

# Kivinevan aurinkovoimalan hiilitaselaskelma

*WestWind Solar Kivineva Oy*

14.6.2024 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 <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> e), mikä huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt, kuten metaanin (CH <sub>4</sub> ) ja dityppioksidin (N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> e/kWh.

# 1. Työn tausta

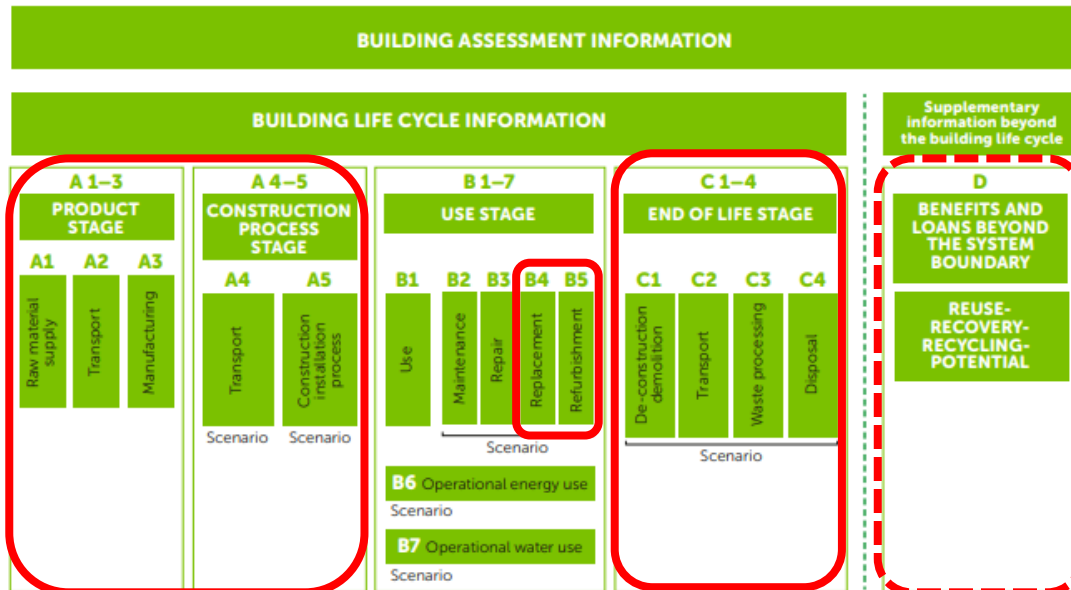
Työn tilaajana on WestWind Solar Kivineva Oy.

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: C2 jätteiden 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

Kivinevan hankealueen pinta-ala on noin 57 ha.

Aurinkovoimalan kokonaisteho 46 MWp.

Aurinkovoimalan vuosituotanto on noin 38 GWh.

Laskelmassa voimalan käyttöiän oletetaan olevan 60 vuotta vuokrasopimuksen pituuden mukaisesti. Teknologiaa uudistetaan 60 vuoden aikana, ja laitteiston elinkaaren oletetaan olevan 25 – 30 vuotta.

Aurinkopaneelien määrä on 77 400 kpl.

Muuntamoiden määrä on 15 kpl.

Invertterien määrä 148 on kpl.

Suunnitellulta aurinkovoima-alueelta on kaksi vaihtoehtoa sähkönsiirtoreitille. Ensisijaisessa vaihtoehdossa sähkönsiirtokaapelin pituus on 0,6 km ja toisessa vaihtoehdossa 4,5 km. Tämä laskenta on tehty ensisijaisen vaihtoehdon mukaan, eli laskennassa on oletettu sähkönsiirtokaapelin olevan 0,6 km.

Hankealueen sisäisten kaapelien pituus on yhteensä 28,9 km.

Huoltotien pituus on yhteensä 14,5 m.

Tiedot perustuvat tämän hetkisiin suunnitelmiin, asemapiirrokseen (korjattu asemapiirros) ja Tilaajalta saatuihin lähtötietoihin.



Kuva 1. Kivinevan hankealueen alustava asemapiirros. Kuva on otettu WestWindin Solar Kivineva Oy:n suunnittelutarveratkaisuhakemuksen hankesuunnitelmasta.

### 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 60 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. Maankäytön muutos

Aurinkovoimalan hankealue sijoittuu metsäalueelle sekä entiselle turvetuotantoalueelle. Alueelta poistettavan puuston määrä on noin 15 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.



Kuva 5. Kuva hankealueen pohjoisosasta. Kuvaussuunta kohti etelää

Kuva 2. Kuva hankealueen maastosta. Kuva on otettu WestWindin Solar Kivineva Oy:n suunnittelutarveratkaisuhakemuksen hankesuunnitelmasta.

Maankäytön muutoksen lähtötiedot.

Muuttuja	Arvot
Rakennettavan alueen pinta-ala (ha)	57
Kaadettavan puusto pinta-ala (ha)	15
Puuston keskitilavuus alueella (m <sup>3</sup> /ha) <sup>[1]</sup>	1,025
Puuston keskikasvu (m <sup>3</sup> /ha/a) <sup>[1]</sup>	102
Puuston kuiva-tuoretiheys (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>[1]</sup>	451
Hiilen osuus puun kuiva-aineksesta	50 %
Hiilen osuus hiilidioksidista	27 %
Puuston sitoma hiilidioksidi (tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	0,824

## 5. Laskennan rajaukset

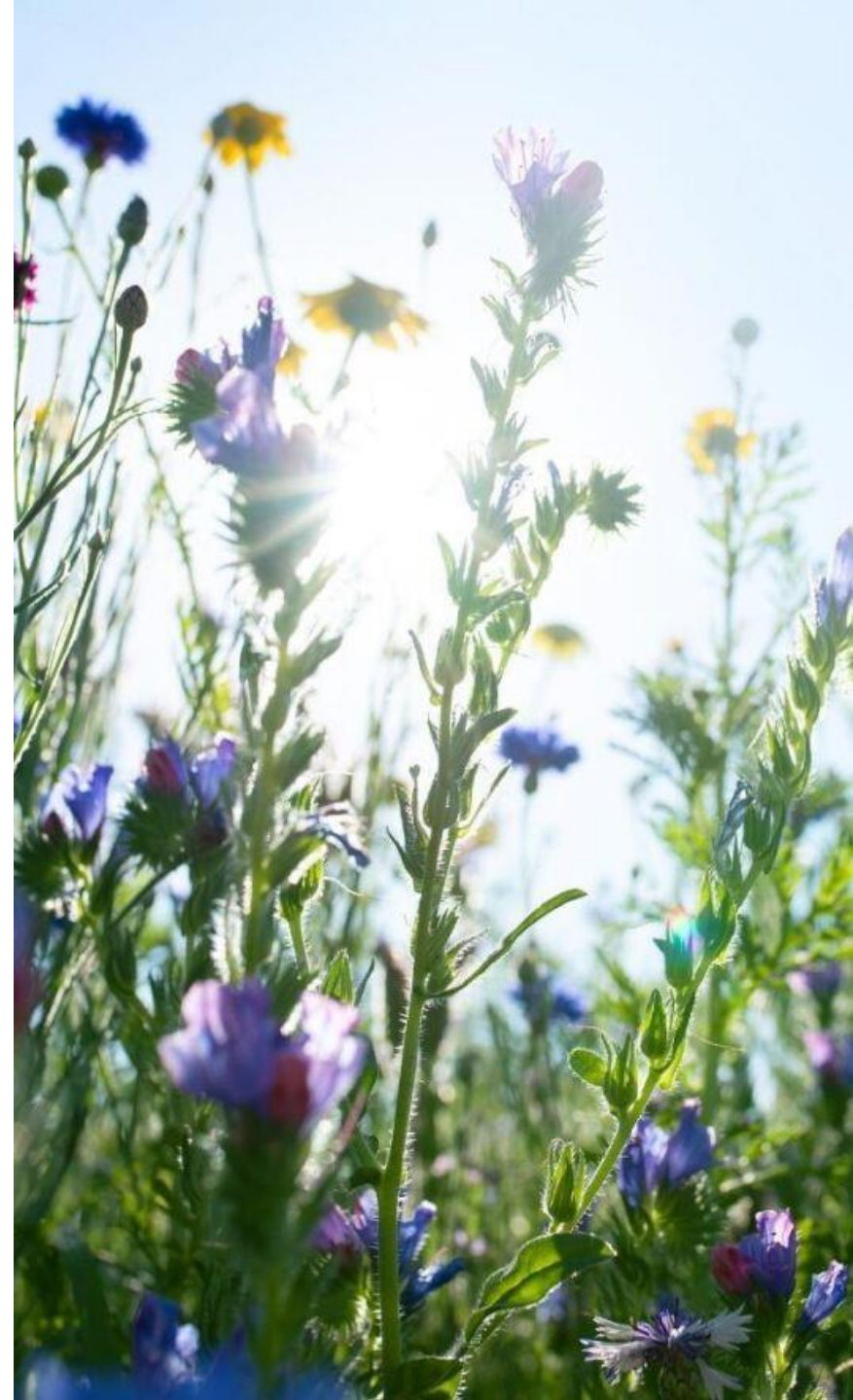
### Laskennassa mukana:

- 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 terästeline

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

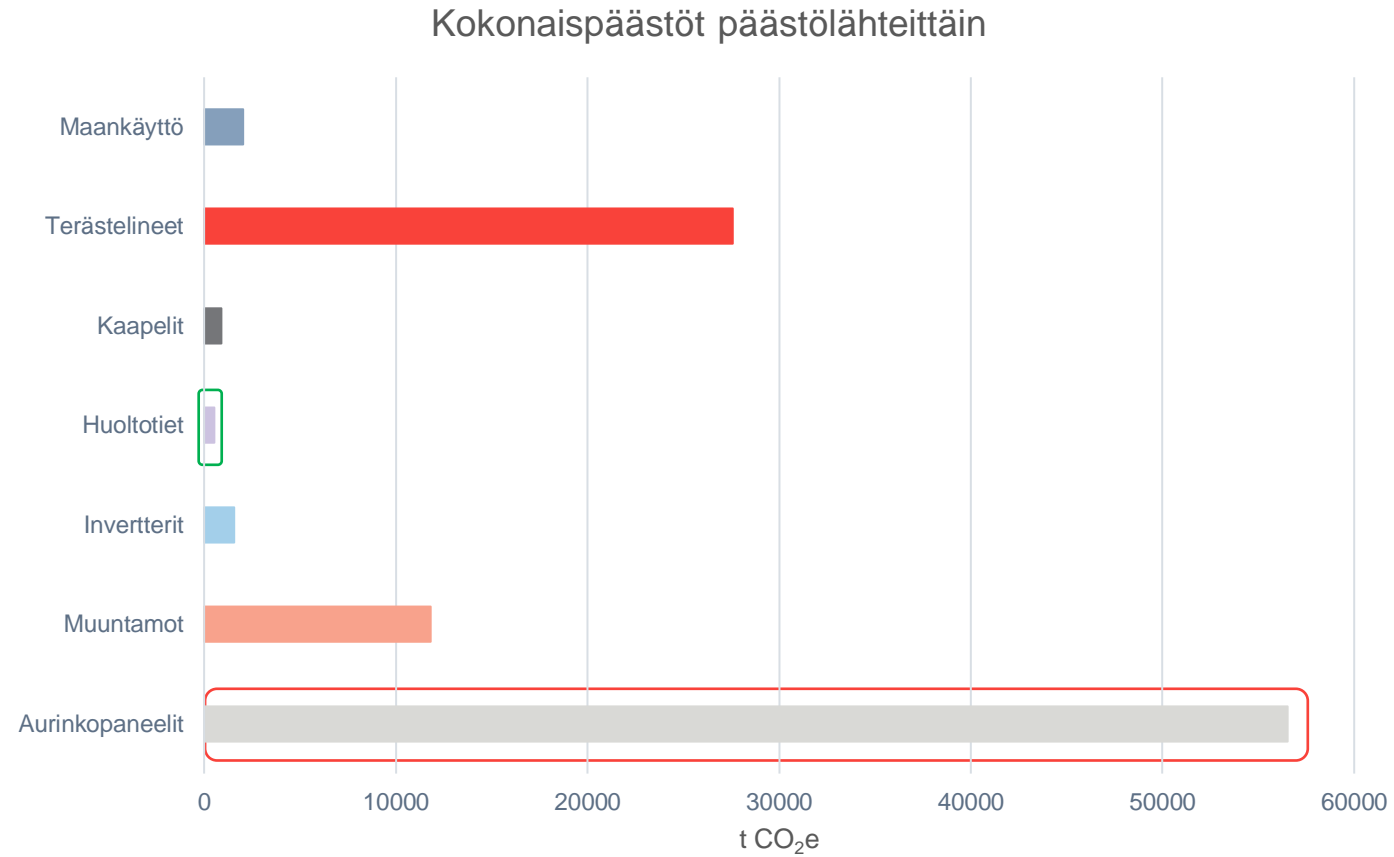
- Työmaan päästöt
- Aurinkopaneelien perustukset
- Sähköasema
- Akkujärjestelmä
- Aurinkovoima-aluetta ympäröivä aita

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





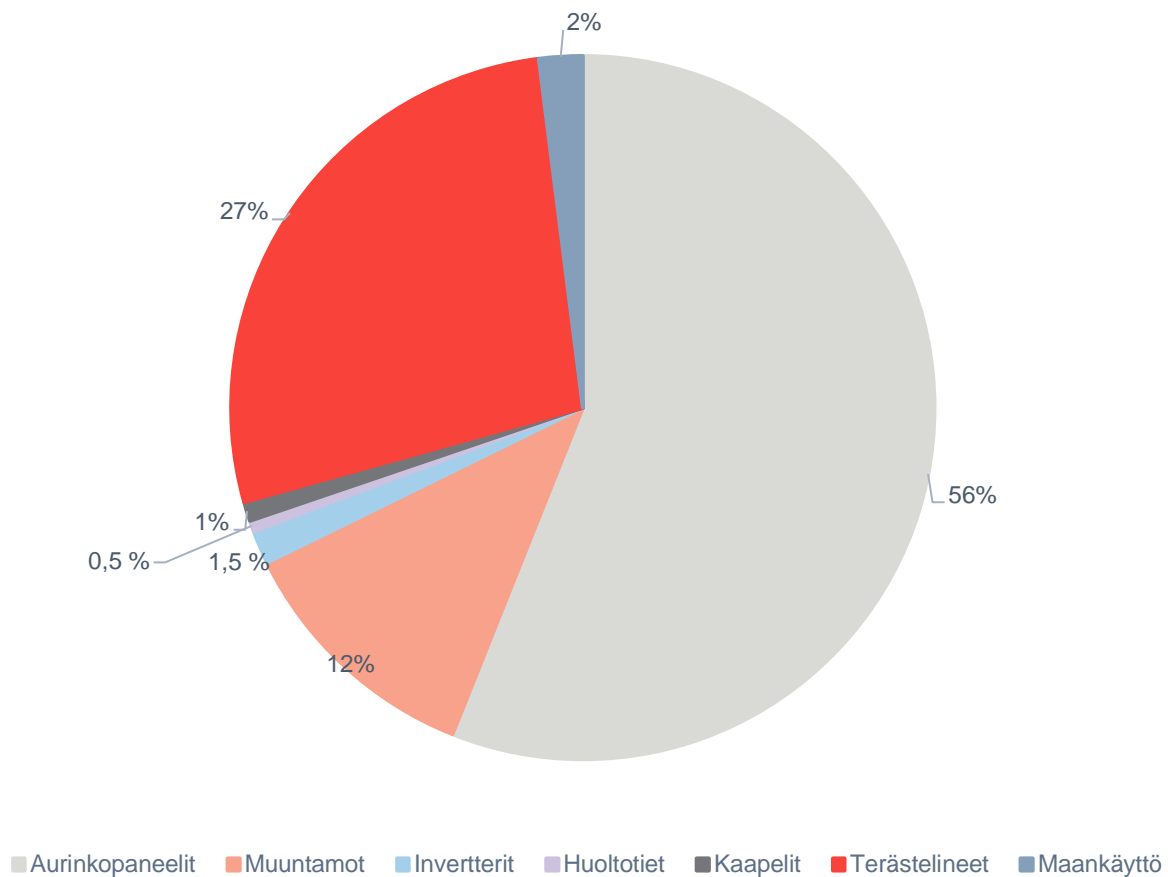
## 6. Kokonaispäästöjen jakautuminen päästölähteisiin



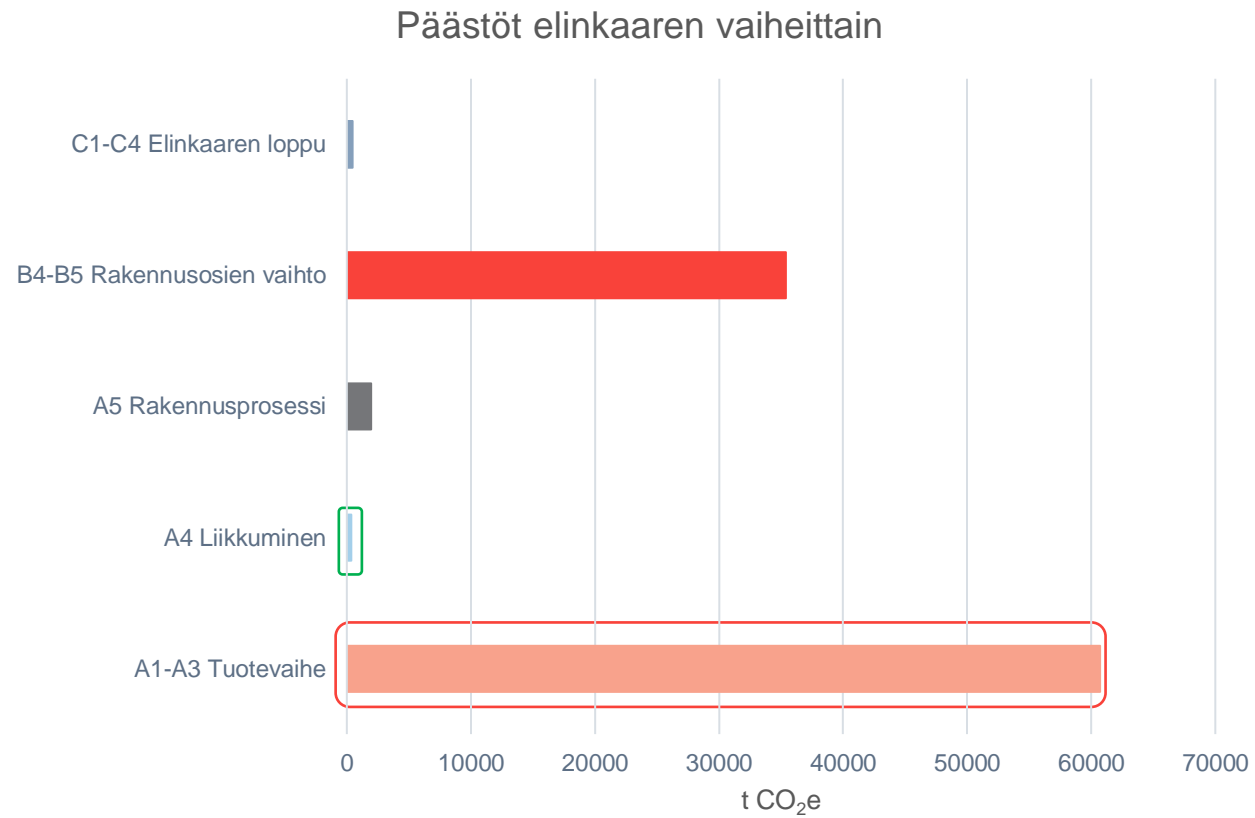
Suurin tulos  
Pienin tulos

## 6. Hankealueen kokonaispäästöjen jakautuminen kohteittain

Lähteiden päästöjen osuudet kokonaispäästöistä



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



Kaavion vaiheiden päästöt eivät sisällä maankäytön muutoksen aiheuttamia päästöjä.

Suurin tulos  
Pienin tulos

## 7. Kierrätyksen vaikutukset

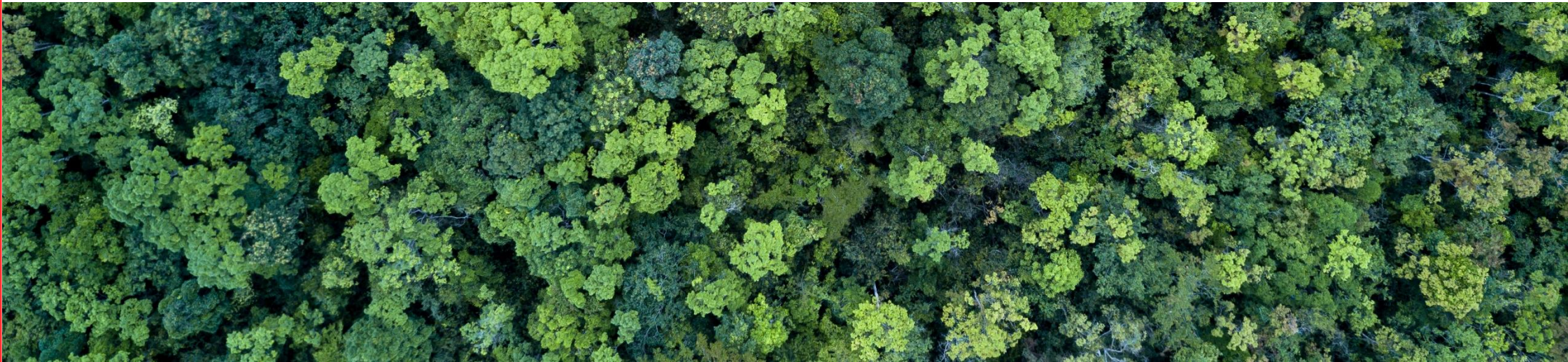
Aurinkovoimalan hiilitaselaskelmassa on oletettu aurinkovoimalan käyttöiän päätyttyä materiaalien päätyvän loppusijoitukseen, eikä materiaalia ole päätenyt kiertoon. **Aurinkovoimalan hiilijalanjälkeä voidaan kuitenkin pienentää kierrättämällä materiaalia osana kiertotaloutta.**

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 **23 900 t CO<sub>2</sub>e**.

Tällöin aurinkovoimalan kokonaispäästöt vähenevät noin 24 %.



## 8. Päästökertoimen vertailu

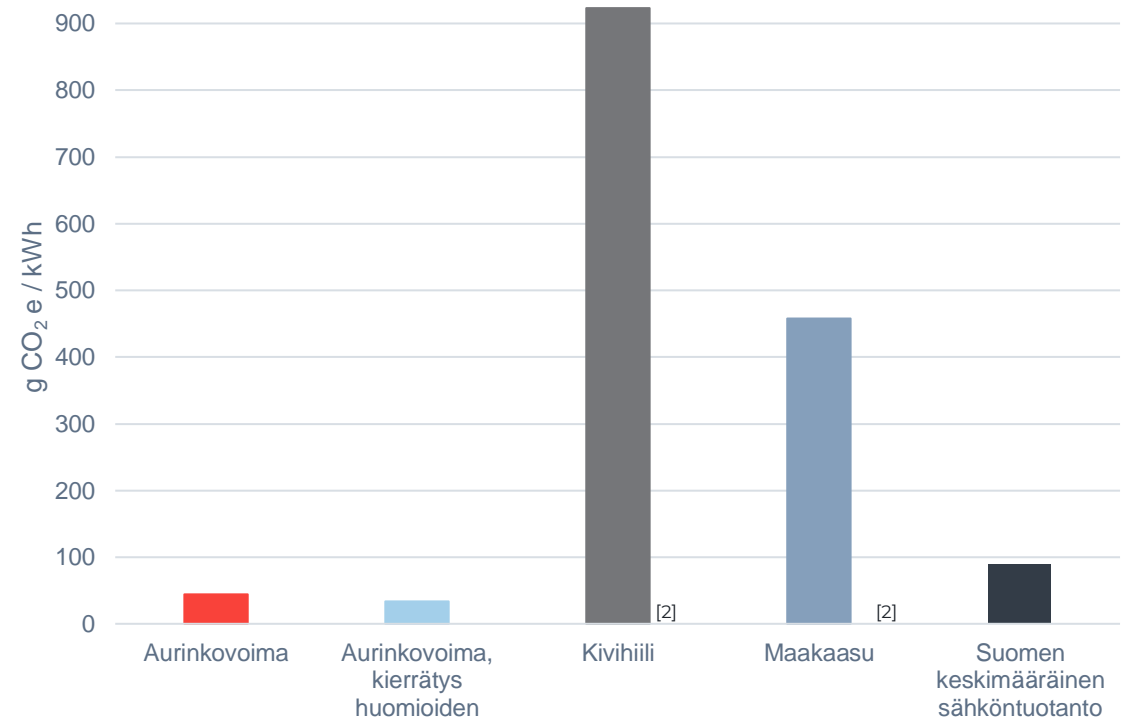
Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun kWh:n päästökerroin on laskennan perusteella noin **44 g CO<sub>2</sub>e** ja kierrätyksellä saatavalla vähennyksellä huomioiden noin **34 g CO<sub>2</sub>e**.

Kivihiilellä tuotetun kWh:n päästökerroin on noin **923 g CO<sub>2</sub>e** ja maakaasulla noin **458 g CO<sub>2</sub>e**.

Vuonna 2022 Suomen keskimääräisen sähköntuotannon päästökerroin oli **89 g CO<sub>2</sub>e**. (Energiavirasto)

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön kWh päästökerroin on noin 5 % kivihiilellä tuotetun ja noin 10 % 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](https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf)

## 9. Tulosten tarkastelu

Kivinevan aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset päästöt ovat yhteensä noin **98 880 t CO<sub>2</sub>e**. Suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista, ja niiden päästöt ovat noin **56 550 t CO<sub>2</sub>e**. Aurinkopaneeleista tulee 56 % hankkeen päästöistä. Hankkeen pienimmät päästöt tulevat huoltoteistä, joiden päästöt ovat **515 t CO<sub>2</sub>e** eli noin 0,5 % hankealueen päästöistä.

Maankäytön päästöihin kuuluu alueelta poistuva hiilivarasto (metsän kaataminen) sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävä hiilinielu. Maankäytön kokonaispäästöt ovat yhteensä koko hankealueella noin **2020 t CO<sub>2</sub>e**, hiilivaraston poistumisen päästöjen ollessa noin **1 270 t CO<sub>2</sub>e** ja hiilinielun poistumisen päästöjen ollessa noin **750 t CO<sub>2</sub>e**. Maankäytön muutoksen osuus kokonaispäästöistä on noin **2 %**. Maankäytön muutokseen on laskettu hankealueelta poistettava metsä, joka on 15 ha.

Elinkaaren eri vaiheita tarkastellessa, havaitaan että suurimmat päästöt aiheutuvat A1 – A3 rakentamisvaiheesta.

Rakentamisvaiheen päästöt ovat yhteensä noin **60 710 t CO<sub>2</sub>e**. Pienimmät päästöt puolestaan aiheutuvat vaiheessa A4 (kuljetukset) päästöjen ollessa yhteensä noin **340 t CO<sub>2</sub>e**. Elinkaaren eri vaiheiden päästöissä ei ole huomioitu maankäytön muutoksesta aiheutuneita päästöjä.

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

## 9. Tulosten tarkastelu

Laskelmien perusteella saadaan Kivinevan aurinkovoimalalla tuotetun kWh:n päästökertoimeksi **44 g CO<sub>2</sub>e**. Kun aurinkovoimalan loppuvaiheen kierrätyksen päästövähennykset otetaan huomioon saadaan tuotetun kWh:n päästökertoimeksi **34 g CO<sub>2</sub>e**.

Suomen sähköntuoton keskimääräistä päästökerrointa seuraaville 60 vuodelle ei ole määritetty ja parhaimmillaankin luku olisi tämän hetken paras arvaus. Jos seuraavan 60 vuoden aikana ei tapahtuisi muutosta sähkön tuotantotavoissa ja Suomen sähköntuotannon keskimääräisenä päästökertoimena pysyisi vuoden 2022 päästökerroin (89 g CO<sub>2</sub>/kWh) 38 GWh/a:n tuottamisen päästöt vuodessa noin **3 380 t CO<sub>2</sub>e** ja 60 vuodessa noin **202 920 t CO<sub>2</sub>e**. Jos tämän hankkeen tuottama sähkö korvaisi tuon määrän, olisi **vuodessa hankkeesta saatava päästövähennelmä yhteensä noin 1 700 t CO<sub>2</sub>e ja 60 vuoden aikana päästövähennelmä on yhteensä noin 102 020 t CO<sub>2</sub>e**.

Päästövähennemän kokonaismäärä vastaa 729 235 000 km ajoa henkilöautolla\* (noin 18 200 kertaa maapallon ympäri)

**Jos huomioidaan hankkeen loppuvaiheen kierrätys, olisi hankkeesta saatava päästövähennelmä vuodessa yhteensä noin 2 100 t CO<sub>2</sub>e ja 60 vuodessa noin 125 920 t CO<sub>2</sub>.** Päästövähennemän kokonaismäärä vastaa 900 071 500 km ajoa henkilöautolla\* (noin 22 460 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



Työn laskentaan ja raportointiin osallistuivat :

Rosa Manninen, Veera Lehmusoksa (WSP Finland Oy)

QA: Sanna Hodju