

Selvitys päästöttömät työmaat green deal - vaatimusten vaikutuksista

Kaupunkiympäristön aineistoja 2024:20

Selvitys päästöttömät työmaat green deal -vaatimusten vaikutuksista

Lauri Aantaa, Emma Liljeström, Juha Seppälä ja Nicholas Stewart

SITOWISE



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND

Työn tuottamiseen on saatu rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Työn sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja CINEA / Komissio ei ole vastuussa työn sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Julkaisija | Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala

ISBN | 978-952-386-535-8

ISSN | 2489-4257

Sisällysluettelo

Käsitteet ja määritelmät.....	5
1 Johdanto	6
2 Tiivistelmä.....	7
3 Tiedonhankinta ja menetelmät.....	9
3.1 Rakentaminen Helsingissä	9
3.2 Tietokyselyt	9
3.3 Työpajatyöskentely	10
3.4 Asiantuntijahaastattelut.....	10
4 Työmaatoiminnot ja työkonetyypit.....	11
4.1 Työkoneiden saatavuus ja käyttövoimat.....	11
4.2 Työmaatoiminnot Helsingissä.....	12
4.3 Talonrakentaminen	12
4.4 Infrarakentaminen	13
4.5 Yleisten alueiden kunnossapito	14
4.6 Helsingin työmaat	14
5 Päästöttömät työmaat green deal -sopimuksen vaikutukset.....	20
5.1 Skenaariotarkastelut	20
5.1.1 Skenaario 1.....	20
5.1.2 Skenaariot 2a ja 2b	20
5.1.3 Skenaariot 3a ja 3b	21
5.2 Skenaariotarkastelujen tulokset.....	22
5.2.1 Kasvihuonekaasupäästö- ja kustannusvaikutukset	22
5.2.2 Tavoitteen saavuttaminen	24
5.2.3 Vaikutukset paikallispäästöihin	25
6 Rakentamisen päästöjä vähentävät toimenpiteet.....	26
6.1 Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön hiilijalanjälki	26
6.2 Rakentamisen kustannustehokkaat päästövähennyskeinot.....	26
6.3 Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot.....	28
6.4 Toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikuttavuus.....	29
7 Johtopäätökset	32
8 Toimintaohjeet.....	33
9 Lähdeluettelo	35

Liite 1. Skenaarioiden yleiset oletukset.....	37
Liite 2. Tulokset työmaatoiminnoittain	46

Käsitteet ja määritelmät

Raportissa käytetyt käsitteet määritelmät viittaavat päästöttömät työmaat green deal -sopimuksessa käytettyihin vastaaviin määritelmiin. (Sitoumus2050, 2024)

Käsite	Määritelmä
Fossiilivapaa polttoaine	Nestemäiset ja kaasumaiset biopolttoaineet
Fossiilivapaa työmaa	Työmaa, jossa ei käytetä fossiilisia polttoaineita ja työmaiden sähkönä ja lämmityksessä käytetään uusiutuvista energialähteistä peräisin olevaa sähköä, kaasua, nestemäisiä polttoaineita tai kaukolämpöä.
Kuorma-auto	N2- ja N3-luokan ajoneuvot
Päästöt	Päästöillä voidaan viitata suoriin kasvihuonekaasupäästöihin ja haitallisiin paikallispäästöihin (hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit, pienhiukkaset), sekä moottorimeluun. Green deal -sopimus ei tässä vaiheessa koske muita päästöjä, kuten esimerkiksi työmailla syntyvää pölyä.
Päästötön työmaa	Pyrkimys toimintamalliin tai ratkaisuun työmaalla, joka ei tuota suoria kasvihuonekaasupäästöjä eikä haitallisia paikallispäästöjä.
Työkone	Seuraavat työkonetyypit: pyöräkuormaajat, kaivukuormaajat, pyöräalustaiset kaivukoneet, tela-alustaiset kaivukoneet, kurottajakuormaajat, telapuskutraktorit, traktorit, erikoistraktorit ympäristön- ja kiinteistönhoidon töihin, valssiyrät, tiehöylät, monitoimikoneet, maantiivistäjät, nosturit, trukit, kurottajat ja dumpperit. On mahdollista, että sopimuksen piiriin kuuluvien työkonetyyppien listausta täydennetään tarvittaessa myöhemmin.
Työmaiden sisäiset kuljetukset ja kuljetukset työmaille tai työmailta	Työkoneilla tai N1, N2, N3, M1 tai M2 ajoneuvoluokkien ajoneuvoilla toteutettavat tavara- ja materiaalikuljetukset.

1 Johdanto

Helsinki haluaa olla kestävä kehityksen edelläkävijäkaupunki nyt ja vastedes. Kaupunki on vahvasti sitoutunut sosiaaliseen, ekologiseen, taloudelliseen ja kulttuuriseen kestävyyteen, joita edistään usein konkreettisin toimin. Kasvun paikka – kaupunkistrategiansa mukaisesti Helsinki tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä, päästöjen nollaamista vuoteen 2040 mennessä ja hiilinegatiivisuutta tämän jälkeen. Helsingin 80 prosentin päästövähennystavoite koskee kaupungin suoria päästöjä, eli kaupungin maantieteellisen rajan sisällä syntyviä päästöjä. Päästöjä vähentäviä toimia kohdistetaan kuitenkin myös epäsuoriin, niin kutsuttuihin scope 3, päästöihin, erityisesti rakentamisen päästöihin. (Helsingin kaupunki, 2024a) Uuden, toukokuussa 2024 hyväksytyn ilman-suojelu- ja meluntorjuntasuunnitelman tavoitteisiin kuuluu puolestaan erinomainen ilmanlaatu ja ääniympäristö.

Rakentamisen, rakennusmateriaalien ja rakennusten energiankäytön hiilijalanjäljen merkitys on Helsingin ilmastotavoitteiden saavuttamisessa suuri. Kaupunki toteuttaakin useita toimenpiteitä rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Uudisrakentamista ohjataan muun muassa energiatehokkuusvaatimusten avulla. Vaatimusten saavuttamiseen vaikuttavat erityisesti rakennuksen rakenteellinen energiatehokkuus, päälämmitysjärjestelmä ja tuotetun uusiutuvan energian määrä. (Helsingin kaupunki, 2023) Lisäksi Helsingin kaupunki on ottanut käyttöön rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen raja-arvon. Raja-arvon tavoitteena on ohjata talonrakentamista vähähiilisemmäksi. Ensimmäisessä vaiheessa hiilijalanjäljen raja-arvo on asetettu uusille asuinkerrostoille. Hiilijalanjäljen raja-arvoa käytetään vaatimuksena uusissa asemakaavoissa. Hiilijalanjäljestä voidaan määrätä myös esimerkiksi tonttikilpailuissa sekä tontinluovutuksen ehdoissa. (Helsingin kaupunki, 2024b)

Rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen, työmaiden haitallisten pakokaasupäästöjen sekä melun vähentämiseen tähtää myös päästöttömien työmaiden green deal -sopimus, johon Helsingin kaupunki on sitoutunut vuonna 2020. Päästöttömät työmaat green deal -sopimus on vapaaehtoisuuteen perustuva sopimus ympäristöministeriön kanssa, jonka tarkoituksena on kannustaa hankintayksiköitä päästöjen pitkäjänteiseen vähentämiseen työmailla. Sopimuksen tavoitteiden mukaan työmaiden tulee olla fossiilivapaita vuoden 2025 loppuun mennessä, minkä lisäksi 20 prosenttia työmailla käytettävistä koneista ja työmaiden kuljetuksista tulee toimia sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Vuoden 2030 loppuun mennessä työmaiden koneista ja kuljetuksista 50 prosenttia tulee toimia sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. (Helsingin kaupunki, 2020)

Tässä Sitowise Oy:n toteuttamassa ja Canemure-hankkeen sekä kaupunkiympäristön toimialan tilat-palvelun, asuntotuotannon ja kunnossapidon rahoittamassa selvityksessä koottiin tietoa päästöttömät työmaat green deal -sopimuksen vaikutuksista kaupungin rakentamisen ja kunnossapidon palveluissa. Selvityksessä arvioitiin myös sopimuksen tulevien vaatimusten täyttymisen edellytyksiä. Selvitystyön tavoitteisiin kuuluivat päästövaikutusten ja kustannusvaikutusten arviointi sekä kustannustehokkaiden keinojen tunnistaminen rakennetun ympäristön ja työmaiden elinkaaristen päästöjen vähentämiseksi.

2 Tiivistelmä

Helsingin kaupunki on sitoutunut päästöttömien työmaiden green deal -sopimukseen vuonna 2020. Sopimus tähtää rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen, työmaiden haitallisten pakokaasupäästöjen sekä melun vähentämiseen. Sopimuksen tavoitteiden mukaan työmaiden tulee olla fossiilivapaita vuoden 2025 loppuun mennessä, minkä lisäksi 20 prosenttia työmailla käytettävistä koneista ja työmaiden kuljetuksista tulee toimia sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Vuoden 2030 loppuun mennessä työmaiden koneista ja kuljetuksista 50 prosenttia tulee toimia sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. (Helsingin kaupunki, 2020)

Tässä selvityksessä koottiin tietoa green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutuksista kaupungin rakentamisen ja kunnossapidon palveluihin. Selvityksessä arvioitiin myös sopimuksen tulevien vaatimusten täyttymisen edellytyksiä. Vaikutusten arvioimiseksi toteutettiin skenaariolaskennat, joissa tarkasteltiin yhteensä viittä eri skenaariota. Tarkastelut on tehty koko kaupungin lisäksi myös toimintokohtaisesti. Rakentamisen toiminnot on jaettu talonrakentamiseen, infrarakentamiseen sekä yleisten alueiden kunnossapitoon. Talonrakentaminen jakautuu edelleen asuntotuotantoon ja Tilat-palveluiden toimintoihin. Tarkasteltavat skenaariot olivat 1, 2a, 2b, 3a ja 3b.

Skenaariossa 1 oletettiin, että rakentaminen Helsingin kaupungissa jatkuu kaikissa työmaatoiminnoissa nykyisiä työkonetyyppejä käyttäen koko green deal -sopimuskauden ajan. Työkoneiden käyttövoimamuutos viivästyy, eikä fossiilittomia työkoneita onnistuta ottamaan käyttöön. Toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi kuitenkin toteutetaan ja kaupunki siirtyy työmailla 100 prosenttisesti uusiutuvan sähkön sekä HVO dieselin ja polttoöljyn käyttöön.

Skenaariossa 2 uusiutuvan sähkönkäytön sekä HVO dieselin ja polttoöljyn lisäksi pienemmän kokoluokan työkoneita sähköistetään vuodesta 2026 lähtien ja lisäksi muutetaan pieni osa sisäisistä työmaakuljetuksista fossiilittomiksi. Raskaamman kaluston sähköistäminen etenee vuoden 2031 jälkeen, jolloin myös kuljetuskalustoa vaihdetaan laajemmassa mittakaavassa päästöttömäksi.

Skenaariossa 3 sähkönkäyttö ja HVO polttoaineiden käyttöönotto ja työkonekaluston sähköistys etenevät kuten skenaarioissa 1 ja 2. Lisäksi raskaampaa kalustoa sähköistetään maltillisesti jo vuonna 2026 ja koko raskas kaivukalusto sähköistetään vuoteen 2031 mennessä. Myös työmaakuljetusten osalta siirtymä on nopeampi. Skenaarioissa 1, 2a ja 3a kaupungin asuntotuotantoon (ATT, Heka ja Haso) sovelletaan samoja toimenpiteitä kuin muihinkin toimintoihin. B-skenaariot puolestaan kuvaavat tilannetta, jossa asuntotuotantoon ei kohdenneta työmaakaluston green deal -toimenpiteitä.

Tarkastelluista skenaarioista skenaario 3 on ainoa, jossa green deal -tavoitteisiin päästään. Tarkastelun perusteella voidaan tehdä selkeä johtopäätös, että isompien työkoneiden, kuten kuorma-autojen ja kaivukoneiden, markkinamuutosta tulisi edistää voimakkaasti, mikäli sopimuksen tavoitteet halutaan saavuttaa. Skenaariota 3 perusteella fossiilittomien työkoneiden osuus kaikista työko-
neista olisi 22 prosenttia vuonna 2026 ja 57 prosenttia vuonna 2031, mikäli myös Heka ja Haso osallistuvat toimenpiteisiin. Tavoite on tosin saavutettavissa myös ilman Hekaa ja Hasoa. Skenaariotarkastelut osoittavat myös, että green deal -tavoitteiden edistäminen vähentää kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi tehokkaasti myös työmaatoiminnoista aiheutuvia paikallispäästöjä. Skenaariossa 3 voidaan saavuttaa jopa 85 prosentin paikallispäästöjen vähenemä.

Kustannusvaikutuksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että arviot sisältävät huomattavaa epävarmuutta. Arvion perusteella sähkökäyttöiset työkoneet ovat alkuvaiheessa huomattavasti polttomoottorikäyttöisiä työkoneita kalliimpia ja kunnianhimoisimmassa skenaariossa 3, työmaakoneiden ja kuljetusten laitekustannustaso on useita vuosia noin 20 prosenttia korkeammalla tasolla.

Kustannustason arvioidaan tasoittuvan markkinan kehittyessä, sillä laitteiden käytön kokonaiskustannus on samalla tasolla polttomoottorikäyttöisten laitteiden kanssa, kun työmaan toimintatapoihin liittyvät haasteet saadaan ratkaistua. Kustannustaso on tasoittunut esimerkiksi Norjassa, jossa vastaavia toimenpiteitä on edistetty jo vuosia.

Vaikuttavuudeltaan tarkastellut green deal -sopimuksen toimenpiteet jäävät esimerkiksi talonrakentamisen puurakentamisen tai maalämmön vaikutuksista, mutta vertautuvat vaikuttavuudeltaan vähähiiliseen betoniin.

Selvitystyön lopputuloksena voidaan todeta, että green deal -sopimuksen tavoitteiden saavuttaminen vaikuttaa epärealistiselta, ellei tavoitteiden saavuttamiseen kohdenneta nopealla aikataululla merkittäviä resursseja. Skenaariolaskennat osoittavat tavoitteiden saavuttamisen vaativan raskaan työkalustoon sähköistämistä sekä fossiilivapaata kuljetuskalustoa. Muutos tulisi saada käyntiin tulevan vuoden aikana. Todennäköisemmältä vaikuttaa siis hitaampi siirtyminen kohti tavoitetta päästöttömistä työmaista. Keskeisiä, nopeasti käyttöönotettavia toimia tavoitteiden edistämiseksi ovat tiedonkeruun kehitys ja yhtenäistäminen, pilottihankkeiden ja kokeilujen määrän ja laajuuden kasvattaminen sekä tiedon tehokas hyödyntäminen kaupungin sisällä ja muiden green deal -sopimukseen sitoutuneiden toimijoiden kesken.

3 Tiedonhankinta ja menetelmät

3.1 Rakentaminen Helsingissä

Vuonna 2023 Helsingissä kaavoitettiin 320 256 kerrosneliömetriä, josta täydennysrakentamista oli 241 943 kerrosneliömetriä. Tonttien hankevarauksia ja tontinluovutuskilpailuja valmisteltiin noin 4 000 asuntoa varten. Tontteja luovutettiin asuntorakentamisen käyttöön noin 2 770 asuntoa varten. Helsingin kaupungin alueella alkoi hiukan yli 5 000 asunnon rakentaminen, joista noin 1 435 kaupungin luovuttamilla tonteilla. Haasteita toimintavuoteen aiheutti vallitseva rakentamisen markkina-tilanne, joka vaikeutti sekä asuntojen että infrastruktuurin rakennushankkeita. (Helsingin kaupunki, 2024c)

Kasvavassa kaupungissa rakennus- ja kunnossapitotarve on jatkuvaa ja kaupungin kumppaneiden ja eri toimijoiden kirjo on rakentamisen osalta erittäin laaja. Green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutuksia arvioitaessa tavoitteena oli hyödyntää paitsi kaupungin omien asiantuntijoiden myös muiden markkinaan kytkeytyvien toimijoiden asiantuntemusta. Selvityksen tausta-aineistona hyödynnettyjä aineistoja koottiin usein eri menetelmin, joita olivat muun muassa kirjallisuuskatsaus, tietokyselyt, työpajatyöskentely sekä asiantuntijahaastattelut.

3.2 Tietokyselyt

Tietokyselyillä kartoitettiin rakennusalan toimijoiden näkemyksiä green deal -sopimuksen vaatimusten täyttymisen edellytyksiä sekä näiden vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin ja kustannuksiin. Tietokyselyt lähetettiin Helsingin kaupungin asiantuntijoiden lisäksi yhteensä 35 rakennusalan toimijalle. Toimijat tunnistettiin yhteistyössä Helsingin kaupungin asiantuntijoiden kanssa. Toimijat, joille tietokyselyt lähetettiin, on esitetty taulukossa 1. Vastaukset tietokyselyihin saatiin yhteensä yhdeltätoista toimijalta sekä Helsingin kaupungilta.

Työmaakoneisiin liittyviä määrä- ja käyttötuntitietoja saatiin Helsingin kaupungin lisäksi vain yhdeltä toimijalta. Tästä syystä selvityksen laskennalliset tarkastelut pohjattiin Helsingin kaupungilta saatuihin tietoihin.

Taulukko 1. Rakennusalan toimijat, joille tehtiin selvityksen puitteissa tietokysely.

Toimija		
1. AHA-Best Oy	13. Helsingin kaupunki	25. Ramirent
2. Alltime Oy	14. Jatke	26. Skanska
3. Anfra	15. Kreate	27. Skanska konevuokraus
4. Arkta	16. Kahva	28. Stara
5. Asura	17. Lotus Demolition	29. Terranor Oy
6. Bonava	18. Louhintahiekka	30. Tieliуска
7. Boskalis-Terramare	19. Lujatalo	31. Transaval
8. Cramo	20. NCC	32. Umacon
9. Destia	21. Peab	33. Viherpalvelut Hyvönen Oy

Toimija		
10. E.M. Pekkinen Oy	22. Purkupiha	34. VM Suomalainen
11. GRK Suomi Oy	23. Rudus	35. VRJ Etelä-Suomi
12. Hartela	24. Rakennuspartio	36. YIT

3.3 Työpajatyöskentely

Selvitystyön puitteissa järjestettiin työpaja syyskuussa 2024, jossa kartoitettiin alan toimijoiden näkemyksiä green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutuksista rakennushankkeiden kustannuksiin sekä toimintakentän edellytyksiä saavuttaa tiukentuva vaatimustaso. Työpajaan osallistui yhteensä 37 henkilöä, jotka edustivat kolmeatoista eri organisaatiota. Työpajassa edustetut organisaatiot on esitetty taulukossa 2. Lisäksi työpajaan osallistui Sitowisen asiantuntijoita, jotka toimivat työpajan järjestäjinä.

Työpajassa koottuja tietoja täydennettiin lisäksi työpajan yhteydessä toteutetulla Microsoft Forms -kyselyllä. Kyselyyn saatiin yhteensä kahdeksan vastausta.

Taulukko 2. Selvityksen puitteissa järjestettyyn työpajaan osallistuneet organisaatiot.

Toimija	
1. AHA-Best Oy	8. Rudus
2. Destia	9. Skanska
3. GRK Suomi Oy	10. Tieliуска
4. Helsingin kaupunki	11. Terranor Oy
5. Lotus Demolition	12. Uudenmaan mestari-rakentajat Oy
6. Louhintahiekka	13. Viherpalvelut Hyvönen Oy
7. Rakennuspartio	

3.4 Asiantuntijahaastattelut

Selvityksen puitteissa tehtyä tiedonkoontia täydennettiin asiantuntijahaastatteluilla. Asiantuntijahaastatteluihin osallistuivat Helsingin kaupungin ilmastoyksikkö, Infra ry sekä Motiva.

Asiantuntijahaastatteluissa käsiteltiin useita teemoja, kuten valmiutta saavuttaa green deal -sopimuksen vaatimukset, sähköisten työkoneiden saatavuutta ja hintoja, mahdollisia keinoja edistää raskaiden työkoneiden sähköistymistä ja kokemuksia green deal -sopimuksen pilotoinnista myös muiden suomalaisten kaupunkien ja toimijoiden toimesta. Helsingin kaupungin ilmastoyksikön haastattelussa käsiteltiin lisäksi Helsingin kaupungin roolia ilmastotyön suunnannäyttäjänä ja rakentamisen ja työmaatoimintojen päästöjen merkitystä suhteessa asetettuihin ilmastotavoitteisiin.

4 Työmaatoiminnot ja työkonetyypit

4.1 Työkoneiden saatavuus ja käyttövoimat

Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt kuuluvat taakanjakosektorin päästöihin. Kansallisten ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta taakanjakosektorin päästöt ja niiden vähentäminen ovat keskeisessä roolissa. Kansallisessa päästölaskennassa Suomen polttomoottorikäyttöisten työkoneiden ja maastoajoneuvojen vuosittaiset viralliset päästöinventaarit lasketaan VTT:n kehittämällä ja ylläpitämällä TYKO-mallilla. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt ovat pysyneet likimain samalla tasolla viimeisen lähes 30 vuoden ajan. TYKO-mallin perusteella päästöt ovat vaihdelleet 2,5 miljoonan CO₂e-tonnin molemmin puolin. Muita määrällisesti merkittäviä työkoneiden polttoaineen poltosta aiheutuvia suoria päästöjä ovat hiilimonoksidi, typen oksidit ja hiilivedyt. (Markkanen, 2021) Ajoneuvokannan sähköistyminen on käynnissä, mutta työkoneiden voimanlähteenä on edelleen lähes yksinomaan polttomoottori. Päästöistä dieselin tai kevyen polttoöljyn osuus työkonepolttoaineissa on lähes 90 prosenttia. Päästöjä vähentävät toimenpiteet tulisi tästä syystä kohdistaa ensisijaisesti dieselikäyttöisiin koneisiin. (Linjama, 2023)

Työkonepuolella öljyn korvaaminen muilla energialähteillä on huomattavasti vaikeampaa kuin esimerkiksi rakennuksissa, sillä sähkökäyttöisiä työkoneita on toistaiseksi rajallisesti saatavilla. Saata-
vuusongelma koskee erityisesti raskaampaa kalustoa, kuten kuormaajia ja kaivukoneita. Sitä vastoin pienemmän kokoluokan työkoneita, kuten trukkeja, henkilönostureita, kurottimia ja maanrakennuskalustoa on saatavilla sähköisenä jo tällä hetkellä. Työkoneiden sähköistyksellä on kuitenkin toistaiseksi ollut vain vähäinen vaikutus sektorin kokonaispäästöihin. (Linjama, 2023 & Sitowise, 2024b)

Työkoneiden sähköistyksessä edelläkävijänä on toiminut Norja, jossa valtio on tukenut työkoneiden sähköistymistä vahvasti. Norjasta saadaan arvokasta tietoa ja kokemusta sähköisten työkoneiden käytöstä. Mahdollisuuksia myös käytetyn kaluston hankintaan on pohdittu. Raskaiden työkoneiden akkujen elinkaaren pituudesta on kuitenkin edelleen epävarmuutta, eikä niiden kestävydestä tai korvattavuudesta ole paljoakaan kokemusta. Selvityksessä haastateltujen asiantuntijoiden näkemyksen mukaan tällä hetkellä ei vaikuta todennäköiseltä, että valtio lähtisi Suomessa tukemaan työkoneiden sähköistystä Norjan tapaan. Liikenteen tulo osaksi päästökauppajärjestelmää vuonna 2027 voi kuitenkin muuttaa tilannetta, sillä päästökaupalla kerättyjä tuloja voitaisiin kohdentaa työkoneisiin ja sitä kautta sektorin päästöjen vähentämiseen. (Sitowise 2024a & Sitowise 2024b)

Työkoneiden sähköistämisessä on saatavuuden lisäksi myös muita ratkaistavia kysymyksiä, kuten riittävä sähkön saatavuus työmailla, akkujen kesto ja tämän aiheuttamat rajoitteet työkoneiden käytölle sekä erilaisten koneiden vaatimien erilaisten latausjärjestelmien asettamat haasteet. Lisäksi on otettava huomioon työmaiden turvallisuus tilanteessa, jossa sähköisiä koneita on käytössä runsaasti. Kuitenkin jo nykyisillä käyttökokemuksilla tiedetään, että sähköisten koneiden käyttömukavuus on polttomoottorikoneita parempi. Sähkökäyttöisten työkoneiden melusaaste on myös vähäisempää. (Sitowise 2024a & Sitowise 2024b)

Työkoneiden osalta myös biokaasun mahdollisuuksia selvitetään. Tällä hetkellä biokaasu ei kuitenkaan näytele minkäänlaista roolia, eikä sen arvioida tarjoavan laajamittaisia ratkaisuja ainakaan vuoden 2026 tavoitteiden saavuttamiseksi. Kuljetuskaluston osalta biokaasun käytettävyyttä näyttäytytään tämän hetken tietojen perusteella realistisemmalta. (Sitowise 2024a & Sitowise 2024b)

Nykyisen tiedon valossa vaikuttaa siltä, että myöskään vety ei tule tarjoamaan ratkaisuja työkoneiden päästöjen vähentämiseen. Vetykäyttöisiä työkoneita ei juurikaan ole saatavilla. Autokannan edetessä voimakkaasti kohti sähköistymistä, saattaa olla, että kysyntä jää niin kapeaksi, ettei vetykäyttöisten koneiden kehitys näyttäydy kannattavana. Tankkausasemien verkosto ei myöskään ole ainakaan toistaiseksi tarpeeksi laaja. (Sitowise 2024a & Sitowise 2024b)

Työkoneiden päästöihin nopeasti vaikuttava keino on biopolttoaineiden käyttöön siirtyminen. Biopolttoöljyn kohdentamisessa työkonekäyttöön voidaan nähdä enemmän hyötyjä kuin sen kohdentamisessa esimerkiksi lämmityskäyttöön, sillä lämmitykseen on tarjolla runsaasti muita kuin öljyyn perustuvia lämmitysjärjestelmiä. (Linjama, 2023) Biopolttoaineilla saavutettaviin päästövähennyksiin liittyy kuitenkin avoimia kysymyksiä, joita on tarkasteltu kappaleessa 5.3.

4.2 Työmaatoiminnot Helsingissä

Helsingin kaupungin työmaatoimintojen työkoneiden lukumääriä, työkoneista aiheutuvia päästöjä ja päästöjen jakautumista eri työkonetypyeille arvioitiin kaupungilta saatujen tietojen perusteella. Työmaita ja green deal -sopimuksen vaikutuksia on selvityksessä tarkasteltu paitsi koko kaupungin työmaiden osalta myös toimintokohtaisesti. Rakentamisen toiminnot on jaettu talonrakentamiseen, infrarakentamiseen sekä yleisten alueiden kunnossapitoon. Talonrakentaminen jakautuu edelleen asuntotuotantoon ja Tilat-palveluiden toimintoihin.

Helsingin työmaatoimintojen nykytilan arvioinnin lähtötiedoissa oli osittain puutteita, jotka on esitetty kappaleissa 4.3–4.5. Tietopuutteet ja tehdyt oletukset vääristävät osaltaan tarkastelun tuloksia. Tehdyt arviot työmaatoimintojen työkoneista sekä näiden lukumääristä ja päästövaikutuksista tarjoavat kuitenkin käsityksen eri työkonetyyppien merkittävyyden suuruusluokasta green deal -tavoitteiden saavutettavuuden kannalta. Lisäksi ne tarjoavat tietoa siitä, mihin toimenpiteitä tulisi tulevien vuosien aikana suunnata.

4.3 Talonrakentaminen

Talonrakentamisen osalta toiminta ja sen myötä myös tiedonkeruu jakautui asuntotuotannon ja Tilat-palveluiden toimintoihin. Toimintoihin sisältyvät Helsingin kaupungin oma asuntotuotanto sekä palvelurakennusten rakentaminen. Asuntotuotannossa Helsingin kaupungin asuntotuotanto (ATT) rakennuttaa Hitas-omistusasuntoja, asumisoikeusasuntoja Helsingin Asumisoikeus Oy:lle (HASO) sekä vuokratoteja Helsingin kaupungin asunnot Oy:lle (Heka). Edellä mainituista ainoastaan Helsingin kaupungin asuntotuotanto on osana kaupungin emo-organisaatiota virallisesti päästöttömien työmaiden green deal -sopimuksen piirissä. Helsingin kaupungin asunnot Oy ja Helsingin Asumisoikeus Oy ovat Helsingin kaupungin omistamia itsenäisiä tytäryhtiöitä, eivätkä täten ole kaupungin talousarvion piirissä.

Talonrakentamisen osalta työmaatoimintojen tietojen nykytilanne on seuraava:

- Työkoneiden kalustoluettelot
 - Tilat-palveluilla ja asuntotuotannolla on käytössään kattava työmaakohtainen kalustoluettelo, jonka perusteella työkoneista tarvittavien tietojen (konetyyppi, päästöluokka, käyttövoima ja käyttötunnit) seuranta on mahdollista.
 - Asuntotuotannon osalta käytössä oli koonti, jossa oli ilmoitettu työkoneiden kokonaismäärät asuntotuotannon työmailla.
- Työmaakuljetusten kalustoluettelot
 - Työmaakuljetuksia ei nykyisellään ole kerätty tai tilastoitu. Tietoja sisäisistä ja ulkoisista kuljetuksista ei ollut käytössä ja ne on tästä syystä jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Talonrakentamisen hankkeissa sisäisten kuljetusten määrä on joka tapauksessa todella pieni.

- Työmaalla kulutetun energian tilastot
 - Työmaalla kulutettua energiaa ei ole kerätty tai tilastoitu. Energiämääristä (kauko-
lämpö, sähkö, työkoneiden polttoaineiden kulutustiedot) tehtiin arvio, jotta ne voitiin
sisällyttää tarkasteluun.

Talonrakentamisen lähtötiedoista oli eriteltävissä uudisrakentamisen hankkeet ja peruskorjaus-
hankkeet ainoastaan kapean otannan osalta. Pienen otannan vuoksi hanketyyppejä ei olla tarkas-
teltu erikseen.

4.4 Infrarakentaminen

Infrarakentamisen osalta tietoa kalustosta, energiasta ja kuljetuksista kerätään työmaakohtaisesti.
Toiminta sisältää Helsingin kaupungin kilpailuttamat infrarakentamisen urakat. Tiedonkeruu on ja-
kautunut projektirakennuttamisen ja Staran vastuulle. Projektirakennuttaminen vastaa valtaosasta
tietojen koontia mutta joidenkin poikkeushankkeiden, kuten esimerkiksi Kruunusillat Allianssin, tie-
tojen koonti on muiden osapuolten vastuulla. Lisäksi Staran infrarakentamisen projektihenkilöstön
vastuulla heidän hankkeidensa tietojen keruu. Staran tietoja ei saatu tämän selvityshankkeen käyt-
töön, joten kyseiset työmaat on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Infrarakentamisen osalta työmaatoimintojen tietojen nykytilanne on seuraava:

- Työkoneiden kalustoluettelot
 - Infrarakentamisessa on käytössä työmaakohtainen kalustoluettelo, jonka perusteella
työkoneiden osalta voidaan seurata esimerkiksi konetyyppiä, päästöluokkaa ja käyt-
tövoimaa.
 - Tiedot ovat riittävät sopimuksen vaatimusten täyttymisen arviointiin, mutta toimenpi-
teiden vaikuttavuutta ei voida luotettavalla tasolla arvioida, sillä käyttötunteja tai polt-
toaineen kulutusta ei raportoida työkoneittain. Kokonaiskulutus raportoidaan, joten
kokonaispäästöt ovat määriteltävissä luotettavalla tasolla.
 - Tässä selvityksessä kokonaiskäyttötunnit määritettiin polttoaineiden koko-
naiskulutuksesta ja käyttötuntimäärä jyvitetiin tasan kullekin työkoneelle.
 - Kalustoluetteloita ei ollut käytössä kaikista projektirakennuttamisen hankkeista. Nii-
den osalta arvioitiin projektirakennuttamiselta saatujen luetteloiden edustavan noin
45 prosenttia projektirakennuttamisen kokonaiskalustomäärästä. Kokonaiskalusto-
määrä skaalattiin tämän arvion perusteella. Skaalausta ei tehty Kruunusillat Allians-
sin kalustomääriin.
- Työmaakuljetusten kalustoluettelot
 - Infrarakentamisessa on käytössä työmaakohtainen kuljetuskalustoluettelo, jonka pe-
rusteella on mahdollista seurata kuljetusten konetyyppiä, päästöluokkaa ja käyttö-
voimaa.
 - Kuljetuksia ei eritellä työmaan sisäisiin ja ulkoisiin kuljetuksiin, mikä vaikeuttaa vuo-
sien 2026–2031 tavoitteiden seurantaa. Sisäisten kuljetusten oletettiin Helsingin
kaupungilta saadun arvion pohjalta edustavan 40 prosenttia kokonaiskuljetusmää-
räästä.
 - Toimenpiteiden vaikuttavuuden arviointiin sisältyy epävarmuutta, sillä käyttötunteja tai
polttoaineen kulutusta ei raportoida kalustokohtaisesti.
 - Kalustoluetteloita ei ollut saatavilla kaikista projektirakennuttamisen hankkeista. Nii-
den osalta arvioitiin projektirakennuttamiselta saatujen luetteloiden edustavan noin
45 prosenttia projektirakennuttamisen kokonaiskalustomäärästä. Kokonaiskalusto-
määrä skaalattiin tämän arvion perusteella. Skaalausta ei tehty Kruunusillat Allians-
sin kalustomääriin.
- Työmaalla kulutetun energian tilastot
 - Työmaalla kulutettu sähköenergia ja polttoaineet raportoidaan ja toimenpiteiden vai-
kuttavuus on mahdollista arvioida.

Tulevia green deal -sopimuksen vaatimuksia on jo pilotoitu infrarakentamisen hankkeissa. Sähköistä kaivukonetta on pilotoitu yhdessä hankkeessa ja lisäksi erilaisia kilpailutusvaatimuksia on pilotoitu sähköistämiseen liittyen. Kokeiluista on saatu positiivisia kokemuksia. Infrarakentamisen osalta huomionarvoista on myös se, että toimitettujen tilastojen mukaan jo lähes kaikki työmailla kulutettu diesel on HVO-dieseliä ja kaikki työmailla käytetty sähkö on sertifioitua uusiutuvaa sähköä.

4.5 Yleisten alueiden kunnossapito

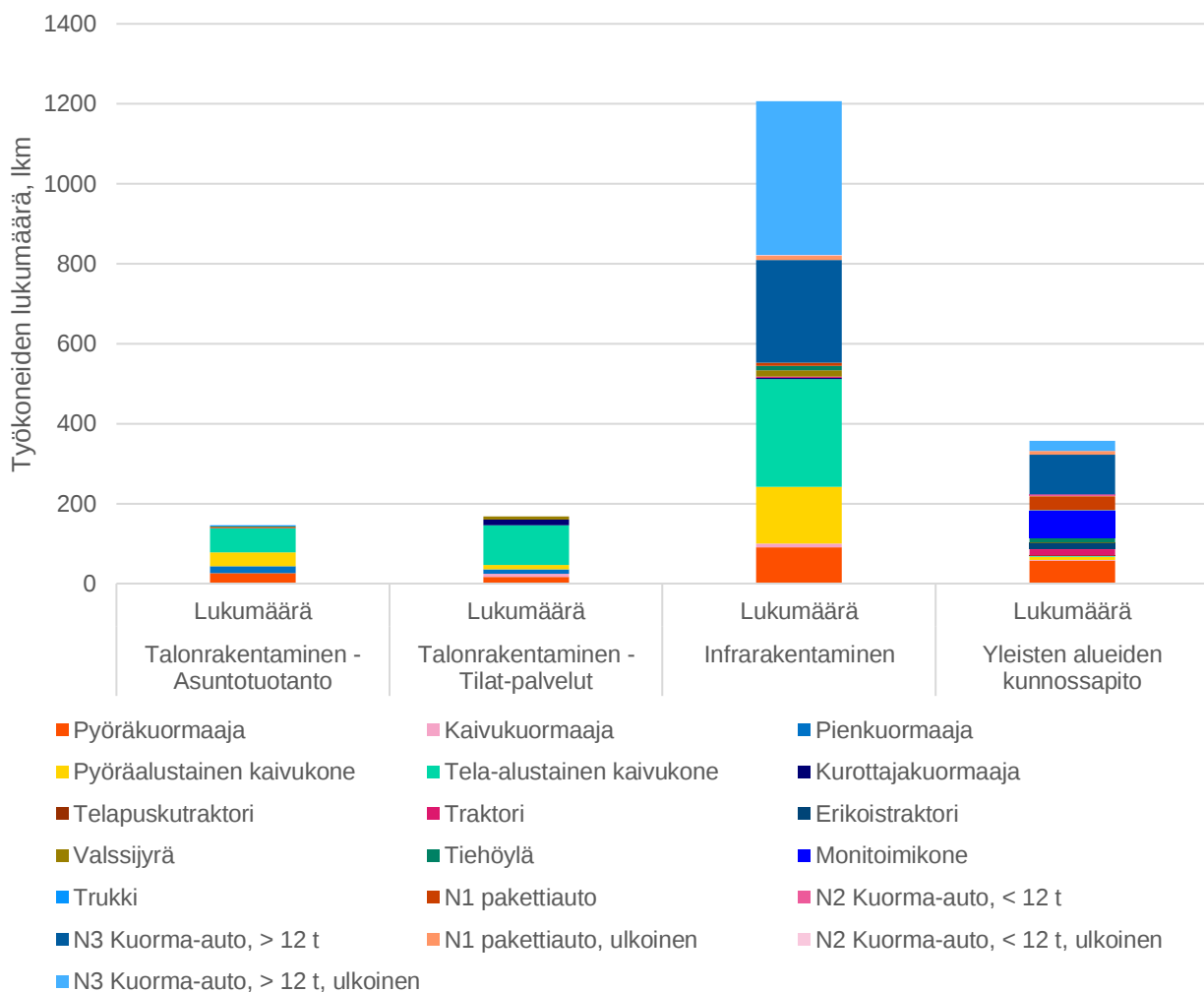
Yleisten alueiden kunnossapidossa tietoa kalustosta, energiasta ja kuljetuksista kerätään alueurakakohtaisesti. Toiminta käsittää Helsingin kaupungin ylläpitopalveluiden kilpailuttamat alueurakat, jotka pitävät sisällään katu- ja viheralueiden ylläpidon tarvehankintoineen.

Yleisten alueiden kunnossapidon osalta työmaatoimintojen tietojen nykytilanne on seuraava:

- Työkoneiden kalustoluettelot
 - Yleisten alueiden kunnossapidossa tilastoidaan alueurakoittain eri työkoneiden mää-
rät ja polttoaineiden kokonaiskulutus.
 - Tiedot eivät nykyisellään ole riittävät sopimuksen tavoitteiden täyttymisen arviointiin
eikä toimenpiteiden vaikuttavuutta ole mahdollista luotettavasti arvioida, sillä käyttö-
voimaa, käyttötunteja tai polttoaineen kulutusta ei raportoida työkonekohtaisesti.
 - Tässä selvityksessä kokonaiskäyttötunnit määritettiin polttoaineiden koko-
naiskulutuksesta ja käyttötuntimäärä jyvitetiin tasan kullekin työkoneelle.
 - Kokonaiskulutus raportoidaan, joten kokonaispäästöt ovat määriteltävissä luotetta-
valla tasolla.
- Työmaakuljetusten kalustoluettelot
 - Yleisten alueiden kunnossapidossa tilastoidaan alueurakoittain eri kuljetusajoneuvo-
jen määrät.
 - Kuljetuksia ei eritellä työmaan sisäisiin ja ulkoisiin kuljetuksiin, mikä vaikeuttaa vuo-
sien 2026–2031 tavoitteiden seurantaa. Yleisten alueiden kunnossapidon näiden
erottaminen toisistaan on myös joidenkin tapausten osalta haastavaa. Sisäisten kul-
jetusten oletettiin Helsingin kaupungilta saadun arvion pohjalta edustavan 80 pro-
senttia kokonaiskuljetusmäärästä.
 - Tiedot eivät nykyisellään ole riittävät sopimuksen tavoitteiden täyttymisen arviointiin
eikä toimenpiteiden vaikuttavuutta ole mahdollista luotettavasti arvioida, sillä käyttö-
voimaa, käyttötunteja tai polttoaineen kulutusta ei raportoida työkonekohtaisesti.
- Työmaalla kulutetun energian tilastot
 - Työmaalla kulutettu sähköenergia ja polttoaineet raportoidaan ja toimenpiteiden vai-
kuttavuus on mahdollista arvioida.

4.6 Helsingin työmaat

Eri työmaatoiminnoista koottujen tietojen perusteella määriteltiin Helsingin kaupungin työmaa-
toimintojen tilanne vuonna 2023. Kuvassa 1 on esitetty työkoneiden ja työmaiden sisäisen kuljetus-
kaluston lukumäärät Helsingin kaupungin eri työmaatoiminnoissa vuonna 2023.

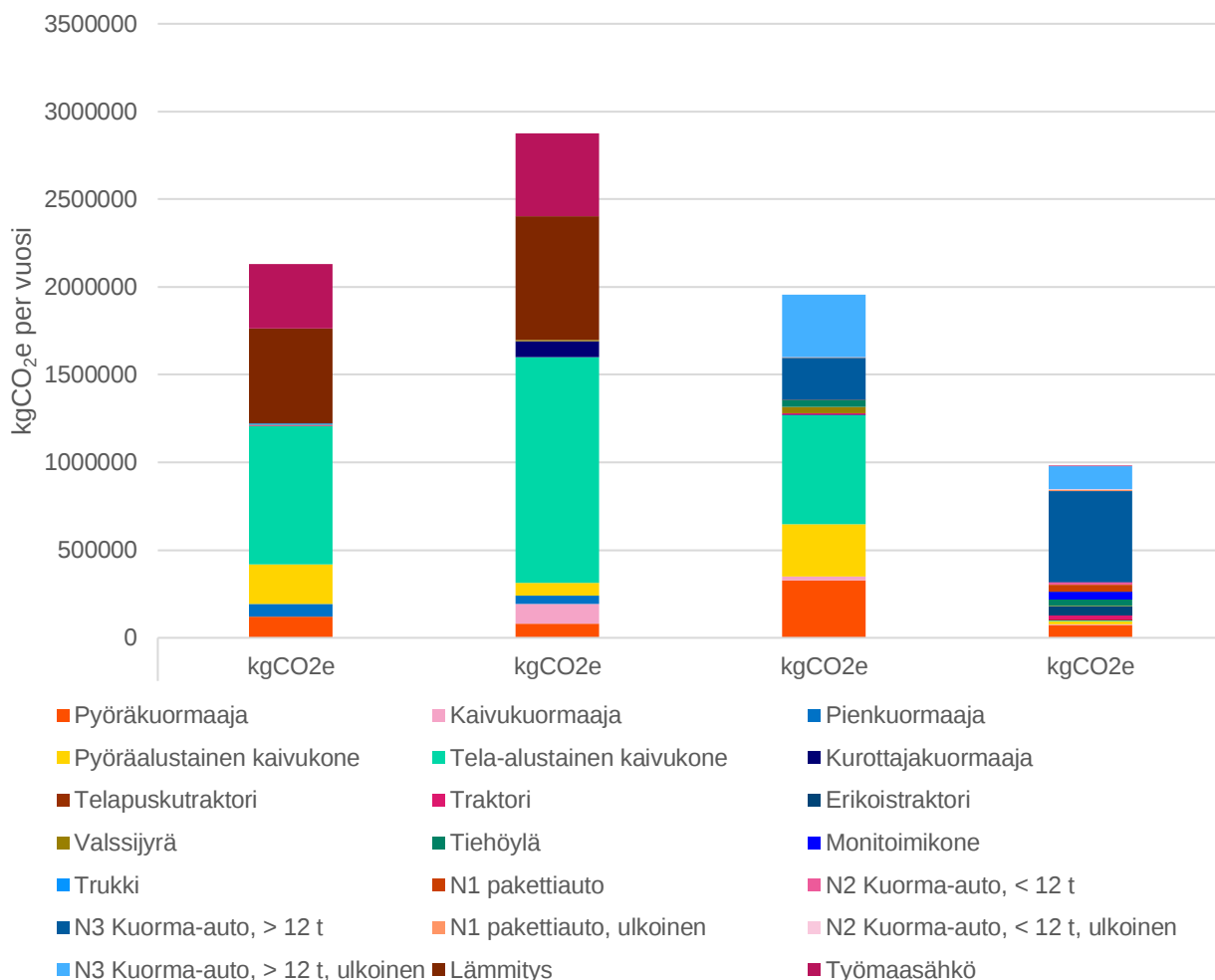


Kuva 1. Työkoneiden ja työmaiden sisäisen kuljetuskaluston lukumäärät Helsingin kaupungin eri työmaatoiminnoissa vuonna 2023. Työmaiden ulkoiset kuljetukset on eritelty loppupääätteellä ”ulkoinen”.

Talonrakentamisen ja infrarakentamisen työmailla korostuvat tela-alustaiset kaivukoneet. Tela-alustaisia kaivukoneita oli asuntotuotannon kaikista työkoneista hieman yli 40 prosenttia, Tilat-palveluiden työkoneista lähes 60 prosenttia ja infrarakentamisen työkoneista noin 50 prosenttia. Myös pyörraalustaisien kaivukoneiden osuus oli merkittävä niin asuntorakentamisen kuin infrarakentamisen työmailla. Yleisten alueiden työmailla työkoneista korostuvat monitoimikoneet (36 prosenttia kaikista työkoneista) ja pyöräkuormaajat (30 prosenttia kaikista työkoneista).

Kuljetuskaluston osalta tietoa oli nykytilanteessa saatavissa ainoastaan infrarakentamisen ja yleisten alueiden kunnossapidon työmailta. Näiden työmaatoimintojen osalta sisäisten ja ulkoisten kuljetusten jakauma ei ollut tiedossa, joten jakauma arvioitiin Helsingin kaupungin asiantuntijoilta saatujen tietojen perusteella. Työmaiden kuljetuksiin käytetystä kalustosta infrarakentamisen työmailla lähes kaikki kalusto oli N3-luokan kuorma-autoja (kokonaismäärä > 12 t). Yleisten alueiden työmailla kuljetuskalusto oli niin ikään pääasiassa N3-luokan kuorma-autoja (71 prosenttia kaikesta kuljetuskalustosta), mutta myös pienempiä kuorma-autoja ja pakettiautoja hyödynnettiin merkittävässä määrin työmaan kuljetuksissa. Kuljetuskaluston rooli on työmaakaluston kokonaismäärässä merkittävä ja sisäiset sekä ulkoiset kuljetukset muodostavat kukin noin 20 prosentin osuuden kokonaiscaluston määrästä.

Työkoneiden lukumäärien lisäksi tarkasteltiin eri työkoneista aiheutuvia kasvihuonepäästöjä eri työmaatoiminnoissa. Päästövaikutukset perustuvat osittain Helsingin kaupungilta saatuihin lähtötietoihin ja osittain konsultin muita tietolähteitä hyödyntäviin arvioihin. Talonrakentamisessa kasvihuonekaasupäästöissä on otettu huomioon työkoneiden käyttö sekä työmaiden energiankulutus. Infrarakentamisessa ja yleisillä alueilla näiden lisäksi CO₂e-päästöissä on otettu huomioon työmaiden kuljetukset. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenteina työkonetyypeittäin eri työmaatyypeillä on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Työkoneiden ja työmaan aikaisen energiankulutuksen kasvihuonekaasupäästöt (kg CO₂e) Helsingin kaupungin eri työmaatoiminnoissa vuonna 2023.

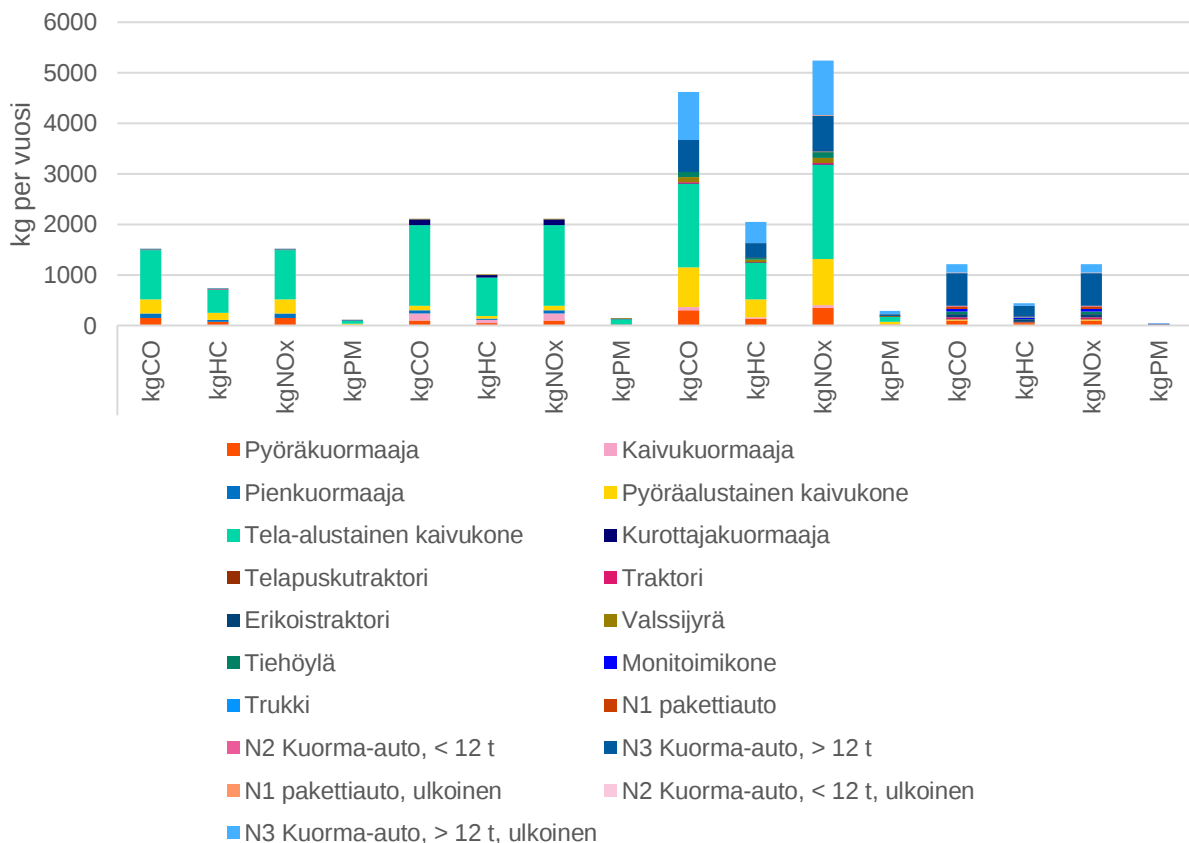
Kuvasta 2 nähdään, että kasvihuonekaasupäästöjen osalta merkittävimmissä roolissa on talonrakentaminen, kun taas infrarakentamisen sekä yleisten alueiden kunnossapidon vaikutukset ovat pienemmät. Infrarakentamisen osalta pienempiin kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa erityisesti se, että kyseisillä työmailla jo lähes kaikki polttoaineet ovat HVO-pohjaisia ja kaikki käytetty sähkö on sertifioitua uusiutuvaa sähköä. Näiden toimenpiteiden toteutunut yhteisvaikutus on vuosittain noin 3700 t CO₂e. Kasvihuonekaasupäästöjä tarkasteltaessa on tiedostettava, että talonrakentamisen osalta kokonaispäästöt eivät pohjautu suoraan tilastoituun tietoon, vaan osittain puutteellisia lähtötietoja on täydennetty konsultin muodostamin arvioin, jotka voivat poiketa todellisesta.

Tela-alustaisten kaivukoneiden käytöstä aiheutuvat CO₂e-päästöt korostuvat talonrakentamisen ja infrarakentamisen päästöjä tarkasteltaessa. Näiden osuus työmaan aikaisista päästöistä oli asun- totuotannossa lähes 40 prosenttia, Tilat-palveluissa noin 45 prosenttia ja infrarakentamisessa noin

30 prosenttia. Asuntotuotannossa sekä infrarakentamisessa korostuvat myös pyöräalustaisten kaivukoneiden aiheuttamat CO₂e-päästöt, joiden osuudet työmaiden päästöistä olivat asuntotuotannossa noin 11 prosenttia asuntotuotannossa ja noin 15 prosenttia infrarakentamisen työmailla. Yleisten alueiden kunnossapidon työmailla suurin osa kasvihuonekaasupäästöistä (65 prosenttia) syntyi N3-luokan kuorma-autoilla tehdyistä työmaakuljetuksista. Yleisten alueiden kunnossapidon käyttämisestä työkoneista merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajat olivat pyöräkuormaajat, joiden osuus työmaiden kokonaispäästöistä oli noin 7 prosenttia. Tuloksia tarkasteltaessa on syytä pitää mielessä, että puutteellisten lähtötietojen vuoksi päästöjen konekohtaiset jakaumat pohjautuvat osittain arvioihin.

Talorakentamisen työmailla merkittävässä roolissa ovat myös työmaiden energiankulutuksesta, eli lämmityksestä ja työmailla kulutetusta sähköstä, aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Asuntotuotannon työmailla lämmityksen osuus työmaiden kasvihuonekaasupäästöistä oli 25 prosenttia ja työmaasähkön 17 prosenttia. Tilat-palveluiden työmailla vastaavat lukemat olivat 24 prosenttia ja 16 prosenttia. Työmaasähkö aiheuttaisi merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä myös infrarakentamisen työmailla, mikäli se ei olisi sertifioitua uusiutuvaa sähköä. Tällöin sen osuus kasvihuonekaasupäästöistä olisi hieman yli 20 prosenttia. Talonrakentamisen työmaaenergian merkitystä tarkasteltaessa on otettavat huomioon, että kulutus perustuu konsultin muodostamiin arvioihin, sillä työmaaenergian kulutustietoja ei ollut saatavilla.

Työkoneista aiheutuvia paikallispäästöjä (hiilimonoksidi (CO), palamattomat hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x) ja hiukkasmassa (PM)) tarkasteltiin niin ikään työkone- ja työmaatoiminnoittain. Talonrakentamisen ja infrarakentamisen työmailla kaikkien paikallispäästöjen osalta korostuivat erityisesti tela-alustaiset kaivukoneet sekä jossakin määrin pyöräalustaiset kaivukoneet. Yleisten alueiden paikallispäästöissä, kuten kasvihuonekaasupäästöissä, erottuivat työmaan kuljetuksiin käytetty kalusto. Paikallispäästöt työkone- ja työmaatyypeittäin on esitetty kuvassa 3.



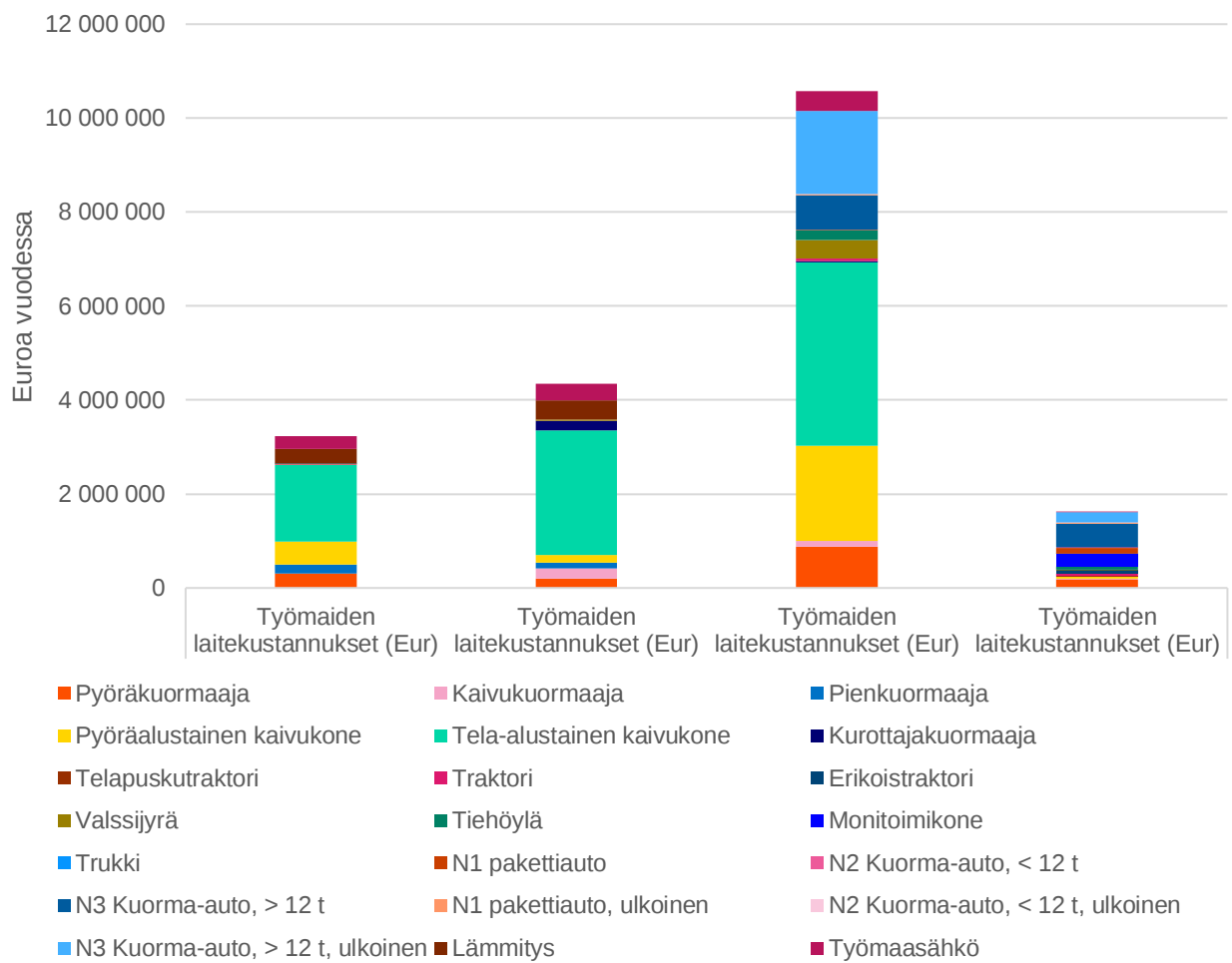
Kuva 3. Työkoneiden paikallispäästöt (CO, HC, NO_x, PM) Helsingin kaupungin eri työmaatoiminnoissa vuonna 2023.

Tela-alustaiset kaivukoneet aiheuttavat merkittävän osan talonrakentamisen sekä infrarakentamisen paikallispäästöistä. Infrarakentamisessa tela-alustaisten kaivukoneiden paikallispäästöjen osuus oli noin 36 prosenttia, asuntorakentamisessa lähes 65 prosenttia ja Tilat-palveluiden työmailla lähes 76 prosenttia. Lisäksi pyöräalustaiset kaivukoneet aiheuttivat asuntorakentamisen työmailla noin 18 prosenttia ja infrarakentamisen työmailla yli 17 prosenttia paikallispäästöistä. Muita merkittäviä paikallispäästöjä aiheuttavia työkonetyyppejä olivat pyörökuormaajat asuntorakentamisessa ja infrarakentamisessa sekä kaivukuormaajat ja kurottajakuormaajat Tilat-palveluiden rakentamisessa.

Työmaiden kuljetuksiin käytetty kalusto korostui paikallispäästöjen aiheuttajana niin infrarakentamisessa kuin yleisten alueiden kunnossapidossa. Suuret kuorma-autot aiheuttivat lähes 32 prosenttia infratyömaiden ja 70 prosenttia yleisten alueiden kunnossapidon paikallispäästöistä. Työmaan ulkopuolisten kuljetusten rooli on oletettavasti merkittävä myös talonrakentamisen työmailla, mutta tietoa kuljetuksista ei ole toistaiseksi työmailla kerätty.

Työmaakustannukset työmaatoiminnoittain on esitetty kuvassa 4. Kustannusten tuloksia tulkittaessa on syytä pitää mielessä, että ne pohjautuvat infrarakentamisen työkonekohtaisiin käyttötuntikustannuksiin ja, että työkonekohtaiset käyttötunnit perustuvat suurilta osin arvioihin. Tulokset ovat siis suuntaa antavia. Työmaiden kustannuksia työkone- ja työmaatoiminnoittain tarkasteltaessa korostuivat lukumääriltään merkittävimmät työkonetyypit. Talonrakentamisen ja infrarakentamisen työmaiden osalta tämä tarkoittaa tela-alustaisia kaivukoneita, jotka muodostivat 50 prosenttia asuntorakentamisen, 61 prosenttia Tilat-palveluiden rakentamisen ja lähes 40 prosenttia infrarakentamisen työmaakustannuksista. Myös lukumäärältään merkittävät pyöräalustaiset kaivukoneet aiheuttivat merkittävän osan kustannuksista, asuntorakentamisessa yli 15 prosenttia ja infrarakentamisessa noin 20 prosenttia.

Yleisten alueiden kunnossapidon työmaakustannukset muodostuivat pääosin työmaakuljetuskalustosta, joista aiheutui noin 51 prosenttia työmaatoiminnon kustannuksista. Merkittävin kustannus aiheutui N3-luokan kuorma-autoista, joista muodostui yksin 40 prosenttia kaikista työmaakustannuksista. Vaikka lukumäärällisesti yleisten alueiden kunnossapidossa käytettiin enemmän työkoneita kuin talonrakentamisessa, olivat absoluuttiset työmaakustannukset matalammat.



Kuva 4. Työmaakustannukset (euroa) työkonetyypeittäin Helsingin kaupungin eri työmaatoiminnoissa vuonna 2023.

5 Päästöttömät työmaat green deal -sopimuksen vaikutukset

5.1 Skenaariotarkastelut

Green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutuksia arvioitiin viidessä eri skenaariossa (1, 2a, 2b, 3a ja 3b). Tarkastellut skenaariot määriteltiin tietokyselyillä, työpajassa ja asiantuntijahaastattelujen aikana koottuihin tietoihin perustuen. Skenaarioiden perusteella arvioitiin green deal -vaatimusten vaikutuksia työmaatoimintojen kasvihuonekaasupäästöihin, kustannuksiin sekä paikallispäästöihin.

Skenaariolaskentoihin liittyy runsaasti epävarmuuksia, mikä tulee ottaa huomioon tulosten tulkinnaissa. Epävarmuuksiin vaikuttavat muun muassa osittain puutteelliset lähtötiedot. Kustannusvaikutusarviointien osalta epävarmuutta esiintyy erityisesti suurten työkoneiden osalta, sillä vähäisten vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttökokemusten takia näistä on heikosti tietoja saatavilla. Skenaarioiden yleisiä oletuksia on kuvattu liitteessä 1.

Skenaarioissa 1, 2a ja 3a kaupungin asuntotuotantoon (ATT, Heka ja Haso) sovelletaan samoja toimenpiteitä kuin muihinkin toimintoihin. B-skenaariot puolestaan kuvaavat tilannetta, jossa asuntotuotantoon ei kohdenneta työmaakaluston green deal -toimenpiteitä. Skenaarioiden b-vaihtoehtot on esitetty, sillä Heka ja Haso ovat Helsingin kaupungin itsenäisiä tytäryhtiöitä, jotka eivät ole virallisesti sitoutuneet päästöttömien työmaiden green deal -sopimukseen.

5.1.1 Skenaario 1

Ensimmäisessä skenaariossa (skenaario 1) on oletettu, että rakentaminen Helsingin kaupungissa jatkuu kaikissa työmaatoiminnoissa nykyisiä työkonetyyppejä käyttäen koko green deal -sopimuskauden ajan. Työkoneiden käyttövoimamuutos viivästyy skenaariossa, eikä sähkö-, vety- tai bio-kaasukäyttöisiä työkoneita onnistuta ottamaan käyttöön. Toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi kuitenkin toteutetaan ja kaupunki siirtyy työmailla 100 prosenttisesti uusiutuvan sähkön sekä HVO-dieselin ja -polttoöljyn käyttöön.

Skenaario kuvastaa nopeiden ja heti käyttöön otettavissa olevien keinojen päästö- ja kustannusvaikutusta. Skenaariossa 1 on otettu huomioon nykyiset, jo käytössä olevat toimenpiteet, eli infrarakentamisen työmailla lähes kaikki diesel ja polttoöljy on HVO-dieseliä tai HVO-polttoöljyä ja sähkösertifioitua uusiutuvaa sähköä.

5.1.2 Skenaariot 2a ja 2b

Skenaarioissa 2a ja 2b on oletettu, kuten ensimmäisessäkin skenaariossa, että kaikki työmailla käytetty sähkö on uusiutuvaa sähköä, kaikki diesel on HVO dieseliä ja kaikki polttoöljy HVO polttoöljyä vuodesta 2026 lähtien. Lisäksi skenaariossa on oletettu toimenpiteitä seuraavasti.

2026 alkaen

- Markkinoilla nykyisin saatavilla olevat sähköiset työkoneet on otettu Helsingissä laajamittaisesti käyttöön. Tällaisia työkoneita ovat esimerkiksi trukit ja pienkuormaajat.
- Tilat-palveluissa kaikki pyöräkuormaajat ovat sähkökäyttöisiä vuodesta 2026 lähtien.

- Oletus perustuu kaupungilta saatuihin laiteluetteloihin, joiden perusteella Tilat-palveluiden työmailla käytettävät pyöräkuormaajat ovat pieniä, tavaroiden siirtoon käytettäviä kuormaajia, joiden sähköistäminen olisi mahdollista nopeallakin aikataululla.
- Tätä toimenpiteitä ei sovellettu ATT:n hankkeisiin.
- Tilat-palveluiden työmailla käytettävistä työkoneista 50 prosenttia pyöräalustaisista kaivukoneista ja 25 prosenttia tela-alustaisista kaivukoneista on pienemmän kokoluokan työkoneita, joiden sähköistäminen olisi niin ikään mahdollista vuodesta 2026 lähtien.
- Infratyömailla pienet pyöräkuormaajat (eli 40 prosenttia pyöräkuormaajien kokonaismäärästä) ja 50 prosenttia pakettiautoista sähköistetään.
- Yleisten alueiden kunnossapidossa 25 prosenttia monitoimikoneista ja 50 prosenttia pakettiautoista sähköistetään.
- Infrarakentamisen ja yleisten alueiden kunnossapidon työmaiden sisäisten kuljetusten rekoista 5 prosenttia toimii biokaasulla tai sähköllä. Skenaariotarkastelussa nämä on oletettu kaasukäyttöisiksi.

2031 alkaen

- Skenaariotarkastelussa on oletettu, että kaikki vuoteen 2026 määritellyt toimenpiteet ovat toteutuneet täysimääräisinä.
- Sähköisiä kaivukoneita ja pyöräkuormaajia on käytössä kaikissa työmaatoiminnoissa 25 prosenttia kokonaismäärästä.
- Infrarakentamisessa kaikki pakettiautot ovat sähkökäyttöisiä.
- Kaikki yleisten alueiden kunnossapidon monitoimikoneet ja pakettiautot ovat sähkökäyttöisiä.
- Infrarakentamisen ja yleisten alueiden kunnossapidon työmaiden kaikista rekoista 25 prosenttia toimii biokaasulla tai sähköllä. Skenaariotarkastelussa nämä on oletettu 12,5 prosenttisesti kaasu- ja 12,5 prosenttisesti sähkökäyttöisiksi.

Skenaario kuvastaa tilannetta, jossa markkinoilla jo nyt saatavilla olevien sähköisten työkoneiden käyttöönottoa edistetään voimakkaasti ja pienemmän kokoluokan työkoneet sähköistetään nopealla aikataululla. Skenaarion toteutumiseksi vaaditaan kunnianhimoisia ja johdonmukaisia toimenpiteitä. Skenaariot 2a ja 2b eroavat toisistaan asuntotuotannon osalta. B-vaihtoehdossa on oletettu, että asuntotuotannon työmaihin ei kohdenneta työmaakaluston green deal -toimenpiteitä. Skenaariossa 2a taas on kuvattu toimenpiteiden potentiaalia, kun toimenpiteitä toimeenpannaan kaikissa työmaatoiminnoissa.

5.1.3 Skenaariot 3a ja 3b

Skenaarioissa 3a ja 3b on oletettu, kuten edellisissäkin skenaariossa, että kaikki työmailla käytetty sähkö on uusiutuvaa sähköä, kaikki diesel on HVO dieseliä ja kaikki polttoöljy HVO polttoöljyä vuodesta 2026 lähtien. Skenaario sisältää lisäksi kaikki skenaarioiden 2 toimenpiteet ja lisäksi skenaariossa on oletettu toimenpiteitä seuraavasti.

2026 alkaen

- Sähköisiä kaivukoneita ja pyöräkuormaajia on käytössä kaikissa työmaatoiminnoissa 25 prosenttia kokonaismäärästä.
- Infrarakentamisen ja yleisten alueiden kunnossapidon työmaiden sisäisten kuljetusten rekoista 25 prosenttia toimii biokaasulla tai sähköllä. Skenaariotarkastelussa nämä on oletettu kaasukäyttöisiksi.

2031 alkaen

- Kaikki käytössä olevat kaivukoneet ja pyöräkuormaajat ovat sähkökäyttöisiä.

- Infrarakentamisen ja yleisten alueiden kunnossapidon työmaiden kaikista rekoista 50 prosenttia toimii biokaasulla tai sähköllä. Skenaariotarkastelussa nämä on oletettu 25 prosenttisesti kaasu- ja 25 prosenttisesti sähkökäyttöisiksi.

Skenaario kuvaa tilannetta, jossa green deal -sopimuksen tavoitteet ovat edenneet erittäin kunnianhimoisesti ja työkoneiden sähköistyminen myös suuremman kokoluokan koneiden osalta on ollut voimakasta vuoteen 2031 päästäessä. Skenaarion toteutuminen ei tämänhetkisten tietojen ja tilanteen perusteella vaikuta todennäköiseltä. Kaikki tehdyt oletukset perustuvat kuitenkin saatavilla olevaan kalustoon, joten teoriassa skenaarion toteutuminen on mahdollista. Skenaarion toteutukseksi vaaditaan vaikuttavia, kunnianhimoisia ja pitkäjänteisiä toimenpiteitä paitsi Helsingin kaupungilta myös muilta green deal -sopimuksen vaatimuksiin sitoutuneilta toimijoilta. Valtiotason kannustimet ja toimet voisivat myös edistää skenaarion kaltaisen kehityspolun toteutumista. Päästövähennysvaikutusten osalta skenaario kuvastaa green deal -sopimuksen nykyisten vaatimusten ja nykyisen työkonesaatavuuden mukaista maksimi päästövähennyspotentiaalia.

Skenaariot 3a ja 3b eroavat toisistaan asuntotuotannon osalta. B-vaihtoehdossa on oletettu, että asuntotuotannon työmaihin ei kohdenneta työmaakaluston green deal -toimenpiteitä. Skenaariossa 3a taas on kuvattu toimenpiteiden potentiaalia, kun toimenpiteitä toimeenpannaan kaikissa työmaatoiminnoissa.

5.2 Skenaariotarkastelujen tulokset

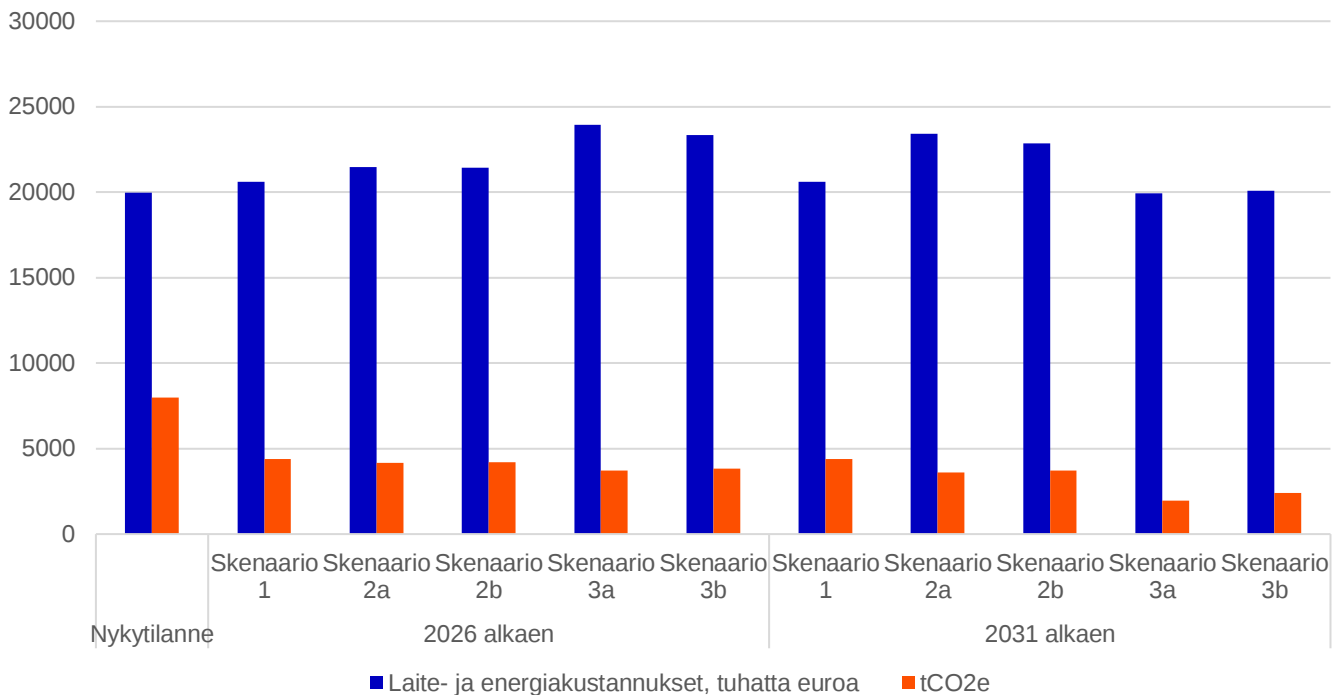
Tarkasteltuja skenaariota vertailtiin green deal -tavoitteiden saavutettavuuden näkökulmasta, eli toisin sanoen, että riittävä prosenttiosuus käytettävistä työkoneista on fossiilittomia. Lisäksi tarkasteltiin mittareita kuten; i) kustannusvaikutukset, ii) päästövaikutukset (CO₂e), iii) paikallispäästöt (CO, HC, NO_x, PM) ja iv) kustannustehokkuus.

Tuloksia tulkittaessa on tärkeää tiedostaa selvityksessä käytettyjen lähtötietojen epätarkkuus ja erilaisten oletusten suuri määrä. Tästä syystä tulokset ovat monilta osin suuntaa antavia. Tietopuutteet, tehdyt oletukset ja muut tiedot skenaarioiden lähtötiedoista on kuvattu tarkemmin kappaleessa 4 ja liitteessä 1.

5.2.1 Kasvihuonekaasupäästö- ja kustannusvaikutukset

Green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutuksia työmaatoimintojen kasvihuonekaasupäästöihin ja kustannuksiin eri skenaarioissa on tarkasteltu tässä kappaleessa. Työmaatoimintokohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 2. Green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutukset työkoneiden sekä työmaaenergian kokonaiskustannuksiin sekä kasvihuonekaasupäästöihin on esitetty kuvassa 5. Kuvasta nähdään, että nykytilanteessa työkoneiden ja työmaaenergian kustannukset ovat vuosittain noin 20 miljoonaa euroa. Työmaatoimintojen päästöt ovat noin 8000 t CO₂e.

Skenaarion 1 kustannusvaikutukset ovat maltilliset, sillä HVO dieselin ja päästöttömän sähkön kustannusvaikutukset ovat pienet. Työmaiden vuosikustannukset kasvavat nykytilanteesta noin 0,7 miljoonaa euroa ja päästöt laskevat merkittävästi, 3600 t CO₂e nykytilanteesta. Skenaariossa 1 vuosien 2026 ja 2031 tulokset ovat samat, sillä uusia toimia ei vuoden 2026 jälkeen toimeenpanna. Skenaariossa 1 on otettu huomioon nykyiset toimet eli infrarakentamisen työmailla lähes kaikki diesel ja polttoöljy on HVO-dieseliä tai HVO-polttoöljyä ja kaikki työmaasähkö on sertifioitua uusiutuvaa sähköä. Näiden toimenpiteiden jo toteutunut vaikutus on noin 3700 t CO₂e vuodessa.



Kuva 5. Green deal -vaatimusten vaikutukset kalusto- ja energiakustannuksiin sekä kasvihuonekaasupäästöihin viidessä tarkastellussa skenaariossa. Tiedot on esitetty nykytilassa, vuonna 2026 ja vuonna 2031.

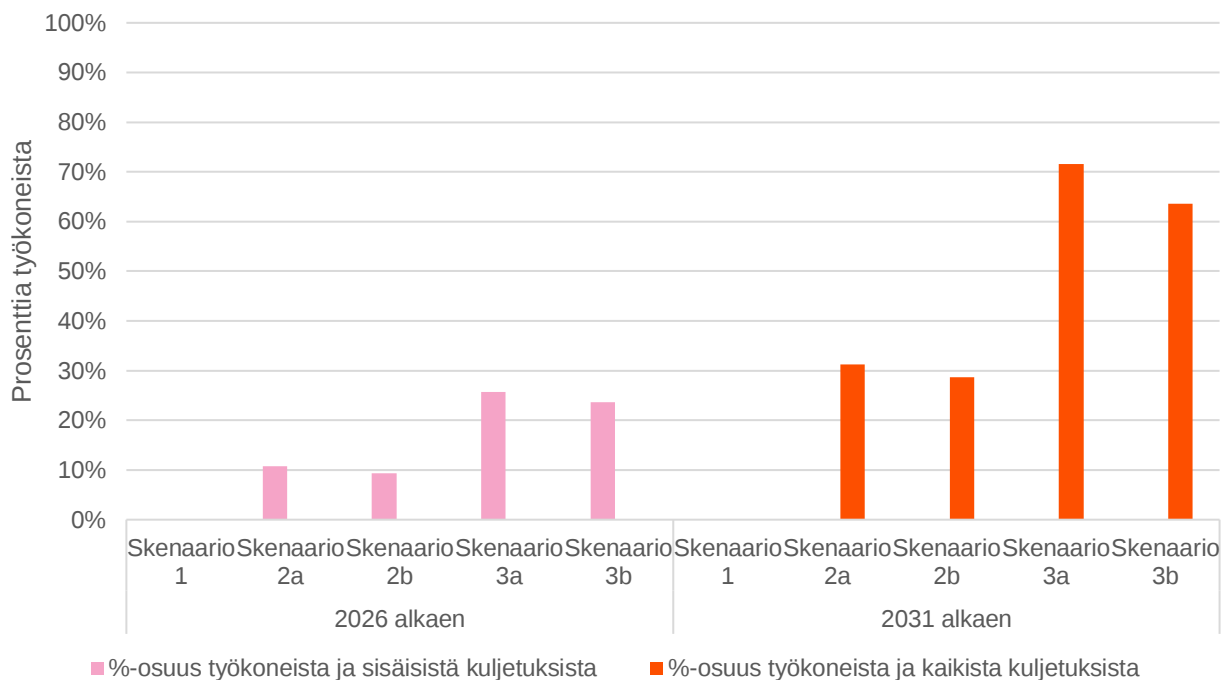
Skenaariossa 2a uusiutuvan sähkönkäytön sekä HVO-dieselin ja -polttoöljyn lisäksi pienemmän kokoluokan työkoneita sähköistetään vuodesta 2026 lähtien. Raskaamman kaluston sähköistäminen etenee vuoden 2031 jälkeen. Vuodesta 2026 alkaen työmaiden vuosikustannukset kasvavat nykytilanteesta noin 1,5 miljoonaa euroa ja päästöt laskevat vuodessa noin 3800 t CO₂e nykytilanteeseen verrattuna. Vuodesta 2031 alkaen työmaiden vuosikustannukset kasvavat nykytilanteesta noin 2,3 miljoonaa euroa ja päästöt laskevat vuodessa 4400 t CO₂e nykytilanteeseen verrattuna.

Skenaariossa 3a sähkönkäyttö ja HVO polttoaineiden käyttöönotto etenee kuten skenaarioissa 1 ja 2. Lisäksi raskaampaa kalustoa sähköistetään maltillisesti jo vuonna 2026 ja koko raskas kaivukalusto sähköistetään vuoteen 2031 mennessä. Vuodesta 2026 alkaen työmaiden vuosikustannukset kasvavat nykytilanteesta noin 4,0 miljoonaa euroa ja päästöt laskevat noin 4300 t CO₂e nykytilanteesta. Vuodesta 2031 alkaen työmaiden vuosikustannukset ovat vastaavat kuin nykytilanteessa ja päästöt laskevat noin 6000 t CO₂e nykytilanteesta.

Skenaarioiden 2 ja 3 tuloksia tulkittaessa on tärkeä ottaa huomioon, että työkoneiden sähköistämisen vaatimalle markkinamuutokselle on oletettu tietty kustannusvaikutus. Oletuksena on, että työkoneiden sähköistäminen nostaa aluksi kustannuksia merkittävästi, mutta tulevaisuudessa kustannukset asettuvat tasolle, jossa sähkökäyttöiset työkoneet eivät elinkaarikustannuksiltaan ole polttomoottorivaihtoehtoja kalliimpia. Skenaariossa 2 markkinamuutoksen kustannus realisoituu tarkasteltuina vuosina 2026 ja 2031. Vastaavasti skenaariossa 3 markkinamuutoksen kustannus näkyy vuoden 2026 tuloksissa, kun taas 2031 sähköisiä työkoneita on markkinoilla jo runsaasti saatavilla samalla kustannustasolla kuin polttomoottorikäyttöisiä.

5.2.2 Tavoitteen saavuttaminen

Tarkastelluista viidestä skenaariosta ainoastaan skenaarion 3 mukaisilla oletuksilla saavutetaan green deal -sopimuksen mukaiset tavoitteet. Green deal -sopimuksen tavoitteiden mukaisesti vaihtoehtoisten käyttövoimien työkoneiden sekä kuljetuskaluston osuus on 20 prosenttia vuoteen 2026 mennessä ja 50 prosenttia vuoteen 2031 mennessä (kuva 6).



Kuva 6. Sähkökäyttöisten työkoneiden ja kuljetuskaluston osuudet kaikissa Helsingin kaupungin työmaatoiminnoissa yhteensä eri skenaarioissa vuosina 2026 ja 2031.

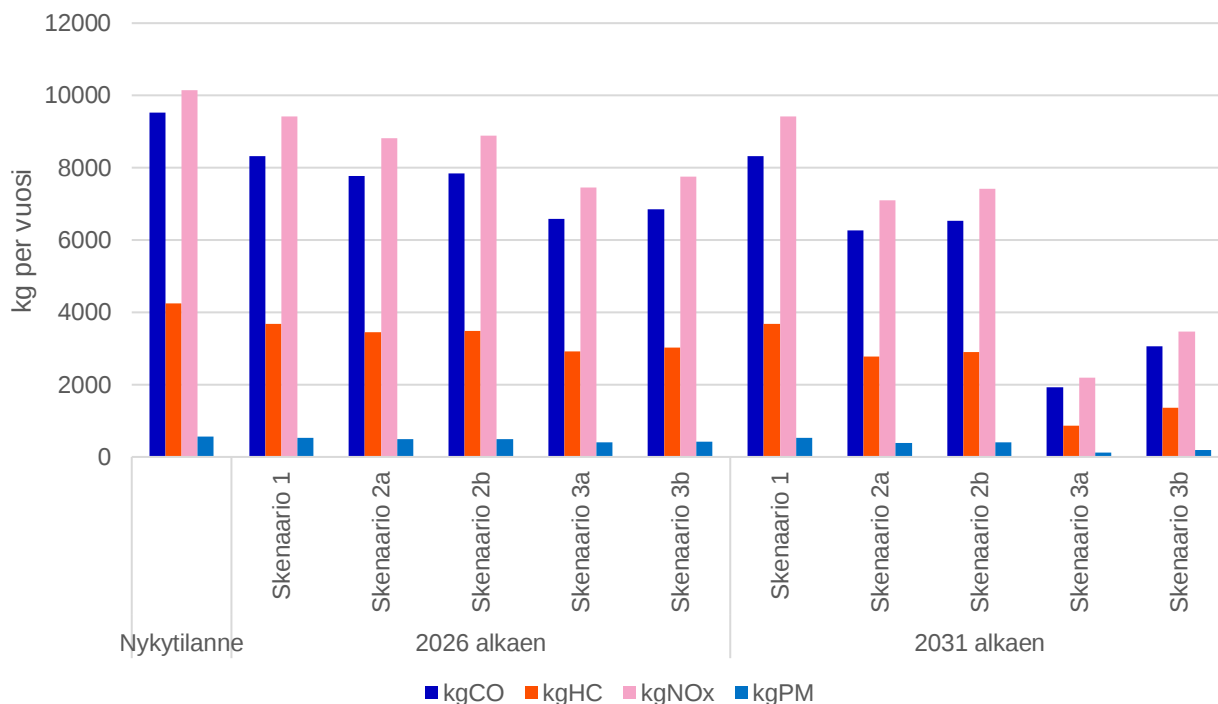
Skenaariossa 1 päästöjä onnistutaan vähentämään sähkön ja HVO polttoaineiden käyttöönoton myötä, mutta green deal -sopimuksen mukaiset tavoitteet eivät täyty, sillä työkoneiden sähköistäminen ei etene.

Skenaariossa 2, jossa ensi vaiheessa sähköistetään pienemmän kokoluokan työkoneet ja suuremman kokoluokan työkoneitakin osittain vuoteen 2031 mennessä, jäädään green deal -sopimuksessa asetetusta tavoitetasosta. Skenaariossa 2a 11 prosenttia kaikista käytetyistä työkoneista on fossiilittomia vuoteen 2026 mennessä ja 31 prosenttia vuoteen 2031 mennessä. Skenaariossa 2b vastaavat fossiilittomien työkoneiden osuudet ovat 9 prosenttia vuoteen 2026 mennessä ja 29 prosenttia vuoteen 2031 mennessä.

Skenaario 3 on tarkastelluista skenaarioista ainoa, jossa green deal -tavoitteeseen päästään. Tarkastelun perusteella voidaan tehdä selkeä johtopäätös, että isompien työkoneiden, kuten rekkojen ja kaivukoneiden, markkinamuutosta tulisi edistää voimakkaasti, mikäli sopimuksen tavoitteet halutaan saavuttaa. Skenaariossa 3a perusteella fossiilittomien työkoneiden osuus kaikista työkoneista olisi 22 prosenttia vuonna 2026 ja 57 prosenttia vuonna 2031. Skenaariossa 3b päästään niin ikään tavoitteisiin. Voimakkaita, markkinamurrosta ajavia toimenpiteitä sovellettaessa green deal -tavoitteet on Helsingissä mahdollista saavuttaa myös ilman Hekan ja Hason toimenpiteitä.

5.2.3 Vaikutukset paikallispäästöihin

Green deal -sopimuksen vaatimusten vaikutuksia tarkasteltiin paitsi kasvihuonekaasupäästö - ja kustannusvaikutusten myös paikallispäästöjen osalta (kuva 7).



Kuva 7. Paikallispäästöjen arvioitu kehitys eri skenaarioissa vuosina 2026 ja 2031.

Työmaatoiminnoista aiheutuu paikallispäästöjä arviolta 9,5 tonnia hiilimonoksidia (CO), 10,1 tonnia typen oksideja (NOx), 4,2 tonnia palamattomia hiilivetyjä (HC) ja hiukkasmassa noin 0,6 tonnia (PM) vuodessa.

Paikallispäästöjen kehitys on laskusuuntainen kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa. Skenaariossa 1 dieselin ja polttoöljyn korvaaminen HVO polttoaineilla laskee paikallispäästöjä noin 15–30 prosenttia. Skenaariossa 2 saavutetaan vuodesta 2026 lähtien noin 25–40 prosenttiyksikön lasku nykytilaan verrattuna ja vuoteen 2031 menneessä noin 40–55 prosenttiyksikön lasku. Skenaariossa 3a paikallispäästöt laskevat vuonna 2026 noin 30–45 prosenttiyksikköä ja 2031 noin 70–85 prosenttiyksikköä nykytilanteeseen verrattuna. Voidaan siis todeta, että työkoneiden sähköistämällä voidaan tehokkaasti vähentää työmaatoiminnoista aiheutuvia paikallispäästöjä. Skenaarioiden a- ja b-vaihtoehtojen osalta merkittävää eroa on havaittavissa ainoastaan skenaarion 3 osalta vuodesta 2031 lähtien.

6 Rakentamisen päästöjä vähentävät toimenpiteet

6.1 Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön hiilijalanjälki

Rakennusteollisuus (RT) laati vuonna 2019 yhdessä sidosryhmiensä kanssa tiekartan kohti vähähiilistä rakennettua ympäristöä. Päivitetty tiekartta julkaistiin keväällä 2024. Päivitetyssä tiekartassa julkaistiin myös päivitetty koko Suomen rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön hiilijalanjälki. Laskenta toteutettiin talo- ja infrarakentamiselle ja päästöt laskettiin käyttäen rakennusten vähähiilisyyden arviointimenetelmää, joka sisältää päästöt tuotevaiheesta aina elinkaaren loppuun saakka. Selvityksen perusteella rakennusten ja talonrakentamisen päästöt kattoivat 86 prosenttia kokonaispäästöistä ja infrarakentaminen 14 prosenttia kokonaispäästöistä. Suomen rakennetun ympäristön hiilijalanjälki kokonaisuudessaan vuonna 2021 oli 14,5 miljoonaa tonnia CO₂e (sisältäen rakennusten kuluttaman energian). Työmaatoimintojen osuus tästä oli noin 922 tuhatta tonnia CO₂e, eli noin kuusi prosenttia. Itse työmaatoiminnoista infrarakentamisen osuus on noin 60 prosenttia ja talonrakentamisen 40 prosenttia. (Gaia, 2024)

Vähähiilisen rakennusteollisuuden tiekartan perusteella merkittävin osa-alue on olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen ja mahdollisimman nopea vähäpäästöisiin energiamuotoihin siirtyminen. Rakennetun ympäristön ylivoimaisesti suurin päästölähde on edelleen rakennusten käytön aikainen energiankulutus, vaikka sen osuus oli pienentynyt päivitettyssä laskelmassa 64 prosenttiin. Energiatehokkuutta parantava korjausrakentaminen on merkittävä ja kustannustehokas tapa vähentää päästöjä. (Rakennusteollisuus, 2024)

Rakentamisen osalta vähähiilisyyden painopisteenä ovat rakennustoimintojen ja rakennusmateriaalien päästöt. Rakennusmateriaalien osuus koko rakennetun ympäristön hiilijalanjäljestä on lähes neljännes. Sementin ja teräksen valmistuksen teknologiakehityksellä on rakentamisen päästöjen vähentämisessä huomattava rooli tulevina vuosina. (Rakennusteollisuus, 2024)

Infrarakentamisessa päästövähennyspotentiaalia löytyy etenkin työmaatoiminnoista, kuljetustarvetta vähentävästä kiviainesten alueellisesta hyödyntämisestä sekä kierrätys- ja uusiomateriaalien käytöstä. (Rakennusteollisuus, 2024)

6.2 Rakentamisen kustannustehokkaat päästövähennyskeinot

Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelmassa todetaan, että kohti hiilineutraaliutta päästään etenkin rakennuksissa tehtävillä energiatehokkuustoimenpiteillä, vähäpäästöisillä liikennetransporteilla ja lisäämällä uusiutuvan energian osuutta lämmön- ja sähköntuotannossa. Epäsuorista päästöistä päästövähennystoimia kohdistetaan etenkin rakentamisen päästöihin. (Helsingin kaupunki, 2024a)

Rakennuskannan ennustetaan kasvavan merkittävästi tulevaisuudessa, näin myös Helsingissä, mikä lisää tarvetta rakennetun ympäristön hiilijalanjäljen pienentämiselle. Päästökaikkeitä ohjaavat muun muassa kiristynyt lainsäädäntö ja päästövähennystoimenpiteet esimerkiksi energiantuotannossa, työmaatoiminnoissa ja logistiikassa, sekä rakennusmateriaalien tuotannossa. (Gaia, 2024)

Rakentamisen päästöjä vähentäväksi toimiksi on Rakennusteollisuuden vähähiilisyiden tiekartassa tunnistettu vähähiilisiin materiaaleihin, rakentamisen muihin ratkaisuihin ja rakennusten käyttöön liittyviä toimenpiteitä. Näiden toimien vaikutuksia on tarkasteltu tiekartassa useista eri näkökulmista. Toimenpiteisiin sisältyvät myös vähähiilisten työmaatoimintojen lisääminen ja päästöttömien kuljetusten suosiminen. Näiden toimenpiteiden arvioituja vaikutuksia suhteessa muihin rakentamisen päästöjä vähentäviin toimiin on tarkasteltu taulukossa 3.

Taulukko 3. Rakennusteollisuuden vähähiilisyiden tiekartassa tunnistetut rakentamisen vähähiilisyitä edistävät toimet ja niiden arvioidut päästö- ja kustannusvaikutukset. (Rakennusteollisuus, 2024)

Vaikutusalue	Toimenpide	Päästövähennyspotentiaali	Kustannusvaikutukset
Vähähiiliset materiaalit	Fossiilivapaan teräksen tuotanto ja käyttö	Huomattava potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti
Vähähiiliset materiaalit	Vähähiilisen betonin tuotanto ja käyttö	Huomattava potentiaali	Nostaa kustannuksia
Vähähiiliset materiaalit	Vähähiilisen sementin tuotanto ja käyttö	Huomattava potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti
Vähähiiliset materiaalit	Vähähiilisen asfaltin tuotanto ja käyttö	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia
Vähähiiliset materiaalit	Rakenteiden tai muiden rakennustuotteiden uudelleenkäyttö	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia
Vähähiiliset materiaalit	Puurakentaminen	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia
Vähähiiliset materiaalit	Rakennusten ja rakenteiden elinkaaren pidentäminen (ml. korjausrakentaminen)	Huomattava potentiaali	Laskee kustannuksia
Rakentamisen muut ratkaisut	Vähähiilisten työmaatoimintojen lisääminen	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti
Rakentamisen muut ratkaisut	Päästöttömien kuljetusten suosiminen	Tunnistettu potentiaali	Nostaa kustannuksia huomattavasti
Rakentamisen muut ratkaisut	Kiviainesten ja/tai maamassojen hallinta infrarakentamisessa	Tunnistettu potentiaali	Laskee kustannuksia huomattavasti
Rakennusten käyttö	Rakennusten talotekniset energiatehokkuustoimenpiteet	Tunnistettu potentiaali	Laskee käyttövaiheen kustannuksia
Rakennusten käyttö	Rakennuskohtaiset lämmöntuotantojärjestelmät	Huomattava potentiaali	Laskee käyttövaiheen kustannuksia
Rakennusten käyttö	Kulutusjouston hyödyntäminen	Tunnistettu potentiaali	Laskee käyttövaiheen kustannuksia

Taulukossa 3 mainitaan vähähiilisistä työmaatoiminnoista, että potentiaali on tunnistettu ja ne nostavat kustannuksia huomattavasti. Tämän selvityksen perustella voidaan arvioida, että päästövähennyspotentiaali ja kustannusvaikutus on riippuvainen siitä mitä vähähiilisiä työmaatoimintoja sovelletaan. Esimerkiksi sertifioitujen uusiutuvan sähkön ja HVO-dieselin vaikutus on kohtuullinen ja kustannusnousun taso on pikemminkin tasolla ”Nostaa kustannuksia”, kun taas työkalujen ja kuljetuskaluston vaihtaminen pois polttomoottoritoimisista nostaa kustannuksia huomattavasti (katso kappale 6.4).

6.3 Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot

Työkoneita käytetään teollisuudessa ja rakentamisessa, kaupassa, palveluissa ja julkisella sektorilla, kotitalouksissa ja maa- ja metsätaloudessa. Kaikkien työkoneiden yhteenlaskettu osuus Suomen hiilidioksidipäästöistä on noin viisi prosenttia. Liikkuvien työkoneiden sektori on energiankulutukseltaan ja päästöiltään merkittävä. Kotimaan tieliikenteen CO₂-päästöt vuonna 2020 olivat noin yksitoista miljoonaa tonnia, vastaava luku liikkuvien työkoneiden kentässä oli samana vuonna noin kaksi miljoonaa tonnia CO₂ – tämä on enemmän kuin pakettiautojen ja linja-autojen yhteenlasketut päästöt. Silti työkonesektorin CO₂-päästöjen hillitsemiseksi on toistaiseksi tehty vain vaatimattomia toimenpiteitä. (Pihlatie M., 2022)

Työmaatoimintojen päästöihin laskettavien työkoneiden päästöt aiheutuvat pääasiassa niissä käytettävistä fossiilisista polttoaineista. VTT:n vuonna 2022 valmistuneen selvityksen perusteella lyhyellä aikavälillä tehokas ja oikeastaan ainoa keino työkoneiden CO₂-päästöjen vähentämiseksi on jakeluvelvoite ja sen korottaminen. Selvityksessä kuitenkin todetaan jakeluvelvoitteen noston heijastuvan suoraan polttoöljyn hintaan. (Pihlatie M., 2022)

Uusiutuvan dieselin sekä polttoöljyn, eli HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) dieselin/polttoöljyn käytöllä saavutettavia päästösäästöjä ja näiden todellista vaikuttavuutta tarkasteltiin selvityksessä eri näkökulmista. Ilmastopaneeli toteaa aiheesta, että erillistankatulla biodieselillä ei saada systeemitasolla lisää päästövähennyksiä, johtuen Suomen biopolttoaineiden sekoitevelvoitteen laskentasaännöistä, kestävän tuoteketjun omaavan biodieselin globaalisti rajallisesta määrästä sekä Suomen bensiinin ja dieselin biopolttoaineiden sekoitevelvoitteen nykyisistä pelisäännöistä. Jos työkooneisiin jätetään tankkaamatta erillisbiodieseliä, niin jakeluvelvoitetta vastaava määrä biopolttoainetta tulee joka tapauksessa lisätä jakeluun. Jos työkoneisiin tankataan biodieseliä, niin tämä määrä jää lisäämättä tavalliseen dieseliin sekoitteena.

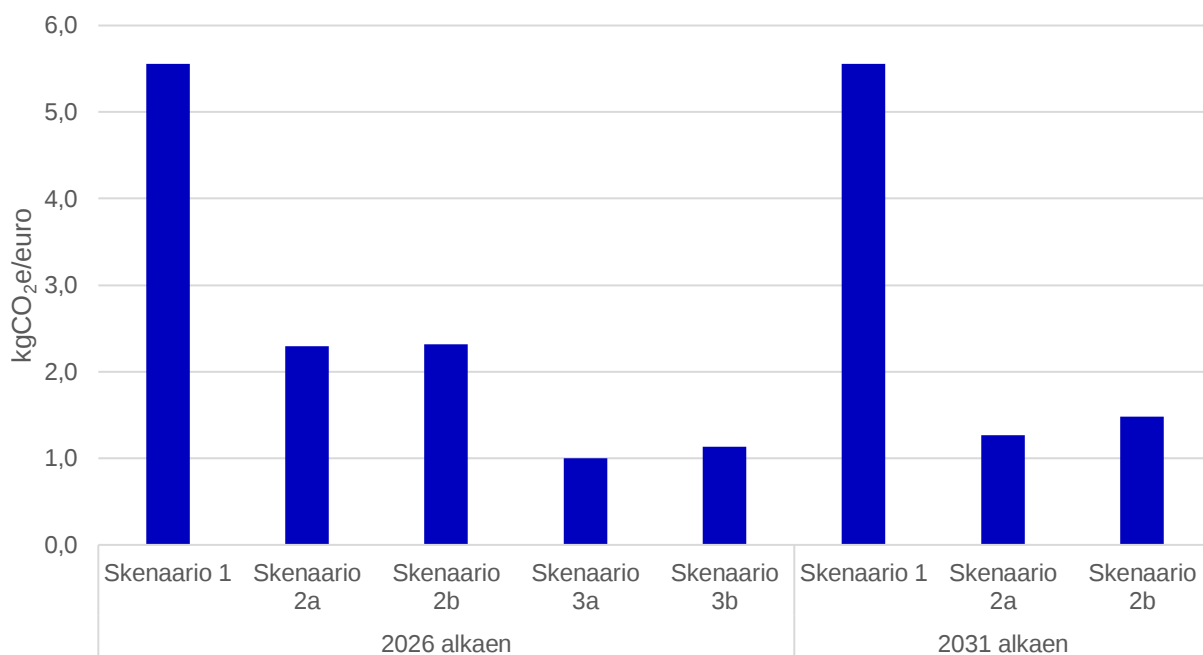
HVO dieselin sisällyttäminen green deal -sopimuksen piiriin on alun perin ollut kaupunkien toive. Helsingissä HVO dieselin käyttö nähdään tällä hetkellä ylimenokauden ratkaisuna ennen kuin sähkökäyttöisten työkoneiden saatavuuteen liittyvät haasteet on ratkaistu. HVO dieselin käyttö nähdään myös osittain imagokysymyksenä ja toki sillä on vaikutusta muun muassa ilmanlaatuun, sillä paikallispäästöt, kuten typen oksidit ja hiukkaset vähenevät. Uusia ratkaisuja ja toimintamalleja haettaessa todettiin myös, että osittain päällekkäiset ohjauskeinot eivät välttämättä ole huono asia. Olemme joutuneet toteamaan, että jakeluvelvoitetta koskevat tavoitteet eivät aina toteudu, vaan ovat riippuvaisia poliittisista päätöksentekijöistä. Päällekkäiset ohjauskeinot voivat tällaisissa tilanteissa olla hyvinkin tärkeitä. (Sitowise, 2024b)

Pidemmällä aikavälillä työkoneiden vaihtoehtoisten käyttövoimien tekeminen houkuttelevammaksi yrittäjille laskisi päästöjä. Laajamittaisen käyttövoimamuutoksen mahdollistamiseksi tarvitaan useita keinoja EU-sääntelystä kansalliseen työkoneiden rekisteröintivelvollisuuden laajentamiseen ja rekisteritietojen tarkentamiseen. (Pihlatie M., 2022)

Green deal -sopimuksella on todettu olleen rakentamisen vähäpäästöisyyteen tähtääviä toimia vauhdittanut laajempikin vaikutus. Sopimukseen sitoutuneissa kunnissa on todettu sopimuksen vaatimusten tuoneen uutta intoa vähähiilisyyden edistämiseen erityisesti infrahankkeissa, joissa esimerkiksi kansalliset ohjauskeinot ovat olleet talonrakennukseen verrattuna maltillisia. (Sitowise, 2024b)

6.4 Toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikuttavuus

Toimenpiteitä suunniteltaessa on vaikuttavuuden ohella tärkeä tekijä tietysti myös kustannustehokkuus. Kustannustehokkuuden tarkastelussa toimenpiteet on jaettu kahteen kokonaisuuteen, joissa kustannustehokkuus on eri tasoilla. Työmaatoimintojen päästöttömän sähköenergian ja HVO polttoaineiden kustannustehokkuus on korkea, kun taas työkoneiden sähköistämisen kustannustehokkuus, erityisesti tarkastelujakson alkuvaiheessa näyttäytyy pääsääntöisesti heikkona. Kustannustehokkuutta eri skenaarioissa on tarkasteltu kuvassa 8.



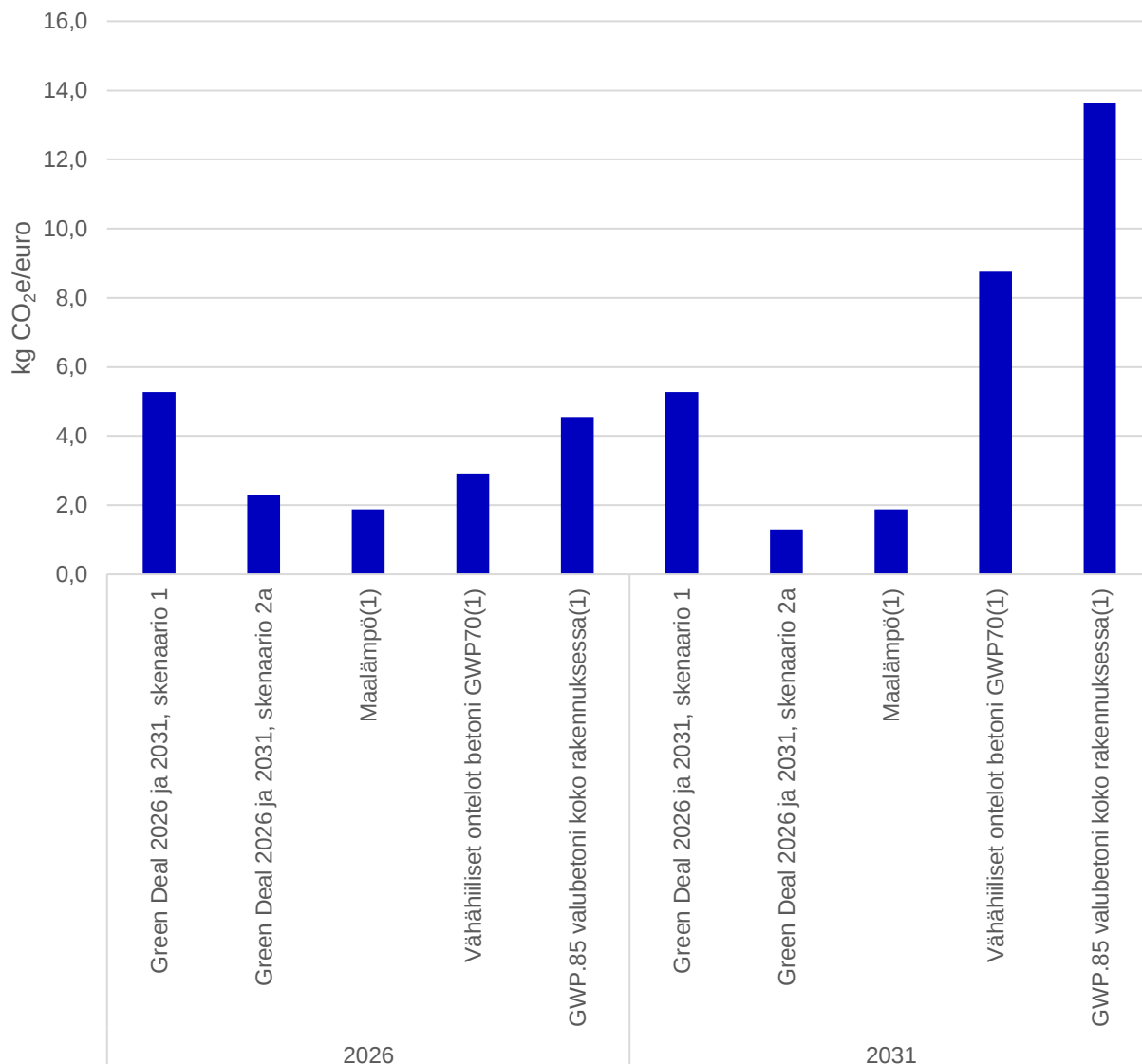
Kuva 8. Toimenpiteiden kustannustehokkuus eri skenaarioissa vuosina 2026 ja 2031.

Skenaariossa 1 toimenpiteiden kustannustehokkuus on korkea. Jokaisella investoidulla eurolla voidaan saavuttaa varsin korkea päästövähennysvaikutus. Vuonna 2026 toimenpiteiden kustannustehokkuus on skenaarioissa 2 ja 3 heikommalla tasolla, sillä investoinnit sähkökäyttöisiin työkoneisiin ovat suuria ja vaikuttavat täten kustannustehokkuuteen. Erityisesti skenaarioissa 3a ja b investoinnit työkoneiden ja kuljetuskaluston sähköistämiseen laskevat kustannustehokkuutta.

Skenaariossa 2 kustannustehokkuus pysyy vielä 2031 alkaen matalalla tasolla, sillä täyttä markkinamuutosta vaihtoehtoisten käyttövoimien kalustoon ei olla saavutettu. Skenaarioiden 3a ja b vuoden 2031 tuloksia ei ole esitetty kuvaajassa, sillä skenaarioissa 2031 alkaen saavutettavat päästövähennykset realisoituvat arvion perusteella ilman lisäkustannuksia nykytilanteeseen. Arvio sisältää kuitenkin useita epävarmuustekijöitä, ja kuvastaa tilannetta, jossa päästöttömien työmaiden toimenpiteitä olisi onnistuttu edistämään kunnianhimoisesti ja nopealla aikataululla paitsi Helsingissä myös muiden sopimukseen sitoutuneiden toimijoiden toimesta.

Tarkasteltujen toimenpiteiden kustannustehokkuutta ja vaikuttavuutta suhteessa muihin rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjä vähentäviin tyypillisiin toimenpiteisiin on havainnollistettu kuvissa 9

ja 10. Tiedot muiden toimenpiteiden kustannustehokkuudesta ovat peräisin Sitowisen Tilat-palveluille laatimasta kustannustehokkuuden ja vaikuttavuuden selvityksestä. Tiedot ovat suuntaa antavia keskiarvoja useista Helsingissä toteutetuista hankkeista.

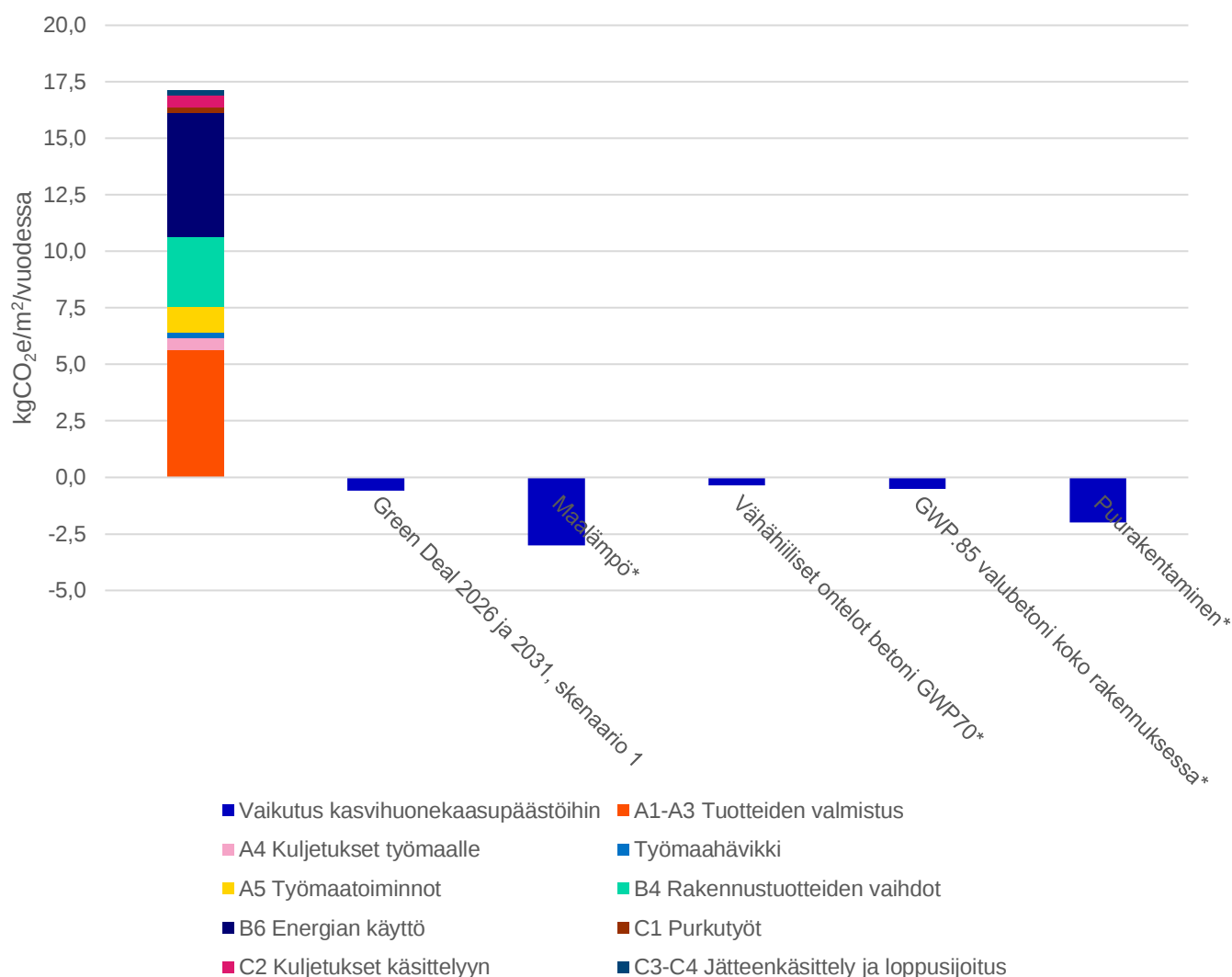


Kuva 9. Skenaarioiden 1 ja 2a kustannustehokkuus suhteessa muiden rakentamisen tyypillisten päästövähennystoimien kustannustehokkuuteen. Tiedot on kerätty Tilat -palveluille laaditusta kustannustehokkuuden ja vaikuttavuuden selvityksestä, jonka kustannustehokkuutta on vielä tähän työhön ennustettu tulevaisuuteen (1).

Kuvasta 9 nähdään, että skenaarion 1 toimenpiteiden kustannustehokkuus on varsin korkea. Kustannuksiin liittyy epävarmuuksia, mutta toimenpiteiden kustannustehokkuuden voidaan sanoa olevan vuonna 2026 samalla tasolla esimerkiksi vähähiilisten betonituotteiden kanssa. Tulevaisuudessa vähähiilisen betonin kustannusten arvioidaan tosin laskevan, jolloin skenaarion 1 toimenpiteet eivät ole suhteessa näihin enää yhtä kustannustehokkaita.

Skenaario 2 on kustannustehokkuudeltaan samassa luokassa rakennusten maalämpöjärjestelmien kanssa. Tässä on tosin huomioitava, että käsitellään pelkkiä investointikustannuksia. Maalämpö on lähes poikkeuksetta toimenpide, joka laskee elinkaarikustannuksia, eli säästämällä hankkeen elinkaaren kustannuksissa saavutetaan silti huomattavaa vähennystä hiilijalanjäljessä.

Kuvassa 10 toimenpiteiden vaikuttavuutta on havainnollistettu keskimääräisen Tilat-palveluiden hankkeen kokonaishiilijalanjälkeen ja verrattu toisiinsa.



Kuva 10. Tavanomaisen talonrakennushankkeen (uudishanke) hiilijalanjälki ja uusiutuvan sähkön ja HVO polttoaineiden sähköistämisen vaikuttavuus (kg CO₂e/m²/vuodessa) suhteessa muihin tyypillisiin rakentamisen toimenpiteisiin.

Green deal -sopimuksen toimenpiteiden todettiin kuvan 9 perusteella olevan varsin kustannustehokkaita, mutta kuvasta 10 nähdään niiden olevan kuitenkin vaikuttavuudeltaan pienempiä verrattuna muihin tarkasteltuihin rakentamisen toimenpiteisiin. Maalämpö ja puurakentaminen ovat esimerkiksi vaikutukseltaan huomattavasti suurempia. Green deal -sopimuksen toimenpiteet ovat kuitenkin samassa vaikuttavuuden luokassa esimerkiksi vähähiilisen betonin kanssa, joten vaikuttavuus on joka tapauksessa merkittävä.

7 Johtopäätökset

Green deal -vaatimukset ovat erittäin kunnianhimoisia ja esimerkiksi käyttövoimamuutoksille asetettuja tavoitteita ei tämänhetkisen näkemyksen mukaan voida vielä vuonna 2026 saavuttaa. Tavoitteiden saavuttaminen vaatii päästötöntä raskasta kalustoa, jota on Suomessa markkinoilla vielä varsin suppeasti. Lisäksi työmaiden käytännön haasteiden ratkaisemiseen liittyvät paikalliset kokemukset ovat toistaiseksi vähäisiä.

Teknisestä näkökulmasta vaatimukset ovat kuitenkin saavutettavissa, sillä esimerkiksi Oslossa alettiin vaatia ensimmäisiä sähkökäyttöisiä työkoneita vuonna 2019. Vuonna 2021 kahdessatoista prosentissa rakennushankkeista vaadittiin eri asteella sähköisiä työkoneita ja vuonna 2025 kaikki Oslon kaupungin työmaat tulevat toimimaan täysin sähkökäyttöisillä työkoneilla. Myös käytön aikaisiin haasteisiin on löydetty naapurimaassa ratkaisut. (SINTEF Research, 2022). Yhtä nopea muutos aiheuttaisi kuitenkin luultavasti merkittäviä kustannusvaikutuksia. Tässä selvityksessä on arvioitu, että nopean markkinamuutoksen myötä vuosittaiset työkoneiden kustannukset olisivat useita vuosia noin 20 prosenttia korkeammat nykytasoon verrattuna (skenaario 3). On mahdollista, että rakennuttajat hinnoittelisivat työkonekustannusten lisäksi myös työmaatoiminnan käytännön haasteiden epävarmuuteen liittyvää lisähintaa, ennen kuin kokemuksia sähköisistä työkoneista kertyy enemmän.

Lisäksi on todettava, että tässä selvityksessä tehdyt arviot pohjautuvat osittain puutteellisiin vuoden 2023 tietoihin. Eri työmaatoimintojen suhteet sekä työkoneiden määrät ja näiden käyttötunnit vaihtelevat todellisuudessa vuosittain. Yhden vuoden otannan perusteella ei vielä voida asettaa tarkkoja määrällisiä tavoitteita työkoneityyppien ja kuljetuskaluston osalta. Tarkastelu tarjoaa kuitenkin käsityksen nykytilasta sekä tarvittavista toimista ja tulevien vuosien haasteista.

Selvityksen perusteella alan toimijat ovat halukkaita ja motivoituneita kehittämään toimintaansa vähäpäästöisemmäksi. Merkittävien investointikustannusten vuoksi toivotaan vaatimuksiin pitkäjänteisyyttä ja johdonmukaisuutta. Edelläkävijöiden, kuten Helsingin kaupungin, tekemä työ ja tien viitoittaminen onkin erittäin arvokasta ja ensiarvoisen tärkeää, jotta muutos olisi mahdollinen ja vuodelle 2031 asetetut tavoitteet saavutettavissa.

Kaupungin tulisikin laatia selkeä suunnitelma, miten green deal -tavoitteita lähdetään systemaattisesti edistämään ja kuinka green deal -vaatimusten mukaisia työkoneita ja kuljetuskalustoa voitaisiin enenevässä määrin vaatia. Erilaiset niin kilpailutukseen kuin työmaiden toimintaan ja työkoneisiin liittyvät kokeilut ovat arvokkaita ja tarjoavat lisätietoa siitä mikä toimii ja toisaalta mikä ei. Aikaisessa vaiheessa ei kannata sulkea pois keinoja toimimattomina ennen kattavaa pilotointia.

Hyvien kokemusten, toimintatapojen ja ratkaisujen koonti on keskeistä. Näitä tulisi jakaa paitsi kaupungin sisällä myös muiden green deal -sopimukseen sitoutuneiden toimijoiden kesken.

Ehdotuksia toimintaohjeista green deal -tavoitteiden edistämiseksi on esitetty kappaleessa 8.

8 Toimintaohjeet

Selvityksen aikana toteutettujen tietokyselyiden, työpajan, haastatteluiden ja skenaariotarkastelujen perusteella on koostettu suosituksia, jotka edesauttaisivat green deal -sopimuksen mukaisten vaatimusten toteutumista. Rakennusalan toimijat näkevät yleisesti ensiarvoisen tärkeänä ennen kaikkea pitkäjänteisyyden ja selkeyden vaatimuksissa sekä asetetuista tavoitteista kiinnipitämisen. Toimiala on motivoitunut ja halukas kehittymään vähäpäästöisemmäksi. Edelläkävijyyttä toivotaan Helsingiltä, muilta suurilta kaupungeilta ja muilta merkittäviltä toimijoilta (esim. green deal -sopimukseen sitoutuneet Väylävirasto ja Senaatti-kiinteistöt). Toimintaohjeet on laadittu siitä näkökulmasta, että Helsingin kaupunki toimii jatkossakin edelläkävijänä ja osallistuu aktiivisesti työmaatoiminnan vähäpäästöisyyden kehittämiseen.

Pilottihankkeet ja arvokkaat kokemukset

- Kilpailutuksessa on suositeltavaa kokeilla erilaisia menetelmiä nykyistä laajemmassa mittakaavassa, minkä perusteella voidaan arvioida niiden tehokkuutta ja toimivuutta. Yksittäisissä hankkeissa jo kokeiltuja kilpailutuskriteerejä tai hyvityksiä voitaisiin soveltaa useampiin eri kokoluokan hankkeisiin eri vaatimustasoilla. Tällöin saataisiin oppia erilaisista kilpailutuskriteereistä ja niiden toimivuudesta laajemmalla otannalla.
- Sähköisten työkoneiden ja biokaasu- tai sähkökäyttöisen kuljetuskaluston pilotointia tulisi laajentaa nopealla aikataululla laajempaan joukkoon hankkeita. Samassa yhteydessä tulisi systemaattisesti kerätä kokemuksia, joiden pohjalta voidaan muodostaa kyseisten työmaatoimintojen toimintatapoja sekä ohjeistuksia. Esimerkiksi Oslossa Norjassa on sähköisten työmaiden yleistyessä tutkittu havaittuja haasteita ja määritetty niihin ratkaisuja (SINTEF Research, 2022). Koottua tietoa voitaisiin osittain hyödyntää Helsingin kaupungin pilottihankkeissa, esimerkiksi pilottihankkeiden valinnan ja urakoitsijoiden koulutuksen yhteydessä.
- Sähkökäyttöisten työkoneiden käyttöönoton suurimmat haasteet saattavat työmaatoimijoilla hyvinkin kytkeytyä saatavuuteen (laitteet ja riittävä työmaan sähköteho) sekä muihin toiminnan aikaisiin avoimiin kysymyksiin, eikä niinkään yksinomaan hintaan. On siis ensiarvoisen tärkeää käynnistää pilottihankkeita ja vankistaa kokemuspohjaa myös suuremman kokoluokan sähkökäyttöisten työkoneiden käytöstä.

Tiedonkeruu ja seuranta

- Kerätään jatkossa tarkat green deal -sopimuksen mukaiset tiedot kustakin toteutetusta hankkeesta. Tarkalla seurannalla voidaan eri toimenpiteiden vaikutuksia arvioida jatkossa tarkemmin. Käytetyt työkoneet, työkoneiden lukumäärät ja käyttötunnit sekä työkoneiden käyttövoimat ja käytetty polttoaine tulisi tilastoida. Työkoneiden lisäksi tulisi vastaavia tietoja kerätä myös työmaakuljetuksista, joita toistaiseksi ei seurata esimerkiksi talonrakentamisessa lainkaan. Työmaakuljetuksista kerätty tieto tulisi lisäksi jaotella työmaan sisäisiin sekä ulkoisiin kuljetuksiin. Työmailta tulisi lisäksi kerätä tiedot käytetystä sähköstä ja lämmöstä.
- Velvoitetaan pilottihankkeissa urakoitsijoita osallistumaan green deal -vaatimusten toteutumisen raportoinnin lisäksi työmaan kokemusten raportointiin. Hankkeista tulisi kerätä kokemuksia ja näkemyksiä esimerkiksi hankintakriteereistä ja niiden oikeudenmukaisuudesta ja toimivuudesta, aiheutuneista kustannuksista sekä mahdollisista kustannussäästöistä, valmiuksista ennen urakkaa ja vastaan tulleista haasteista sekä ratkaisuista. Arvokasta tietoa tarjoasivat myös esimerkiksi erilaisten työkoneiden käyttökokemuksiin liittyvät näkemykset.

Viestintä ja yhteistyö

- Kaupunkiorganisaatio on laaja ja riski siitä, että viesti toimista ja tavoitteista saattaa sisäisestikin hukkaa on tunnistettu. Jatkuvaan tiedottamiseen ja vuoropuheluun tulee pyrkiä, jotta voidaan varmistaa laajin mahdollinen green deal – sopimuksen vaikuttavuus.
- Green deal -tavoitteet koskevat Helsingin kaupunkia kokonaisuudessaan. Toimenpiteiden etenemisen ja tavoitteiden täyttymisen seurantaan olisi hyvä nimetä vastuuhenkilö. Vastuuhenkilöllä tulisi olla käsitys green deal -vaatimusten etenemisestä kaikissa eri työmaatoiminnoissa, jotta henkilö voisi koordinoida tavoitteiden saavuttamiseen tarvittavia toimenpiteitä sekä edistää tiedonkulkua ja hyvien käytäntöjen laajamittaista käyttöönottoa.
- Toimijakentän viesti on vahva. Helsingin kaupungilta ja muilta green deal -sopimukseen sitoutuneilta tahoilta toivotaan johdonmukaista ja pitkäjänteistä toimintaa tavoitteiden edistämiseksi. Helsingin kaupungin tulee omalta osaltaan toimia tässä esimerkkinä ja pyrkiä innostamaan ja rohkaisemaan mukaan myös muita sopimukseen sitoutuneita tahoja.

9 Lähdeluettelo

BigBuyers for climate & environment (2022). Public Procurement of Zero-emission Construction Sites. Lessons learnt from the Big Buyers for Climate & Environment working group. https://public-buyers-community.ec.europa.eu/system/files/2023-04/Big_Buyers_lessons_learned_report_ZEMCONS.pdf

Gaia (2024). Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 – tiekartan päivitys. (Viitattu 25.9.2024) https://rt.fi/wp-content/uploads/2024/06/Loppuraportti-RT-vahahiilisyyys-7.6.2024_FINAL.pdf

Helsingin kaupunki (2024a). Hiilineutrali Helsinki – päästövähennysohjelma ja sen seuranta. (Viitattu 17.9.2024) <https://helsinginilmastoteot.fi/city-act/helsingin-ilmastotavoitteet-ja-seuranta/>

Helsingin kaupunki (2024b). Hiilijalanjäljen raja-arvo. (Viitattu 24.9.2024) <https://www.hel.fi/fi/kaupunkiymparisto-ja-liikenne/tontit-ja-rakentamisen-luvat/rakennusluvan-hakeminen/hiilijalanjäljen-raja-arvo>

Helsingin kaupunki (2024c). Ympäristöraportti 2023. (Viitattu 24.9.2024) <https://julkaisut.hel.fi/fi/julkaisut/ymparistoraportti-2023>

Helsingin kaupunki (2023). Helsinki valmistee rakentamisen hiilijalanjalkiohjausta. (Viitattu 24.9.2024) <https://www.hel.fi/fi/uutiset/helsinki-valmistee-rakentamisen-hiilijalanjalkiohjausta>

Helsingin kaupunki (2020). Green Deal -sopimus, Päästötön työmaa, ympäristöministeriö. HEL 2020-004753. (Viitattu 24.9.2024) <https://paatokset.hel.fi/fi/asia/hel-2020-004753/64c87c65-50b6-4047-9ba2-c8acb3ab20ec>

Linjama Jarkko (2023). CO2data.fi. INFRA työkoneet R01.04. (Viitattu 29.9.2024) <https://co2data.fi/infra/reports/INFRAprosenttia20typrosenttiaC3prosenttiaB6koneetprosenttia20R01.04.pdf>

Markkanen, Johanna & Lauhkonen Arttu. (2021). Työkoneiden päästöjen perusennuste ja sähköistymisen vaikutus päästöihin. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Asiakasraportti Nro VTT-CR-00245-21. (Viitattu 29.9.2024) https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT_CR_00245_21.pdf

Pihlatie, Mikko; Söderena, Petri; Markkanen, Johanna; Nylund, Nils-Olof; Rahkola, Pekka; Åman, Rafael; Muona, Tommi; Pettinen, Rasmus; Naumanen, Mika; Shah, Sahas; Baranauskas, Marius (2022). Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot. (Viitattu 25.9.2024) https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164372/VNTEAS_2022_63.pdf

Rakennusteollisuus (2024). Vähähiilisyyden tiekartta. (Viitattu 25.9.2024) <https://rt.fi/tietoa-alasta/ymparisto-ja-ilmasto/vahahiilinen-rakentaminen/vahahiilisyyden-tiekartta/>

Seppälä, Jyri; Munther, Joonas; Viri, Riku; Liimatainen, Heikki; Weaver, Sally; Ollikainen, Markku (2023). Autokalkulaattorin käyttöopas ja laskennan perusteet – henkilöautot. Suomen ilmastopaneeli. (Viitattu 25.9.2024) https://autokalkulaattori.fi/Autokalkulaattori_dokumentaatio.pdf

Sitowise (2024a). Green deal -selvityksen puitteissa koottu julkaisematon työpajamateriaali. (Viitattu 29.9.2024)

Sitowise (2024b). Green deal -selvityksen puitteissa koottu julkaisematon haastattelumateriaali. (Viitattu 25.9.2024)

Ympäristöministeriö ja Teknisen Kaupan Liitto ry (2023). Green deal -sopimus on lisännyt työkonealan sähköistymistä. (Viitattu 25.9.2024) <https://ym.fi/-/green-deal-sopimus-on-lisannyt-tyokonealan-sahkoistymista->

SINTEF Research (2022). A survey of the requirements for emission-free building and construction sites. (Viitattu 17.10.2024) <https://www.klimaoslo.no/rapport/survey-emission-free-building-and-construction-sites/>

Sitoumus2050 (2024). Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus. (Viitattu 21.10.2024) <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/>

Cleanfi Oy (2023) https://cleanfi.fi/data/documents/dieselin_hinnan_muodostuminen.pdf

Liite 1. Skenaarioiden yleiset oletukset

Taulukko1-1. Energiamuotojen päästökertoimet ja niiden lähteet.

Käyttövoima	Ominaispäästö (gCO ₂ e/kWh)	Lähde
Diesel	323	SFS EN 16258
Bensiini	240	SFS EN 16258
Maakaasu	243.0	SFS EN 16258
HVO Diesel	113.1	Arvio pohjautuen SYKE:n kehittämään Y-hiilari -työkaluun
Biokaasu	93.0	Arvio pohjautuen SYKE:n kehittämään Y-hiilari -työkaluun
Sähkö	134	CO2data.fi
Uusiutuva sähkö	0	
Vety	0	
Kaukolämpö	137	CO2data.fi

Taulukko 1-2. Paikallispäästöt eri päästöluokille sekä HVO-dieselille.

Päästöluokka/polttoaine	Päästöt, g/kWh			
	CO	HC	Nox	PM
Stage 4	0,4	0,19	0,4	0,025
Euro 6	0,4	0,13	0,4	0,01
HVO Diesel*	0,3	0,133	0,34	0,01875

*Particle and NOx emissions from a HVO-Fueled diesel engine, Matti Happonen, 2012

Taulukko 1-3. Työkoneiden ja kuljetuskaluston käytön päästöt ja käyttökustannukset.

Työkone/kuljetusmuoto	Ominaispäästö per tunti (gCO ₂ /h)*	KÄYTTÖKUSTANNUS (Eur/h)**
Pyöräkuormaaja	20600	51
Kaivukuormaaja	34130	62
Pienkuormaaja	12360	30
Pyöräalustainen kaivukone	34130	74
Tela-alustainen kaivukone	37000	74
Kurottajakuormaaja	26300	60
Telapuskutraktori	46100	60
Traktori	26400	62
Erikoistraktori	47100	60
Valssijyvä	38780	132
Tiehöylä	55700	98
Monitoimikone	10300	61
Maantiivistäjä	38780	68
Nosturi	26300	181
Trukki	26300	50
Kurottaja	22600	49
Dumpperi	40000	130
N1 pakettiauto	16678	50
N2 Kuorma-auto, < 12 t	50035	60
N3 Kuorma-auto, > 12 t	83391	77
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	16678	20
M2 Ajoneuvo, linja-auto	16678	80

Punaisella esitetyt luvut ovat puutteellisten tietojen pohjalta muodostettuja konsultin arvioita.

*Infrarakentamisen työkoneet R01.04 [INFRA työkoneet R01.04.pdf](#)

**Pohjautuvat Väyläviraston infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmällä laskettuihin kahden Helsingissä sijaitsevan pilottikohteen tietoihin.

Työkoneiden lukumäärä ja käyttötunnit eri työmailla sekä työmaaenergia

Taulukko 1-4. Työkoneiden lukumäärät ja käyttötunnit Tilat-palveluiden työmailla.

Työkone/kuljetusmuoto	Lukumäärä	Käyttötunnit yhteensä**
Pyöräkuormaaja	0	0
Kaivukuormaaja	0	0
Pienkuormaaja	4	1246
Pyöräalustainen kaivukone	22	4290
Tela-alustainen kaivukone	14	4928
Kurottajakuormaaja	0	0
Telapuskutraktori	0	0
Traktori	1	100
Erikoistraktori	0	0
Valssijyrä	3	81
Tiehöylä	0	0
Monitoimikone	0	0
Maantiivistäjä	0	0
Nosturi	0	0
Trukki	1	100
Kurottaja	0	0
Dumpperi	0	0
N1 pakettiauto	*	*
N2 Kuorma-auto, < 12 t	*	*
N3 Kuorma-auto, > 12 t	*	*
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	*	*
M2 Ajoneuvo, linja-auto	*	*

*Tietoa ei ollut saatavilla.

**Todellista tietoa ei ollut saatavilla. Käyttötunnit per työkone arvioitiin Tilat-palveluiden tilastoiduista hankkeista ja yleistettiin työkonetyypeittäin myös asuntotuotannolle.

	Energian tarve (kWh)*
Kaukolämpö	1304920
Sähkö	900538

*Todellista energiankulutusta ei ollut tiedossa. Työkoneiden polttoaineiden sekä kaukolämmön ja sähkön välinen suhdeluku arvioitiin yhden Helsingissä sijaitsevan uudisrakennetun koulurakennus-hankkeen tietojen perusteella. Energiantarpeet määritettiin näistä suhdeluvuista sekä tämän toiminnon työkoneiden kuluttamista polttoaineista.

Taulukko 1-5. Työkoneiden lukumäärät ja käyttötunnit asuntotuotannon työmailla.

Työkone/kuljetusmuoto	Lukumäärä	Käyttötunnit yhteensä**
Pyöräkuormaaja	26	6058
Kaivukuormaaja	0	0
Pienkuormaaja	14	4806
Pyöräalustainen kaivukone	13	2535
Tela-alustainen kaivukone	47	17082
Kurottajakuormaaja	0	0
Telapuskutraktori	0	0
Traktori	0	100
Erikoistraktori	0	0
Valssijyrä	1	15
Tiehöylä	0	0
Monitoimikone	0	0
Maantiivistäjä	0	0
Nosturi	0	0
Trukki	4	100
Kurottaja	0	0
Dumpperi	0	0
N1 pakettiauto	*	*
N2 Kuorma-auto, < 12 t	*	*
N3 Kuorma-auto, > 12 t	*	*
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	*	*
M2 Ajoneuvo, linja-auto	*	*

*Tietoa ei ollut saatavilla.

**Todellista tietoa ei ollut käytössä. Käyttötunnit per työkone arvioitiin Tilat-palveluiden tilastoiduista hankkeista ja yleistettiin työkonetyypeittäin myös asuntotuotannolle.

	Energian tarve (kWh)*
Kaukolämpö	2653139
Sähkö	1830961

*Todellista energiankulutusta ei ollut tiedossa. Työkoneiden polttoaineiden sekä kaukolämmön ja sähkön välinen suhdeluku arvioitiin yhden Helsingissä sijaitsevan uudisrakennetun koulurakennus-hankkeen tietojen perusteella. Energiantarpeet määritettiin näistä suhdeluvuista sekä tämän toiminnon työkoneiden kuluttamista polttoaineista.

Taulukko 1-6. Työkoneiden lukumäärät ja käyttötunnit uudisrakentamisen työmailla.

Työkone/kuljetusmuoto	Lukumäärä	Käyttötunnit yhteensä**
Pyöräkuormaaja	17	4023
Kaivukuormaaja	7	3378
Pienkuormaaja	12	4160
Pyöräalustainen kaivukone	11	2205
Tela-alustainen kaivukone	98	35918
Kurottajakuormaaja	15	3509
Telapuskutraktori	0	0
Traktori	0	0
Erikoistraktori	0	0
Valssijyrä	8	228
Tiehöylä	0	0
Monitoimikone	0	0
Maantiivistäjä	0	0
Nosturi	0	0
Trukki	0	0
Kurottaja	0	0
Dumpperi	0	0
N1 pakettiauto	*	*
N2 Kuorma-auto, < 12 t	*	*
N3 Kuorma-auto, > 12 t	*	*
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	*	*
M2 Ajoneuvo, linja-auto	*	*

*Tietoa ei ollut saatavilla.

**Todellista tietoa ei ollut käytössä kaikista hankkeista. Käyttötunnit per työkone arvioitiin tilastoiduista hankkeista ja yleistettiin työkonetyypeittäin myös muille hankkeille.

	Energian tarve (kWh)*
Kaukolämpö	5124453
Sähkö	3536439

*Todellista energiankulutusta ei ollut tiedossa. Työkoneiden polttoaineiden sekä kaukolämmön ja sähkön välinen suhdeluku arvioitiin yhden Helsingissä sijaitsevan uudisrakennetun koulurakennushankkeen tietojen perusteella. Energiantarpeet määritettiin näistä suhdeluvuista sekä tämän toiminnon työkoneiden kuluttamista polttoaineista.

Taulukko 1-7. Työkoneiden lukumäärät ja käyttötunnit infrarakentamisen työmailla.

Työkone/kuljetusmuoto	Lukumäärä	Käyttötunnit yhteensä*
Pyöräkuormaaja	36	17310
Kaivukuormaaja	2	962
Pienkuormaaja	0	0
Pyöräalustainen kaivukone	53	25484
Tela-alustainen kaivukone	102	49044
Kurottajakuormaaja	1	481
Telapuskutraktori	0	0
Traktori	2	962
Erikoistraktori	0	0
Valssijyvä	6	2885
Tiehöylä	5	2404
Monitoimikone	0	0
Maantiivistäjä	0	0
Nosturi	0	0
Trukki	0	0
Kurottaja	4	1923
Dumpperi	1	481
N1 pakettiauto	0	0
N2 Kuorma-auto, < 12 t	0	0
N3 Kuorma-auto, > 12 t	241	19118
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	0	0
M2 Ajoneuvo, linja-auto	0	0

* Todellista tietoa ei ollut käytössä. Tiedossa oli vuosittainen polttoaineiden kokonaiskulutus, jonka pohjalta määritettiin käyttötunnit, jotka jyvitetiin tasan kullekin työkoneelle. Polttoainetiedot olivat saatavilla erikseen työkoneille ja kuljetuksille, joten myös jyvitys tehtiin niille erikseen.

	Energian tarve (kWh)
Kaukolämpö	0
Sähkö	3553959

Taulukko 1-8. Työkoneiden lukumäärät ja käyttötunnit yleisten alueiden kunnossapidon työmailla.

Työkone/kuljetusmuoto	Lukumäärä	Käyttötunnit yhteensä*
Pyöräkuormaaja	57	3723
Kaivukuormaaja	2	131
Pienkuormaaja	0	0
Pyöräalustainen kaivukone	8	522
Tela-alustainen kaivukone	2	131
Kurottajakuormaaja	0	0
Telapuskutraktori	1	65
Traktori	16	1045
Erikoistraktori	16	1045
Valssijyrä	2	131
Tiehöylä	10	653
Monitoimikone	68	4441
Maantiivistäjä	5	327
Nosturi	0	0
Trukki	1	65
Kurottaja	0	0
Dumpperi	0	0
N1 pakettiauto	45	2939
N2 Kuorma-auto, < 12 t	6	392
N3 Kuorma-auto, > 12 t	123	8033
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	0	0
M2 Ajoneuvo, linja-auto	0	0

*Todellista tietoa ei ollut käytössä. Tiedossa oli vuosittainen polttoaineiden kokonaiskulutus, jonka pohjalta määritettiin kokonaiset käyttötunnit, jotka jaettiin tasan per kukin työkone.

	Energian tarve (kWh)
Kaukolämpö	0
Sähkö	22296

Taulukko 1-9. HVO dieselin ja HVO polttoöljyn kustannuskertoimet, eli ero polttomoottorikäyttöisen työkonteen käyttötunnin hintaan.

Työkone/kuljetusmuoto	HVO-diesel tai polttoöljy, käyttötunnin hintakerroin*
Pyöräkuormaaja	106 prosenttia
Kaivukuormaaja	107 prosenttia
Pienkuormaaja	106 prosenttia
Pyöräalustainen kaivukone	106 prosenttia
Tela-alustainen kaivukone	107 prosenttia
Kurottajakuormaaja	106 prosenttia
Telapuskutraktori	109 prosenttia
Traktori	106 prosenttia
Erikoistraktori	110 prosenttia
Valssijyvä	105 prosenttia
Tiehöylä	107 prosenttia
Monitoimikone	104 prosenttia
Maantiivistäjä	107 prosenttia
Nosturi	103 prosenttia
Trukki	107 prosenttia
Kurottaja	106 prosenttia
Dumpperi	105 prosenttia
N1 pakettiauto	105 prosenttia
N2 Kuorma-auto, < 12 t	110 prosenttia
N3 Kuorma-auto, > 12 t	112 prosenttia
M1 Ajoneuvo, henkilöauto	110 prosenttia
M2 Ajoneuvo, linja-auto	104 prosenttia

*Perustuu laitteen yksittäisen tunnin käyttöhintaan ja polttoaineen tuntikulutukseen sekä hintaeroon. Suoraan hintaeroon on lisätty kaksi prosenttiyksikköä lisähintaa. Lähde: HVO-diesel ja diesel hintaerolle Cleanfi Oy selvityksen 03-06/2023 hintojen analyysistä. HVO-polttoöljyn hinta tavanomaiseen on verrattu suoraan hankkija.fi sivuston (NesteMy) ja Nesteen sivuston tavanomaisen polttoöljyn hintaerosta.

Sähköisten työkonneiden kustannuskertoimet skenaariot 2a ja 2b, 2026 alkaen

- Trukit 120 prosenttia
- Pienkuormaajat 200 prosenttia
- Pyöräkuormaajat (pienet) 200 prosenttia
- Monitoimikoneet 200 prosenttia
- Sähköiset pakettiautot 100 prosenttia
- Kaasurekka 140 prosenttia

Sähköisten työkoneiden kustannuskertoimet skenaariot 2a ja 2b, 2031 alkaen

- Trukit 100 prosenttia
- Pienkuormaajat 100 prosenttia
- Pyöräkuormaajat (pienet) 100 prosenttia
- Kaivukoneet 200 prosenttia
- Monitoimikoneet 150 prosenttia
- Pakettiautot 100 prosenttia
- Kaasurekka 120 prosenttia
- Sähkörekka 100 prosenttia

Sähköisten työkoneiden kustannuskertoimet skenaariot 3a ja 3b, 2026 alkaen

- Trukit 120 prosenttia
- Pienkuormaajat 200 prosenttia
- Pyöräkuormaajat (pienet) 200 prosenttia
- Kaivukoneet 200 prosenttia
- Monitoimikoneet 200 prosenttia
- Sähköiset pakettiautot 100 prosenttia
- Kaasurekka 140 prosenttia

Sähköisten työkoneiden kustannuskertoimet skenaariot 3a ja 3b, 2031 alkaen

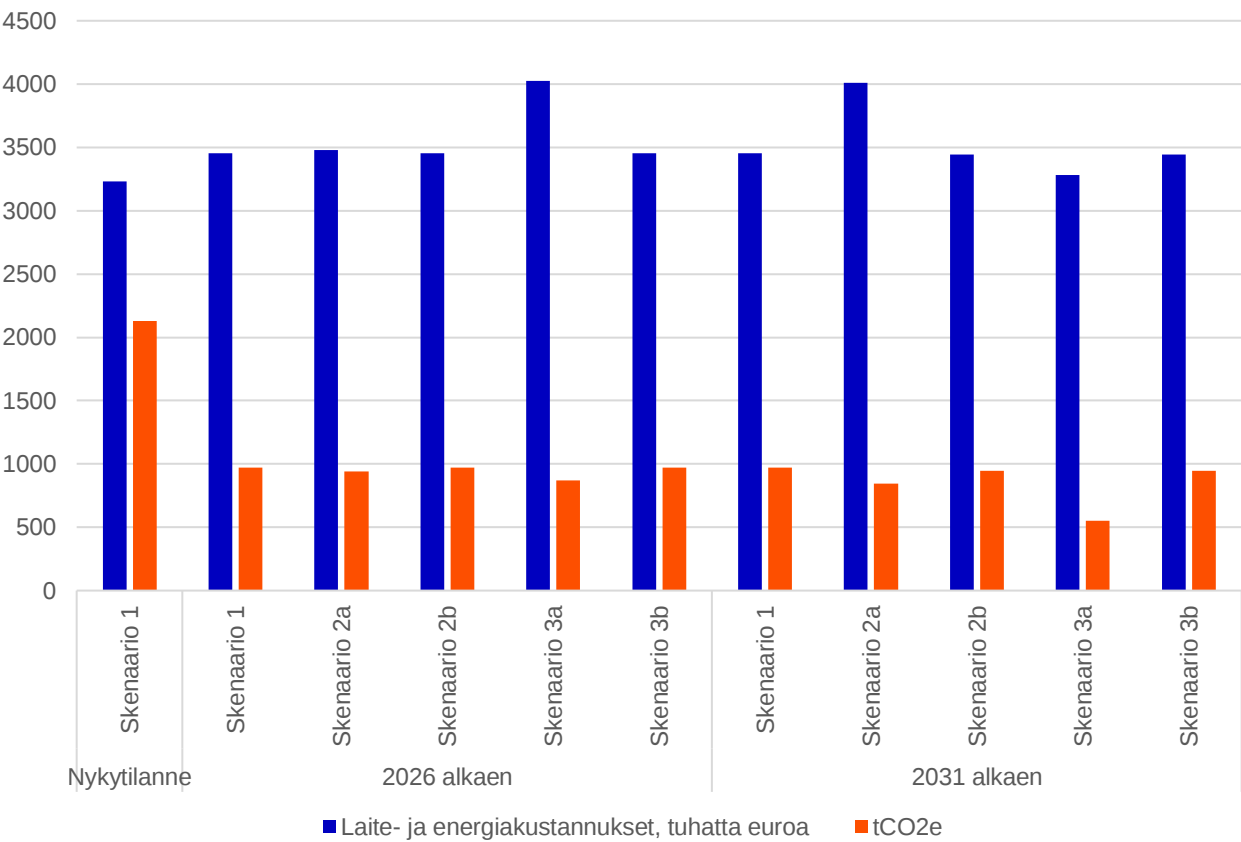
- Trukit 100 prosenttia
- Pienkuormaajat 100 prosenttia
- Pyöräkuormaajat (pienet) 100 prosenttia
- Kaivukoneet 100 prosenttia
- Monitoimikoneet 150 prosenttia
- Pakettiautot 100 prosenttia
- Kaasurekka 120 prosenttia
- Sähkörekka 100 prosenttia

Liite 2. Tulokset työmaatoiminnoittain

Asuntotuotanto

Taulukko 2-1. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys asuntotuotannon laite- ja energia-kustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

	Nykytilanne					2026 alkaen					2031 alkaen				
	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b
Laite- ja energia-kustannukset, tuhatta euroa	3232	3232	3232	3232	3232	3453	3480	3456	4024	3453	3453	4012	3444	3283	3441
tCO2e	2129	2129	2129	2129	2129	970	943	970	870	970	970	843	948	551	948

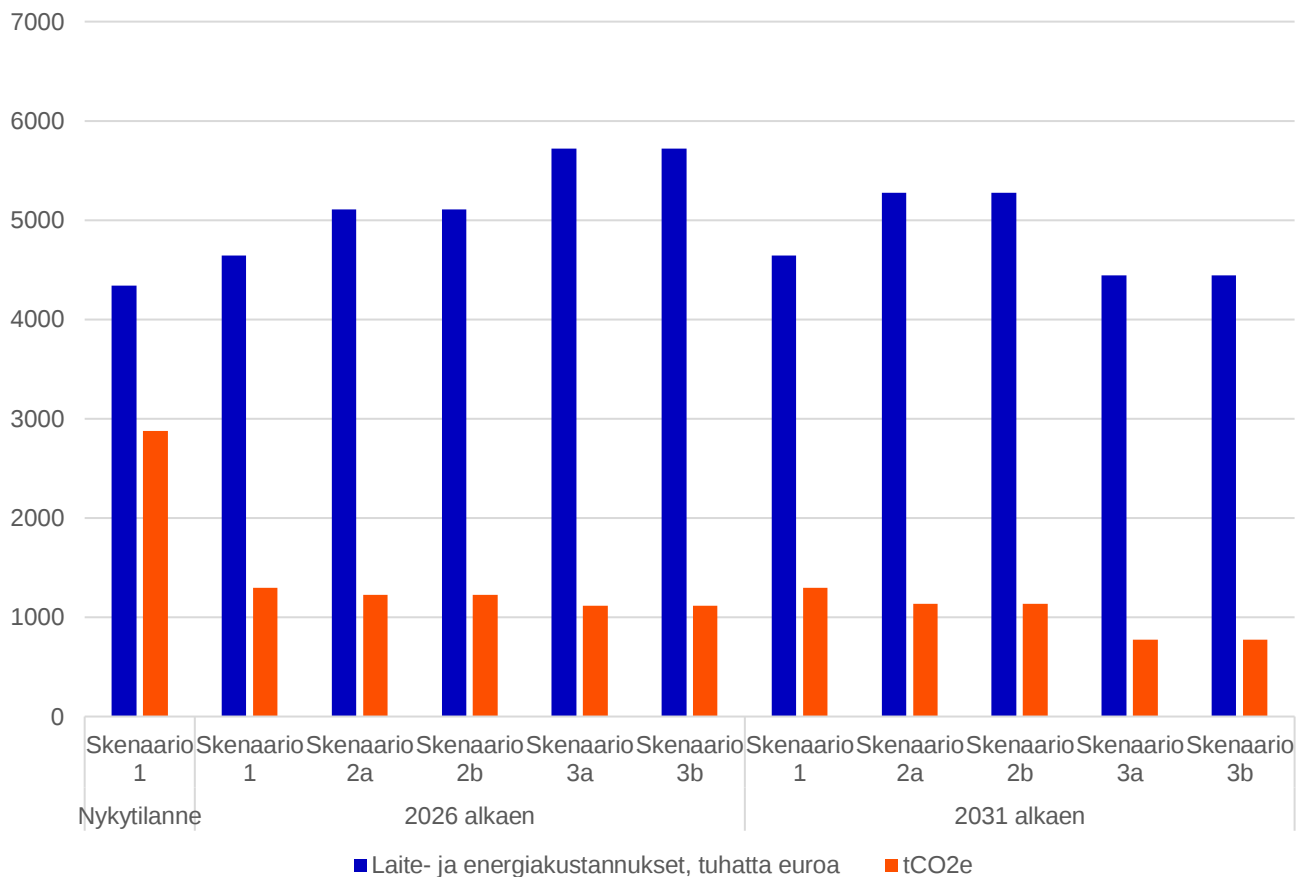


Kuva 2-1. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys asuntotuotannon laite- ja energiakustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

Tilat-palvelut

Taulukko 2-2. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys Tilat-palveluiden laite- ja energia-kustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

	Nykytilanne					2026 alkaen					2031 alkaen				
	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b
Laite- ja energia-kustannukset, tuhatta euroa	4341	4341	4341	4341	4341	4642	5105	5105	5718	5718	4642	5274	5274	4442	4442
tCO ₂ e	2875	2875	2875	2875	2875	1297	1226	1226	1113	1113	1297	1132	1132	775	775

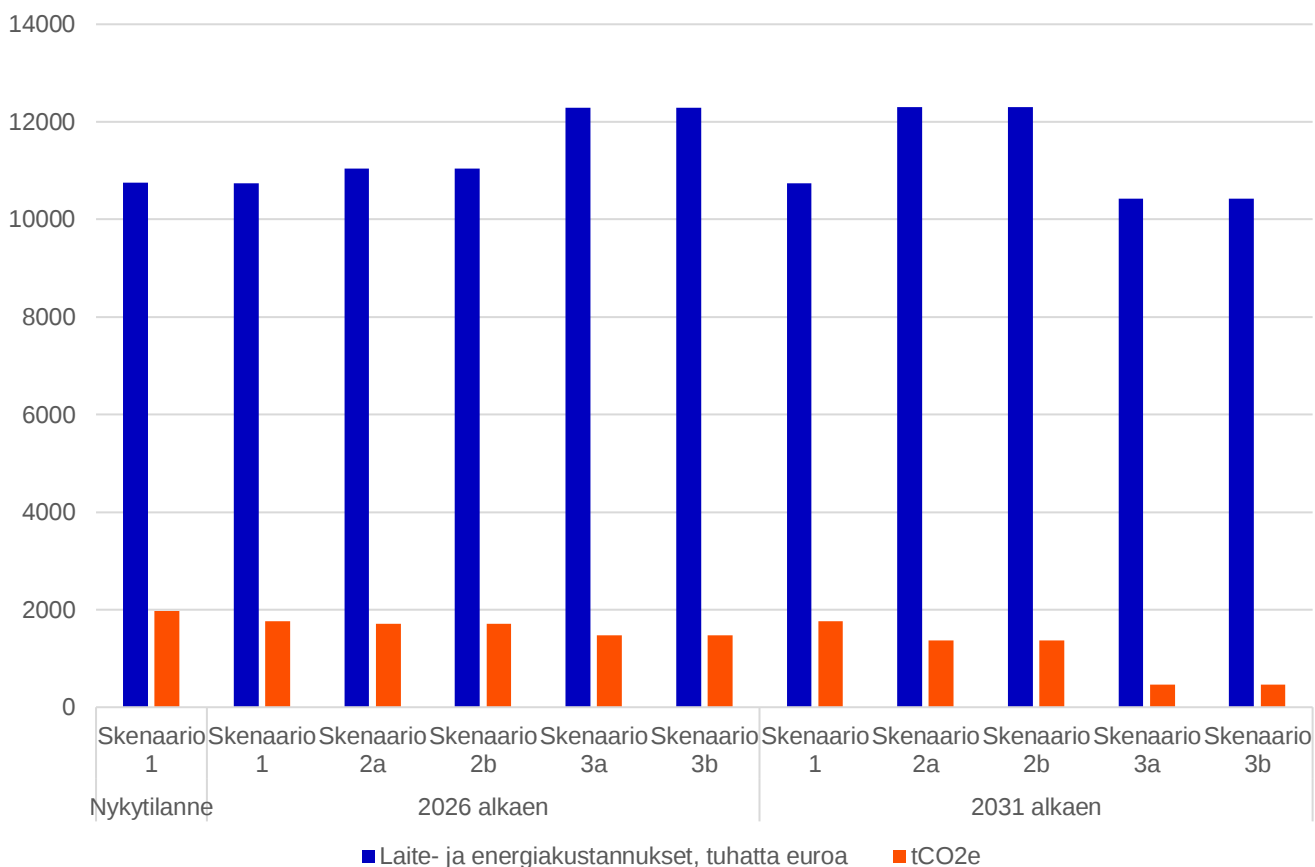


Kuva 2-2. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys Tilat-palveluiden laite- ja energiakustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

Infrarakentaminen

Taulukko 2-3. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys infrarakentamisen laite- ja energia-kustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

	Nykytilanne					2026 alkaen					2031 alkaen				
	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b
Laite- ja energia-kustannukset, tuhatta euroa	10749	10684	10684	10684	10684	10744	11041	11041	12289	12289	10744	12301	12301	10428	10428
tCO ₂ e	1977	1763	1763	1763	1763	1763	1707	1707	1468	1468	1763	1372	1372	467	467

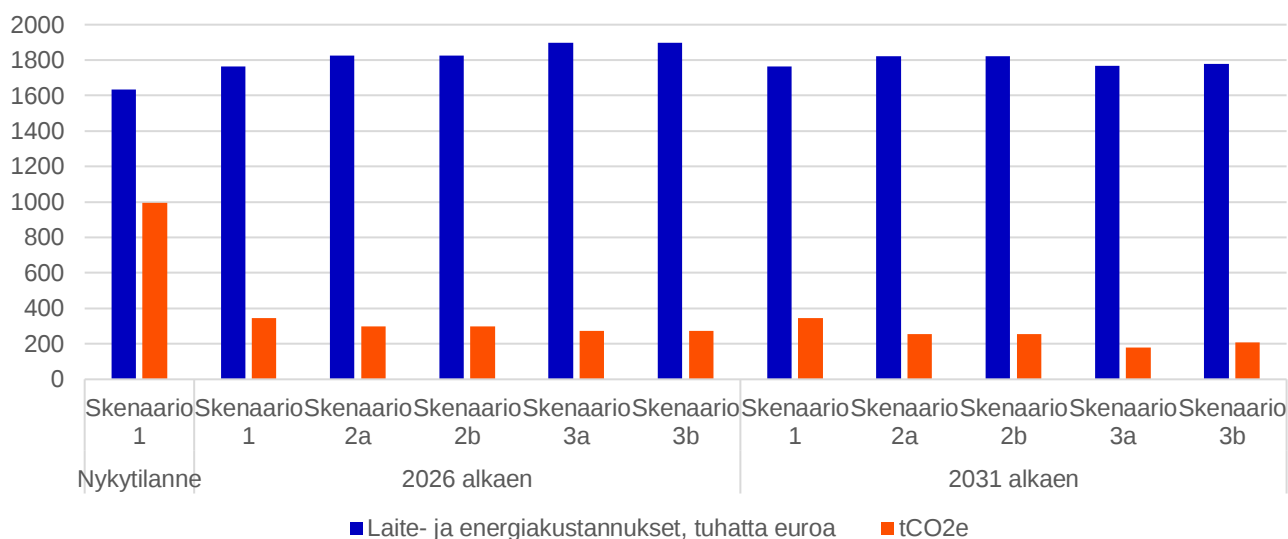


Kuva 2-3. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys infrarakentamisen laite- ja energiakustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

Yleisten alueiden kunnossapito

Taulukko 2-4. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys yleisten alueiden laite- ja energia-kustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

	Nykytilanne					2026 alkaen					2031 alkaen				
	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b
Laite- ja energia-kustannukset, tuhatta euroa	1633	1633	1633	1633	1633	1764	1824	1824	1898	1898	1764	1823	1823	1766	1778
tCO2e	994	994	994	994	994	347	300	300	273	273	347	256	256	181	207



Kuva 2-4. Skenaariotarkastelun perusteella arvioitu kehitys yleisten alueiden laite- ja energiakustannuksissa sekä kasvihuonekaasupäästöissä vuosina 2026 ja 2031.

Kuvailulehti

Tekijä	Lauri Aantaa, Emma Liljeström, Juha Seppälä ja Nicholas Stewart (Sitowise Oy)
Nimike	Selvitys päästöttömien työmaiden green deal -vaatimusten vaikutuksista
Sarjan nimike	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2024:20
Julkaisuaika	12/2024
Sivuja	52
Liitteitä	2
ISBN	978-952-386-535-8
ISSN	2489-4257 (verkkojulkaisu)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi

Tiivistelmä:

Sitowise Oy:n toteuttamassa selvityksessä koottiin tietoa päästöttömät työmaat green deal -sopimuksen vaikutuksista Helsingin kaupungin rakentamisen ja kunnossapidon palveluissa. Lisäksi selvityksessä arvioitiin sopimuksen tulevien vaatimusten täyttymisen edellytyksiä. Selvitystyön tavoitteisiin kuuluivat päästövaikutusten ja kustannusvaikutusten arviointi sekä kustannustehokkaiden keinojen tunnistaminen rakennetun ympäristön ja työmaiden elinkaaristen päästöjen vähentämiseksi. Selvityksen rahoittamiseen osallistuivat Canemure-hanke (LIFE17 IPC/FI/000002) sekä kaupunkiympäristön toimialan tilat-palvelu, asuntotuotanto sekä yleisten alueiden kunnossapito.

Selvitystyön aikana tehtyjen kirjallisuuskatsausten, tietokyselyjen, työpajan ja asiantuntijahaastatteluiden perusteella voidaan todeta, että green deal -vaatimukset ovat erittäin kunnianhimoisia ja esimerkiksi käyttövoimamuutoksille asetettuja tavoitteita ei tämänhetkisen näkemyksen mukaan tulla vielä vuonna 2026 saavuttamaan. Tulevien tavoitteiden saavuttamiseksi isompien työkoneiden, kuten rekkojen ja kaivukoneiden, markkinamuutosta tulisi edistää voimakkaasti. Raskaiden työkoneiden sähköistämällä voidaan hiilidioksidipäästöjen lisäksi vähentää tehokkaasti myös työmaatoiminnoista aiheutuvia paikallispäästöjä.

Päästöttömien työmaiden käytännön haasteiden ratkaisemiseen liittyvät paikalliset kokemukset ovat toistaiseksi vähäisiä, mutta teknisestä näkökulmasta vaatimukset ovat saavutettavissa. Alan toimijat ovat motivoituneita kehittämään toimintaansa vähähiilisemmäksi. Erilaiset kokeilut niin kilpailutukseen kuin työmaiden toimintaan ja työkoneisiin liittyen ovat arvokkaita ja tarjoavat lisätietoa siitä mikä toimii ja mikä ei. Hyvien kokemusten, toimintatapojen ja ratkaisujen kokoaminen ja jakaminen on keskeistä ja näitä tulisikin jakaa paitsi kaupungin sisällä myös muiden green deal -sopimukseen sitoutuneiden toimijoiden kesken.

Avainsanat:

päästötön työmaa, green deal -sopimus, talonrakentaminen, infrarakentaminen, kunnossapito, työkoneet, sähköistyminen, työmaatoiminnot, vähähiilisyys



Helsinki

Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.