvaus 2016–04. Energia, kasvihuonekaasupäästöt ja luonnonvarojen käyttö: Rakennuskanta, Uudisrakennukset ja energiakorjaukset, Energiantuotanto ja Liikenneverkko. Suomen ympäristökeskus.

Tilastokeskus. 2016. Kotitalouksien kulutusmenot kotitaloustyyppin mukaan 1985–2016. Tilastokeskus, Tulot ja kulutus. Aineisto poimittu 3.2.2023.

Tilastokeskus. 2021. Energia ja päästöt. Sähkön ja lämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt. Tilastokeskus, Ympäristö ja energia. Viitattu 3.2.2023.

Tilastokeskus. 2022a. Matkustajaliikenne Suomen ja ulkomaiden välillä satamittain ja maittain, 1970–2022. Tilastokeskus, ulkomaan meriliikenne. Aineisto poimittu 3.2.2023.

Tilastokeskus. 2022b. Polttoaineluokitus 2022. Tilastokeskus, Kasvihuonekaasuinventaario. Aineisto poimittu 3.2.2023.

Traficom. 2022. Finland Action Plan to Reduce CO2 Emissions from Aviation. Revision 2021. Traficom Publications 30/2021.

Tuominen ja Kiiskilä 2016. Satamien matkustajaliikennetutkimus 2015. HSL Helsingin seudun liikenne. HSL julkaisuja 16/2016. 22.11.2016.

Tsupari, Tormonen, Monni, Vahlman, Kolsi, Linna. 2006. Dityppioksidin (N2O) ja metaanin (CH4) päästökertoimia Suomen voimalaitoksille, lämpökeskuksille ja pienpoltolle. VTT Working Papers 43.

Valtioneuvosto. 2021. Valtioneuvoston periaatepäätös lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä. Valtioneuvoston periaatepäätös. Päivämäärä: 6.5.2021.

Vähäaho, Tolkki, Laiho, Rauhala, Laukkanen, Kopra, Riihiranta. 2022. Kiinteistö-, kortteli ja aluekohtaiset maalämpöratkaisut Helsingissä. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2022:24.

VTT. 2016. LIPASTO-yksikköpäästötietokanta. Vuonna 2017 päivitettyt tiedot. Aineisto poimittu 3.2.2023.

VTT. 2021. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste 2020–2045. Taulukot 13.9.2021. VTT, Liikenne- ja viestintäministeriö.

World Resources Institute. 2013. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development.

World Resources Institute. 2021. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities. Version 1.1. World Resources Institute, C40 Cities, ICLEI.

Ympäristöministeriö. 2019. Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Ympäristöministeriö, Helsinki 2019.

Liite 1. Katu- ja viheralueiden pinta-alan kehitys

Seuraavassa on arvioitu sitä, miten yleiskaavan mukainen uudisrakentaminen ja rakennuskorttelien maapinta-alan kasvu vaikuttavat katualueiden ja yleisten viheralueiden määrään. Muutostietoa tarvitaan lähtötiedoksi katuinfraktuurin rakentamisen aiheuttamien päästöjen ja hiilivarastojen muutoksen arviointiin. Viheralueiden ja katualueiden muutoksia ei ole suoraan saatavilla yleiskaavasta, joten näiden suhde korttelialaan on mallinnettu nykytilanteen tietojen pohjalta.

Katu- ja viheralueiden suhde korttelialaan

Rakennetun korttelimaan suhde katualueiden ja viheralueiden alaan mallinnetaan pienaluekohtaisiin tilastoihin perustuvalla laskentamallilla. Kaupungin ja tarkemmin kunkin pienalueen maapinta-alan oletetaan koostuvan seuraavista käyttötarkoituksista:

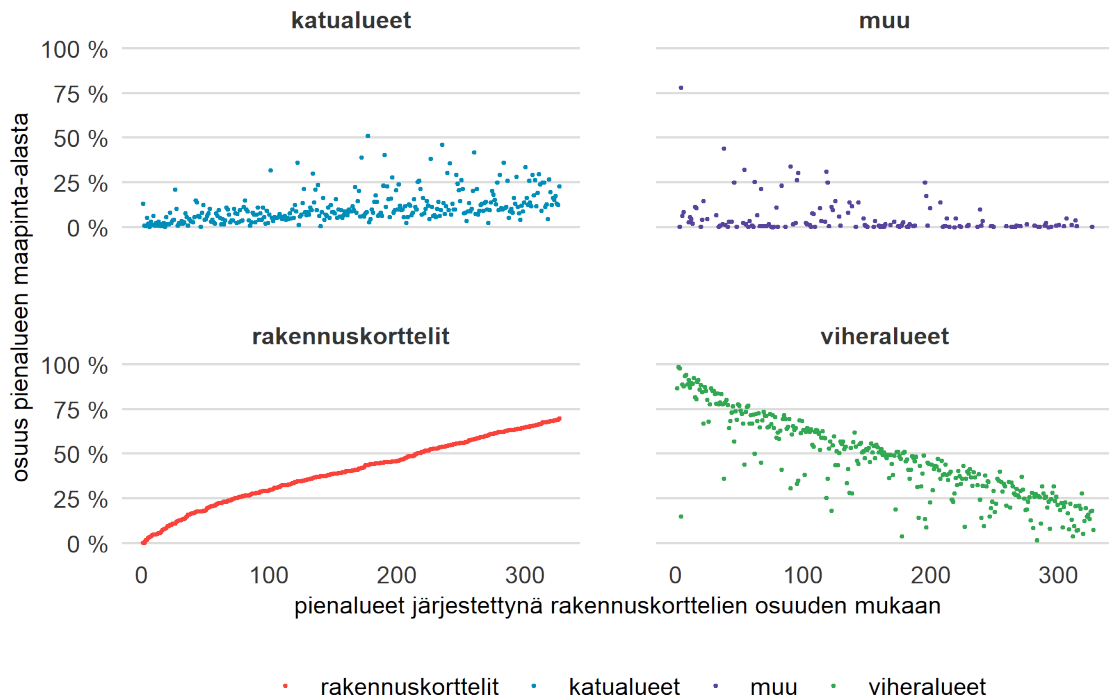
- rakennuskortteleista,
- yleisistä katualueista,
- yleisistä viheralueista ja
- muista alueista.

Nämä käyttötarkoitukset kilpailevat maapinta-alasta kunkin pienalueen sisällä, jolloin tiettyyn tarkoitukseen varatun alan lisääntyessä joudutaan muita vähentämään.

Lähtökohtana on nykytilanteen pinta-alan käyttötarkoitusten jakaumat, jotka on summattu pienalueille asemakaavojen kaavayksiköistä, joka on asemakaavan pienin tiettyyn käyttötarkoitukseen varattu yksikkö (Helsingin kaupunki 2022f). Poikkeuksena seuraavat osat:

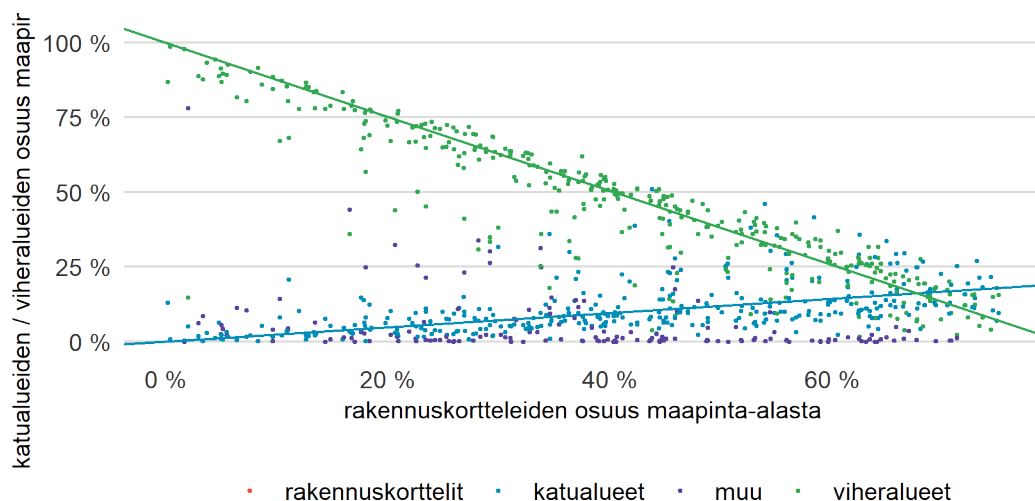
- Katualueiden ala on poimittu yleisten alueiden rekisteristä siten, että niistä on poistettu pääkadut ja moottoritiet. Pääkatujen ja moottoriteiden kehittäminen perustuu erillisiin hankkeisiin, jotka huomioidaan erikseen.
- Kaavayksiköt eivät kata koko kaupungin aluetta, joten kaavoittamaton alue on oletettu nykytilanteessa viheralueiksi. Kaavayksiköiden ulkopuolisia alueita on nykyisin mm. Östersundomissa, Kivinokassa, Vartiosaarella, Viikissä ja Santahaminassa.

Nykytilanteen maapinta-alan jakautumisesta nähdään, että rakennuskorttelien, katuverkon ja viheralueiden välillä on oletuksen mukainen kilpailutilanne (Kuva 26). Katuverkon pinta-ala kasvaa rakennuskorttelien alan kasvaessa ja viheralueiden määrä vastaavasti vähenee rakennuskorttelien (ja katuverkon) alan kasvaessa. Muut alueet muodostavat hyvin pienen osan maa-alasta ja selkeää suhdetta korttelimaahan ei ole johdettavissa.



Kuva 26. Pienalueiden kaavoitetun maapinta-alan jakautuminen käyttötarkoituksiin nykytilanteessa.

Käyttötarkoitusten välinen suhde mallinnetaan lineaarisella regressiolla siten, että katuverkon pinta-alan selittävä tekijänä on rakennuskorttelien osuus alueen pinta-alasta. Regressiomalli osoittaa, että korttelialan kasvu 10 % lisää katuverkon alaa noin 2,4 %. Koska eri käyttötarkoitukset kilpailevat rajallisesta alasta keskenään, saadaan viheralueiden osuus vähentämällä kokonaisalasta kortteliala ja katuverkon ala. (Kuva 27.)

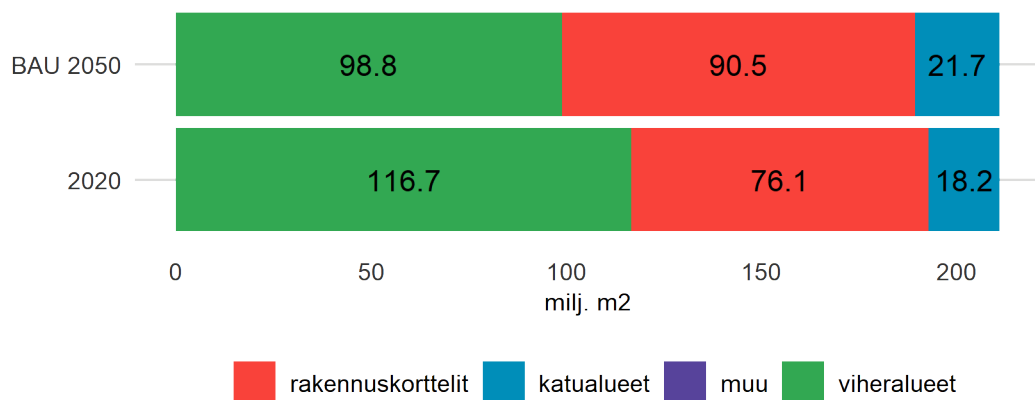


Kuva 27. Yleisten katu- ja viheralueiden osuuden suhde korttelimaan osuuteen pienalueen kaavoitetusta maapinta-alasta. Viivalla esitetty laskentamallin mukainen sovite.

Sovellus yleiskaavan mitoituksiin

BAU-skenaarion poikkileikkausvuosien 2030 ja 2050 rakennuskortteleiden pinta-alan kehitys saadaan suoraan yleiskaavan mitoituksista. Mitoitus on määritetty yleiskaavassa ruuduittain ja niissä on huomioitu korttelitehokkuuksien erot ja täydennysrakentaminen, jolloin nämä tulevat huomioiduksi korttelimaan, viheralueiden ja katuverkon kehittämisessä.

Korttelimaan kasvun ja edellä muodostetun mallin avulla määritetään katualueiden ja viheralueiden määrän muutos BAU-skenaarion poikkileikkausvuosille pienalueittain. Suhteellisesti suurempi osuus maapinta-alasta varataan rakennuskorttelien käyttöön ja korttelialan määrä kasvaa vuoteen 2050 noin 14,4 milj. m². Samalla katuverkon ala kasvaa 3,4 milj. m² ja yleisiksi viheralueiksi varattu ala vähenee 17,8 milj. m².



Kuva 28. Kaupungin maapinta-alan jakautuminen käyttötarkoituksiin nykytilanteessa ja BAU-skenaariossa.

Helsinki