



Lassinniityn aurinkovoimalan hiilitaselaskelma

Nordic Generation Oy

15.11.2024 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

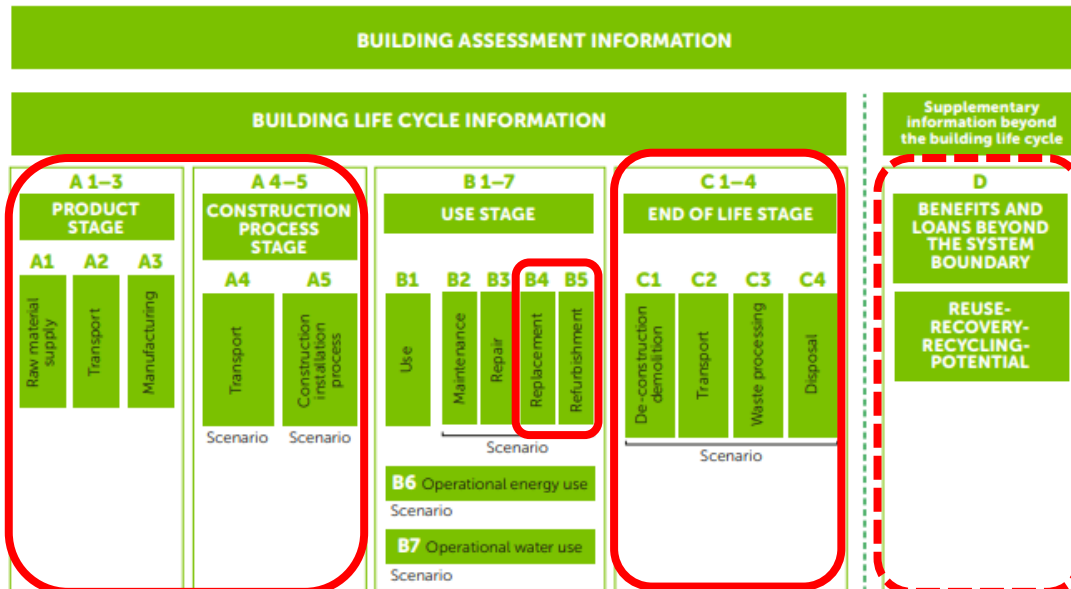
Työn tilaajana on Nordic Generation Oy.

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 jätteiden kuljetus, C3 jätteen tuotanto, C4 jätteenloppusijoitus). Lisäksi raportin 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

Lassinniityn aurinkovoima-alueen pinta-ala on 179,53 ha, josta rakennettavan alueen pinta-ala on 179,53 ha.

Aurinkovoimalan vuosituotanto on noin 110 GWh.

Voimalan käyttöiän oletetaan olevan 40 vuotta.

Aurinkopaneelien määrä 191 052 kpl.

Muuntamoiden määrä 22 kpl.

Invertterien määrä 326 kpl.

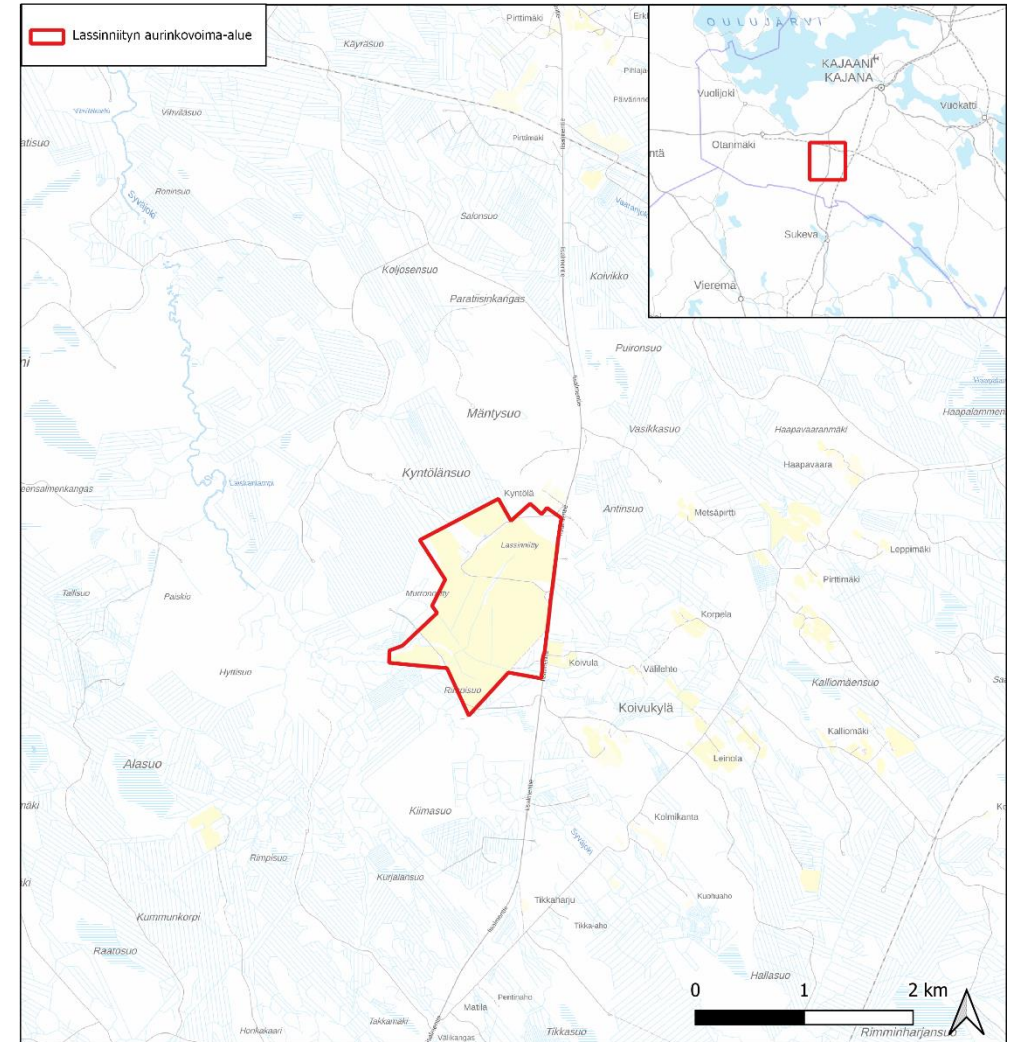
Maakaapelin pituus 4 km

Ilmajohdon pituus 12 km

Arvioitu sisäisten kaapeleiden pituus 1 763 km

Huoltotien pituus 17,1 km, josta 3,5 km vahvistettavaa tietä.

Tiedot perustuvat tämän hetkisiin suunnitelmiin ja tilaajalta saatuihin lähtötietoihin. Muuntamoiden ja inverttereiden mallit on arvioitu aikaisempien projektien pohjalta. Sisäisten kaapeleiden pituus on arvioitu myös aikaisempien aurinkovoimalahankkeiden hiilitaselaskelmien perusteella, laskemalla sisäisten kaapeleiden keskimääräinen pituus suhteessa rakennettuun pinta-alaan.



Tulostettu 08/11/2024, MN.
Taustakartta @ Maanmittauslaitos

Lassinniityn aurinkovoima-alueen sijainti kartalla.

3. Työn kuvaus

Työssä laskettiin suunnitellun aurinkosähkön tuotantoalueen hiilitaselaskelma. Hiilitaselaskelmassa lasketaan koko aurinkovoimalan elinkaaren aikana tuottamat hiilipäästöt. Laskelmissa huomioidaan aurinkovoima-alueella 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 40 vuoden laskentajakson aikana.

Muuntamoiden alle oletetaan lisättävän 30 cm paksuinen sorakerros.

Huoltotiet oletetaan sorateiksi, joiden alla on suodatinkangas.

Kaapeleiden oletetaan olevan matala- ja keskijännitemaakaapeleita.

Laskennassa aurinkovoima-alueella 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
- Ilmajohto
- Muuntamot
- Muuntamoiden alle tuleva sorapeti
- Metsien kaataminen (hiilivarasto ja hiilinielu)
- Aurinkopaneelien terästeline

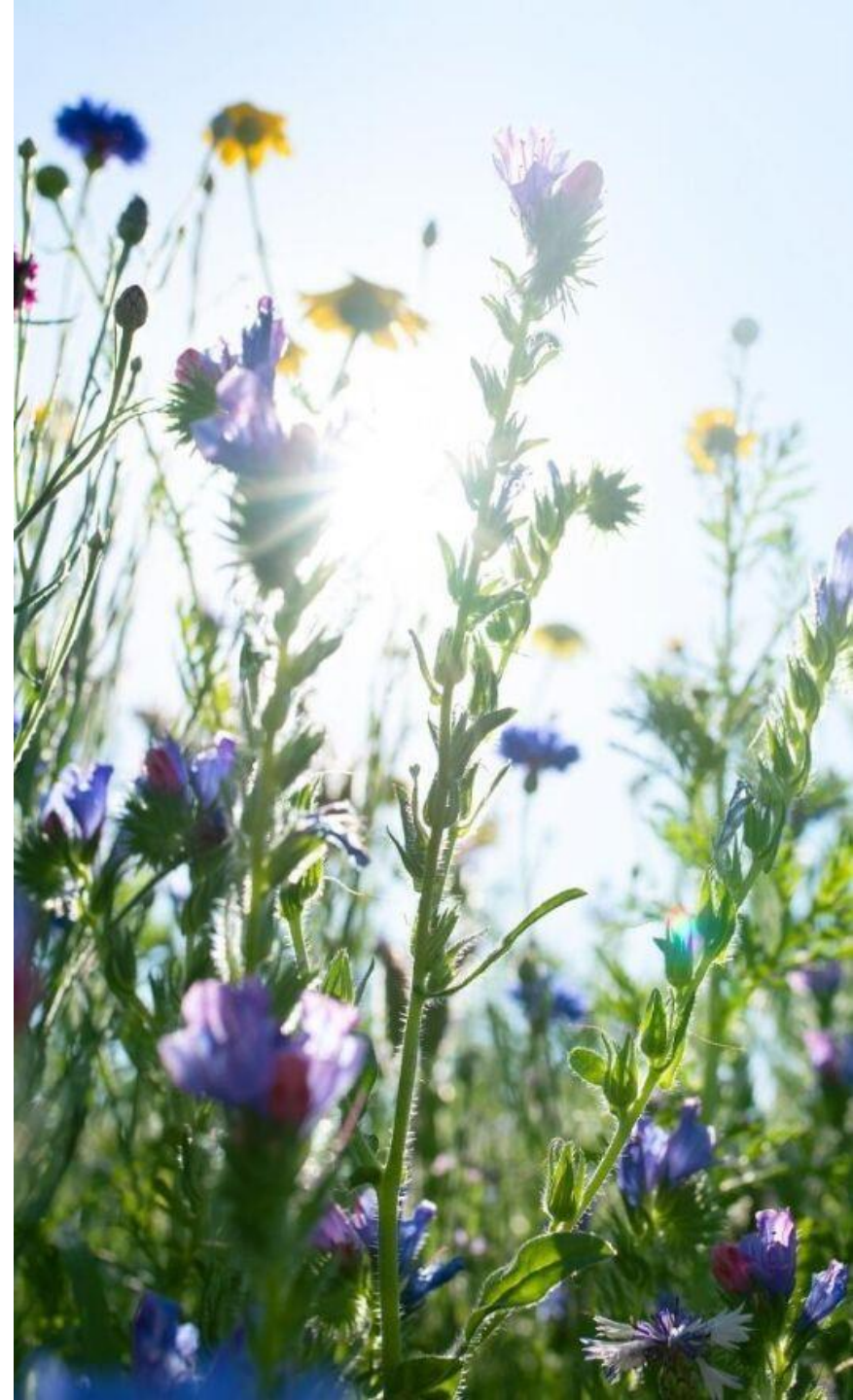
Rajattu pois (ei arvoja ohjelmassa tai ei tarkkoja määriä tiedossa):

- Työmaan päästöt
- Aurinkopaneelien perustukset
- Sähköasema
- Sähkövarasto / BESS

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. Muista poiketen ilmajohtoon päästökerroin perustuu Fingridin vuosikertomusten 2022 ja 2023 esitettyihin materiaalihankintojen voimajohtokilometrien aiheuttamiin päästöihin sekä uusiin voimajohtokilometreihin. ^[1 & 2] Laskelmat sisältävät oletuksia ja epävarmuuksia.

[1] Fingrid, Vuosikertomus 2022. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/vuosikertomus/2022/fingrid_oyj_vuosikertomus_2022.pdf

[2] Fingrid, Vuosikertomus 2023. <https://www.fingrid.fi/sivut/yhtio/vuosikertomus/>

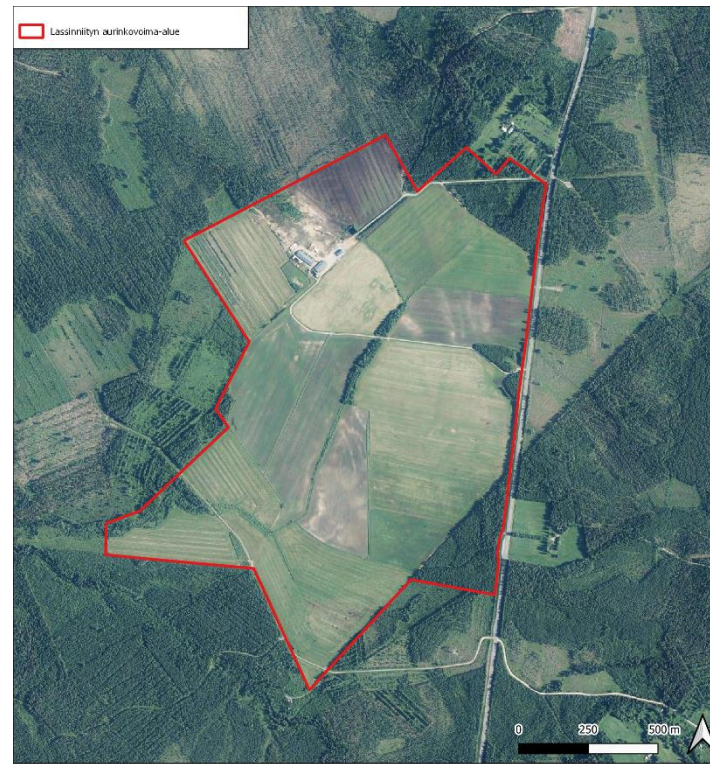


5. Maankäytön muutos

Lassinniityn aurinkovoima-alue sijoittuu pääosin peltomaalle, mutta alueelle sisältyy myös pieniä metsäalueita. Laskelmassa oletetaan, että kaikki aurinkovoima-alueella sijaitsevat metsäalueet kaadetaan rakentamisen tieltä. Kaadettavan puuston määrä alueelta on yhteensä noin 16,5 ha. 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 12/11/2024, MN.
Ortakuva © Maanmittauslaitos

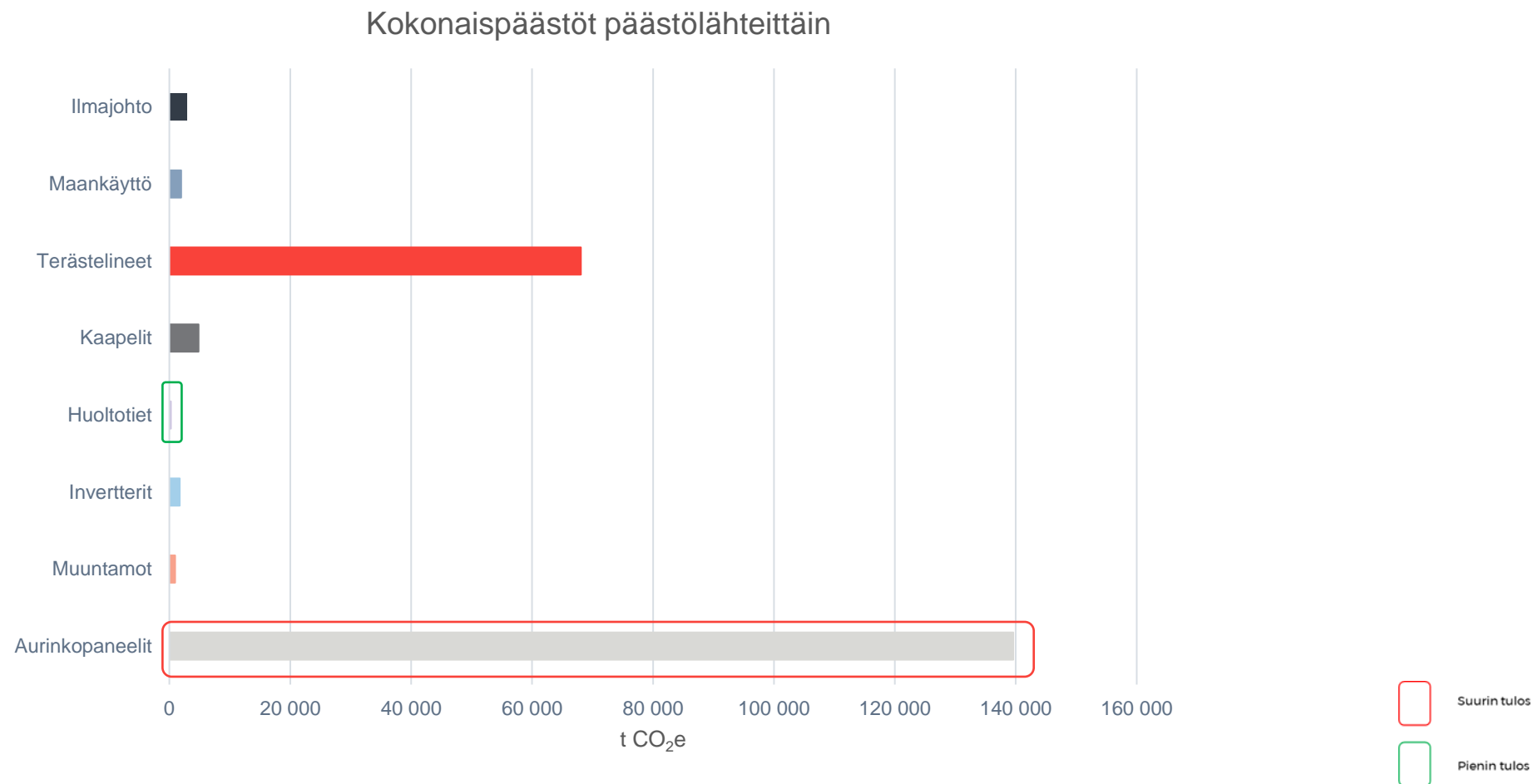
wsp

Lassinniityn aurinkovoima-alueella sijaitsevat metsäalueet..

Maankäytön muutoksen (puiden kaataminen) lähtötiedot.

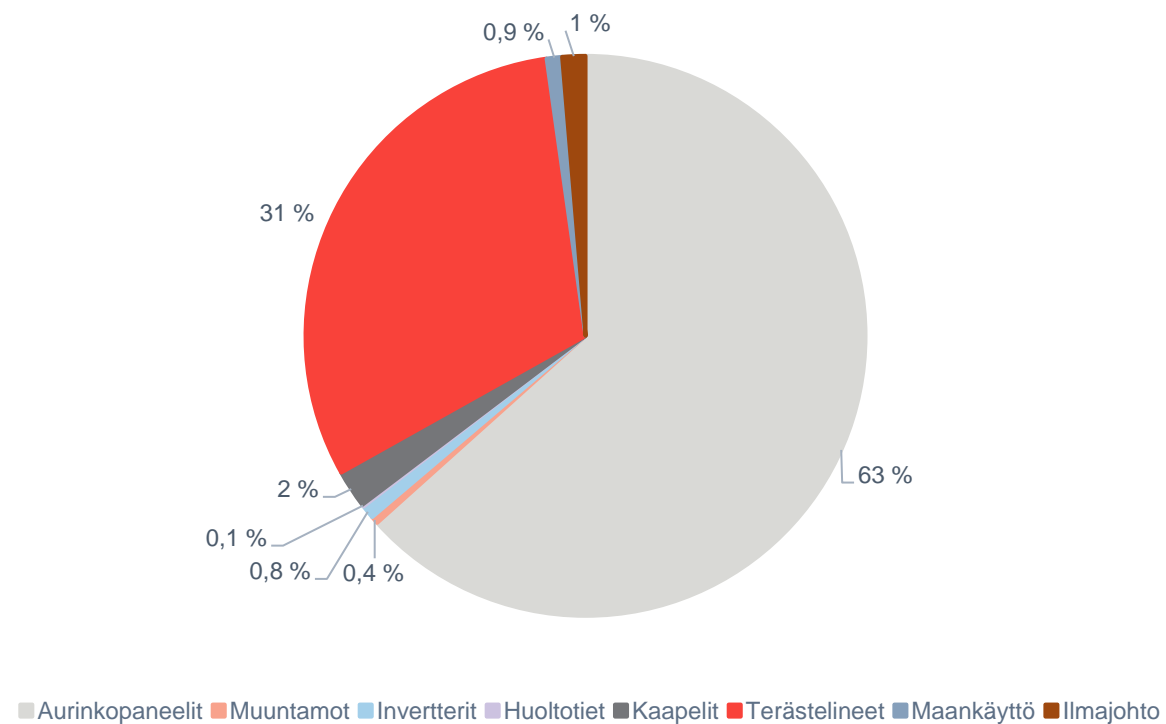
Muuttuja	Arvot
Rakennettavan alueen pinta-ala (ha)	179,5
Puuston keskitilavuus alueella (m ³ /ha) ^[3]	103
Puuston keskikasvu (m ³ /ha/a) ^[3]	1,0
Puuston kuiva-tuoretiheys (kg/m ³) ^[3]	451
Hiilen osuus puun kuiva-aineksesta	50 %
Hiilen osuus hiilidioksidista	27 %
Puuston sitoma hiilidioksidi (tCO ₂ /m ³)	0,824

6. Kokonaispäästöjen jakautuminen päästölähteisiin

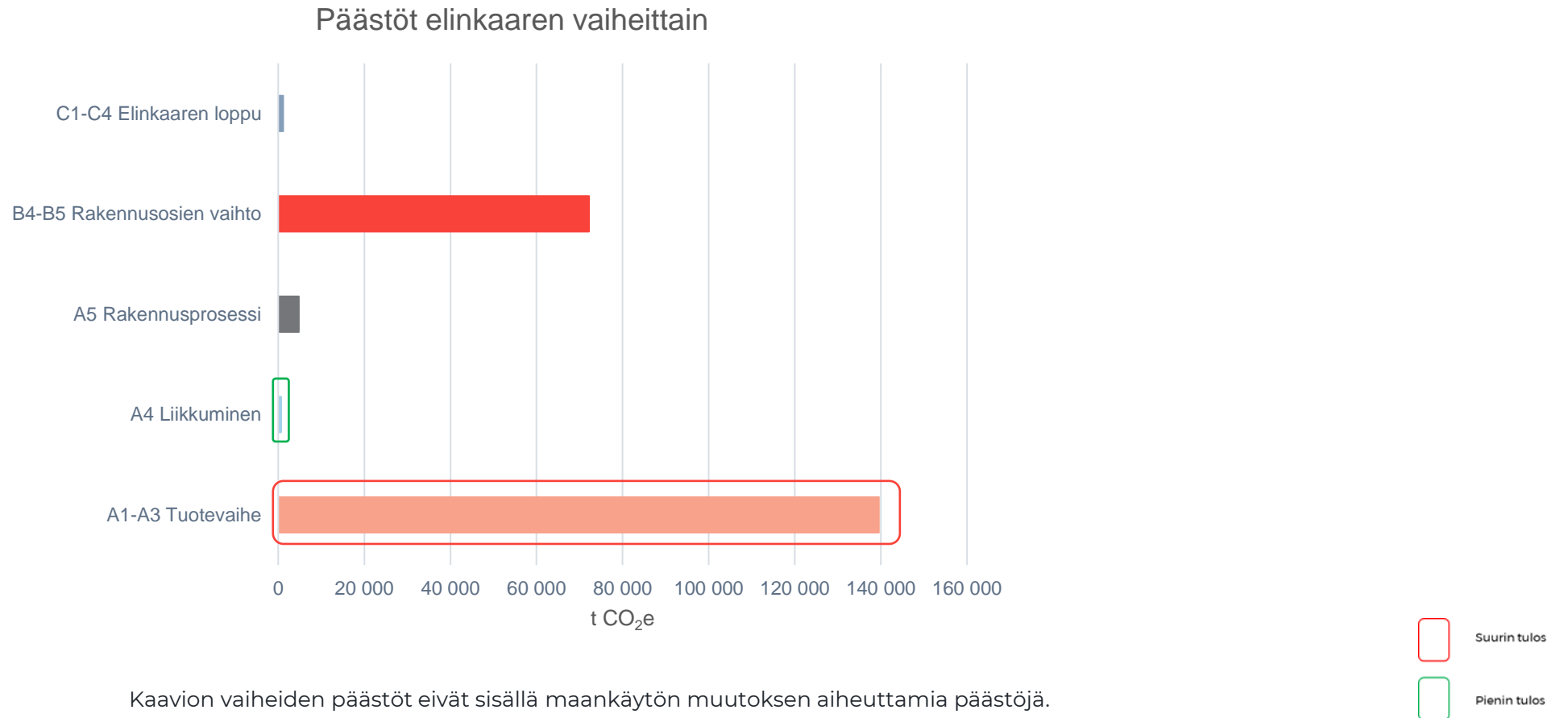


6. Aurinkovoima-alueen kokonaispäästöjen jakautuminen kohteittain

Päästölähteiden osuudet kokonaispäästöistä



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



7. Kierrätyksen vaikutukset

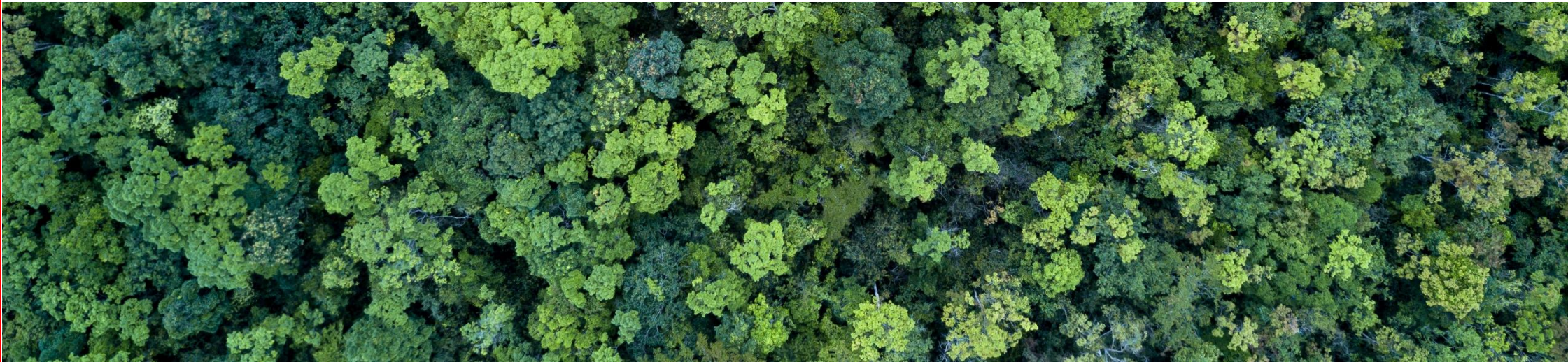
Aurinkovoimalan hiilitaselaskelmassa on oletettu aurinkovoimalan käyttöiän päätyttyä materiaalien päätyvän loppusijoitukseen, eikä materiaalia ole päätynyt kiertoon. **Aurinkovoimalan hiilijalanjälkeä voidaan kuitenkin pienentää kierrättämällä materiaalia osana kiertotaloutta.**

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 koko ajan 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.

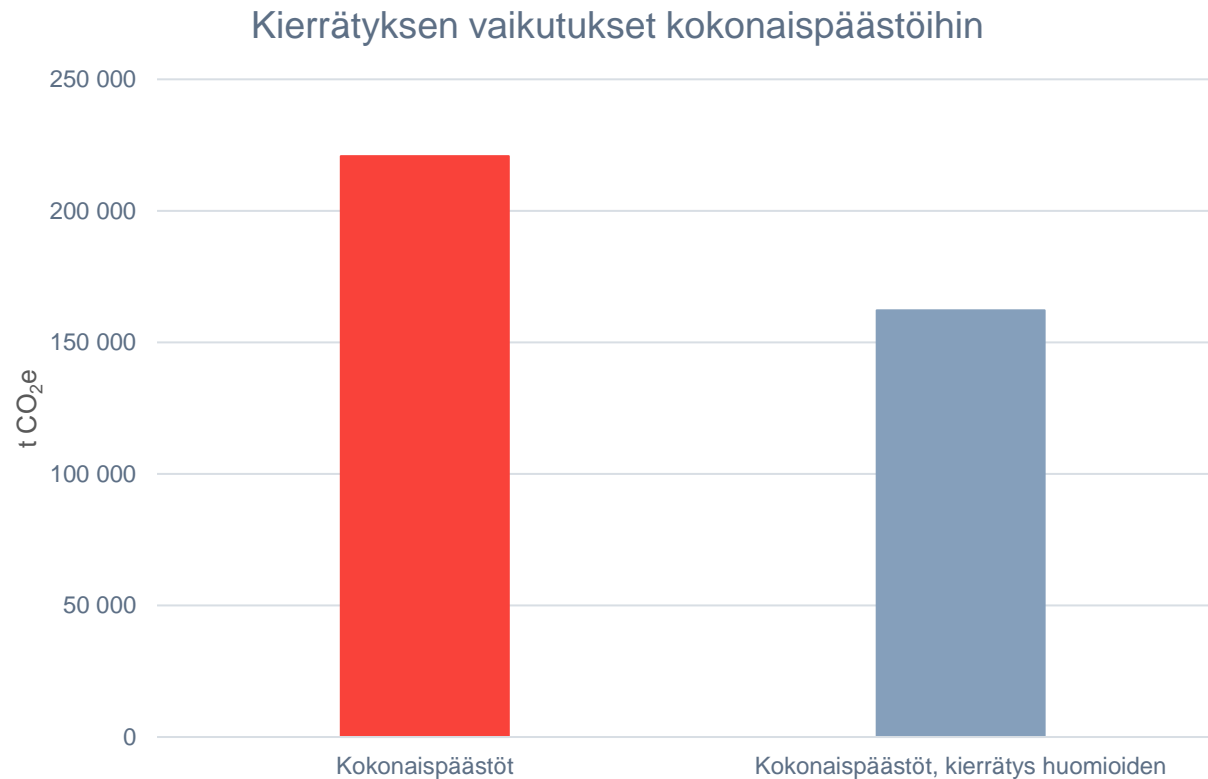
Kaapelit sisältävät suurimmaksi osaksi metallia, kuten kuparia ja alumiinia. **Kuparin ja alumiinin kierrätys on kannattavaa, sillä sitä voidaan teräksen tapaan kierrättää lähes loputtomiin ilman että sen laatu tai ominaisuudet heikentyvät.**



7. Kierrätyksen ja uudelleenkäytön vaikutus kokonaispäästöihin

Mikäli elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset otetaan huomioon laskelmissa, voidaan tämän hetken kierrätyksen ja uudelleenkäytettävyyden mahdollisuuksilla vähentää aurinkovoimalan kokonaispäästöjä yhteensä noin **58 630 CO₂e**.

Tällöin aurinkovoimalan kokonaispäästöt vähenevät noin 27 %.



8. Päästökertoimen vertailu

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on laskennan perusteella noin **50 g CO₂e/kWh** ja kierrätyksellä saatavalla vähennyksellä huomioiden noin **37 g CO₂e/kWh**.

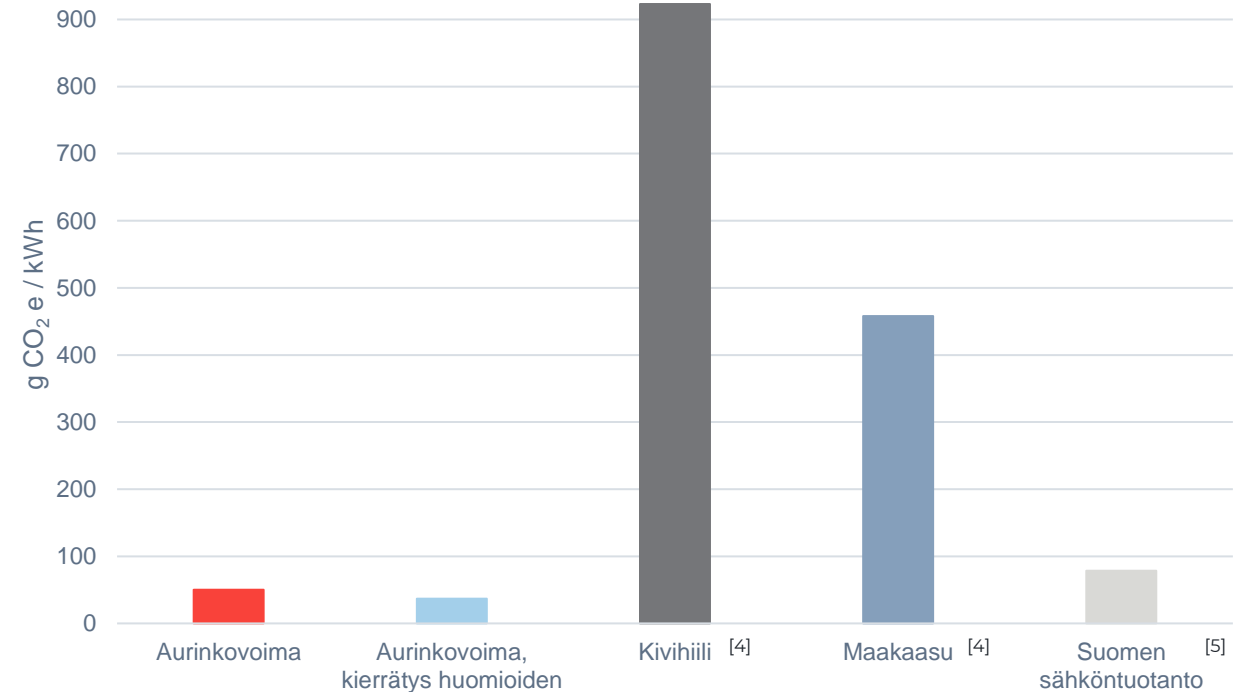
Kivihiilellä tuotetun sähkön päästökerroin on noin **923 g CO₂e/kWh** ja maakaasulla noin **458 g CO₂e/kWh**.

Vuonna 2022 Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaaren päästökerroin oli **78,5 g CO₂e/kWh**.

Hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on noin 5 % kivihiilellä tuotetun ja noin 11 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta sekä noin 64 % Suomen sähköntuotannon päästökertoimesta.

Kierrätys huomioiden hankkeen aurinkovoimalla tuotetun sähkön päästökerroin on noin 4 % kivihiilellä tuotetun ja noin 8 % maakaasulla tuotetun sähkön päästökertoimesta sekä noin 47 % Suomen sähköntuotannon päästökertoimesta.

Vaihtoehtoiset energiantuotantotavat



[4] 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

[5] Tilastokeskus, 2024. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000–2023. https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_14qt.px/

9. Tulosten tarkastelu

Lassinniityn aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset päästöt ovat yhteensä noin **220 310 t CO₂e**. Suurimmat päästöt aiheutuvat aurinkopaneeleista, ja niiden päästöt ovat noin **139 590 t CO₂e**. Aurinkopaneeleista tulee 63 % hankkeen päästöistä. Hankkeen pienimmät päästöt tulevat huoltoteistä, joiden päästöt ovat noin **250 t CO₂e** eli noin 0,1 % aurinkovoima-alueen päästöistä.

Maankäytön päästöihin kuuluvat alueelta poistuva hiilivarasto (metsän kaataminen) sekä aurinkovoimalan elinkaaren ajalta menetettävä hiilinielu. Maankäytön kokonaispäästöt (metsien kaataminen) ovat yhteensä koko aurinkovoima-alueella noin **1 960 t CO₂e**, hiilivaraston poistumisen päästöjen ollessa noin **1 410 t CO₂e** ja hiilinielun poistumisen päästöjen ollessa noin **550 t CO₂e**. Maankäytön muutoksen osuus kokonaispäästöistä on noin 0,9 %.

Elinkaaren eri vaiheita tarkastellessa havaitaan, että suurimmat päästöt aiheutuvat A1 – A3 tuotevaiheessa. Tuotevaiheen päästöt ovat yhteensä noin **139 530 t CO₂e**. Pienimmät päästöt puolestaan aiheutuvat vaiheessa A4 (kuljetukset) päästöjen ollessa yhteensä noin **690 t CO₂e**. Elinkaaren eri vaiheiden päästöissä ei ole huomioitu maankäytön muutoksesta aiheutuneita päästöjä.

Lisäksi päästöt pienenevät yhteensä noin **2 940 CO₂e**, jos 12 km ilmajohtoa ei toteuteta hankkeessa. Sähkönsiirron ilmajohdon päästökerroin sisältää vain voimajohdon tuotevaiheessa syntyvät päästöt (A1-A3).

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

9. Tulosten tarkastelu

Laskelmien perusteella saadaan Lassinniityn aurinkovoimalalla tuotetun sähkön päästökertoimeksi **50 g CO₂e/kWh**. Kun aurinkovoimalan loppuvaiheen kierrätyksen päästövähennykset otetaan huomioon saadaan tuotetun sähkön päästökertoimeksi **37 g CO₂e/kWh**.

Suomen sähköntuoton keskimääräistä päästökerrointa seuraaville 40 vuodelle ei ole määritetty ja parhaimmillaankin luku olisi tämän hetken paras arvaus. Jos seuraavan 40 vuoden aikana ei tapahtuisi muutosta sähkön tuotantotavoissa ja Suomen sähköntuotannon keskimääräisenä päästökertoimena pysyisi vuoden 2022 päästökerroin (78,5 g CO₂/kWh) olisi 110 GWh/a:n tuottamisen päästöt vuodessa noin **8 640 t CO₂e** ja 40 vuodessa noin **345 400 t CO₂e**. Jos tämän hankkeen tuottama sähkö korvaisi tuon määrän, olisi **vuodessa hankkeesta saatava päästövähennelmä yhteensä noin 3 130 t CO₂e ja 40 vuoden aikana päästövähennelmä on yhteensä noin 125 090 t CO₂e**.

Jos huomioidaan hankkeen loppuvaiheen kierrätys, olisi hankkeesta saatava päästövähennelmä vuodessa yhteensä noin 4 590 t CO₂e ja 40 vuodessa noin 183 720 t CO₂.

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

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 päästöjen vähentämiseksi ja niiden minimoimiseksi, erityisesti suunnittelu- ja rakennusvaiheessa:

- Vähähiilisten materiaalien käyttäminen (esim. teräksen ja betonin osalta)
- Uusiomateriaalien käyttäminen (esim. betonimurske huoltoteissä)
- Kuljetusmatkojen optimointi
- Materiaalien kierrätyksen optimointi
- Hiilivarastojen sekä -nielujen menetyksen minimoiminen optimoimalla rakennusvaiheessa kaadettavan puuston määrää
- Aurinkovoimalan käyttöikää optimoimalla voidaan potentiaalisesti pienentää päästökerrointa. Aurinkovoimalan tuottaessa energiaa vähemmän aikaa, se vaikuttaa kokonaistuotantoon ja siten myös päästökertoimeen.



Työn laskentaan ja raportointiin osallistuivat:

Minna Nousiainen (WSP Finland Oy)

minna.nousiainen@wsp.com

QA: Sonja Kuokkanen