

# IHKU-laskentatyökalun päästö- laskennan kattavuuden arviointi

CASE: Raisio–Naantali-välin radan perusparannus ja sähköistys

Rose Sarwar

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2024

Environmental Engineering

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Environmental Engineering

SARWAR, ROSE

IHKU-laskentatyökalun päästölaskennan kattavuuden arviointi  
CASE: Raisio–Naantali-välin radan perusparannus ja sähköistys

Opinnäytetyö 82 sivua, joista liitteitä 13 sivua  
Joulukuu 2024

---

Tämä opinnäytetyö tutkii Ihku-laskentatyökalun soveltuvuutta vähähiilisuuden arviointiin Raisio–Naantali-rataosuuden sähköistys- ja perusparannushankkeessa. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida Ihkun päästölaskennan kattavuutta, tunnistaa sen puutteet ja antaa kehitysehdotuksia työkalun parantamiseksi. Työ toteutettiin WSP Finlandin toimeksiannosta ja tilaajana toimii Väylävirasto.

Tutkimuksessa analysoitiin Ihku-laskentatyökalun toimintaperiaatteita ja vertailtiin sen päästölaskennan tuloksia vähähiilisuuden arviointimenetelmään, joka toteutettiin One Click LCA -ohjelmistolla. Aineistona käytettiin Raisio–Naantali-rataosuuden ratasuunnitelman tietoja sekä Ihkun rakennusosakirjastoa, joka sisältää kustannus- ja päästötietoja infrastruktuuriprojekteista. Erityistä huomiota kiinnitettiin elinkaaren alkuvaiheisiin (A1–A5), jotka muodostavat merkittävän osan hankkeen kokonaispäästöistä.

Tulokset osoittivat, että Ihku-laskentatyökalun päästölaskenta on tällä hetkellä puutteellinen ja kattaa vain osan hankkeen päästöistä. Erityisesti erikoisrakenteiden, kuten turvalaitejärjestelmien ja sähköradan, päästötiedot puuttuivat lähes kokonaan. Vertailu vähähiilisuuden arviointimenetelmään paljasti merkittäviä eroja laskentatuloksissa, mikä osoittaa, että Ihku ei nykyisessä muodossaan sovellu kattavaan vähähiilisuuden arviointiin.

Johtopäätöksenä todettiin, että Ihku-laskentatyökalu ei tällä hetkellä täytä vähähiilisuuden arvioinnin vaatimuksia, ja sen käyttö voi johtaa puutteellisiin tai harhaanjohtaviin johtopäätöksiin hankkeen ilmastovaikutuksista. Työkalun kehittäminen edellyttää tietokannan päivittämistä, puuttuvien päästötietojen lisäämistä ja laskentamenetelmien yhdenmukaistamista standardien kanssa. Työn tulokset korostavat tarvetta parantaa päästölaskennan työkaluja, jotta infrastruktuurihankkeiden ympäristövaikutukset voidaan arvioida luotettavasti.

---

Asiasanat: vähähiilisyys, päästölaskenta, infrastruktuurihankkeet, päästölaskentatyökalut, LCA

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Environmental Engineering

SARWAR, ROSE

Assessment of the Emission Calculation Coverage in the IHKU Tool  
CASE: Raisio–Naantali Railway Improvement and Electrification

Bachelor's thesis 82 pages, appendices 13 pages  
December 2024

---

This bachelor's thesis examines the suitability of the Ihku calculation tool for low-carbon assessment in the electrification and improvement project of the Raisio–Naantali railway section. The aim was to evaluate the coverage of Ihku's emission calculations, identify its shortcomings, and provide development suggestions to improve the tool. The work was commissioned by WSP Finland in collaboration with the Finnish Transport Infrastructure Agency.

The study analyzed the operational principles of the Ihku tool and compared its emission calculation results with a low-carbon assessment method implemented using the One Click LCA software. The data consisted of the railway plan of the Raisio–Naantali section and the Ihku library, which contains cost and emission data for infrastructure projects. Special attention was paid to lifecycle stages A1–A5, which constitute a significant portion of the project's total emissions.

The results indicated that the Ihku calculation tool's emission calculations are currently incomplete and cover only part of the project's emissions. Emission data for special structures, such as safety systems and electrification components, were almost entirely missing. The comparison with the low-carbon assessment method revealed significant discrepancies in the calculation results, demonstrating that Ihku, in its current form, is not suitable for comprehensive low-carbon assessment.

In conclusion, it was determined that the Ihku calculation tool does not currently meet the requirements for low-carbon assessment, and its use may lead to incomplete or misleading conclusions about the project's climate impact. Improving the tool requires updating the database, adding missing emission data, and harmonizing calculation methods with standards. The findings emphasize the need to enhance emission calculation tools to reliably assess the environmental impacts of infrastructure projects.

---

Key words: carbon assessment, emission calculation, infrastructure projects, emission calculation tools, LCA

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TUTKIMUSMENETELMÄ .....	9
	2.1 Aineiston kerääminen ja teoreettinen tausta .....	9
	2.2 Ihku-laskentatyökalun tietojen puutteiden analysointi .....	10
	2.3 Vähähiilisyden arviointimenetelmän vertailu Ihkuun .....	11
3	INFRARAKENTAMINEN JA RATAVERKOT .....	12
	3.1 Infrarakennuttaminen .....	12
	3.2 Suomen rataverkot.....	13
	3.3 Rautateiden sähköistyksen historia Suomessa .....	13
4	PÄÄSTÖLASKENNAN MERKITYS .....	15
	4.1 Päästölaskennan elinkaarivaiheiden merkitys suunnittelussa .....	15
	4.2 Infrarakentamisen vähähiilisyden arviointimenetelmä .....	17
5	PÄÄSTÖLASKENTA-OHJELMAT .....	18
	5.1 IHKU-laskentapalvelu.....	18
	5.1.1 IHKU-laskentapalvelu esittely .....	18
	5.1.2 IHKU-laskentapalvelun käyttöliittymän rakenne .....	19
	5.1.3 IHKU-laskentapalvelun päästölaskenta .....	21
	5.1.4 CO <sub>2</sub> -data ja Ihku-laskentatyökalun laskentaperiaatteet .....	23
	5.2 One Click LCA- laskentapalvelu.....	24
	5.2.1 Case-esimerkki päästölaskennan käytöstä: Luumäki-Imatra ratahanke .....	24
6	CASE: RAISIO-NAANTALI RATAOSUUS .....	26
	6.1 Rataosuuden nykytila ja käyttö.....	26
	6.2 Hankkeen tavoitteet ja suunnitelma .....	27
	6.3 Sähköistyksen vaikutukset ja yhteensovittaminen.....	28
7	TULOKSET JA ANALYYSI .....	30
	7.1 Koko ratahanke .....	30
	7.1.1 Radan päällysrakenne .....	34
	7.1.2 Kuivausrakenteet.....	36
	7.1.3 Tiejärjestelyt .....	37
	7.1.4 Taitorakenteet.....	38
	7.1.5 Sähkörata .....	39
	7.1.6 Turvalaitejärjestelmät .....	41
	7.1.7 Vahvavirta .....	42
	7.1.8 Johtosiirrot.....	44
	7.1.9 Melusteet.....	46

7.1.10 Radan suoja-aidat.....	47
7.2 Vähähiilisyden arviointimenetelmä (IHKU ja One Click LCA) .....	48
7.2.1 Päästöjen kattavuus kustannuksista.....	48
7.2.2 Päästöerot laskentatyökalujen välillä .....	51
7.2.3 Vähähiilisyden arviointimenetelmä ja sähköistys .....	53
8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	54
9 KEHITYSTARPEET .....	55
LÄHTEET .....	56
LIITTEET .....	59
Liite 1. Raisio-Naantali perusparannus, tasoristeykset ja sähköistys - Vähähiilisyden arviointi .....	59
Liite 2. Vähähiilisyden arviointimenetelmä/ Väyläviraston ohjeita .....	77
Liite 3. Rakennuskirjasto.....	78
Liite 4. Radan päällysrakenne, Kuivausrakenteet, Tiejärjestelyt ja Taitorakenteet .....	79
Liite 5. Sähkörata .....	80
Liite 6. Turvalaitejärjestelmät ja Vahvavirta.....	81
Liite 7. Johtojärjestelmät, Melusteet ja Radan suoja-aidat.....	82

**ERITYISSANASTO**

IHKU	Ilhku-laskentapalvelu, Väyläviraston ja suurimpien kaupunkien inf-rahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä- ja päästölaskentatyökalu
SYKE	Suomen ympäristökeskus
LCA	Life Cycle Assessment, elinkaariarviointi
EPD	Environmental Product Declaration, ympäristöseloste
CO <sub>2</sub> e	Hiilidioksidiekvivalentti, huomioi eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutuksen kasvihuoneilmiöön.
FIGBC	Green Building Council Finland, kestävän rakennetun ympäristön järjestö
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö
GWP	Global warming potential, ilmaston lämmityspotentiaali.
CO <sub>2</sub> data	Hiilidioksidipäästöjen tietokanta, joka tarjoaa puolueetonta dataa Suomessa käytettävien rakennustuotteiden ja -palvelujen ilmasto-vaikutuksista
GHG	GHG-Protokolla on kansainvälisesti hyväksytty standardi päästöjen mittaamiseen ja ilmastovaikutusten arviointiin

## 1 JOHDANTO

Infrastruktuurihankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa ympäristövaikutusten arviointi on noussut keskeiseksi osaksi projektien hallintaa ja päätöksentekoa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen sekä kestävän kehityksen mukaiset toimintaperiaatteet ovat nyt tärkeämpiä kuin koskaan, kun pyritään saavuttamaan kansallisia ja kansainvälisiä ilmastotavoitteita. Rautateiden sähköistyksen ja perusparannuksen kaltaiset hankkeet tarjoavat merkittävän mahdollisuuden edistää vähähiilistä liikkumista ja pienentää liikenteen ympäristövaikutuksia. (Väylävirasto 2021.)

Tutkimus on tehty WSP Finlandin toimeksiantona, ja tilaajana toimi Väylävirasto. Väylävirasto, on Suomessa toimiva liikenneväylien hallinnoinnista ja kehittämisestä vastaava virasto. Väylävirasto huolehtii siitä, että Suomen tie-, rata- ja vesiväylät toimivat tehokkaasti, turvallisesti ja kestävästi. Tämä työ on osa heidän tavoitettaan kehittää vähähiilisyden arviointimenetelmän soveltamista infrarakentamisen hankkeissa. Työssä on hyödynnetty Väyläviraston virallisia ohjeistuksia sekä niiden pohjalta laadittua vähähiilisyden arviointimenetelmää, joka toteutettiin tämän opinnäytetyön sivutyönä.

Tämä opinnäytetyö keskittyy Raisio–Naantali-rataosuuden perusparannushankkeeseen, joka tarjoaa monipuolisen esimerkin infrarakentamisen suunnitteluvaiheesta. Työn merkitys korostuu erityisesti tarjoustyössä ja hankesuunnittelussa, joissa kustannus- ja päästöarvioilla on keskeinen rooli. Vähähiilisyden arviointimenetelmän avulla voidaan määritellä tarkemmin hankkeiden ilmastovaikutuksia ja tuoda esiin kehityskohtia, jotka voivat tukea päätöksentekoa ja tarjota konkreettisia ratkaisuja tuleviin hankkeisiin.

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on ollut tuottaa olennaista tietoa IHKU-laskentatyökalun (<https://ihkuallianssi.fi/>) päästölaskennan nykytilasta ja kattavuudesta, jotta työkalua voidaan jatkossa kehittää paremmin vähähiilisyden arvioinnin tarpeisiin. IHKU on suunniteltu infrastruktuurihankkeiden kustannuslaskentaan, mutta työkalun uutena ominaisuutena on päästölaskenta. Työssä keskityttiin erityisesti IHKU:n päästölaskennan puutteisiin, kuten puuttuvan päästötietojen analysointiin. Tämä puuttuvien päästöjen tutkimus on ollut merkittävä, sillä

se tarjosi arvokasta tietoa siitä, kuinka laajasti IHKU kattaa projektin eri vaiheiden elinkaaripäästöt.

Tulosten avulla on pyritty tarjoamaan konkreettisia kehitysehdotuksia, jotka parantavat työkalun tarkkuutta ja kattavuutta tulevia hankkeita varten. Työssä analysoidaan erityisesti, miten hyvin IHKU-laskentatyökalun tiedot kattavat hankkeen päästöarvion, ja verrataan näitä tuloksia vähähiilisuuden arviointimenetelmään. Menetelmän mukainen laskenta laadittiin One Click LCA -työkalulla, sillä se mahdollistaa laajemman elinkaarivaiheiden tarkastelun.

Työssä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitkä ovat IHKU-laskentatyökalun toimintaperiaatteet?
  - Miten työkalun päästölaskenta toimii ja mitä lähtötietoja se hyödyntää?
  - Kuinka kattavia ja tarkkoja IHKU-päästölaskennan tulokset ovat?
2. Miten hyvin IHKU-laskentatyökalu soveltuu vähähiilisuuden arviointiin?
  - Mitä päästötietoja työkalusta puuttuu ja miten nämä vaikuttavat laskennan kattavuuteen?
  - Kuinka hyvin IHKU täyttää Väyläviraston vähähiilisuuden arviointimenetelmän vaatimukset?
3. Millaisia kehitystarpeita IHKU-laskentatyökalulla on?
  - Mitä muutoksia työkalussa tulisi tehdä, jotta se voisi paremmin tukea päätöksentekoa ja vähähiilisuuden tavoitteita?
  - Kuinka työkalun kattavuutta voisi parantaa esimerkiksi täydentämällä puuttuvaa päästödataa?

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käytettiin kehittämisotetta, jossa keskityttiin Ihku-laskentatyökalun puutteiden kartoittamiseen ja parannuskeinojen löytämiseen. Kehittämisote valittiin, koska tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa olemassa olevia puutteita ja kehittää ratkaisuja, jotka parantavat työkalun päästölaskennan tarkkuutta ja kattavuutta.

Tavoitteita määriteltiin eri sidosryhmien, kuten Väyläviraston, kanssa, jotta laskennan kattavuus ja menetelmät saatiin tarkennettua. Määriteltiin tarkemmin, mitkä osa-alueet sisällytetään päästölaskentaan ja mitkä voidaan perustellusti jättää ulkopuolelle. Yhteiskehittämisprosessi Väyläviraston ja muiden sidosryhmien kanssa varmisti, että laskennan lähestymistapa on yhdenmukainen ja vastaa alan vaatimuksia.

### 2.1 Aineiston kerääminen ja teoreettinen tausta

Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin monipuolisesti erilaisia lähteitä, jotka tukivat Ihku-työkalun kattavuuden ja kehitystarpeiden arviointia. Aineiston analysoinnissa käytettiin dokumenttianalyysiä, joka on laadullisen tutkimuksen menetelmä. Tämän menetelmän avulla tarkasteltiin erilaisia asiakirjoja ja tekstejä niiden sisällön, syntykontekstin ja käyttötarkoitusten perusteella. Dokumenttianalyysi soveltuu erityisen hyvin tähän tutkimukseen, sillä se mahdollisti institutionaalisten ja julkisten dokumenttien, kuten suunnitelmien, raporttien ja strategioiden, systemaattisen arvioinnin. Dokumentteja käsiteltiin ensisijaisesti resurssina eli todistusaineistona tutkittavasta ilmiöstä, mutta analyysissä huomioitiin myös niiden syntyprosessit ja sosiaaliset kontekstit. (Alastalo & Vuori nd).

Analyysi kohdistettiin erityisesti päästölaskentaan ja infrarakentamiseen liittyvään kirjallisuuteen, standardeihin ja niiden vaatimuksiin, ratasuunnitelmiin sekä hankearviointeihin. Näiden lähteiden avulla syvennettiin ymmärrystä aiheesta ja tunnistettiin keskeiset käsitteet ja menetelmät. Dokumenttianalyysin avulla yhdistettiin eri lähteiden tarjoamaa tietoa, mikä mahdollisti kokonaisvaltaisen kuvan muodostamisen opinnäytetyön tutkimuksesta.

Tutkimuksessa keskityttiin Ihku-laskentatyökalun perusteelliseen analysointiin, jotta sen ominaisuudet ja tuottamat päästötiedot voitiin ymmärtää kattavasti. Työkalun käyttöliittymä ja sen tarjoamat toiminnot käytiin järjestelmällisesti läpi, mikä mahdollisti oleellisten tietojen systemaattisen keräämisen ja analysoinnin.

Kerätty aineisto Ihku-laskentatyökalusta koostui hankkeeseen liittyvistä tiedoista, kuten litterakoodeista, tuotanto-osista, panoksista, elinkaarivaiheista ja kustannuksista. Näistä tiedoista kartoitettiin erityisesti ne kohdat, joissa päästötietoja ei ollut saatavilla. Ihkun päästölaskennasta puuttuvat tiedot järjestettiin hankeriveittäin. Jokaiselle riville kirjattiin sen koodi, tuotanto-osat, panos, elinkaarivaihe, kustannusarvio ja päästötiedon kattavuus. Aineistoa IHKU:sta kerättiin loka-kuussa 2024.

## 2.2 Ihku-laskentatyökalun tietojen puutteiden analysointi

Puuttuvat tiedot jaoteltiin värikoodeilla, jotta laskennan puutteet ja syyt olisi helppompi havaita. Merkintätapa oli seuraava:

- Sininen: löytyy litterakoodit ja elinkaarivaiheet, mutta päästötiedot puuttuvat.
- Punainen: puuttuu litterakoodi ja elinkaarivaihe, ja tiedot ovat käyttäjän syöttämiä.
- Keltainen: litterakoodi löytyy, mutta muut tiedot, kuten elinkaarivaihe ja/tai panokset puuttuvat.
- Violetti: litterakoodi löytyy, mutta muut tiedot, kuten elinkaarivaihe ja/tai panokset, puuttuvat, ja tiedot ovat käyttäjän syöttämiä.

Puuttuvia tietoja analysoitiin myös niiden jakautumisen mukaan elinkaarivaiheisiin A1–A5 sen perusteella, mihin hankeriviin tiedot kuuluivat. N/A jos hankeriveistä puuttui elinkaarivaihetta kokonaan. Tämän jälkeen analysoitiin, miten eri panosten kustannukset jakautuvat elinkaarivaiheittain, mikä auttoi tunnistamaan kriittisimmät puutteet ja ymmärtämään, mitkä elinkaarivaiheet ovat laskennan kattavuuden kannalta merkittävimpiä.

### 2.3 Vähähiilisuuden arviointimenetelmän vertailu Ihkuun

Osana tutkimusta laadittiin vähähiilisuuden arviointimenetelmä One Click LCA -laskentaohjelmistoa käyttäen. Vaihtoehdoisen työkalun käyttö oli välttämätöntä, jotta Ihkun laskentatuloksia pystyttiin vertaamaan ja arvioimaan. Vertailemalla One Click LCA toteutettua laskentaa Ihkun laskentaan saatiin käsitys Ihkun laskennan kattavuudesta suhteessa kaikkiin elinkaaripäästöihin. Tarkempi raportti tästä Raisio-Naantali radan vähähiilisuuden arviointimenetelmästä löytyy liitteestä 1.

Työpajan järjestäminen oli olennainen osa opinnäytetyötä, sillä sen avulla voitiin arvioida ja analysoida laskentatuloksia asiantuntijalähtöisesti. Työpaja mahdollisti ulkopuolisen päästölaskennan asiantuntijan näkemyksen hyödyntämisen, mikä toi puolueettomuutta ja syvyyttä keskusteluun sekä tulosten tarkasteluun.

Työpajassa käytiin ensin läpi Ihku-laskentatyökalulla saadut tulokset, minkä jälkeen esiteltiin One Click LCA -laskentatyökalulla suoritettujen laskennan tulokset. Esitysten jälkeen siirryttiin analysoimaan laskentatulosten välisiä eroja, tunnistamaan epävarmuustekijöitä ja arvioimaan laskentamenetelmien tarkkuutta sekä toimivuutta. Työpajan huomioiden pohjalta saatiin arvokasta tietoa laskentatyökalujen vahvuuksista ja kehitystarpeista.

Työpajan jälkeen vertailu One Click LCA:n ja Ihku-laskentatyökalun välillä jatkui systemaattisesti. Vertailuprosessi edellytti laskentatulosten yhtenäistämistä ja mallien optimointia, jotta työkalut olivat mahdollisimman vertailukelpoisia. Tämän avulla pystyttiin tarkasti arvioimaan laskentatyökalujen kattavuuden ja tarkkuuden erot. Puuttuvat tiedot käytiin läpi ja yhtenäistettiin huolellisesti, ja vertailuprosessin aikana ilmenneet haasteet ratkaistiin lisäanalyysien avulla. Lopulta laskentaprosessi vietiin loppuun, ja tulokset dokumentoitiin järjestelmällisesti.

Analyysin tulokset esitellään tarkemmin kappaleessa 8 (Tulokset ja analyysi), jossa käsitellään molempien työkalujen suorituskykyä ja soveltuvuutta hankkeen vähähiilisuuden arviointiin.

### 3 INFRARAKENTAMINEN JA RATAVERKOT

Infrarakentaminen on keskeinen osa yhteiskunnan toimivuutta, sillä se kattaa liikenneväylät, energia- ja vesihuollon sekä muut perusinfrastruktuurin elementit. Rataverkot ovat yksi tärkeimmistä liikenneinfrastruktuurin osa-alueista, ja niiden kehittäminen sekä ylläpito ovat välttämättömiä talouden, ympäristön ja liikkumisen tarpeiden näkökulmasta. Tässä luvussa tarkastellaan infrarakennuttamisen prosesseja, Suomen rataverkoston erityispiirteitä sekä rautateiden sähköistämisen merkitystä kestävästä liikenteen edistämisestä. (Rataverkko nd.)

#### 3.1 Infrarakennuttaminen

Infrarakentaminen tarkoittaa infrastruktuurin, eli yhteiskunnan perusrakenteiden, kuten teiden, rautateiden, vesihuollon ja energianjakelun suunnittelua, rakentamista, ylläpitoa ja kehittämistä. Infrastruktuuri on keskeisessä roolissa ihmisten arjessa sekä elinkeinoelämän toiminnassa, ja se vaikuttaa suoraan fyysiseen sekä sosiaaliseen ympäristöön. Toimiva infrastruktuuri mahdollistaa sujuvan arjen ja palveluiden saavutettavuuden, tukien alueiden taloudellista ja sosiaalista kehitystä. Infrarakentamisen rooli on merkittävä talouden kilpailukyvyyn varmistamisessa, sillä se luo perustan toimiville liikenneyhteyksille ja palveluille. (Green Building Council Finland 2023).

Kirjassa RIL 273-2022 Infrarakennuttaminen käsitellään, miten infrarakentaminen vastaa myös yhteiskunnan muuttuviin tarpeisiin. Väestönkasvu, kaupungistuminen ja ilmastonmuutoksen hillitseminen vaativat jatkuvaa infrastruktuurin kehittämistä ja sopeuttamista. Teknologinen kehitys ja digitalisaatio tuovat uusia mahdollisuuksia infrarakentamisen toteutukseen, ja ne muuttavat merkittävästi alan toimintatapoja (Junnonen, Aalto, Ahlroos 2022). Tämä vaatii alan toimijoilta kykyä sopeutua ja omaksua uusia menetelmiä. Esimerkiksi älyliikenne, automaatio ja energiatehokkaat ratkaisut ovat tärkeitä osa-alueita tulevaisuuden infrarakentamisessa. Green Building Council Finlandin (2022) julkaisun mukaan yhteiskunnalliset muutokset vaikuttavat infran uudistamiseen ja kehittämiseen, erityisesti liittyen menetelmiin ja toimintatapoihin. Tämä näkyy siinä, että infran omistajien ja toteuttajien on kyettävä sopeutumaan megatrendeihin, kuten ilmaston-

muutokseen ja kaupungistumiseen. Infrarakentamisessa pyritään myös jatkuvasti kohti kestävämpiä ratkaisuja, joissa otetaan huomioon elinkaaren aikaiset vaikutukset ympäristöön sekä yhteiskunnan pitkän aikavälin kehitystarpeet. Ilmastomuutoksen vaikutukset ja luonnonvarojen hupeneminen ovat merkittäviä tekijöitä, jotka ohjaavat infrarakentamisen tulevaisuuden ratkaisuja. (Kestävä Infra, 2022.)

### **3.2 Suomen rataverkot**

Suomen rataverkko on monipuolinen ja laaja järjestelmä, joka kattaa noin 6 000 kilometriä rautateitä ympäri Suomea. Se muodostaa keskeisen osan maan liikenneinfrastruktuuria, palvellen niin henkilö- kuin tavaraliikennettäkin. Rataverkko koostuu sekä valtakunnallisista pääradoista että alueellisista ja paikallisista radoista, jotka yhdistävät eri osia maasta toisiinsa. (Rataverkko nd.)

Historiallisesti Suomen rautatieverkosto on kehitetty erityisesti suurten kaupunkien välisen liikenteen tarpeisiin. Päärautatiet, kuten Helsinki–Tampere ja Helsinki–Turku, muodostavat maan liikenteen selkärangan, ja suurin osa sekä matkustaja- että tavaraliikenteestä tapahtuu niiden varrella. Lisäksi Suomessa on useita merkittäviä satamarautateitä, jotka yhdistävät teollisuuslaitokset ja satamat kansalliseen rautatieverkostoon ja raskaan tavaraliikenteen sujuvan kuljetuksen. (Rataverkko nd.)

### **3.3 Rautateiden sähköistyksen historia Suomessa**

Rautateiden sähköistys Suomessa on edennyt merkittävästi viimeisten vuosikymmenten aikana, ja sen vaikutukset ovat olleet huomattavat sekä talouden että ympäristön kannalta. Sähköistyksen historia ja kehitys tuodaan esille selkeästi dokumentissa "Virroitin", joka käsittelee rautateiden sähköistämiprojektien taustoja, teknisiä haasteita ja yhteiskunnallisia vaikutuksia.

Sähköistyksen tarve nousi jälleen esille 1920-luvulla Imatran voimalaitoksen rakennustöiden yhteydessä. Rautateiden pääjohtaja, professori Bernhard Wuolle, laati vuonna 1926 ensimmäisen laajemman sähköistämissuunnitelman. Suunni-

telmia tarkennettiin edelleen 1950-luvun lopulla, kun rautatiehallituksen sähköteknillinen toimisto suoritti perusteellisen tutkimuksen sähköistettävistä rataosista. Tämä tutkimus johti yksityiskohtaiseen suunnitelmaan, joka kattoi yhteensä noin 920 ratakilometriä. Suomen maaperän rajallisten kivihiili- ja öljyvarojen vuoksi sähköistämisen päätettiin hyödyntää erityisesti vesivoimaa, joka oli maan merkittävin energialähde. Sähköistyksellä oli näin ollen sekä taloudellisia että ympäristöllisiä etuja, mikä osaltaan edisti hankkeen etenemistä. Suomen ensimmäiset sähköistetyt rautatiet otettiin käyttöön 1960-luvulla, ja sähköistys on sittemmin laajentunut merkittävästi. Tällä hetkellä yli puolet maan rataverkosta on sähköistetty, ja tämä osuus kasvaa jatkuvasti, kun uusia sähköistämishankkeita toteutetaan eri puolilla maata. Virroitin Dokumentissa korostetaan sähköistyksen tarjoamia etuja, kuten vähentyneitä kasvihuonekaasupäästöjä, pienempiä energiakustannuksia ja nopeampaa liikennettä. (Paulin, Lumes, Ahvenlahti, Lall, Hakala, Paju, Ojala, Lindqvist, Kumpulainen & Vento, 1969).

Rautateiden sähköistyksen laajeneminen Suomessa jatkuu myös 2000-luvulla, ja nykyiset hankkeet, kuten Raisio-Naantali-radan sähköistys, ovat osa tätä jatkuvaa kehitystä. Näissä hankkeissa hyödynnetään nykyaikaisia laskentatyökaluja, kuten IHKU-laskentatyökalua, joiden avulla voidaan tarkasti arvioida sähköistyksen vaikutuksia päästöihin ja ympäristöön.

## 4 PÄÄSTÖLASKENNAN MERKITYS

Päästölaskenta on tullut yhä keskeisemmäksi osaksi infrastruktuurihankkeiden suunnittelua, erityisesti silloin, kun tavoitteena on vähentää hankkeiden ympäristövaikutuksia. Päästölaskennan avulla voidaan arvioida ja seurata kasvihuonekaasupäästöjen määrää ja muita ympäristövaikutuksia. Päästölaskennan pohjana käytetään usein Greenhouse Gas Protocol -ohjeistusta, joka on maailmanlaajuisesti laajimmin käytetty standardi organisaatioiden kasvihuonekaasupäästöjen mittaamiseen ja raportointiin. GHG tarjoaa selkeät periaatteet ja kehykset, jotka mahdollistavat laskennan yhdenmukaisuuden ja vertailtavuuden. (GHG Protocol nd.)

Päästölaskennan toteuttamisessa hyödynnetään kansainvälisiä standardeja, kuten ISO 14064 -sarjaa, joka tarjoaa ohjeet kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan, raportointiin ja hallintaan organisaatiotasolla. ISO 14064-1 määrittelee periaatteet ja vaatimukset organisaatioiden päästöjen ja poistumien inventaarioiden suunnittelulle ja hallinnalle, kun taas ISO 14064-2 keskittyy päästöjä vähentäviin projekteihin ja niiden raportointiin. Näiden standardien soveltaminen edistää päästölaskennan yhtenäisyyttä ja läpinäkyvyyttä, mikä on olennaista infrastruktuurihankkeiden ympäristövaikutusten hallinnassa. (ISO 14064-1:2018 2018.)

### 4.1 Päästölaskennan elinkaarivaiheiden merkitys suunnittelussa

Päästölaskenta on kriittinen työkalu infrastruktuurihankkeiden suunnitteluvaiheessa, sillä sen avulla voidaan systemaattisesti arvioida ja hallita hankkeen ympäristövaikutuksia, erityisesti kasvihuonekaasupäästöjä kuten hiilidioksidipäästöjä. Tämä antaa suunnittelijoille mahdollisuuden tehdä perusteltuja ja tietoon pohjautuvia päätöksiä, jotka vähentävät merkittävästi hankkeen ympäristökuormitusta jo suunnitteluvaiheen alkuvaiheessa. Euroopan komission julkaisema "Handbook on the external costs of transport" tarjoaa kattavan menetelmäkehiksen liikenteen ulkoisten kustannusten, kuten ilmansaasteiden ja kasvihuonekaasupäästöjen, arviointiin. Julkaisussa korostetaan, että näiden ulkoisten kustannusten sisällyttäminen infrastruktuurihankkeiden suunnitteluun on olennaista

kestävän liikennejärjestelmän kehittämiseksi. (Essen, Fiorello, El Beyrouthy, Bieler, Wijngaarden, Schrotten, Parolin, Brambilla, Sutter, Maffii, & Fermi 2019.)

Elinkaaren vaihe														JU*		
A1–A3			A4–A5		B1–B7							C1–C3			D	
Tuotevaihe			Rakentamisvaihe		Käyttövaihe							Elinkaaren loppuvaihe			Potentiaaliset hyödyt ja haitat	
Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus	Valmistus	Kuljetus	Rakentaminen ja asentaminen	Käyttö	Ylläpito	Korjaaminen	Uusiminen	Laajamittainen korjaaminen	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Kuljetus	Käsittely	Loppusijoitus	Potentiaalinen kierrätys, uudelleenkäyttö, energiakäyttö
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B6	C1	C2	C3	C4	D
Arvio toteutuman pohjalta			Arvio toteutuman pohjalta		Skenaario							Skenaario			Skenaario	

KUVA 1. rakennushankkeiden EN 15804 mukainen elinkaarimalli (Infrarakentamisen kansallinen päästötietokantahanke, 2022)

Kuvassa 1 esitetään rakennushankkeen elinkaarimalli, joka on jäsennelty EN 15804 mukaisesti. Malli kattaa kaikki rakennusprosessin vaiheet, alkaen raaka-aineiden hankinnasta ja tuotteen valmistuksesta aina työmaatoimintoihin, käyttöön ja lopulta purkuvaiheeseen. Jokaisessa vaiheessa syntyy erilaisia päästöjä, joita voidaan vähentää optimoiduilla suunnitteluratkaisuilla. Esimerkiksi oikea materiaalivalinta ja energiatehokkuuden parantaminen voivat merkittävästi vaikuttaa päästöjen määrään niin tuotantovaiheessa kuin rakennuksen käyttöiän aikana. (Häkkinen, Pesu, Siiskonen & Vares 2022.)

Väyläviraston julkaisussa Infrarakentamisen kansallinen päästötietokantahankkeen mukaan Infrarakentamisessa, kuten rataverkoston rakentamisessa, on erityisen tärkeää arvioida päästöjä tarkasti, koska nämä hankkeet ovat laajoja ja usein pitkäkestoisia, mikä tekee niistä merkittäviä päästölähteitä. Väyläviraston mukaan infrarakentamisen päästölaskennassa korostuvat erityisesti elinkaaren alkuvaiheet, kuten raaka-aineiden hankinta, kuljetus ja valmistus (A1-A3), koska

nämä vaiheet muodostavat usein suurimman osan hankkeen kokonaispäästöistä. Tämä painotus vastaa myös EN 15804 -standardin mukaisia elinkaarilaskennan periaatteita, joissa korostetaan tuotantovaiheen merkitystä ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. (Häkkinen, Pesu, Siiskonen & Vares 2022.)

## 4.2 Infrarakentamisen vähähiilisuuden arviointimenetelmä

Vähähiilisuuden arviointimenetelmä tukee infrarakentamisen ilmastovaikutusten arviointia ja vähentämistä koko hankkeen elinkaaren ajan. Tämä menetelmä perustuu Väyläviraston kehittämiin ohjeistuksiin, jotka yhtenäistävät ja standardoivat CO<sub>2</sub>-päästöjen laskentatapoja eri hankkeissa. Väyläviraston virallinen ohjeistus on saatavilla myös tämän opinnäytetyön liitteessä 2, jossa on tarkempia tietoja arviointimenetelmän yksityiskohdista ja soveltamisesta käytännössä.

Menetelmä perustuu kansallisiin ilmastotavoitteisiin ja on suunniteltu tukemaan myös EU:n ilmastopoliittisia linjauksia. Sen pohjana on EN 15804 -standardi, joka ohjaa rakennusalan elinkaariarviointia ja ympäristövaikutusten raportointia. Lisäksi arviointimenetelmä seuraa Väyläviraston asettamia vähähiilisyysohjeita ja -vaatimuksia, joita sovelletaan infrastruktuurihankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Vaikka vähähiilisuuden arviointimenetelmä ei ole lakisääteinen, sen käyttöä suositellaan vahvasti infrarakentamisen hankkeissa. Väyläviraston hankkeille antamat suositukset perustuvat sekä kansallisiin että EU:n ilmastotavoitteisiin. Näin ollen menetelmä toimii käytännössä ohjeellisena standardina, jonka avulla hankkeet voivat täyttää ilmastotavoitteet ja varmistaa, että ne toimivat vastuullisesti ympäristönäkökulmasta. (Torkkeli, Ronni, Joutsensaari, Toivola & Saarniaho 2023.)

Arviointimenetelmän käyttöönotto mahdollistaa päästöjä vähentävien toimenpiteiden sisällyttämisen jo suunnitteluvaiheessa. Lisäksi se auttaa päätöksentekijöitä seuraamaan ja vertaamaan päästöjen määrää läpi hankkeen elinkaaren, mikä on olennaista infrarakentamisen ympäristövaikutusten pienentämisessä ja alan kehityksessä kohti vähähiilisempää toimintaa.

## 5 PÄÄSTÖLASKENTA-OHJELMAT

### 5.1 IHKU-laskentapalvelu

IHKU-laskentatyökalu on alun perin kehitetty infrastruktuurihankkeiden kustannuslaskentaan, mutta nyt siihen on lisätty myös päästölaskentaominaisuus. Se on monipuolinen työkalu, joka mahdollistaa kattavien ja tarkkojen kustannusarvioiden laatimisen erityyppisille infrastruktuurihankkeille. Ihku-sivuston löytää sivulta <https://www.ihku-laskentapalvelu.fi/>. IHKU-laskentapalvelun tavoitteena on parantaa kustannusten ennustettavuutta ja hallintaa, mikä on keskeistä suurten infrastruktuurihankkeiden budjetoinnissa ja suunnittelussa.

#### 5.1.1 IHKU-laskentapalvelu esittely

IHKU tarjoaa käyttäjilleen yksityiskohtaisen rakennusosakirjaston, joka sisältää kustannustietoa monenlaisille infrastruktuuri-elementeille, kuten teille, kaduille, silloille ja raiteille. Rakennusosakirjasto on suunniteltu siten, että se kattaa koko rakennusprojektin elinkaaren, mukaan lukien suunnittelu, rakentaminen ja ylläpito. (Ihku-alianssi, nd.)

Etusivu / Turku-Uusikaupunki ja Raisio-Naantali perusparantaminen (TUKI), ratasuunnitelma / 08\_Ratasuunnitelma, Raisio-Naantali / Radan päällysrakenne Ohje

**Radan päällysrakenne** Päästöjen kattavuus kustannuksista 93 % i Laskelma yhteensä  
Kokonaispäästöt **3 428 730 kgCO<sub>2</sub>e** i **4 538 521,04 €**

Laskenta: Kesken Käsitelijä: Ei käsitelijää Olosuhdemuuttajat: ☰ = Harvaan rakennettu ympäristö ⚙️ = Rata

Laskelma Siirtotiedostot  Näytä CO<sub>2</sub>e-päästöt laskelmilla Lisää rakennusosa ⋮

KOODI	NIMI	MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	YKSIKKÖHINTA YKSIKKÖPÄÄSTÖ	HINTA YHTEENSÄ PÄÄSTÖT YHTEENSÄ
> 1152	Radan päällysrakenteen purkaminen, linjaosuus, puupölkkyraide, tukikerrosta 2,0 m3ktr/rd-m <span style="font-size: 0.8em;">■ Nykyinen R252, R253, R254, R255 ja R257</span>	7 000	rd-m	23,33 € [ 5,41 kgCO <sub>2</sub> e ]	163 316,01 € [ 37 865,57 kgCO <sub>2</sub> e ]
	Purettava tasoristeys <span style="font-size: 0.8em;">■ Salovaara, Kappo, Viluluoto</span>	3	kpl	10 000,00 € [ - kgCO <sub>2</sub> e ]	30 000,00 € [ - kgCO <sub>2</sub> e ]
> 2423.1	Lyhyt yksinkertainen vaihde, sähkökääntö, vaihteen asentaminen vaihde: YV-54-200N-1:9 bet sähkö <span style="font-size: 0.8em;">■ V214, V212</span>	2	kpl	101 145,83 € 85 627,49 kgCO <sub>2</sub> e	202 291,66 € 171 254,97 kgCO <sub>2</sub> e
> 2423.1	Lyhyt yksinkertainen vaihde, sähkökääntö, asennus, sepelöinnit x2 ja tuennat x3 vaihde: YV-60-300-1:9 <span style="font-size: 0.8em;">■ V215, V213</span>	2	kpl	154 019,86 € 111 862,10 kgCO <sub>2</sub> e	308 039,72 € 223 724,20 kgCO <sub>2</sub> e

KUVA 2. IHKU-laskentatyökalun käyttäjän näkymä (2024)

Kuvassa 2 esitetään IHKU-laskentapalvelun hankerakenne-näkymä Raisio-Naantali-projektille (hankkeesta lisätietoja kappaleessa 6). Näkymässä hanke on jaettu hankerakenteen mukaisiin osiin, joissa kustannukset ja päästöt on eritelty tarkasti eri rakenneosille. Kukin hankerivi sisältää tiedot laskelman litterakoodista, tuotanto-osista, panoksista, kustannuksista sekä päästöarvioista silloin, kun päästötieto on saatavilla.

Lisätietoja rakenneosien määrittelyistä ja litterakoodista on liitteessä 3. Infra 2015 -ohjeistus määrittelee eri rakenneosien käsitteet ja koodistot, joita IHKU-laskentapalvelu noudattaa hankerakenteen järjestämisessä (Rakennustieto oy 2015)

### 5.1.2 IHKU-laskentapalvelun käyttöliittymän rakenne

IHKU-laskentapalvelussa ratahanke on jaettu hankerakenteen osiin, ja päästöjen kattavuusprosentti ilmaisee sen osan hankkeen kustannuksista, jolla on saatavilla päästötieto. Kattavuuslaskenta kattaa sekä Ihkun valmiit rakennusosat että käyttäjän itse lisäämät rakennusosat.

Etusivu / Turku-Uusikaupunki ja Raisio-Naantali perusparantaminen (TUKI), ratasuunnitelma / 08\_Ratasuunnitelma, Raisio-Naantali / Radan päällysrakenne Ohje

1. Radan päällysrakenne

Päästöjen kattavuus kustannuksista 93 %  
Kokonaispäästöt 3 428 730 kgCO<sub>2</sub>e

Laskelma yhteensä 4 538 521,04 €

Laskenta: Kesken Käsittelijä: Ei käsittelijää Olosuhdemuuttajat: Harvaan rakennettu ympäristö Rata

Laskelma Siirtotiedostot Näytä CO<sub>2</sub>e-päästöt laskelmilla Lisää rakennusosa

2. KOODI	NIMI	MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	YKSIKKÖHINTA	HINTA YHTEENSÄ	YKSIKKÖPÄÄSTÖ	PÄÄSTÖT YHTEENSÄ
1152	Radan päällysrakenteen purkaminen, linjaosuuksien puupölkkyraide, tukikerrosta 2,0 m3ktr/rd-m Nykyinen R252, R253, R254, R255 ja R257	7 000	rd-m	23,33 € [ 5,41 kgCO <sub>2</sub> e ]	163 316,01 € [ 37 865,57 kgCO <sub>2</sub> e ]		
3. TUOTANTO-OSAT JA PANOKSET							
	Kiskon irrotus puupölkkyästä (1 rd-m/rd-m)			1,10 €/rd-m 0,14 kgCO <sub>2</sub> e/rd-m	7 690,83 € 945,00 kgCO <sub>2</sub> e		
	Kiskon pois vieni (1 rd-m/rd-m)			1,31 €/rd-m [ 0,09 kgCO <sub>2</sub> e/rd-m ]	9 195,72 € [ 630,00 kgCO <sub>2</sub> e ]		
4. PANOS 5. TYYPPI RESURSSI/MENEKKI 6. PANOKSEN HINTA JA PÄÄSTÖKERROIN TYÖSAAVUTUS YKSIKKÖHINTA YHTEENSÄ							
	ratakuorma-auto, TKA ja 2 vaunua, sis. kuljettaja	koneet A4	1	279,68 €/kone-h [- kgCO <sub>2</sub> e/kone-h]	300,00 rd-m/h	0,93 €	6 525,90 € [- kgCO <sub>2</sub> e]
	kiskopyöräkone, sis. kuljettaja	koneet A5	1	114,42 €/kone-h 27,00 kgCO <sub>2</sub> e/kone-h	300,00 rd-m/h	0,38 €	2 669,83 € 630,00 kgCO <sub>2</sub> e

KUVA 3. Raisio-Naantali-rataosuuden hankerakenne näkymä rakennusosa 1 (2024)

Rakennusosa 1 (kuva 3) esitetään IHKU-laskentapalvelun hankerakenne-näkymä Raisio–Naantali-rataosuuden projektista, jossa hanke on jaettu hankerakenteen osiin, kuten "Radan päällysrakenne" (1). Jokaiselle rakennusosa riville (liite 3) on määritelty oma litterakoodi, joka viittaa IHKU-tietokantaan (2), ja rakenneosaa sisältää tuotanto-osia ja panoksia, jotka kuvaavat tarkemmin hankkeen työvaiheita ja käytettyjä resursseja (3). Panokset on eritelty yksityiskohtaisesti, ja niille on määritelty resurssit, kuten koneet tai materiaalit (4), sekä elinkaarivaihe, esimerkiksi A4 (kuljetusvaihe) tai A5 (työmaatoiminnot) (5). Jokaiselle panokselle on esitetty hinta ja päästötietokerroin (6), mutta analyysissä keskitytään erityisesti niihin panoksiin, joilta päästötietokerroin puuttuu, mikä aiheuttaa aukkoja päästölaskennassa. Kuvassa näkyy esimerkkinä panos, jolta päästötieto puuttuu, ja tämän hankerakenteen osan päästöjen kattavuus kustannuksista on 93 % (7), mikä tarkoittaa, että osa kustannusriveistä ei sisällä kattavia päästötietoja. Tässä skenaariossa IHKU-laskentapalvelusta löytyy kaikki tarvittavat litterakoodit, panokset, elinkaarivaiheet ja kustannusarviot, mutta päästötiedot puuttuvat silti joiltakin riveiltä.

Etusivu / Turku-Uusikaupunki ja Raisio-Naantali perusparantaminen (TUKI), ratasuunnitelma / 08\_Ratasuunnitelma, Raisio-Naantali / Radan päällysrakenne Ohje

**Radan päällysrakenne**

Päästöjen kattavuus kustannuksista 93 % Laskelma yhteensä  
Kokonaispäästöt 3 428 730 kgCO2e 4 538 521,04 €

Laskenta: **Kesken** Käsitteittäjä: Ei käsitteittäjää Olosuhdemuuttujat: = Harvaan rakennettu ympäristö = Rata

Laskelma Siirtotiedostot Näytä CO2e-päästöt laskelmilla Lisää rakennusosa

KOODI	NIMI	MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	YKSIKKÖHINTA	HINTA YHTEENSÄ	YKSIKKÖPÄÄSTÖ	PÄÄSTÖT YHTEENSÄ
1152	Radan päällysrakenteen purkaminen, linjaosuus, puupölkkyraide, tukikerrosta 2,0 m3ktr/rd-m <small>Nykyinen R252, R253, R254, R255 ja R257</small>	7 000	rd-m	23,33 € [5,41 kgCO2e]	163 316,01 € [37 865,57 kgCO2e]		
1.	Purettava tasoristeys <small>Salovaara, Kappo, Viluluoto</small>	3	kpl	10 000,00 € [- kgCO2e]	30 000,00 € [- kgCO2e]		

KUVA 4. Raisio-Naantali-rataosuuden hankerakenne näkymä rakennusosa 2 (2024)

Rakennusosa 2 (kuva 4) riviltä puuttuu koodi (1), mikä johtaa myös siihen, että kyseiseltä osalta puuttuvat tuotanto-osat, panokset ja elinkaarivaiheet. Tämä koodin puuttuminen riviltä estää kattavan päästölaskennan kyseisen hankerivin osalta. Toisessa kohdassa, näkyy keltainen huutomerkki (2), joka osoittaa, että kyseinen kustannusarvio on käyttäjän syöttämä arvo. Käyttäjän syöttämät tiedot eivät automaattisesti sisällä päästötietoja, mikä vaikuttaa laskennan kattavuuteen.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan näitä puutteellisia päästötietoja ja niiden vaikutusta päästölaskennan kattavuuteen Raisio–Naantali-rataosuuden hankkeessa.

### 5.1.3 IHKU-laskentapalvelun päästölaskenta

Ihku-laskentapalvelun päästölaskenta on integroitu työkalu, joka arvioi infrarakentamisen hankkeiden hiilidioksidipäästöjä kustannuslaskennan rinnalla. Päästölaskenta perustuu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) CO<sub>2</sub>-tietokantaan, joka on kehitetty nimenomaan infrarakentamisen tarpeisiin. Ihkun päästölaskenta kattaa hankkeiden ja rakennusosien elinkaaren eri vaiheet, kuten tuotteen valmistuksen, kuljetukset työmaalle sekä työmaatoiminnot (A1–A5) Ihkun päästölaskenta perustuu panospohjaiseen laskentamalliin, jossa rakennusosien päästökerroin määritetään jokaiselle yksittäiselle panokselle. Panokset sisältävät tiedot elinkaarivaiheista (kuva 1). A1–A3- vaihe on tuotteen valmistusvaihe, joka sisältää raaka-aineiden hankinnan, kuljetukset ja materiaalien prosessoinnin. A4- vaihe on kuljetukset työmaalle, jossa huomioidaan logistiikkaketju ja eri materiaalien työmaarahtien päästöt. A5- vaihe työmaatoiminnot, kuten koneiden ja laitteiden käyttö työmaalla. SYKE:n CO<sub>2</sub>-tietokannassa on määritetty päästökertoimet kullekin vaiheelle, mikä mahdollistaa rakennusosien ja hankkeiden päästöjen laskemisen automaattisesti. Ihku ei huomioi B4 elinkaarivaihetta, joka on rakennustuotteiden suunnitellut vaihdot. (Häkkinen, Vares & Pesu 2022.)

Päästölaskennan kattavuus perustuu siihen, kuinka laajasti SYKE-tietokanta kattaa eri rakennusosat ja panokset. Tällä hetkellä noin kaksi kolmasosaa Ihkussa käytetyistä panoksista sisältää päästötiedot, ja nämä kattavat 80–95 % hankkeen kokonaiskustannuksista, hanketyypistä riippuen. Tämä tarkoittaa, että suuri osa hankkeiden ympäristövaikutuksista voidaan arvioida tarkasti, mutta joillekin erikoisrakenteille, kuten radan turvalaitteille, ei vielä ole saatavilla kattavia päästötietoja SYKE päivittää päästötietokantaansa säännöllisesti, ja Ihkun rakennusosakirjasto päivittyy näiden tietojen mukaisesti. (Usein kysytyt kysymykset: Ihkun päästölaskenta, 2024.)

Elinkaarivaihe	Ihkun päästölaskenta huomioi	Ihkun päästölaskenta ei huomioi	Huom.
A1-A3 Tuotevaihe	Infrarakentamisen päästötietokannan mukaiset päästökertoimet materiaaleille	Sähkö-, tele- ja koneteknisten järjestelmien, kaukolämmön ja -jäähdytyksen, raitiotievaihteiden ja kalusteiden tuotevaiheen päästöjä	Käyttäjällä on mahdollisuus asettaa päästökertoimia
A4 Kuljetukset	Ihkun rakennusosilla erillisillä panoksilla huomioitua kuljetukset: maa-ainekset, asfaltti, valmisbetoni, purkutyöt, mobilisaatiot	Muita kuljetuksia, esim. kunnallistekniikan materiaalien, kiveyksien tai terästuotteiden työmaarahtien päästöjä	Käyttäjällä on mahdollisuus laskea materiaalirahtien päästöjä erillisillä tkm-perusteisilla rahtirakennusosilla, jotka ovat litteralla 5500
A5 Työmaatoiminnot	Infrarakentamisen päästötietokannan mukaiset päästökertoimet, esimerkiksi kaivinkoneille	Hanketehtäviä (esimerkiksi urakoitsijan työmaatehtäviä)	Työntekijöistä aiheutuvien päästöjen on oletettu olevan 0 CO <sub>2</sub> ekg / tth
A1-A5 Tuote- ja rakentamisvaihe		Ihkun yksikköhintaisia rakennusosia	Käyttäjällä on mahdollisuus asettaa omille kustannuserille ja yksikköhintaisille rakennusosille oma arvio päästövaikutuksista
B4 Rakennustuotteiden suunnitellut vaihdot		B4 elinkaarivaiheen päästöt eivät sisälly Ihkun hanke- ja rakennusosien päästöihin	B4 elinkaarivaiheen päästöt on mahdollista huomioida arvioimalla tarkastelujakson aikaiset toimenpiteet ja laskemalla rakennusosat Ihkussa

KUVA 5. IHKU:n päästötiedon sisältö. (Ihku tukiportaali 2023)

Rakennusosien päästöt lasketaan automaattisesti samalla, kun rakennusosia lisätään kustannuslaskelmaan. Myös aiemmin suunnitelluille hankkeille voidaan tehdä päästölaskenta jälkikäteen, päivittämällä kirjaston hankkeelle. Ihkun päästölaskennasta voidaan tuottaa yksityiskohtaisia raportteja, joissa esitetään rakennusosien päästöt elinkaarivaiheittain. Päästöjen kattavuus ilmoitetaan prosenttiosuutena hankkeen kokonaiskustannuksista, ja raportit sisältävät tiedon siitä, miltä osin hankkeen panoksista on saatavilla päästötietoja. Ihku-uutisen mukaan (kuva 5) käyttäjillä on myös mahdollisuus muokata rakennusosien päästökertoimia tai lisätä omia. Muokatut päästötiedot esitetään raporteissa eri tavalla kuin järjestelmän oletusarvoiset tiedot, mikä varmistaa, että kaikki muokkaukset ovat jäljitettävissä ja vertailukelpoisia. (Ihku-tukiportaali nd).

#### 5.1.4 CO2-data ja Ihku-laskentatyökalun laskentaperiaatteet

Ihku-laskentatyökalun päästölaskenta hyödyntää Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kehittämää infrarakentamisen päästötietokantaa, joka tunnetaan nimellä CO2data.fi. Tämä tietokanta on suunniteltu tukemaan vähähiilistä ja resurssitehokasta infrarakentamista tarjoamalla kattavaa ympäristötietoa tuotteille ja palveluille. Päästötietokanta on Väyläviraston tilaama ja kehitetty yhteistyössä rakennustuotteiden ja elinkaariarvioinnin (Life Cycle Assessment, LCA) asiantuntijoiden kanssa.

CO2data.fi sisältää tietoa yli 1000 infrarakentamisessa käytettävästä tuotteesta ja palvelusta, kuten betonituotteista, teräksestä, kiviaineksista, muovituotteista sekä kuljetuksista ja työmaatoiminnoista. Päästötietokannan tavoitteena on tukea vähähiilisten ratkaisujen suunnittelua tarjoamalla vertailukelpoisia ympäristövaikutusten arvioita. Tietokanta päivittyy säännöllisesti ja sen tietosisältöä laajennetaan palautteen ja kehitystarpeiden pohjalta. (CO2Data 2023). Ihku-laskentatyökalu hyödyntää tätä päästötietokantaa laskentaprosessissaan siten, että kustannusarvioon sisältyvät panokset (materiaalit, työvaiheet, koneet) saavat automaattisesti päästökertoimet CO2data.fi-tietokannasta. Infrarakentamisen päästötietokannan pääindikaattori on ilmastonlämpenemispotentiaali (GWP), jota käytetään hiilijalanjäljen arvioimiseen. Tietokannan päästöarvot ilmaistaan kilogrammoina hiilidioksidiekvivalenteja (kg CO<sub>2</sub>e), ja ne perustuvat elinkaaren eri vaiheiden päästöihin. Ihku-laskentatyökalu noudattaa tätä mallia, jolloin jokaiselle panokselle määritetään sen elinkaaren aikana syntyvät päästöt. Elinkaaren vaiheet ovat määritetty kappaleessa 4.

Infrarakentamisen päästötietokanta (InfraCO<sub>2</sub>)–Tietosisällön laadinnan menetelmäkuvaus (2023) mukaan CO2data.fi-tietokannassa käytetään geneeristä dataa, joka perustuu luotettaviin tietokantoihin, kuten EPD (Environmental Product Declaration) -selosteisiin ja tieteellisiin julkaisuihin. Tiedonkeruussa painotetaan erityisesti kotimaisia ja pohjoismaisia tietoja, koska monien rakennustuotteiden markkinat ja valmistusmenetelmät ovat samankaltaisia. Esimerkiksi muovituotteiden päästötiedot saadaan Plastics Europe -tietokannasta, ja terästuotteiden tiedot perustuvat European Aluminium ja Copper Alliance -tietolähteisiin. Kuljetukset ja työkoneet ovat keskeisiä infrarakentamisen päästölähteitä, erityisesti

kun huomioidaan suurien materiaalmäärien siirtely työmaalle ja työmaalla käytettävien koneiden suuri energiankulutus. Päästöarvot kuljetuksille ja työkoneille on ohjattu pääosin LIPASTO-tietokannasta, jota ylläpiti Teknologian tutkimuskeskus VTT. Kuljetusten osalta päästöt lasketaan tonnikilometrin perusteella, ja ne sisältävät myös oletuksen paluumatkasta. Työkoneiden päästöt ilmoitetaan käyttötuntia kohden, ja niissä otetaan huomioon koneiden todellinen kuormitusaste työmaalla (CO2data 2023).

## 5.2 One Click LCA- laskentapalvelu

One Click LCA on elinkaariarviointiohjelmisto, joka on suunniteltu erityisesti rakennus- ja tuoteteollisuuden tarpeisiin. Tämä työkalu toteuttaa ympäristövaikutusten arvioinnin ja hallinnan koko projektin elinkaaren ajan. Ohjelma käyttää syötettyjä tietoja laskemaan automaattisesti hiilijalanjäljen ja muut ympäristövaikutukset.

Ohjelmisto hyödyntää Kansallisen päästötietokannan ajantasaista dataa rakennus- ja infraprojektien päästöistä (CO2data.fi) tietoja, josta avataan tarkemmin kappaleessa 5.1.4 One Click LCA käyttää EPD (Environmental Product Declaration) -tietoja, missä on yksityiskohtaisempia tietoja tuotteiden ympäristövaikutuksista niiden koko elinkaaren ajalta. Ohjelmisto myös hyödyntää geneeristä dataa täydentääkseen analyysiä, mahdollistaen kattavan ja monipuolisen päästöarvioinnin One Click LCA ottaa huomioon materiaalien tuotannon, kuljetuksen, asennuksen, käytön ja elinkaaren lopun, tarjoten kattavan näkymän projektin kokonaispäästöihin. Työkalu mahdollistaa erilaisten skenaarioiden vertailun, mikä auttaa suunnittelijoita ja päätöksentekijöitä tekemään ympäristöystävällisempiä valintoja. (Pasanen 2024.) Esimerkiksi Luumäki-Imatra ratahankeessa ohjelmiston avulla saatiin arvokasta tietoa, joka auttoi optimoimaan rakennusprosessit ja vähentämään hankkeen ympäristövaikutuksia merkittävästi.

### 5.2.1 Case-esimerkki päästölaskennan käytöstä: Luumäki-Imatra ratahanke

Luumäki-Imatra ratahanke on merkittävä projekti, joka käsittää monimutkaisia suunnitteluratkaisuja ja laajoja rakennustöitä, joissa päästölaskennalla on keskeinen rooli ympäristövaikutusten minimoimisessa.

Luumäki-Imatra hankkeessa päästölaskenta suoritettiin käyttäen One Click LCA -laskentatyökalua. Laskennassa huomioitiin eri rakennusmateriaalien, kuten betonin ja teräksen, käyttö sekä niiden kuljetukset ja työmaan energiankulutus. Eri-tyisesti keskityttiin siihen, miten materiaalivalinnat ja kuljetusetäisyydet vaikuttavat hankkeen kokonaispäästöihin. Analyysin perusteella havaittiin, että suurin osa hankkeen hiilidioksidipäästöistä syntyi elinkaaren alkuvaiheessa, joka sisälsi materiaalien tuotannon ja kuljetuksen. Tehokkaaksi keinoksi päästöjen vähentämisessä osoittautui teräksen kierrätysasteen nosto, mikä alensi teräksen kokonaispäästöjä 16 prosenttia. Lyhyemmät kuljetusmatkat materiaalien toimituksessa puolestaan mahdollistivat merkittäviä päästövähennyksiä. (FIGBC, 2021.)

Päästölaskenta antoi kyseiselle projektille arvokasta tietoa erilaisten suunnitteluratkaisujen ja materiaalivalintojen ympäristövaikutuksista. Tämä tieto mahdollisti projektin suunnittelijoiden ja päätöksentekijöiden toimia niin, että rakennusprosessit optimoitiin resurssien tehokkaamman käytön ja ympäristövaikutusten minimoinnin suuntaan. Laskentatulokset toimivat myös mallina ja ohjeistuksena tuleville vastaaville hankkeille, havainnollistaen kuinka päästölaskenta voidaan tehokkaasti integroida suunnittelu- ja rakennusprosesseihin.

## 6 CASE: RAISIO-NAANTALI RATAOSUUS

Raisio–Naantali-rataosuus on valittu tapausesimerkiksi, koska projekti on rata-suunnitelmavaiheessa, mikä tarkoittaa hallinnollista suunnittelutasoa ennen rakentamissuunnittelun aloittamista. Ratasuunnitelmavaiheessa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti hankkeen toteutettavuutta ja arvioidaan hankkeen ympäristövaikutuksia yleisellä tasolla. Tämä vaihe tarjoaa mahdollisuuden analysoida, miten hyvin päästötietoja on saatavilla projektin suunnitelmista ja missä määrin päästötiedot kattavat eri hankerakenteiden osat. Samalla voidaan arvioida, mitkä päästöihin liittyvät tiedot mahdollisesti puuttuvat ja mitkä osa-alueet vaativat tarkempaa suunnittelua ennen siirtymistä rakentamissuunnitteluun, jossa suunnitelmat ovat jo hyvin yksityiskohtaisia.

Raisio–Naantali-rataosuuden projektissa on mukana useita eri tekniikka-aloja, mikä tekee siitä monipuolisen ja kattavan kohteen päästölaskennan tarkastelulle. Koska tässä suunnitteluvaiheessa käsitellään hanketta kokonaisuutena, eri tekniikka-alojen tarkastelu antaa mahdollisuuden arvioida, miten kattavasti ja luotettavasti päästölaskennan kannalta tarpeellisia tietoja on saatavilla tässä vaiheessa. Tämä case-analyysi auttaa ymmärtämään, kuinka hyvin ratasuunnitelmavaiheen tiedot palvelevat hankkeen päästötavoitteiden saavuttamista sekä missä määrin tarkempia tietoja tarvitaan tulevissa suunnitteluvaiheissa.

Osa tämän kappaleen tiedoista perustuu Raisio-Naantali-radän ratasuunnitelmaan, joka on luottamuksellista materiaalia.

### 6.1 Rataosuuden nykytila ja käyttö

Raision ja Naantalien välinen rataosuus oli avattu marraskuussa 1923. Rataosa, joka esitetään kuvassa 6, on yksiraiteinen, kuuden kilometrin pituinen sähköistämättömän tavaraliikenteen rata, joka kulkee Raision ja Naantalien kuntien alueilla. Radan suurin sallittu nopeus on 50 km/h, ja se on toiminut merkittävänä logistisena yhteytenä alueella. Kuitenkin liikenne kyseisellä rataosuudella loppui vuonna 2022 Venäjän Ukrainassa aloittaman sodan seurauksena. Aiemmin rata palveli pääasiassa tavarajunia, mutta nykyään liikenne on pysähtynyt kokonaan. (Ratasuunnitelma 2024)

Ratasuunnitelman mukaan aiemmin rataosuudella on ollut useampia liikennetyyppejä. Henkilöjuna liikenne lakkautettiin vuonna 1972, jolloin se korvattiin bussiliikenteellä. Vuosina 1970–1984 ja 1989–1990 rataosuudella kuljettiin kaukojunnilla Naantalin satamaan. Nykyisin rataosuudella ei ole säännöllistä henkilö- tai tavaraliikennettä, ja se toimii lähinnä huoltovarmuusraiteena. Vuonna 2019 rataosuudella liikennöitiin tavaraliikennettä vain neljä kertaa. Rataosuuden nykytila ei täytä nykyaikaisen liikenteen vaatimuksia. Nykyinen infrastruktuuri, kuten puupölykyt ja kiskotus, on vanhentunutta. Radan suurin sallittu akselipaino on tällä hetkellä 225 kN, mutta jos liikennettä halutaan tulevaisuudessa lisätä, päällysrakenteiden uusiminen on välttämätöntä. Lisäksi rataosuudella on seitsemän tiedossa olevaa pehmeikköä, joiden stabiiliteettia parannetaan hankkeen yhteydessä. (Ratasuunnitelma 2024.)



KUVA 6. Raisio-Naantali välinen raideyhteys (Ratasuunnitelmaselostus 2024)

## 6.2 Hankkeen tavoitteet ja suunnitelma

Raisio–Naantali perusparannus-, tasoristeys- ja sähköistyshanke tähtää useisiin merkittäviin parannuksiin rataosuudella. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on parantaa rataverkon ja tienkäyttäjien turvallisuutta sekä mahdollistaa junien nopeuden nostaminen 80 km/h. Tavoitteena on myös henkilöliikenteen mahdollistaminen rataosuudella, mikä parantaisi alueiden saavutettavuutta ja joukkoliikenteen palvelutasoa. Ratasuunnitelma sisältää radan alus- ja päällysrakenteiden perus-

parannuksia, tasoristeysten turvallisuuden parantamista ja niiden osittaista poistamista. Taitorakenteita, kuten rumpuja ja siltoja, korjataan ja uusitaan tarvittaessa. Raiteen kuivatusta myös parannetaan stabiliteetin varmistamiseksi. (Rata-suunnitelma. 2024.)



KUVA 7 Raisio-Naantalin välinen rata (Tuomikoski 2022)

Kuvassa 7 näkyy Raisio–Naantali-rataosuuden nykytila, jossa radan rakenteet ovat vanhentuneet eivätkä vastaa nykyaikaisen liikenteen vaatimuksia. Pölkyt ovat edelleen puuta, mikä ei täytä kestävyys- tai turvallisuuden nykyvaatimuksia. Tämä korostaa tarvetta kattaville perusparannustoimille, joissa radan päällysrakenne uusitaan ja sähköistetään tulevaisuuden käyttöä varten.

### 6.3 Sähköistysten vaikutukset ja yhteensovittaminen

Rataosuuden sähköistämisen tavoitteena on vähentää merkittävästi liikenteen hiilidioksidipäästöjä ja parantaa raideliikenteen tehokkuutta. Sähköistys mahdol-

listaa myös henkilöjunaliikenteen käynnistämisen, mikä parantaa alueellisia joukkoliikennepalveluita ja lisää saavutettavuutta. Väylävirasto vastaa hankkeen toteutuksesta ja sen tavoitteiden saavuttamisesta (Yleisesitys nd).

Hanke tukee valtakunnallista liikennejärjestelmäsuunnitelmaa (2021–2032) ja Varsinais-Suomen liikennejärjestelmäsuunnitelmaa (2020), joissa painotetaan vähäpäästöisen ja kestävä liikenteen kehittämistä. Suunnittelussa noudatetaan Väyläviraston, Traficom ja kansainvälisten säädösten asettamia vaatimuksia. Hankkeessa huomioidaan myös yhteensovittaminen muiden käynnissä olevien alueellisten hankkeiden kanssa, kuten E18 Raisio-Naantali tiesuunnitelman ja Naantalin liikennepaikan kehittämisen kanssa (Ratasuunnitelma 2024)

Väylävirasto on kuitenkin päättänyt poistaa hankkeen investointiohjelmastaan vuosille 2024–2031. Peruskorjausta ei pidetä kannattavana radalla, jolla ei ole käyttöä. Ration että Naantalin kaupungit ovat kuitenkin lausunnoissaan vaatineet peruskorjauksen säilyttämistä investointiohjelmassa. Kaupungit toivovat, että rataosuus voitaisiin tulevaisuudessa elvyttää ja mahdollisesti käyttää myös henkilöliikenteeseen (Kossila 2023).

## 7 TULOKSET JA ANALYYSI

Tässä kappaleessa tarkastellaan niitä Raisio–Naantali-rataosuuden hankerivejä IHKU-laskentatyökalussa, joihin ei sisälly päästötietoja (lisätietoja työkalusta kappaleessa 5 ja hankkeesta kappaleessa 6). Vaikka ratasuunnitelmaan moniin riveihin on sisällytetty päästötiedot, osasta rivejä nämä tiedot puuttuvat, mikä aiheuttaa aukkoja päästölaskennan kokonaiskuvassa. Tässä osiossa keskitytään tarkemmin siihen, mitä päästötietoja hankeriveiltä puuttuu ja kuinka suuri osuus hankeriveistä on ilman näitä tietoja.

### 7.1 Koko ratahanke

Raisio–Naantali-ratahanke on Ihku-laskentapalvelussa jaettu 14 hankerakenteen osaan, mikä mahdollistaa hankkeen kustannusten ja päästötietojen erittelyn ja analysoinnin. Tämä jaottelu antaa tarkemman käsityksen siitä, miten eri osa-alueiden päästötiedot ja kustannukset jakautuvat, ja missä kohdin mahdollisia puutteita on. Taulukossa 1 esitetään hankerakenteen osat, niiden arvioidut päästöt, päästötietojen kattavuusprosentit verrattuna kustannukseen sekä kustannukset.

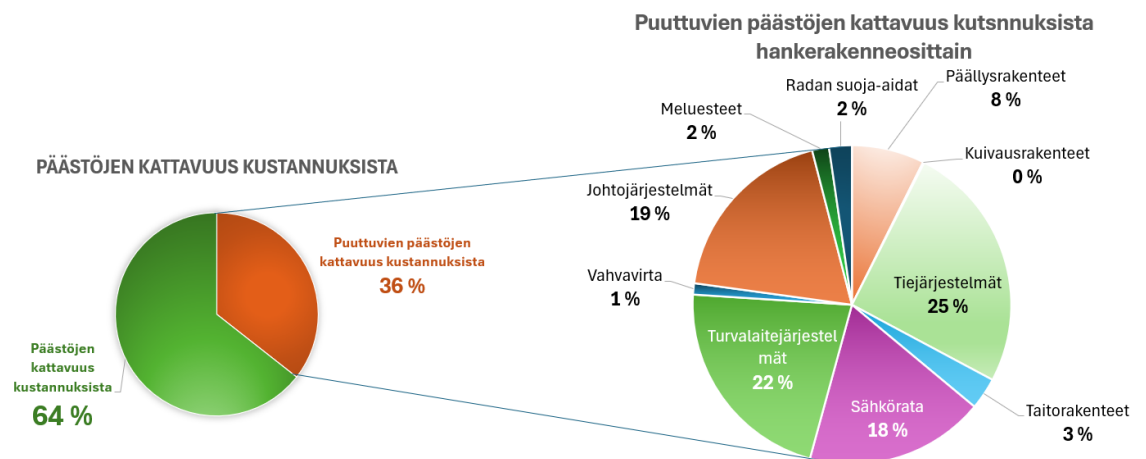
TAULUKKO 1. Raisio–Naantali-rataosuuden hankerakenteen päästötiedot (kgCO<sub>2</sub>e), kattavuus (%) ja kustannukset (€)

Hankerakenne	Päästöt (kgCO <sub>2</sub> e)	Kattavuus (%)	Kustannukset (€)
Maaleikkaukset	113 515	100 %	425 090
Radan alusrakenne	690 500	100 %	1 037 966
Radanpäällysrakenne	3 428 730	93 %	4 538 521
Kuivatusrakenteet	183 579	99 %	632 602
Geotekniikka	118 446	100 %	298 988
Tiejärjestelyt	5 326	1 %	1 135 813
Taitorakenteet	526 910	79 %	669 307
Sähkörata	76 128	33 %	1 201 155
Turvalaitejärjestelmät	4 798	6 %	1 030 709
Vahvavirta	2 423	19 %	62 882
Laite- ja johtosiirrot	0	0 %	833 035
Melusteet	182 670	71 %	192 036
Kalliioleikkaukset	188 901	100 %	240 388
Radan suoja-aidat	21 161	44 %	148 992

Taulukosta 1 nähdään, että päästötietojen kattavuus vaihtelee suuresti hankerakenteen osien välillä. Joissakin osa-alueissa, kuten vihreällä merkityissä **Maa-  
leikkauksissa, Radan alusrakenteessa, Geotekniikassa ja Kalliroleikkauksissa**, päästötietojen kattavuus on 100 %. Näitä osa-alueita ei kuitenkaan sisällytetä tähän analyysiin, sillä niissä päästötiedot ovat kattavia, eikä puuttuvia rivejä, kuten litterakoodeja tai panoksia, esiinny. Toisin sanoen, näillä hankerakenteen osilla on kaikki tarvittavat tiedot kustannusten ja päästöjen laskentaa varten.

Raisio–Naantali-ratahankkeen päästöjen kattavuus on IHKU-laskentatyökalun mukaan 65 %, mutta opinnäytetyön kerätyn datan perusteella päästöjen kattavuus kustannuksista on 64 %. Tämä ero voi johtua pyöristystarkkuuksista, joita IHKU käyttää päästötietojen käsittelyssä

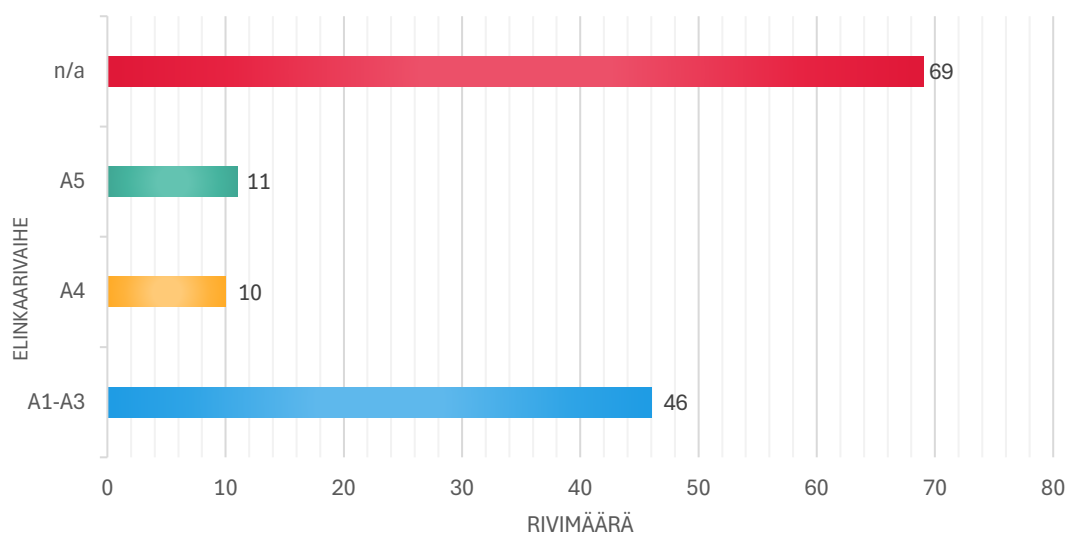
KUVIO A. Päästöjen kattavuus kustannuksista ja puuttuvien päästöjen jakautuminen hankerakenteosittain Raisio–Naantali-ratahankkeessa



Vasemmanpuoleisessa kuviossa (a) esitetään päästöjen kattavuus hankkeen kokonaiskustannuksista. Tulokset osoittavat, että 64 % hankkeen kustannuksista sisältää päästötiedot, kun taas 36 % kustannuksista jää ilman päästötietoja. Tämä viittaa merkittävään tietopuutteeseen, joka vaikuttaa laskennan luotettavuuteen.

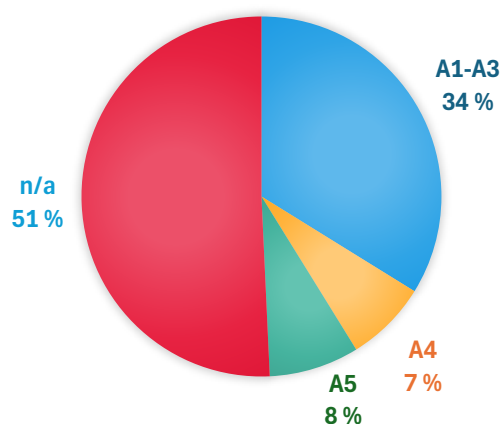
Oikeanpuoleinen kuvio jakaa puuttuvat päästötiedot hankerakenteosittain. Suurimmat puutteet löytyvät tiejärjestelmistä (25 %), turvalaitejärjestelmistä (22 %) ja johtojärjestelmistä (19 %). Näiden hankerakenteosien puutteet muodostavat yli puolet kaikista päästötietojen puutteista.

KAAVIO 1. Puuttuvat päästörivit elinkaarivaiheittain



Hankerakenteiden elinkaarivaiheiden tarkastelu paljastaa, kuinka monella rivillä tietoa puuttuu, ja kuinka nämä puutteet jakautuvat elinkaarivaiheittain (kaavio 1). Suurimmat puutteet löytyvät n/a-kategoriasta, johon kuuluvat ne rivit, joilta puuttuu litterakoodi ja elinkaarivaihe ja joissa kustannustieto on käyttäjän syöttämä. Tämä ryhmä sisältää 69 puuttuvaa riviä, mikä muodostaa merkittävän osan kaikista puuttuvista tiedoista. Muiden elinkaarivaiheiden, kuten A1–A3 (tuotteen valmistusvaihe), A4 (kuljetus) ja A5 (työmaatoiminnot), puuttuvat tiedot ovat suhteessa pienempiä, mutta myös niissä esiintyy joitain aukkoja, erityisesti panostietojen osalta. Näistä elinkaarivaiheista löytyy tarkempia tietoja kappaleessa 5.2.

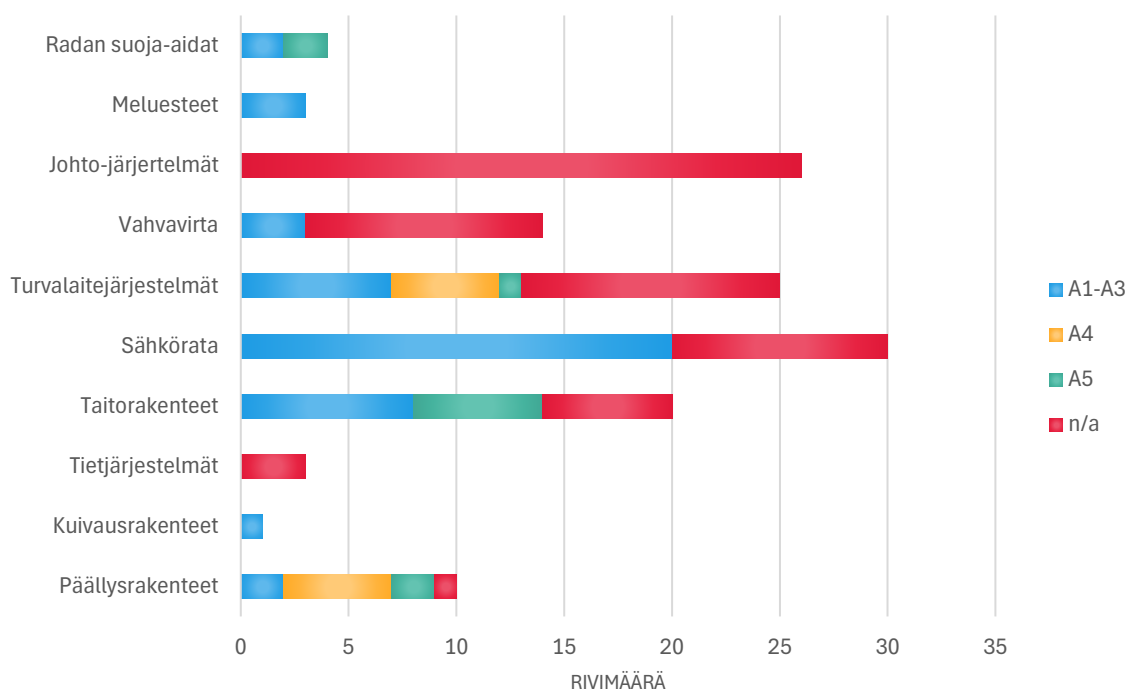
Yksityiskohtaisempi erittely radan puuttuvista riveistä ja niiden panoksista on esitetty liitteissä 4–7. Liitteestä käy ilmi, mitkä tarkat kohteet ja resurssit jäävät päästölaskennan ulkopuolelle, sekä niiden kustannusarviot ja elinkaarivaiheet.



KUVIO B. Elinkaarivaiheittain puuttuvien rivien osuus puuttuvien rivien kokonaismäärästä

Tässä kuvioissa B nähdään prosentuaalisesti, että n/a-kategoria muodostaa yli puolet (51 %) koko hankkeen puuttuvista riveistä. Tämä havainnollistaa, että merkittävä osa päästötietojen puutteista liittyy riveihin, joilta puuttuu litterakoodi, elinkaarivaihe ja joissa kustannustieto on käyttäjän syöttämä.

KAAVIO 2. Puuttuvat päästörivit hankerakenneosittain



Yllä oleva kaavio (2), antaa yksityiskohtaisen näkymän siitä, missä elinkaarivaiheissa puutteet esiintyvät kunkin hankerakenteen osalta. Kuvasta nähdään, että tiejärjestelmissä ja johtojärjestelmissä puuttuvat päästötiedot liittyvät pääasiassa kohtaan "n/a", mikä tarkoittaa, että näiltä osin ei ole lainkaan litterakoodeja eikä elinkaarivaiheita määriteltynä. Johto-järjestelmissä puuttuu yli 25 riviä päästötietoja, ja kaikki nämä rivit kuuluvat "n/a"-luokkaan. Sähköradan osalta puuttuu sekä A1-A3- että n/a-rivejä, yhteensä 30 kappaletta, mikä korostaa tämän hankerakenteen merkitystä analyysissa. Myös taitorakenteissa ja turvalaitejärjestelmissä on puutteita eri elinkaarivaiheissa, mikä viittaa siihen, että nämä rakenteet eivät ole täysin kattavia päästötietojen osalta. Näiden tietojen perusteella voidaan päätellä, että merkittävimmät päästötietojen puutteet keskittyvät sähköradan ja johtojärjestelmien hankerakenteeseen, ja puutteita esiintyy erityisesti n/a- ja A1-A3-elinkaarivaiheissa.

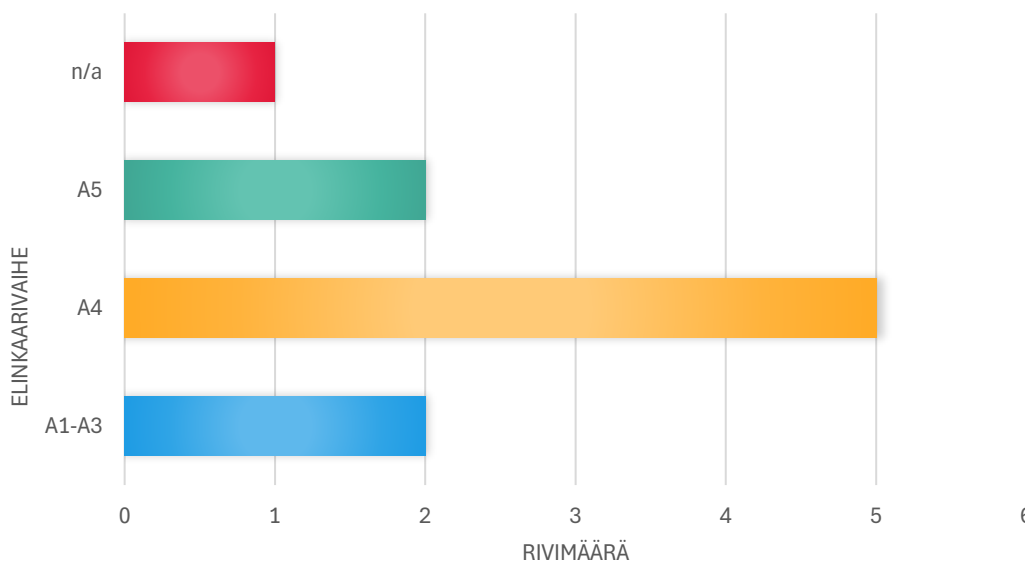
Seuraavissa osioissa tarkastellaan tarkemmin yksittäisten hankerakenteiden päästötietojen kattavuutta. Jokaisessa näistä osioista analysoidaan kyseisen rakenteen osan puuttuvien päästötietojen määrä, niiden jakautuminen elinkaarivaiheisiin sekä mahdolliset syyt ja vaikutukset hankkeeseen.

### **7.1.1 Radan päällysrakenne**

Radan päällysrakenne koostuu raiteen ylläpidon ja liikennöinnin kannalta tärkeistä rakenteellisista osista, kuten kiskoista, pölkkyistä ja ratapölkyn alle asennetusta sepelikerroksesta

Radan päällysrakenne on yksi Raisio–Naantali-hankkeen (Taulukko 1) kustannuksiltaan suurimmista ja päästövaikutuksiltaan merkittävimmistä hankerakenteen osista, jonka kustannukset ovat 4 538 521 euroa ja lhkulla arvioidut päästöt 3 428 730 kgCO<sub>2e</sub>. Päästötietojen kattavuus kustannuksista on 93 %, mikä osoittaa, että suuri osa radan päällysrakenteeseen liittyvistä kustannuksista sisältää päästötiedot, mutta tiettyjä puutteita esiintyy. Tässä kappaleessa keskitytään tarkemmin tähän 7 % osaan, josta päästötiedot puuttuvat, ja analysoidaan riveittäin puutteiden jakautumista sekä mahdollisia syitä, jotka ovat johtaneet näihin aukoihin.

KAAVIO 3. Radan päällysrakenne, puuttuvat päästörivit



Puuttuvien päästörivien elinkaarivaiheiden analyysi osoittaa, että suurin osa näistä riveistä liittyy A4-vaiheeseen eli kuljetukseen, joka muodostaa 50 % kaikista puuttuvista riveistä (kaavio 3). Päällysrakenteiden puuttuvien päästörivien osalta tarkemmat tiedot löytyvät liitteestä 4, josta ilmenee, että monet puuttuvista riveistä liittyvät koneiden ja ajoneuvojen käyttöön, kuten ratakuorma-autoihin ja TKA-ajoneuvoihin (esim. panos "ratakuorma-auto, TKA ja 2 vaunua, sis. kuljettaja" Excelissä). Tämä viittaa siihen, että kuljetusvaiheessa on käytössä resursseja, joilta päästötiedot puuttuvat, koska kyseiset koneet tai ajoneuvot eivät välttämättä sisälly kattavasti IHKU-tietokannan valmiisiin päästökertoimiin.

A1-A3-vaiheeseen liittyy kaksi puuttuvaa riviä, jotka käsittävät materiaalit, kuten *sepin* ja *betonin*, joiden valmistusvaiheisiin liittyvät päästötiedot puuttuvat. Kuten A4-vaiheessa. A5-vaiheen puutteet koskevat kahta riviä (kaavio 3), jotka sisältävät työmaakoneita, kuten *sepeliharjoja* ja *stabilisaattoreita*, joita käytetään päällysrakenteiden asennuksessa. Tässäkin tapauksessa kaikki muut tiedot löytyvät IHKU:sta valmiina, mutta päästötieto puuttuu. Työmaatoimintojen päästötiedot ovat olennaisia työvaiheiden ympäristövaikutusten arvioimiseksi, ja nämä puutteet voivat johtua tiettyjen koneiden erikoisluonteesta, jolloin päästöarvot eivät ole valmiiksi sisällytetty tietokantaan.

N/A-kategoria kattaa 10 % puuttuvista päästötiedoista ja viittaa riveihin, joissa ei ole litterakoodia, elinkaarivaihetta eikä oletusarvoisia päästötietoja. Esimerkiksi purettava tasoristeys on syötetty käyttäjän toimesta kustannuksineen, mutta ilman päästötietoja, ja ilman, että elinkaarivaihetta olisi määritetty.

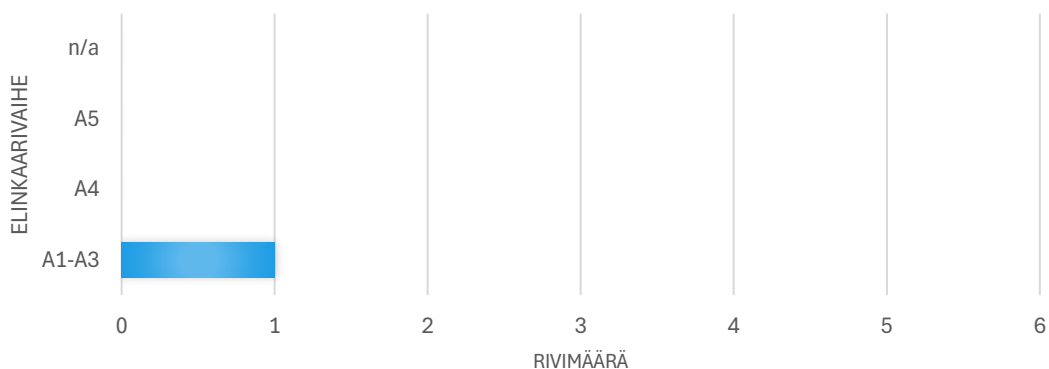
Näiden havaintojen perusteella voidaan todeta, että radan päällysrakenteen puuttuvat päästötiedot keskittyvät enimmäkseen kuljetuksiin (A4-vaihe), mutta myös tuotantoon (A1-A3) ja työmaatoimintoihin (A5) liittyy merkittäviä puutteita. Liitteessä 4 esitetään yksityiskohtaiset tiedot puutteista rivikohtaisesti, mikä antaa lisäymmärrystä siitä, miten nämä puutteet vaikuttavat laskennan kattavuuteen ja luotettavuuteen.

### 7.1.2 Kuivausrakenteet

Kuivatusjärjestelmiin kuuluu esimerkiksi ojia, sadevesiviemäreitä ja putkirakenteita, jotka estävät veden kertymisen radan alle ja ympärille.

Kuivausrakenteet ovat olennainen osa Raisio–Naantali-hanketta, sillä ne varmistavat radan rakenteiden kestävyuden ja turvallisuuden poistamalla ylimääräistä vettä rakenteista. Taulukon 1 mukaan kuivausrakenteiden kustannukset ovat 632 602 euroa, ja arvioidut päästöt ovat 183 579 kgCO<sub>2</sub>e. Päästötietojen kattavuus kustannuksista on 99 %, mikä osoittaa, että lähes kaikkiin kuivausrakenteisiin liittyviin kustannuksiin on saatavilla päästötiedot. Tästä huolimatta 1 % kustannuksista puuttuu päästötiedot.

KAAVIO 4. Kuivausrakenteet, puuttuvat päästörivit



Puuttuva päästörivi liittyy materiaalina käytettävään "putkiarinaan", joka kuuluu elinkaarivaiheeseen A1-A3 eli tuotantoon (kaavio 4). Tämä tarkoittaa, että kyseisestä materiaalista ei ole IHKU-tietokannassa valmiina päästötietoja, vaikka kaikki muut tiedot, kuten kustannusarvio, tuotanto-osat, panokset ja litterakoodit, löytyvät järjestelmästä.

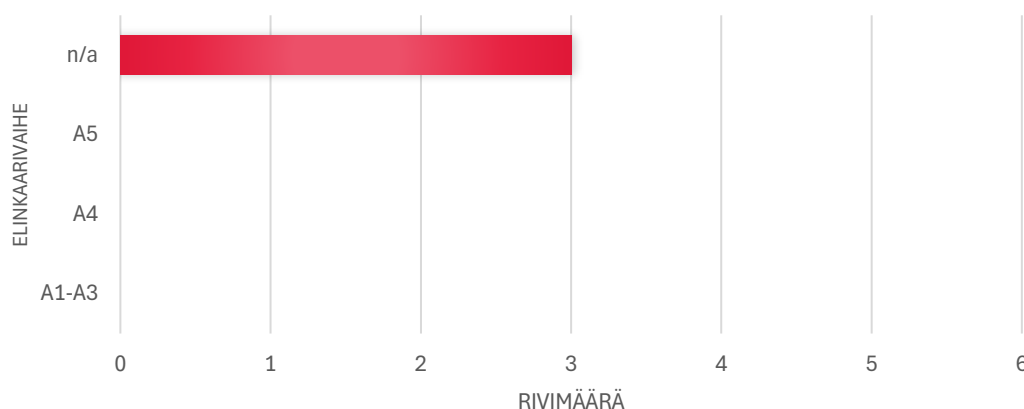
Tämän puuttuvan tiedon vaikutus kokonaispäästölaskentaan on pieni, sillä se muodostaa vain pienen osan koko hankkeen kattavuudesta. Tämä yksittäinen puuttuva rivi kuitenkin korostaa tarpeen täydentää tietokantaa erityismateriaalien, kuten putkiarinoiden, osalta.

### 7.1.3 Tiejärjestelyt

Tiejärjestelyihin sisältyy esimerkiksi tasoristeysten uudelleenjärjestelyjä, huoltoiteitä, kevyen liikenteen väylien rakentamista tai liikenteen ohjausratkaisuja.

Tiejärjestelyt muodostavat yhden hankerakenteen osan Raisio–Naantali-hankkeessa, jonka kustannukset ovat 1 135 813 euroa, mutta päästötietojen kattavuus on vain 1 % (taulukko 1). Tämä tarkoittaa, että suurin osa (99 %) tiejärjestelyihin liittyvistä kustannuksista ei sisällä päästötietoja, mikä luo merkittäviä aukkoja hankkeen kokonaispäästölaskentaan. Liitteessä 4 esitetyt tiedot paljastavat, että kaikki tiejärjestelyiden puuttuvat rivit liittyvät käyttäjän syöttämiin tietoihin ilman litterakoodeja tai panoksia.

KAAVIO 5. Tiejärjestelyt, puuttuvat päästörivit



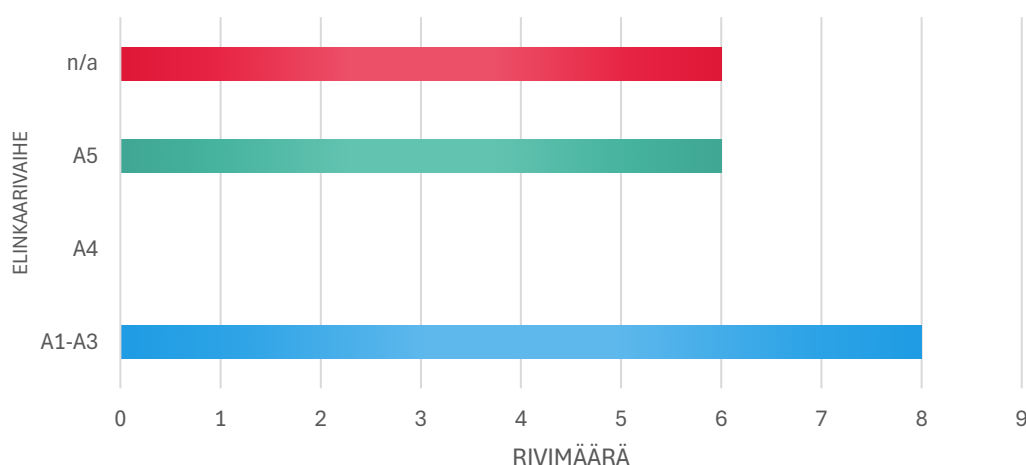
Yllä olevasta kaaviosta huomataan, että kaikki tiejärjestelyiden puuttuvat päästötiedot kuuluvat "n/a"-kategoriaan, mikä tarkoittaa, että kyseessä ovat käyttäjän syöttämät arviot ilman valmiita elinkaarivaiheita tai päästökertoimia. Tähän kategoriaan kuuluvat esimerkiksi "Huoltotiet", "JKPP eli jalka- ja pyörätiet" ja "Y-Tiet eli yksityistiet." On todennäköistä, että IHKU-tietokannasta löytyisi näihin tarkoituksiin sopivia koodeja ja päästötietoja, mutta koska käyttäjä on lisännyt nämä tiedot vain kustannusarvioina ilman litterakoodeja, päästötiedot puuttuvat. Tämä manuaalinen syöttö on siten vaikuttanut merkittävästi laskennan kattavuuteen.

#### 7.1.4 Taitorakenteet

Taitorakenteiden tarkoituksena on tukea radan infrastruktuuria. Ne sisältävät erityisiä rakenne-elementtejä, kuten siltoja ja muita rakennusteknisesti vaativia osia.

Taitorakenteet ovat Raisio–Naantali-hankkeessa huomattavan kustannuserän muodostava hankerakenteen osa, jonka kustannukset ovat 669 307 euroa ja arvioidut päästöt 526 910 kg CO<sub>2</sub>e. Päästötietojen kattavuus kustannuksista on 79 %, mikä osoittaa, että osa taitorakenteisiin liittyvistä 21 % päästötiedoista puuttuu, mikä jättää aukkoja päästölaskennan kattavuuteen. Kuvio 1 osoittaa, että taitorakenteet kattavat kuitenkin vain 3 % puuttuvien päästöjen kattavuudesta. Kaikkiaan taitorakenteista puuttuu 20 riviä päästötietoa, kuten nähdään kaaviossa 2 (puuttuvat rivit elinkaarivaiheittain).

KAAVIO 6. Taitorakenteet, puuttuvat päästörivit



Kaavio 6 havainnollistaa taitorakenteiden puuttuvien päästörivien jakautumisen elinkaarivaiheittain. Suurin osa puuttuvista päästötiedoista kohdistuu A1-A3-vaiheeseen (tuotantoon), joka käsittää kahdeksan riviä. Tämä viittaa siihen, että tiettyjen materiaalien, kuten teräsrakenteiden ja siltakomponenttien, päästötiedot eivät ole saatavilla IHKU-tietokannasta, vaikka muut tiedot, kuten kustannusarvio, ovat olemassa.

A5-vaiheessa (työmaatoiminnot) puuttuu kuusi riviä, jotka liittyvät erityisesti työkaluihin ja pienkoneisiin, joita käytetään työmaalla. Näiden koneiden päästöarvioiden puuttuminen saattaa johtua siitä, että kyseessä ovat erikoiskoneet, jolle ei ole valmiiksi määriteltyjä päästökertoimia IHKU-tietokannassa. A4-vaiheeseen ei liity puuttuvia rivejä taitorakenteiden osalta, mikä osoittaa, että kuljetuksiin liittyvät tiedot ovat kattavasti saatavilla.

N/A-kategoria, joka kattaa kuusi puuttuvaa riviä, sisältää kustannustietoja, jotka käyttäjä on itse syöttänyt järjestelmään ilman elinkaarivaihetta tai päästötietoja. Esimerkiksi kustannuserät, kuten "sillan tunkkaus" ja "sillan maadoitus," ovat syötetty järjestelmään ilman kattavaa päästöarviota. Poikkeuksellisesti tässä hanke-rakenteen osassa on n/a rivejä, joista löytyy litterakoodi, mutta ei elinkaarivaihetta tai panoksia. Tämä tarkoittaa, että kaikki puuttuvat päästötiedot eivät johdu käyttäjän syöttämistä riveistä, vaan IHKU-tietokanta ei yksinkertaisesti kata näiden koodien rivejä kattavasti. Tämä viittaa siihen, että järjestelmässä on vielä kehittämisen varaa tiettyjen rakennusosien kattavuuden suhteen.

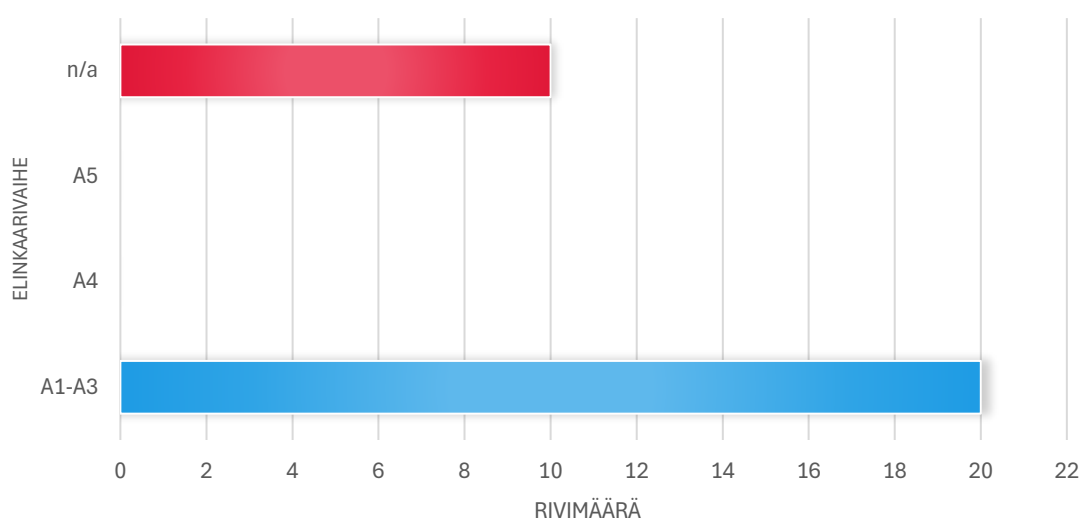
Silloista puuttuvien päästötietojen osalta puutteet voivat liittyä siihen, että hanke on vielä ratasuunnitelmavaiheessa. Tässä suunnitteluvaiheessa siltojen tarkastelu on vielä yleisluontoista, ja niiden päästöarvioita sekä tarkempia käytäntöjä tarkastellaan myöhemmässä rakentamissuunnitteluvaiheessa, jolloin siltojen vaatimukset ja rakenteet käsitellään perusteellisemmin.

### **7.1.5 Sähkörata**

Sähköradan rakenteisiin kuuluvat muun muassa ajojohtimet, sähkönsyöttöpylväät, maadoituskomponentit ja muut sähköisen liikennöinnin tekniset osat.

Sähkörata on Raisio–Naantali-hankkeessa yksi suurimmista hankerakenteen osa-alueista, jonka kustannukset ovat 1 201 155 euroa ja arvioidut päästöt 76 128 kg CO<sub>2</sub>e. Päästötietojen kattavuus sähköradan kustannuksista on kuitenkin vain 33 % eli 67 % puuttuu. Kaavio 2 (Puuttuvat rivit hankerakenteosittain) havainnollistaa tarkemmin, miten puutteet jakautuvat eri elinkaarivaiheisiin. Sähköradasta puuttuu yhteensä 30 riviä päästötietoja, mikä korostaa tämän hankerakenteosan merkitystä koko hankkeen päästölaskennan kattavuudessa.

KAAVIO 7. Sähkörata, puuttuvat rivit



Kaaviossa 7 nähdään että, puuttuvista tiedoista suurin osa koskee sähköradan A1-A3-vaiheen materiaaleja, kuten pylväitä, radan pylväsperusteita, maadoitusta, l-pylväitä, joille ei ole määritelty päästökertoimia IHKU-tietokannassa. Liite 5 antaa tarkempaa tietoa näistä komponenteista, kuten, pylväsmaadoituksista, imumuuntajista, ja portaalirakenteista, joista kaikista puuttuvat tarkat päästötiedot. Tämä tieto on kriittistä projektin kattavien päästölaskelmien laatimiseksi, sillä sähköradan komponentit ovat keskeinen osa ratarakenteiden päästöjen kokonaisuutta.

N/A-kategoriaan kuuluu myös merkittävä määrä rivejä, jotka käyttäjä on syöttänyt järjestelmään ilman elinkaarivaiheen tai päästöjen määrittelyä. Esimerkkejä näistä riveistä ovat päätepylväistä ja ajojohtimen nostolaitteistosta, joiden kustannusarviot löytyvät, mutta päästötiedot puuttuvat. N/A-kategoria sisältää lisäksi

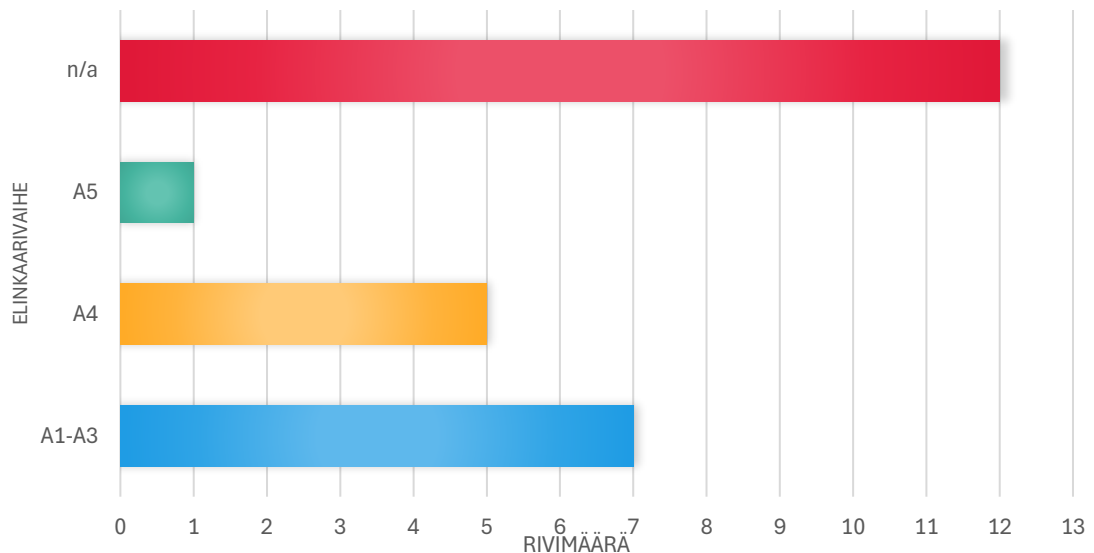
rivejä, jotka eivät ole käyttäjän syöttämiä, vaan joista löytyy litterakoodit, mutta puuttuu panos- ja päästötiedot. Tämä osoittaa, että kaikkia puutteellisia tietoja ei ole syötetty manuaalisesti järjestelmään, vaan ne ovat tietokannan osittain kattamattomia rivejä.

### 7.1.6 Turvalaitejärjestelmät

Turvalaitejärjestelmiin kuuluvat muun muassa kulunvalvontajärjestelmät, opastimet sekä muut liikenteenohjauslaitteet, jotka estävät yhteentörmäyksiä ja takaavat turvallisen liikkumisen rataverkolla

Taulukon 1 mukaan turvalaitejärjestelmien kustannukset ovat 1 030 709 euroa. Turvalaitejärjestelmät ovat Raisio–Naantali-hankkeessa merkittävä osa hankerakennetta, mutta niiden päästötietojen kattavuus on vain 6 % kustannuksista, mikä tekee tästä hankerakennosasta yhden vähiten kattavista päästölaskennan osalta.

KAAVIO 8. Turvalaitejärjestelmät, puuttuvat päästörivit



Kaavio 8 esittää turvalaitejärjestelmien puuttuvien rivien osuuden elinkaarivaiheittain. Suurin osa puutteista kuuluu n/a-kategoriaan, jossa on yhteensä 12 riviä. Tämä viittaa siihen, että nämä tiedot ovat käyttäjän syöttämiä kustannusarvioina

ilman elinkaarivaiheen tai päästötietojen määrittelyä. N/A-kategoriaan kuuluu esimerkiksi turvalaitteiden asennuksia ja kaapelointiin liittyviä tehtäviä. Liitteestä 6 ilmenee tarkemmin, että osassa kaapelikaivoihin liittyvistä riveistä on IHKU-järjestelmässä litterakoodi, mutta niiltä puuttuvat panos- ja elinkaaritiedot. Näitä rivejä ei ole syötetty manuaalisesti käyttäjän toimesta, vaan ne edustavat IHKU-tietokannan puutteellisia rivejä. Tämä osoittaa, että kaikissa puutteellisissa tiedoissa ei ole kyse käyttäjän tekemistä manuaalisista lisäyksistä, vaan tietyt rivit puuttuvat IHKU tietokannasta.

A4 -vaihe kattaa merkittävän määrän puuttuvia rivejä, yhteensä viisi. Nämä rivit liittyvät erityisesti turvalaitteiden ja kaapelointikomponenttien kuljetuksiin, joilta puuttuu päästökertoimet. Kuljetuksen päästövaikutusten puuttuminen vaikuttaa kokonaislaskennan kattavuuteen, sillä kuljetus on oleellinen vaihe monien rakennusosien toimitusprosessissa. A1-A3-vaiheeseen kuuluu seitsemän puuttuvaa riviä, jotka liittyvät materiaalien, kuten turvalaitteiden eristysmateriaalien valmistukseen. A5-vaiheessa puuttuvia rivejä on yksi, ja se koskee runkokaapelointia.

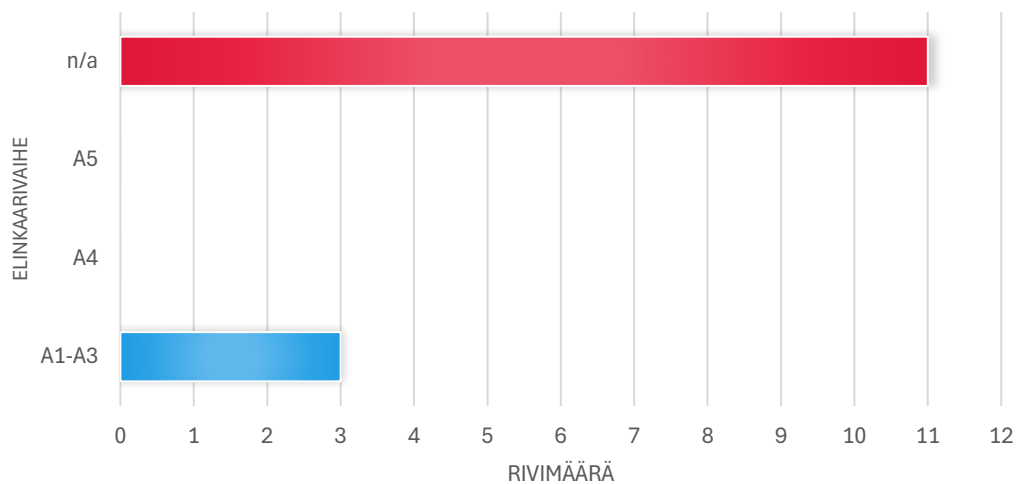
Kaiken kaikkiaan turvalaitejärjestelmien puuttuvista päästötiedoista merkittävä osa keskittyy n/a-kategoriaan sekä kuljetus- ja tuotantovaiheisiin. Liitteessä 5 esitetään yksityiskohtaiset tiedot puutteista rivikohtaisesti.

### **7.1.7 Vahvavirta**

Vahvavirta on sähkönsyöttöjärjestelmää, joka mahdollistaa rataverkon ja siihen liittyvien sähköisten komponenttien toimintaa. Vahvavirtaosaan kuuluvat esimerkiksi sähköjakelujärjestelmät, kaapeloinnit ja sähkönsyöttöpisteet, jotka takaavat tarvittavan energiansaannin rautatiejärjestelmän eri osille.

Vahvavirta on Raisio–Naantali-hankkeen hankerakenneosa, jonka kustannukset ovat 62 882 euroa, ja arvioidut päästöt ovat 2 423 kg CO<sub>2</sub>e. Päästötietojen kattavuus kustannuksista on kuitenkin vain 19 %, mikä osoittaa merkittävän puutteen päästötiedoissa (taulukko 1). Näiden puutteiden vaikutus on merkittävä, sillä vahvavirran komponentit, kuten vaihteiden lämmitys ja sähköistyksen kaapeloinnit, ovat tärkeitä osia rautatieinfrastruktuurin energiankulutuksessa ja ympäristövaikutuksissa.

KAAVIO 9. Vahvavirta, puuttuvat päästörivit



Kaavio 9 osoittaa, että suurin osa vahvavirran puuttuvista päästöriveistä sijoittuu n/a-kategoriaan, johon kuuluu 11 riviä. Poikkeuksellisesti n/a-kategoriassa on rivejä, joissa osasta löytyy litterakoodeja, mutta ei panostietoja eikä elinkaarivaihetta. Tämä voi viitata siihen, että käyttäjät ovat lisänneet litterakoodit IHKU-järjestelmään ja muokanneet kustannustiedot itse, minkä seurauksena päästötietoja ja elinkaarivaihetta ei ole voitu määrittää. Tämä voi johtua siitä, että IHKU-tietokannassa ei ole valmiita päästökertoimia tai elinkaarivaihetietoja näille komponenteille. Liitteessä 6 esitetään tarkempaa tietoa näistä riveistä, mikä havainnollistaa tilannetta, jossa litterakoodit löytyvät, mutta panokset ja elinkaarivaiheet puuttuvat järjestelmästä.

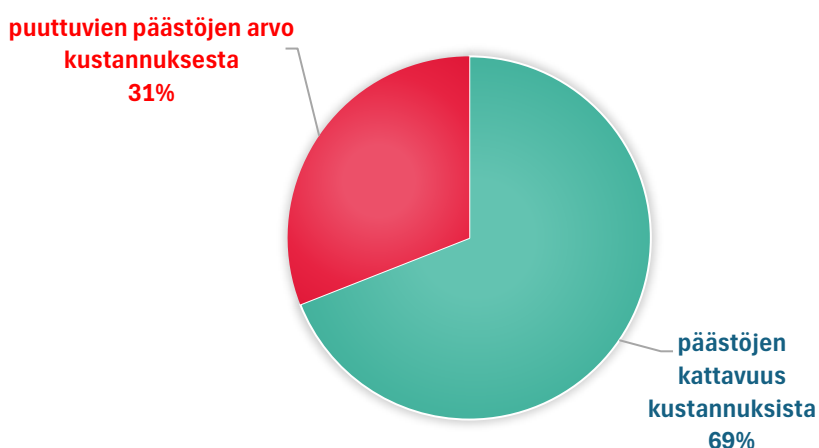
A1-A3-vaiheeseen kuuluu kolme riviä, joista puuttuvat päästötiedot. Näihin sisältyvät materiaalit, kuten "vaihteiden lämmitys," "vaihteiden lämmitysmuuntaja," ja "asennus, kaapelipääte." Kaikista muista tiedoista huolimatta päästökerrointiedot puuttuvat, mikä viittaa siihen, että IHKU-tietokannassa ei ole kattavia päästökerroimia juuri näille komponenteille.

Näiden tietojen perusteella voidaan päätellä, että vahvavirtaosuudessa on merkittäviä puutteita, jotka vaikuttavat hankkeen päästölaskennan kattavuuteen. Tämän hankerakennemuososan täydentäminen vaatisi laajempaa päästötietojen syöttöä erityisesti n/a-luokkaan kuuluville komponenteille, jotta laskelmat olisivat mahdollisimman tarkat ja kattavat

### 7.1.8 Johtosiirrot

Johtojärjestelmiin kuuluvat kaikki sähkö-, tele- ja tietoliikennekaapeleiden järjestelmät ja siirrot.

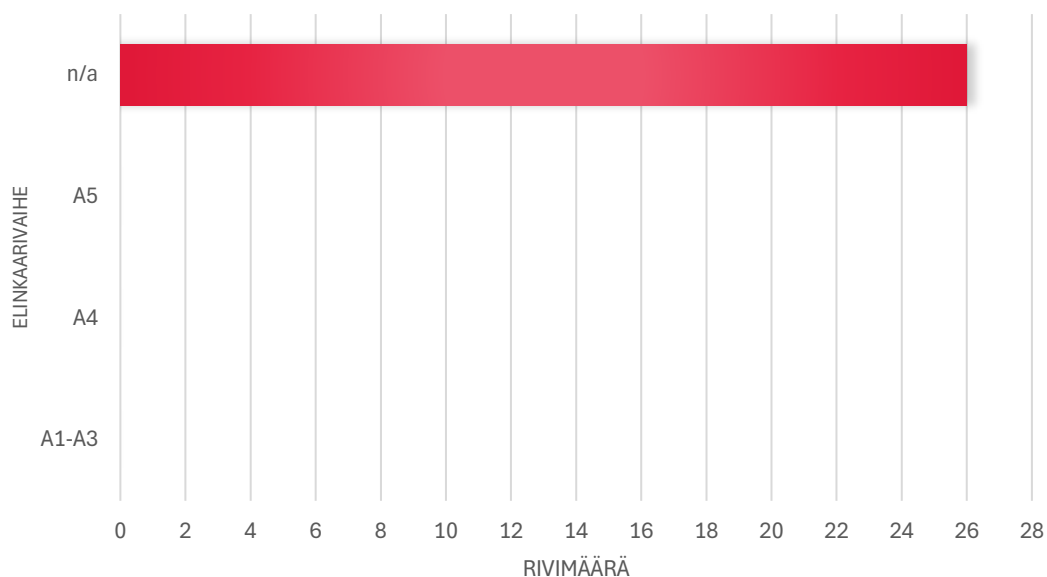
Johtojärjestelmät ovat Raisio–Naantali-hankkeen hankerakenneosa, jonka kokonaiskustannukset ovat merkittävät, yhteensä 833 035 euroa (taulukko 1). Tästä huolimatta päästötietojen kattavuus on 0 %, mikä tarkoittaa, että kaikista johtosiirtoihin liittyvistä kustannuksista puuttuvat päästötiedot 100 % eli kokonaan. Tämä johtaa suureen aukkoon projektin päästölaskennan kokonaiskattavuudessa.



KUVIO B. Päästöjen kattavuus kustannuksesta ilman johtojärjestelmiä.

Kuvion D mukaan päästöjen kattavuus ilman johtojärjestelmiä on 69 %, mikä on vain 5 prosenttiyksikköä korkeampi kuin koko projektin (kuvio 1) kattavuus, jos johtojärjestelmät sisällytetään analyysiin. Tästä syystä, vaikka johtojärjestelmiin liittyvät päästötiedot puuttuvat kokonaan, niitä ei ole jätetty tämän opinnäytetyön tarkastelun ulkopuolelle. Tämä päätös perustuu siihen, että johtojärjestelmät muodostavat merkittävän osan hankkeen kokonaiskustannuksista, ja niiden ympäristövaikutus on oleellista huomioida kokonaislaskennassa, vaikka päästötietoja ei ole saatavilla IHKU-järjestelmässä.

KAAVIO 10. Johtojärjestelmät, puuttuvat päästörivit



Kaaviosta 10 ilmenee, että kaikki puuttuvat rivit kuuluvat n/a-kategoriaan, mikä tarkoittaa, että riveiltä puuttuvat sekä elinkaarivaiheen tiedot että päästökertoimet. Tämä johtuu siitä, että IHKU-laskentatyökalu ei yleensä huomioi johtosiirtoja tarkasti, sillä ne syötetään usein könttäsamana käyttäjän toimesta ilman tarkempia erittelyä. Tämä estää yksityiskohtaisen päästölaskennan johtosiirroille.

Esimerkkinä liitteestä 7 voidaan tarkastella Turku Energian vesijohdon suojausta ja Carunan maakaapeleiden suojausta, jotka on kirjattu pelkinä kustannusarvioina ilman litterakoodeja tai elinkaarivaiheen määrittelyä. Näissä tapauksissa käyttäjä on syöttänyt kustannustiedot manuaalisesti, mutta päästötiedot puuttuvat kokonaan, koska IHKU-tietokanta ei tarjoa päästökertoimia tai panostietoja johtosiirroille. Tämä esimerkki korostaa sitä, että johtojärjestelmien kattavuutta ja päästölaskennan tarkkuutta voitaisiin parantaa IHKU tietokantapäivityksillä ja tarkemmilla luokituksilla.

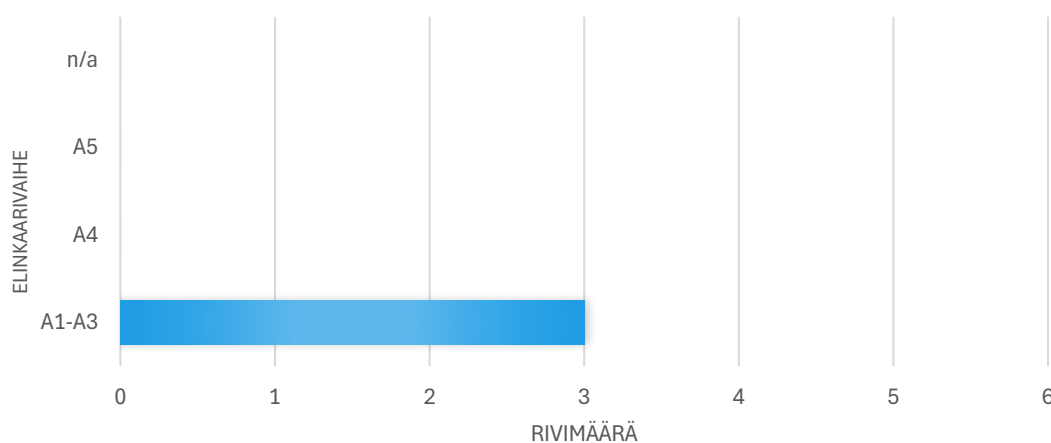
Johtojärjestelmien päästötietojen puuttuminen vaikeuttaa projektin kokonaisympäristövaikutusten arviointia. Jatkossa tietokannan päivittämistä ja IHKU-laskentatyökalun kehittämistä suositellaan niin, että johtosiirtojen päästötiedot voidaan sisällyttää kattavammin ympäristövaikutusten laskentaan.

### 7.1.9 Melusteet

Melusteet sisältävät erityisiä rakenteita ja materiaaleja, joiden tehtävänä on vaimentaa ääntä ja parantaa asumisviihtyisyyttä radan lähellä olevilla alueilla.

Melusteet ovat Raisio–Naantali-hankkeessa tärkeä osa-alue, sillä ne vähentävät junaliikenteen aiheuttamaa meluhaittaa ympäröiville alueille. Taulukon X mukaan melusteiden kustannukset ovat 192 036 euroa, ja arvioidut päästöt ovat 182 670 kg CO<sub>2</sub>e, mikä tekee melusteista ympäristön kannalta merkittävän kustannus- ja päästökomponentin. Päästötietojen kattavuus melusteiden kustannuksista on 71 %, joten 29 % kustannuksista puuttuu päästötiedot.

KAAVIO 11. Melusteet, puuttuvat päästörivit



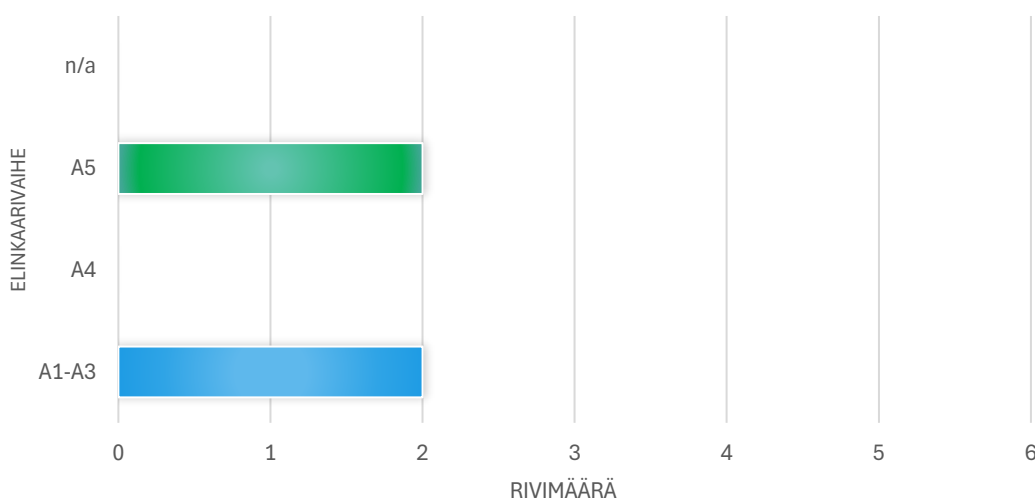
Kaavio 11 (Melusteiden puuttuvien rivien osuus puuttuvien rivien kokonaismäärästä) havainnollistaa, että kaikki puuttuvat päästötiedot liittyvät elinkaarivaiheeseen A1-A3, joka käsittää materiaalien valmistuksen. Liitteestä 7 löytyy tarkemmat tiedot, joissa eritellään puuttuvat materiaalit ja panokset, kuten betonisokkelit, teräspalkit ja puuosien maalaus. Esimerkiksi betonisokkelille ja teräspalkille ei ole määritelty valmiita päästökertoimia IHKU-tietokannassa, vaikka kustannukset ja tuotanto-osat ovat saatavilla.

### 7.1.10 Radan suoja-aidat

Radan suoja-aidat ovat suunniteltu lisäämään turvallisuutta radan ympärillä. Ne ehkäisevät pääsyn radalle ja vähentävät onnettomuusriskejä sekä eläinten että ihmisten osalta

Radan suoja-aidat ovat Raisio–Naantali-hankkeen hankerakenneosa, jonka kustannukset ovat 148 992 euroa, ja arvioidut päästöt ovat 21 161 kg CO<sub>2</sub>e. Päästötietojen kattavuus kustannuksista on kuitenkin vain 44 %, mikä osoittaa, että lähes puolet suoja-aitojen osalta puuttuu päästötiedot. Kuten taulukko 1 osoittaa, suoja-aidat muodostavat pienen osuuden kustannuksista mutta sisältävät silti huomattavia puutteita päästölaskennassa.

KAAVIO 12. Radan suoja-aidat, puuttuvat päästörivit



Kaavio 12 antaa yleiskuvan elinkaarivaiheittain siitä, kuinka puuttuvat päästötiedot jakautuvat radan suoja-aidoille. Suurin osa puuttuvista riveistä kuuluu elinkaarivaiheisiin A1-A3, jotka kattavat tuotantovaiheet, sekä A5-vaiheeseen, joka käsittää työmaatoiminnot. A1-A3-vaihe sisältää kaksi puuttuvaa riviä, jotka liittyvät teräselementtiaidan materiaalihankintoihin, kuten teräksisiin tolppiin ja muihin suoja-aidan rakenteisiin. Nämä rivit sisältävät kaikki muut tarvittavat tiedot, kuten kustannusarviot ja materiaalitiedot, mutta päästötiedot puuttuvat. Tämä viittaa siihen, että näille materiaaleille ei ole määritelty päästökertoimia IHKU-tietokannassa, mikä vaikeuttaa tarkkaa päästölaskentaa. A5-vaihe, joka kattaa työmaatoiminnot, sisältää myös kaksi puuttuvaa riviä, jotka liittyvät teräselementtiaitojen

asennukseen ja perustusten tekemiseen. Näissä riveissä on määritelty kustannusarviot ja kalusto, mutta päästötietoja ei ole saatavilla.

Radan suoja-aitojen puuttuvissa riveissä on havaittavissa, että sekä A1-A3- että A5-vaiheen riveillä on sama litterakoodi (3221.22), mikä viittaa siihen, että nämä rivit edustavat saman suoja-aidan komponentteja eri elinkaarivaiheissa. Tämä tarkoittaa, että vaikka IHKU-tietokannassa on käytettävissä sama litterakoodi kyseisille riveille, päästötietoja ei kuitenkaan ole saatavilla kummallekaan elinkaarivaiheelle. Liitteessä 7 esitetään tarkemmin, kuinka nämä rivit jakautuvat ja mitä kustannusarvioita niihin liittyy, mutta puuttuvien päästötietojen vuoksi niiden laskennallinen kattavuus jää vajavaiseksi

## 7.2 Vähähiilisyiden arviointimenetelmä (IHKU ja One Click LCA)

Vähähiilisyiden arviointimenetelmän soveltaminen infrastruktuurihankkeissa, kuten Raisio–Naantali-rataosuuden perusparannuksessa, edellyttää tarkkaa ja kattavaa laskentatyökalua. IHKU-laskentatyökalulla ei kuitenkaan tällä hetkellä voida toteuttaa vähähiilisyiden arviointimenetelmää täysimääräisesti, koska se ei sisällä B4-vaiheen laskentaa eikä kattavaa tietokantaa. One Clickillä laadittu Raisio–Naantali-ratahankkeen vähähiilisyiden arviointimenetelmä raportti löytyy tämän opinnäytetyön liitteessä 1.

### 7.2.1 Päästöjen kattavuus kustannuksista

TAULUKKO 2. IHKU:n Raisio–Naantali-rataosuuden hankerakenteen päästötiedot (tCO<sub>2</sub>e), puuttuvien päästöjen kattavuus ja kustannukset (€)

Hankerakenne	Päästöt (tCO <sub>2</sub> e)	Puuttuvien päästöjen kattavuus (%)	Kustannukset (€)
Maaleikkaukset	114	0 %	425 090
Radan alusrakenne	691	0 %	1 037 966
Radanpäällysrakenne	3 429	7 %	4 538 521
Kuivatusrakenteet	184	1 %	632 602
Geotekniikka	118	0 %	298 988

Tiejärjestelyt	5	99 %	1 135 813
Taitorakenteet	527	21 %	669 307
Sähkörata	76	67 %	1 201 155
Turvalaitejärjestelmät	5	94 %	1 030 709
Vahvavirta	2	81 %	62 882
Laite- ja johtosiirrot	0	100 %	833 035
Meluesteet	183	29 %	192 036
Kalliroleikkaukset	189	0 %	240 388
Radan suoja-aidat	22	56 %	148 992
YHTEENSÄ	5545		12 447 484

Taulukossa 2 esitetään Raisio–Naantali-rataosuuden kustannus- ja päästölaskennan tiedot IHKU-laskentatyökalun perusteella. Vähähiilisyden arviointimenetelmää sovellettaessa huomioidaan vain hankkeen sellaiset osat, jotka kuuluvat Väyläviraston ohjeistuksen mukaisesti arvioitaviin järjestelmiin. Tämä tarkoittaa, että suurin osa järjestelmistä, kuten turvallisuus- ja ohjausjärjestelmät (litterat 32000), sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät (litterat 33000), sekä lämmön-, kaasun-, ilmanvaihto- ja automaatiojärjestelmät (litterat 34000–36000), jätetään menetelmän ulkopuolelle. Näistä tarkempia tietoja löytyy Väyläviraston ohjeistuksesta, joka on liitteessä 2 tässä opinnäytetyössä.

Taulukossa 2 punaisella merkityt hankerakenteet – sähkörata, turvalaitejärjestelmät, vahvavirta sekä laite- ja johtosiirrot – kuuluvat joko lähes täysin tai kokonaan näihin järjestelmiin. Näin ollen nämä hankerakenteet on jätetty huomiotta vähähiilisyden arvioinnissa. Tämä päätös mahdollistaa sen, että arvioinnissa keskitytään niihin järjestelmiin ja hankerakenteisiin, jotka täyttävät vähähiilisyden arviointimenetelmän kriteerit.

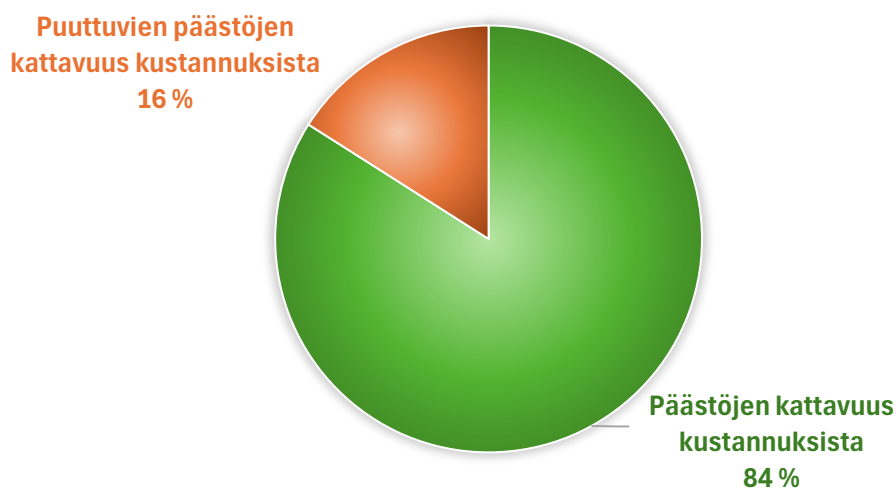
KAAVA 1. Vähähiilisyden arviointimenetelmän mukainen arvio hankkeelle

*Koko hanke* – sähkörata – turvalaitejärjestelmät – vahvavirta – laite  
– ja johtosiirrot  
= vähähiilisyden arviointimenetelmän mukainen arvio hankkeelle

Kun hankkeen kokonaiskustannuksista (12 447 484 €) vähennetään sähköradan (1 201 155 €), turvalaitejärjestelmien (1 030 709 €), vahvavirran (62 882 €) ja laite- ja johtosiirtojen (833 035 €) kustannukset, saadaan vähähiilisyden arviointimenetelmän mukainen kustannusarvio hankkeelle.

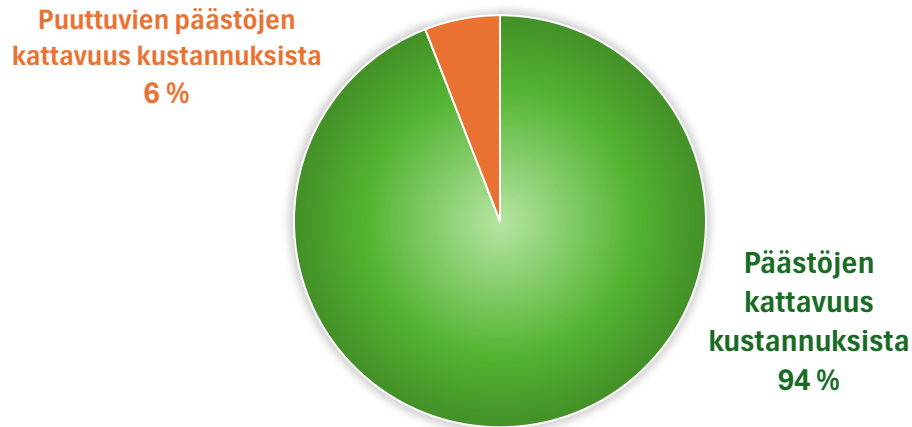
$$12\,447\,484\text{ €} - 1\,201\,155\text{ €} - 1\,030\,709\text{ €} - 62\,882\text{ €} - 833\,035\text{ €} \\ = 9\,319\,703\text{ €}$$

Vähähiilisyden arviointimenetelmän mukainen kustannusarvio hankkeelle on 9 319 703 €. Tätä arvioita käytetään tässä kappaleessa menetelmien vertailun pohjana. Molemmille laskentatyökaluille käytetään samaa kustannusarviota.



KUVIO C. Ihku-laskennan Päästöjen kattavuus kustannuksista

Kuviossa C nähdään, IHKU-laskennan päästöjen kattavuus on vähähiilisyden arviointimenetelmällä parempi kuin alkuperäisessä tarkastelussa (kuvio A.). Tässä arvioinnissa päästöjen kattavuus nousee 84 %, kun taas alkuperäisessä tarkastelussa se oli 64 %. Tämä parannus johtuu siitä, että tässä tarkastelussa otettiin huomioon vain ne hankerakennneosat, joissa pitäisi olla selkeästi määritellyt päästötiedot. Puuttuvat 16 % johtuvat kuitenkin edelleen osittain käyttäjän tekemistä syötöistä, jotka eivät sisällä tarkkoja litterakoodeja tai elinkaaritietoja. Näitä syöttöjä olisi tärkeää ohjeistaa ja yhdenmukaistaa paremmin, jotta päästö-laskennan kattavuus voisi parantua entisestään.



KUVIO D. One Click-laskennan Päästöjen kattavuus kustannuksista

Kuvioissa D nähdään, One Click LCA:n päästöjen kattavuus on merkittävästi korkeampi, 94 %, mikä on 10 % enemmän kuin IHKU-laskennan vastaava luku. Tämä ero johtuu erityisesti One Click -työkalun kyvystä arvioida puuttuvia päästöjä sellaisille hankerakenteille, kuten tiejärjestelyt, joiden päästötiedot puuttuvat lähes täysin IHKU. Esimerkiksi tiejärjestelyjen kohdalla (99 % päästötiedoista puuttuu, kuten Taulukko 2 osoittaa), Vähähiilisyden arviointi menetelmässä on tehty arvio tähän, koska siinä tiedusteltiin tien pituuteen, leveyteen ja materiaaleihin perustuvia arvioita suunnittelijoilta. Tämä tarkkuus nostaa merkittävästi laskennan kattavuutta ja antaa tarkemman kokonaiskuvan hankkeen päästöistä.

Vertailu IHKU ja One Clickillä tehdyn vähäisyyden arviointimenetelmän välillä osoittaa, että IHKU-laskennan päästöjen kattavuus kustannuksesta on edelleen heikko, vaikka se paranee vähähiilisyden arvioinnissa. Suurimpia ongelmakohtia ovat käyttäjän tekemät syötöt ilman litterakoodeja ja elinkaaritietoja sekä järjestelmät, joille ei ole päästökertoimia. Toisaalta One Click LCA kattavuus on huomattavasti korkeampi, mikä osoittaa sen soveltuvuuden myös sellaisten hankerakenteiden arviointiin, jotka eivät kuulu IHKU-laskennan vahvuuksiin.

### 7.2.2 Päästöerot laskentatyökalujen välillä

Päästöarvojen laskenta toteutettiin samalla periaatteella kuin kustannusarviolle kappaleessa 8.2.1 käyttämällä kaava 1. Kokonaishankkeen päästöistä (5545

tCO<sub>2</sub>e) vähennettiin taulukossa 2 punaisella merkityt hankerakenteet, eli sähkörata (76 tCO<sub>2</sub>e), turvalaitejärjestelmät (5 tCO<sub>2</sub>e), vahvavirta (2 tCO<sub>2</sub>e) sekä laite- ja johtosiirrot (0 tCO<sub>2</sub>e).

$$5545 \text{ tCO}_2\text{e} - 75 \text{ tCO}_2\text{e} - 5 \text{ tCO}_2\text{e} - 2 \text{ tCO}_2\text{e} - 0 \text{ tCO}_2\text{e} = \mathbf{5462 \text{ tCO}_2\text{e}}$$

Näin saatiin IHKU-laskennan vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaiseksi päästöarvoksi 5462 tCO<sub>2</sub>e.

Vertailussa One Click LCA:lla tehty vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukainen päästöarvo oli 4601 tCO<sub>2</sub>e, joka on merkittävästi pienempi kuin IHKU:n laskema arvo. Tämä ero johtuu useista tekijöistä, jotka korostavat molempien laskentatyökalujen vahvuuksia ja heikkouksia.

IHKU on tässä tapauksessa toiminut kattavammin, sillä sen laskelmissa on otettu huomioon esimerkiksi työkoneiden käyttöaika (työtunnit), joita ei ollut mukana One Clickin laskelmissa tässä hankkeen vaiheessa. One Clickillä työkoneiden päästöt voidaan laskea tarkemmin myöhemmässä suunnitteluvaiheessa, kun tiedot työkoneiden käytöstä ja tarkemmista työmääristä tarkentuvat. One Clickin laskelmissa on kuitenkin huomioitu myös B-vaihe, eli rakennuksen tai infrastruktuurin 50 vuoden elinkaaren aikana tehtävät huollot ja korjaukset. Tällä rataosuudella B-vaiheen päästöarvo oli kuitenkin alle 10 tCO<sub>2</sub>e, koska rautateille on tyyppillisesti pitkät käyttöiät, ja vain muutamia rakenteita, joita, joudutaan uusimaan tänä aikana. Tämä lisäys B-vaiheesta ei merkittävästi muuta One Clickin kokonaispäästöarvoa, mutta se osoittaa työkalun kyvyn arvioida elinkaaren myöhempiä vaiheita, mikä IHKU:lla tällä hetkellä puuttuu.

One Clickissä on ollut joitakin puutteita materiaalien päästöarvojen osalta, mikä on johtanut joidenkin materiaalien alhaisempiin päästöarvoihin. One Clickissä on laskettu kokonaisia tuotanto-osia yhdellä päästökertoimella, kun taas IHKU:ssa ne on jaettu panoksittain, esimerkiksi erittelemällä materiaalit, työkoneet ja työvaiheet erikseen. Tämä panospohjainen tarkkuus antaa IHKU etulyöntiaseman päästöjen tarkemmassa arvioinnissa, mutta samalla lisää myös tietojen puutteiden riskiä.

Näiden erojen vuoksi laskelmissa on lähes 1000 tCO<sub>2</sub>e ero. Molemmilla työkaluilla on selkeät vahvuutensa, mutta niiden erot vaikuttavat huomattavasti arvioinnin lopputuloksiin.

### **7.2.3 Vähähiilisyden arviointimenetelmä ja sähköistys**

Sähköistys on keskeisessä roolissa vähähiilisen infrastruktuurin kehittämisessä, ja sillä on suuri merkitys erityisesti liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Raisio–Naantali-rataosuuden perusparannuksessa sähköistys on yksi hankkeen merkittävimmistä elementeistä, sillä se mahdollistaisi ympäristöystävällisempää raideliikennettä pitkällä aikavälillä. Tällä hetkellä sähköistyksen osat eivät kuitenkaan kuulu vähähiilisyden arviointimenetelmän piiriin, koska ne sijoittuvat Väyläviraston ohjeistuksen mukaisesti 33000-litteran alle. Tämä tarkoittaa, että vähähiilisyden arvioinnissa sähköistykseen liittyvät päästöt ja kustannukset on jätetty huomiotta.

Sähköistyksen tarkempi analyysi edellyttäisi sekä IHKU-työkalun tietokannan laajentamista että vähähiilisyden arviointimenetelmän päivittämistä siten, että myös sähköistykseen liittyvät rakenteet ja järjestelmät otettaisiin huomioon. Tämä muutos mahdollistaisi entistä tarkempia ja luotettavampia vähähiilisyyslaskelmia tulevaisuudessa.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että IHKU-laskentatyökalu tarjoaa merkittävän mahdollisuuden kehittää infrarakentamisen kustannus- ja päästölaskentaa yhtenäisellä ja käytännönläheisellä tavalla. Työkalun vahvuudet korostuvat erityisesti sen kyvyssä yhdistää kustannustiedot päästötietoihin jo suunnitteluvaiheessa, mikä mahdollistaa laajemman tarkastelun kuin moni muu vastaava työkalu.

Vaikka IHKU mahdollistaa käyttäjien omien päästökertoimien lisäämisen, tämän toiminnon hyödyntäminen ei aina ole riittävää kattavan päästöarvion luomiseksi. Suunnittelijoiden keskittyessä pääasiassa kustannusarvioiden laadintaan, heillä ei välttämättä ole riittävästi aikaa, resursseja tai erityisosaamista päästötietojen tarkkaan arviointiin. Lisäksi materiaalien ja muiden tietojen syöttäminen järjestelmään kokonaissummana voi heikentää päästölaskennan tarkkuutta. Käyttäjät voivat myös kokea, että tarkkojen tietojen syöttäminen ei ole ensisijaisen tärkeää, koska järjestelmä hyväksyy puutteellisia tietoja eikä nykyinen toimintamalli velvoita tarkkojen syöttötietojen kirjaamista. Tämä voi johtaa haasteisiin päästölaskennassa, kun hankerakenteen sisältöä ei voida jäljittää esimerkiksi syöttöajankohdan tai käyttäjätiedon puuttuessa.

One Click LCA ei pärjäisi ilman IHKU:a, sillä se hyödyntää IHKU:n tarjoamia panostietoja. Toisin kuin One Click, IHKU ottaa huomioon muutakin kuin vain tuotannon osat. Esimerkiksi koneiden käyttö ja työmaavaiheet sisältyvät IHKU:ssa laskentaan jo suunnitelmavaiheessa, mikä tekee siitä kokonaisvaltaisemman työkalun, vaikka sen päästölaskennan kattavuudessa onkin vielä parantamisen varaa. Sähköistyksen osalta sekä IHKU että One Click LCA jakavat samat tietolähteet, kuten InfraCO2- ja CO2data-palvelut, eikä kumpikaan tällä hetkellä pysty kattavasti arvioimaan sähköistyksen päästöjä. IHKU tarjoaa kuitenkin vankan pohjan jatkekehitykselle. Sähköistyksen päästöjen arvioinnin tarkkuutta voisi parantaa täydentämällä tietokantaa

IHKU:n keskeinen etu on sen saavutettavuus ja käytettävyys: se on jo laajasti käytössä suunnittelijoiden keskuudessa, ja sen käyttö mahdollistaa yhtenäisen laskentamenetelmän infraprojekteissa.

## 9 KEHITYSTARPEET

IHKU-laskentatyökalun ja vähähiilisuuden arviointimenetelmän kehittäminen on välttämätöntä, jotta ne voisivat paremmin palvella tulevien infrastruktuurihankkeiden kustannus- ja päästölaskennan tarpeita. Tämän opinnäytetyön pohjalta esitetyt kehitysehdot keskittyvät erityisesti työkalun tarkkuuden ja kattavuuden parantamiseen sekä käytännön sovellusten laajentamiseen.

Käyttäjien syöttötietojen hallintaan ja tarkkuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. IHKU:ssa tietokortteihin tulisi sisällyttää merkintä käyttäjän nimestä ja syöttöpäivämäärästä, jotta voidaan seurata, kuka tiedot on lisännyt ja milloin. Käyttäjiä tulee myös kouluttaa paremmin välttämään epämääräisiä tietosyöttöjä ja ymmärtämään tarkkuuden merkitys päästölaskennan tuloksissa. Selkeät ohjeistukset käyttäjille ovat avainasemassa tämän tavoitteen saavuttamisessa. IHKU-työkalun käytössä tulisi panostaa suunnittelijoiden ja päästölaskijoiden tiiviimpään yhteistyöhön. Päästölaskenta riippuu suuresti suunnittelijoiden syöttämisestä tiedoista. Yhteistyön vahvistamiseksi voitaisiin järjestää yhteisiä työpajoja ja tarkasteluja, joissa varmistetaan, että kaikki tiedot tukevat sekä kustannus- että päästölaskennan tavoitteita.

Toinen tärkeä kehityskohde on IHKU-työkalun tietokantayhteensopivuuden laajentaminen. Työkalu perustuu tällä hetkellä yksinomaan CO<sub>2</sub>-data tietokantaan, mikä rajoittaa sen päästölaskennan kattavuutta. Jotta työkalu voisi palvella laajemmin erilaisia hankkeita, sen tulisi mahdollistaa muiden päästötietokantojen käyttö tai tarjota oletusarvoja puuttuville tiedoille. Näitä oletusarvoja voisi merkitä erityisillä tunnisteilla, jotta ne olisivat erottuvia ja jäljitettävissä. Tämä parantaisi laskennan kattavuutta ja antaisi suuntaa antavia arvioita myös tapauksissa, joissa tarkkaa tietoa ei ole saatavilla.

Tämä opinnäytetyö osoitti, että sähköistys jäi tämänhetkisessä menetelmässä arvioinnin ulkopuolelle, koska se kuului järjestelmiin, jotka eivät ole menetelmän piirissä. Jatkossa sähköistys tulisi ottaa huomioon järjestelmällisesti vähähiilisuuden arvioinnissa, sillä se on olennainen osa kestävästä infrarakentamisen kehittämisestä.

## LÄHTEET

Alastalo, M & Vuori, J. Nd. Dokumentit. Tietoarkisto. Verkkosivu. Viitattu 28.11.2024.

<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/dokumentit/>

CO2data. 2023. Infrarakentamisen päästötietokanta – Tietosisällön laadinnan menetelmäkuvaus. CO2data julkaisuja 12/2023.

[https://co2data.fi/infra/CO2data\\_infra\\_menetelmakuvaus\\_12\\_2023.pdf](https://co2data.fi/infra/CO2data_infra_menetelmakuvaus_12_2023.pdf)

Essen, H., Fiorello, D., El Beyrouly, K., Bieler, C., Wijngaarden, L., Schroten, A., Parolin, R., Brambilla, M., Sutter, D., Maffii, S., & Fermi, F. 2019. European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport. Handbook on the external costs of transport. Euroopan Komission julkaisua. Viitattu 18.10.2024.

<https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>

FIGBC Kestävä infra –toimikunta. 2021. Kooste infrarakentamisen päästölaskennasta ja referenssikohteista. Viitattu. 6.9.2024

[https://figbc.fi/media/infran-hiilijalanjaljen-arviointimenetelmat-ja-tyokaluut\\_figbc\\_2021.pdf](https://figbc.fi/media/infran-hiilijalanjaljen-arviointimenetelmat-ja-tyokaluut_figbc_2021.pdf)

GHG. Nd. Standards. GHG Protocol supplies the world's most widely used greenhouse gas accounting standards. Verkkosivu. Viitattu 29.11.2024

<https://ghgprotocol.org/standards>

Green Building Council Finland. 2023. Tulevaisuuden kestävä infrastruktuuri. Blogi. Viitattu 25.10.2024.

<https://figbc.fi/tulevaisuuden-kestava-infrastruktuuri>

Häkkinen, T., Pesu, J., Siiskonen, S., & Vares., S. 2022. Infrarakentamisen kansallinen päästötietokantahanke. Väyläviraston julkaisu 11/2022.

[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185664/vj\\_2022-11\\_978-952-317-947-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185664/vj_2022-11_978-952-317-947-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Häkkinen, T., Vares, S., & Pesu, J. 2022. Infrarakentamisen päästölaskennalle on selkeä tarve, mutta vertailukelpoinen laskenta vaatii vielä kehittämistä. Verkkosivu. Viitattu 19.9.2024

<https://ihkuallianssi.fi/infrarakentamisen-paastolaskennalle-on-selkea-tarve-mutta-vertailukelpoinen-laskenta-vaatii-viela-kehittamista/>

Ihku-allianssi. 2024. Usein kysytyt kysymykset: Ihkun päästölaskenta. Verkkosivu. Viitattu 20.9.2024

<https://ihkuallianssi.fi/usein-kysytyt-kysymykset-ihkun-paastolaskenta/>

Ihku-allianssi. Nd. Ihku-laskentapalvelu. Verkkosivu. Viitattu 2.9.2024.

<https://ihkuallianssi.fi/ihku-laskentapalvelu>

Ihku-tukiportaali. nd. Päästölaskenta. Verkkosivu. Viitattu 20.9.2024

<https://tuki.arkance-systems.fi/hc/fi/sections/15078614257170>

Infra nimikkeistö. 2015. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö. Määrittämisohje. Rakennustieto Oy.  
[https://tiedostot.rakennustieto.fi/liitteet/infraryl/Infra\\_2015\\_Maaramittausohje.pdf](https://tiedostot.rakennustieto.fi/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf)

ISO 14064-1:2018. 2018. Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Julkaisuja 2.  
<https://www.iso.org/standard/66453.html>

Junnonen, J., Aalto., O., & Ahlroos, P. 2022. RIL 273-2022 Infrarakennuttaminen. E-kirja. Hansaprint Oy, RIL ry. Viitattu 12.9.2024. Vaatii käyttöoikeuden.  
<https://www.elliibrary.com/book/9789517586863>

Kestävä Infra. 2022. Green Building Council Finland. Viitattu 29.9.2024.  
<https://figbc.fi/media/figbc-kestava-infra-maaritelma-2021-1.pdf>

Kossila, E. 2023. Naantali–Raisio-junarata putoamassa pois Väyläviraston investiohjelmasta – taustalla Venäjän hyökkäys Ukrainaan. Yle Uutiset. Viitattu 24.10.2024  
<https://yle.fi/a/74-20018742>

Pasanen, P. 2024. Tiedot ja data jokaista käyttötarkoitusta varten - rakentamisen LCA. Verkkosivu. Viitattu 4.10.2024  
<https://oneclicklca.com/fi/resources/articles/data-for-every-use-case-in-the-built-environment>

Päästölaskenta, 2024. Väylävirasto. Ohje. Viitattu 26.10.2024  
<https://vayla.fi/suunnittelu-rakentaminen/hankkeiden-suunnittelu/paastolaskenta>

Ratasuunnitelma, 2024. Raisio-Naantali-radon ratasuunnitelma. Viitattu 1.11.2024. Luottamuksellinen

Rataverkko. nd. Väylävirasto. Verkkosivu. Viitattu 15.8.2024  
<https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>

Torkkeli, M., Ronni, J., Joutsensaari, J., Toivola, J., & Saarniaho, K. 2023. Infrarakentamisen vähähiilisuuden arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023  
[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-43\\_vahahiilisuuden\\_arviointimenetelma\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-43_vahahiilisuuden_arviointimenetelma_web.pdf)

Virroitin – Elokuva rautateiden sähköistämisen vaiheista. 1969. Tuotantoryhmä: Paulin, A., Lumes, E., Ahvenlahti, I., Lall, K., Hakala, K., Paju, M., Ojala, P., Lindqvist, T., Kumpulainen., U & Väinö Vento., V. Tuotanto: Fennada-Filmi Oy. Yle-areena. Viitattu 4.9.2024.  
<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2007/09/29/hoyryvetureista-sahkojuniin>

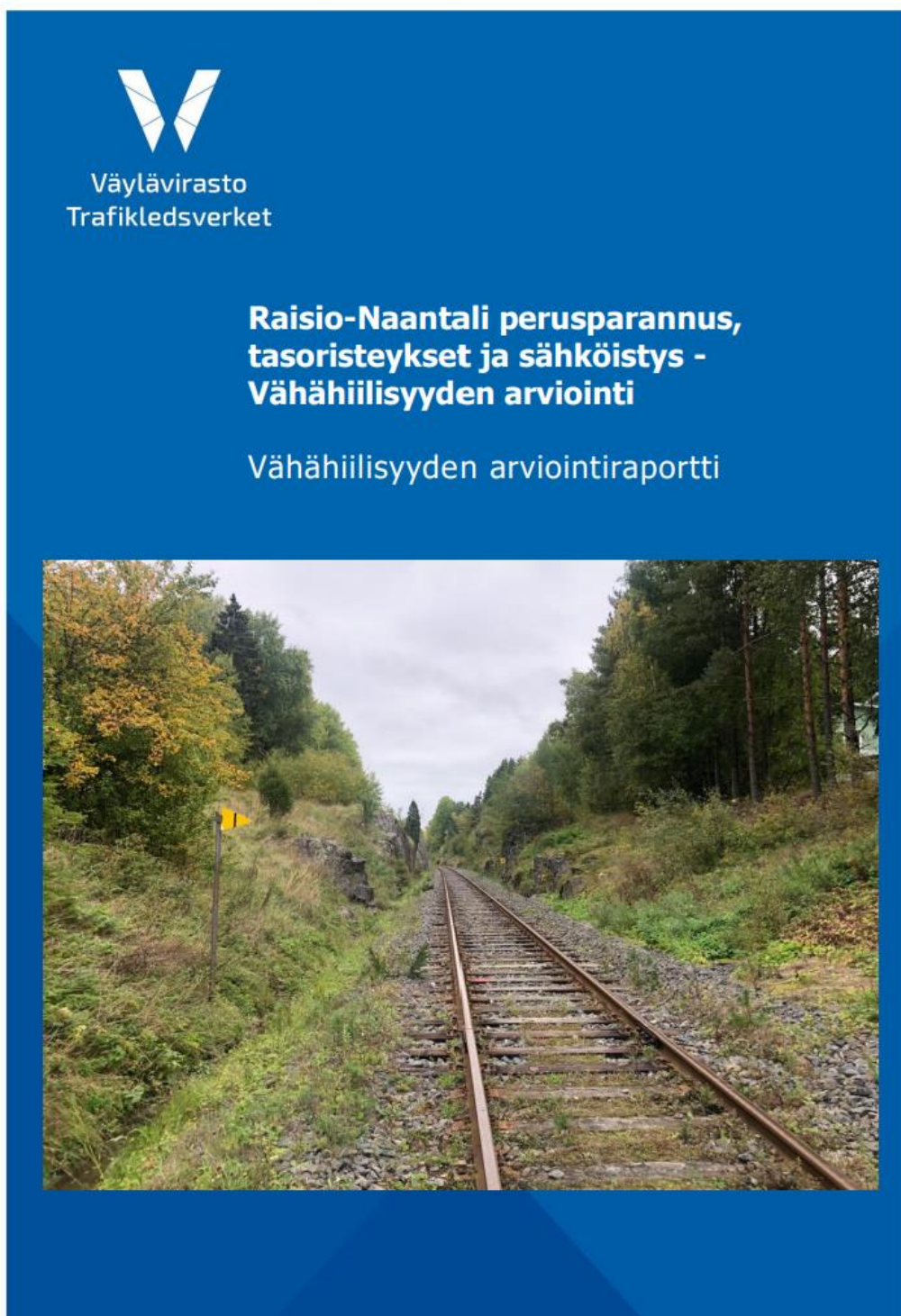
Väylävirasto, 2021. Radan sähköistyshankkeet vähentävät päästöjä ja kustannuksia. Verkkosivu. Viitattu 24.11.2024  
<https://vayla.fi/-/radan-sahkoistyshankkeet-vahentavat-paastoja-ja-kustannuksia>

Yleisesitys. Nd. Väylävirasto. Turku-Uusikaupunki ja Raisio-Naantali perusparrannus, Naantalin liikennepaikka sekä Raision uusi seisake. Viitattu 21.10.2024.  
<https://vayla.fi/documents/25230764/121724758/Hankkeen+yleisesitys.pdf/452f5c5d-d121-e272-7412-bf56643a3406/Hankkeen+yleisesitys.pdf?t=1699363401602>

**LIITTEET**

Liite 1. Raisio-Naantali perusparannus, tasoristeykset ja sähköistys - Vähähiilisyiden arviointi

1(18)



Rose Sarwar, Sanna Hodju, Rosa Manninen

**Raisio-Naantali perusparannus,  
tasoristeykset ja sähköistys -  
Vähähiilisyiden arviointi**

Vähähiilisyiden arviointiraportti

*Kannen kuva: Mikko Tuomikoski*

Väylävirasto  
Helsinki 2024

2024

---

**Rose Sarwar, Sanna Hodju, Rosa Manninen: Raisio-Naantali perusparannus, tasoristeykset ja sähköistys - Vähähiilisyden arviointi - Vähähiilisyden arviointiraportti.**

**Avainsanat:** Vähähiilisyden arviointi, Raisio, Naantali, perusparannus, ratahanke

## Tiivistelmä

Tässä vähähiilisyden arviointiraportissa on arvioitu Raisio-Naantali-radan peruskorjauksesta aiheutuvat päästöt. Laskenta on tehty opinnäytetyön liitteeksi.

Tarkastelut perustuvat IHKU-laskentaohjelmassa oleviin kustannusarvioihin. Laskenta on tehty One Click LCA-ohjelmalla Infran vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaan.

Laskenta sisältää Infran vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaiset elinkaaren vaiheet A1-A3 tuotteiden valmistus, A4 kuljetukset, A5 työmaatoiminnot sekä rakennustuotteiden suunnitellut vaihdot (B4). Laskentaan ei ole sisällytetty seuraavien elinkaaren vaiheiden päästöjä: C1-C4 (C1 Purkutyöt, C2 Kuljetukset käsitteilyyn, C3 Jätteenkäsittely ja C4 Loppusijoitukset) sekä elinkaaren vaihe D (elinkaaren ulkopuolella).

Laskennassa on tarkasteltu ratahankkeen päästöjä ja se on tehty 30 ja 50 vuoden ajalle. Laskennan tuloksissa havaittiin, että suurin osa päästöistä syntyy tuotteiden valmistus vaiheessa (A1-A3). Päällis- ja pintarakenteista aiheutuu suurin osa hankkeen päästöistä.

Oleellisimmat epävarmuustekijät päästölaskennassa ovat suunnitelmatarkkuudesta johtuvat epävarmuudet. Arviointi pohjautuu ratasuunnitelmassa laadittuihin alustaviin suunnitelmiin ja näistä laadittuihin kustannusarvioihin. Laskennoissa on tehty tiettyjä oletuksia eikä kaikkia osa-alueita ole suunniteltu ratasuunnitelman laadinnan yhteydessä tarkemmin, joten laskennat sisältävät paljon oletuksia ja epävarmuustekijöitä.

2024

---

## Sisältö

1.	LÄHTÖTIEDOT .....	3
1.1	Hankkeen perustiedot.....	3
1.2	Kohteen kuvaus .....	3
1.3	Aiemmat laskennat.....	4
1.4	Laskennan lähtötiedot ja menetelmät.....	4
2.	RAJAUKSET .....	7
2.1	Elinkaaren vaiheet.....	7
2.2	Rakenneosat.....	7
2.3	Laskennan kattavuus.....	8
2.4	Väliaikaisten ratkaisujen käyttö.....	8
3.	LAADUN VARMISTUS.....	9
3.1	Tunnusluvut ja niiden vertailu .....	9
3.2	Herkkyystarkastelu .....	9
3.3	Arvioinnin luotettavuus .....	9
3.4	Käytettyjen tietojen laatu .....	10
4.	TULOKSET .....	11
4.1	Tärkeimmät päästölähteet.....	11
5.	JATKOTOIMENPITEET .....	14
	LÄHDELUETTELO .....	15

## LIITTEET

Liite 1 Tulokset

2024

## 1. Lähtötiedot

### 1.1 Hankkeen perustiedot

Tämä vähähiilisuuden arviointiraportti käsittelee Raisio–Naantali perusparannus, tasoristeykset ja sähköistys- hanketta. Kyseessä on ratahanke. Hanke on hallinnollinen suunnitelma ja hanke on ratasuunnitelmavaiheessa. Hanke löytyy Väyläviraston nettisivuilta osoitteesta: <https://vayla.fi/turku-uusikaupunki-raisio-naantali>.

### 1.2 Kohteen kuvaus

Raisio–Naantali perusparannus, tasoristeykset ja sähköistys- hanke sijoittuu rata-kilometrivalille 207+408 – 213+080 rataosalla Raisio–Naantali (333).

Raisio–Naantali-rataosa on rakennettu vuonna 1923. Rataosa alkaa Raision liikennepaikalta ja jatkuu Naantalin liikennepaikalta Naantalin satamaan. Rataosuus Naantalin liikennepaikalta Naantalin satamaan on yksityisraidetta ja ei sisälly tähän ratasuunnitelmaan. Rataosa on kokonaisuudessaan yksiraiteinen, sähköistämätön tavaraliikenteen rata.

Rataosalla ei ole tällä hetkellä säännöllistä junaliikennettä. Junaliikenne Raisio–Naantali rataosuudella on ollut vain tavaraliikennettä. Vuonna 2019 rataosalla liikennöitiin tavaraliikennettä yhteensä neljä kertaa. Rataosalla ei ole tällä hetkellä nykyaikaväylien mukaisia matkustajalaitureita. Naantalin radan avaamista henkilöjunaliikenteelle on selvitetty 2000-luvulla useaan otteeseen.

Raisio–Naantali perusparannus-, tasoristeyks- ja sähköistyshanke tähtää useisiin merkittäviin parannuksiin rataosuudella. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on parantaa rataverkon ja tienkäyttäjien turvallisuutta sekä mahdollistaa junien nopeuden nostamista.

Tarkemmasta rakentamisajasta ei ole tehty suunnitelmaa. Väylävirasto on poistanut hankkeen investointiohjelmastaan vuosille 2024–2031.

Suunnitteluperusteiden mukaisesti hankkeen ratasuunnitelmassa on selvitetty radan vakavuus ja painumat. Radan kuivatusojat esitetään perattavaksi rata-alueelta, ja jos on esiintynyt runsasta veden seisomista rata-alueella, on selvitetty mahdollisuuksia perata ojia Väyläviraston alueen ulkopuolella. Radan kuivatuksessa on huomioitu radan sijainti tulvavaara-alueella.

Naantalin ja Raision rajalta aina Viluluotoon saakka maaperä vaihtelee saven ja kalliomaan välillä. Viluluodon alueella maaperä on liejusavea ja savea. Naantalin ratapihan alue on täytemaata.

Hankkeen ratasuunnitteluvaiheessa ei ole tarkasteltu vaihtoehtoisia materiaaleja tai suunnitteluvaihtoehtoja tarkemmin. Suunnitelma on ratasuunnitelmatasoinen, ja tarkemmat tarkastelut materiaaleista ja suunnitelmaratkaisuista laaditaan jatko-suunnittelussa. Hankkeelle ei ole laadittu erillistä kiertotaloussuunnitelmaa.

2024

---

### 1.3 Aiemmat laskennat

Selvityksestä ei ole laadittu aikaisempia vähähiilisyiden arviointeja tai muita päästölaskentoja.

### 1.4 Laskennan lähtötiedot ja menetelmät

Hankkeen kustannus- ja päästöarviot on laskettu ratasuunnitelma-vaiheen tarkkuudella. Kustannusarviot on saatu käyttäen IHKU-laskentapalvelua ja sen rakennuskirjastoa. Ihkusta saatuja tietoja on käytetty lähtötietoina päästölaskennassa. Päästölaskenta on tehty One Click LCA -ohjelman infra-laskennan työkalulla ja se on tehty Väylän vähähiilisyiden arviointimenetelmän mukaan. Laskentaa tehdessä One Click LCA:sta on valittu ensisijaisesti tietokortit, jotka perustuvat SYKE:n ylläpitämään kansalliseen infrapäästötietokantaan (<https://co2data.fi/infra/>). Mikäli tietoja ei ole ollut saatavilla kansallisesta infrapäästötietokannasta, laskennassa on käytetty SYKE:n ylläpitämään kansalliseen rakennuspäästötietokantaan pohjautuvia tietokortteja (<https://co2data.fi/rakentaminen/>).

Ratasuunnitelman kustannusarvio sisältää ratasuunnitelmassa esitettyjen toimenpiteiden kustannukset. Rakentamisen kustannusarvio on laskettu käyttäen Ihku-laskentapalvelua ja sen rakennusosakirjastoa. Ratasuunnitelman kustannusarvoksi on arvioitu yhteensä noin 17,3 M€ (alv 0 %). Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1.1) on esitetty tiivistelmä ratasuunnitelman kustannusarviosta.

Ihkun mukaan päästölaskennan kattavuus kustannusarviosta on keskimäärin 84 %, kun huomioidaan laskentaa täydentävät, asiantuntija-arviona laaditut kustannuserät, joille ei ole laskettu päästöjä. IHKU-laskentapalvelun päästötiedot perustuvat SYKE:n ylläpitämään infrapäästötietokantaan (<https://co2data.fi/infra/>). Laskenta on laadittu syksyllä 2024.

2024

Taulukko 1.1 Ratasuunnitelman kustannusarvio (Ratasuunnitelma)

<b>Osakokonaisuus</b>	<b>Kustannukset € (alv. 0 %)</b>
Maaleikkaukset	425 090
Radan alusrakenne	1 037 966
Radan päällysrakenne	4 538 521
Kuivatusrakenteet	632 602
Geotekniikka	298 988
Tiejärjestelyt	1 135 813
Taitorakenteet	669 307
Sähkörata	1 201 155
Turvalaitejärjestelmät	1 030 709
Vahvavirta	62 882
Meluesteet	192 036
Kallioleikkaukset	240 388
Radan suoja-aidat	148 992
Johtosiirrot ja suojaukset (Väylävirasto)	428 752
Johtosiirrot ja suojaukset (Johtojen omistajat)	404 283
<b>Rakennusosat yhteensä</b>	<b>12 447 483</b>
<b>Hanketehtävät</b>	
Työmaatehtävät	2 489 497
Tilajatehtävät	2 776 546
<b>Yhteensä (alv 0 %)</b>	<b>17 713 526</b>

Määrätiedot perustuvat ratassuunnitelmavaiheessa tehtyihin arvioihin. Päästölaskenta perustuu kustannusarvion laskentaan, eikä kaikille laskennan osille ole arvioitu päästöjä.

Yllä olevaan taulukkoon (Taulukko 1.1) on merkitty punaisella kohdat, jotka rajautuvat vähähiilisuuden arviointimenetelmän ulkopuolelle. Suurin osa järjestelmistä, kuten turvallisuus- ja ohjausjärjestelmät (litterat 32000), sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät (litterat 33000), sekä lämmön-, kaasun-, ilmanvaihto- ja automaatiojärjestelmät (litterat 34000–36000), rajautuvat laskennan ulkopuolelle.

Hankerakenteet – sähkörata, turvalaitejärjestelmät, vahvavirta sekä laite- ja johtosiirrot – jotka kuuluvat joko lähes täysin tai kokonaan edellä mainittuihin järjestelmiin. Näin ollen nämä hankerakenteet on jätetty huomiotta vähähiilisuuden arvioinnissa. Hankkeen rakennusosien kustannukset ovat yhteensä 12 447 483 €, mutta kun edellä mainitut rajataan laskennan ulkopuolelle, kustannukset ovat yhteensä 9 319 703 €.

2024

One Click LCA:ssa tehdyssä päästölaskennassa, purkamiseen liittyvien päästöjen osalta laskennassa on huomioitu nykyisen radan purusta aiheutuneet päästöt, joihin kuuluvat muun muassa radan päällysrakenteen purkamisesta aiheutuvat päästöt (puupölkkyraiteen purkaminen). Arviot päästölaskennassa on tehty IHKU:ssa olevien tietojen perusteella.

Laskenta on tehty ratasuunnitelmavaiheessa, ja arviointi pohjautuu ratasuunnitelmassa laadittuihin alustaviin suunnitelmiin ja näistä laadittuihin kustannusarvioihin. Laskennoissa on tehty tiettyjä oletuksia eikä kaikkia osa-alueita ole suunniteltu ratasuunnitelman laadinnan yhteydessä tarkemmin, joten laskennat sisältävät paljon oletuksia ja epävarmuustekijöitä.

Laskennassa on käytetty kuljetusmatkojen osalta sekä hankekohtaisia tietoja että Väyläviraston vähähiilisyden arviointimenetelmään perustuvia oletuskuljetusetäisyyksiä. IHKU:ssa on hankekohtaisia kuljetusmatkoja osittain tiedossa ja ne on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 1.2).

Taulukko 1.2 Hankekohtaiset kuljetusetäisyydet

Maamassojen kuljetusmatkat	Oletusarvo
Välivarasto	10 km
Läjitys	10 km
Loppusijoitus	10 km
Sisäiset	10 km
Tuotavat	10 km

Kuljetusetäisyyksiin, joihin ei ole saatavilla hankekohtaista kuljetusetäisyyttä, on käytetty Infran vähähiilisyden arviointimenetelmässä mainittuja oletuskuljetusetäisyyksiä. Oletetut kuljetusetäisyydet, jotka perustuvat Infran vähähiilisyden arviointimenetelmään on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 1.3).

Taulukko 1.3 Kuljetusetäisyyksien oletukset

Muiden tuotteiden kuljetusmatkat	Oletusarvo
Betoni, tiilet, elementit yms. rakennusmateriaalit	101 km
Raakateräs, rautaharkot, metallilevyt, -tangot ja -putket yms. puolivalmisteet	180 km
Ratakiskot	1600 km
Raidesepeli	300 km
Muut	84 km

2024

## 2. Rajaukset

### 2.1 Elinkaaren vaiheet

Laskennassa on huomioitu Infrarakentamisen vähähiilisyysarviointi (Väyläviraston julkaisu 43/2023) -ohjeen mukaiset elinkaaren vaiheet, joihin kuuluvat:

- Tuotevaihe: A1 Raaka-aineiden hankinta, A2 Kuljetus ja A3 Valmistus
- Rakentamisvaihe: A4 Kuljetus ja A5 Rakentaminen ja asentaminen
- Käyttövaihe: B4 Uusiminen

Laskennassa ei ole otettu huomioon elinkaaren vaiheen B2 (huolto) päästöjä. Laskennassa on huomioitu vain fossiiliset kasvihuonekaasupäästöt (GWP fossil, kg CO<sub>2e</sub>) arviointimenetelmän mukaisesti.

Arviointi on tehty Infran vähähiilisyysarviointimenetelmän mukaisesti 30 ja 50 vuoden laskentajaksoille. Hankkeen tarkasteluaikana ei ole tunnistettu laajamittaisia korjauksia, jotka tulisi huomioida arvioinnissa. Arvioinnissa on otettu huomioon materiaalien korjaukset 30 ja 50 vuoden laskentajaksojen aikana. Laskennassa on oletettu, että 30 vuoden laskentajakson aikana uusitaan kermieristys ja 50 vuoden laskentajakson aikana uusitaan muun muassa suodatinkangas, kermieristys ja sähkökeskus.

Taulukko 2.1 Materiaalien oletetut käyttöiät

Materiaali	Oletettu käyttöikä
Suodatinkangas	30 vuotta
Kermieristys	20 vuotta
Sähkökeskus	45 vuotta

Materiaalien oletetut käyttöiät perustuvat One Click LCA:n tietokortteihin, jotka pohjautuvat Infran päästötietokannan tietoihin.

### 2.2 Rakenneosat

Vähähiilisyysarvioinnissa on huomioitu maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällystys- ja pintarakenteet, järjestelmät sekä muut rakennustekniset rakennusosat Infrarakentamisen vähähiilisyysarviointi (Väyläviraston julkaisu 43/2023) -ohjeen mukaisesti.

Arviointiin on sisällytetty kaikki kustannusarviossa huomioitujen rakenneosien lisäksi 32000 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät, 33000 Sähkö-, tele- ja konekennetekniset järjestelmät, 34000 Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät, 35000 Ilman-

2024

---

vaihtojärjestelmät, 36000 Automaatiojärjestelmät ja 46000 Rakennelmat ja kalusteet. Infrarakentamisen vähähiilisyden arvioinnin mukaan näitä rakenneosia ei arvioida osana laskelmaa.

Rajausten myötä muun muassa maakaapelit, teräselementtiäitä ja erityiset sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet ovat rajattu laskelman ulkopuolelle. Laskennan ulkopuolelle on rajattu myös kylvönurmikko sekä kumikansi, tasoristeyskansirakenteen asennus. Nämä ovat rajattu laskennan ulkopuolelle, koska One Click LCA-ohjelmasta ei löydy näille vastaavia tietokortteja. Kylvönurmikon osalta voidaan kuitenkin olettaa, että nurmikosta aiheutuisi vain pieni osa hankkeen päästöistä ja ne eivät olisi kovin merkittäviä hankkeen kannalta.

Laskennan ulkopuolelle on myös rajattu konetyötunnit ja työstä, kuten kaapelien siirrosta, aiheutuvat päästöt.

## 2.3 Laskennan kattavuus

Laskenta perustuu IHKU:ssa olleisiin kustannustietoihin ja se on tehty One Click LCA-ohjelmistolla. Laskenta on tehty Vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaan ja laskentajaksona on käytetty 30 ja 50 vuotta. Laskennan rajaus on tehty Vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaisesti, ja laskennan ulkopuolelle on rajattu muun muassa rakennelmat ja kalusteet sekä automaatiojärjestelmät.

Hankevaihtoehdon osalta IHKU-laskennan päästölaskennan kattavuus kustannuksista on noin 84 %. One Click LCA:ssa tehdyn laskennan osalta päästölaskennan kattavuus kustannuksista on noin 94 %.

## 2.4 Väliaikaisten ratkaisujen käyttö

Laskennassa on otettu huomioon myös väliaikaisten ratkaisujen käyttö. Väliaikaisista ratkaisuista on otettu huomioon työsillasta aiheutuvat päästöt.

2024

### 3. Laadun varmistus

#### 3.1 Tunnusluvut ja niiden vertailu

Hankkeen keskeiset tunnusluvut vähähiilisuuden arvioinnin tuloksista on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 3.1). Päästöistä on jätetty pois arvioinnista pois jätettävät rakenneosat, eli seuraavat rakenneosat: 32000 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät, 33000 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät, 34000 Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät, 35000 Ilmanvaihtojärjestelmät, 36000 Automaatiojärjestelmät ja 46000 Rakennelmat ja kalusteet.

Kustannukset sisältävät koko hankkeen kustannukset työmaa- ja tilaajatehtävien, mutta työmaa- ja tilaajatehtävien päästöjä ei ole huomioitu laskennassa.

Taulukko 3.1 Tunnusluvut 50 vuoden laskentajakson ajalta

Tunnusluku	Kokonaispäästöt, päästöt/tunnusluku
Kokonaispäästöt 50 vuoden laskentajakson ajalta	4 948 000 kg CO <sub>2</sub> e
Päästöt/kilometri	809 337 kg CO <sub>2</sub> e/km
Päästöt/euro	0,530 kg CO <sub>2</sub> e/€

#### 3.2 Herkkyystarkastelu

Vähähiilisuuden arviointi on tehty hankkeen varhaisessa vaiheessa, minkä vuoksi laskenta sisältää oletuksia. Kun suunnitelmat tarkentuvat, laskentaa voidaan tarkentaa ja näin ollen myös päästötiedot saattavat joko kasvaa tai pienentyä suunnitelmien, materiaalien ja kuljetusetäisyyksien tarkentuessa.

#### 3.3 Arvioinnin luotettavuus

Arvioinnin kohde on suunniteltu ja rakennettu tilaajan suunnittelu- ja rakentamishojeiden mukaisesti. Arviointi on kuitenkin esiselvitystasoinen ja siihen sisältyy suunnitelmatason mukaiset epävarmuudet ja lähtötietopuutteet.

Vähähiilisuuden arviointi on laadittu infrarakentamisen vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisesti ja siinä on käytetty uusinta arviointipohjaa ja -ohjetta päästöjen raportointiin.

2024

---

### 3.4 Käytettyjen tietojen laatu

Arvioinnissa käytetyt päästötiedot ovat pääasiassa peräisin infrarakentamisen kansallisesta päästötietokannasta. Mikäli infrarakentamisen kansallisesta päästötietokannasta ei ole löydetty täysin vastaavaa tietokorttia, on käytetty talonrakentamisen kansallisen päästötietokannan tietoja.

Määrätiedot perustuvat IHKU-laskentaohjelman hankeosalaskennan mallinnukseen.

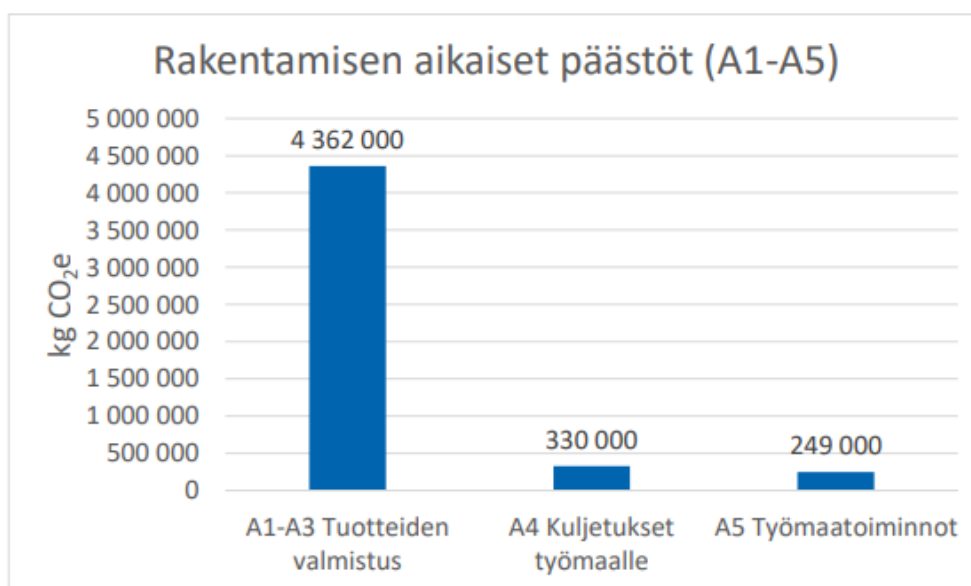
2024

## 4. Tulokset

### 4.1 Tärkeimmät päästölähteet

Laskenta on tehty 30 ja 50 vuoden laskentajakson ajalle ja molemmissa laskelmissa elinkaaren vaiheista A1-A5 aiheutuu päästöjä yhteensä 4 941 000 kg CO<sub>2</sub>e. Suurimmat päästöt aiheutuvat tuotteiden valmistuksesta, eli elinkaaren vaiheista A1-A3 päästöjen ollessa 4 362 000 kg CO<sub>2</sub>e. Kuljetusten päästöt ovat yhteensä 330 000 kg CO<sub>2</sub>e ja rakennusprosessin päästöt ovat 249 000 kg CO<sub>2</sub>e. Päästöissä on huomioitu materiaalit, niiden valmistus, kuljetukset työmaalle sekä rakennusprosessista aiheutuvat päästöt. Työkonetuntien päästöjä ei ole otettu huomioon laskennassa. Luvussa 2. on avattu tarkemmin mitä oletuksia kuljetusmatkojen osalta laskennassa on käytetty.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4.1) on havainnollistettu, kuinka rakentamisvaiheen päästöt jakaantuvat elinkaaren vaiheiden A1-A5 välillä.

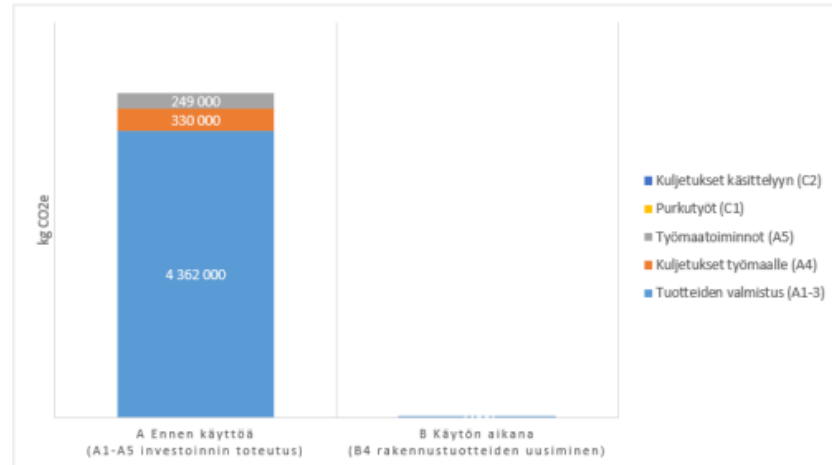


Kuva 4.1 Rakentamisen aikaiset päästöt

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4.2) on esitetty päästöjakaumaa rakentamisen ja käytön ajan osalta tarkemmin. Kuva on otettu Väyläviraston raportoinnin Excel-pohjasta ja taulukossa on näkyvissä A1-A5 vaiheen päästöt ja niiden lukumäärät. B4 rakennustuotteiden uusimisen päästöt ovat myös kuvassa, ja B4 elinkaaren vaiheen päästöt ovat yhteensä 7 000 kg CO<sub>2</sub>e.

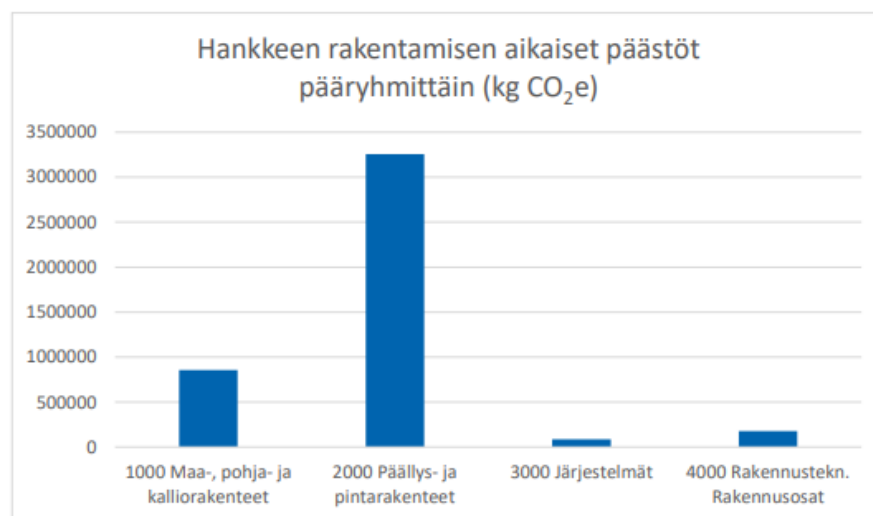
2024

## Päästöjakauma rakentamisen ja käytön aikana



Kuva 4.2 Päästöjakauma rakentamisen ja käytön aikana

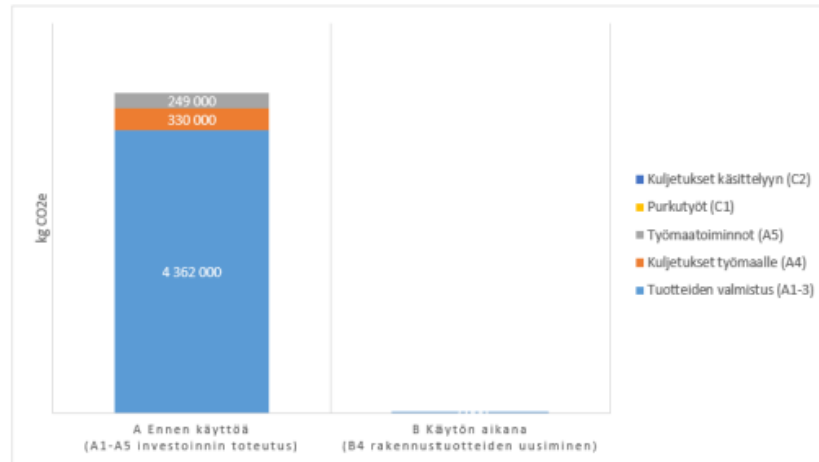
Suurin osa hankkeen päästöistä aiheutuu päällys- ja pintarakenteista, joista yksittäinen suurin päästölähde on litteraan 2400 kuuluvat ratojen päällysrakenteet (betonipölkkyt, jatkuva kisko ja vaihteet). Ratojen päällys- ja pintarakenteista aiheutuu päästöjä rakentamiskäytössä yhteensä 3 257 t CO<sub>2</sub>e, joka on n. 75 % rakentamiskäytön päästöistä. Pienimmät päästöt aiheutuvat järjestelmistä (litterat 31000), joihin kuuluvat muun muassa vesihuollon suojarakenteet ja putket. Alla olevassa kuvassa (Kuva 4.3) on havainnollistettu, kuinka rakentamisen aikaiset päästöt jakaantuvat rakennusosa- ja hankenimikkeistön pääryhmän mukaan.



Kuva 4.3 Hankkeen rakentamisen aikaiset päästöt pääryhmittäin

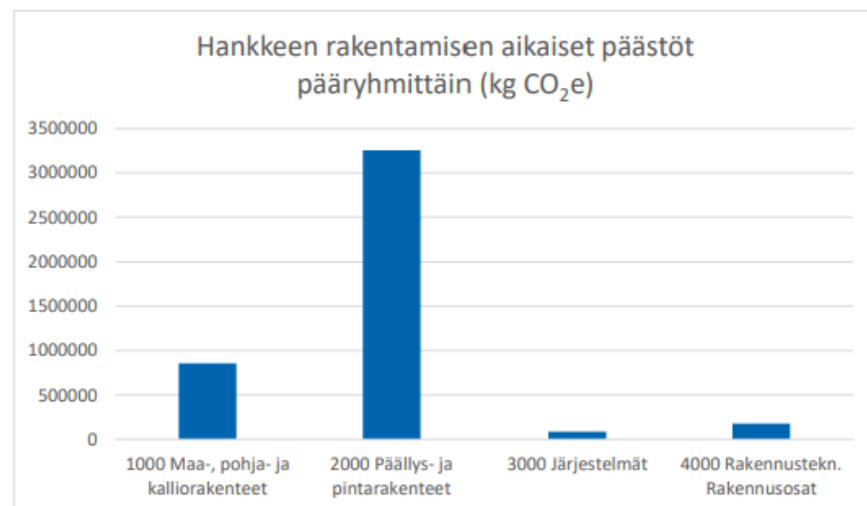
2024

## Päästöjakauma rakentamisen ja käytön aikana



Kuva 4.2 Päästöjakauma rakentamisen ja käytön aikana

Suurin osa hankkeen päästöistä aiheutuu päällys- ja pintarakenteista, joista yksittäinen suurin päästölähde on litteraan 2400 kuuluvat ratojen päällysrakenteet (betonipölkkyt, jatkuva kisko ja vaihteet). Ratojen päällys- ja pintarakenteista aiheutuu päästöjä rakentamisvaiheessa yhteensä 3 257 t CO<sub>2</sub>e, joka on n. 75 % rakentamisvaiheen päästöistä. Pienimmät päästöt aiheutuvat järjestelmistä (litterat 31000), joihin kuuluvat muun muassa vesihuollon suojarakenteet ja putket. Alla olevassa kuvassa (Kuva 4.3) on havainnollistettu, kuinka rakentamisen aikaiset päästöt jakaantuvat rakennusosa- ja hankenimikkeistön pääryhmän mukaan.

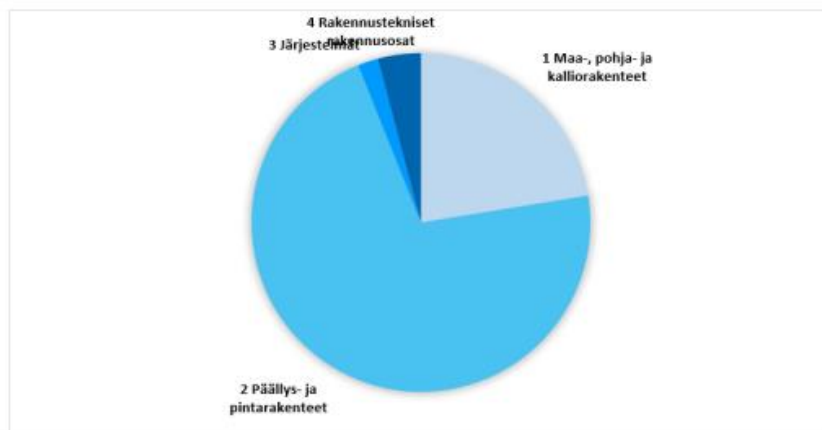


Kuva 4.3 Hankkeen rakentamisen aikaiset päästöt pääryhmittäin

2024

Alla olevassa kuvassa (Kuva 4.4) on esitetty päästöjen jakaantuminen rakennusosa- ja hankenimikkeistön pääryhmän mukaan ja kuva on otettu Väylän raportointimenetelmän Excel-tiedostosta. Kuvasta näkyy, että selkeästi suurin osa päästöistä aiheutuu päälly- ja pintarakenteista.

#### Päästöt rakennusosa- ja hankenimikkeistön pääryhmien mukaan



Kuva 4.4 Hankkeen rakentamisen aikaiset päästöt pääryhmittäin

2024

---

## 5. Jatkotoimenpiteet

Jatkotoimenpiteinä hankkeelle suositellaan tekemään kiertotalousselvitys, jossa voidaan selvittää mitä materiaaleja voidaan hankkia kierrätettyinä sekä kuinka hankkeen materiaalit ovat kierrätettävissä hankkeen elinkaaren jälkeen. Jatkotoimenpiteinä suositellaan myös suunnittelijoille pidettävää vähähiilisyteen liittyvää työpajaa.

Laskentoja voidaan tarkentaa suunnittelun myöhemmässä vaiheessa. Ensimmäisen vaiheen laskennassa ei ole huomioitu työtunneista aiheutuvia päästöjä, joten laskentaa suositellaan tarkennettavan työtuntien osalta hankkeen myöhemmässä vaiheessa.

Laskenta on tehty Infran vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaan ja menetelmän ulkopuolelle jäävät seuraavat rakenneosat: 32000 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät, 33000 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät, 34000 Lämmön- ja kaasunsiirotojärjestelmät, 35000 Ilmanvaihtojärjestelmät, 36000 Automaatiojärjestelmät ja 46000 Rakennelmat ja kalusteet. Laskennassa ei siis ole huomioitu sähkö-, tele- ja koneteknisiä järjestelmiä eikä turvallisuusrakenteita, kuten aitoja. One Click LCA-ohjelmalla voidaan kuitenkin laskea myös näiden osien päästöt, joten laskentaa on mahdollista tarkentaa näiden rakennusosien osalta.

2024

---

## Lähdeluettelo

- /1/ Infrarakentamisen vähähiilisyiden arviointimenetelmä,  
Väyläviraston ohjeita 43/2023
- /2/ IHKU-laskenta: Raisio-Naantali perusparantaminen, ratasuunnitelma  
(luottamuksellinen)

Liite 2. Vähähiilisyiden arviointimenetelmä/ Väyläviraston ohjeita

[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-43\\_vahahiilisyiden\\_arviointimenetelma\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-43_vahahiilisyiden_arviointimenetelma_web.pdf)

### Liite 3. Rakennuskirjasto

[https://tiedostot.rakennustieto.fi/liitteet/infraryl/Infra\\_2015\\_Maaramittausohje.pdf](https://tiedostot.rakennustieto.fi/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf)



## Liite 5. Sähkörata

<b>IHKUN PÄÄSTÖLASKENNASTA PUUTTUVA TIEDOT</b>										
Hankerakenne ja puuttuvien päästöjen kattavuus kustannuksista (%) Sähkörata (67%)	Koodi	Tuotanto-osat			Panos	Elinkaari vaihe	Osuudet	Kustannusarvot		
		sininen	punainen	keltainen						
	n/a	Päätepylväs	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10 000,00 €		
	n/a	Eroittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	7 500,00 €		
	n/a	Pylväsharjus	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5 250,00 €		
	n/a	Erotusjalko	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10 000,00 €		
	n/a	Ajoohjimen nostolaitteisto	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	50 000,00 €		
	3381.4	Materiaali: imumuuntaja			immuuntaja	A1-A3	materiaali	54 212,74 €		
	3381.4	Materiaali: immuuntaja			immuuntajan teline	A1-A3	materiaali	5 672,71 €		
	3381.4	Materiaali: immuuntaja			eristin, immuuntaja	A1-A3	materiaali	2 896,35 €		
	3381.4	Materiaali: immuuntaja			immuuntajan köystykset ja pientarvike	A1-A3	materiaali	850,92 €		
	3381	Materiaali: portaali			ristikkojalka, portaali	A1-A3	materiaali	6 591,74 €		
	3381	Materiaali: portaali			oreen keskiosa, portaali	A1-A3	materiaali	775,85 €		
	3381	Materiaali: portaali			pientarvike, portaali	A1-A3	materiaali	349,92 €		
	3381.2	Materiaali: radan ilmajohdot			kannatin, radan ilmajohdot	A1-A3	materiaali	56 585,94 €		
	3381.2	Materiaali: radan ilmajohdot			sauvaeristin, radan ilmajohdot	A1-A3	materiaali	15 103,82 €		
	3381.2	Materiaali: radan ilmajohdot			kristispyörästä ja -paino, radan ilmajohdot	A1-A3	materiaali	60 414,33 €		
	3381.3	Materiaali: radan maadoitus			pientarvike: liittimet ja teräsovat, ajojohdin	A1-A3	materiaali	11 349,94 €		
	3381.2	Materiaali: radan maadoitus			sähköradan tullaeristin, radan maadoitus	A1-A3	materiaali	2 923,26 €		
	3313.1	Pystyymaadoituselektrodi, yksikköhinnalla			pientarvike ja liittimet, radan maadoitus	A1-A3	materiaali	17 273,39 €		
	3313	Pylväismaadoitus, yksikköhinnalla			n/a	n/a	n/a	483,92 €		
	3377	Keskiankkuri, yksikköhinnalla			n/a	n/a	n/a	3 977,34 €		
	3377	Päätäänkkuri, yksikköhinnalla			n/a	n/a	n/a	11 886,53 €		
	3377	Kristispyörä, pääraide, yksikköhinnalla			n/a	n/a	n/a	2 096,75 €		
	1319	Materiaali: raskas elementtiperustus			elementtiperustus, radan pylväsopeustus, raskas	A1-A3	materiaali	44 434,31 €		
	1319	Materiaali: raskas elementtiperustus			täyryt ja eristeet, elementtiperustus	A1-A3	materiaali	844,86 €		
	3381	Materiaali: P-pylväs			P-pylväs, ratarakenne	A1-A3	materiaali	8 544,57 €		
	1319	Materiaali: kevyt elementtiperustus			elementtiperustus, radan pylväsopeustus, kevyt	A1-A3	materiaali	195 498,11 €		
	1319	Materiaali: kevyt elementtiperustus			täyryt ja eristeet, elementtiperustus	A1-A3	materiaali	10 500,65 €		
	3381	Materiaali: I-pylväs			I-pylväs, ratarakenne	A1-A3	materiaali	69 516,12 €		
	3381	Materiaali: kääntöorsi			kääntöorsi, sis. putket, eristimet, ohjain, rata	A1-A3	materiaali	98 251,29 €		

## Liite 6. Turvalaitejärjestelmät ja Vahvavirta

IHKUN PÄÄSTÖLASKENNASTA PUUTTUVAT TIEDOT						
Hanterakemee ja puuttuvien päästöjen kattavuus kustannuksista (%)	Koodi	Tuotanto-osat	Panos	Elinkaari vaihe	Osuudet	Kustannusarvot
		sininen löytyy litterakoodit ja elinkaari vaiheet ja siitä puuttuu päästöetöjä punainen puuttuu litterakoodi, elinkaari vaihe ja on myös käyttäjien syöttämiä. keltainen löytyy litterakoodi mutta puuttuu muut tiedot kuten elinkaari vaihe, jalkai panokset. violetti löytyy litterakoodi mutta puuttuu muut tiedot kuten elinkaari vaihe, jalkai panokset. On käyttäjien syöttämiä				
<b>Turvalaitejärjestelmät (94%)</b>						
	n/a	Asemlaitemuutokset	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	100 000,00 €
	3377	Runkokaapelointi	kaapelointi sis. kaapelin ja asemuksen (turvalaite)	A5	hankinta	5 718,39 €
	n/a	VMOHBU 1x4x0,9+0,5 Ballisikaapeli	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	7 353,00 €
	n/a	Ballisin irrotus ja kiinnitys	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	8 557,92 €
	n/a	Reliekojun siirto	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	20 000,00 €
	3377	Asemus, raiteensulku	huoltoauto, sis. kuljettaja	A4	koneet	175,94 €
	3377	Materiaali: raiteensulku, käsikäyttöinen	raiteensulku, käsikäyttöinen (turvalaite)	A1-A3	materiaali	38 960,28 €
	3377	Asemus, avainsalpalaitte	huoltoauto, sis. kuljettaja	A4	koneet	87,97 €
	3377	Materiaali: avainsalpalaitte	avainsalpalaitte (turvalaite)	A1-A3	materiaali	3 314,30 €
	1134	Purku: avainsalpalaitteen purku	huoltoauto, sis. kuljettaja	A4	koneet	87,97 €
	3377	Asemus, turvalaitekaappi	huoltoauto, sis. kuljettaja	A4	koneet	175,94 €
	3377	Materiaali: turvalaitekaappi sis. perustuksen	turvalaitekaappi sis. perustuksen	A1-A3	materiaali	5 837,02 €
	n/a	Kytkentäpoteron asemus	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	6 694,56 €
	2439	Asemus, raide-eristys, S	huoltoauto, sis. kuljettaja	A4	koneet	4 222,62 €
	2439	Materiaali: raide-eristys, S	raide-eristys, S (turvalaite)	A1-A3	materiaali	50 288,44 €
	3322	Kansi kanavaelementtiin 350/200 mm, rata, yksikköohimalla	n/a	n/a	n/a	89 903,39 €
	3323	Kaapelikaivon rengas, yksikköohimalla 2000mm halkaisija	n/a	n/a	n/a	1 435,70 €
	3323	Kaapelikaivon kansi, yksikköohimalla 2000mm halkaisija	n/a	n/a	n/a	528,82 €
	3323	Kaapelikaivon rengas, yksikköohimalla 1500mm halkaisija	n/a	n/a	n/a	22 971,25 €
	3323	Kaapelikaivon kansi, yksikköohimalla 1500mm halkaisija	n/a	n/a	n/a	8 461,30 €
	3322	Kaapelikanavaelementti 350/600 mm, rata, yksikköohimalla	n/a	n/a	n/a	269 008,88 €
	3377	Asemus, ballisi	huoltoauto, sis. kuljettaja	A4	koneet	351,88 €
	3377	Materiaali: ballisi	Ballisi (turvalaite)	A1-A3	materiaali	11 950,30 €
	3377	Materiaali: pääopastin	turvalaiteopastin, pääopastin	A1-A3	materiaali	6 712,56 €
	3377	Materiaali: pääopastin	jaluusta, turvalaiteopastin, maajalusta	A1-A3	materiaali	1 372,08 €
	n/a	Kokopuolilaitos	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	300 000,00 €
<b>Vahvavirta (81%)</b>						
	3381.5	Materiaali: vaihteiden lämmitys	lämpösäauva (turvalaite)	A1-A3	materiaali	138,33 €
	3381.5	Materiaali: vaihteiden lämmitys	vaihteidenlämmitysmuuntaja, 50 kVA, 27,5/0,4 kV	A1-A3	materiaali	13 451,85 €
	3381.5	Vaihteidenlämmityskeskus	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	14 396,92 €
	3344	Sähkökeskus, yksikköohimalla	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	11 306,48 €
	3311.2	Maakaapeli MCNK 4x35+16	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	987,00 €
	3311.2	Maakaapeli AMCMK 4x16+10	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	1 900,00 €
	n/a	Ohjauskaapeli JAMAK ARM 4x(2+1)x0,5	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	1 200,00 €
	3313	Maadoitus, yksikköohimalla	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	655,60 €
	3313	Maadoitus, yksikköohimalla	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	1 184,51 €
	n/a	Vaihteidenlämmityksen anturikaapeli	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	476,80 €
	n/a	Vaihteidenlämmityksen lämpötila-anturi	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	200,00 €
	3361	Asemus, kaapelipääte ja haarotussuoja	kaapelipääte	A1-A3	materiaali	79,50 €
	3363	LED-pylyvalaisin	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	4 247,20 €
	n/a	Valaistuksen ohjauskotelo	n/a	n/a	käyttäjän syöttämä	400,00 €

