

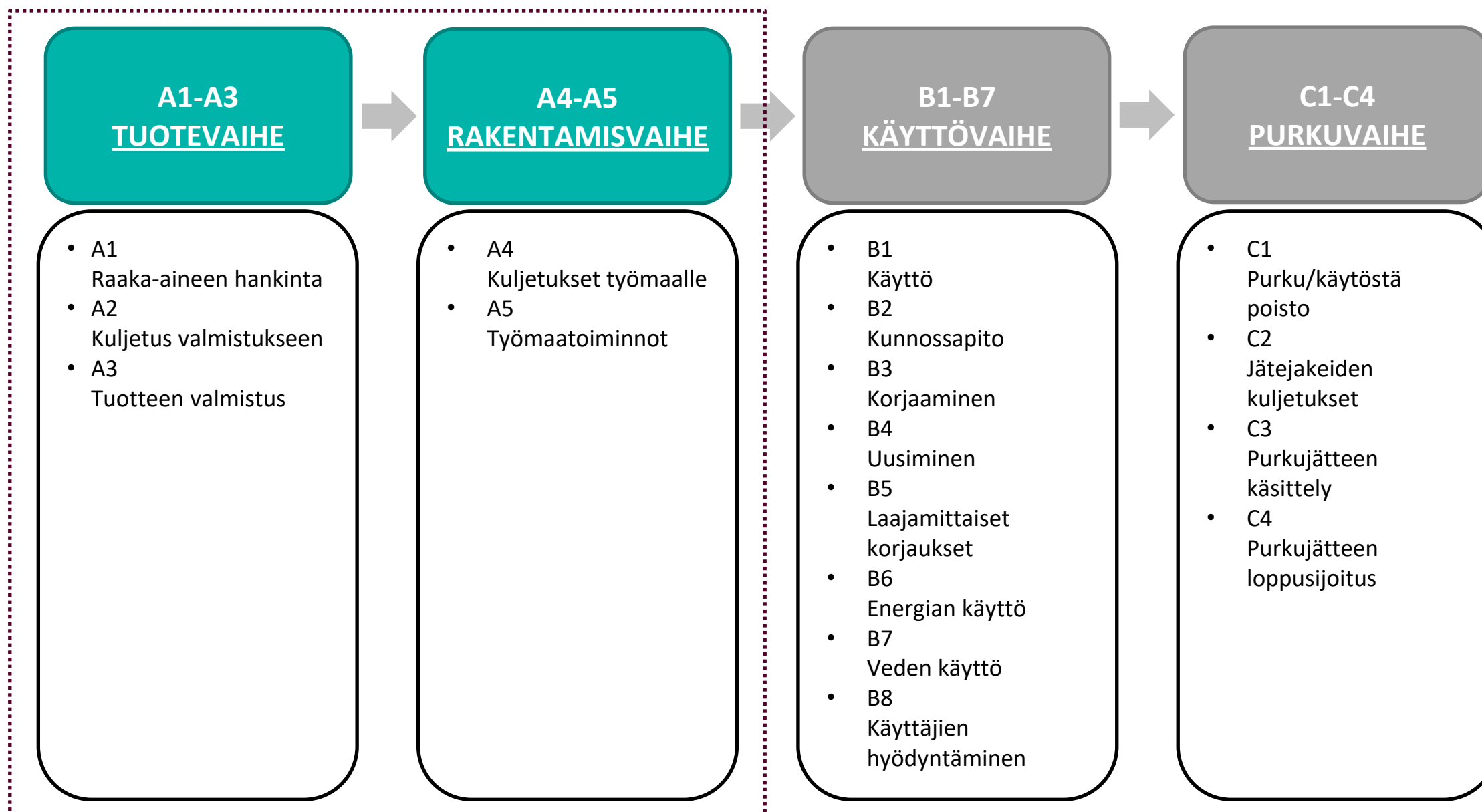
Kasvihuonekaasupäästölaskenta Tampereen raitiotien osa 2

Tampereen Raitiotieallianssi

Kasvihuonekaasupäästölaskennan taustaa

- Työssä selvitettiin Tampereen raitiotien osan 2 rakentamisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt.
- Laskennassa on sovellettu Väyläviraston vähähiilisyyden arviointimenetelmää (Väyläviraston ohjeita 43/2023) ja käytetty pääasiassa Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän infrarakentamisen päästötietokannan päästökertoimia.
- Laskenta perustuu toteutuneisiin määrä- ja hanketietoihin kattaen vuodet 2020-2024.
- Laskentamenetelmien ja oletusten osalta on noudatettu mahdollisimman pitkälle vuonna 2023 tehdyn välilaskennan periaatteita.
 - Samat vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaiset rajaukset sekä pääosin samat laskentaan sisällytetyt panokset ja päästökertoimet.
 - Välilaskenta on tehty hankkeen valmiusasteen ollessa noin 50 %.
- Laskennan on toteuttanut AFRY Finland Oy.

Laskennan raja

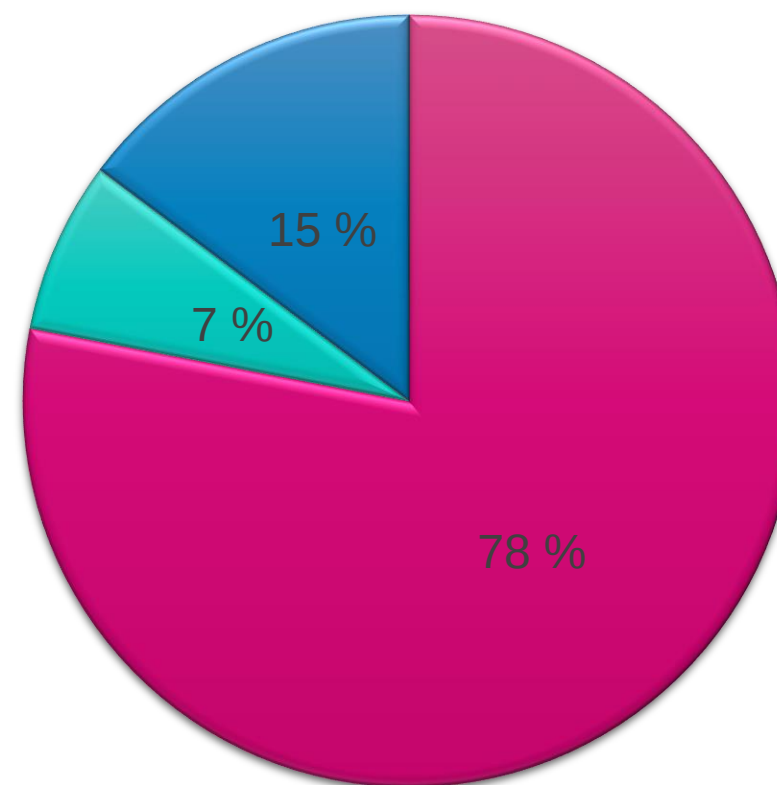


Laskentamenetelmät ja oletukset

- Laskennan lähtötiedot on saatu toteumatietoina rakentamisesta vastaavilta tahoilta.
- Laskennassa on käytetty pääasiassa infrarakentamisen päästötietokannan (CO2data.fi) päästökertoimia. Tuotekohtaisia ympäristötuoteselosteita (EPD) on käytetty silloin, kun sellaisia on ollut kyseiselle tuotteelle saatavilla (harjaterästen osalta), tai kun yleistä päästökerrointa ei ole ollut käytettävissä (esim. betonipintojen impregnointi).
- Betonin päästökertoimet on saatu suoraan tehtaalta, jossa ne on laskettu Suomen Betoniyhdistyksen Vähähiilisyyslaskurin avulla. Myös sähköratapylväiden valmistuksen päästöt perustuvat valmistajalta saatuihin tuotekohtaisiin tietoihin.
- Infrarakentamisen päästötietokannasta puuttuvien päästölähteiden osalta on hyödynnetty rakentamisen päästötietokantaa, Ecoinvent 3.9.1 –tietokantaa ja muita luotettavia lähteitä.
- Materiaalien kuljetusten päästöjen laskennassa on käytetty seuraavia oletusmatkoja:
 - Kuljetusetäisyyksiksi on arvioitu Pirkanmaalla 30km ja muualta Suomesta tuotaessa 300km. Ulkomailta tuotujen materiaalien kuljetus koostuu kolmesta eri vaiheesta, sisältäen 670km pituisen puoliperävaunuyhdistelmäkuljetuksen Frankfurtista Rostockiin, 1000km konttilaivamatkan Rostockista Turkuun sekä 170km puoliperävaunuyhdistelmäkuljetuksen Turusta Tampereelle.
 - Sivuvirtojen ja jätteiden kuljetusetäisyydeksi on arvioitu 15 km. Joidenkin sivuvirtojen osalta on käytetty KAS2-vaiheen laskennassa käytettyä kuljetusetäisyyttä 5 km.

Hankkeen kokonaispäästöt

Elinkaarivaihe	Päästöt [tCO ₂ e]
A1-A3 Tuotevaihe	22 100
A4 Kuljetukset	2 000
A5 Työmaatoiminnot	4 200
A1-A5 Yhteensä	28 400



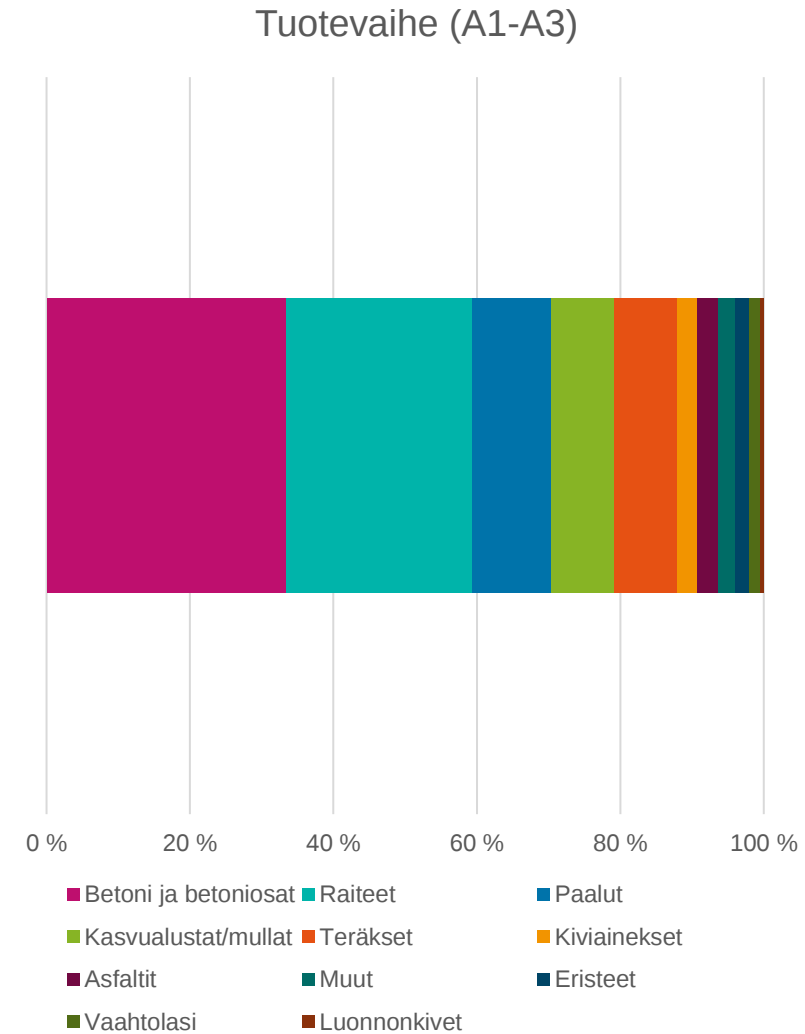
■ A1-A3 ■ A4 ■ A5

Kaikki päästöt eriteltynä

Elinkaarivaihe	Osa-alue	Päästöt [tCO ₂ e]	Osuus [%]
A1-A3 Tuotevaihe	Yleiset (harjateräs ja valmisbetoni) ja raiteet	13 447	47 %
	Tukimuurit ja sillat	3 450	12 %
	Tiet ja kadut	5 237	18 %
	Yhteensä	22 134	78 %
A4 Kuljetukset	Päämateriaalit	1 799	6 %
	Sivuvirrat	189	1 %
	Jätteet	54	0 %
	Yhteensä	2 042	7 %
A5 Työmaatoiminnot	Jätteet	147	1 %
	Polttoaine	4 043	14 %
	Ostosähkö	0	0 %
	Yhteensä	4 190	15 %
A1-A5	Kokonaispäästöt	23 366	100 %

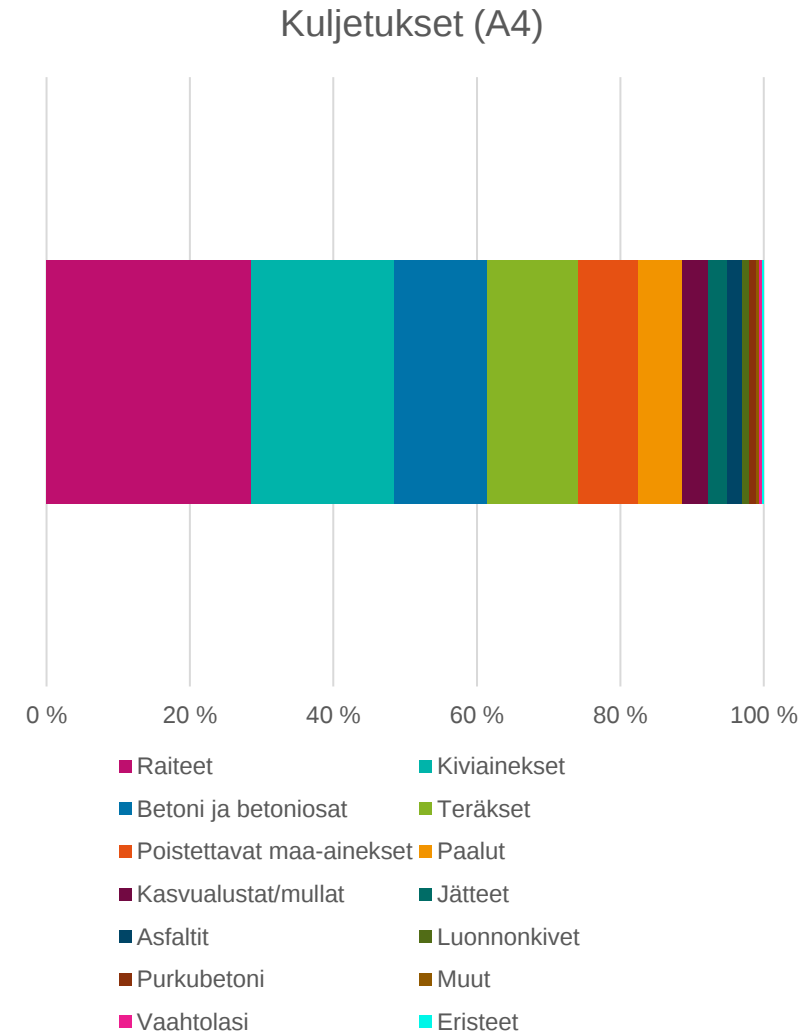
Tuotevaiheen (A1-A3) päästöt

- Tuotevaiheen kokonaispäästöt ovat noin 22 100 tCO₂e
- Suurin osa, noin 33 %, päästöistä on peräisin valmisbetonista ja betoniosista kuten viemäreistä
- Noin 26 % päästöistä aiheutuu raiteista
 - Erityisesti teräksestä valmistetut rataakselit
- Kolmanneksi suurin päästölähde, noin 11 % materiaalipäästöistä, ovat paalut
- Kasvualusta ja erilaiset teräsosat ovat myös merkittäviä päästölähteitä



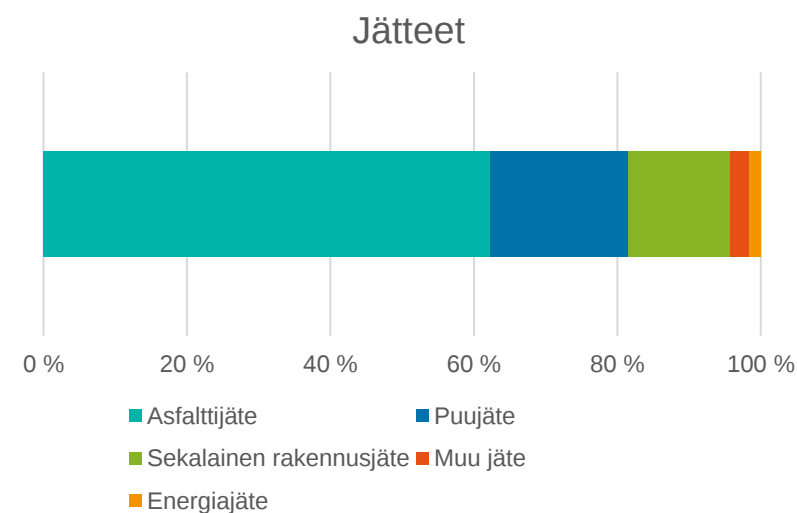
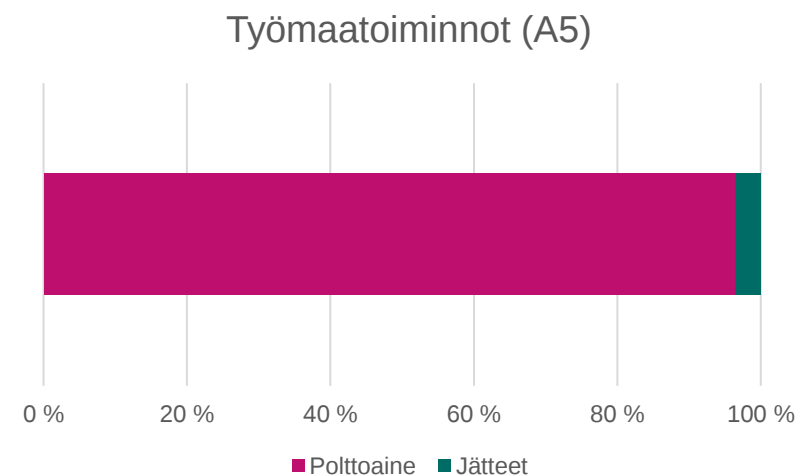
Kuljetusten (A4) päästöt

- Kuljetusten kokonaispäästöt ovat noin 2 000 tCO₂e
- Suurin osa, noin 29 %, hankkeen kuljetuspäästöistä on peräisin raiteisiin liittyvien materiaalien kuljetuksista
 - Erityisesti ulkomailta tuotavat raidepölkkyt ja kiskot ovat merkittäviä päästölähteitä
- Noin 20 % kuljetuspäästöistä aiheutuu kivi- ja maa-aineksista
 - Kiviainekset ovat massaltaan suurin yksittäinen materiaali (n. 130 000 t)
- Betonin ja teräksen kuljetuksista syntyy molemmista noin 13 % päästöistä



Työmaatoimintojen (A5) päästöt

- Työmaatoimintojen kokonaispäästöt ovat noin 4 200 tCO₂e
- Polttoaineen kulutus on työmaatoimintojen merkittävin päästölähde noin 96 % osuudella
- Loput päästöistä ovat peräisin jätteiden käsittelystä
- Merkittävimpiä jättejakeita ovat:
 - Asfalttijäte
 - Puujäte
 - Sekalainen rakennusjäte
- Tuulivoimalla tuotetun ostosähkön on oletettu olevan päästötöntä
 - Mikäli tuulivoimatuotannon epäsuorat päästöt huomioitaisiin, olisi sähköenergian osuus työmaatoimintojen päästöistä yhä alle 1 %
 - Uusiutuvan energian käytöllä on saavutettu noin 16 % alhaisemmat työmaapäästöt ja 3 % alhaisemmat kokonaispäästöt verrattuna alkuperältään varmentamattoman verkkosähkön käyttöön (Energiaviraston julkaisema jäännösjakauma 2023)



Vertailu aiempiin laskelmiin

- Ensimmäinen päästölaskenta on tehty kehitysvaiheessa vuonna 2020
 - Valtaosa päästökertoimista oli peräisin Ecoinvent-tietokannasta infrarakentamisen päästötietokannan sijaan
 - Laskennasta puuttuivat esim. kiskot ja joitain muita merkittäviä materiaaleja
- Vuonna 2023 on tehty toteutusvaiheen välilaskenta, jonka yhteydessä myös alkuperäiseen kehitysvaiheen laskentaan on lisätty puuttuvia materiaaleja ja päästökertoimet on päivitetty
- Nyt on tehty valmiin hankkeen toteutusvaiheen laskenta vuoden 2023 välilaskentaan pohjautuen
 - Pääosin samat päästökertoimet ja laskentaan sisällytetyt panokset
 - Uutena mukana esim. sähköratapylväät

Hankevaihe	Päästöt [tCO ₂ e]
KAS2, alkuperäinen laskenta (2020)	28 600
KAS2 Hiedanranta *	12 100
KAS2 muut osat	16 500
KAS2, päivitetty laskenta (2023)	30 500
KAS2 Hiedanranta *	12 100
KAS2 muut osat	18 500
TAS2, välilaskenta ** (2023)	12 600
TAS2, tämä laskenta (2025)	28 400

* Hiedanrannan osuus perustuu Rambollin vuonna 2020 laatimaan raporttiin *Hiedanrannan päästökartoitus ja ilmastovaikutusten arviointi*

** Valmiusaste noin 50 %

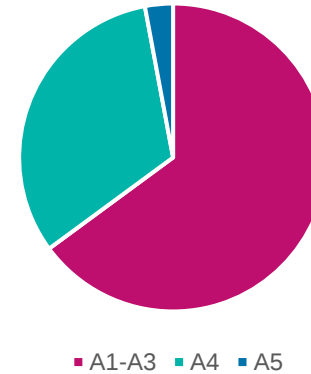
Vertailu aiempiin laskelmiin

- Päästöt jakautuvat elinkaarivaiheisiin hyvin eri tavalla kehitys- ja toteutusvaiheen laskelmilla *
- KAS2-vaiheen materiaalipäästöjä (A1-A3) pienentää raiteiden puuttuminen laskennasta
 - TAS2-laskennassa ovat mukana kiskot, raidepölkkyt, vaihteet ja sähköratapylväät
 - Raiteiden osuus TAS2-laskennan materiaalipäästöistä on noin 25 %
- KAS2-vaiheen laskennassa kuljetusten (A4) päästöt on yliarvioitu
 - 17 % materiaaleista on oletettu tuotavan Pirkanmaalta, 70 % muualta Suomesta ja 13 % ulkomailta
 - Jakauma perustuu osan 1 laskutustietoihin **
 - TAS2-vaiheen tietojen mukaan vastaavat massaperusteiset osuudet ovat 94 % Pirkanmaalta, 4 % muualta Suomesta ja 2 % ulkomailta
- KAS2-vaiheessa työmaatoimintojen (A5) polttoaineenkulutus on aliarvioitu
 - Myös päästökerroin on alhaisempi → ei ole huomioitu polttoaineen valmistuksen päästöjä

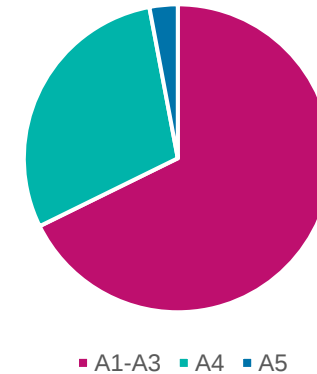
* KAS2-vaiheen kokonaistulokseen sisällytetyn Rambollin laatiman Hiedanrannan päästölaskennan osalta päästöjen on oletettu jakautuvan samassa suhteessa AFRYn laatiman KAS2-vaiheen laskennan kanssa

** Ei ole tiedossa, onko kyseessä massa- vai määräperusteinen jakauma, mutta päästöt on laskettu massaperusteisesti

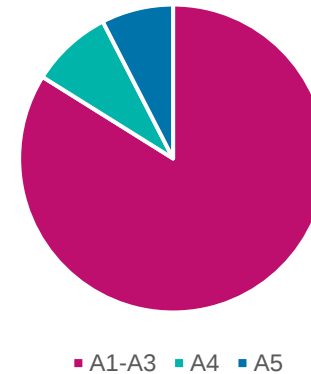
KAS2, alkuperäinen laskenta (2020)
28 600 tCO₂e



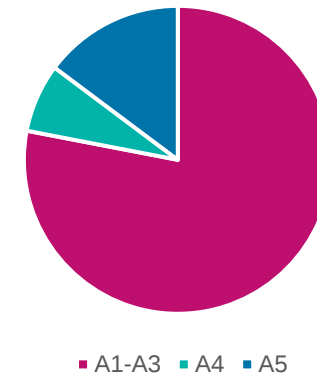
KAS2, päivitetty laskenta (2023)
30 500 tCO₂e



TAS2, välilaskenta (2023)
12 600 tCO₂e



TAS2, tämä laskenta (2025)
28 400 tCO₂e



Vertailu aiempiin laskelmiin

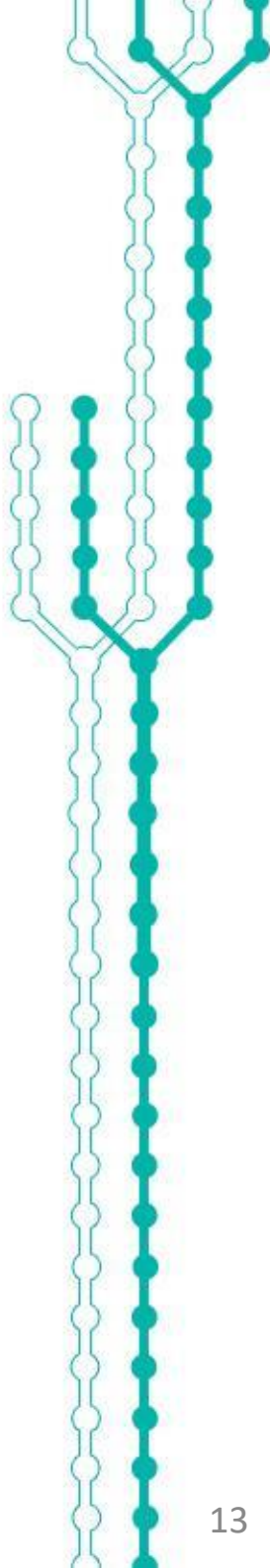
Muita havaittuja eroavaisuuksia KAS2- ja TAS2-laskelmien välillä:

- Raiteiden lisäksi TAS2-laskenta sisältää myös muita vaikutuksiltaan vähäisempiä materiaaleja, joita ei ole laskettu alkuperäisessä KAS2-vaiheen laskennassa
- Jätteitä on syntynyt huomattavasti enemmän, kuin KAS2-vaiheessa on arvioitu
 - Kokonaismäärä yli 50-kertainen
 - KAS2-laskennassa ei ole lainkaan huomioitu asfalttijätettä
 - Asfalttijätteen osuus TAS2-vaiheen jätteiden kokonaispäästöistä noin 70 %
- Sähköenergian kulutukselle on käytetty KAS2-laskennassa keskimääräistä verkkosähkön kerrointa nollapäästöjen sijaan
 - Samalla sähkönkulutus on selkeästi aliarvioitu, jolloin kokonaisvaikutus lopputulokseen on pieni

Kattava ja todenmukainen vertailu KAS2- ja TAS2-laskennan välillä on haastavaa johtuen muutoksista laskentamenetelmissä sekä laskennan rajauksessa. Lisäksi KAS2-laskennassa merkittävä osuus päästöistä (noin 40%) on peräisin Rambollin laskemasta Hiedanrannan rataosuudesta, jonka tuloksista ja laskentamenetelmistä oli rajallisesti tietoa saatavilla.

Yhteenveto

- Kasvihuonekaasupäästöjä on muodostunut hankkeella noin 28 400 tCO₂e, joka on noin 7 % vähemmän kuin kehitysvaiheen arvion mukainen määrä. Raidemetriä kohden päästöt ovat noin 4,2 tCO₂e/m.
- Todellisuudessa ero kehitys- ja toteutusvaiheen laskentojen mukaisten päästöjen välillä on arviota suurempi, sillä KAS2-vaiheen laskennassa esimerkiksi työmaatoimintojen polttoaineen kulutus ja jätteiden määrä on arvioitu toteutunutta alhaisemmiksi.
- Päästövähennyksiä on saavutettu uusiutuvan energian käytöllä ja läheltä kuljetettavien materiaalien valinnalla. Työmaatoimintojen päästöt ovat noin 16 % ja hankkeen kokonaispäästöt noin 3 % alhaisemmat verkkosähkön käyttöön verrattuna. Kuljetusten päästöt ovat lähes 80 % kehitysvaiheen arviota alhaisemmat. Lisäksi päästöjä on saatu vähennettyä kierrätettyjen reunakivien ja kiviainesten käytöllä.
- Suurin päästövähennyspotentiaali on vähähiilisten materiaalien, kuten vihreän betonin ja kierrätetyn teräksen, käytöllä. Betonin ja teräksen valmistuksen osuudet materiaalipäästöistä ja hankkeen kokonaispäästöistä ovat noin 80 % ja 65 %. Hankkeella on hyödynnetty tuotteita, joille on ollut saatavilla ympäristötuoteseloste tai joiden valmistuksen päästöt ovat muutoin keskimääräistä alhaisemmat. Harjateräksissä on hyödynnetty kierrätettyä terästä, mutta betonin osalta varsinaista vihreää betonia ei ole käytetty.



Yhteenveto

- Noin 14 % hankkeen kokonaispäästöistä on peräisin työmaatoimintojen polttoaineen kulutuksesta. Uusiutuvan polttoaineen käytöllä olisi mahdollista pienentää näitä päästöjä noin 91 prosenttia, mikä vastaisi noin 13 prosentin vähenemää hankkeen kokonaispäästöissä. Polttoainevalinnoilla voidaan vaikuttaa myös kuljetusten päästöihin, jotka muodostavat noin 7 % hankkeen päästöistä.
- On huomattava, että infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaisessa päästölaskennassa mahdolliset puuston ja maaperän hiilitaseeseen aiheutuvat vaikutukset jäävät huomioimatta. Erityisesti turvemaahan kohdistuvien massanvaihtojen ilmastovaikutukset voivat olla merkittäviä.
- Rambollin toteuttamasta Hiedanrannan laskennasta on vain rajallisesti tietoa saatavilla, mikä vaikeuttaa kehitysvaiheen päästölaskennan tulosten tulkitsemista. Tämä aiheuttaa epävarmuutta kehitys- ja toteutusvaiheiden laskentojen tulosten vertailemiseen sekä toteutusvaiheessa saavutettujen päästövähennysten arvioimiseen.