

Hämeentien CO₂-päästölaskenta ja ilmastoviisaat tarkastelut

Saila Pahkakangas, Aino-Kaisa Nuotio, Kiia Mölsä, Sanna Vienonen, Jukka Räsänen, Jarkko Parkkisenniemi, Juha Hälikkä ja Teemu Matilainen



Kaupunkiympäristön aineistoja 2020:30

Hämeentien CO₂-päästölaskenta ja ilmastoviisaat tarkastelut

Saila Pahkakangas, Aino-Kaisa Nuotio, Kiia Mölsä,
Sanna Vienonen, Jukka Räsänen, Jarkko Parkkisenniemi,

Juha Hälikkä ja Teemu Matilainen



LIFE17 IPC/FI/000002
LIFE-IP CANEMURE



Kannen kuva | Ramboll Oy
Julkaisija | Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala
ISBN | 978-952-331-874-8
ISSN | 2489-4257

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	5
2.	Määritelmät	5
3.	Tarkastelun sisältö	7
4.	Kohteen kuvaus	8
5.	Työn kuvaus	9
5.1	Laskennan lähtötiedot	9
5.2	Menetelmän kuvaus	9
6.	Katurakentamisen päästöt	10
6.1	Infrarakentamisen päästöt	10
6.1.1	Valaistus	12
6.1.2	Maisemointi	13
7.	Tarkasteltavat infrarakentamisen resurssiviisaat ratkaisut	15
7.1.1	Purettavien rakennekerrosten kierrätys	15
7.1.2	Kivimateriaalien kierrätys	16
7.1.3	Asfaltin uusiokäyttö	18
7.1.4	Kierrätyskasvualusta	20
7.2	Työkoneiden energiamuodon vaikutus työmaapäästöihin	20
8.	Resurssiviisaiden toimenpiteiden vaikutus hankkeen päästöihin ja kustannuksiin	23
8.1	Hankkeen potentiaalinen päästösäästö	23
8.2	Infrarakentamisen kustannustarkastelu	24
9.	Vesihuollon ja hulevesien eriyttämisen päästöt	26
9.1.1	Vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälki	26
9.1.2	Herkkyystarkastelu ison runkoputken materiaalille	27
9.1.3	Hulevesien eriyttämisen hiilijalanjäljen arviointi	27
10.	Rakentamisen välilliset päästöt	28
10.1	Työnaikaisten liikennejärjestelyiden ilmastovaikutukset	28
10.1.1	Rakentamisen vaiheistus	28
10.1.2	Liikennejärjestelyiden vaikutus autoliikenteen CO ₂ -päästöihin	29
10.2	Kunnossapidon ja huollon aiheuttamat päästöt	33
11.	Pohdinta ja jatkotoimenpiteet	34
11.1	Infrarakentamisen ilmastovaikutukset	34
11.2	Päästölaskenta suunnittelun apuna	35
12.	Lähdeluettelo	39

LIITE 1. Päästölaskennassa käytetyt päästökertoimet

LIITE 2. Vesihuollon ja hulevesien eriyttämisen päästöt

TERMEJÄ

Elinkaariarviointi	Elinkaariarviointi (LCA, life cycle assessment) on menetelmä tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arviointiin.
Hiilijalanjälki	Hiilijalanjälki kuvaa tuotteen tai palvelun ilmastovaikutusta muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi. Rakennus- ja infrahankkeiden osalta hiilijalanjäljellä tarkoitetaan yleensä elinkaaren hiilijalanjälkeä.
Hiilikädenjälki	Hiilikädenjälki kuvaa tuotteesta tai palvelusta syntyviä ilmastohyötyjä, joita ei syntyisi ilman kyseistä tuotetta tai palvelua. Yksikkö hiilidioksidiekvivalentti.
Kasvihuonekaasu	Yhdiste, joka ilmakehässä ollessaan absorboi lämpöä ja palauttaa siitä osan takaisin maapallolle. Kasvihuonekaasuja ovat mm. hiilidioksidi (CO ₂), metaani (CH ₄) ja CFC-yhdisteet.
Päästö	Päästöillä tarkoitetaan yleisesti ihmisen ympäristöön päästämiä yhdisteitä, joilla on haitallisia vaikutuksia esimerkiksi ilmastoon, ilmaan, vesistöihin tai ihmisen terveyteen.
Päästölaskenta	Päästöjen (erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen) arvioimisesta käytettävä termi. Myös elinkaariarviointi ja hiilijalanjälki ovat päästölaskentaa. Päästölaskennassa huomioon otettavien päästöjen laajuus voi vaihdella tapauskohtaisesti ja päästölaskenta voi kattaa esimerkiksi vain tietyn osan tarkasteltavan kohteen elinkaaresta tai keskittyä tiettyjen materiaalien päästöjen vertailuun.
Uusiomateriaali	Uusiomateriaaleilla tarkoitetaan monenlaisia sekundäärisiä materiaaleja, jotka soveltuvat sellaisenaan tai jalostettuina käytettäväksi maarakentamisessa. Uusiomateriaalit voivat olla sivutuotteita (esim. kuonat), jätteitä (esim. betonimurske), kierrätystuotteita (esim. vaahtolasimurske) tai ylijäämämaita. Termiä uusiomateriaali ei sellaisenaan tunneta lainsäädännössä tai standardeissa.
Ympäristökestävyys	Ympäristökestävyys (myös ekologinen kestävyys) on yksi kestävä kehityksen osa-alue. Ympäristökestävyys maarakentamisessa on osa laajempaa kestävä rakentamisen käsitettä, joka ottaa huomioon myös rakentamisen taloudelliset ja sosiaaliset näkökohdat. Ympäristökestävyydellä tarkoitetaan sitä, että pyritään minimoimaan hankkeesta aiheutuvat haitalliset ympäristövaikutukset ja turvaamaan luonnonvarojen kestävä käyttö, luonnon monimuotoisuuden säilyminen sekä ekosysteemien toimivuus.
Ympäristövaikutus	Jonkin tekijän tai joidenkin tekijöiden aiheuttama muutos ympäristössä.

1. JOHDANTO

Tässä työssä tarkasteltiin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyspotentiaalia Helsingin Hämeentien katusaneeraushankkeessa. Suomi tavoittelee aktiivisesti hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä ja pyrkii vahvistamaan rooliaan kiertotalouden edelläkävijänä (Hallitusohjelma 2019). Helsinki tavoittelee hiilineutraaliutta yhtä kunnianhimoisesti Hiilineutraali Helsinki 2035 – toimenpideohjelman avulla (Helsingin kaupunki 2018). Tarkasteltava kohde on osa CANEMURE-hanketta, jonka tavoitteena on edistää vähähiilisiä hankintoja sekä näin tukea Hiilineutraali Helsinki 2035-toimenpideohjelman käytännön toteuttamista. CANEMURE LIFE17 IPC/FI/000002-hanke on saanut rahoitusta Euroopan unionin Life-ohjelmasta.

Rakennetulla ympäristöllä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä. Rakennetun ympäristön hiilijalanjälki muodostaa noin kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (RT, 2020). Merkittävä osa rakennetun ympäristön hiilijalanjäljestä muodostuu rakennusten käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Infrarakentamisen osalta rakennusmateriaalit puolestaan muodostavat hankkeiden hiilijalanjäljestä suuriman osan. Useat infrahankkeiden keskeiset rakennusmateriaalit ovat päästöintensiivisiä joko niiden valmistuksen (esim. sementti, teräs, betoni, asfaltti) tai suurten kuljetusmäärien takia (maa- ja kiviainekset).

Kestävien ja vähäpäästöisten ratkaisujen pohjaksi tarvitaan tietoa infrarakentamisen päästöistä. Päästölaskennan avulla voidaan tuottaa konkreettista tietoa infrahankkeiden ilmastovaikutuksista sekä vertailla vaihtoehtoisten ratkaisujen ja materiaalien vaikutusta hankkeen kokonaispäästöihin. Tätä tietoa voidaan käyttää päätöksenteon tukena suunnittelussa.

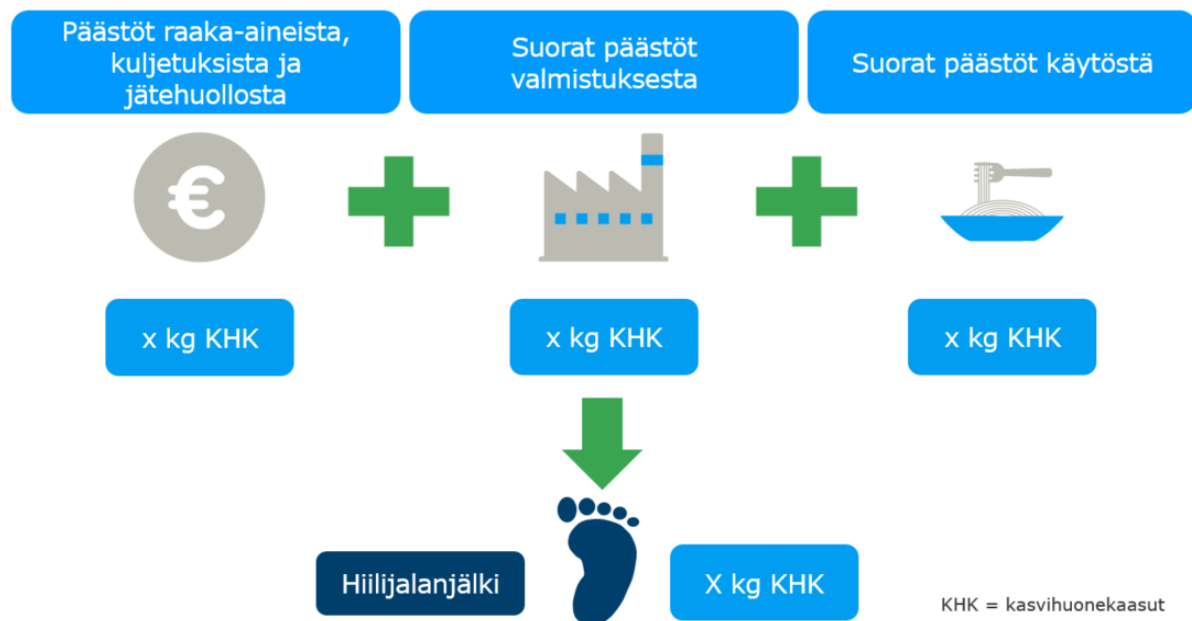
Hämeentien katuhanke toimii vähähiilisen infrarakentamisen pilottikohteena. Työn tavoitteena on laskea kadun parantamisen ja johtokadun uusimisen CO₂ ekv. päästöt ja kustannukset sekä tuottaa tietoa vaihtoehtoisista, resurssiviisaista ratkaisuista sekä päästöihin vaikuttavista tekijöistä. Päästövähennyskeinoja tunnistettiin määrittämällä tarkasteltavien hankkeiden suunnitteluratkaisuille vähäpäästöisemmät ratkaisut. Vaihtoehtoisten ratkaisujen muodostamisessa keskityttiin niihin ratkaisuihin, joihin suunnittelulla voidaan vaikuttaa. Tehty selvitys tukee kohteen katu- ja rakennussuunnittelua ja tulosten avulla suunnittelua ohjataan vähäpäästöiseen suuntaan. Täten selvityksen tulokset edistävät hiilineutraaliuden toteutumista ja antavat tietoa soveltuvista käytännön toimenpiteistä infrarakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi myös muissa infrahankkeissa. Tarkastelun pohjalta annetaan yleisemmällä tasolla suosituksia rakentamisesta aiheutuvien päästöjen huomioon ottamiseksi maankäytön ja hankkeiden suunnittelussa.

Kohteen infran ja vesihuollon rakentamisen päästölaskennan lisäksi laskettiin hiilijalanjälki Hämeentielle suunniteltujen vesihuoltorakenteille sekä valuma-alueella tulevaisuudessa tapahtuvalle hulevesien eriyttämiselle. Optiosta on laadittu erillinen raportti (Liite 2). Vesihuoltorakenteiden sisällyttäminen projektiin mahdollistaa pelkkien katutöiden päästöjen arviointiin verrattuna kokonaisvaltaisemman kuvan uudistusten kokonaishiilipäästöistä.

2. MÄÄRITELMÄT

Hankkeen ilmastovaikutuksia arvioitiin rakentamisen hiilijalanjäljen perusteella. Vaihtoehtoisten, resurssiviisaisten suunnitteluratkaisuiden positiivisia ilmastovaikutuksia tarkasteltiin hiilikädenjäljen perusteella.

Hiilijalanjälki kuvaa kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä, joita syntyy tarkasteltavan tuotteen, palvelun, rakennuksen tai hankkeen elinkaaren aikana (Kuva 1). Hiilijalanjälkilaskennassa noudatetaan yleisesti LCA-menetelmää (life cycle assessment, elinkaariarviointi), joka on standardoitu systemaattinen menetelmä elinkaaren aikaisten ilmastovaikutusten arvioimiseksi (mm. ISO 14040 ja 14060 -sarjojen standardit). Elinkaariarviointi käsittää kaikki tarkasteltavan tuotteen vaiheet ”kehdosta hautaan” (cradle-to-grave) -periaatteella: materiaalien hankinnan, prosessoinnin ja kuljetuksen sekä tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, huollon, hylkäämisen ja mahdollisen loppukäytön. Elinkaariarviointeja tehdään myös suppeammin rajauksin, esimerkiksi cradle-to-gate -tarkastelu kattaa tuotteen tuotantoketjun raaka-ainehankinnasta tehtaan portille, mutta ei tuotteen käyttöä tai elinkaaren loppua.

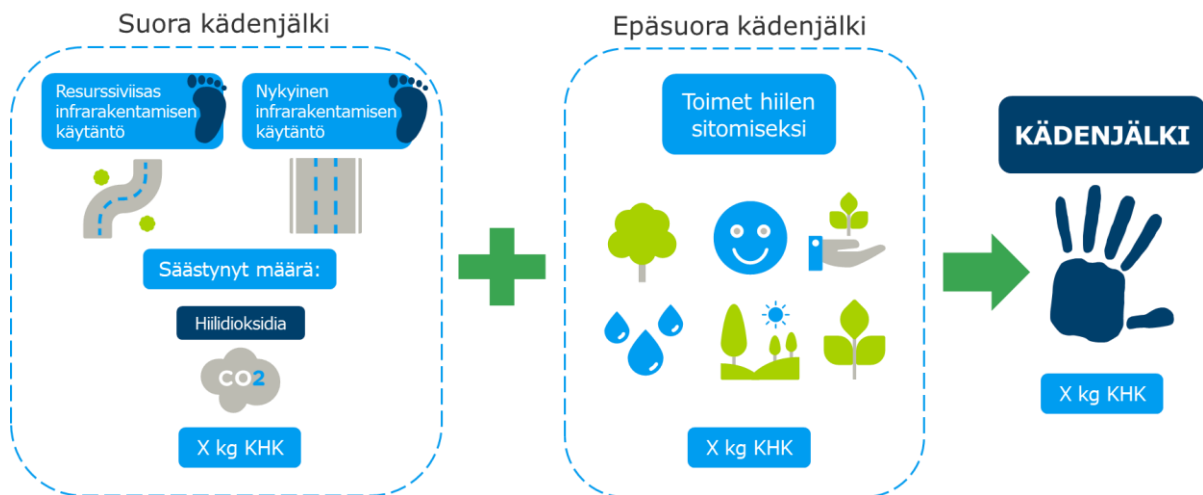


Kuva 1. Periaatteellinen kaaviokuva hiilijalanjäljen laskennasta

Hiilikädenjälki on sisällöltään vastaava kuin jalanjälki, mutta kuvaa negatiivisen sijaan positiivisia ilmastovaikutuksia (Green Building Council Finland, 2020). Ympäristöministeriön *Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmässä* hiilikädenjäljellä tarkoitetaan koko elinkaaren aikana syntyviä absoluuttisia ilmastohyötyjä, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta (Ympäristöministeriö, 2019a). Hiilikädenjälki kuvaa esimerkiksi rakennuksen, tuotteen tai yrityksen toiminnan myötä ilmakehästä sidottua hiiltä tai paremmalla toiminnalla vältettyjä päästöjä. Hiilikädenjälki koostuu suorasta ja epäsuorasta kädenjäljestä (Kuva 2). Hiilikädenjäljen laskentaan ei ole vielä vakiintunutta kansainvälistä standardia, koska aihe on sen verran uusi, ja kädenjäljen voi määritellä eri tavoin eri yhteyksissä.

Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaan hiilikädenjälkeen laskettavia ilmastohyötyjä ovat esimerkiksi:

- rakennusmateriaaleihin varastoitunut eloperäinen hiili,
- rakennusmateriaaleihin elinkaaren aikana mahdollisesti sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi,
- rakennuksessa tai tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia,
- rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt kasvihuonekaasupäästöt.



Kuva 2. Periaatteellinen kaaviokuva hiilikädenjäljen laskennasta.

Kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnista puhutaan usein myös termillä **päästölaskenta**. Myös elinkaariarviointi ja hiilijalanjälki ovat päästölaskentaa, mutta päästölaskenta on laajempi käsite. Päästölaskennassa huomioon otettavien päästöjen laajuus voi vaihdella tapauskohtaisesti ja päästölaskenta voi kattaa esimerkiksi vain tietyn osan tarkasteltavan kohteen elinkaaresta tai keskittyä tiettyjen materiaalien päästöjen vertailuun.

3. TARKASTELUN SISÄLTÖ

Työssä määritettiin suunnitteluvaiheen rakentamisen aikaiset päästöt eli hiilijalanjälki, joka sisältää rakennusmateriaalien tuotannon, kuljetuksen ja asennuksen/ työsuorituksen päästöt. Tarkasteluun ei sisällytetty käytön ja ylläpidon aikaisia päästöjä eikä käytöstä poistamisesta aiheutuvia päästöjä. Hiilijalanjälki laskettiin perinteisesti rakennettavalle hankkeelle ja vaihtoehdolle, jossa rakentaminen toteutetaan resurssiviisaasti. Lisäksi määritettiin rakentamisen kustannukset, jotta voidaan arvioida päästöjä vähentävien toimenpiteiden vaikutusta hankkeen kustannuksiin. Tehty selvitys sisältää seuraavat tarkastelut:

- Kohteen infran- ja vesihuollon ns. tavanomaisesti toteutettavan rakentamisen hiilijalanjälkilaskenta
 - Vesihuoltojärjestelmien rakentamisen hiilijalanjälki sekä alueen hulevesien eriyttämisen vaikutuksia jätevedenpuhdistuksen hiilijalanjälkeen arvioitiin erillisenä optiotyönä
- Vaihtoehtoisten, resurssiviisaisten suunnitteluratkaisuiden määrittäminen ja hiilijalanjälkilaskenta
- Työnaikaisten liikennejärjestelyiden ilmastovaikutusten arviointi
- Suunnitteluratkaisujen vaikutus kadun kunnossapitoon ja siinä muodostuviin päästöihin
- Työmaatoimintojen käyttövoiman (diesel, biodiesel, sähkö) vaikutus päästöihin
- Kustannustarkastelu perinteiselle sekä resurssiviisaille vaihtoehdoille
- Yhteenveto kustannustehokkaista ja resurssiviisaista infrarakentamisen vaihtoehdoista ja suositukset ilmastoviisaisiin infrarakentamisen käytäntöihin ja jatkotoimenpiteisiin.

5. TYÖN KUVAUS

5.1 Laskennan lähtötiedot

Rakentamisen aikaisten päästöjen laskenta perustui suunnittelijalta saatuihin yleissuunnitteluvaiheen rakennusosamääriin laskettavien kokonaisuuksia osalta. Laskentaan sisällytettiin InfraRYL-litteraston sarjat 10000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä 21000 Päälysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset, eli käytännössä laskenta sisältää asfalttikerroksen sekä kaikki sen alapuoliset rakenneosat ja pohjanvahvistustoimenpiteet. Lisäksi laskenta käsittää valaisimet perustuksineen, köynnösten kasvualustat tukirakenteineen, kasvillisuuden muutoksen ja luonnonkivimuurin rakentamisen. Erillisenä tarkasteluna määritettiin vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälki sekä hulevesien eriyttämisen vaikutus veden käsittelyn hiilijalanjälkeen. Rakennusosat oli esitetty InfraRYL:n litteraston mukaisina osina ja määrät oli ilmoitettu esimerkiksi yksikössä m²tr ja m³ktr. Lisäksi laskennassa käytettiin tiedossa olevia kuljetusmatkoja ja muita työn toteumatietoja, kuten kaivumaiden maalajiominaisuuksia.

Materiaalin tuotannon päästöarvojen lähteenä käytetään eri tuotevalmistajilta saatavissa olevia arvoja, alan tutkimustuloksia sekä VTT:n määrittämiä päästöarvoja (Rapal, 2019). Päästölaskennassa huomioitavat materiaalien kuljetusmatkat perustuvat oletuksiin toteutuvista kuljetusmatkoista ko. hankkeella. Työvaiheiden päästöjen arvioinnissa huomioitiin InfraRYL:ssä esitetyt toimenpiteet (tiivistys, kaivu, kuormaus jne.) jokaiselle litteralle. Kuljetusten ja työkonien päästöarvot perustuvat VTT:n Lipasto-tietokantaan ja työkonikohtaisiin kulutustietoihin.

5.2 Menetelmän kuvaus

Tarkasteluun valittujen hankkeiden rakentamisesta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen laskenta suoritettiin Excel-pohjaisella päästölaskentaohjelmalla. Laskentaparametrina käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂ ekv.), joka on kasvihuonekaasujen yhteismitta kuvaten merkittävimpien kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Eri kaasujen vaikutus huomioidaan hiilidioksidiekvivalentissa lämmityspotentiaalikerroimien avulla.

Päästölaskenta noudattaa CEN/TC 350-standardipaketin (*Sustainability of construction works*) standardeja. Puitestandardin EN 15643-5 (*Assessment of building and Civil Engineering Works - Part 5: Framework for the assessment of sustainability performance*) mukaan infrarakenteiden elinkaari muodostuu tuotevaiheesta (A1-A3), rakentamisesta (A4-A5), käyttövaiheesta (B1-B8) ja elinkaaren lopusta (C1-C4) (Kuva 4). Infrarakentamisen laskenta rajattiin elinkaaren **vaiheeseen A (rakentaminen)**. Rakentamisen päästölaskenta ei sisällä standardin vaiheita B (Use stage) ja C (End of life stage).

Infrarakentamisen elinkaaren aikaisiin päästöihin voidaan tehokkaimmin vaikuttaa rakentamisvaiheessa A, minkä vuoksi tässä selvityksessä on keskitytty ko. vaiheen päästöihin. Rakentamisvaiheeseen sisällytetään sekä suunnitteluvaihe että itse rakentamistoiminta. Infrarakenteiden käytön energiankäyttöä (liikenne, siirretty vesi, siirretty energia) ei lasketa rakenteen energiankäyttöön, kuten rakennusten lämmitys ja muu käyttö lasketaan. Infrarakenteiden ylläpito ja korjaustoimenpiteistä aiheutuva energian kulutus kohdistetaan itse rakenteelle, mutta tätä energiankulutusta ei ole tilastoitu kattavasti (RT 2020). Onkin huomattava, että vaiheessa A tehdyt ratkaisut vaikuttavat myös vaiheisiin B ja C, sillä materiaaleilla on erilaiset tekniset ominaisuudet, jotka edelleen taas vaikuttavat mm. rakenteen kestävyys ja käyttöikä. Elinkaarikestävyys voidaan vaikuttaa mm. huolellisella työn suunnittelulla ja laadunvalvonnalla.

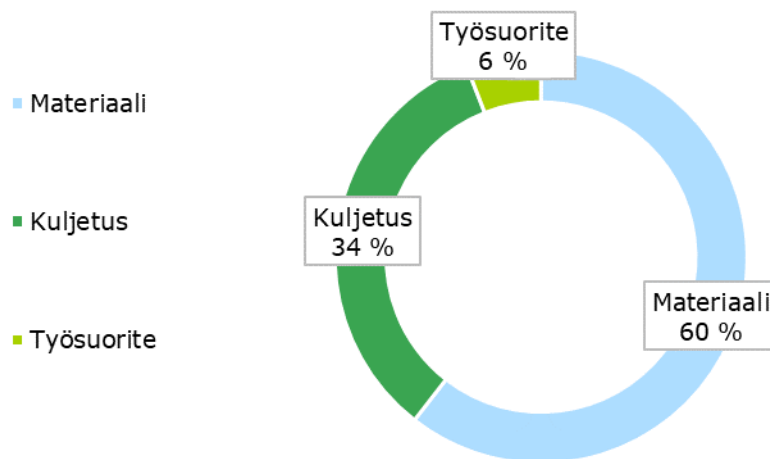
Käyttövaiheen eli vaiheen B (use stage) päästöjä arvioitiin erikseen suunnitteluratkaisujen avulla mm. arvioimalla ratkaisujen vaikutusta kunnossapitoon ja siinä aiheutuviin päästöihin, esimerkiksi lumenaurauksen sujuvuuteen.



6. KATURAKENTAMISEN PÄÄSTÖT

Tavanomaisen katurakentamisen hiilijalanjälki määritettiin yleissuunnitteluvaiheen lähtötietojen sekä suunnittelun aikana tehtyjen tarkentavien tutkimusten perusteella. Rakentamisen työsuoritteet ja kuljetusmatkat asetettiin vallitsevien käytäntöjen mukaisiksi. Rakennusmateriaalit oletettiin neitseellisiksi ja ne oletettiin tuotavan pääkaupunkiseudulta 20-25 km säteeltä. Soveltuvat purkumateriaalit (asfaltti, kiveykset) määritettiin kuljetettavan kaupungin käytäntöjen mukaisesti kierrätysasemille, mutta materiaaleja ei oletettu hyödynnettävän hankkeella. Purettavat rakennekerrokset oletettiin kuljettavan 40 km, purettava asfaltti 15 km ja purettavat kiveykset 20 km päähän kaupungin välivarastolle. Tavanomaisesti toteutettava vaihtoehto toimii ns. Worst Case -skenaariona, johon resurssiviisaita vaihtoehtoja verrataan.

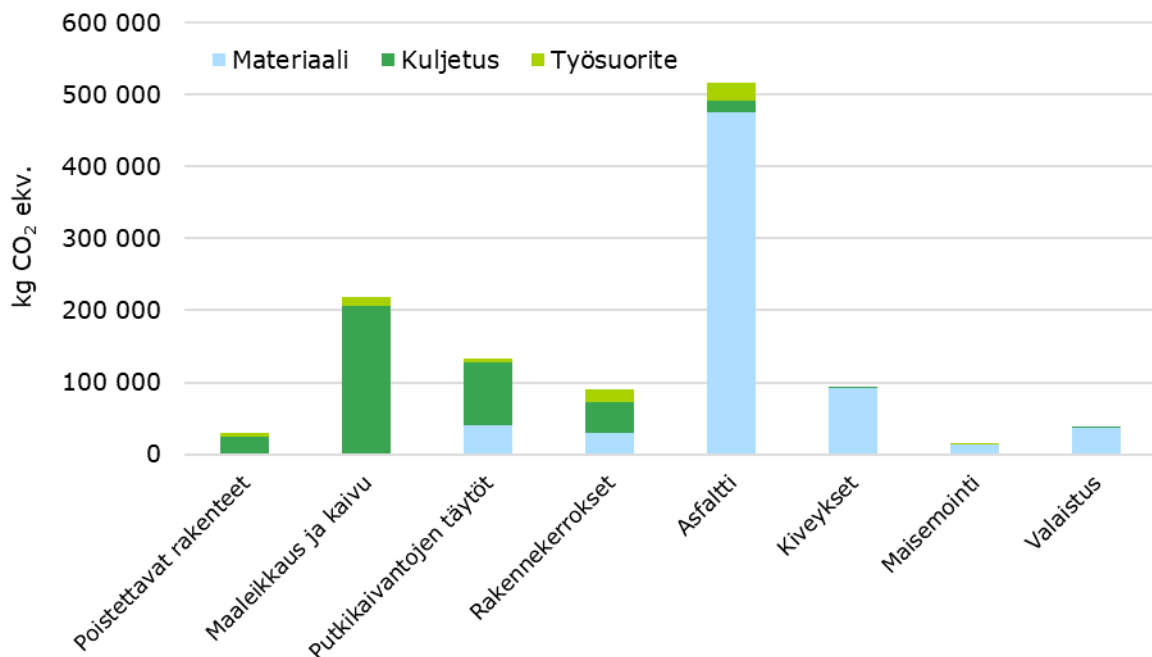
Tavanomaisen rakentamisen kokonaispäästöt ovat n. 1 136 000 kg CO₂ ekv. Päästöistä yli puolet (60 %) muodostuu materiaalien tuotantovaiheessa, kuljetus vastaa 34 % ja työsuorite 6 % (Kuva 5) kokonaispäästöistä. Suurimmat päästöt aiheutuvat asfaltin materiaalituotannosta. Kokonaisuudessaan asfaltti vastaa n. 46 % hankkeen kokonaispäästöistä (Taulukko 1). Maaleikkausta ja kaivua tehdään määrällisesti paljon, mikä nostaa poiskuljetettavan kaivumateriaalin kuljetuspäästöjä (Kuva 6). Itse työsuoritteiden päästöjen merkitys on vähäinen verrattuna kuljetuksesta aiheutuviin päästöihin. Rakennekerrosmateriaalien sekä putkijohtokaivantojen täyttömateriaalien päästöt jakautuvat sekä materiaalien hankinnalle että kuljetukselle. Maisemointia sekä rakenteiden poistoa tehdään määrällisesti vähän, jolloin myös niiden merkitys kokonaispäästöihin on vähäinen.



Kuva 5. Worst case -skenaarion infrarakentamisen kokonaispäästöt (kg CO₂ ekv.) jaoteltuna materiaalin tuotantovaiheeseen, kuljetukseen sekä työsuoritteeseen.

Taulukko 1. Worst case -skenaarion infrarakentamisen kokonaispäästöt (kg CO₂ ekv., %) jaoteltuna InfraRYL-nimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL littera	Rakennusosatyyppi	kg CO ₂ ekv.	%
1100	Poistettavat rakenteet	30 635	2,7
1600-1700	Maaleikkaus ja kaivu	218 305	19,2
1800	Putkikaivantojen täytöt	133 152	11,7
2100	Rakennekerrokset	90 137	7,9
2100	Asfaltti	516 840	45,5
2100-2200	Kiveykset	94 240	8,3
2300	Maisemointi	14 509	1,3
5000	Valaistus	38 261	3,4
Yhteensä		1 136 080	



Kuva 6. Worst case -skenaarioiden infrarakentamisen kokonaispäästöt (kg CO₂ ekv.) jaoteltuna rakennusosien mukaisesti.

6.1.1 Valaistus

Hämeentien uusiksi katuvalaisinpylväiksi on valittu erikoisvalmisteiset, korostusvalaistavat teräksiset ristikkopylväät. Ristikkopylväs valittiin, koska alueella on käytössä vastaavia yhteiskäyttöpylväitä. Yhdessä tilaajan kanssa on todettu kyseinen pylvästyypin kaupunkikuvallisesti alueelle parhaiten sopivaksi. Ristikkopylväs on myös köynnöstukenä, joten se on monikäyttöinen pylväsvaihtoehto perinteisen teräspylvään sijaan.

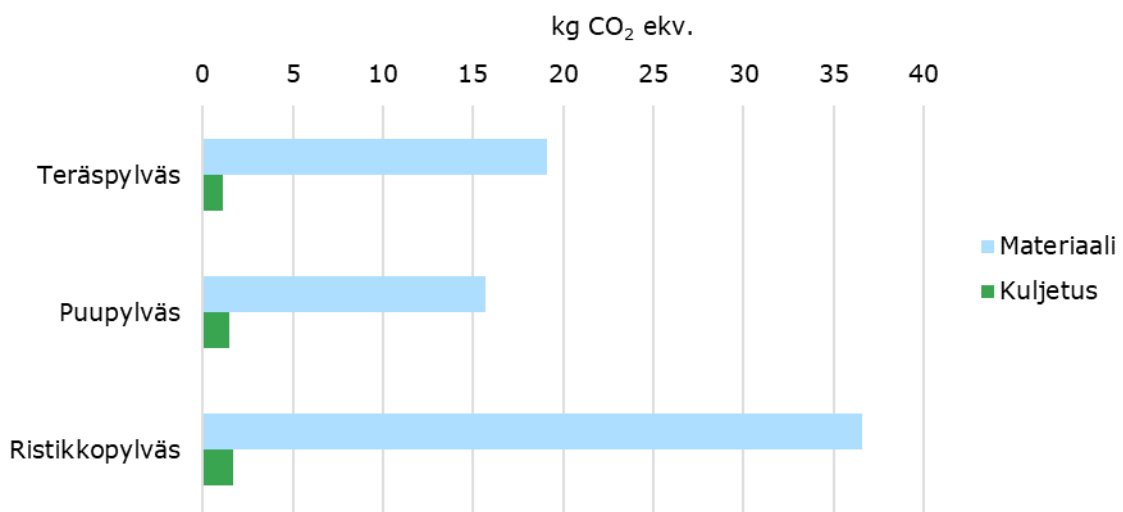
Valitun pylvästyypin materiaalien päästöjä verrattiin perinteiseen teräskartiopylvääseen sekä dekoratiivisiin puupylväisiin. Päästölaskennassa huomioitiin pylväs- ja jalustamateriaalit, valaisimet, kaapelit sekä kaapelien suojaputket. Laskennassa ei huomioitu materiaalien kierrätettävyyttä käytöstä poistamisen jälkeen eikä vanhojen pylväiden poistoa. Päästötiedot perustuvat valmistajalta saatuihin tietoihin.

Ristikkopylväs sekä perinteinen teräspylväs oletettiin valmistettavan Kangasniemellä (kuljetusmatka 242 km) ja puupylväät Parikkalassa (kuljetusmatka 315 km). Kuljetustyyppin oletettiin olevan sama eri pylvästyypeillä.

Saneerattavalle suunnittelualueelle hankittavien ristikkopylväiden kokonaispäästöt ovat 38,3 t CO₂ ekv. Vastaavien teräspylväiden laskennallinen kokonaispäästö on 20,2 t CO₂ ekv. ja dekoratiivisten puupylväiden 17,1 t CO₂ ekv. Päästöero on suurimmillaan 21,1 t CO₂ ekv. (55 %) ristikko- ja puupylväiden välillä. Vastaavasti päästöissä voitaisiin säästää 47 % (18,1 t CO₂ ekv.) valitsemalla vertailussa käytetty teräskartiopylväs. (Kuva 7) Kuljetuksen päästöissä ei ole merkittävää eroa. Ristikkopylväiden kuljetuspäästöt ovat suurimmat painavimman lastin vuoksi, mikä edellyttää useamman kuljetuskerran verrattuna teräskartio- ja puupylväisiin.

Erikoisvalmisteisen teräsristikkopylvään korkeat päästöt aiheutuvat kahteen muuhun pylvästyyppiin verrattuna suuremmasta betonijalustasta sekä ristikkorakenteen teräsmateriaalista. Betoni ja teräs ovat päästöintensiivisiä materiaaleja, mikä vaikuttaa suoraan muodostuviin materiaalien kokonaispäästöihin. Maalattujen teräspylväiden huollettavuudessa ei ole merkittäviä eroja, sen sijaan dekoratiivisen puupylvään puuosien pintakäsittelyä suositellaan uusittavaksi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Puuosien huollettavuus on kuitenkin teräspylväitä vähäpäästöisempää. Vertailtaville pylvästyypeille on saatavilla varaosia eikä pylväiden kestävyyydessä ole havaittu eroavaisuuksia. Täten elinkaaren aikaisten päästöjen voidaan arvioida olevan materiaalipäästöjen kaltaisia.

Ristikkopylvään etuja ovat niiden monikäyttöisyys – ristikkorakenne mahdollistaa köynnösten hyödyntämisen katuvihreänä puiden sijaan. Uusien puiden istuttaminen on runsaan kunnallistekniikan vuoksi haasteellista, eikä uusien istutusten menestyminen ahtauden vuoksi ole oletettavaa. Istutustilan tekeminen myös todennäköisesti pidentäisi työn kestoa kunnallistekniikalle aiheutuvien muutostöiden vuoksi, mikä välillisesti vaikuttaisi mm. työnaikaisen liikenteen päästövaikutuksiin (kts. kappale 10.1.2).



Kuva 7. Katuväläisinpylvästyypien tuotannon ja kohteelle kuljetuksen muodostamat päästöt (kg CO₂ ekv.)

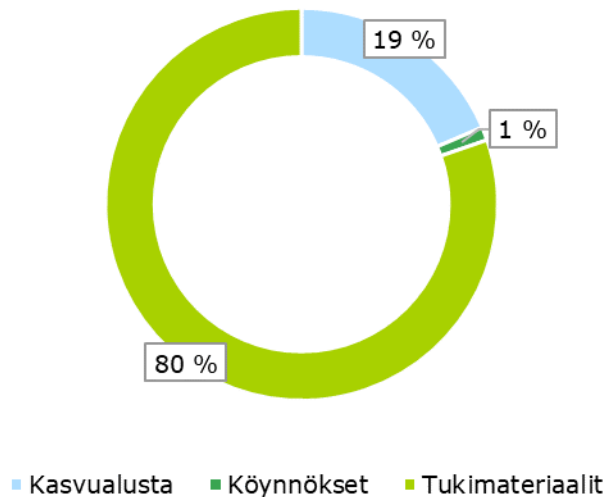
6.1.2 Maisemointi

Maisemoinnin osalta päästölaskennassa huomioitiin köynnöspylväiden ja luonnonkivimuurin rakentaminen sekä olemassa olevien puiden poisto. Katualueelta poistetaan 38 puuta, joiden kasvua rajoittaa puutteellinen juurtila. Puut korvataan valaistuksen ristikkopylväisiin kiipeävillä köynnöksillä. Köynnökset vaativat vähemmän kasvualustaa ja horisontaalista tilaa puihin verrattuna. Luonnonkivimuuri rakennetaan Hämeentien yhteydessä olevan Annalan puiston alueelle kadun varteen.

Köynnösrakenteiden hiilijalanjälkilaskelmassa huomioitiin kasvualusta ja köynnökset sekä em. tukimateriaalit. Ristikkopylväistä vain osalle (22 kpl) on suunniteltu köynnösistutus. Pylvään köynnösten kasvualustan tuentajärjestelmäksi on suunniteltu kulmateräksillä tuettu verkko. Tuetussa häkissä olevaa tavallista kasvualustaa täydentää päällystetyn alueen alle ulottuva kantava kasvualusta, joka koostuu kantavasta kiviaineksesta ja tavallisesta kasvualustasta. Kantavan kasvualusta korvaa kadun tukikerrosta, mikä huomioitiin vähentäen kasvualustan määrä kadun

tukikerroksen määrästä. Köynnöspylväiden päästöt muodostuvat pääasiassa tukimateriaaleista (80 %) (Kuva 8). Kantava kasvualusta muodostaa päästöistä viidenneksen ja köynnösten päästöarvo on hyvin pieni.

Kun huomioidaan sekä erikoisvalmisteisten ristikkopylväiden (kappale 6.1.1 Valaistus) että köynnösrakenteiden tuomat lisäpäästöt (vrt. teräspylväs), tuo köynnösten käyttö katuvihreänä 2 % lisän hankkeen kokonaispäästöihin. Lisäys päästöissä on siis pieni, mutta vaikutus suunnittelualueen viihtyisyyteen huomionarvoinen.



Kuva 8. Köynnöspylväiden prosentuaalinen hiilijalanjälki kg CO₂ ekv.

Luonnonkivimuuri rakennetaan ns. kylmäkivimuurina eli saumattomana. Kivimuurin pituus on yhteensä 55 m, lisäksi kivimuurin yhteyteen rakennetaan 10 m² luonnonkiviporrasta. Rakenteen kokonaispäästöt ovat 13 328 kg CO₂ ekv., josta valtaosa (98 %) muodostuu kivimateriaalien tuotannossa.

Puiden poiston hiilijalanjälkeen vaikuttaa sekä itse poistotyö että puiden myötä poistuva hiilinielu. Maaperään sitoutuva hiili ja karikkeen muodostus on metsissä ja viheralueilla merkittävä tekijä, mutta tiivistä rakennetussa ja päällystetyssä kaupunkiympäristössä maaperän merkitys hiilitaseeseen häviää.

Hankkeella on 38 kpl poistettavaa puuta. Puun hiilensitomiskyky kasvaa puun vanhetessa – mitä vanhempi puu sitä enemmän se kykenee sitomaan hiiltä. Yhden täysi-ikäisen puun on arvioitu sitovan 1,1 kg CO₂ vuodessa (Tooichi 2018). Näin ollen iäkkäiden ja hyväkuntoisten puiden säilyttäminen palvelee hiilitaloutta. Hämeentieltä poistettavat puut eivät tule kasvamaan täyteen mittaansa liian pienen kasvualustan vuoksi. Kasvualustaa ei ole mahdollista kasvattaa muiden katurakenteiden vuoksi. Sen sijaan iäkkäät ja täyteen mittaan kasvaneet puut säilytetään. Keskimääräisen hiilensidontakapasiteetin mukaan, poistettavien puiden myötä hiilinielu vähenee n. 42 kg CO₂ ekv. / vuosi. Jos hiilensidontakyvyn oletetaan pysyvän samana, on 20 vuoden aikana menetetty hiilinielu n. 840 kg CO₂ ekv. Voidaan kuitenkin arvioida, ettei poistettavien puiden hiilensidontakyky tulisi saavuttamaan tyypillistä tasoa, ja tällöin menetetyn hiilinielun määrä pienenee.

7. TARKASTELTAVAT INFRARAKENTAMISEN RESURSSIVIISAAT RATKAISUT

7.1.1 Purettavien rakennekerrosten kierrätys

Periaatteet

Suunnittelualueen saneerauksen yhteydessä vanhoja kadun rakennekerroksia uusitaan tarvittavin osin. Purettavien rakennekerrosten määrä määräytyy rakennekerrosmateriaalin laadun mukaan. Uusien rakennekerrosten tulee täyttää annetut tekniset kelpoisuusehdot. Vanhat rakennekerrokset voivat olla laadultaan puutteellisia mm. materiaalin hioutumisen ja sekoittumisen vuoksi. Lisäksi useita vuosikymmeniä sitten kadun rakennekerroksissa on voitu käyttää sekalaista murskemateriaalia, joka voi sisältää mm. rakennusjätettä, kuten tiiltä ja betonia. Suunnitteluvaiheessa tieto rakennekerrosten laadusta ei yleensä ole tarkkaa, jolloin hyötykäyttöasetetta ei voida vielä tarkkaan asettaa.

Yleissuunnitelmavaiheessa rakennekerrokset määritettiin purettavan kokonaisuudessaan kantavan kerroksen alapintaan ja vesihuoltokaivantojen kohdalla tukikerroksen alapintaan saakka (yht. 10 927 m³ltr). Purettavan materiaalin tarkka määrä tarkentuu tarkentavien PIMA- ja pohjatutkimustulosten perusteella sekä rakentamisvaiheessa, kun voidaan tarkastella olevan materiaalin laatua. Purkumateriaalin hyötykäyttöön vaikuttaa ensisijaisesti mm. materiaalin mahdollinen routivuus sekä kohteen asettamat vaatimukset. Tässä tarkastelussa poistettavat rakennekerrokset on määritetty saatavilla olevien tietojen ja tutkimusten mukaisesti yleissuunnitelmavaiheen tasoisesti.

Purettavia rakennekerrosmateriaaleja ei voida uusiokäyttää samassa tarkoituksessa kadun rakennekerrosmateriaalina. Hyötykäyttö on mahdollista putkijohtokaivantojen lopputäytöissä niiltä osin, kuin materiaali täyttää laatuvaatimukset. Ylijäämäinen purkumateriaali voidaan hyödyntää kaupungin muissa hankkeissa mm. pengermateriaalina tai -täyttönä, riippuen materiaalin kemiallisfysikaalisista ominaisuuksista.

Hyötykäyttö edellyttää välivarastointia suunnittelualueen sisällä tai lähialueella. Lopputäyttöön allokoitua materiaalin välivarastointia alueen sisällä vähentäisi materiaalin kuljetustarvetta, mutta tiiviisti rakennetulla katualueella välivarastointitilan osoittaminen on haasteellista. Materiaalin välivarastointi hankealueella edellyttää rakennuttamisen tarkkaa vaiheistamista ja purettavan materiaalin palauttamista mahdollisimman nopeasti kaivantoon. Välivarastointi suunnittelualueella myös asettaa ylimääräisiä reunaehtoja rakentamisen toteuttamiselle. Tiiviissä kaupunkiympäristössä on usein tehokkainta välivarastoida materiaali sille erikseen osoitetulle paikalle suunnittelualueen ulkopuolella. Jos mahdollinen alueen ulkopuolinen välivarastointipaikka sijaitsee kaukana kohteesta, on alueen sisällä varastointi potentiaalinen vaihtoehto.

Purettavat rakennekerrosmateriaalit pyritään hyödyntämään ja varastoimaan urakan aikaan sopivassa paikassa kaupungin alueella. Välivarastointi ja massojen hyötykäyttö edellyttää rakennushankkeiden välistä koordinoitua. Saatavilla olevien välivarastointikenttien määrä ja sijainti riippuvat meneillään olevien hankkeiden vaiheista. Täten päästölaskennassa käytettiin yleistä, Helsingissä tyypillistä, 15 km sädettä hyödyntämiskohteen ja välivarastointipaikan etäisyyksille.

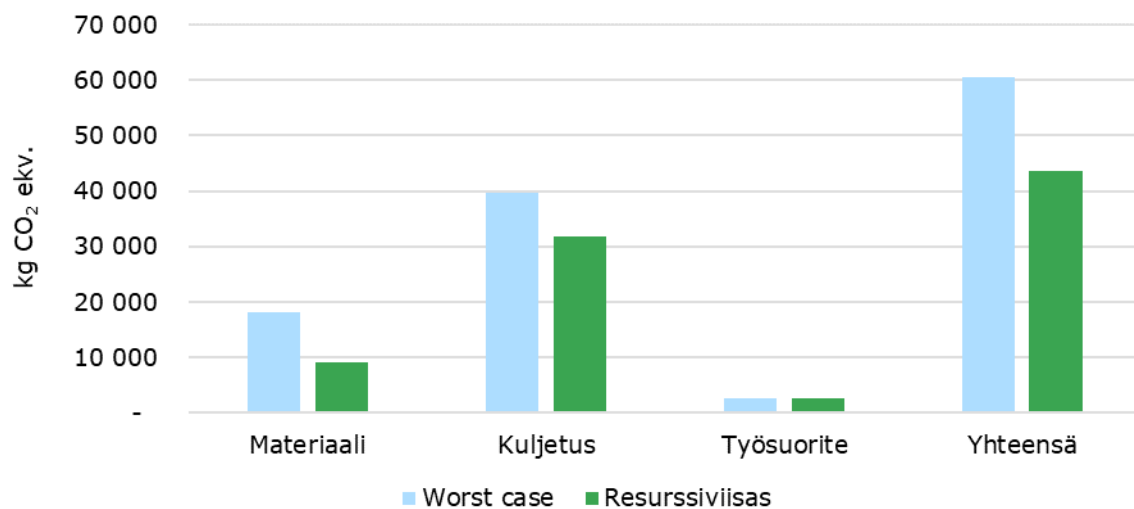
Tulokset

Worst case -skenaariota verrattiin resurssiviisaaseen vaihtoehtoon, jossa tehtiin seuraavat ilmastoviisaat toimenpiteet:

- Vesihuoltokaivantojen lopputäyttömateriaalista puolet (3866 m³tr) korvataan rakennekerrosten purkumateriaalilla.
- Kaikki loput rakennekerrosmateriaalit (7061 m³tr) hyödynnetään kaupungin muilla hankkeille 15 km säteellä, sen sijaan että ne kuljetettaisiin 40 km päähän loppusijoitukseen.
- Välivarastointi toteutetaan kaupungin sisällä 15 km säteellä hankkeelta.

Kun puolet lopputäyttömateriaalista korvataan rakennekerroksista kierrätetyllä materiaalilla, on saavutettava päästösäästö n. 17 000 kg CO₂ ekv. Päästösäästöjä syntyy sekä materiaalin tuotannossa että kuljetuksessa. Kuljetuksessa säästetään, kun purkumateriaaleja ei kuljeteta pitkän matkan päähän loppusijoitukseen (15 km vs. 25 km). (Kuva 9)

Samaan tapaan loppujen purkumateriaalien hyödyntäminen kaupungin muilla hankkeilla säästää sekä kuljetuksen että materiaalin päästöissä ja kustannuksissa, kun rakennusmateriaalia hankkeelle voidaan tuoda kaupungin sisältä ja materiaalin uusiokäytöllä vältetään neitseellisen murskemateriaalin käyttö. Kokonaisuudessaan materiaalien kierrätys kaupungin sisällä tuo potentiaalisesti 32 400 kg CO₂ ekv. päästösäästöt. Tästä kuljetukset vastaavat 37 % ja materiaalit 63 %. Laskennallista materiaalien päästösäästöä ei kuitenkaan voida jyvittää tarkastellulle hankkeelle, vaan päästösäästö kohdistetaan sille hankkeelle, jossa hyötykäyttö tapahtuu. Positiivinen ilmastovaikutus kuitenkin jää kaupungin hyödyksi.



Kuva 9. Lopputäyttömateriaalin kierrätyksen potentiaaliset päästösäästöt (kg CO₂ ekv.)

7.1.2 Kivimateriaalien kierrätys

Suunnittelukohteessa puretaan kiveyksiä yhteensä n. 1 600 m²tr sekä reunatukea n. 4000 mtr. Purettavia kiveysmateriaaleja on mahdollista uusiokäyttää Hämeentien urakassa tai muilla kaupungin hankkeilla. Hyötykäyttö edellyttää kiveysten purkamista lajitellen siten, että eri kivityypit ja -värit voidaan välivarastoida erillään. Purku tulee suorittaa huolellisesti, jotta minimoidaan kivien rikkoutuminen. Tarkasteltavassa urakassa on mahdollista hyödyntää sekaväristä kiveystä, mutta purettavat kivet voivat päätyä hyötykäyttöön myös muille kaupungin hankkeille. Tällöin lajitteleva purku mahdollistaa kivien hyötykäytön mahdollisimman monella hankkeella. Erittely väreittäin on kannattavaa tehdä purkuvaiheessa, koska lajittelu vaikeutuu kivien välivarastointivaiheessa.

Luonnonkivet voidaan yleensä purkaa ehjinä, jolloin ne ovat sellaisenaan uudelleen käytettävissä vastaavassa tarkoituksessa. Betoniset kiveykset ja verhoukset ovat usein asennettu lujittuvan saumamateriaalin avulla, mikä vaikeuttaa kivien purkamista ehjänä. Joskus myös luonnonkiviä asennetaan lujittuvalla saumamateriaalilla. Saumattujen kivien käyttö vastaavassa tarkoituksessa on hankalaa, koska saumamateriaalin poistaminen on työlästä. Ko. hankkeelta purettavaa betonikiveysmateriaalia voidaan kuitenkin käyttää muussa tarkoituksessa, esimerkiksi täyttömateriaalina, kaupungin sisällä.

Tulokset

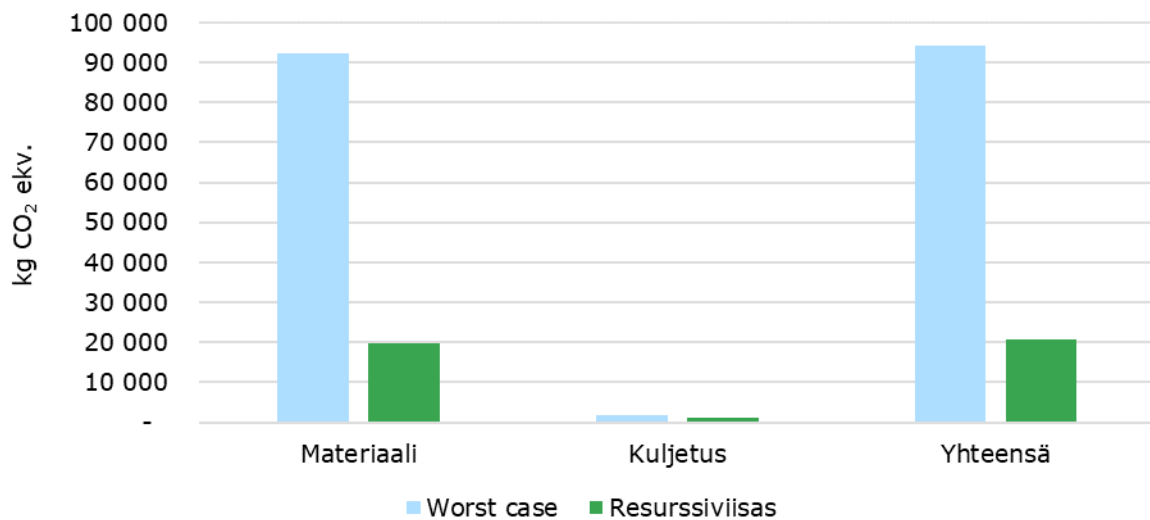
Tässä tarkastelussa purettavista kiveysmateriaaleista oletetaan hyödynnettävän luonnonkivet (nupu- ja noppakivet, reunakivet) hankkeella ja betoniset kivimateriaalit kaupungin muilla hankkeilla taulukon 2 mukaisesti. Reunatuot voidaan tehdä kokonaisuudessaan kierrätetystä materiaalista. Uusista noppakivistä n. 20 % voidaan korvata kierrätetyillä kivillä. Kiveysten asentaminen tehdään pääosin miestyövoimin, joten työsuorite arvioitiin merkityksettömäksi.

Purettavat kiveysmateriaalit oletettiin kuljetettavan kaupungin välivarastolle 15 km säteelle hankkeelta, josta kierrätettävät kiveysmateriaalit kuljetetaan edelleen käyttöön hankkeelle resurssiviisaassa vaihtoehdossa. Worst Case -skenaariossa uudet kiveykset oletettiin kuljetettavan 20 km päästä materiaalin valmistajalta.

Taulukko 2. Kiveysmateriaalien hyödyntämisperiaatteet sekä määrät.

Kiveystyyppi	Määrä	Yksikkö	Selite
Noppakivi, kokonaistarve	1 878	m ² tr	
Noppakivi purettava, kierrätettävä	423	m ² tr	
Noppakivi, tarve uudelle	1 455	m ² tr	
Reunatuki tarve	3 595	mtr	
Reunatuki purettava, kierrätettävä	4 002	mtr	Oletetaan, että 5 % reunatuesta rikkoutuu purkamisen yhteydessä
Reunatuki kierrätetty	3 802	mtr	
Reunakivi, tarve uudelle	0	mtr	
Betonikivi-/betonilaattaverhouksen purkaminen	1 206	m ² tr	Hyödynnetään murskeena kaupungin muilla hankkeilla

Kierrätyskivien hyödyntäminen tarkasteltavalla katuhankkeella säästää potentiaalisesti 73 000 kg CO₂ ekv. Päästösäästö syntyy pääosin materiaalien uusiokäytössä. (Kuva 10) Hankkeelle kohdistuvan päästösäästön lisäksi kaupungin muilla hankkeilla voidaan betonikiveykset hyödyntämällä säästää pengertäyttömateriaalissa (kalliomurske) n. 300 kg CO₂ ekv. Lisäksi kierrätettävistä reunatuista jää yli 207 mtr, jotka uusiokäyttämällä voidaan säästää n. 3 300 kg CO₂ ekv.



Kuva 10. Kiveysmateriaalien kierrätyksen potentiaaliset päästösäästöt (kg CO₂ ekv.)

7.1.3 Asfaltin uusiokäyttö

Periaatteet

Hankealueelta puretaan n. 29 000 m²tr asfalttipäällystettä. Nykyisen asfaltin paksuus on suunnitteluvaiheessa tehtyjen tutkimusten perusteella keskimäärin 16 cm. Uutta asfalttia tarvitaan arviolta 75 500 m²tr, josta on AB:tä 32 500 m²tr ja ABK:ta 43 000 m²tr. Kohteelle levitettävän asfalttipäällysteen vaihtoehtoisena raakamateriaalina tarkasteltiin asfalttirouhetta kiviaineksen lisäksi. Asfalttirouheeksi nimitetään murskattua tai jyrskyttä asfalttia, jota voidaan käyttää asfalttimassan raaka-aineena. Asfalttinormien (2017) mukaan ”Asfalttirouheen enimmäismäärät ovat 50 % kulutuskerroksissa ja 70 % muissa sidotuissa rakennekerroksissa, suuremman rouhemäärän käyttö voi olla mahdollista tapauskohtaisesti tilaajan määrittelemissä kohteissa, joiden kiviaineksen luokkavaatimus on AN14 tai AN19”.

Asfalttituotannon päästöjä voidaan vähentää suosimalla puretun asfaltin uusiokäyttöä (asfalttirouhe) ja matalalämpöasfaltin käyttöä. Asfalttirouheen käyttö vähentää uusiutumattomien luonnonvarojen (kiviainesta ja öljyä) käyttöä, niiden jalostusta ja kuljetuksia. Asfalttirouheen käyttö vähentää asfaltin tuotantoprosessin kokonaispäästöjä (CO₂/asfalttitonni). Uusiopäällysteiden ja -massojen sekä matalalämpöasfalttien tekniset laatuvaatimukset ovat samat riippumatta siitä, mitä materiaaleja tai menetelmiä valmistuksessa on käytetty.

Asfalttimassassa käytettäviä uusiomateriaaleja voivat olla erilaiset kuonatuotteet (teräskuona, ferrokromikuona, masuunikuona), bitumia sisältävät uusiomateriaalit kuten bitumikaterouhe tai fillerikiviainesta korvaavat hienorakeiset uusiotuotteet. Käytettävien uusiomateriaalien on oltava teknisiltä ominaisuuksiltaan ja kelpoisuudeltaan sovellettava käyttökohteeseen ja täytettävä Asfalttinormien 2017 asfalttimassan raaka-aineille asetetut vaatimukset.

Asfaltti voidaan purkaa paloina (kaivinkone) tai jyrsimällä (asfaltinjyrsin), mutta työmenetelmien tarkkaa vaikutusta päästöihin ei ole tutkittu. Asfalttipäällysteen poiston hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa myös kuljetusmatka työkohteelta asfalttiasemalle. Asfaltin uusiokäyttö on yleistynyt tavanomaiseksi käytännöksi asfalttiasemilla ja uusioasfaltin osuus on n. 20 % koko asfalttituotannosta Suomessa. Hyötykäyttöä kuitenkin hankaloittaa tuotavan purkuasfaltin luokittelemattomuus (epähomogeenista) ja suuri ”pala-asfaltin” määrä. Pala-asfaltin ja

asfalttirouheen käyttö uusioasfaltin raaka-aineena edellyttää, että materiaalista tutkitaan niissä olevan sideaineen ja kiviaineen ominaisuudet (Asfalttinormit 2017) ja että ne ovat standardin SFS-EN 13108-8 mukaisia. Asfaltin lujuusominaisuudet ovat kytköksissä kiviaineen lujuuteen, jolloin ns. epähomogeenista purkuasfalttia on vaikea hyödyntää korkean kestävyysasfalttipäällysteissä. Tällöin uusioasfaltin käyttö näyttäytyy kannattomampana verrattuna neitseellisen kiviaineen käyttöön.

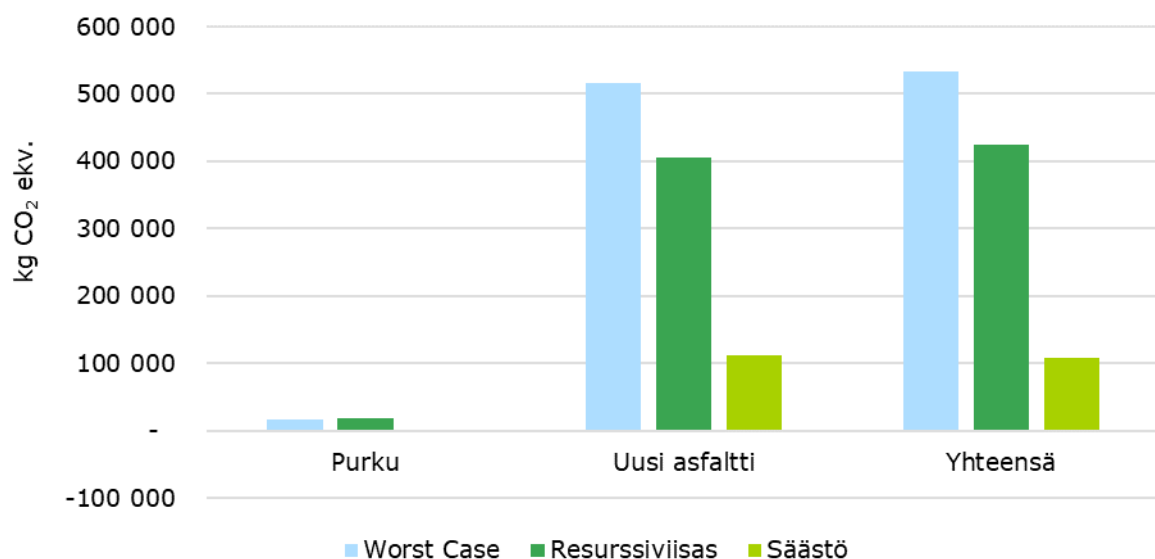
Asfaltin purkaminen jyrkien ja purkumateriaalin erottaminen kulutuskerroksen ja kantavankerroksen asfaltteihin tehostaa asfaltin uusiokäyttöä asfalttiasemilla. Tässä selvityksessä tarkasteltiin eri purkutekniikoiden ja asfaltin raaka-aineen vaikutuksia muodostuviin kustannuksiin sekä päästöihin. Tyypillisesti vanha asfaltti poistetaan paloina kaivinkoneella kaivamalla. Resurssiviisaassa vaihtoehdossa asfaltti oletettiin poistettavan kylmäjyrksinnällä kahdessa eri erässä, mikä edesauttaa uusiokäyttöä. Kulutuskerroksen (AB) materiaalista 50 % korvattiin asfalttirouheella ja kulutuskerroksen (ABK) materiaalista 70 %. Asfalttimassa oletettiin valmistettavan asfalttiasemalla tavallisen asfalttimassan tapaan.

Tulokset

Worst case -skenaariota verrattiin resurssiviisaaseen vaihtoehtoon, jossa tehtiin seuraavat ilmastoviisaat toimenpiteet:

- Uuden asfaltin raaka-aineena oletettiin käytettävän asfalttirouhetta Asfalttinormien mukaisesti: 50% kulutuskerroksissa ja 70% alemmissa kerroksissa
- Asfaltti poistetaan kahdessa kerroksessa jyrkien paloina poistamisen sijaan

Päästösäästö asfalttimateriaalien välillä on merkittävä. Hyödyntämällä purettua asfalttimursketta uuden asfaltin materiaalina voidaan päästöissä säästää n. 111 000 kg CO₂ ekv eli 22 %. Sen sijaan asfaltin purkaminen jyrkien on paloina poistamista hieman päästöintensivisempi työtapana – päästöjä syntyy n. 2300 kg CO₂ ekv. enemmän. Kokonaisuudessaan tarkastelluilla toimenpiteillä voidaan päästöjä vähentää noin viidennes eli n. 109 000 kg CO₂ ekv. (Kuva 11)



Kuva 11. Asfalttipäällysteen ilmastoviisaisten toimenpiteiden potentiaaliset päästösäästöt (kg CO₂ ekv.)

Asfaltin poistotavan kustannuksia arvioitiin tyypillisten työsuoritehintojen avulla. Asfaltin poistaminen paloina on 25 % edullisempaa, kuin vastaava työ jyrsien. Käytännössä työmaalla asfaltin poisto on usein helpompaa kaivinkoneella, jolloin poisto voidaan tehdä jouhevasti sopivana ajankohtana, eikä ole tarvetta järjestää erillisen jyrsimen mobilisaatiota. Uusioasfaltin murskaus on lisäkustannus hankkeelle, mutta jyrsien poistettaessa kustannus kohdistuu jo purkuvaiheeseen, jolloin intensiivistä murskausta ei enää tarvita uudelleen käyttövaiheessa.

Asfalttimateriaalin kustannuksissa säästetään myös suoraan raaka-aineen määrässä. Asfalttimassasta n. 95 % on kiviainesta ja n. 5 % sideainetta eli bitumia. Bitumi on hinnaltaan kallein raaka-aine asfalttimassassa ja näin ollen rouheen määrällä ja sideainepitoisuudella on iso vaikutus kustannussäästössä. Hankkeen oletettu keskimääräinen asfalttirouheen käyttöaste on 60 %, jolloin uuden asfalttimassan tekemiseen kuluva kiviaineksesta voidaan olettaa korvattavan 60 % ja bitumista n. 50 % rouheen sideainepitoisuuden mukaan. Tällöin materiaalikustannuksissa voidaan potentiaalisesti säästää kiviaineen ja bitumin hankinnan hinta. Kustannustarkastelussa uusioasfaltin hinnaksi oletettiin 40 % alhaisempi hinta kuin neitseellisestä materiaalista valmistetulle asfalttimassalle.

7.1.4 Kierrätyskasvualusta

Hankealueella poistettavien puiden kasvualustaa ei voida hyödyntää uusilla istutuksilla. Oletuksena on, että kasvualustat on rakennettu sen aikaisten normien mukaan pieninä ja ovat juuria täynnä. Kasvualustat kuoritaan ja niitä on mahdollista hyödyntää esimerkiksi pengertäytteinä toisissa hankkeissa.

Stara on kehittänyt Kivikon multa-asemalla neljä erilaista kierrätyskasvualustatuotetta lähinnä niittyjen perustamiseen ja maisemointiin. Kierrätyskasvualustat lannoitetaan ja kasvualustan yläosassa käytetään tuotteistettua kasvualustaa, mikäli ei voida varmistua tuote-erän rikkakasvittomuudesta. Näitä kierrätyskasvualustoja on mahdollista hyödyntää ko. hankkeella.

Tuotteistetun kasvualustan päästöarvona käytettiin yleistä, saatavilla olevaan päästöarvoa. Kierrätetty kasvualusta valmistetaan samojen periaatteiden mukaisesti, kuin tuotteistettu kasvualusta. Erona on kasvualustamateriaalien alkuperä: kierrätetyssä kasvualustassa käytetään kaupungin ylijäämämaita, jolloin vältetään materiaalien hankinnasta ja valmistuksesta koituvat kustannukset. Itse kasvualustan sekoitustyö on työmenetelmiltään tuotteistetun kaltainen. Kierrätetylle kasvualustalle ei ole saatavilla verifioitua päästöarvoa. Tässä tarkastelussa kierrätyskasvualustan tuotannon päästöarvoa ei huomioitu. Kierrätyskasvualusta oletettiin kuljetettavan hankkeelle Kivikon multa-asemalta.

Tuotteistetun kasvualustan korvaaminen kaupungin kierrätyskasvualustoilla säästää potentiaalisesti päästöissä 68 %. Merkittävin säästö saavutetaan materiaalien kierrätyksellä ja pieni osa lyhyemmän kuljetusmatkalla. Absoluuttisesti päästösäästö on pieni (n. 200 kg CO₂ ekv.), mutta suurissa määrissä päästöhyödyn merkittävyys kasvaa.

7.2 Työkoneiden energiamuodon vaikutus työmaapäästöihin

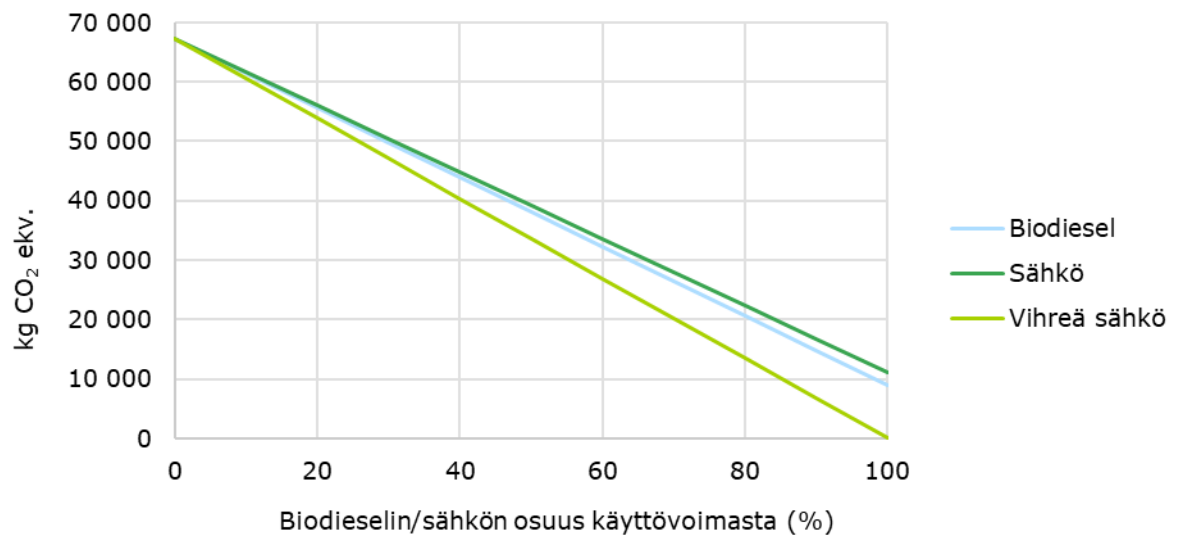
Päästötön työmaa -konseptin myötä vaihtoehtoisiksi käyttövoiman lähteiksi ovat nousseet mm. biopohjaiset polttoaineet sekä sähkökäyttöiset työkoneet. Käyttövoiman vaikutusta päästöihin vertailtiin perinteisen dieselin, biodieselin sekä sähkön ja vihreän sähkön välillä.

Infrarakentamisen Worst Case -skenaarion laskennalliset työmaapäästöt ovat n. 67 000 kg CO₂ ekv. ja vastaavan resurssiviisaan vaihtoehdon n. 69 000 kg CO₂ ekv. Resurssiviisaan rakentamisen päästöjä nostaa asfaltin poisto jyrkien, joka on paloina poistamista päästöintensivisempää (kts. kappale 7.1.3 Asfaltin uusiokäyttö). Työsuoritteissa eri skenaarioiden välillä ei ole merkittävää eroa. Tarkastelu eri energiamuotojen välille tehtiin Worst case -skenaarion työmaapäästöjä hyödyntäen. Dieselin päästöarvona laskennassa käytettiin VTT:n lipaston mukaista arvoa 2 672 CO₂ g/polttoainelitra. Biodieselin päästöarvona käytettiin NesteMY-biodieselin arvoa 10 g CO₂/MJ (Grönman et al. 2018). Laskennallinen polttoaineenkulutus rinnastettiin vastaavan sähkön kulutukseen VTT:n antaman keskimääräisen kulutuksen (262 g polttoainetta/kWh) perusteella. Sähkön päästöarvona käytettiin Helenin ilmoittamaa keskimääräistä sähköntuotannon CO₂-ominaispäästökerrointa 139 g CO₂/kWh (Helen 2020) sekä uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön päästökerrointa 0 g CO₂/kWh (WWF Finland 2020). Laskelma ei huomioi mahdollisia diesel- ja sähkökäyttömoottorien hyötysuhde-eroja.

Potentiaalinen maksimi säästö päästöissä on 83 – 100 %, jossa biodieselillä on saavuttavissa hieman matalammat päästöt kuin ei-uusiutuvasti tuotetulla sähköllä (Taulukko 3). Vihreän sähkön käyttö on 100 % hyödynnettynä laskennallisesti arvioituna päästötöntä. Päästösäästö biodieselillä ja ei-uusiutuvasti tuotetulla sähköllä on samankaltainen verrattuna dieseliin (Kuva 12.) Jo osittainen fossiilisen dieselin korvaaminen vähäpäästöisemmällä käyttövoimalla alentaa päästöjä – jos 30 % dieselistä korvataan sähköllä tai biodieselillä, on saavutettava päästösäästö n. 25 – 30 %. Päästöttömät työmaat -green deal sopimuksen allekirjoittaneiden osapuolien tavoitteena on, että organisaatioiden työmaat ovat vuoden 2025 loppuun mennessä fossiilittomia, eli niillä ei käytetä fossiilisia polttoaineita (Sitoumus2050 2020). Lisäksi vuoteen 2025 mennessä vähintään 20 % työkoneista ja kuljetuskalustosta toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Green deal -sopimuksen tavoitteiden mukaiset työmaatoiminnoista aiheutuvat päästöt olisivat tarkastellulla hankkeelle n. 7 100 kg CO₂ ekv. eli 89 % pienemmät kuin Worst Case -skenaariossa. Esitetyillä resurssiviisailla vaihtoehdoilla voidaan infrarakentamisen Worst Case -skenaarioon suhteutettuna säästää päästöissä n. 5 %.

Taulukko 3. Työkoneiden energiamuodon vaikutus muodostuviin työsuorite- sekä kokonaispäästöihin.

	Kokonaispäästöt	Säästö		Säästö verrattuna Worst case -skenaarion kokonaispäästöihin
Käyttövoima	kg CO ₂ ekv.	kg CO ₂ ekv.	%	%
Diesel	67 294			
Biodiesel	8 915	58 379	87	5,1
Sähkö	11 227	56 067	83	4,9
Diesel 70 % + biodiesel 30 %	49 780	17 514	26	1,5
Diesel 70 % + sähkö 30 %	50 474	16 820	25	1,5
Diesel 70 % + vihreä sähkö 30 %	47 106	20 188	30	1,8
Biodiesel 80 % + vihreä sähkö 20 %	7 132	60 162	89	5,3



Kuva 12. Käyttövoiman biodieselin, sähkön ja vihreän sähkön osuuden (%) vaikutus työsuoritepäästöihin verrattuna dieseliin.

8. RESURSSIVIISAIDEN TOIMENPITEIDEN VAIKUTUS HANKKEEN PÄÄSTÖIHIN JA KUSTANNUKSIIN

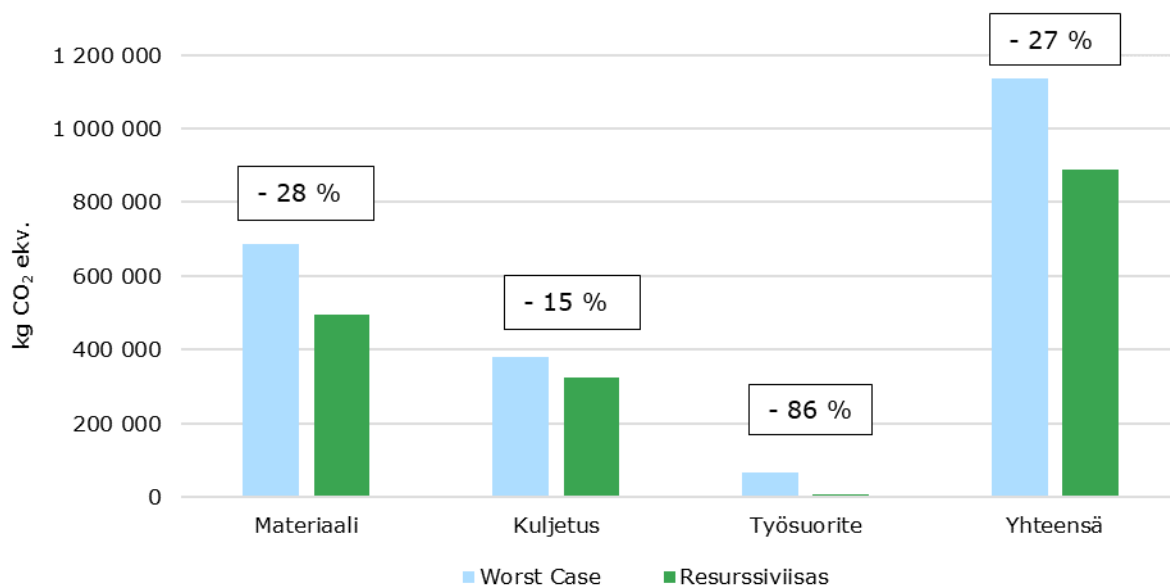
8.1 Hankkeen potentiaalinen päästösäästö

Tässä raportissa esitetyillä resurssiviisailla infrarakentamisen toimenpiteillä voidaan potentiaalisesti säästää päästöissä n. 308 000 kg CO₂ ekv. eli n. 27 % (Taulukko 4). Tästä päästövähennyksestä 63 % (n. 193 000 kg CO₂ ekv.) muodostuu materiaalien kierrätyksestä ja n. 19 % (n. 57 000 kg CO₂ ekv.) kuljetusmatkojen lyhentämisestä sekä n. 19 % (n. 58 000 kg CO₂ ekv.) työkoneiden käyttövoiman vaihtamisesta vihreään vaihtoehtoon. Materiaalivalinnat vähentävät materiaaleista aiheutuvia päästöjä n. 28 % ja kuljetusmatkojen lyhentäminen kuljetusten päästöjä n. 15 % (Kuva 13). Työsuoritteissa green deal -sopimuksen tavoitteita seuraamalla voidaan saavuttaa 86 % päästövähennys. Tämä edellyttäisi dieselin korvaamista biodieselillä ja sähköllä työkoneiden käyttövoimana. Resurssiviisaan vaihtoehdon työsuoritepäästöjä sen sijaan nostaa asfaltin jyrsiminen paloina poiskaivun sijaan.

Merkittävin päästövähennyspotentiaali on asfalttipäällysteissä, joiden materiaalien tuotannossa voidaan säästää päästöissä n. 10 % hyödyntämällä asfalttimassan valmistuksessa kierrätettyä asfalttia. Myös kiveysmateriaalien uusiokäyttö hyödyttää hankkeen päästötaloutta n. 7 % sekä vihreä käyttövoima n. 5 %. Kuljetusmatkojen optimoinnilla voidaan erityisesti suurien massamäärien tapauksessa saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä jo pienellä kuljetusmatkan lyhentämisellä. Maaleikkausten massojen kuljetusmatkan lyheneminen säästää päästöissä lähes 50 000 kg CO₂ ekv.

Taulukko 4. Hankkeessa tarkastellut infrarakentamisen resurssiviisaat toimenpiteet suhteutettuna Worst Case -skenaarion kokonaispäästöihin.

Säästö	kg CO ₂ ekv.	%	Selite resurssiviisaalle vaihtoehdolle
Poistettavat rakenteet	+2 309	+0,2	Nykyinen asfaltti poistetaan jyrkien paloina poiskaivun sijaan.
Maaleikkaus ja kaivu	- 48 325	4,3	Maaleikkauksen massat kuljetetaan kaupungin välivarastoon (15 km) maankaatopaikan (40 km) sijaan
Putkikaivantojen täytöt	- 16 973	1,5	Kadulta purettavaa rakennekerrosmateriaalia hyödynnetään lopputäyttömateriaalina.
Rakennekerrokset	0	0	Rakennekerrokset rakennetaan vallitsevien käytäntöjen mukaisesti.
Asfaltti	- 111 432	9,8	Uudessa asfalttimateriaalissa hyödynnetään asfalttirouhetta.
Kiveykset	- 73 428	6,5	Purettavasta kiveysmateriaalista hyödynnetään luonnonkivet kohteella ja betonikivet kaupungin muilla hankkeilla.
Maisemointi	- 237	0,02	Kasvualustatoimittajilta hankitun kasvualustan sijaan hyödynnetään kaupungin ylijäämämaista kehittämiä omia kasvualustatuotteita.
Biodiesel ja vihreä sähkö	- 60 162	5,3	Käyttövoimasta biodieseliä 80 % ja vihreää sähköä 20 %
Yhteensä	308 247	27,1	

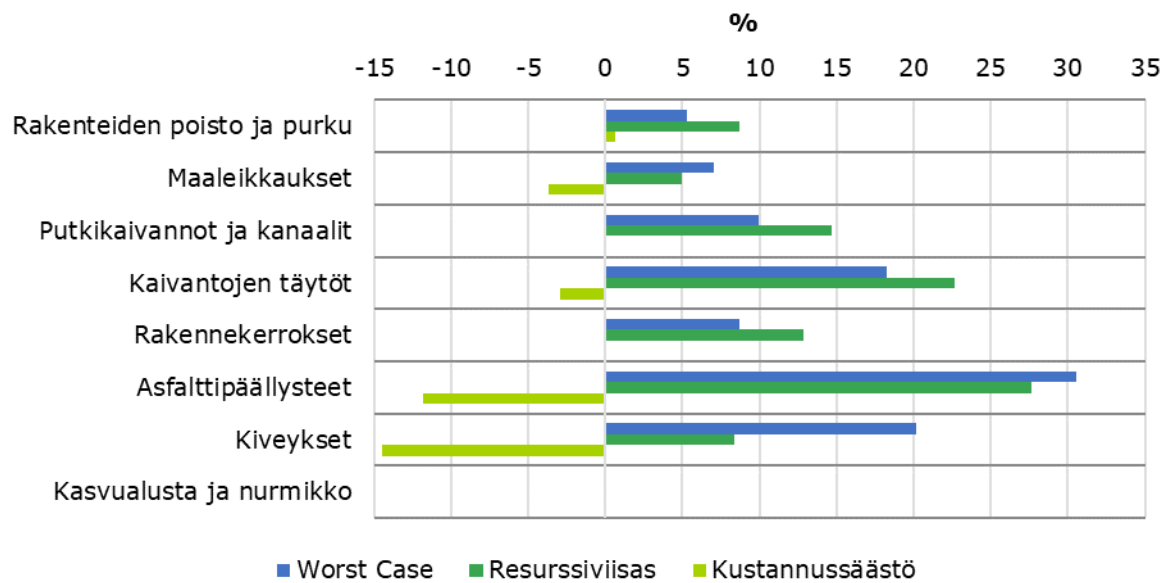


Kuva 13. Worst Case -skenaarion sekä resurssiviisaan vaihtoehdon päästöjen jakautuminen infrarakentamisen elinkaaren eri vaiheisiin (A1-A5). Laskennallinen päästösäästö on ilmoitettu prosentteina kunkin elinkaarenvaiheen sekä kokonaispäästön yhteydessä.

8.2 Infrarakentamisen kustannustarkastelu

Infrarakentamisen resurssiviisaiden vaihtoehtojen kustannusvaikutuksia tarkasteltiin YS-vaiheen määrätietojen perusteella. Laadittu kustannustarkastelu on viitteellinen ja kuvaa potentiaalisia kustannusvaikutuksia esitetyillä vaihtoehdoilla. Todellinen kustannusvaikutus määräytyy mm. hankkeen urakoitsijan, sopimusehtojen sekä markkinatilanteen mukaisesti. Kustannustietokantana hyödynnettiin pääosin Rapal Oy:n Fore-tietokantaa sekä alan asiantuntijoiden lausuntoja. Rakenneosien kustannukset määritettiin tyypillisten kustannushintojen mukaisesti Helsingin kaupungin aluekertoimien mukaisesti. Rakentamisen hinnoittelu on kuitenkin usein hankekohtaista ja esitettävät tulokset ovat suuntaa antavia. Tarkastelussa huomioitiin InfraRYL-litteraston sarjat, joille tehtiin resurssiviisaat vaihtoehdot, eli sarjat 1000, 2100 sekä kiveykset sarjasta 2200 ja nurmikko sekä tuotteistettu kasvualusta sarjasta 2300.

Worst Case -skenaarion laskennallinen kokonaiskustannus on n. 2,8 miljoonaa euroa. Kokonaiskustannuksista merkittävin osuus syntyy asfalttipäällysteistä (31 %), putkijohtokaivantojen täytöistä (18 %) sekä kiveyksistä (20 %) (Kuva 14). Resurssiviisaan vaihtoehdon laskennalliset kokonaiskustannukset ovat 1,9 miljoonaa euroa. Myös resurssiviisaassa vaihtoehdossa suurimmat kustannukset muodostuvat päällysteissä (28 %) ja kaivantojen täytöissä (23 %). Kustannukset jakautuvat kuitenkin tasaisemmin kuin Worst Case -skenaariossa ja mm. kiveysten kustannuksissa saavutetaan merkittävä päästö. Arvioitu kustannussäästö resurssiviisailla ratkaisuilla on n. 910 000 € eli 32 %. Suurin laskennallinen kustannussäästö saavutetaan kivimateriaalien kierrätyksellä (-15 %) ja hyödyntämällä kierrätysasfalttia (-12 %). Maltillinen säästö saavutetaan myös lyhentämällä maaleikkausmassojen kuljetusmatkaa (-4 %) sekä kierrättämällä vanhoja rakennekerrosmateriaaleja lopputäyttöihin (-3 %). Vanhan asfalttipäällysteen poisto jyrkien (resurssiviisas vaihtoehto) nostaa hieman rakenteiden poiston ja purun kustannuksia (0,6 %).



Kuva 14. Worst Case -skenaarion kustannusten prosentuaalinen (%) jakautuminen rakennusosien välillä.

9. VESIHUOLLON JA HULEVESIEN ERIYTTÄMISEN PÄÄSTÖT

Lisäoptiona kohteen infran ja vesihuollon perinteisesti toteutettavan rakentamisen päästölaskennalle laskettiin hiilijalanjälki Hämeentielle suunniteltujen vesihuoltorakenteille sekä valuma-alueella tulevaisuudessa tapahtuvalle hulevesien eriyttämiselle. Optiosta on laadittu erillinen raportti (Liite 2), jonka lisäksi laskennan lähtökohdat ja tulokset on kuvattu tiivistetysti alla.

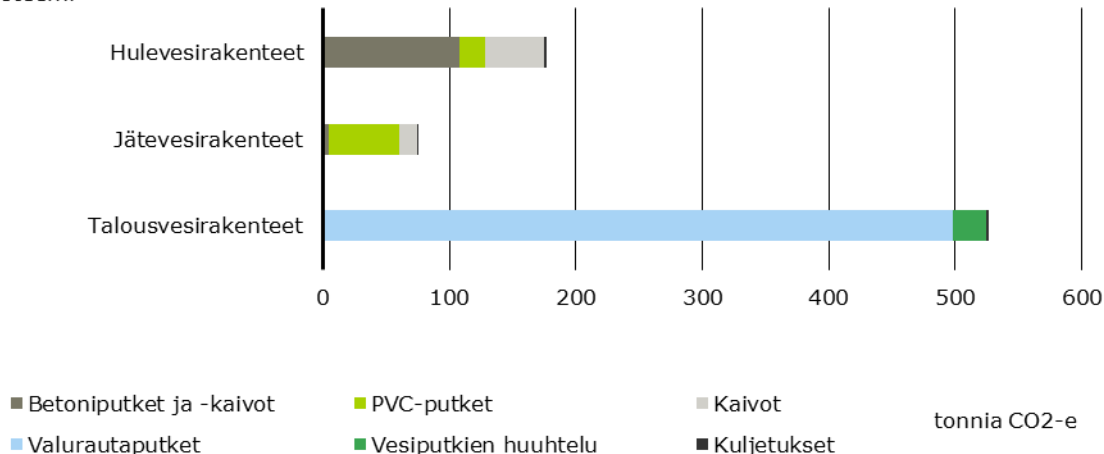
9.1.1 Vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälki

Vesihuoltorakenteiden päästölaskennassa arvioitiin erikseen hiilijalanjäljet talousvesi-, jätevesi- ja hulevesirakenteille. Jäte- ja hulevesijärjestelmät koostuvat eri kokoisista betoni- ja PVC-muoviputkista, kaivoista sekä kaivojen valurautakansista. Talousvesijärjestelmään kuuluvat asennuksen yhteydessä huuhdeltavat valurautaiset vesijohtoputket. Materiaalien tuotannon lisäksi laskennassa huomioitiin niiden kuljetukset työmaalle sekä vesijohtojen huuhtelu, joka oli asennustöistä hiilijalanjäljen kannalta merkittävin työvaihe.

Hämeentielle suunniteltujen vesihuoltorakenteiden hiilijalanjäljeksi arvioitiin kokonaisuudessaan n. 770 tonnia CO₂-e. Suurin osa tästä hiilijalanjäljestä aiheutui valurautaisten vesijohtoputkien tuotannosta (Kuva 15). Seuraavaksi suurimmat osuudet kokonaispäästöistä aiheuttivat suunnitellut betoniset hulevesiviemärit ja muoviset jätevesiviemärit.

Hiilijalanjälki

systemi



Kuva 15. Yhteenveto eri vesihuoltojärjestelmille, vesijohtojen huuhtelulle ja kuljetuksille arvioituista hiilipäästöistä ja niiden aiheuttajista

Kun verrataan vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälkeä hankkeen infrarakentamisen päästöihin (perustilanteessa 1 136 tonnia CO₂-e), voidaan todeta vesihuoltorakenteiden nostavan uudistusten kokonaispäästöjä merkittävästi. Vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa erityisesti tekemällä materiaalivalintoja.

9.1.2 Herkkyystarkastelu ison runkoputken materiaalille

Tarkasteltavan katualueen kunnallistekniikkaan kuuluu ison vesijohdon runkoputken (h=800 mm) vaihto. Uusittavaa putkea on yhteensä 1 832 m. Tarkastelu tehtiin teräs- ja valurautaputkimateriaalien välillä. Teräsputki oletettiin valmistettavan Raahen tehtaalla. Valurautainen putki valmistetaan Ranskassa (Saint Gobain), josta se kuljetetaan meriteitse Helsinkiin. Teräsputken laskennassa huomioitiin putkelle tulevat betoniset kulmatuet.

Teräsputken materiaalin päästöt ovat 250 000 kg CO₂ ekv. suuremmat (36 %) kuin valurautaisen putken. Betonisten kulmatukien osuus teräsputkivaihtoehdon päästöistä on 1 %.

Putkimateriaalien välillä on havaittu joitain eroavaisuuksia käytön aikaisissa päästöissä. On arvioitu, että valurautaputkilla huuhteluveden määrä on 50-60 % teräsputken vastaavasta määrästä. Asian luotettava arviointi edellyttää lisätutkimuksia ko. aiheesta. Huuhteluveden määrä ei kuitenkaan vaikuta päästöihin merkittävästi, verrattuna rakentamisen aikaisiin päästöihin. Runkoputkimateriaalien elinkaaren aikaisiin päästöihin vaikuttaa materiaalipäästöjen lisäksi myös mahdolliset eroavaisuudet eri materiaalien kestävytydessä. Eri runkoputkimateriaalien käyttöiästä ei kuitenkaan ole vielä saatavilla luotettavaa tietoa eikä selkeää näyttöä siitä, että yksi materiaali olisi selkeästi kestävytydeltään huonompi kuin toinen. Materiaalityypin lisäksi käyttöikään vaikuttavat mm. rakennustapa, tehdyt ympäristäytöt, pohjanvahvistukset, huolto ja vedenlaatu.

9.1.3 Hulevesien eriyttämisen hiilijalanjäljen arviointi

Nykyisellään sekaviemäröityjen hulevesien eriyttäminen omaan verkostoonsa vähentää jätevedenpuhdistamolle pumpattavan veden ja ravinteiden määrää ja siten pienentää puhdistusprosessin aiheuttamaa ympäristökuormaa, kuten hiilijalanjälkeä. Vesihuoltorakenteiden lisäksi vesihuollon optiossa arvioitiin myöhemmin valuma-alueella eriytettävän hulevesiverkoston rakentamisen hiilijalanjälkeä ja hulevesien eriyttämisen positiivista vaikutusta jätevedenpuhdistuksen hiilijalanjälkeen. Eriyttämisen positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia vertailtiin arvioimalla verkoston rakentamisesta aiheutuvien hiilipäästöjen takaisinmaksuaikaa ja jätevedenpuhdistusprosessissa säästettyjä hiilipäästöjä, mitä sekaviemäröinnin eriyttäminen edesauttaa.

Hämeentien hulevesiviemäröinnin mitoituksessa varaudutaan jo tulevaisuudessa tapahtuvaan Käpylän ja Kumpulan alueiden hulevesien eriyttämiseen. Tästä syystä eriytettävän huleveden määrää ja verkoston suuruutta arvioitiin koko tulevan valuma-alueen perusteella. Laskennassa arvioitiin valuma-alueelta hulevesiviemäriin päätyvän veden ja sen sisältämien ravinteiden määrää. Nämä määrät arvioitiin vähennettäväksi Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessiin päätyvän veden ja ravinteiden määrästä. Lähtötietona hulevesien eriyttämisen vaikutusten arvioinnissa käytettiin Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessille vuonna 2018 laskettua hiilijalanjälkeä.

Eriytettävän hulevesiverkoston valuma-alueelle arvioitiin nykyisen sekaviemäriverkoston pituuden ja kaivojen määrän perusteella tulevaisuudessa mahdollisesti rakennettavien hulevesiputkien ja -kaivojen määrää. Näille laskettiin oma karkeasti arvioitu hiilijalanjälkensä, jota verrattiin jätevedenpuhdistusprosessissa saavutettujen päästövähennysten määrään eri aikajäniteillä. Täten saatiin arvio hulevesien eriyttämisen kokonaisvaikutuksista hiilijalanjäljen näkökulmasta. Laskennassa ei huomioitu maatöitä.

Jatkossa mahdollisesti eriytettävän hulevesiverkoston karkeasti arvioitu takaisinmaksuaika hiilijalanjäljessä mitattuna on enintään noin 70-75 vuotta. Mikäli siis hulevesiverkoston käyttöikä

on yhtä pitkä, on hulevesien eriyttäminen vähintään hiilineutraalia. Positiivisia ympäristövaikutuksia hulevesien eriyttämisellä saavutetaan kuitenkin jätevedenpuhdistusprosessissa hiilijalanjäljen pienenemisen lisäksi merkittävästi esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden käytön ja typpipäästöjen vähentyessä. Eriyttämisen kokonaisympäristövaikutusten arviointi vaatisi täysimittaisen elinkaariarvioinnin suorittamista.

10. RAKENTAMISEN VÄLILLISET PÄÄSTÖT

10.1 Työnaikaisten liikennejärjestelyiden ilmastovaikutukset

Tiiviisti rakennetussa kaupunkiympäristössä rakentaminen vaikuttaa väistämättä kohteen liikennejärjestelyihin rakentamisaikana. Työnaikaiset liikennejärjestelyt mahdollistavat rakennustyön tekemisen vaarattomasti sekä takaavat alueella liikkuville turvalliset reitit. Tyypillisesti työnaikaiset liikennejärjestelyt suunnitellaan vaiheittaiseksi siten, että alueen liikenne on mahdollisimman sujuvaa ja rakennustyöt voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaisesti.

Työnaikaiset liikennejärjestelyt hankaloittavat kulkuneuvojen liikkumista mm. pienentyneen kaistatilan ja -määrän kautta. Rakennushankkeen ympäristössä nopeusrajoitukset ovat tyypillisesti matalampia, eikä alueen liikenteen syöttökapasiteetti ole tavallisella tasolla. Liikenne saatetaan myös ohjata kiertoreitille. Em. seikat vaikuttavat myös kuljetusajoneuvojen päästöihin – alentuneet nopeusrajoitukset voivat aiheuttaa ruuhkautumista, mikä taas nostaa tyhjäkäynnistä aiheutuvia päästöjä. Vastaavasti kiertoreitit lisäävät ajettavaa matkaa. Työnaikaisten liikennejärjestelyiden ilmastovaikutuksia tarkasteltiin soveltuvien rakentamisen vaiheistussuunnitelmien sekä liikenne-ennustemallien avulla.

10.1.1 Rakentamisen vaiheistus

Rakentamisen vaiheistus määritettiin alustavasti YS-vaiheen suunnitelmien perusteella. Tehty vaiheistus noudattaa vastaavien hankkeiden työnaikaisten liikennejärjestelyiden periaatteita. Rakentaminen jaoteltiin yhdeksään vaiheeseen (Taulukko 5, Kuva 16). Rakennustyön kestoksi on arvioitu n. 2 vuotta, jonka on oletettu jakaantuvan keskimäärin tasan eri vaiheiden välille. Yksityiskohtaisempi rakentamisen vaiheistussuunnitelma ja aikataulutus edellyttää rakennussuunnitelmatasoisen tarkastelun.

Vaiheissa 1-8 katutila jaetaan uudestaan, jolloin autoille jää työmaavaiheen kohdalla käyttöön 1+1 kaistaa alennetulla nopeudella ja kavennetuilla kaistoilla. Jalankulku ja pyöräliikenne voivat liikkua osittain ajoneuvoliikenteen vieressä tai kevytliikenne ohjataan vaihtoehtoisille reiteille, viereisten puistoalueiden ja katuja läpi. Raitiovaunu- ja linja-autoliikenne ovat poissa käytöstä työvaiheiden aikana. Vaiheessa 9 kadun pohjoispää katkaistaan kokonaan liikenteeltä laajojen ja syvien kaivantojen vuoksi. Kapea katutila ko. tarkastelualueella vaikeuttaa liikenteen järjestämistä ilman merkittäviä jonotusongelmia ja riittävän työskentelytilan mahdollistamisen. Liikenne alueella sijaitseville kiinteistöille kuitenkin sallitaan.

Taulukko 5. Työnaikaisten liikennejärjestelyiden vaiheistussuunnitelma.

Vaihe	Toimenpide
1-8	Ajoratoja kavennetaan, julkinen liikenne pois käytöstä
9	Katu suljetaan, liikenne ohjautuu etelään



Kuva 16. Hämeentien katusaneeraushankkeen työnaikaisten liikennejärjestelyiden vaiheistussuunnitelma

10.1.2 Liikennejärjestelyiden vaikutus autoliikenteen CO₂-päästöihin

Menetelmäkuvaus

Liikenteellisiä vaikutuksia tutkittiin HSL:n HELMET-mallin (versio 3.0) ennusteverkolla kuvaamalla eri rakennusvaiheet liikenneverkkomalliin ja arvioimalla muutoksia verkon kuormitusasteessa sekä muuttuvien reittien aiheuttamia suoritemuutoksia (ajoreittien muuttuminen ja ruuhkautumisen aiheuttama hidastuminen). Liikennemalli on alun perin rakennettu niin, että sillä voidaan erityisesti

tarkastella tyypillisten liikenne- ja maankäyttökijöiden vaikutuksia liikkumiseen mm. seuraavien tekijöiden osalta:

- Asukkaiden, työpaikkojen ja palveluiden määrän ja sijoittumisen vaikutuksia
- Liikenneverkon palvelutason vaikutuksia (teiden ja katujen tarjoamat yhteydet, nopeustasot ja kapasiteetti, joukkoliikenteen nopeus, palvelualueet ja vuorovälit)
- Kustannusten vaikutuksia (auton käyttökustannukset, joukkoliikenteen lipunhinnat, pysäköinti).

Tässä päästöselvityksessä käytettiin ennustemallin autoliikenteen liikenneverkkokuvausta, jossa on kuvattu liikenneverkon nopeustasot ja kapasiteetti (ruuhkautumisherkkyys) Emme-ohjelmistoon. Emme on liikennesuunnitteluohjelmisto, jolla voidaan mallintaa annetun lähtöaineiston perusteella reitinvalintaa ja valinnan vaikutuksia liikenneverkostoon. HELMET-malli mahdollistaa moninaisia liikenteen tarkasteluita, tässä työssä autoliikenteen teiden ja katujen nopeustasoja ja kapasiteettia käytettiin mallintamaan tie- ja katuverkon liikennemääriä sekä suoritteita, jolloin voidaan arvioida rakentamisen vaiheistuksen ulkoisvaikutuksia liikenneverkolla (Kuva 17).

Jokaisen rakennusvaiheen vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen tarkasteltiin erikseen suoritemuutosten kautta. Rakennusvaiheet ovat pääosin toisiaan seuraavia, osittain vaiheistus voi olla päällekkäistä, mutta tässä tarkastelussa päällekkäisyyden merkityksen muodostuviin päästöihin katsottiin olevan vähäinen kokonaistilanteen kannalta. Suoritemuutoksia tarkasteltiin aamun huipputuntien (AHT), illan huipputuntien (IHT) sekä hiljaisten keskipäivän tuntien osalta. Vuorokausi-, päivä- tai kuukausitasoiset muutokset arvioidaan näiden esimerkkituntien perusteella laskennallisesti. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen määrä arvioitiin polttoainekulutuksen perusteella. Kulutus ja päästöt kasvavat kahden tekijän myötä: muuttuneet reitit voivat olla pidempiä, jolloin ajomatkat kasvavat, ja liikenne voi ruuhkautua, mikä lisää kulutusta. Ajomatkojen pidentymisen vaikutukset (reitinvalinta) näkyvät koko vuorokauden reittimuutoksissa, mutta ruuhkatunteina (AHT ja IHT) myös ajoaikojen (keskinopeudet) muutokset ovat yleisempiä. Ruuhkautumisen vaikutusta ajoneuvojen polttoaineenkulutukseen ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöihin arvioitiin Väyläviraston IVAR-laskentamallin kulutusfunktioilla, jotka vietiin Emme-ohjelmistoon laskentamakroina.



Kuva 17 Päästölaskentatarkastelussa käytetyt HELMET-ennustemallin osat.

Tulokset

Työvaiheissa 1 – 8 Hämeentiellä jonoutuminen lisääntyy ja ajoajat kasvavat hieman. Varsinainen ruuhkautuminen on merkitsevää lähinnä vilkkaimpina tunteina. Vaikutukset ovat kuitenkin pääosin paikallisia, ja läpikulkevan liikenteen siirtyminen muille reiteille vähentää hieman alueen oman liikenteen lisääntyvää ruuhkautumista aamun ja illan vilkkaimpina tunteina. Vaikutukset ympäröivällä katuverkolla ovat melko vähäisiä. Vaiheissa 4, 5, 7 ja 8 ajomatkojen piteneminen oli vähäistä, ja vaiheessa 9 merkittävää.

Työvaiheessa 9 vaikutukset ovat voimakkaita, katualueen pohjoispään kaiken liikenteen siirtyminen käyttämään jo valmiiksi kuormitettua eteläpäästä kasvattaa sekä ajomatkoja että ruuhkautumista selvästi enemmän kuin edellisissä vaiheissa. Haitat kohdistuvat kaikkiin katu- ja tonttiliittymiin Kustaa Vaasan tieltä Arabiankadulle. Vaiheessa 9 aamun ja illan huipputuntien ongelmat korostuvat Kustaa Vaasan tien liittymässä, ja myös Kustaa Vaasan tiellä kuormitusasteet nousevat, kun entistä enemmän liikennettä siirtyy sille. Toukolan/Arabian alueelle saapuvien ja sieltä lähtevien ajomatkojen piteneminen näkyy myös päivä- ja yöajan liikenteessä.

Laskennalliset muutokset CO₂-päästöissä ovat esitetty taulukossa 6. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen kannalta tärkeintä on pitää vaiheen 9 kesto mahdollisimman lyhyenä. Liikenteen yleistä toimivuutta ajatellen vaiheen 9 ohella vaiheiden 1 – 3 kestoajaa olisi hyvä pyrkiä lyhentämään. Vaiheessa 4 lähes koko päästömuutos aiheutuu ruuhkautumisesta, kun ajoreittien muutokset ovat merkityksettömiä. Kuvassa 18 on havainnollistettu liikennevaikutuksia vaiheissa 1 ja 9 verrattuna nykytilanteeseen. Vaiheessa 1 autoliikenne vähenee hieman tarkastelualueen eteläpäässä ja kasvaa keski- ja pohjoisosissa. Vaikutukset muulla verkolla vähäisiä. Vaiheessa 9 Toukolan kaikki automatkat siirtyvät käyttämään eteläistä liittymää, ja vaikutus heijastuu selvästi myös Kustaa Vaasan tielle. Liikennejärjestelyllä on pieni vaikutus myös Lahdenväylälle ja Itäväylälle. Vaihe 9 voidaan arvioida kasvattavan kuukaudessa Helsingin kaupungin alueen liikenteen vuosipäästöjä (HSY 2020) lähes 0,1 %. Myös muiden vaiheiden optimoinnilla voidaan vaikuttaa päästöihin, mutta vaikutusten tarkka arviointi edellyttää lisäselvityksiä.

Taulukko 6. Laskennalliset muutokset liikenteen kasvihuonekaasupäästöissä (CO₂ekv) rakentamisen eri vaiheissa.

CO ₂ ekv -muutos	kg/vrk	t/vk	t/kk
Vaihe 1	2 304	14	62
Vaihe 2	1 799	11	48
Vaihe 3	794	5	21
Vaihe 4	3 315	21	89
Vaihe 5	1 162	7	31
Vaihe 6	1 793	11	48
Vaiheet 7/8	1 713	11	46
Vaihe 9	5 613	35	151



Kuva 18. Rakennusvaiheiden 1 (AHT, aamun huipputunti) ja 9 (IHT, illan huipputunti) vaikutukset autoliikenteen siirtymisiin verrattuna nykyverkkoon. Punainen väri indikoi liikennemäärän kasvua ja vihreä liikennemäärän vähenemistä.

Rakentamisen alustava vaiheistus jaettiin karkeasti viikotarkkudella kahdelle vuodelle, pääosin kunkin vaiheen laajuuden (katupituuden) perusteella. Vaiheiden kestot ja koko hankkeen aiheuttamat liikenteen kasvihuonekaasupäästöt on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Liikenteen kasvihuonekaasupäästömuutokset (CO₂ekv), jos rakentaminen kestää 2 vuotta.

Vaihe	kesto vk	CO ₂ ekv-t
Vaihe 1	11	157
Vaihe 2	12	134
Vaihe 3	7	34
Vaihe 4	17	349
Vaihe 5	11	79
Vaihe 6	11	122
Vaiheet 7	10	106
Vaiheet 8	10	106
Vaihe 9	15	522
Yhteensä	104	1 610

Herkkyystarkasteluna voidaan tämän pohjalta arvioida mm., että jos vaihe 3 kestää kuukauden esitettyä kauemmin, niin liikenteen CO₂-päästöt kasvavat noin 20 tonnia peruslaskelmaa enemmän, tai jos vaiheen 9 kesto saadaan lyhennettyä kuukaudella, niin päästö määrä kasvaa lähes 140 tonnia peruslaskelmaa vähemmän.

Alueen rakentamisen työnaikaisiin liikennepäästöihin vaikuttavat paitsi em. vaiheistussuunnitelmat, myös erillisten rakennusurakoiden määrä. Kohteen suunnittelussa tulisi huomioida rakennettavan alueen mahdolliset tulevat tarpeet ja suunnitella rakentaminen siten, että yhden urakan aikana tehdään kaikki vaadittavat rakennustoimenpiteet. Näin voidaan välttää useasta erillisestä urakasta koituvat liikennehaitat. Suunnittelussa tulisi myös tarkastella, miten suunnitteluratkaisuiden toteuttaminen vaikuttaa liikennejärjestelyihin. Ko. hankkeessa raitiotien

katko tulisi pitää mahdollisimman lyhyenä. Raitiotien liikennejärjestelyihin vaikuttavat erityisesti katualueen rakentamisen aikataulu, joka taas on riippuvainen mm. nykyisten rakennekerrosten laadusta ja niiden saneeraustarpeesta. Suunnittelualueelle tullaan asentamaan uusia yhteiskäyttöpylväitä ja siirtämään vanhoja. Näiden pylväiden sijoittaminen katualueella vaikuttaa raitiotien liikennöintiin, kuin myös pylväiden perustusten syvyys ja vaikeus.

10.2 Kunnossapidon ja huollon aiheuttamat päästöt

Periaatteet

Infrarakenteiden huolto voidaan jakaa kadun käyttöä tukevaan ylläpitotoimintaan sekä rakenteelliseen kunnossapitoon (Kolehmainen 2019). Yleisesti huollon ja ylläpidon päästöihin vaikuttavat huoltotoimenpiteiden sujuvuus. Työsuoritteen hidastuminen, estyminen ja vaikeutuminen nostavat suorituksen kestoa. Päästövaikutukset ovat kytköksissä työsuoritteen kestoon sekä ajotapaan – sujuva ajo aiheuttaa vähemmän päästöjä kuin mm. peruuttamista ja pujottelua vaativat ajo.

Talvihoitoa ja puhtaanapitoa merkittävimmin hankaloittavia ratkaisuja ovat lumitilojen puute, kadun kapeus, varsinkin jalkakäytävillä ja kadunvarsipysäköinti, ajoesteet ja hidasteet sekä umpikadun kääntöpaikat. Hankalasti liikennöitävillä kaduilla ja teillä auras aika pitenee, mikä johtaa kasvavaan polttoaineen kulutukseen. Lisäksi huonosti aurattavilla alueilla autojen alle päätyvä lumi paakkuuntuu, jolloin sen poisto joudutaan tekemään erillisellä höylällä eli työhön lisätään ylimääräinen työsuorite. Edelleen mahdollisen lumitilojen puutteen vuoksi lunta joudutaan kuljettamaan pois, josta aiheutuu ylimääräisiä kuljetuskilometrejä. Lumen välivarastointi ennen loppusijoitusta aiheuttaa myös ylimääräisen työsuoritteen.

Rakenteellinen kunnossapito jakautuu päällysteen hoitoon, kuivatusjärjestelmien, liikenneohjauslaitteiden sekä sorateiden kunnossapitoon. Rakenteellisen kunnossapidon tarpeellisuuteen ja toistuvuuteen vaikuttavat oleellisesti rakenteen korjattavuus ja varaosien saatavuus, kulutuskestävyys, tasaisuus ja vedenläpäisevyys.

Suunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi infrarakenteiden huolto- ja ylläpitotoimenpiteiden sujuvuuteen. Edellä mainittuja suunnitteluratkaisuja välttämällä huollosta aiheutuvia päästöjä voidaan ratkaisusta ja rakenteen sijainnista riippuen vähentää jopa merkittävästi rakenteen elinkaaren aikana. Esimerkiksi lumitilojen puutteen vuoksi työnopeuden on arvioitu pienenevän noin 70 %. Suunnitteluratkaisuissa on kuitenkin huomioitava myös katutilan käytettävyyteen ja turvallisuuteen liittyvät seikat. Osa ylläpitoa hankaloittavista rakenteista, kuten hidasteet, ovat turvallisuuden kannalta tärkeitä, jolloin kohteen mukaan kunnossapidon tarpeita ei aina voida huomioida parhaalla mahdollisella tavalla. Suunnitteluratkaisuissa tulisi siis pyrkiä huomioimaan turvallisuuden ja käytettävyyden lisäksi myös vaikutus ylläpitoon, silloin kun se kohteelle asetettujen reunaehtojen puitteissa on mahdollista.

Tulokset

Huoltotoimenpiteiden työsaavutustietoja ei ole kattavasti saatavilla. Täten tehty päästölaskenta perustuu saatavilla oleviin arvioihin. Kunnossapidon ja huollon päästöjä tarkasteltiin periaatteellisella tasolla. Tarkemmilla käytännön tutkimuksilla olisi mahdollista selvittää konkreettisesti erilaisten suunnitteluratkaisuiden vaikutusta kunnossapidon päästöihin ja kustannuksiin.

Huoltotoimenpiteiden päästövaikutuksia tarkasteltiin käyttäen esimerkkinä lumen aurausta, joka on huoltotoimenpiteenä työläs ja siihen vaikuttavat useat suunnitteluratkaisut. Helsingin rakentamispalveluliikelaitos Staran kuljetuskaluston yhden helmikuun viikon monitoriraportteja vertailtiin vuosien 2019 (luminen) ja 2020 (vähäluminen) välillä. Viikkoraporttien hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2020 45 % pienemmät kuin vastaavaan aikaan vuonna 2019. Lumen auraus voidaan rinnastaa muihin katualueen puhtaanapitotöihin, kuten harjaukseen ja pesuun, jotka ovat aurauksen tavoin riippuvaisia katurakenteen ratkaisuista. Aurauksen työsaavutusten on arvioitu hidastuvan merkittävästi ongelmakohdissa, kuten hidasteisilla kaduilla (35 km/h → 10 km/h), ja jopa estyvän kokonaan kapean poikkileikkauksen jalkakäytävillä (Kolehmainen 2019). Aurauksen estyessä on kohteeseen tuotava toinen kone, jonka mobilisaatiosta aiheutuu lisäpäästöjä. Katujen ylläpitokustannusten osalta on arvioitu epäedullisten suunnitteluratkaisujen nostavan 50 – 80 % huollon kustannuksia. Koska ylläpitokustannukset ovat suoraan verrannollisia polttoaineen kulutukseen, voidaan päästöjen olettaa kasvavan samassa suhteessa.

Liikenneviraston tutkimuksessa ”Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki” (Hagström ym. 2011) tie- ja ratatyypin ominaispäästökertoimiksi määritettiin 4–46 t CO₂ /km/v. Näitä lukemia hyödyntäen Hämeentien 1,9 km mittaisella katuosuudella vuosittainen kunnossapidon päästö vaihtelisi välillä 7,6 – 87,4 t CO₂/v. Suhteutettuna rakentamisen Worst Case -skenaarion kokonaispäästöihin ylittäisivät ylläpidon aikaiset päästöt rakentamisen päästöt 13 – 150 vuodessa. Ylläpidon ja huollon hiilijalanjälki voi siis olla merkittävä rakenteen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa ja tähän voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuilla.

11. POHDINTA JA JATKOTOIMENPITEET

11.1 Infrarakentamisen ilmastovaikutukset

Hankkeen laskennallinen rakentamisen kokonaispäästö on n. 1 136 t CO₂ ekv, mikä vastaa n. 0,04 % Helsingin vuoden 2019 kokonaispäästöistä (2 611 000 t CO₂ ekv.) (HSY 2020). Hankkeen päästövähennyspotentiaali on tehtyjen resurssiviisaiden tarkasteluiden perusteella lähes viidennes (27 %, 308 000 kg CO₂ ekv.) laskennallisista kokonaispäästöistä. Säästetty määrä vastaa esimerkiksi 83 000 edestakaista pääkaupunkiseudulla henkilöautolla tehtyä työmatkaa (24 km). Kustannuksissa säästöpotentiaali on hieman merkittävämpi – ilmastoviisailla toimenpiteillä voidaan hankekustannuksissa saavuttaa arviolta kolmanneksen säästö (32 %).

Tarkasteltu Hämeentien katusaneeraushanke on tyypillinen tiiviisti rakennetun alueen kohde. Tyypillisesti uudisinfrarakentamisessa pohjarakenteet ovat päästöintensiivisin rakenneosat. Sen sijaan jo rakennetun alueen saneerauksen ja/tai muuntorakentamisen suurimmat päästöt kohdistuvat pinta- ja päällysrakenteisiin. Myös Hämeentien päästöistä merkittävin osa (yht. 70 % kokonaispäästösäästöä) kohdistui pintamateriaaleihin eli kiveyksiin sekä asfalttipäällysteisiin. Tiiviissä kaupunkiympäristössä ilmastoviisaan infrarakentamisen vaihtoehdot ovat tyypillisesti rajatummalla verrattuna esimerkiksi rakentamattoman alueen esirakentamiseen tai kaupunkialueen ulkopuolella oleviin kohteisiin. Toisaalta jo rakennetun ympäristön saneeraus ei yleensä vaadi päästöintensiivistä pohjarakentamista. Pohjarakentamisen päästöintensiivisyyttä voidaan tehokkaasti pienentää mm. esirakentamisen keinoin. Vastaavasti uusiomateriaalien, kuten betonimurskeen ja pohjatuhkan, hyödyntäminen neitseellisten materiaalien sijaan vähentää suoraan luonnonvarojen kulutusta. Uusiomateriaalien käyttöä on kuitenkin rajoitettu mm. asuinrakennusten välittömässä läheisyydessä sekä vesihuoltokaivantojen täytöissä, mikä rajoittaa niiden hyödyntämistä Hämeentien tyypillisissä katusaneeraushankkeissa.

Laajassa mittakaavassa rakennetun ympäristön perusta on maankäytön suunnittelussa, jossa vaikutetaan oleellisesti infrarakentamisesta aiheutuvaan hiilijalanjälkeen. Infrarakentamisessa, kuten muussakin rakentamisessa, merkittävimmät päästöihin vaikuttavat päätökset tehdään jo suunnitteluvaiheessa. Vaikutusmahdollisuus päästöihin laskee suunnittelun edetessä. Tulevat tarpeet ja kasvava liikennemäärä huomioiden kadun suunnitteluvaiheessa voidaan kuitenkin vaikuttaa alueen käytön päästöihin. Tarkastellussa hankkeessa päästövaikutusten arvioinnin sisällyttäminen jo yleissuunnitteluvaiheeseen edisti hankkeen ilmastovaikutusten vähentämistä. Ilmastovaikutusten arvioinnin sisällyttäminen mahdollisimman aikaisiin suunnitteluvaiheisiin on tärkeää parhaiden ja realistisimpien päästövähennysten saavuttamiseksi. Rakentamisvaiheen lisäksi huolellisella suunnittelulla vaikutetaan myös muiden elinkaaren vaiheiden päästöihin, sillä esimerkiksi materiaalivalinnat vaikuttavat materiaalin tuotantoon ja kunnostustarpeeseen rakenteen käyttövaiheen aikana ja materiaalien kierrätettävyyteen ja uudelleenkäytettävyyteen rakenteen elinkaaren päätyttyä.

11.2 Päästölaskenta suunnittelun apuna

Tämä selvityksen tavoitteena oli paitsi tuottaa tietoa infrarakentamisen ilmastovaikutuksista myös ohjeistaa hankkeen suunnitteluprosessia erilaisten rakentamisen vaihtoehtojen päästövaikutuksista. Kustannus- ja päästötehokkaan infrarakentamisen onnistumisen avaimet ovat riittävät lähtötiedot, etupainoinen suunnittelu ja rakentamisen sidosryhmien kommunikointi sekä yhteistyö. On oleellista tunnistaa päästöihin vaikuttavat suunnitteluratkaisut sekä päästöintensiiviset materiaalit ja toimintatavat jo suunnitteluvaiheessa. Tarkastelun perusteella tunnistetut rakennusosat sekä toimenpiteet, joiden päästöihin voidaan tarkastellussa kohteessa vaikuttaa, ovat esitettyinä kootusti taulukossa 8. Vastaavasti kohteelle soveltumattomat mahdollisesti päästöjä vähentävät ratkaisut ovat esitetty taulukossa 9. Tässä työssä tuotettu tieto katurakentamisen päästöistä toimii tutkimustietona tuleville suunnitteluhankkeille.

Suuret kaupungit ovat toiminnassaan jo tunnistaneet kaivumaiden, kiviaineksen ja purkumateriaalien hyödyntämisen tärkeyden. Pääkaupunkiseudulla Helsinki, Espoo ja Vantaa ovat laatineet tavoitteet sekä toimintaohjeita infrarakentamisen kiertotaloudelle. Kaupungin sisäisten hankkeiden massakoordinaatio edellyttää suunnitteluorganisaatiolta kierrätyskelpoisten materiaalien tunnistamista, lajittelevan purkamisen toimenpiteitä sekä välivarastointipaikan osoittamisen, jos se suunnitteluvaiheessa on mahdollista. Suunnitteluprosessien ollessa ajallisesti pitkiä ei selkeitä hyödyntämiskohteita ja/tai varastointipaikkoja voida kuitenkaan aina osoittaa kauas tulevaisuuteen. Hankkeen ilmasto- ja kierrätystavoitteet tulisi kirjata urakka-asiakirjoihin, jolloin voidaan varmistua tavoitteiden ja tehtyjen resurssiviisaiden ratkaisujen toteutumisesta rakentamisen aikana. Tällöin kirjattuihin tavoitteisiin ja toimintasuunnitelmiin voidaan yhdessä urakoitsijan kanssa palata rakennushankkeen käynnistyessä.

Helsingin kaupunki allekirjoitti syyskuussa 2020 yhdessä Ympäristöministeriön, Senaatti-kiinteistöjen sekä Espoon, Turun ja Vantaan kaupunkien kanssa vapaaehtoisen sopimuksen työmaiden päästöjen vähentämisestä eli ns. Green Deal -sopimuksen. Sopimuksen tavoitteena on, että kaupunkien ja Senaatin työmaat ovat päästöttömiä vuoden 2025 loppuun mennessä. Käytännössä tämä tarkoittaa fossiilisista polttoaineista luopumista kaikissa työkoneissa sekä kuljetuskalustossa. Sopimukseen on myös kirjattu tavoite työkoneiden 50 % sähköistämisestä vuoteen 2030 mennessä. Käytetyn energiamuodon vaihtaminen uusiutuvaan vaihtoehtoon edellyttää periaatteen omaksumista kaikilla toteutusasteilla, sekä suunnittelussa että rakentamisvaiheessa. Päästötön työmaa -konseptia voidaan jalkauttaa kaupungin toimintaan erilaisilla pilottihankkeilla, joissa ei vielä vaadita sopimuksessa esitettyä 100 % fossiilivapaata

toimintaa. Selvityksessä esitetty osittainen fossiilisen polttoaineen korvaaminen sähköllä tai biodieselillä mahdollistaa urakoitsijan ja työkoneiden toimittajien asteittaisen sopeutumisen tuleviin käytäntöihin. Tahtotila työkoneiden päästöjen vähentymisestä tulisi kuitenkin tuoda ilmi jo suunnitteluvaiheessa urakkakilpailutusta silmällä pitäen, jotta pilotoinnin toteutuminen voidaan varmistaa. Päästötön työmaa -konseptin päästöttömyys- tai vähäpäästöisyysvaatimukset voidaan tuoda osaksi urakkakilpailutusta ja hankintaprosessia.

Infrarakenteiden huollon ja ylläpidon päästöt ovat rakentamisvaiheeseen verrattuna vähäisiä, mutta laajassa mittakaavassa epäedullisten suunnitteluratkaisujen aiheuttamat ylimääräiset työsuoritteet voivat koko kaupungin mittakaavassa kumuloitua merkittäviksi päästöiksi. Toimivat ja sujuvasti huollettavat suunnitteluratkaisut edellyttävät yhteistyötä suunnittelu- ja kunnossapito-organisaatioiden välillä. On kuitenkin syytä huomioida, että usein tiiviisti rakennetussa ympäristössä kaikkien näkökulmien kannalta optimiratkaisua voi olla hyvin hankala tai mahdoton saavuttaa. Päästöjen kannalta merkittävintä on tunnistaa eniten polttoaineenkulutusta ja siten päästöjä lisäävät suunnitteluratkaisut. Huollon- ja ylläpidon toimintojen vaikutuksia muodostuviin päästöihin ei ole kuitenkaan tutkittu kattavasti. Suunnitteluratkaisuiden vaikutus ylläpidon päästöihin edellyttää tarkempia tutkimuksia, esimerkiksi käytännön työsuoritteita seuraamalla. Merkittävimpiä ylläpitoa hidastavia ratkaisuja on kuitenkin tunnistettu, minkä perusteella voidaan antaa suosituksia suunnittelun tueksi.

Taulukko 8. Selvityksessä tunnistetut ja kohteelle suositellut resurssiviisaat toimenpiteet sekä niiden potentiaalinen päästövähennys (kg CO₂ ekv.) ja kustannussäästö (%).

Resurssiviisaan infrarakentamisen toimenpide	Pot. vaikutus päästöihin (kg CO ₂ ekv.)	Pot. vaikutus kustannuksiin (%)	Suosittelut toimenpide	Huomioita
Nykyinen asfaltti poistetaan jyrkien paloina poiskaivun sijaan	+ 2 309	+0,6	Merkintä urakka-asiakirjoihin	Hyödynnetään tehtyjä asfalttitutkimuksia jyräntämäärien laskennassa
Maaleikkauksen massat sekä purettavat kiveysmateriaalit lajitellaan ja kuljetetaan kaupungin välivarastoon	- 48 325	-3,7	Merkintä urakka-asiakirjoihin ja massataulukoon, välivarastointipaikan osoittaminen	Kaupungin muiden hankkeiden massatalouksien kytkeminen ko. hankkeeseen
Kadulta purettavaa rakennekerrosmateriaalia hyödynnetään lopputäyttömateriaalina	- 16 973	-2,9	Merkintä urakka-asiakirjoihin, huomioidaan välivarastointi	Huomioidaan varastointitarpeet
Uudessa asfalttimateriaalissa hyödynnetään asfalttirouhetta	- 111 432	-11,8	Merkintä urakka-asiakirjoihin	
Purettavasta kiveysmateriaalista hyödynnetään luonnonkivet kohteella ja betonikivet kaupungin muilla hankkeilla.	- 73 428	-14,5	Merkintä urakka-asiakirjoihin	Kaupungin muiden hankkeiden massatalouksien kytkeminen ko. hankkeeseen
Kasvualustatoimittajilta hankitun kasvualustan sijaan hyödynnetään kaupungin ylijäämämaista kehittämiä omia kasvualustatuotteita	- 192	-0,1	Merkintä urakka-asiakirjoihin	Kivikon kierrätyskasvualustakehityksen kytkeminen hankkeeseen
Fossiilisen dieselin sijaan käyttövoimasta 80 % on biodieseliä ja 20 % vihreää sähköä	- 60 162	NA	Selvitetään päästötön työmaa -konseptin jalkauttamista hankkeelle	Toimenpide on green deal -sopimuksen tavoitteiden mukainen
Katurakenteiden suunnittelussa huomioidaan huollon ja ylläpidon sujuvuus ja toteutuminen	NA	NA	Ratkaisuista keskustellaan suunnitteluprosessin aikana	
Työmaa suunnitellaan työnaikaiset liikennejärjestelyt huomioiden	+ 1 610 000	NA	Merkintä urakka-asiakirjoihin	Rakentamisen vaiheistuksen suunnittelu päästövaikutukset huomioiden
Runkovesiputkimateriaalin valinnassa huomioidaan teräs- ja valurautaputkien materiaalin tuotannon päästöarvot	- 250 000	NA	Tiedotetaan projektiorganisaatiota materiaalin päästöeroista	Teräsputken päästöt ovat suuremmat kuin valurautaisen putken
Hulevesien eriyttäminen	NA	NA	Tiedotetaan projektiorganisaatiota	Kts. Liite 2
Valaisinpylvään tyyppi- ja materiaalivalinta	+ 18 100 - 21 100	NA	Tiedotetaan suunnittelijoita ja tilaajaa materiaalin päästöeroista	Teräksisen ristikkopylvään päästöero suhteessa perinteiseen teräspylvääseen tai puupylvääseen

Taulukko 9. Tarkastellut resurssiviisaat toimenpiteet, jotka eivät ole sovellettavissa kohteelle.

Resurssiviisaan infrarakentamisen toimenpide	Hyödyt	Miksi ei sovellu kohteelle
Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa, esim. betonimurske, pohjatuhka	Uusiomateriaaleilla voidaan korvata neitseellisiä materiaaleja ja siten säästää päästöissä ja kustannuksissa	MARA-asetus rajaa uusiomateriaalien käyttöä mm. lähellä asutusta. Myös runsas kunnallistekniikan määrä rajoittaa käyttöä.
Hulevesien luonnonmukainen käsittely	Hulevesien viivytytys ja imeyttäminen pienetään vesihuoltoverkoston ja vesistöjen kuormitusta. Sekaviemäroinnissä myös pumppaamon kuormitus pienenee.	Alue on tiiviisti rakennettu eikä katualueella ole tilaa esim. avovesiuomille
Kasvillisuuden lisääminen	Kasvillisuus toimii hiilinieluna	Alue on tiiviisti rakennettu eikä katurakenteissa ole tilaa lisätä kasvualustojen määrää

12. LÄHDELUETTELO

Green Building Council Finland, 2019. Määritelmä: Kestävä infra. 6.2.2019. https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/GBC_Kestava-infra-maaritelma_2019_02_6.pdf 11.8.2020

Green Building Council Finland, 2020. VÄHÄHIILISYYDEN SANAKIRJA - vähähiilisen rakentamisen ja kiinteistöliiketoiminnan terminologia.

Grönman, K., Pajula, T., Sillman, J., Leino, M., Vatanen, S., Kasurinen, H., ... & Soukka, R. (2019). Carbon handprint–An approach to assess the positive climate impacts of products demonstrated via renewable diesel case. *Journal of cleaner production*, 206, 1059-1072.

Helen Oy (2020) Energian ominaispäästöt <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot> Viittaus 2.10.2020

Helsingin kaupunki (2018), Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf> Viittaus 2.10.2020

HSY (2020) <https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmasto/kasvihuonekaasupaastot/> Viittaus 11.8.2020.

Kolehmainen (2010) Katujen ylläpitokustannuksia lisäävät suunnitteluratkaisut. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2010:9 / Katu- ja puisto-osasto.

Hagström ym. (2011) Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki. Liikennevirasto, väylätekniikkaosasto. Helsinki 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 38/2011.

Rakennusteollisuus (RT), 2020. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 Osa 1. Rakennetun ympäristön hiilielinkaaren nykytila. 28.5.2020 Gaia Consulting Oy.

Rapal Oy, 2019. Päästölaskennan kehityshanke.

Sitoumus2050 (2020) Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/> Viittaus 20.10.2020

SFS-EN ISO 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen standardisoimisliitto SFS.

Toochi EC. Carbon sequestration: how much can forestry sequester CO₂?. *Forest Res Eng Int J*. 2018;2(3):148-150. DOI: 10.15406/freij.2018.02.00040, viitattu 3.8.2020.

Ympäristöministeriö, 2019a. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22.

Ympäristöministeriö, 2019b. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin

LIITE 1. Päästölaskennassa käytetyt päästökertoimet

Materiaali tai tuote	Yksikkö	kg CO2 ekv.	Vuosi	Lähde
Alumiini	kg	3,3	2010	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Asfaltti, neutseellinen materiaali	t	49	2017	EPD International, NCC, Environmental Product Declaration for NCC Green Asphalt2 from Arlanda asphalt plant, Reg. no. S-P-00844 . Giltig t.o.m. 2022-01-26
Asfaltti, 50% kierrätettyä asfalttimursketta	t	39,5	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Asfaltin levityskone Dynapac F12	m2	0,056	2001	Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road
AXMK 4x25	m	1,7	2013	Keskiarvo kahdesta eri koosta. Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Betoni C32/40 (K40)	m3	315,0	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Hiekka, suodatinkerrokseen	m3rtr	1,6	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Iso sauvakivi 278x138x80	m2	17,5	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Jyrsintäkone, asfaltti	h	153,0	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Kalliomurske 0-63	m3	2,9	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Kallion irrotus	m3ktr	2	2008	Valkeisenmäki et al. (2008) Tierakennuksen ekotehokkuuden parantaminen
Kasvualusta vaatimattomat	m3	0,6	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Kaivinkone, materiaalityyppi vaikea	l/m3	0,11	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road
Kaivinkone, materiaalityyppi melko vaikea	l/m3	0,094	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road
Kaivinkone, materiaalityyppi melko helppo	l/m3	0,079	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road
Kaivinkone, materiaalityyppi helppo	l/m3	0,076	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road
Kuormaaja, materiaalityyppi vaikea	l/m3	0,095	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road
Kuormaaja, materiaalityyppi melko vaikea	l/m3	0,085	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Stripple (2001), Life Cycle Assessment of Road

Materiaali tai tuote	Yksikkö	kg CO2 ekv.	Vuosi	Lähde
Kuormaaaja, materiaalityyppi melko helppo	l/m3	0,049	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Strippel (2001), Life Cycle Assessment of Road
Kylmäjyrsintä	m2	0,163	2001	Liikennevirasto, 2011, Tien- ja radanpidon hiilijalanjälki, 38/2011. Alkuperäinen lähde: Strippel (2001), Life Cycle Assessment of Road
NesteMy biodiesel	MJ	0,01	2019	Grönman et al, 2019, Carbon handprint–An approach to assess the positive climate impacts of products demonstrated via renewable diesel case. Journal of cleaner production, 206, 1059-1072.
Noppa- ja nupukivi	t	50	2020	Kivi Ry, RTS EPD 55 20 Noppa- ja nupukivet
Nurmiseos	m2	0,0561	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Perenna	0,1	kpl	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Puupylväs	t	800	2020	Tehomet, 2020, arvio
Reunakivi	t	104	2020	Kivi Ry, RTS EPD 54 20 Reunakivet, massiiviportaat, massiivimuurikivet ja paasikivet
Sora	t	0,9	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Suojaputki	kpl	1,12	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Sähköntuotanto	kWh	0,139	2020	Helen 2020
Teräs	kg	1,1	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Teräsputki	mtr	372	2016	SSAB, EPD 2016 Structural hollow sections, precision tubes, line pipes, steel sections and piles
Teräspylväs	t	2000	2020	Tehomet, 2020, arvio
Teräsverkko B500K, 6mm	m2	2,8	2018	Rapal Oy, Päästölaskennan kehityshanke 2018
Valurautainen vesijohtoputki	mtr	476	2019	PAM Saint Gobain, EPD Fiche de declaration environnementale et sanitaire, 11/2019.

Tilaaaja
Helsingin kaupunki

Asiakirjatyyppi
LIITE 2. Vesihuollon päästölaskentaraaportti

Päivämäärä
20.8.2020

HÄMEENTIE VESIHUOLLON UUDISTUS- TEN HIILIPÄÄSTÖT

Päivämäärä	20.8.2020
Laatijat	Kiia Mölsä, Sarah Brudler
Tarkastaja	Sanna Vienonen
Kuvaus	LIITE 2. Vesihuollon päästölaskentaraaportti
Viite	1510054776

Sisällysluettelo

1.	Johdanto	1
2.	Suunnittelukohde	1
2.1	Nykytila	1
2.2	Vesihuollon uudistukset alueella	1
3.	Vesihuoltorakenteiden päästöt	3
3.1	Laskennan lähtökohdat	3
3.2	Systeemin kuvaus	3
3.3	Laskennan syötteen ja oletukset	3
3.4	Käytetyt menetelmät ja päästökertoimet	4
3.5	Tulokset	6
4.	hulevesien eriyttämisen hiilijalanjälki	7
4.1	Arvioinnin periaatteet	7
4.2	Eriytettävän huleveden määrä ja laatu	7
4.3	Hulevesien eriyttämisen vaikutus jätevedenpuhdistuksen hiilijalanjälkeen	9
4.4	Eriytettävän verkoston hiilijalanjälki	9
4.5	Hiilijalanjäljen kompensatio	10
4.6	Huleveden eriyttämisen muita ympäristövaikutuksia	10
5.	Yhteenveto	11
6.	Lähteet	12

1. JOHDANTO

Helsingin Hämeentien alueen asemakaavan muutoksesta (nro 12470) johtuen Hämeentien katu- aluetta sekä vesihuoltorakenteita uusitaan. Kohde on osa CANEMURE-hanketta, jonka tavoitteena on edistää vähähiilisiä hankintoja sekä näin tukea Hiilineutraali Helsinki 2035-toimenpideohjelman käytännön toteuttamista.

Tässä työssä arvioitiin Hämeentielle suunniteltujen uusien vesihuoltojärjestelmien rakentamisesta aiheutuvan hiilijalanjäljen suuruutta sekä alueen hulevesien eriyttämisen positiivisia vaikutuksia jätevedenpuhdistuksen hiilijalanjälkeen. Työ suoritettiin lisäoptiona Hämeentien katurakentamisen päästölaskennalle välillä Kustaa Vaasan tie – Annalantie. Vesihuoltorakenteiden sisällyttäminen projektiin mahdollistaa pelkkien katutöiden päästöjen arviointiin verrattuna kokonaisvaltaisemman kuvan uudistusten kokonaishiilipäästöistä.

Hiilijalanjäljellä kuvataan yleisesti tuotteen tai palvelun elinkaaren aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää ja siten sen myötävaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Hiilijalanjälki lasketaan massana hiilidioksidiekvivalenttia (esim. kg CO₂-e), johon kaikki kasvihuonekaasupäästöt suhteutetaan niiden ilmastoa lämmittävän vaikutuksen vahvuuden perusteella. Hiilijalanjälki on yleisin tuotteen tai palvelun elinkaariarvioinnissa tutkittavista ympäristövaikutuksista.

Hiilijalanjälkilaskennan, hulevesien eriyttämisen vaikutuksen arvioinnin ja raportoinnin ovat suorittaneet DI Kiia Mölsä ja FM Sanna Vienonen Ramboll Finland Oy:stä sekä TkT Sarah Brudler Ramboll Denmarkista.

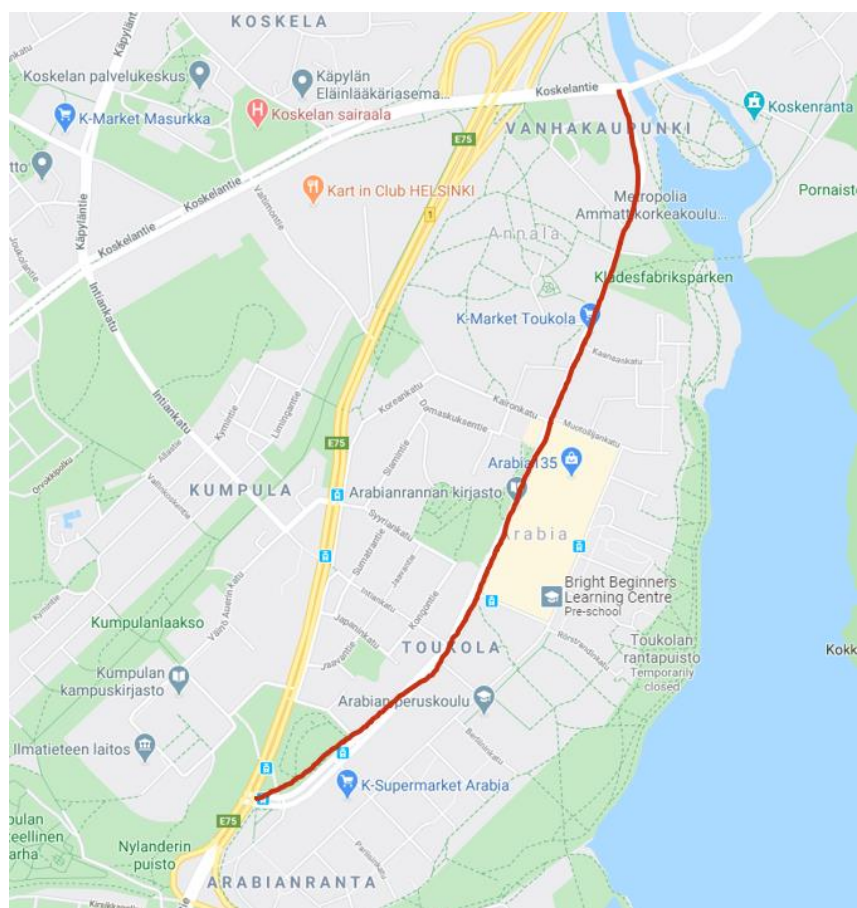
2. SUUNNITTELUKOHDE

2.1 Nykytila

Hämeentie on noin 1 850 metriä pitkä katu Arabianrannassa, Toukolan kaupunginosassa. Tarkastelualueena on osuus Hämeentiestä välillä Kustaa Vaasan tie – Annalantie (kuva 1). Hämeentie on vilkkaasti liikennöity ja sitä ympäröi kaupunki- ja pientaloalue. Nykytilassa tarkastelualueen kunnallistekniset vesihuoltojärjestelmät koostuvat pääosin talousvesi- ja sekaviemäriverkostosta. Sekaviemäroidyt vedet johdetaan tunnelia pitkin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle.

2.2 Vesihuollon uudistukset alueella

Asemakaavamuutoksen myötä myös Hämeentien vesihuoltorakenteet päivitetään: Vesijohdot uusitaan sekä jäte- ja hulevedet eriytetään omiin verkostoihinsa. Jatkossa hulevesiä johdetaan Vanhankaupunginlahteen. Suunnitelluilla putkijärjestelyillä varaudutaan myöhempään Toukolan, Kumpulän ja Käpylän alueiden hulevesien eriyttämiseen.



Kuva 1 Tarkastelualue

3. VESIHUOLTORAKENTEIDEN PÄÄSTÖT

3.1 Laskennan lähtökohdat

Hämeentien uusien vesihuoltorakenteiden materiaalien ja asentamisen aiheuttamien hiilipäästöjen laskenta perustui kestävän rakentamisen CEN/TC 350-standardiperheen (Sustainability of construction works) standardeihin. Laskennassa vesihuoltorakenteista huomioitiin vesijohdot sekä viemäriputket ja -kaivot. Laskennan lähtökohtana toimi Hämeentielle laadittu vesihuollon yleissuunnitelma, jonka perusteella laskettiin käytetyt materiaalmäärät.

Osana laskentaa huomioitiin materiaalien lisäksi niiden kuljetukset työmaalle. Kuljetusmatkat arvioitiin pääkaupunkiseudun materiaalitoimittajien tehtaiden sijaintien avulla. Rakenteiden asennustöistä huomioitiin päästöjen kannalta merkittävin työvaihe eli vesijohtoputkien huuhtelu. Maansiirtotöitä ei huomioitu, sillä ne sisältyvät kadunrakentamisen päästölaskentaan.

Hiilijalanjäljen laskemisessa käytettävät päästökertoimet eri materiaaleille ja vesijohdon huuhtelu-prosessille valittiin luotettavimmiksi ja parhaiten kontekstiin sopiviksi arvioiduista lähteistä. Vesihuoltorakenteiden materiaalmassat laskettiin tyypillisten putki- ja kaivotuotteiden perusteella toimittajatietojen puuttuessa. Käytetyt oletukset ja tietolähteet on eritelty laskennan kuvauksessa kohdissa 3.3-3.4.

3.2 Systemin kuvaus

Päästölaskennassa laskettiin erikseen päästöt talousvesi-, jätevesi- ja hulevesijärjestelmille. Jäte- ja hulevesijärjestelmät koostuvat eri kokoisista betoni- ja PVC-muoviputkista, kaivoista sekä kaivojen valurautakansista. Talousvesijärjestelmään kuuluvat asennuksen yhteydessä huuhteltavat valurautaiset vesijohtoputket.

3.3 Laskennan syötteet ja oletukset

Päästölaskennassa huomioitujen rakenteiden tyypit ja määrät koottiin Hämeentien vesihuollon yleissuunnitelmasta. Vesijohtojen huuhtelussa käytettävän veden määränä käytettiin Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY:n arvioimaa keskimääräistä huuhtelun vesitilavuutta. Nämä laskennan syötteet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1: Vesihuoltorakenteiden päästölaskennan syötteet eri järjestelmille

	Rakenneosa	Määrä
Hulevesijärjestelmä	Betoniputki, Br, Ø 300 mm	580 m
	Betoniputki, Br, Ø 400 mm	711 m
	Betoniputki, Br, Ø 500 mm	100 m
	Betoniputki, Br, Ø 800 mm	335 m
	PVC-putki, SN8, Ø 250 mm	381 m
	Betonikaivo, Ø 800 mm	125 kpl; syvyys 1,0 – 2,3 m (keskiarvo: 1,7 m)
	Betonikaivo, Ø 1000mm	12 kpl; syvyys 1,4 – 4,1 m (keskiarvo: 2,3 m)
	Valurautainen umpikansi	73 kpl
	Valurautainen ritaläkansi	22 kpl
	Valurautainen kitakaivo	42 kpl

Jätevesijärjestelmä	Betoniputki, Br, Ø 500 mm	79 m
	PVC-putki, SN8, Ø 250 mm	1055 m
	Betonikaivo, Ø 800 mm	40 kpl; syvyys 1,3 – 6,5 m (keskiarvo: 2,4 m)
	Valurautainen umpikansi	40 kpl
Talousvesijärjestelmä	Valurautaputki, SG, Ø 800 mm	1832 m
	Valurautaputki, SG, Ø 150 mm	1681 m
	Huuhdeluvesi	75000 m ³

Rakenteiden kuljetusmatkojen keskimääräinen pituus arvioitiin muutamien pääkaupunkiseudun materiaalitoimittajien tehtaiden sijaintien perusteella. Tarkempien pumppaustietojen puuttuessa pumppauksen keskimääräiset parametrit ja kulutettu energia arvioitiin hyödyntämällä HSY:n arvioimia pumppausnopeuksia ja olemassa olevia verkkopohjaisia työkaluja (Engineering Toolbox 2009). Kuljetusten ja vesijohtojen huuhdelupumppauksen laskennassa käytetyt oletukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Kuljetusmatkojen ja pumppauksen laskentaoletukset

	Parametri	Oletus
Kuljetusmatka	Betonituotteet	38 km
	Valurautatuotteet	67 km
	Muovituotteet	67 km
Huuhdeluveden pumppaus	Nostokorkeus	10 m
	Hyötysuhde	0,9
	Pumppaus – vaihe 1 (matala virtaus)	20 päivää; 0,7 m/s; 4376 kWh
	Pumppaus – vaihe 2 (korkea virtaus)	3 päivää; 1,0 m/s; 20813 kWh

3.4 Käytetyt metodit ja päästökertoimet

Hiilijalanjälkilaskennassa kaikkien käytettyjen materiaalien ja energian tuotannosta aiheutuvia suoria ja epäsuoria kasvihuonekaasupäästöjä arvioidaan kertomalla niiden määrät niille ominaisilla päästökertoimilla. Esimerkiksi betoniputkelle laskettu päästökerroin huomioi koko betonin tuotannon elinkaaren ja sen aiheuttamat päästöt aina raaka-aineiden louhinnasta valmistusprosessiin, käytettyyn energiaan ja materiaalikuljetuksiin. Tuotteen päästökertoimen voi joko määrittää itse mallintamalla sen valmistusprosessin, tai valita jo valmiiksi määritetyn kertoimen. Valmiiksi laskettuja päästökertoimia voi etsiä esimerkiksi erilaisista tietokannoista tai tuotekohtaisista EPD-ympäristöselosteista. Valmiita päästökertoimia käyttäessä tulee arvioida huolellisesti lähteen luotettavuutta ja datan sopivuutta kontekstiin.

Useimmille vesihuoltojärjestelmien rakenneosille löydetty, valmiiksi lasketut päästökertoimet todettiin joko vanhentuneiksi, puutteelliseksi tai muutoin epäedustaviksi Hämeentielle suunniteltuihin rakenteisiin nähden. Tästä syystä kaikkien rakenneosien päästöt laskettiin mallintamalla niiden tuotantoprosessit itse alusta lähtien. Mallinnukseen sisällytettiin esimerkiksi materiaalin tuotanto, tuotantovaiheen kuljetukset ja näiden aiheuttamat päästöt.

Rakenteiden päästöjen mallinnusta varten osissa käytettävät materiaalmäärät ja -massat laskettiin referenssituotteiden avulla (Taulukko 3.). Materiaalien massat vaikuttavat tuotantoprosessin päästöjen lisäksi kuljetustarpeisiin.

Taulukko 3: Vesihuoltojärjestelmien päästömallinnuksessa käytetyt referenssituotteet

	Rakenneosa	Referenssituote
Hule- / jätevesi	Betoniputket	Ruskon Betoni: EK-putket, pyöreät
	PVC-putket	Uponor: PVC-putki, SN8 EN1401
	Betonikaivo, 800 mm	Ruskon Betoni: EK-pohjarengas, Ø 800 mm, h = 0,5 m; EK-kaivonrengas, Ø 800 mm; EK-kartiorengas, Ø 800/600 mm
	Betonikaivo, 1000 mm	Ruskon Betoni: EK-pohjarengas, Ø 1000 mm, h = 0,5 m; EK-kaivonrengas, Ø 1000 mm; EK-kartiorengas, Ø 1000/600 mm
	Valurautainen umpikansi	Ruskon Betoni: Kelluva kehys, Ø 600 mm, h = 190 mm; Päälyyskansi, umpikansi 600/40)
	Valurautainen rutiläkansi	Ruskon Betoni: Kelluva kehys, Ø 600 mm, h = 190 mm; Päälyyskansi, sadekansi 600/40)
	Valurautainen kitakansisto	Ruskon Betoni: Kitakansisto, 840 x 840 mm, h=210 mm, kansilevy 550/50 mm
Talousvesi	Valurautaputki, SG	Saint-Gobain PAM: Pipe System CL, C25/C30; C40

Rakenneosien elinkaari-inventaario, eli niiden jokaisen osan tuotannon aiheuttamat päästöt, koottiin hyödyntäen Ecoinvent 3.5 -tietokantaa. Ecoinvent on yksi maailman käytetyimmistä elinkaari-inventaario -tietokannoista. Se sisältää yleistä, keskimääräistä elinkaaridataa, tuotteesta riippuen joko kansainvälisellä tasolla, maanosakohtaisesti tai yksittäiselle valtiolle.

Tuotteen elinkaari-inventaariosta voidaan muodostaa päästökerroin muuntamalla kaikki elinkaaren eri kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalentiksi. Tämä tapahtuu kertomalla päästön määrä kyseiselle kasvihuonekaasulle ominaisella karakterisointikertoimella, jonka suuruus eri kaasuilla vaihtelee niiden ilmastoa lämmittävän vaikutuksen mukaan. Erilaiset elinkaariarviointimetodit sisältävät koosteita näistä karakterisointikertoimista. Käytännössä karakterisointikertoimet valitaan kin valitsemalla tilanteeseen sopivan metodi.

Tähän laskentaan metodiksi valittiin ReCiPe 2016, joka on yksi erityisesti Euroopan käytetyimmistä metodeista. ReCiPe 2016 -metodia käytettiin kaikkien verkostomateriaalien ja sähköntuotannon päästöjen laskentaan. Kuljetusten päästöt laskettiin hyödyntämällä VTT:n LIPASTO-tietokantaa, joka sisältää suomeen tuotettua hiilipäästödataa erilaisille kuljetusprosesseille. LIPASTO-tietokanta on käytössä myös katurakenteiden päästölaskennassa, ja laskentojen tulokset ovat siten vertailukelpoisempia keskenään. Vesijohtojen huuhtelussa käytettävän juomaveden tuotannon hiilipäästöt laskettiin hyödyntämällä geneeristä dataa tarkempaa, Helsingissä sijaitsevalle Vanhankaupungin vedenpuhdistuslaitoksen prosessille vuonna 2016 määritettyä hiilijalanjälkeä (Salo 2016). Myös Vanhankaupungin vedenpuhdistamon hiilijalanjälki on määritetty ReCiPe -metodin avulla. Käytettyjen päästö-/karakterisointikertoimien lähteet on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4: Hiilijalanjäljen määrittämiseen käytettyjen karakterisointikertoimien lähteet

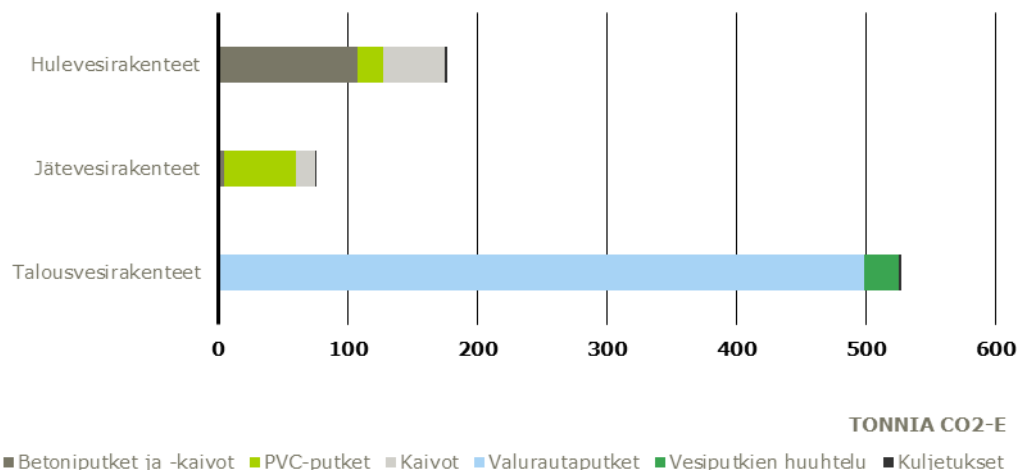
Prosessi	Päästökertoimet
Materiaalien ja osien tuotanto	ReCiPe 2016
Sähköntuotanto	ReCiPe 2016
Kuljetukset	LIPASTO yksikköpäästötietokanta, Puoliperävaunuyhdistelmä (80% maantieajo, 20% katuajo), 2016 keskiarvo
Talousveden tuotanto	Salo 2016, liite 12

3.5 Tulokset

Hämeentielle suunniteltujen vesihuoltorakenteiden, niiden kuljetusten ja vesijohdon asennukseen kuuluvan huuhtelun aiheuttamaksi yhteispäästöksi arvioitiin kokonaisuudessaan n. 770 tonnia CO₂-e (kuva 2, taulukko 5). Selkeästi suurin osuus, n. 65% kokonaispäästöstä, aiheutui valurautaisten vesijohtojen valmistuksesta. Seuraavaksi suurimmat osuudet kokonaispäästöstä aiheuttivat betoni- ja muoviputket. Kuljetusten osuus kokonaispäästöstä oli hyvin pieni. Vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälkeä voidaan verrata katurakentamisen päästöihin, joiden arvioitiin perustilanteessa olevan n. 1 136 CO₂-e.

HIILIJALANJÄLKI

SYSTEEMI



Kuva 2: Yhteenveto eri vesihuoltojärjestelmille, vesijohtojen huuhtelulle ja kuljetuksille lasketuista hiilipäästöistä ja niiden aiheuttajista

Taulukko 5: Hiilijalanjälki eriteltynä vesihuoltorakenteiden elementtien valmistukselle, kuljetuksille ja vesijohtojen huuhtelulle

	Materiaalien tuotanto	t CO ₂ -e	Kuljetukset	t CO ₂ -e
Hulevesijärjestelmä	Betoniputki, Br, Ø 300 mm	15,8	Betonituotteet	1,7
	Betoniputki, Br, Ø 400 mm	28,1	Muovituotteet	0,1
	Betoniputki, Br, Ø 500 mm	5,9	Valurautatuotteet	0,2
	Betoniputki, Br, Ø 800 mm	58,1		
	PVC-putki, SN8, Ø 250 mm	20,0		
	Betonikaivot, Ø 800 mm	14,6		
	Betonikaivot, Ø 1000mm	2,5		
	Valurautakannet	29,7		
	Yhteensä	174,7	Yhteensä	2,1
Jätevesijärjestelmä	PVC-putki, SN8, Ø 250 mm	55,3	Betonituotteet	0,2
	Betoniputki, Br, Ø 500 mm	4,6	Valurautatuotteet	0,1
	Betonikaivot, Ø 800 mm	6,5		
	Valurautakannet	8,2		
	Yhteensä	74,6	Yhteensä	0,3
Talousvesijärjestelmä	Valurautaputki, SG, Ø 800 mm	418,6	Valurautatuotteet	1,9
	Valurautaputki, SG, Ø 150 mm	80,0		
	Huuhtelu	26,4		
	Talousvesijärjestelmä yhteensä	525,0	Yhteensä	1,9
Kokonaispäästö	Yhteensä	774,3	Yhteensä	4,2

4. HULEVESIEN ERIYTTÄMISEN HIILIJALANJÄLKI

4.1 Arvioinnin periaatteet

Hulevesien eriyttäminen omaan verkostoonsa vähentää jätevedenpuhdistamolle pumpattavan veden ja ravinteiden määrää ja siten pienentää puhdistusprosessin aiheuttamaa ympäristökuormaa, kuten hiilijalanjälkeä. Osana Hämeentien vesihuoltouudistusten päästölaskentaa arvioitiinkin hulevesien eriyttämisen mahdollistamaa, jätevedenpuhdistusprosessin hiilijalanjäljen pienenemistä.

Hämeentien hulevesiviemäröinnin mitoituksessa varaudutaan jo tulevaisuudessa tapahtuvaan Käpylän ja Kumpulan alueiden hulevesien eriyttämiseen. Tästä syystä eriytettävän huleveden määrää arvioitiin koko tulevan valuma-alueen perusteella. Laskennassa arvioitiin valuma-alueelta hulevesiviemäriin päätyvän veden ja sen sisältämien ravinteiden määrää. Nämä määrät arvioitiin vähennettäväksi jätevedenpuhdistusprosessiin päätyvän veden ja ravinteiden määristä.

Hämeentien sekavedet johdetaan nykyisin tunneleita pitkin HSY:n operoimalle Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle. Viikinmäen puhdistamon prosessille on aiemmin suoritettu vuoden 2018 prosessitietoja hyödyntäen täysimittainen elinkaariarviointi (Mölsä 2019), jonka osana sille on myös laskettu hiilijalanjälki. Tämän elinkaariarvioinnin tuloksia käytettiin lähtötietona hulevesien eriyttämisen vaikutusten arvioinnissa.

Eriytettävän hulevesiverkoston valuma-alueelle arvioitiin lisäksi nykyisen sekaviemäriverkoston pituuden ja kaivojen määrän perusteella tulevaisuudessa mahdollisesti rakennettavien hulevesiputkien ja -kaivojen määrää. Näille laskettiin oma karkeasti arvioitu hiilijalanjälkensä, jota verrattiin jätevedenpuhdistusprosessissa saavutettujen päästövähennysten määrään eri aikajänteillä. Täten saatiin arvio hulevesien eriyttämisen kokonaisvaikutuksista hiilijalanjäljen näkökulmasta. Laskennassa ei huomioitu maatöitä.

4.2 Eriytettävän huleveden määrä ja laatu

Koska Hämeentien hulevesiviemärien mitoituksella varaudutaan hulevesien eriyttämiseen tulevaisuudessa Käpylän, Kumpulan ja Toukolan alueilta, määritettiin viemäröinnissä eriytettävän huleveden määrä tältä koko valuma-alueelta (kuva 3). Näin saatiin laajempi kokonaiskuva eriyttämisen vaikutuksista. Tulevaisuudessa eriytettävien alueiden pinta-alaksi arvioitiin karkeasti noin 250 hehtaaria.



Kuva 3: Tulevaisuudessa mahdollisesti eriytettävä alue

Aikayksikkönä tarkastelussa käytettiin yhtä vuotta. Tarkastellun valuma-alueen hulevesiviemäriin päätyvän veden määrää arvioitiin vuosittaisen sadannan ja alueen valumakertoimen perusteella. Valumakertoimella kuvataan huleveden osuutta, joka ei imeydy maaperään vaan kulkeutuu pintavaluntana.

Valuma-alueelle vuosittain satavan veden tilavuus laskettiin Ilmatieteenlaitoksen (2019) vuositlastojen perusteella. Ilmatieteenlaitoksen mukaan Helsingin seudun vuosittainen sademäärä vuosina 1981-2010 oli 650-700 mm. Sademäärään lisättiin 20% kuvaamaan tulevaisuudessa tapahtuvaa ilmastonmuutoksen aiheuttamaa sademäärien kasvua. Vuosittaisen sateen tilavuudeksi arvioitiin siten keskimääräisellä 810 mm sademäärällä n. 2,1 miljoonaa m³ vettä vuodessa. Alueen valumakerroin määriteltiin paikkatietoanalyysillä HSY:n seudulliseen maanpeiteaineistoon perustuen. Valumakertoimeksi alueelle saatiin noin 0,5. Täten hulevesiverkostoon vuodessa päätyvän veden tilavuus on noin 1,1 miljoonaa m³.

Hulevesi ja keskimääräinen jätevedenpuhdistusprosessiin pumpattava jätevesi ovat laadultaan erilaisia. Koska jätevedenpuhdistusprosessin toiminta ja päästöt perustuvat puhdistettavan veden määrän lisäksi erityisesti ravinteiden määrään ja suhteeseen vedessä, kannattaa puhdistamalla säästettyjen päästöjen määrää tarkastella eriytettävän hulevesimäärän sijasta sen sisältämän ravinnekuorman kautta. Eriytettävän huleveden vuosittainen ravinnekuorma laskettiin hyödyntäen Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen (2014) määrittämiä huleveden ravinnepitoisuuksia. Huleveden mukana puhdistamolle kulkeutuu erityisesti typpeä. Laskennassa käytetyt huleveden ravinnepitoisuudet ja vuosittaiset määrät on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 6: Huleveden ravinnepitoisuudet ja eriytettävän huleveden ravinnekuormat

	Pitoisuus hulevedessä	Vuosittainen arvioitu määrä valuma-alueelta
Orgaaninen kokonaishiili TOC	0,0103 mg/l	10 kg
Typpi N	1,673 mg/l	1760 kg
Fosfori P	0,115 mg/l	120 kg

4.3 Hulevesien eriyttämisen vaikutus jätevedenpuhdistuksen hiilijalanjälkeen

Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessin hiilijalanjälki vuonna 2018 oli kokonaisuudessaan 38 400 tonnia CO₂-e (Mölsä 2019). Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessissa selvästi merkittävin hiilijalanjälkeä nostava tekijä on puhdistusprosessissa vapautuva typpioksiduuli, joka on hiilidioksidia n. 300 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu. Typpioksiduulikaasua muodostuu typenpoistoprosessissa ja sen määrä riippuu puhdistukseen saapuvan veden typpikuormasta. Jaettuna prosessiin vuodessa saapuvan veden typpikuormalla, oli Viikinmäen puhdistusprosessin hiilijalanjälki vuonna 2018 n. 8 kg CO₂-e/ kg N. Koska myös hulevesi kuljettaa ravinteista mukanaan puhdistamolle nimenomaan typpeä, kannattaa vähenevän huleveden määrän vaikutusta puhdistamon hiilijalanjälkeen tarkastella ravinteista juuri typen kannalta.

Laskettuna typpikuorman avulla, Hämeentien alueelta eriytetyn vuotuisen hulevesimäärän aiheuttaman hiilipäästön osuus Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessissa on n. 14 tonnia CO₂-e. Tämä päästö voidaan olettaa vähenevän vuosittaisesta jätevedenpuhdistusprosessin kokonaispäästöstä, kun Hämeentien alueen hulevedet eriytetään sekaviemäröinnistä. Lukua voidaan pitää vähennettyjen hiilipäästöjen minimiarviona, sillä todellisuudessa päästövähennyksiä saavutetaan myös esimerkiksi verkostossa vähenevän pumppaustarpeen myötä. Lisäksi jätevedenpuhdistusprosessin vesi- ja ravinnekuorman pienentäminen helpottaa puhdistusprosessin optimointia, jolloin myös hiilijalanjäljen pääsiallisen aiheuttajan, typpioksiduulikaasun, muodostumista koko jätevedenpuhdistamon typpikuormasta voidaan pidemmällä aikavälillä oletettavasti pienentää vähäisempien hulevesimäärien myötä.

4.4 Eriytettävän verkoston hiilijalanjälki

Jotta voidaan arvioida hulevesien eriyttämisen kokonaisvaikutuksia hiilipäästöihin, voidaan verrata hulevesiverkoston rakentamisen hiilijalanjälkeä jätevedenpuhdistusprosessin pienennettyyn hiilijalanjälkeen. Koko Hämeentien valuma-alueelle tarvittavien hulevesirakenteiden määrän suuruusluokkaa arvioitiin alueen nykyisen sekaviemäriverkoston avulla. Näille rakenteille arvioitiin karkeasti hiilijalanjälki käyttäen samoja metodeja kuin luvun 3 päästölaskennassa. Laskennan oletukset ja tulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7: Hämeentien koko valuma-alueen arvioidut eriytettävän hulevesiverkoston rakenteet ja hiilijalanjälki

Rakenneosa	Määrä	Hiilijalanjälki (materiaalituotanto + kuljetus)
Betoniputki, Br, Ø 300 mm	23 km	630 tonnia CO ₂ -e
Betonikaivo, Ø 800 mm	675 kpl; 1,0 – 2,3 m (keskiarvo: 1,7 m)	90 tonnia CO ₂ -e
Valurautainen umpikansi	450 kpl	90 tonnia CO ₂ -e
Valurautainen ritiläkansi	225 kpl	45 tonnia CO ₂ -e
Hämeentielle suunnitellut hulevesirakenteet		181 tonnia CO ₂ -e
Yhteensä		1036 tonnia CO₂-e

4.5 Hiilijalanjäljen kompensatio

Kun verrataan arviota Hämeentielle suunnitellun ja tulevaisuudessa mahdollisesti koko valuma-alueen eriyttävän verkoston rakentamisen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä jätevedenpuhdistamolla saavutettavaan vuosittaiseen päästövähennykseen, voidaan arvioida aiheutetun hiilipäästön kompensointiaikaa. Arvioitujen hiilijalanjälkien ja tehtyjen oletusten perusteella saadaan hiilijalanjäljen "takaisinmaksuajaksi" noin 70-75 vuotta. Mikäli siis hulevesiverkoston elinikä on vähintään 70-75 vuotta, kompensoituu eriyttävän viemäröinnin rakentamisen aiheuttama hiilijalanjälki jätevedenpuhdistusprosessin hiilijalanjäljessä.

Arvioitua 70-75 vuotta voidaan pitää kompensaation maksimiaikana, sillä todellisuudessa päästövähennyksiä saavutetaan jätevedenpuhdistusprosessin lisäksi myös verkostossa vähenevän pumpupaustarpeen myötä. Lisäksi kun huleveden määrä jätevedenpuhdistusprosessissa merkittävästi vähenee, on prosessia helpompi optimoida typenpoistoprosessin kannalta. Tällöin myös hiilijalanjälkeä merkittävästi nostavan typpioksiduulikaasun muodostumispotentiaalia ja siten prosessin hiilijalanjälkeä voidaan mahdollisesti entisestään pienentää.

4.6 Huleveden eriyttämisen muita ympäristövaikutuksia

Mikäli eriyttävän hulevesiverkoston käyttöikä on vähintään noin 70-75 vuotta, on hulevesien eriyttämisen hiilijalanjälki lähellä nollaa. Kuitenkin vaikka hulevesien eriyttämisessä ei saavutettaisi merkittävää etua aiheutuneeseen hiilijalanjälkeen, olisivat hulevesien eriyttämisen ympäristövaikutukset todennäköisesti kokonaisuudessaan positiiviset, kun huomioidaan ilmaston lämpenemisen lisäksi myös muut jätevedenpuhdistusprosessin aiheuttamat ympäristövaikutukset.

Viihinmäen jätevedenpuhdistusprosessin aiheuttama merkittävin ympäristövaikutus on rehevöityminen (Mölsä 2019). Rehevöitymistä aiheuttaa etenkin puhdistetun veden typpikuorma, joka puhdistamolta lähtevässä vedessä vuonna 2018 oli n. 4,9 mg N/l. Kun hulevesiä eriytetään, puhdistamolta lähtevän typpikuorman voidaan ajatella pienenevän 4,9 mg jokaista eriyttävää hulevesilitraa kohden. Toisaalta litra hulevettä sisältää typpeä 1,7 mg, joka johdetaan hulevesiverkostosta vesistöön. Käytännössä vesistöön päätyvän typen voidaan arvioida siis kokonaisuudessaan vähenevän näiden erotuksen verran eli noin 3,2 mg jokaista eriytettyä hulevesilitraa kohden. Vuosittainen typpikuorman vähennys olisi täten huomioidulla hulevesimäärällä noin 3,4 tonnia.

Hiilijalanjäljen ohella toiseksi suurin jätevedenpuhdistusprosessin merkittävin ympäristövaikutus on fossiilisten resurssien ehtyminen. Fossiilisia resursseja tarvitaan jätevedenpuhdistuksessa erityisesti prosessiin syötettävän metanolin tuottamiseen. Metanolia taas käytetään typenpoistoprosessin tehostamisessa. Kun prosessiin pääsee vähemmän typpipitoista hulevettä, vähenee myös metanolin tarve ja sen aiheuttama fossiilisten resurssien ehtymisen ympäristövaikutus jätevedenpuhdistusprosessin osalta. Jotta voitaisiin tarkastella fossiilisten resurssien ehtymisen nettovaikutuksen suuruutta, tulisi oletetulle verkostolle myös arvioida materiaalituotannon käyttämien fossiilisten polttoaineiden määrää.

Hulevesien eriyttämisen haittapuolena voidaan pitää sen sisältämien haitta-aineiden pääsyä vesistöön sellaisenaan, sillä jätevedenpuhdistusprosessissa osa näistä poistuisi vedestä. Eriytettyjä hulevesiä olisikin syytä pyrkiä käsittelemään laadullisesti ennen johtamista vesistöön.

5. YHTEENVETO

Hankkeessa laskettiin Hämeentielle suunniteltujen vesihuoltorakenteiden valmistuksen, kuljetuksen ja asennuksen merkittävimpien työvaiheiden hiilijalanjälkeä. Lisäksi arvioitiin tulevaisuudessa valuma-alueella mahdollisesti eriytettävän hulevesiverkoston rakentamisen hiilijalanjälkeä ja hulevesien eriyttämisen positiivista vaikutusta jätevedenpuhdistuksen hiilijalanjälkeen. Eriyttämisen positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia vertailtiin arvioimalla verkoston rakentamisesta aiheutuvien hiilipäästöjen takaisinmaksuaikaa ja jätevedenpuhdistusprosessissa säästettyjä hiilipäästöjä, mitä sekaviemäröinnin eriyttäminen edesauttaa.

Hämeentielle suunniteltujen vesihuoltorakenteiden hiilijalanjäljeksi arvioitiin kokonaisuudessaan n. 770 tonnia CO₂-e. Suurin osa tästä hiilijalanjäljestä aiheutui valurautaisten vesijohtoputkien tuotannosta. Seuraavaksi suurimmat osuudet kokonaispäästöistä aiheuttivat suunnitellut betoniset hulevesiviemärit ja muoviset jätevesiviemärit. Yhteispäästöksi infrarakentamisen materiaaleille, työsuoritteelle ja kuljetuksille arvioitiin n. 1 136 tonnia CO₂-e. Vesihuoltorakenteet nostavat täten uudistusten kokonaispäästöjä merkittävästi. Vesihuoltorakenteiden hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa erityisesti tekemällä materiaalivalintoja.

Tulevaisuudessa mahdollisesti eriytettävän hulevesiverkoston karkeasti arvioitu takaisinmaksuaika hiilijalanjäljessä mitattuna on enintään noin 70-75 vuotta. Mikäli siis hulevesiverkoston käyttöikä on yhtä pitkä, on hulevesien eriyttäminen vähintään hiilineutraalia. Positiivisia ympäristövaikutuksia hulevesien eriyttämisellä saavutetaan joka tapauksessa jätevedenpuhdistuksessa esimerkiksi rehevöitymispotentiaalin ja jätevedenpuhdistusprosessissa tarvittavien fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyessä. Fossiilisia polttoaineita tarvitaan etenkin metanolin valmistukseen, minkä määrä prosessissa vähenee sekaviemäröinnin eriyttämisen myötä. Eriyttämisen kokonaisympäristövaikutusten arviointi vaatisi täysimittaisen elinkaariarvioinnin suorittamista.

6. LÄHTEET

Engineering ToolBox. 2009. Pumping Water - Energy Cost Calculator. [Viitattu 22.5.2020]. Saatavilla: https://www.engineeringtoolbox.com/water-pumping-costs-d_1527.html

Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 2014. Huleveden laatu Helsingissä. Helsinki. 68 s. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014. ISBN 978-952-272-730-5.

Ilmatieteenlaitos. 2020. Vuositolastot. [Viitattu 22.5.2020]. Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuositolastot>

Mölsä, K. 2019. Life cycle assessment of a wastewater treatment and a sludge handling process – Current state and future scenarios. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos, vesi- ja ympäristötekniikka. Espoo. 79s.

Salo, H. 2016. A life cycle assessment of a potable water treatment plant. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos, vesi- ja ympäristötekniikka. Espoo. 46 s.

Kuvailulehti

Tekijä	Ramboll Finland Oy
	Saila Pahkakangas, Aino-Kaisa Nuotio, Kiia Mölsä, Sanna Vienonen, Jukka Räsänen, Jarkko Parkkisenniemi, Juha Hälikkä, Teemu Matilainen
Nimike	Hämeentien CO ₂ -päästölaskenta ja ilmastoviisaat tarkastelut
Sarjan nimike	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2020:30
Julkaisuaika	01:2021
Sivuja	41
Liitteitä	2
ISBN	978-952-331-874-8
ISSN	2489-4257 (verkkojulkaisu)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi

Raportti on laadittu osana CANEMURE-hanketta, jonka tavoitteena on edistää vähähiilisiä hankintoja sekä näin tukea Hiilineutraali Helsinki 2035-toimenpideohjelman käytännön toteuttamista. Työssä tarkasteltiin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyspotentiaalia Helsingin Hämeentien katusaneeraushankkeessa. Rakennetulla ympäristöllä on merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä. Infra-hankkeiden kestävien ja vähäpäästöisten ratkaisujen pohjaksi tarvitaan tietoa rakentamisen päästöistä. Hämeentien katuhanke toimii vähähiilisen infrarakentamisen pilottikohteena. Tehty selvitys tukee kohteen katu- ja rakennussuunnittelua ja tulosten avulla suunnittelua ohjataan vähäpäästöiseen suuntaan.

Tarkasteltava Hämeentien osuus sijoittuu Helsingin Toukolan ja Vanhakaupungin kaupunginosiin välille Kustaa Vaasan tie – Annalantie. Katurakentaminen kattaa olemassa olevan katualueen parantamisen sekä kunnallistekniikan uusimisen. Työssä määritettiin suunnitteluvaiheen rakentamisen aikaiset päästöt. Laskenta suoritettiin ns. tavanomaiselle rakentamiselle sekä resurssiviisaille vaihtoehdoille ja se perustui suunnittelijalta saatuihin yleissuunnitteluvaiheen määrätietoihin. Erillisinä tarkasteluina määritettiin vesihuoltorakenteiden päästöt, ylläpidon ja huollon päästövaikutukset sekä työnaikaisten liikennejärjestelyiden päästövaikutukset. Vaihtoehdoille laadittiin myös kustannustarkastelu.

Tavanomaisen rakentamisen kokonaispäästöt ovat n. 1 136 000 kg CO₂ ekv. Päästöistä yli puolet (60 %) muodostuu materiaalien tuotantovaiheessa, kuljetus vastaa 34 % ja työsuorite 6 % kokonaispäästöistä. Suurimmat päästöt aiheutuvat asfaltin materiaalituotannosta. Tarkasteltuja resurssiviisaita toimenpiteitä olivat vanhojen rakennekerrosten ja kivimateriaalien kierrätys, asfaltin uusiokäyttö, kierrätyskasvualustan käyttö ja työkonoiden käyttövoiman korvaaminen vähäpäästöisillä vaihtoehdoilla. Resurssiviisailta infrarakentamisen toimenpiteillä voidaan potentiaalisesti säästää päästöissä n. 308 000 kg CO₂ ekv. eli n. 27 %. Arvioitu kustannussäästö resurssiviisailta ratkaisuilla on n. 32 %. Merkittävin päästö- ja kustannusvähennyspotentiaali on asfalttipäällysteissä ha kiveysmateriaalien uusiokäytössä.

Työnaikainen liikennejärjestelyiden sujuvuus ja tehty rakentamisen vaiheistus vaikuttavat merkittävästi väli-aikaista liikennejärjestelyistä aiheutuviin päästöihin. Tehdyn tarkastelun mukaan kadun sulkeminen on merkittävin liikennepäästöjä lisäävä tekijä. Suunnitteluratkaisuiden vaikutus ylläpidon ja kunnossapidon päästöihin voi olla huomattava tiiviisti rakennetussa ympäristössä. Tarkemmilla käytännön tutkimuksilla olisi mahdollista selvittää konkreettisesti erilaisten suunnitteluratkaisuiden vaikutusta kunnossapidon päästöihin ja kustannuksiin.

Haasteet kaupunkiympäristön rakentamisen ilmastovaikutusten hallinnassa ovat erilaiset verrattuna neitseellisen alueen rakentamiseen. Haasteet ja soveltuvat ratkaisut tulisi tunnistaa aikaisissa suunnitteluvaiheissa ja/tai maankäytön suunnittelussa. Tehty selvitys tuotti tietoa infrarakentamisen ilmastovaikutuksista tuleville suunnitteluhankkeille. Tarkastelujen avulla voitiin myös ohjata kohteen suunnittelua vähäpäästöiseen suuntaan. Tunnistettujen resurssiviisaiden toimenpiteiden toteutumisesta hankkeella voidaan varmistaa kytkemällä ne hankkeen urakkakilpailutukseen ja hankintaan.

Avainsanat: infrarakentaminen, hiilijalanjälki, resurssiviisas, päästövähennys, kaupunkiympäristö



Helsinki

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