

Harjavallan aurinkovoimalan hiilitaselaskelma

Alight Aino Oy

31.5.2024 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

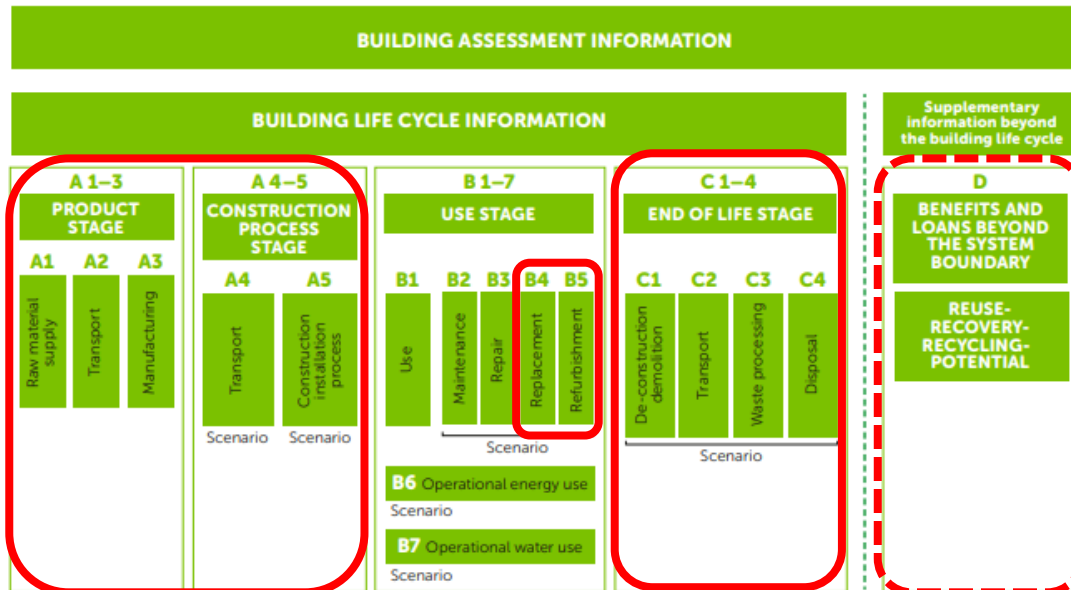
Työn tilaajana on Alight Aino Oy.

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

Harjavalan hankealueen pinta-ala on noin 113,7 ha, josta rakennettavan alueen pinta-ala on 101,6 ha.

Aurinkovoimalan maksimiteho 90 MWp.

Aurinkovoimalan vuosituotanto on noin 86 GWh.

Voimalan käyttöiän oletetaan olevan 50 vuotta.

Aurinkopaneelien määrä 128 576 kpl.

Muuntamoiden määrä 16 kpl.

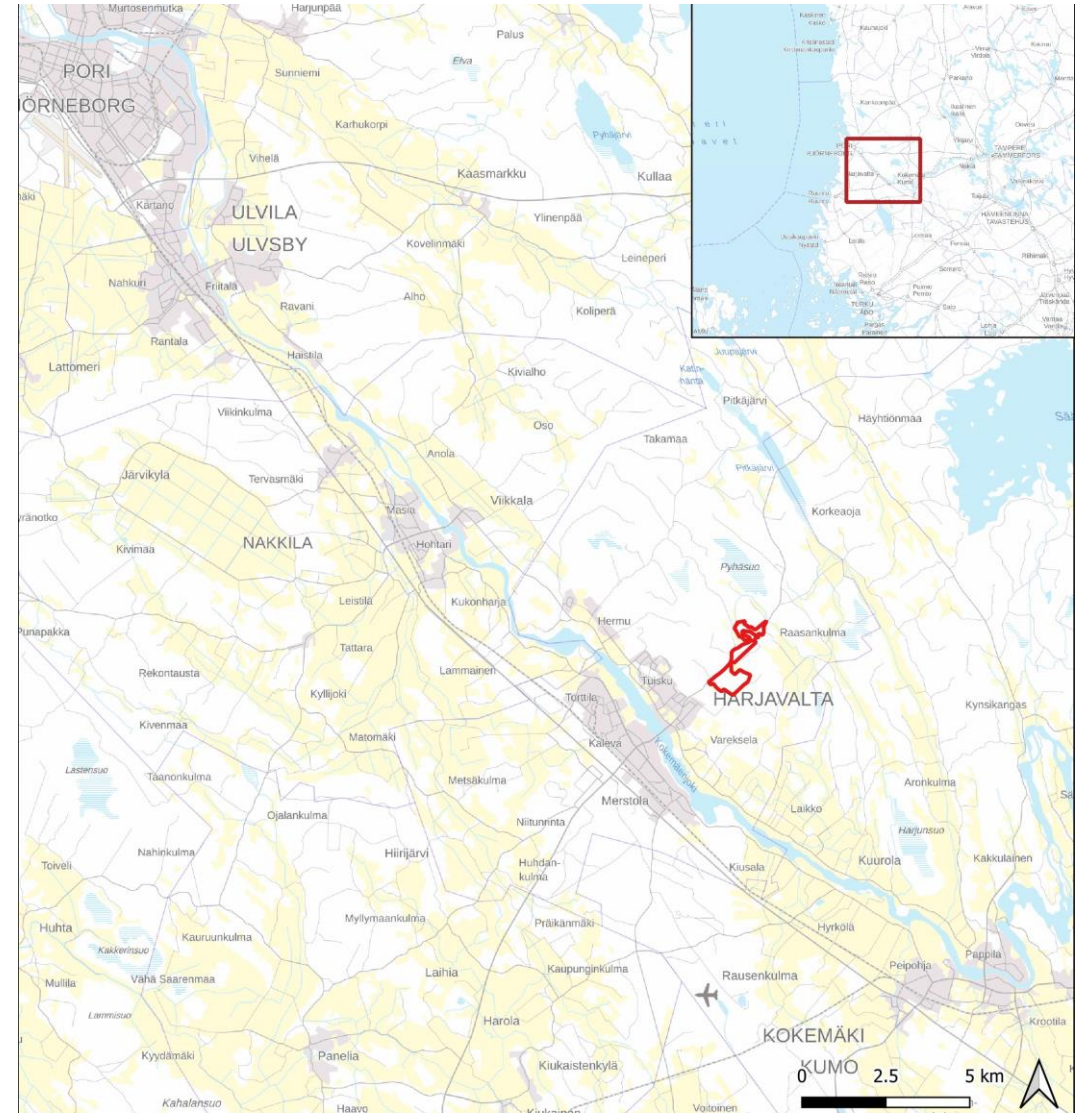
Invertterien määrä 220 kpl.

Sähkösiirtokaapelin pituus 500 m.


Hankealueen sisäisten kaapelien pituus 177 km.

Huoltotien pituus 12 km.

Tiedot perustuvat tämän hetkisiin suunnitelmiin ja Tilaajalta saatuihin lähtötietoihin.



Tulostettu 15/05/2024, ML.
Pohjakartta @ Maanmittauslaitos

 Harjavalta aurinkovoima-alue

Kuva 1. Harjavalan hankealueen sijainti.

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 suhteessa tuotettuun energiaan. Saatua päästökerrointa verrataan kivihiihen, 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 murskekerros.

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 osittain metsäalueelle. Laskelmassa oletetaan, että hankealueella sijaitsevaa metsäaluetta kaadetaan rakentamisen tieltä yhteensä n. 88 hehtaarin laajuiselta alueelta. Osa-alueelta 1 metsää kaadetaan n. 22 ha ja osa-alueelta 2 metsää kaadetaan n. 66 ha laajuiselta alueelta.

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 2. Kartta hankealueella sijaitsevista metsäalueista.

Maankäytön muutoksen lähtötiedot.

Muuttuja	Arvot
Rakennettavan alueen pinta-ala (ha)	101,60
Pinta-ala, josta metsää kaadetaan (ha)	n. 88
Puuston keskitilavuus alueella (m ³ /ha) ^[1]	147
Puuston keskikasvu (m ³ /ha/a) ^[1]	1,575
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>

5. Laskennan rajaukset

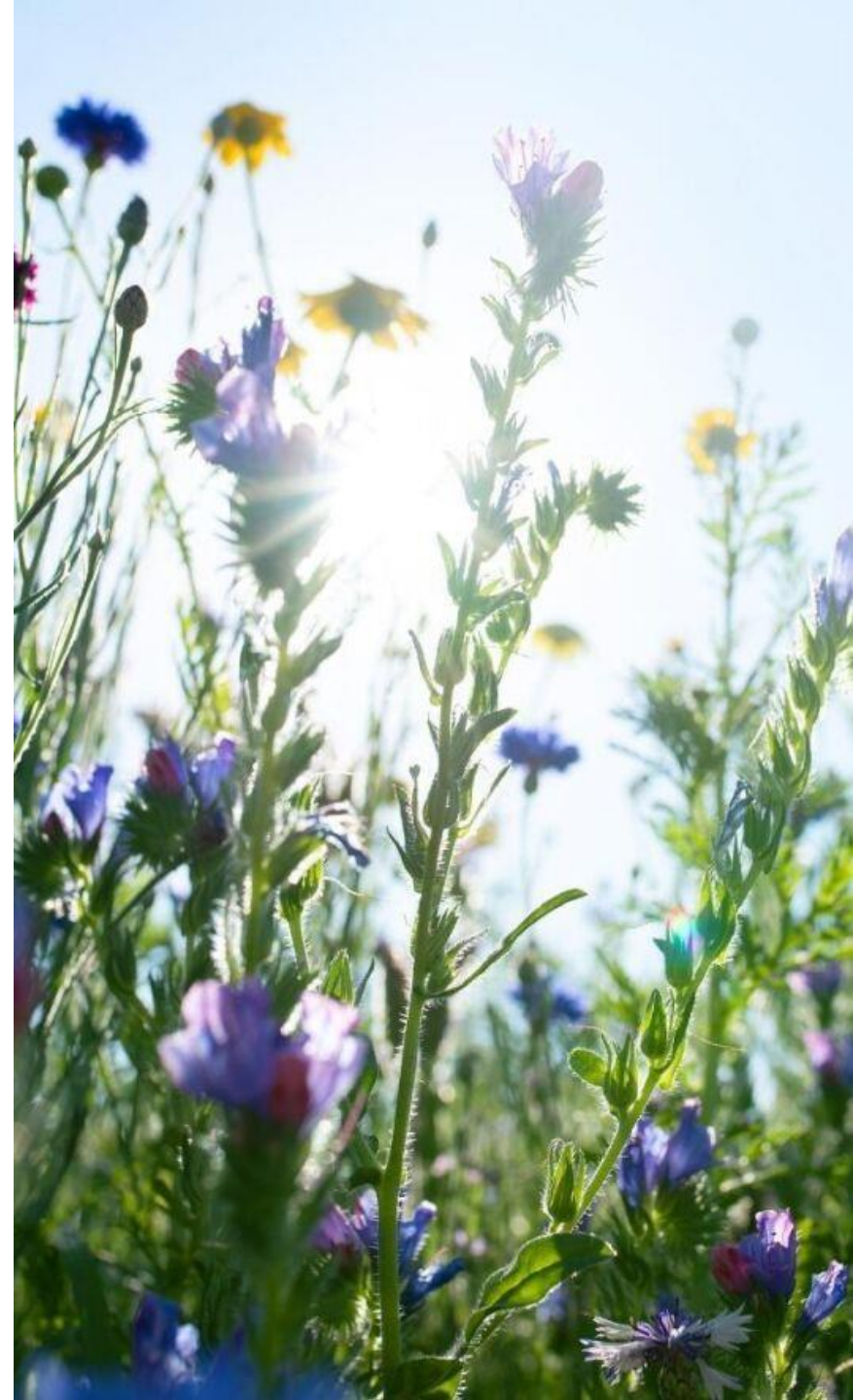
Laskennassa mukana:

- 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

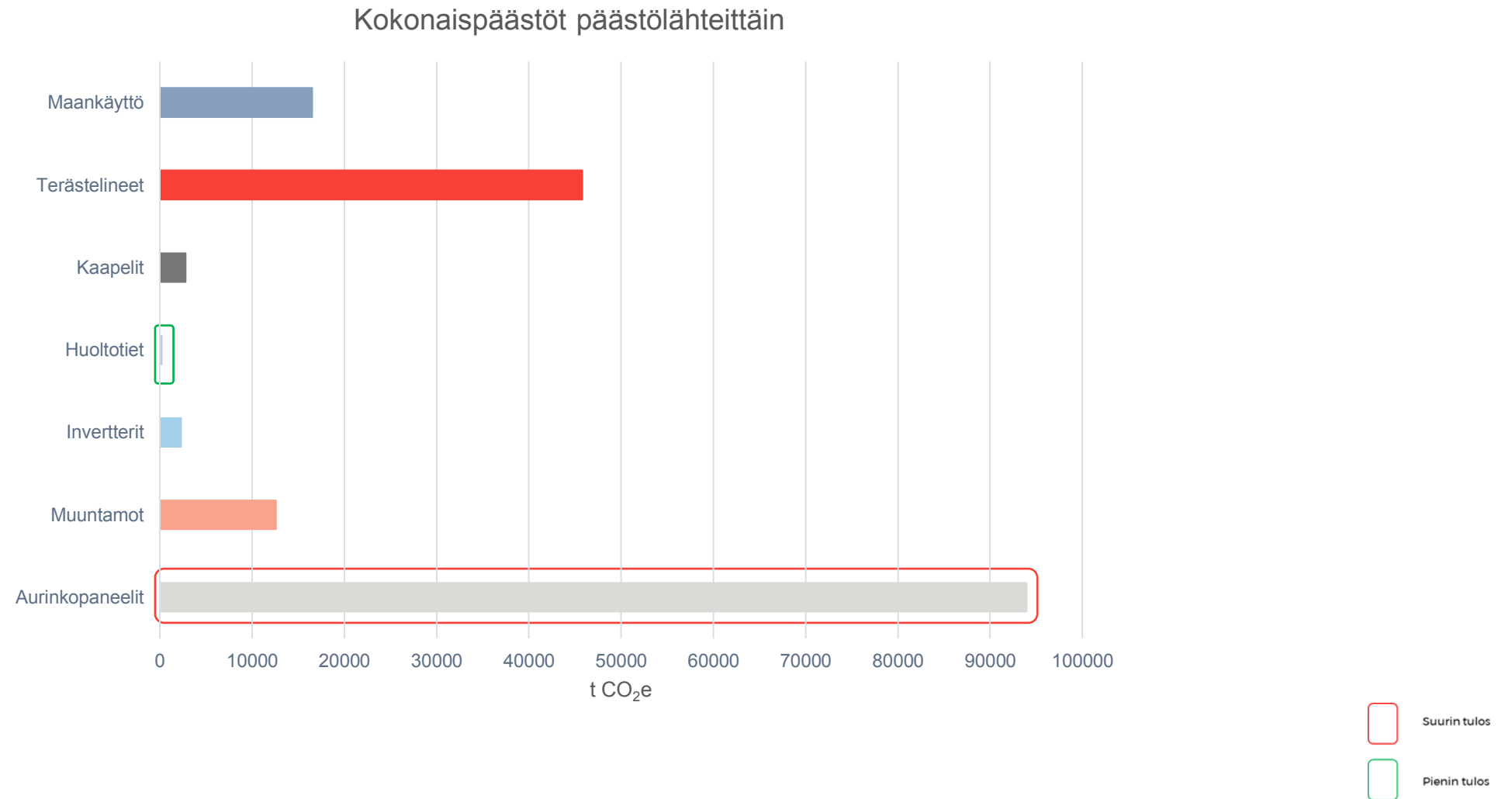
Rajattu pois (ei arvoja ohjelmassa tai ei tarkkoja määriä tiedossa):

- Työmaan päästöt
- Aurinkopaneelien perustukset
- Sähköasema

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.

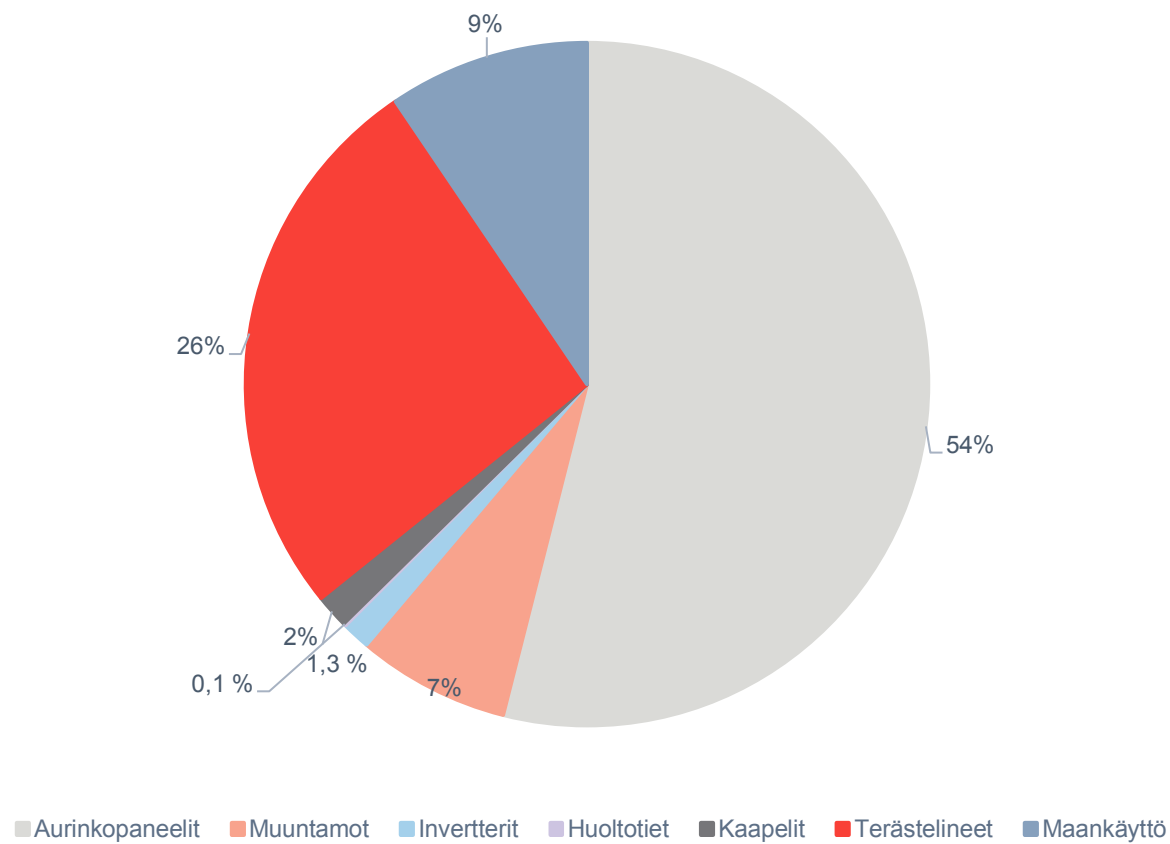


6. Kokonaispäästöjen jakautuminen päästölähteisiin

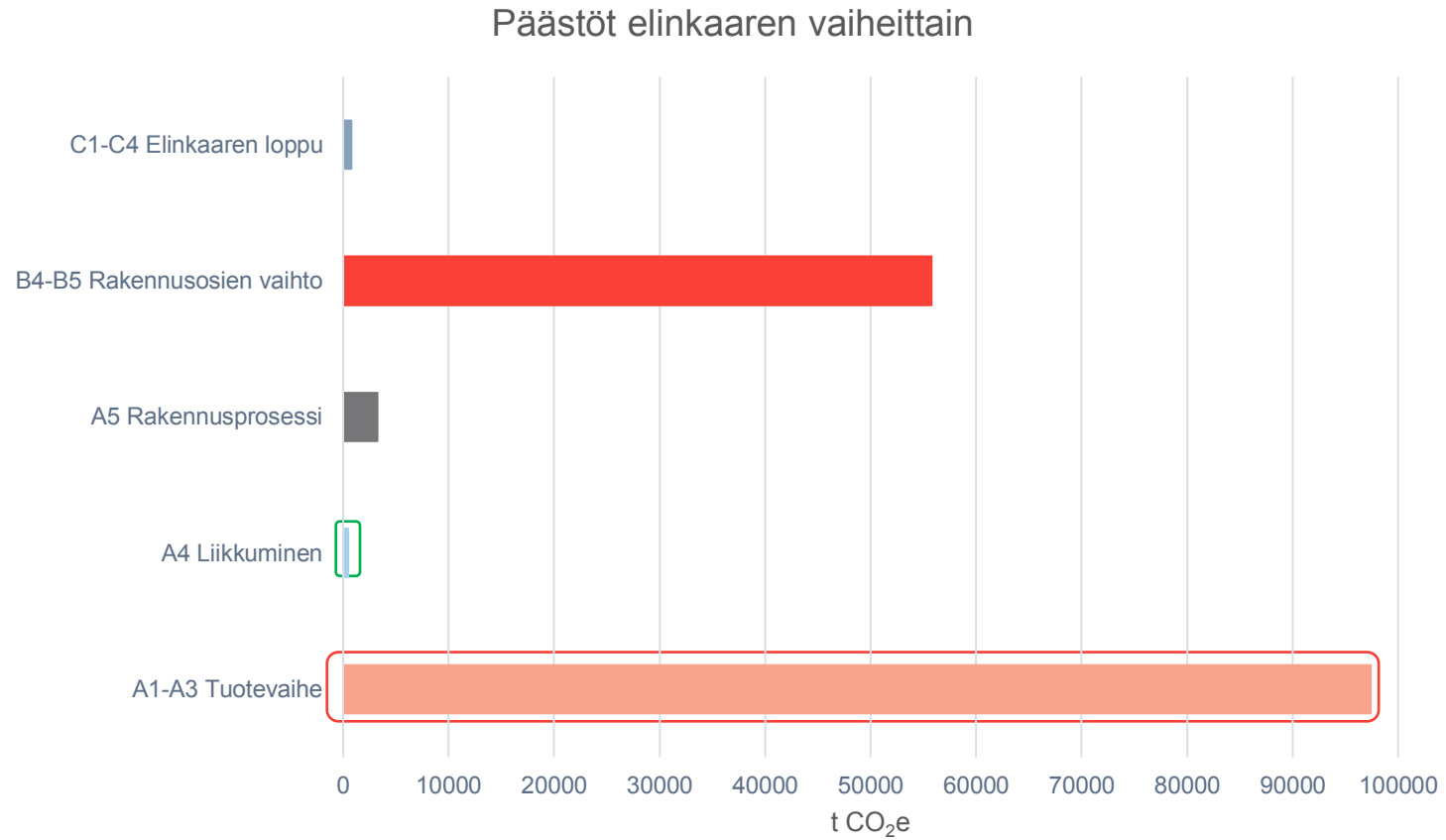


6. Hankealueen kokonaispäästöjen jakautuminen kohteittain

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

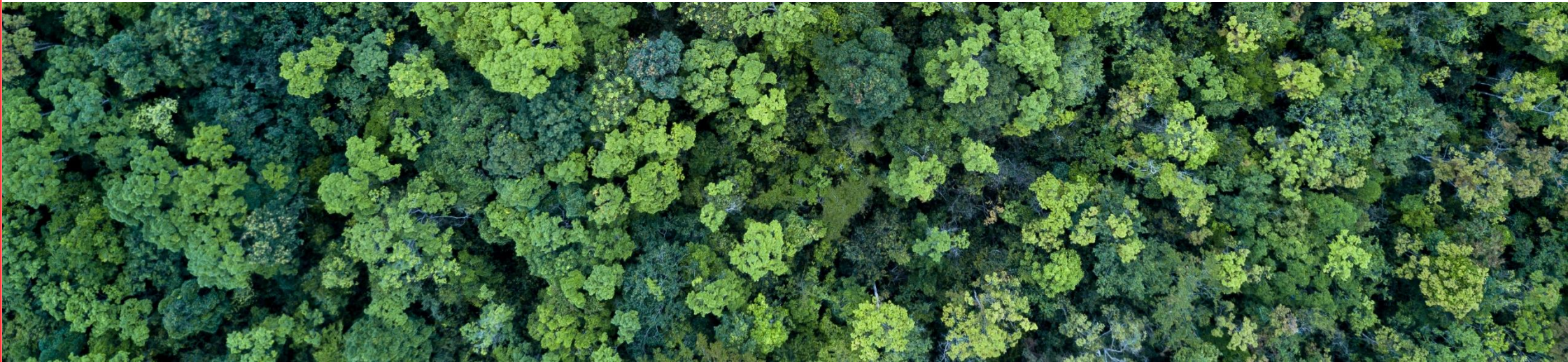
Aurinkovoimalan hiilitaselaskelmassa on oletettu aurinkovoimalan käyttöiän päätyttyä materiaalien päätyvän loppusijoitukseen, eikä materiaalia ole päätynyt kiertoon. **Aurinkovoimalan hiilijalanjälkeä voidaan kuitenkin pienentää kierrättämällä materiaalia osana kiertotaloutta.**

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. **Aurinkopaneelilla 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 metalleja, 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 **39 440 CO₂e**.

Tällöin aurinkovoimalan kokonaispäästöt vähenevät noin 22 %.



8. Päästökertoimen vertailu

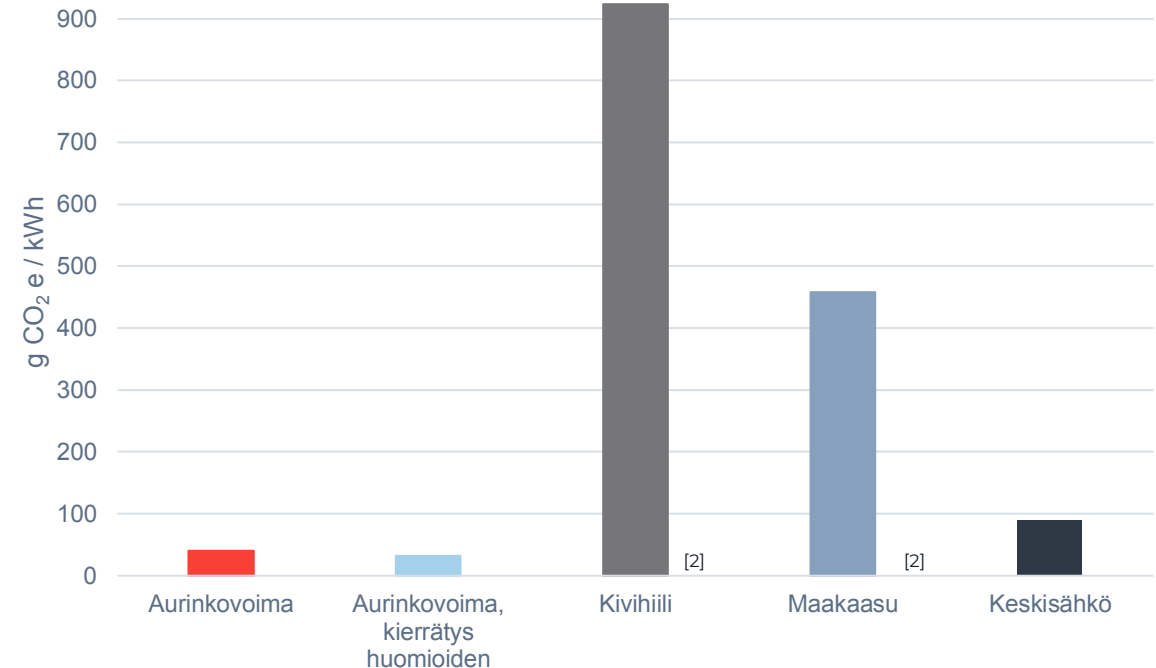
Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun kWh:n päästökerroin on laskennan perusteella noin **40 g CO₂e** ja kierrätyksellä saatavalla vähennyksellä huomioiden noin **31 g CO₂e**.

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 4 % kivihiilellä tuotetun ja noin 9 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta. Kierrätys huomioiden hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön kWh päästökerroin on noin 3 % 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

[3] Energiavirasto. Biomassojen ja biopolttoaineiden kestävyys. <https://energiavirasto.fi/biomassojen-ja-biopolttoaineiden-kestavyys>. Viitattu 26.2.2024.

9. Tulosten tarkastelu

Harjavallan aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset päästöt ovat yhteensä noin **157 620 t CO₂e**. Suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista, ja niiden päästöt ovat **93 939 t CO₂e**. Aurinkopaneeleista tulee 54 % hankkeen päästöistä. Hankkeen pienimmät päästöt tulevat huoltoteistä, joiden päästöt ovat **210 t CO₂e** eli noin 0,1 % hankealueen päästöistä.

Maankäytön päästöihin kuuluu alueelta poistuva hiilivarasto (metsän kaataminen) sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävä hiilinielu. Maankäytön kokonaispäästöt ovat yhteensä koko hankealueella noin **16 490 t CO₂e**, hiilivaraston poistumisen päästöjen ollessa noin **10 740 t CO₂e** ja hiilinielun poistumisen päästöjen ollessa noin **5 750 t CO₂e**. Maankäytön muutoksen osuus kokonaispäästöistä on noin **9 %**.

Elinkaaren eri vaiheita tarkastellessa, havaitaan että suurimmat päästöt aiheutuvat A1 – A3 rakentamisvaiheesta. Rakentamisvaiheen päästöt ovat yhteensä noin **97 380 t CO₂e**. Pienimmät päästöt puolestaan aiheutuvat vaiheessa A4 (kuljetukset) päästöjen ollessa yhteensä noin **462 t CO₂e**. 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 Harjavallan aurinkovoimalalla tuotetun kWh:n päästökertoimeksi **40 g CO₂e**. Kun aurinkovoimalan loppuvaiheen kierrätyksen päästövähennykset otetaan huomioon saadaan tuotetun kWh:n päästökertoimeksi **31 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 86 GWh/a:n tuottamisen päästöt vuodessa noin **7 650 t CO₂e** ja 50 vuodessa noin **382 700 t CO₂e**. Jos tämän hankkeen tuottama sähkö korvaisi tuon määrän, olisi **vuodessa hankkeesta saatava päästövähennelmä yhteensä noin 4 210 t CO₂e ja 50 vuoden aikana päästövähennelmä on yhteensä noin 210 700 t CO₂e**. Päästövähennemän kokonaismäärä vastaa 1 506 075 768km ajoa henkilöautolla* (noin 37 581 kertaa maapallon ympäri).

Jos huomioidaan hankkeen loppuvaiheen kierrätys, olisi hankkeesta saatava päästövähennelmä vuodessa yhteensä noin 4 980 t CO₂e ja 50 vuodessa noin 249 400 t CO₂. Päästövähennemän kokonaismäärä vastaa 1 782 701 930 km ajoa henkilöautolla* (noin 44 484 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

