



Nakkilan aurinkovoimalan hiilitaselaskelma

Alight Sampo Oy

4.9.2024 WSP Finland Oy

Sisältö

1. Tausta
2. Hankkeen tiedot
3. Työn kuvaus
4. Laskennan rajaukset
5. Maankäytön muutos
6. Laskennan tulokset
7. Kierrätyksen vaikutukset
8. Päästökertoimen vertailu
9. Tulosten tarkastelu
10. Huomioita ja johtopäätöksiä



Lyhenteet ja sanastoa

CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Hiilijalanjälkiekvivalentti huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi muut merkittävät kasvihuonekaasut. Hiilijalanjälki raportoidaan useimmiten hiilidioksidiekvivalentteina.
Elinkaariarviointi	Tuotteen tai palvelun koko elinkaaren, eli sen eri vaiheiden aikana syntyvien ympäristövaikutusten arviointi.
EPD	Environmental Product Declaration (ympäristöseloste), joka on kolmannen osapuolen verifioima dokumentti, jossa esitetään tuotteen ympäristövaikutukset koko sen elinkaaren ajalta.
Hiilijalanjälki	Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan ihmisen toiminnan aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Useimmiten hiilijalanjälki raportoidaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO ₂ e), mikä huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt, kuten metaanin (CH ₄) ja dityppioksidin (N ₂ O).
Hiilivarasto	Hiilen määrä, joka on sitoutuneena esimerkiksi puuhun tai muuhun biomassaan, eikä siis ole vapaana ilmakehässä.
Hiilinielu	Prosessi, toiminta tai mekanismi, joka poistaa kasvihuonekaasua, kasvihuonekaasun ensiastetta tai aerosolia ilmakehästä.
Päästökerroin	Päästökertoimella tarkoitetaan syntyvän päästön määrää suhteessa tuotetun tuotteen tai palvelun määrään. Päästökertoimen yksikkö riippuu tarkasteltavan kohteen rajauksesta, ja se voidaan ilmoittaa esimerkiksi g CO ₂ e/kWh.

1. Työn tausta

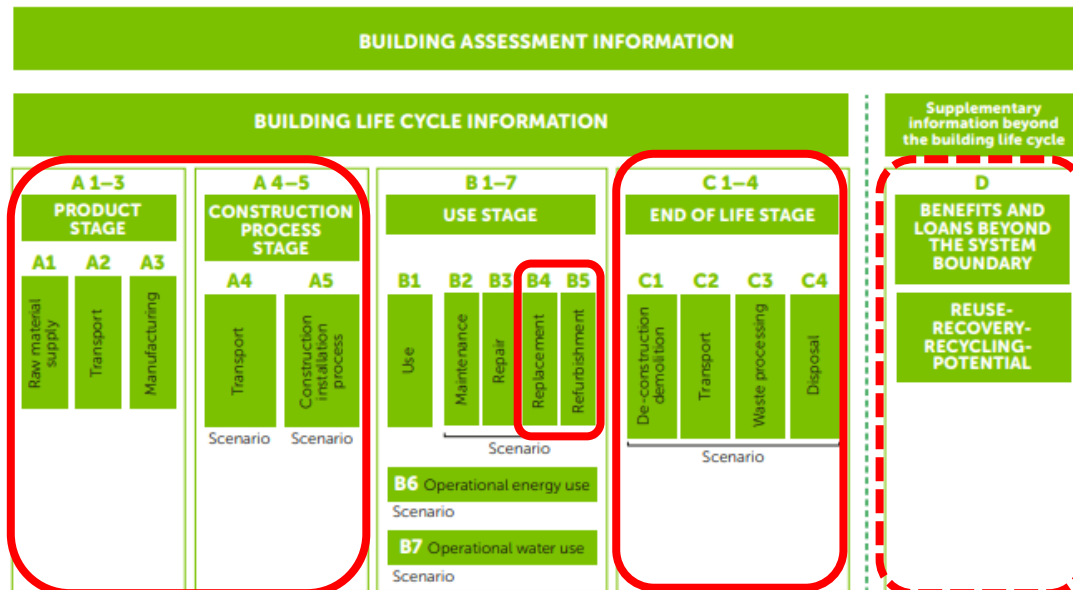
Työn tilaajana on Alight Sampo Oy.

Laskenta on tehty hankkeen suunnittelutarveratkaisun hakemussuunnitelman liitteeksi.

Laskennassa keskitytään aurinkovoimalan elinkaaren vaiheisiin A1-A5 (A1-A3 tuotevaihe (mm. käytettävien materiaalien valmistuksen päästöt ja kuljetukset), A4 liikkuminen (mm. materiaalien kuljettaminen työmaalle), A5 rakennusprosessi (mm. rakenteiden asentaminen)), vaiheisiin B4-B5 (korvaaminen ja kunnostaminen) sekä vaiheisiin C1-C4 (C1-C4 elinkaaren loppu: C1: purkuvaihe, C2 jätteen kuljetus, C3 jätteen tuotanto, C4 jätteenloppusijoitus). Lisäksi lopussa tarkastellaan vaiheen D (elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset) vaikutusta aurinkovoimalan elinkaaren aikaisiin päästöihin.

Hiililaskenta on tehty pääosin One Click LCA työkalulla infrahankkeen laskentamallilla. Maankäytön muutoksista aiheutuneet hiilipäästöt on laskettu metsiin sitoutuneen hiilen mukaan.

Lähtötietoina käytetään tilaajan toimittamia tietoja, julkaistuja ympäristötuoteselosteita (EPD) ja päästökertoimia (co2data.fi ja One Click LCA) sekä Luonnonvarakeskuksen metsätilastollista vuosikirjaa.



Kuva: Rakennuksen elinkaaren vaiheet jaoteltuina ryhmiin. Lähde: RT

2. Hankkeen tiedot

Nakkilan hankealueen pinta-ala on noin 119,6 ha.

Aurinkovoimalan maksimiteho 110,4 MW.

Aurinkovoimalan vuosituotanto on noin 94,8 GWh.

Voimalan käyttöiän oletetaan olevan 50 vuotta.

Aurinkopaneelien määrä 137 202 kpl.

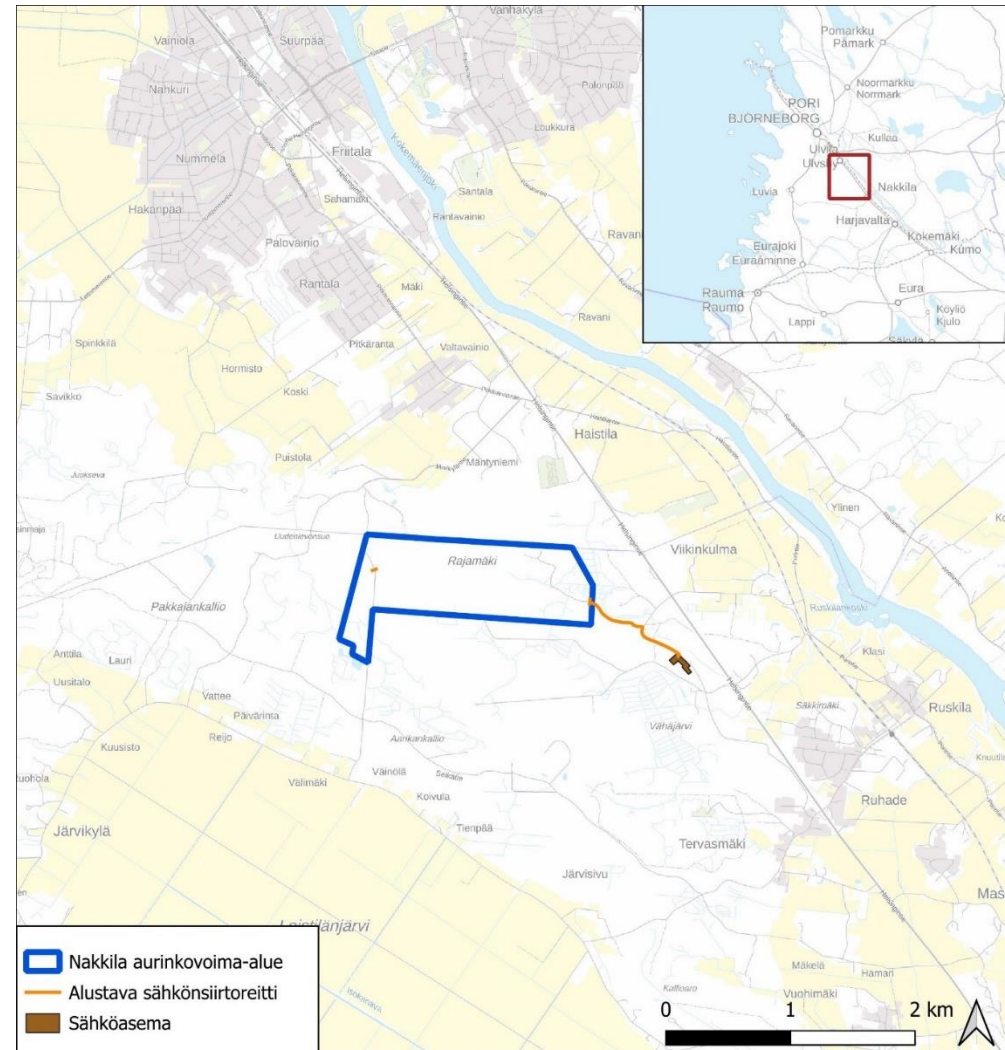
Muuntamoiden määrä on 16 kpl.

Invertterien määrä on 16 kpl.

Sähkönsiirtokaapelin pituus n. 982 m.

Huoltotien pituus 11,3 km.

Tiedot perustuvat tämän hetkisiin suunnitelmiin ja Tilaajalta saatuihin lähtötietoihin. Laskennan tietoja voidaan tarkentaa myöhemmin mm. sisäisten kaapelien osalta.



Tulostettu 02/09/2024, EK.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos

Nakkilan hankealueen kartta.

3. Työn kuvaus

Työn tarkoituksena on laskea suunnitellun aurinkosähkön tuotantoalueen hiilitaselaskelma. Hiilitaselaskelmassa lasketaan koko aurinkovoimalan elinkaaren aikana tuottamat hiilipäästöt. Laskelmissa huomioidaan hankealueella sijaitsevien metsien kaataminen, joka huomioidaan hiilitaselaskennassa alueelta poistuvana hiilivarastona sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävänä hiilinieluna.

Kokonaispäästöjä tarkastellaan lisäksi aurinkovoimalan käyttöiän aikana tuotettuun energiaan. Saatua päästökerrointa verrataan kivihiilen, maakaasun ja Suomen keskimääräisen sähköntuotantotavan päästökertoimiin. Lisäksi tarkastellaan vuotuista ja käyttöiän aikaista päästövähennemää verrattuna näihin sähköntuotantotapoihin.

Laskelmissa oletetaan aurinkopaneelien olevan kidepaneeleita, jotka on perustettu maanvaraisesti. Paneelien oletetaan olevan asennettu sinkityille terästelineille. Aurinkopaneelien oletetaan olevan huoltovapaita ja oletetaan että paneelit vaihdetaan kerran 50 vuoden laskentajakson aikana.

Muuntamot oletetaan laskelmissa olevan puistomuuntamoita EPD tietojen saatavuuden takia. Muuntamoiden alle oletetaan lisättävän 30 cm paksuinen sorakerros.

Huoltotiet oletetaan sorateiksi, joiden alla on suodatinkangas.

Kaapeleiden oletetaan olevan matala- ja keskijännitemaakaapeleita.

Laskennassa hankealueella ei oleteta tapahtuvan maanmuokkausta, muuten kuin puuston kaatamisen osalta.



4. Laskennan rajaukset

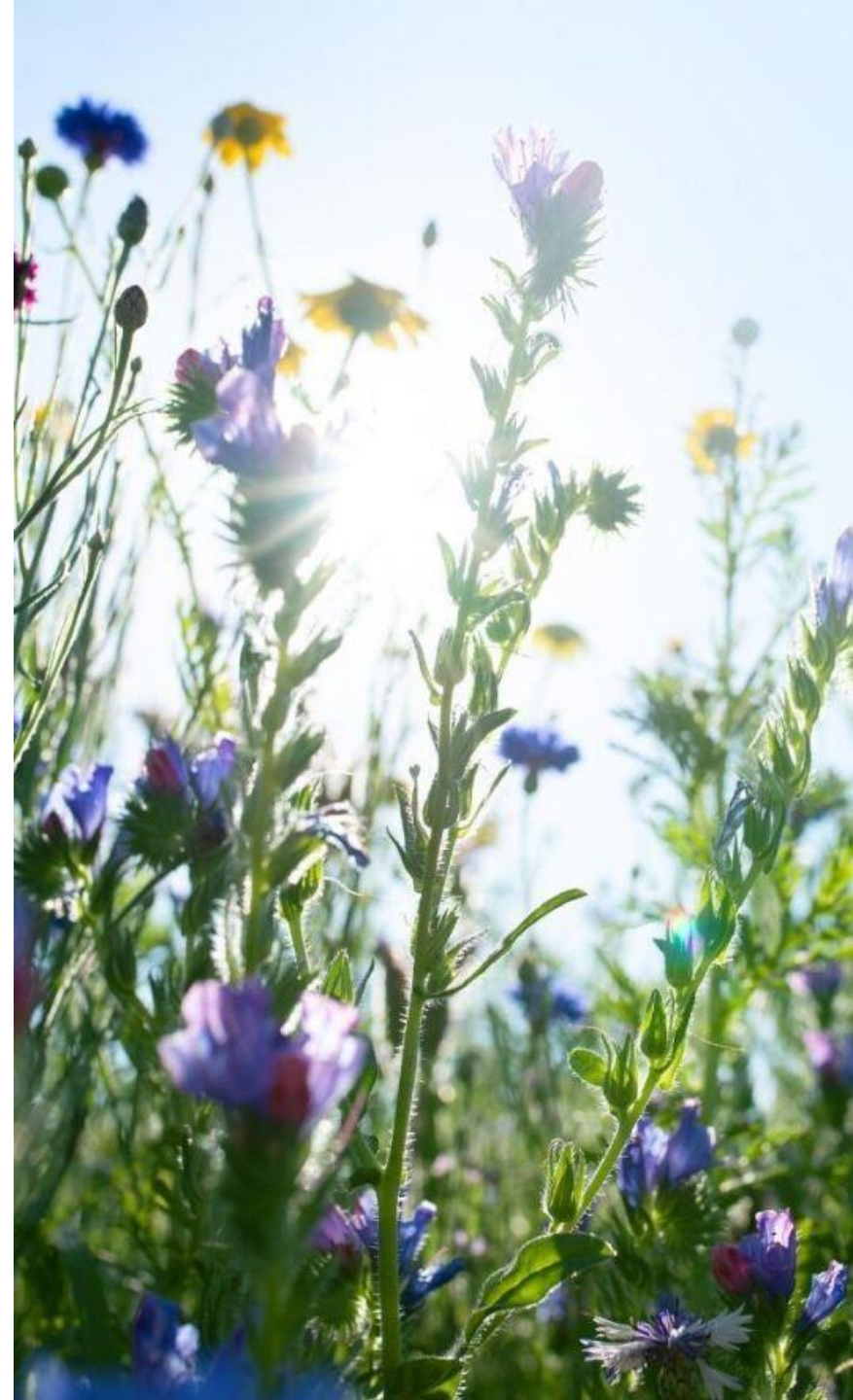
Laskennassa mukana:

- A1-A5 vaiheet
- B4-B5 vaiheet
- C1-C4 vaiheet
- Aurinkopaneelit
- Huoltotiet
- Huoltoteiden alle tuleva suodatinkangas
- Sähkökaapelit
- Invertterit
- Muuntamot
- Muuntamoiden alle tuleva sorapeti
- Metsien kaataminen (hiilivarasto ja hiilinielu)
- Aurinkopaneelien terästelinerit

Rajattu pois (ei arvoja ohjelmassa tai ei tarkkoja määriä tiedossa):

- Työmaan päästöt
- Aurinkopaneelien perustukset
- Sähköasema
- Sähkövarasto (BESS)
- Hankealueen sisäiset kaapelit

Lisäksi tulee huomioida, että laskennan lähtötiedot kuvaavat nykyistä suunnittelutilannetta ja tiedot voivat vielä muuttua. Kaikille laskettaville kohteille ei löydy täysin vastaavaa EPD tietoa OneClick LCA-ohjelmasta, joten näiden kohdalla on muunnettu parhaiten vastaavia kertoimia soveltumaan laskettavaan kohteeseen. Laskelmat sisältävät oletuksia ja epävarmuuksia.



5. Maankäytön muutos

Aurinkovoimalan hankealue koostuu havumetsästä, avoimesta metsämaasta ja avohakkuualueesta. Kaadettavan puuston määrä on 100,5 ha.

Laskelmassa oletetaan, että kaikki hankealueella sijaitsevien metsäalueet kaadetaan rakentamisen tieltä. Hiilitaselaskennassa metsän kaataminen alueelta otetaan huomioon poistuvana hiilivarastona sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävänä hiilinieluna.

Hiilivaraston arvioinnissa oletetaan hiiltä vapautuvan ilmakehään se määrä, mitä metsään on varastoitunut sen kasvuaikana. Laskelmassa ei huomioida kaadettavan puuston mahdollista hyötykäyttöä. Hiilinielun arvioinnissa oletetaan hiiltä sitoutuvan se määrä, mitä aurinkovoimalan elinkaaren aikana kasvavaan puustoon sitoutuisi. Tämän arvioinnissa käytetään lähtötietoina maakuntakohtaisia keskimääräisiä puuston kasvukertoimia. Laskelmassa oletetaan puuston kasvavan vuosittain kasvukertoimen mukaan.

Hiilinielun ja -varaston muutoksen keskeiset lähtötiedot on esitetty viereisessä taulukossa. Metsiä koskevat tiedot on saatu Luonnonvarakeskuksen metsätilastollisesta vuosikirjasta. Puuston sitoma hiilidioksidi on laskettu puulajien keskimääräisellä kuiva-tuoretiheydellä.



Tulostettu 02/09/2024, EK.
Ortokuva © Maanmittauslaitos

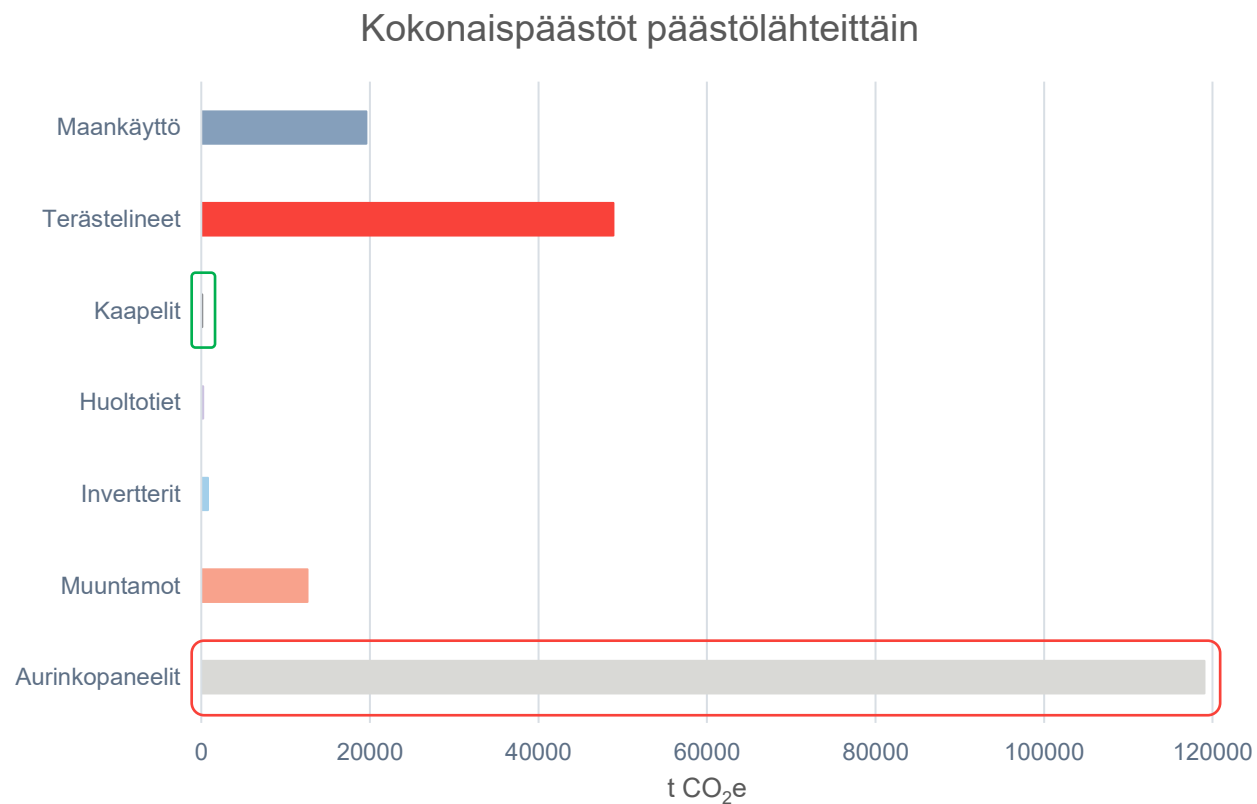
Kartta hankealueella sijaitsevista metsäalueista.

Maankäytön muutoksen lähtötiedot.

Muuttuja	Arvot
Hankealueen pinta-ala (ha)	119,6
Kaadettavan puuston pinta-ala (ha)	100,5
Puuston keskitilavuus alueella (m ³ /ha) ^[1]	157
Puuston keskikasvu (m ³ /ha/a) ^[1]	1,55
Puuston kuiva-tuoretiheys (kg/m ³) ^[1]	451
Hiilen osuus puun kuiva-aineksesta	50 %
Hiilen osuus hiilidioksidista	27 %
Puuston sitoma hiilidioksidi (tCO ₂ /m ³)	0,824

[1] Vaahtera, Eeva ym. Metsätilastollinen vuosikirja 2021. Luonnonvarakeskus, Helsinki 2021. 204 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-325-1>

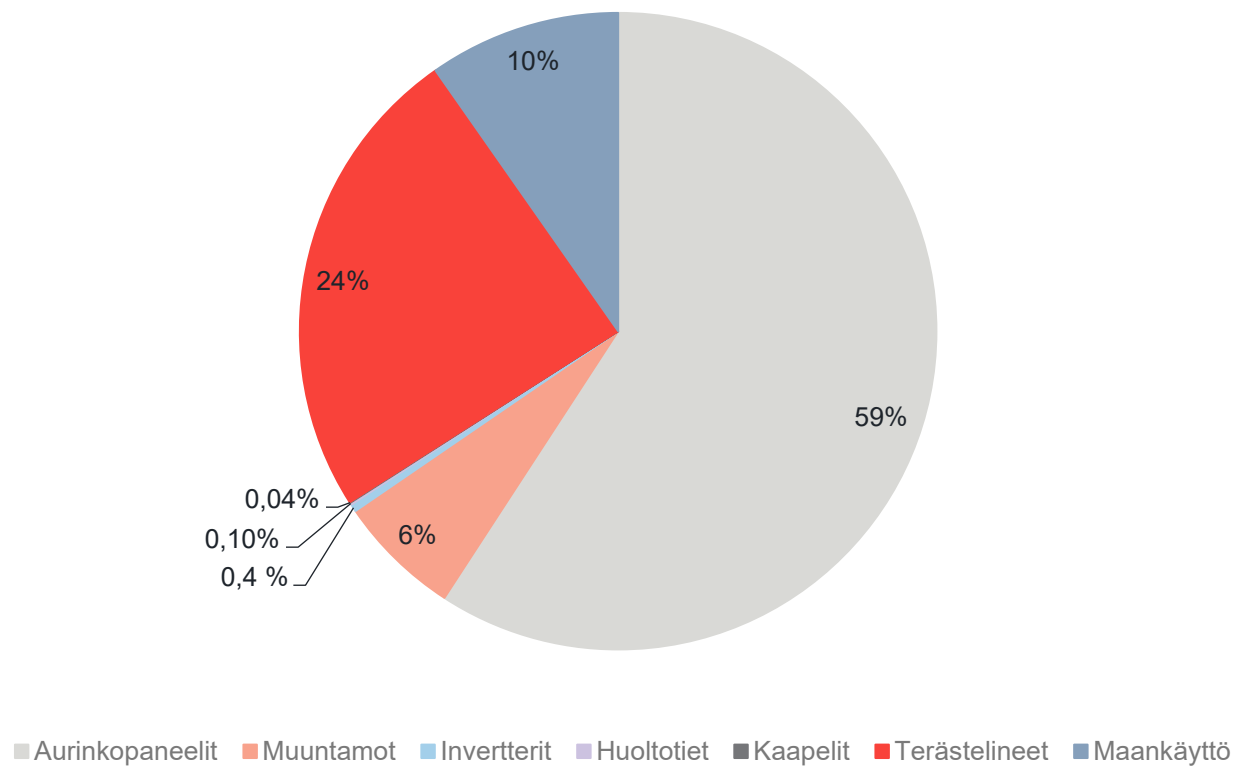
6. Kokonaispäästöjen jakautuminen päästölähteisiin



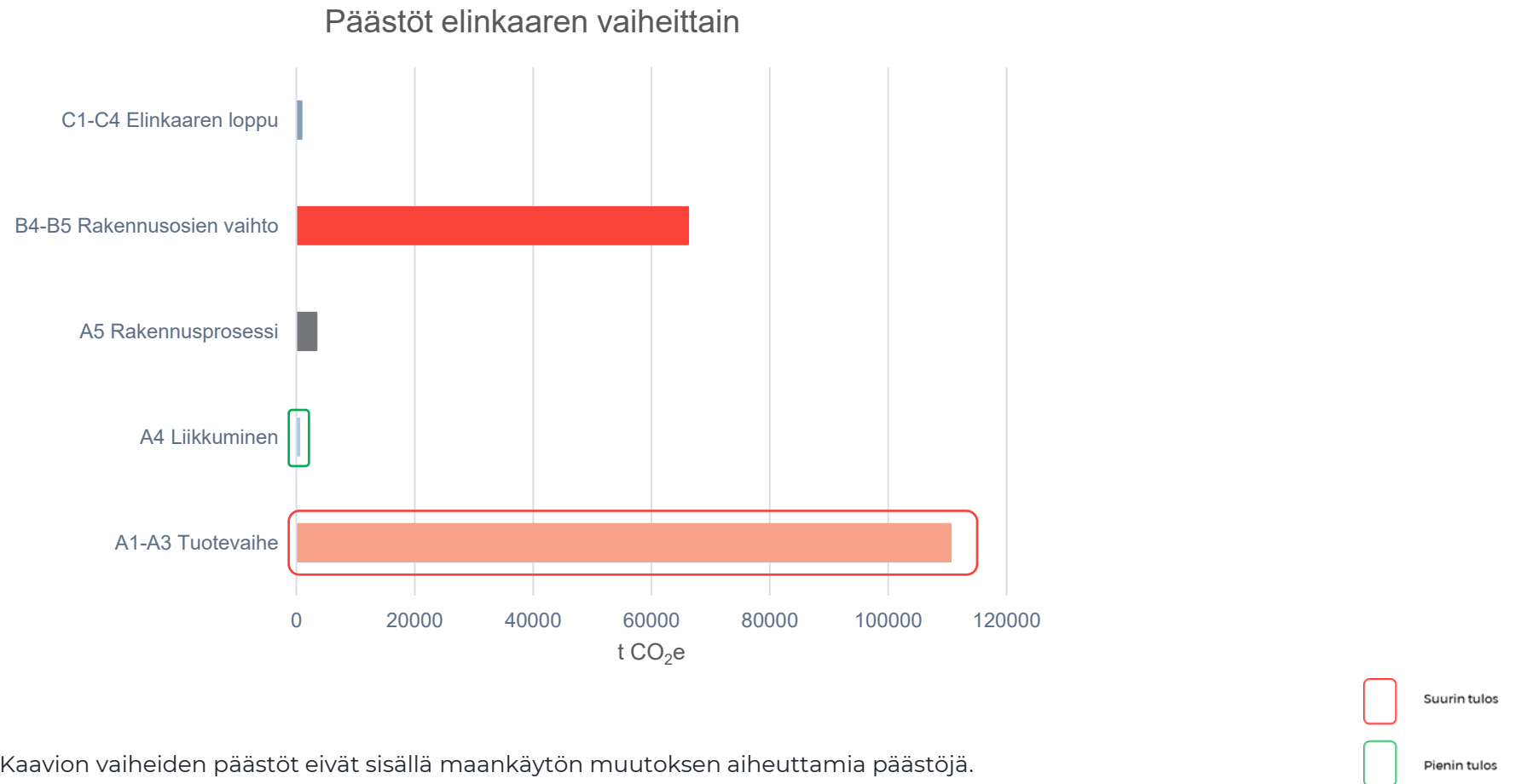
Suurin tulos
Pienin tulos

6. Hankealueen kokonaispäästöjen jakautuminen kohteittain

Lähteiden päästöjen osuudet kokonaispäästöistä



6. Elinkaaren vaiheiden A1-A5, B4-B5 ja C1-C4 päästöt



7. Kierrätyksen vaikutukset

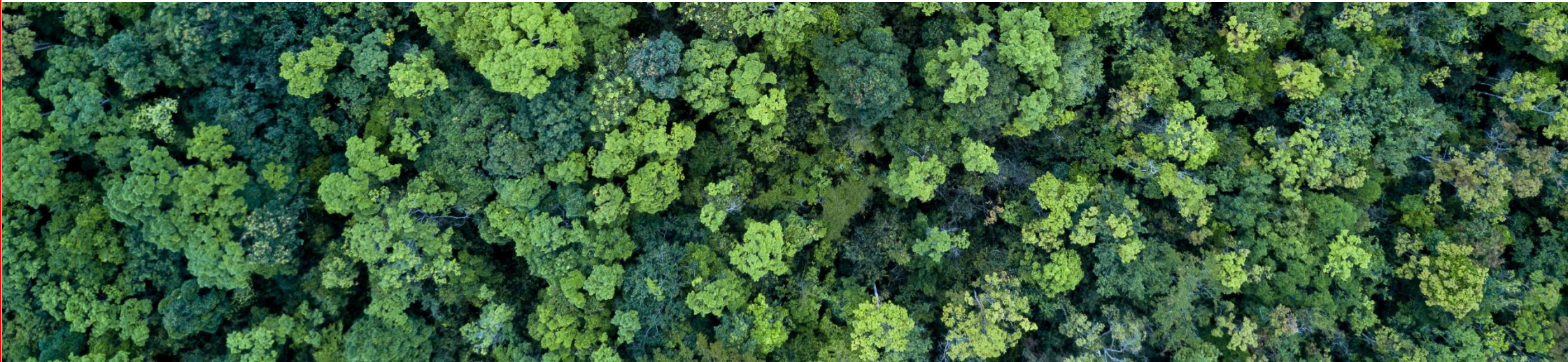
Aurinkovoimalan hiilitaselaskelmassa on oletettu aurinkovoimalan käyttöiän päätyttyä materiaalien päätyvän loppusijoitukseen, eikä materiaalia ole päätynyt kiertoon. **Aurinkovoimalan hiilijalanjälkeä voidaan kuitenkin pienentää kierrättämällä materiaalia osana kiertotaloutta.**

Elinkaaren ulkopuolisilla vaikutuksilla (vaihe D) tarkoitetaan mm. kierrätettäviä materiaaleja ja uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita, jotka voivat pienentää elinkaaren ympäristövaikutuksia.

Aurinkopaneelit sisältävät mm. lasia, alumiinia, kuparia, piitä ja vähäisiä määriä hopeaa. Piipohjaisten aurinkokennojen materiaalista suurin osa voidaan kierrättää, jota voidaan käyttää esimerkiksi uusien paneelien valmistuksessa. **Aurinkopaneeleilla on pitkä käyttöikä, jonka vuoksi aurinkopaneelien kierrättäminen tulee kokoajan ajankohtaisemmaksi.** Muiden sähkölaitteiden tavoin aurinkopaneelien kierrätys on pakollista. Nykyään aurinkopaneelien kierrätys otetaan lisäksi huomioon jo paneelien suunnittelussa ja valmistuksessa, mikä lisää paneelien materiaalien kierrätysastetta.

Aurinkopaneelit asennetaan sinkityille terästelineille. **Teräs on maailman kierrätetyin materiaali, sillä sitä voidaan kierrättää lähes loputtomiin eikä sen ominaisuudet heikkene kierrätyksessä.** Tällöin teräs voidaan esimerkiksi sulattaa ja käyttää raaka-aineena uusien teräsrakenteiden valmistuksessa.

Kaapelit sisältävät suurimmaksi osaksi metallia, kuten kuparia ja alumiinia. **Kuparin ja alumiinin kierrätys on kannattavaa, sillä sitä voidaan teräksen tapaan kierrättää lähes loputtomiin ilman että sen laatu tai ominaisuudet heikentyvät.**

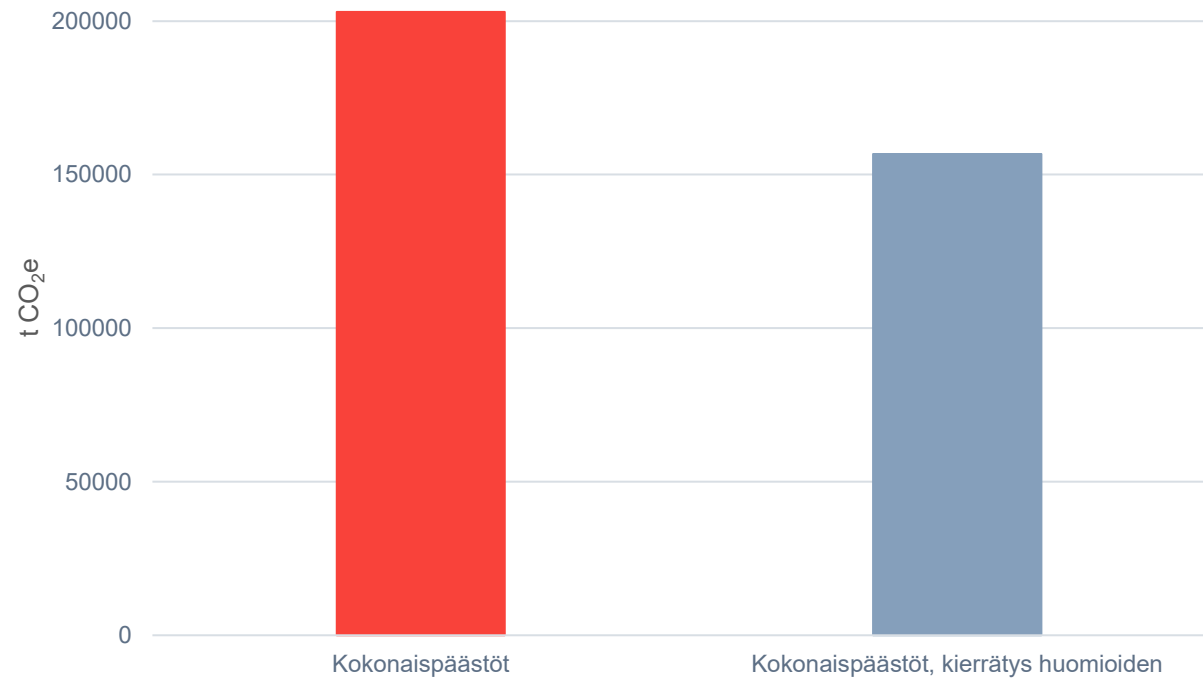


7. Kierrätyksen ja uudelleenkäytön vaikutus kokonaispäästöihin

Mikäli elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset otetaan huomioon laskelmissa, voidaan tämän hetken kierrätys ja uudelleenkäytettävyyden mahdollisuuksilla vähentää aurinkovoimalan kokonaispäästöjä yhteensä noin **45 920 CO₂e**.

Tällöin aurinkovoimalan kokonaispäästöt vähenevät noin 23 %.

Kierrätyksen vaikutukset kokonaispäästöihin



8. Päästökertoimen vertailu

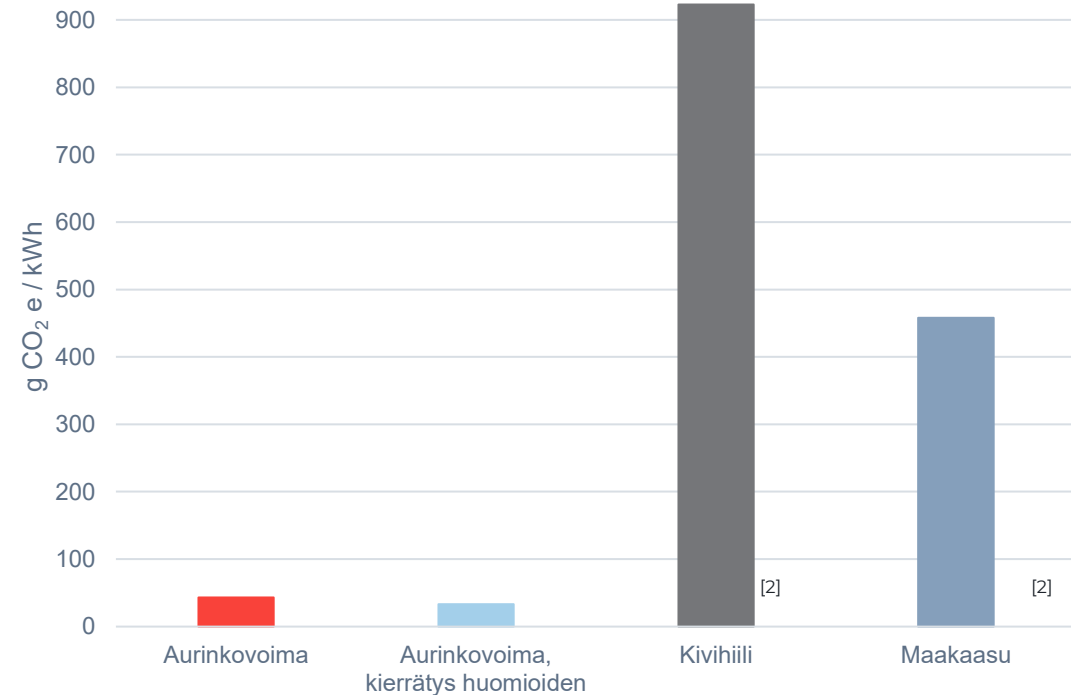
Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun kWh:n päästökerroin on laskennan perusteella noin **42 g CO₂e** ja kierrätyksellä saatavalla vähennyksellä huomioiden noin **33 g CO₂e**.

Kivihiilellä tuotetun kWh:n päästökerroin on noin **923 g CO₂e** ja maakaasulla noin **458 g CO₂e**.

Vuonna 2022 Suomen keskimääräisen sähköntuotannon päästökerroin oli **89 g CO₂e**. (Energiavirasto)

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön kWh päästökerroin on noin 5 % kivihiilellä tuotetun ja noin 9 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta. Kierrätys huomioiden hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön kWh päästökerroin on noin 4 % kivihiilellä tuotetun ja noin 7 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta.

Vaihtoehtoiset energiantuotantotavat



[2] UNECE. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. 2021. https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

9. Tulosten tarkastelu

Nakkilan aurinkovoimalan elinkaaren vaiheiden A1-A5, B4-B5 ja C1-C4 aikaiset päästöt ovat yhteensä noin **181 550 t CO₂e**. Elinkaaren eri vaiheita tarkastellessa, havaitaan että suurimmat päästöt aiheutuvat A1 – A3 rakentamisvaiheesta. Rakentamisvaiheen päästöt ovat yhteensä noin **110 550 t CO₂e**. Pienimmät päästöt puolestaan aiheutuvat vaiheessa A4 (kuljetukset) päästöjen ollessa yhteensä noin **450 t CO₂e**. Elinkaaren eri vaiheiden päästöissä ei ole huomioitu maankäytön muutoksesta aiheutuneita päästöjä.

Hankkeen suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista, ja niiden päästöt ovat **119 040 t CO₂e**. Aurinkopaneeleista tulee 59 % hankkeen päästöistä. Hankkeen pienimmät päästöt tulevat tällä hetkellä kaapeleista, sillä laskelmaan ei ole sisällytetty vielä sisäisiä kaapeleita. Mikäli nämä lisätään laskelmaan ja laskelmaa tarkennetaan kaapeleiden osalta, hankkeen pienimmät päästöt tulevat huoltoteistä, joiden päästöt ovat **200 t CO₂e** eli noin 0,1 % hankealueen päästöistä.

Hankkeen kokonaispäästöt ovat yhteensä **201 110 t CO₂e**. Kokonaispäästöihin on laskettu mukaan maankäytön päästöt, joihin kuuluvat alueelta poistuva hiilivarasto (metsän kaataminen) sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävä hiilinielu. Maankäytön kokonaispäästöt ovat yhteensä koko hankealueella noin **19 560 t CO₂e**, hiilivaraston poistumisen päästöjen ollessa noin **13 100 t CO₂e** ja hiilinielun poistumisen päästöjen ollessa noin **6 460 t CO₂e**. Maankäytön muutoksen osuus kokonaispäästöistä on noin **10 %**.

Hiililaskennan tulokset kuvaavat aurinkovoimalan tämän hetkisiä suunnitelmia ja tulokset ovat suuntaa antavia. Tuloksia voidaan tarkentaa suunnitelmien tarkentuessa.

9. Tulosten tarkastelu

Laskelmien perusteella saadaan Nakkilan aurinkovoimalalla tuotetun kWh:n päästökertoimeksi **42 g CO₂e**. Kun aurinkovoimalan loppuvaiheen kierrätyksen päästövähennykset otetaan huomioon saadaan tuotetun kWh:n päästökertoimeksi **33 g CO₂e**.

Suomen sähköntuoton keskimääräistä päästökerrointa seuraaville 50 vuodelle ei ole määritetty ja parhaimmillaankin luku olisi tämän hetken paras arvaus. Jos seuraavan 50 vuoden aikana ei tapahtuisi muutosta sähkön tuotantotavoissa ja Suomen sähköntuotannon keskimääräisenä päästökertoimena pysyisi vuoden 2022 päästökerroin (89 g CO₂/kWh) olisi 93,8 GWh/a:n tuottamisen päästöt vuodessa noin **8 440 t CO₂e** ja 50 vuodessa noin **421 860 t CO₂e**. Jos tämän hankkeen tuottama sähkö korvaisi tuon määrän, olisi **vuodessa hankkeesta saatava päästövähennelmä yhteensä noin 4 420 t CO₂e ja 50 vuoden aikana päästövähennelmä on yhteensä noin 220 750 t CO₂e**. Päästövähennemän kokonaismäärä vastaa 1 577 934 240 km ajoa henkilöautolla* (noin 39 375 kertaa maapallon ympäri).

Jos huomioidaan hankkeen loppuvaiheen kierrätys, olisi hankkeesta saatava päästövähennelmä vuodessa yhteensä noin 5 330 t CO₂e ja 50 vuodessa noin 266 670 t CO₂. Päästövähennemän kokonaismäärä vastaa 1 906 147 248 km ajoa henkilöautolla* (noin 47 564 kertaa maapallon ympäri).

Hankealueilta kaadetaan metsää, joka vähentää alueen hiilivarastoa ja hiilinielua. Aurinkovoima kuitenkin edistää vihreää siirtymää ja vähentää tarvetta uusiutumattomalle energialle, koska toteutuessaan hanke tuottaa merkittävät päästövähennemät.

*<https://www.openco2.net/fi/co2-muunnin>

10. Huomioita ja johtopäätöksiä

Laskennan tulokset ovat tässä vaiheessa hanketta suoritettuina karkeita arvioita, mutta saatuja tuloksia on verrattu kirjallisuudesta löytyviin päästölaskelmiin ja vertailun perusteella saadut arvot ovat oikean suuntaisia.

Mahdollisia keinoja vähentää/vaikuttaa päästöihin:

- Vähähiilisten materiaalien käyttäminen (teräs, betoni)
- Uusiomateriaalien käyttäminen (esim. betonimurske huoltoteissä)
- Kuljetusmatkojen optimointi
- Materiaalien kierrätyksen optimointi



4.9.2024 WSP Finland Oy

Työn laskentaan ja raportointiin osallistuivat :

Rosa Manninen ja Minna Nousiainen (WSP Finland Oy)

QA: Aurora Palin