

13.10.2025



Kettukankaan aurinkopuistohanke

Aurinkopuistohankkeen ilmastovaikutusten arviointi

13.10.2025

Sisällysluettelo

1.	Johdanto	3
2.	Hiilitaselaskelmassa käytetyt oletukset, metodit ja lähtötiedot	5
2.1.	Aurinkovoimalan elinkaaren hiilijalanjälki	5
2.2.	Lähtötiedot	5
2.3.	Elinkaaren vaiheet	5
2.4.	Tarkastelun rajaus	6
2.5.	Maaperän ja kasvillisuuden arviointi	7
2.6.	Tuotettu energia ja positiiviset ilmastovaikutukset	8
3.	Inventaarioanalyysi	10
3.1.	Hankkeen lähtötiedot	10
3.2.	Tuotevaihe A1-A3	10
3.2.1.	Aurinkopaneelit	10
3.2.2.	Telineet	11
3.2.3.	Paalut	11
3.2.4.	Invertteri	11
3.2.5.	Kaapelit	11
3.3.	Rakennusvaihe A4-A5	11
3.3.1.	Materiaalien kuljetukset	11
3.3.2.	Maarakennustyöt	12
3.3.3.	Asennustyöt	12
3.4.	Käyttövaihe B1-B7	13
	Komponenttien vaihdot	13
3.5.	Purkuvaihe C1-C4	13
4.	Tulokset	14
4.1.	Aurinkopuiston elinkaaren hiilijalanjälki	14
4.2.	Aurinkopuiston tuottaman positiiviset ilmastovaikutukset	17
4.3.	Tulosten yhteenveto	19
	Lähteet	20

13.10.2025

1. Johdanto

Oulun Seudun Sähkö suunnittelee Tyrnävän Kettukankaalle aurinkoenergian tuotantoaluetta, joka koostuu yhdestä hankealueesta neljän eri kiinteistön alueella. Tässä raportissa tarkastellaan kiinteistöille .859—401—90—6, .859—401—8—53, .859—401—8—16 ja .859—401—8—107 suunnitellulle noin 24,5 MWp aurinkopuistohankkeen elinkaaren aikaisia ilmastovaikutuksia. Raportti on tehty hankkeen rakentamisluvan hakemista varten. Hankkeelle tehdyssä ilmastovaikutusten arvioinnissa arvioitiin aurinkopuiston elinkaaren aikana syntyviä ilmastovaikutuksia, jotka voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

- 1) Materiaalit ja rakentaminen
- 2) Maankäytön muutos
- 3) Aurinkopuiston tuottama energia

Materiaalien ja rakentamisen osalta tarkastellaan aurinkopuistossa käytettävien komponenttien valmistaminen, kuljetus, aurinkopuiston rakentaminen ja käytöstä poisto. Maankäytön muutoksessa huomioidaan hankkeen vaikutukset hankealueen puuston hiilivarastoon sekä hiilinieluun. Nämä kaksi luokkaa tuottavat vaikutukseltaan negatiivisia ilmastovaikutuksia. Positiivisten ilmastovaikutusten osalta arvioidaan aurinkopuiston elinkaaren aikana tuottamaa energiaa kahden eri skenaarioanalyysin perusteella.



Kuva 1. Hankealue

Ilmastovaikutusten arviointi perustuu hankkeen alustaviin suunnitelmiin sekä oletuksiin aurinkopuiston tehokapasiteetista sekä pinta-alasta. Hankealueen keskeiset tiedot on koottu alla olevaan taulukkoon 1. Hankealue on peltoaluetta. Myös hankealueen ympäristö on pääosin peltoaluetta sekä metsää. Ympäristössä olevat metsäalueet ovat pääsääntöisesti sekametsää. Alueelta ei poisteta puustoa. Hankealueen aurinkopaneelikentät koostuvat telineyksiköistä, joihin

13.10.2025

aurinkopaneelit kiinnitetään 30 asteen kulmassa maanpintaan nähden sekä keskusinvertteriyksiköistä. Paneelikentille rakennetaan lisäksi tarvittavat huoltotiet.

Taulukko 1. Hankkeen keskeiset tiedot

Tiedot	Määrä	Yksikkö
Hankealueen kokonaispinta-ala	30,91	ha
Aurinkopuiston kapasiteetti	24,5	MWp
Aurinkopuiston arvioitu vuosittainen tuotanto	24	GWh
Aurinkopuiston arvioitu käyttöikä	35	v

13.10.2025

2. Hiilitaselaskelmassa käytetyt oletukset, metodit ja lähtötiedot

2.1. Aurinkovoimalan elinkaaren hiilijalanjälki

Aurinkovoimahankkeella on ilmastovaikutuksia koko sen elinkaaren ajan. Näitä vaikutuksia kuvataan hiilitaselaskennalla, jossa arvioidaan hankkeen aiheuttamat negatiiviset ja positiiviset ilmastovaikutukset. Ilmastonlämpenemisvaikutus syntyy hankkeen eri elinkaaren vaiheissa tuotetuista kasvihuonekaasupäästöistä. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on muunnettu vastaamaan hiilidioksidin vaikutusta, ja tulokset esitetään hiilidioksidiekvivalenteina CO₂e, mikä mahdollistaa eri vaiheissa ja eri lähteistä syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen vertailun.

Kettukankaan aurinkopuistohankkeelle tehdyssä hiilitaselaskelmassa noudatetaan elinkaariarvioinnin ja hiilijalanjäljen laskennan standardien (ISO 14040 & ISO 14044) periaatteita.

2.2. Lähtötiedot

Elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysi on toteutettu laskemalla aurinkovoimalan materiaalien ja komponenttien määrät. Tämä laskenta kattaa materiaalien ja komponenttien valmistuksesta, kuljetuksesta, käytöstä ja purkamisesta aiheutuvat päästöt.

Raportin inventaariolaskelman päästötietokantana on käytetty Suomen ympäristökeskuksen tuottamaa CO₂data-päästötietokantaa (CO₂data.fi, 2024). Päästötietokantaa on käytetty myös hankkeen kuljetusten sekä infratöiden päästökertoimien lähteenä. Aurinkovoimalan elektroniikkakomponenttien, kuten esimerkiksi aurinkopaneelien ja inverttereiden, päästötietojen lähteenä on käytetty tuotteiden valmistajien tekemiä ympäristöselosteita (Environmental Product Declaration).

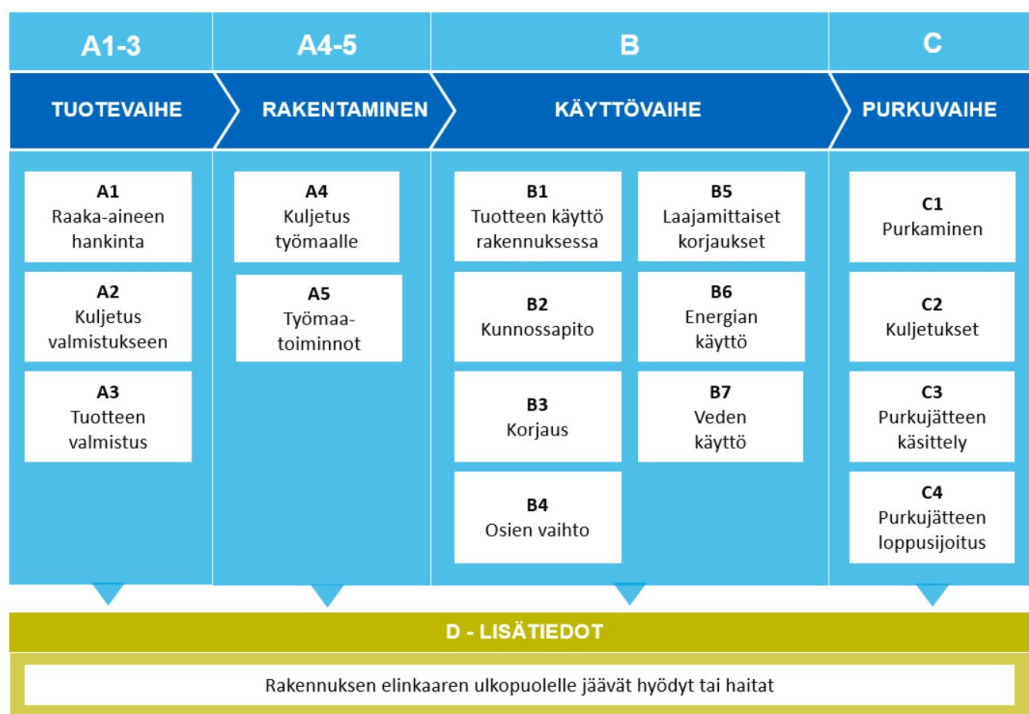
Hankealueen puuston hiilivarastojen ja hiilinielujen arvioimiseen on käytetty Luonnonvarakeskuksen Metsävara-aineistoa (Luonnonvarakeskus 2023).

Aurinkopuiston elinkaaren aikana tuottaman energian positiivisia ilmastovaikutuksia on arvioinnissa hyödynnetty Tilastokeskuksen ja Kansainvälisen energijärjestön (IEA) tuottamia aineistoja sähköntuotannon päästökertoimista.

2.3. Elinkaaren vaiheet

Tuotevaiheen A1–A3 kuvaavat materiaalien valmistuksesta syntyvät päästöt raaka-aineen hankinnasta tuotteen valmistukseen saakka. Rakennusvaiheessa A4–A5 kuvaavat rakentamisen aikaisia päästöjä materiaalien kuljettamisesta työmaalle aina tuotantovaiheen saavuttaneeseen aurinkovoimalaan. Käyttövaiheen B1–B7 kuvaavat aurinkovoimalan operointivaiheen aikaisia päästöjä ja purkuvaiheen C1–C4 kuvaavat purkamisesta, kierrättämisestä ja ennallistamisesta syntyviä päästöjä. Elinkaarivaiheet ovat kuvattuna alla olevassa kuvassa 2.

13.10.2025



Kuva 2. Rakennushankkeen elinkaaren vaiheet (Bionova Oy 2017)

2.4. Tarkastelun rajaus

Taulukossa 2 kuvataan hankkeen hiiliaselaskelmissa tarkasteltavia elinkaaren vaiheita. Tarkasteltavien päästölähteiden ulkopuolella ovat muun muassa sähköaseman komponentit ja rakentaminen, työntekijöiden kulkemat työmatkat, työkoneiden kuljetukset sekä työkoneiden ja työkalujen valmistukset. Näiden arvioiminen on haastavaa, sillä arvioiminen sisältää useita muuttujia ja tietoja ei ole tarpeeksi saatavilla.

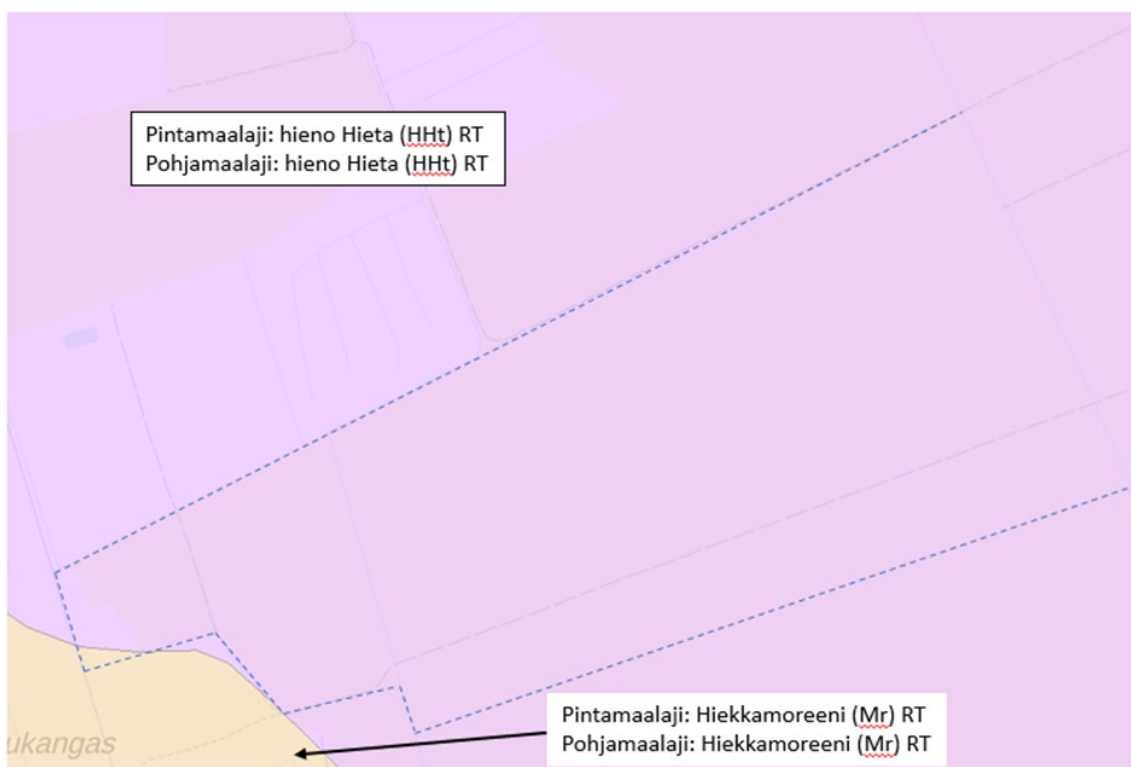
Taulukko 2. Hankkeen hiiliaselaskelmassa tarkasteltavat elinkaaren vaiheet.

Vaihe	Tuotevaihe			Rakentaminen		Käyttövaihe	Purkuvaihe
Vaiheen tunnistus	A1	A2	A3	A4	A5	B1-B7	C1-C4
Arviointi	X	X	X	X	X	X	X
Arvioitavat päästölähteet	- Aurinkopaneelit - Telineet - Perustukset - Invertterit - Kaapelit			- Työkoneiden käyttämä energia - Rakennusvaiheen kuljetukset - Maatyöt - Hakkuutyöt		- Osien vaihto - Metsän hiilinielun menetys	- Purkutyöt - Paneelien ja invertterien loppukäsittely ja loppusijoitus - Kuljetukset
Arvioinnin ulkopuolella	- Muuntajat - Sähköaseman komponentit - Akustot - Työkoneiden ja työkalujen valmistus			- Työntekijöiden työmatkat - Sähköaseman rakentaminen - Työkoneiden kuljetukset - Pakkausmateriaalit		- Työntekijöiden työmatkat - Kunnossapito - Korjaukset	- Työntekijöiden työmatkat - Rakennusjätteen loppusijoitus ja käsittely

13.10.2025

2.5. Maaperän ja kasvillisuuden arviointi

Geologian tutkimuskeskuksen Maankamara paikkatietopalvelun mukaan hankealueen pinta- ja pohjamaalaji on hieno hieta. GTK:n pohjatutkimuskartan mukaan lähimmät pohjatutkimustiedot sijaitsevat hankealueen välittömässä läheisyydessä, hankealueen lounaisosassa. Tämän kartoituksen mukaan alueella on happamia sulfaattimaita ja sulfidikerroksen alkamissyvyys on 0–1.0 m. Ennen varsinaista aurinkovoimalan suunnittelua kohteessa suoritetaan maaperätutkimus, jonka yhteydessä tutkitaan happamien sulfaattimaiden esiintyminen tarkemmin. Tämän tutkimuksen tuloksia hyödynnetään voimalan suunnittelussa ja teknisissä ratkaisuissa siten, että happamia sulfaattimaita ei tulla paljastamaan rakentamisen aikana.



Kuva 3. Hankealueen maaperän tiedot GTK:n Maankamara -aineiston pohjalta

Hankealueen maapeitetietoja tarkasteltiin CORINE Land Cover 2018 -aineiston (CORINE) pohjalta. Hankealue on luokiteltu peltomaaksi. Hankealueen ympäristö on peltomaata sekä sekametsää. Hankealueesta koilliseen sijoittuu maatalousmosaiikkimaita sekä väljästi rakennettu asuinalue.

13.10.2025



Kuva 4. Hankealue CORINE Land Cover 2018 -aineiston perusteella

Aurinkopuiston rakentaminen peltomaalla vaatii vain vähän maanmuokkaamista, sillä peltoalueiden maapeitettä on muokattu useaan otteeseen viljelykäytön aikana. Tämän takia peltoalueet ovat yleisesti tasaisia, puuttomia ja suurimmat kivet ovat peltoalueilta nostettu pois. Nämä tarjoavat aurinkopuiston rakentamisen kannalta hyvät lähtökohdat, jolloin maarakennustöiden osalta työmäärät vähenevät merkittävästi verrattuna esimerkiksi alueisiin, joilla on puustoa ja maaperässä runsaasti kiviä.

Hiilitaselaskemassa on oletettu, että maankäytön muutosten vaikutukset peltoalueiden hiilinieluihin ja -varastoihin ovat hyvin vähäiset. Maanpinnan muokkaamista, jolloin maaperän hiiltä voi vapautua, on tarpeen tehdä vain rakentamisen aikana, joka on verrattain lyhyt ajanjakso verrattuna aurinkopuiston elinkaareen. Hankealueen peltoalueiden voidaan olettaa muuttuvan aurinkopuiston elinkaaren ajaksi niittymäisiksi alueiksi.

2.6. Tuotettu energia ja positiiviset ilmastovaikutukset

Aurinkopuiston energiantuotantoa on arvioitu PVsyst -ohjelmiston avulla. PVsyst on yleisesti aurinkovoima-alalla käytetty ohjelmisto, jolla voidaan suunnitella ja simuloida tarkasti aurinkopuistojen tuotantoa voimalan elinkaaren aikana.

Aurinkopuiston on arvioitu tuottavan ensimmäisenä vuotena keskimäärin noin 24,5 GWh ja elinkaarensa aikana noin 802 GWh. Aurinkopuiston energiatuotannon on oletettu alkavan vuoden 2027 aikana.

Aurinkovoiman positiiviset ilmastovaikutukset toteutuvat, kun aurinkovoimalla korvataan päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä energiantuotannossa. Aurinkopuistohankkeen positiivisten ilmastovaikutusten arvioinnissa haasteita aiheuttavat niin käynnissä oleva energiantuotantorakenteen muutos kuin sähkön päästökertoimien arvioiminen tulevaisuudessa. Muuttuva energiantuotantorakenne vaikeuttaa korvattavan sähköntuotannon arvioimista.

Aurinkopuistohankkeen positiivisia ilmastovaikutuksia arvioidaan kahden skenaarion kautta, joissa tehdään oletuksia sähköntuotannon päästökertoimista voimalan elinkaaren aikana:

- 1) Ensimmäisessä skenaariossa oletetaan, että aurinkopuiston tuottama energia tulee korvaamaan päästöintensiivisempiä ja kalliimpia energiantuotantomuotoja. Korvatus sähkö oletetaan olevan tuotettu pääosin turpeella, kivihiilellä ja maakaasulla. Skenaariossa on käytetty sähköntuotannon

13.10.2025

elinkaaripäästökertoimena Kansainvälisen energiajärjestön (IEA) arvioiden pohjalta edellä mainittujen energiantuotantomuotojen elinkaaripäästökertoimien keskiarvoa 183 kg CO₂e/MWh.

- 2) Toisessa skenaariossa oletetaan, että aurinkopuiston tuottama energia korvaa päästöintenstiivisten tuotantomuotojen lisäksi muitakin tuotantomuotoja. Skenaariossa on käytetty Tilastokeskuksen aineistojen pohjalta viimeisintä eli vuoden 2023 sähköntuotannon elinkaaripäästökerrointa, jonka arvo on 48,5 kg CO₂e/MWh.

13.10.2025

3. Inventaarioanalyysi

3.1. Hankkeen lähtötiedot

Inventaarioanalyysissä kerätään tarvittavia tietoja yksikköprosesseista, jotka kuvaavat prosessin tai tuotteen koko elinkaaren. Alla olevaan taulukkoon 3 on listattuna hankkeen hiilitaselaskelman arvioinnin kannalta olennaiset tiedot.

Taulukko 3. Hankkeen hiilitaselaskelman kannalta olennaiset tiedot.

Tiedot	Määrä	Yksikkö
Hankealueen kokonaispinta-ala	30,9	ha
Arvio hankealueen reunoilta raivattavasta metsäalueen pinta-alasta	0	ha
Aurinkopuiston kapasiteetti	24,5	MWp
Aurinkopuiston arvioitu vuosittainen tuotanto	24	GWh
Aurinkopuiston arvioitu käyttöikä	35	v
Aurinkopaneelit**	34 944	kpl
Aurinkopaneelitelineyksiköt*	624	kpl
Maahan lyötävät paalut**	8 500	kpl
Keskusinvertterit	4	kpl
Kaapelimäärä***	237	km

*Telineyksikkö käsittää kaksi aurinkopaneeliriviä, jossa yhdellä rivillä on 28 kpl aurinkopaneeleja ns. portrait-asennuksella

** Tämänhetkinen arvio, todellinen lukumäärä riippuu valittavasta aurinkopaneelistä ja telineestä.

***Sisältää tasavirta-, keskijännite- ja maadoituskaapelit.

3.2. Tuotevaihe A1–A3

3.2.1. Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelien raaka-aineiden hankinnan ja kuljetuksen sekä valmistuksen ilmastopäästöt on arvioitu aurinkopaneelivalmistajien ympäristöselosteiden pohjalta. Kettukankaan aurinkopuiston paneelivalmistajaa ei ole vielä tiedossa, mutta käytettävä aurinkopaneeliteknologia tulee hyvin todennäköisesti perustumaan yksikidepiikennoihin.

Hiilitaselaskelmassa on käytetty LONGin valmistamaa kaksipuolista (bifacial) TOPCon yksikidepiikkenno LR7-72HGD aurinkopaneelia, jonka piikkiteho on 620 wattia. (LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. 2024) Todennäköisesti hankkeessa käytettävän paneelin piikkiteho on kuitenkin noin 700 wattia tai korkeampi. Aurinkopaneelin valmistajasta riippuen paneelin päästökerroin voi vaihdella jonkin verran, joten tuloksissa on hieman epävarmuutta.

LONGin ympäristöselosteen pohjalta paneelien tuotevaiheen A1–A3 päästökertoimenä on käytetty 0,35 kg CO₂e /Wp.

13.10.2025

3.2.2. Telineet

Hiilitaselaskelmassa on arvioitu telineiden valmistuksen ilmastopäästöjä CO₂data -päästötietokannan avulla. Aurinkopuistoissa käytettävät telineet valmistetaan pääosin sinkitetystä teräksestä. Suomen olosuhteisiin soveltuvien telineiden valmistajia on esimerkiksi Suomessa, Euroopassa ja Kiinassa. Tässä hiilitaselaskelmassa oletetaan, että käytettävät telineet ovat Kiinassa valmistettuja kaksijalkaisia telineitä, joissa on aurinkopaneeleita kahdessa rivissä ns. portrait-asennuksella.

Aurinkopaneelitelineiden päästökertoimena on käytetty CO₂data -päästötietokannan kevytrakenteisen sinkityn teräsprofiilin arvoa 2,8 kg CO₂e /kg. Yhden telineyksikön painoksi on telinevalmistajan toimittamien tietojen perusteella arvioitu noin 1030 kg.

3.2.3. Paalut

Aurinkopuiston paaluina on oletettu käytettävän maahan lyötäviä noin 2,5 metriä pitkiä teräspaaluja. Paalut voivat olla tyypiltään putkipaaluja tai C-profiilipaaluja. Laskelmissa on oletettu käytettävän putkipaaluja. Yhtä telineyksikköä kohti paaluja asennetaan 24 kpl.

Paalujen päästökertoimena on käytetty CO₂data -päästötietokannan kevytrakenteisen sinkityn teräsprofiilin arvoa,

3.2.4. Invertteri

Hankkeessa on oletettu käytettävän keskusinvertterejä. Hankkeessa käytettävät keskusinvertterit ovat todennäköisesti Saksassa valmistettuja, mutta puutteellisten tietojen ja ympäristöselosteiden puuttuessa laskennassa on käytetty kiinalaisen Sungrown valmistaman SG4400UD -keskusinvertterin ympäristöselostetta. Sungrownin valmistaman keskusinvertterin teho on 4400 kVA, mikä vastaa teholtaan suunnilleen samaa kuin saksalaisen valmistajan vastaava keskusinvertteri. (Sungrow Power Supply Co., Ltd. 2024)

Sungrown SG4400UD -keskusinvertterin ympäristöselosteen pohjalta yhden keskusinvertterin tuotevaiheen A1-A3 päästökertoimena on käytetty 51 500 kg CO₂e / 1 kpl invertteri.

3.2.5. Kaapelit

Hankkeen käytettävät tasavirtakaapelimäärät on arvioitu hankekehittäjän aikaisempien teollisen mittakaavan aurinkopuistojen kaapelimenekin pohjalta ja keskiäjännitekaapelimäärät hankekohtaisesti. Hiilitaselaskelmassa on oletettu käytettävän 6 mm² ja 120 mm² matalajännitteisiä tasavirtakaapeleita (DC) sekä 185 mm² keskiäjännitekaapelia (AC). Aurinkopuiston maadoitusjohtimena on oletettu käytettävän 16 mm² kuparikaapelia. Hankkeessa tarvittava kaapelimäärä on arviolta yhteensä noin 595 km, sisältäen niin tasavirta-, keskiäjännite- ja maadoituskaapelit.

Matalajännitteisten kaapeleiden päästökertoimena on käytetty CO₂data -päästötietokannan arvoa 6,34 kg CO₂e /kg ja keskiäjännitekaapeleille vastaavasti saman päästötietokannan arvoa 6,5 kg CO₂e /kg. Maadoituskaapelin osalta päästökertoimena on käytetty päästötietokannan arvoa kuparilangalle 5 kg CO₂e /kg.

3.3. Rakennusvaihe A4-A5

3.3.1. Materiaalien kuljetukset

Aurinkopaneelien, aurinkopaneelitelineiden, paalujen ja keskusinvertterien osalta hiilitaselaskelmassa oletetaan, että komponentit kuljetetaan Kiinassa komponentit valmistavalta tehtaalta tiekuljetuksena noin 400 km päähän satamaan,

13.10.2025

josta ne kuljetetaan merikuljetuksena Suomeen Helsingin satamaan. Helsingin satamasta komponentit kuljetetaan hankealueelle noin 80 km tiekuljetuksena.

Tasavirtakaapeleiden osalta oletetaan, että kaapelit valmistetaan Saksassa ja komponentit kuljetetaan kaapelit valmistavalta tehtaalta tiekuljetuksena noin 500 km päähän satamaan, josta ne kuljetetaan merikuljetuksena Suomeen Helsingin satamaan. Helsingin satamasta kaapelit kuljetetaan hankealueelle noin 80 km tiekuljetuksena.

Tasavirtakaapeleiden osalta oletetaan, että kaapelit valmistetaan Saksassa ja komponentit kuljetetaan kaapelit valmistavalta tehtaalta tiekuljetuksena noin 500 km päähän satamaan, josta ne kuljetetaan merikuljetuksena Suomeen Helsingin satamaan. Helsingin satamasta kaapelit kuljetetaan hankealueelle noin 80 km tiekuljetuksena.

Keskijännitekaapeleiden osalta oletetaan, että kaapelit valmistetaan Suomessa. Kaapelit kuljetetaan kaapelit valmistavalta tehtaalta hankealueella noin 200 km tiekuljetuksena hankealueelle.

Maadoituskaapeleiden osalta oletetaan, että kaapelit valmistetaan Suomessa. Kaapelit kuljetetaan kaapelit valmistavalta tehtaalta hankealueella noin 200 km tiekuljetuksena hankealueelle.

Tiekuljetusten päästökertoimina on käytetty CO2data -päästötietokannan arvoja puoliperävaunuyhdistelmälle ja merikuljetusten osalta päästökertoimina käytetty CO2data -päästötietokannan konttialuksen arvoja.

3.3.2. Maarakennustyöt

Hiilitaselaskelmassa on arvioitu eri työvaiheiden vaatimat työtunnit hankekehittäjän aikaisemmin rakentamien teollisen kokoluokan aurinkovoimapuistojen pohjalta. Työvaiheina maarakennustöihin on arvioituna muun muassa:

- kentän tasaus (minimaalinen tarve Kettukankaan hankkeen osalta)
- pyöräkuormaajatyö
- maanajo hankealueelle
- huoltotiet.

Työvaiheissa käytettävien työkonoiden (mm. kaivinkone, pyöräkuormaaja, traktorikaivuri) päästökertoimina on käytetty CO2data -päästötietokannan arvoja.

3.3.3. Asennustyöt

Hiilitaselaskelmassa on arvioitu eri työvaiheiden vaatimat työtunnit hankekehittäjän aikaisemmin rakentamien teollisen kokoluokan aurinkovoimapuistojen pohjalta. Hiilitaselaskelmassa oletetaan, että sähkökäyttöisten työkalujen akut ladataan aggregaattia käyttämällä. Työvaiheina asennustöihin on arvioituna muun muassa:

- kaapeliojien kaivuu ja maadoituksen asennus
- materiaalien purku ja jako rakennusalueella
- perustuksien paalutus
- paneelien asennus.

Työvaiheissa käytettävien työkonoiden (mm. kaivinkone, pyöräkuormaaja, paalutuskone, aggregaatti) päästökertoimina on käytetty CO2data -päästötietokannan arvoja.

13.10.2025

3.4. Käyttövaihe B1–B7

Komponenttien vaihdot

Hiilitaselaskelmassa on oletettu, että aurinkopuiston elinkaaren aikana noin 1 % puiston aurinkopaneeleista tullaan vaihtamaan. Keskusinverttereiden keskimääräinen käyttöikä on noin 25 vuotta. Hiilitaselaskelmassa on oletettu, että 50 % aurinkopuiston keskusinverttereistä vaihdetaan puiston elinkaarena aikana.

3.5. Purkuvaihe C1–C4

Purkuvaiheessa aurinkopuisto puretaan hankealueelta ja aurinkopuiston komponentit toimitetaan kierrätykseen tiekuljetuksin. Hiilitaselaskelmassa oletetaan, että aurinkopuiston purkutyöt vastaavat työtunneiltaan noin puolet aurinkopuiston asennustöiden tuntimäärästä. Hiilitaselaskelmassa myös oletetaan, että komponenteille tarvittavat kierrätyspisteet löytyvät Suomesta noin 200 km etäisyydeltä aurinkopuiston elinkaaren lopussa.

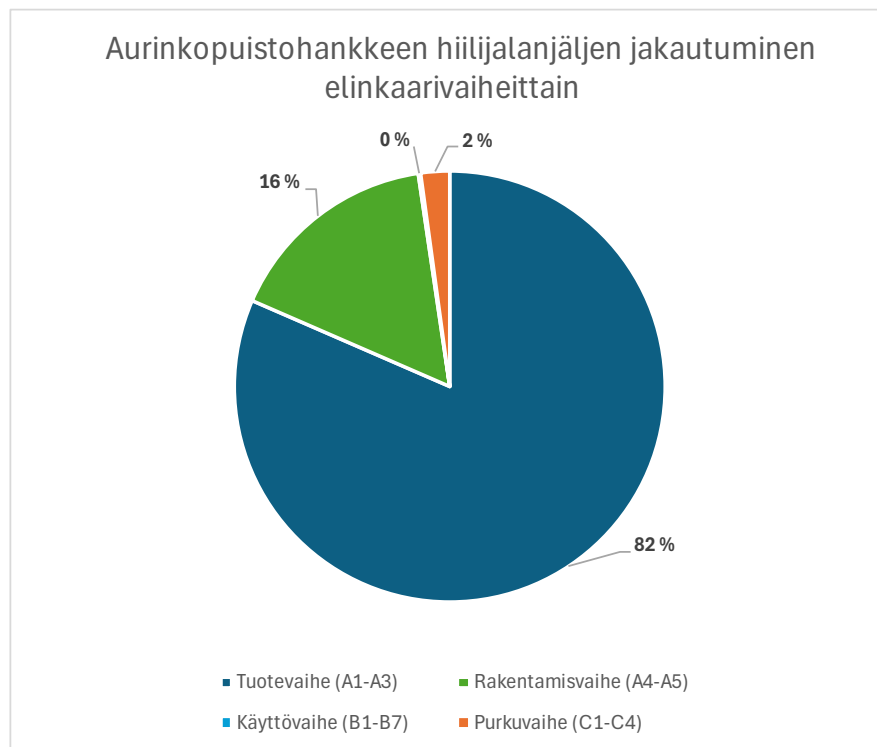
Aurinkopaneelien ja inverttereiden kierrätysvaiheen päästökertoimien lähteenä on käytetty paneelivalmistajan LONGin ja invertterivalmistajan Sungrown ympäristöselosteita.

13.10.2025

4. Tulokset

4.1. Aurinkopuiston elinkaaren hiilijalanjälki

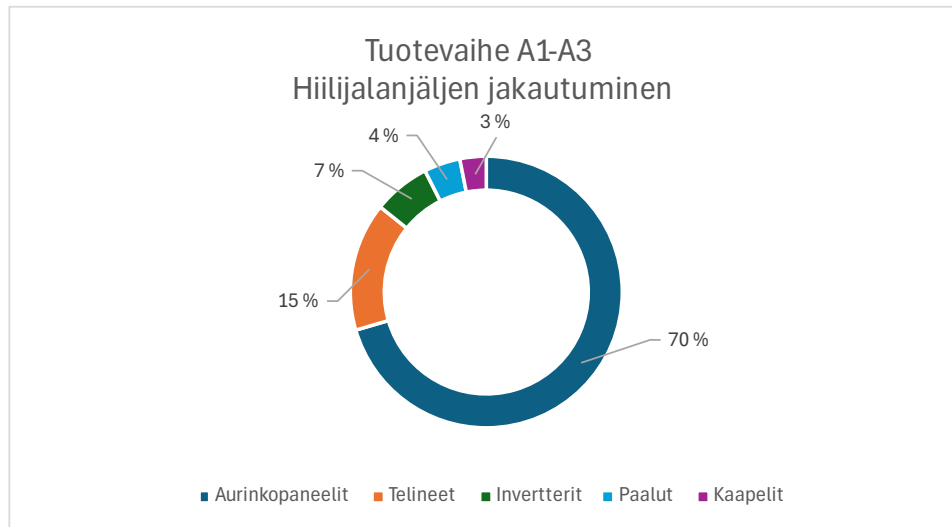
Aurinkopuiston laskennalliseksi hiilijalanjäljeksi saadaan noin **14 901** tonnia CO₂e. Suurin osa, noin 82 %, aurinkopuiston elinkaaren aikana tuottamasta hiilijalanjäljestä syntyy tuotevaiheessa A1–A3. Toiseksi eniten hiilijalanjälkeä syntyy rakentamisvaiheessa A4–A5. Lähes kaikki päästöt Kettukankaan hankkeen hiilijalanjäljestä syntyy tuotevaiheessa ja rakentamisvaiheessa. Käyttövaiheen päästöjä ei hankkeessa synny, kun alueella ei ole poistettavaa puustoa eli hiilinielua. Kuvassa 5 havainnollistetaan aurinkopuistohankkeen hiilijalanjäljen jakautumista elinkaarivaiheittain.



Kuva 5. Aurinkopuistohankkeen hiilijalanjäljen jakautuminen elinkaarivaiheittain

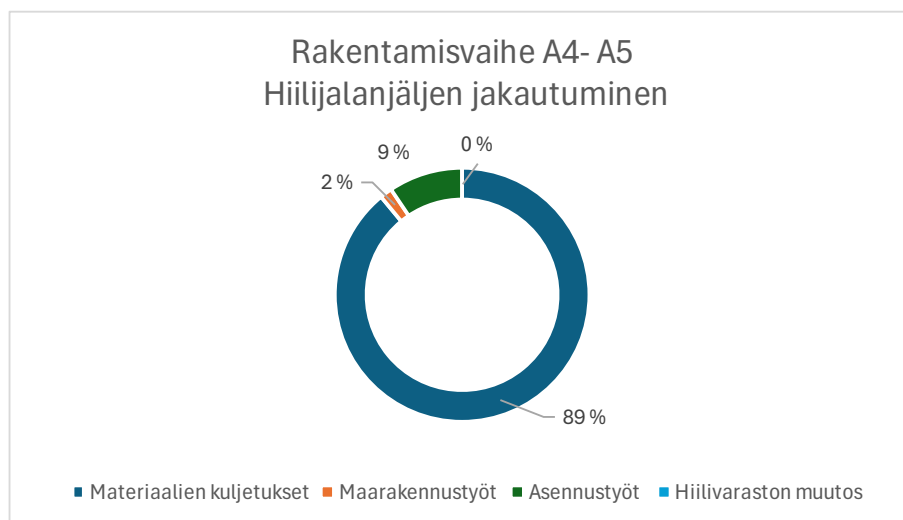
Tuotevaiheen A1–A3 hiilijalanjäljen jakautumista on havainnollistettu kuvassa 6. Suurin osa tuotevaiheen hiilijalanjäljestä syntyy aurinkopaneeleiden valmistuksesta ja noin 7 % inverttereiden valmistuksesta. Teräksiset komponentit eli telineet ja paalut vastaavat noin 19 % tuotevaiheen hiilijalanjäljestä.

13.10.2025



Kuva 6. Hiilijalanjäljen jakautuminen tuotevaiheissa A1-A3

Rakentamisvaiheen hiilijalanjäljen jakautumista on havainnollistettu kuvassa 7. Rakentamisvaiheen aikana materiaalien kuljetus hankealueelle vastaa noin 89 % rakentamisvaiheen hiilijalanjäljestä. Maarakennus ja asennustyöt vastaavat noin 11 % vaiheen hiilijalanjäljestä ja hiilivaraston muutosta ei Kettukankaan hankkeessa synny.



Kuva 7. Hiilijalanjäljen jakautuminen rakennusvaiheissa A4-A5

Aurinkopuiston käyttö- ja purkuvaihe vastaavat yhteensä vain noin 2 % hankkeen hiilijalanjäljestä. Purkuvaiheessa suurin hiilijalanjälki muodostuu aurinkopaneelien kierrättämisestä ja purkutöistä.

Taulukossa 4 on koottu yhteen aurinkopuistohankkeen ilmastovaikutusten kannalta arvioidut kokonaispäästöt elinkaarivaiheittain sekä niiden suhteelliset osuudet.

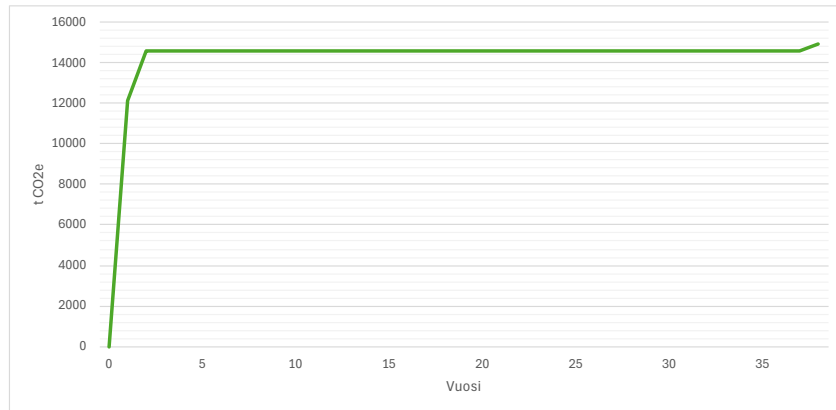
13.10.2025

Taulukko 4. Hankkeen ilmastovaikutusten arvioinnin kannalta keskeisten elinkaarivaiheiden hiilijalanjäljen koko ja niiden suhteelliset osuudet

Elinkaarivaihe	Päästöt (tonnia CO ₂ - ekv)	Ominaispäästöt (g CO ₂ / kWh)	Kokonaisosuus
Tuotevaihe (A1-A3)	12148	15,2	82 %
Aurinkopaneelit	8561	10,7	57 %
Telineet	1858	2,3	12 %
Invertterit	824	1,0	6 %
Paalut	524	0,7	4 %
Kaapelit	380	0,5	3 %
Rakentamisvaihe (A4-A5)	2404	3,0	16 %
Materiaalien kuljetukset sisältäen	2140	2,7	14 %
Aurinkopaneelit	1227	1,5	8 %
Invertterit	15	0,0	0 %
Telineet	696	0,9	5 %
Paalut	196	0,2	1 %
Kaapelit	6	0,0	0 %
Maarakennustyöt	37	0,0	0 %
Asennustyöt sisältäen	227	0,3	2 %
Kaapeliojat	18	0,0	0 %
Materiaalien purku ja jako rakennusalueella	19	0,0	0 %
Perustuksien paalutus	143	0,2	1 %
Paneelien asennus	45	0,1	0 %
Työmaasähköt (aggregaatti)	1	0,0	0 %
Hiilivaraston muutos	0	0,0	0 %
Käyttövaihe (B1-B7)	27	0,0	0 %
Komponenttien vaihdot sisältäen	27	0,0	0 %
Aurinkopaneelit	12	0,0	0 %
Invertterit	15	0,0	0 %
Puuston hiilinielu	0	0,0	0 %
Purkuvaihe (C1-C4)	322	0,4	2 %
Purkutyöt	114	0,1	1 %
Kuljetus kierrätykseen	49	0,1	0 %
Aurinkopaneelien kierrätys	157	0,2	1 %
Inverttereiden kierrätys	3	0,0	0 %
Yhteensä	14901	18,6	100 %

Aurinkopuiston kumulatiiviset päästöt elinkaarensa aikana on esitetty alla olevassa kuvassa 8. Kuvaajassa on oletettu, että aurinkopuiston tuotevaihe A1-A3 on suoritettu kokonaisuudessaan vuonna 1 ja rakennusvaihe A4-A5 on suoritettu kokonaisuudessaan vuonna 2. Aurinkopuiston 35 vuoden käyttövaiheen päätteeksi voimala puretaan vuonna 38.

13.10.2025

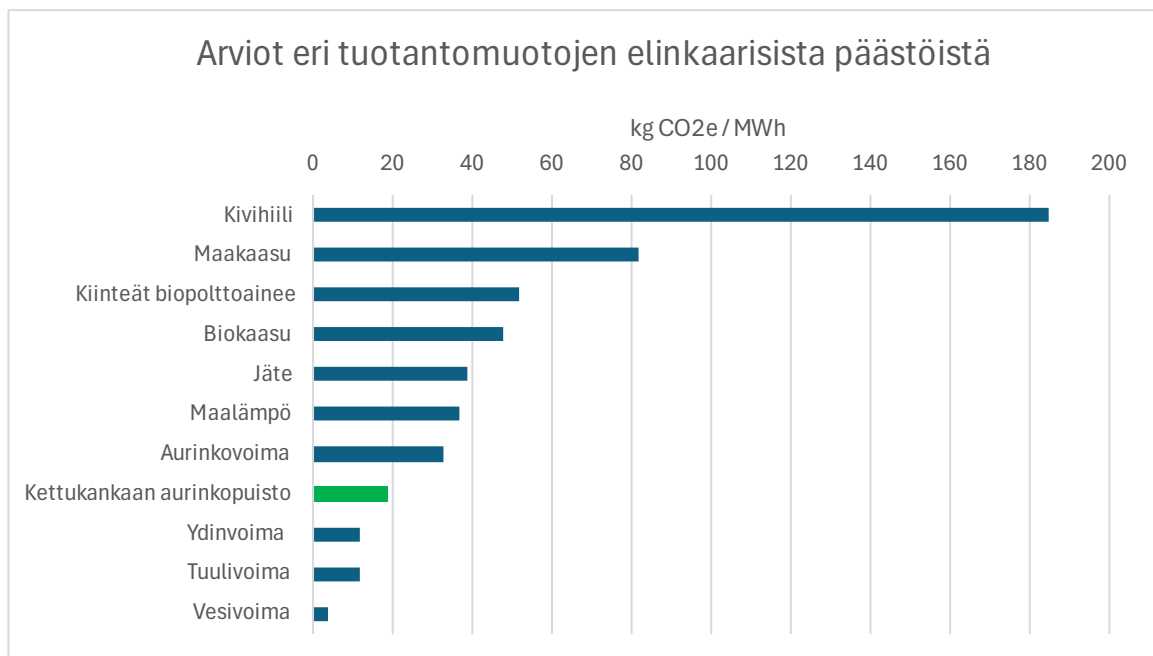


Kuva 8. Aurinkopuiston kumulatiiviset päästöt elinkaarensa aikana

4.2. Aurinkopuiston tuottaman positiiviset ilmastovaikutukset

Aurinkopuiston ominaispäästökertoimeksi saadaan jakamalla elinkaaren aikainen hiilijalanjälki aurinkopuiston 35 vuoden käyttövaiheen aikana tuottamalla kokonaisenergiamäärällä. Kettukankaan aurinkopuistohankkeen elinkaaripohjaiseksi päästökertoimeksi saadaan noin **18,6 kg CO₂e/MWh**.

Kansainvälinen energiajärjestö (IEA) on arvioinut asiakirjassaan eri energiatuotantomuotojen elinkaaripäästöjen keskiarvoja. Alla olevassa kuvassa 9 Kettukankaan aurinkopuistohankkeen elinkaaripäästöä verrataan IEA:n arvioimiin keskiarvoihin. (IEA 2021) Kuvasta voidaan havaita, että Kettukankaan aurinkopuiston päästökerroin on pienempi kuin aurinkovoiman keskimäärin.



Kuva 9. Eri tuotantomuotojen elinkaaripäästöt (IEA 2021)

Aurinkopuistohankkeen elinkaaripohjainen päästökerroin on myös selkeästi pienempi kuin vuonna 2023 Suomen sähköntuotannon elinkaaripäästökertoimen arvo 48,5 kg CO₂e/MWh. Arvot eivät ole kuitenkaan täysin vertailukelpoiset,

13.10.2025

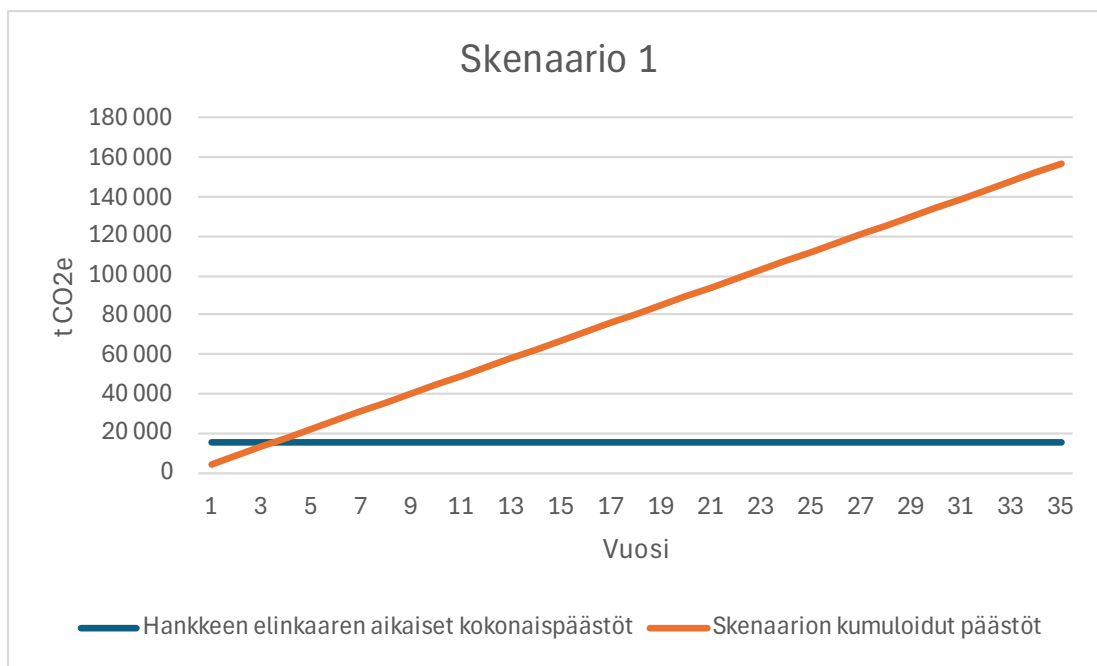
sillä sähköntuotannon CO₂-päästökertoimen laskennassa otetaan huomioon ainoastaan käytetyn energialähteen hiilisisällön eikä siinä huomioida energiantuotannon muita elinkaarenaikaisia päästölähteitä. (Tilastokeskus 2024)

Aurinkopuiston positiivisia ilmastovaikutuksia arvioitiin kahden eri skenaarion kautta. Ensimmäisessä skenaariossa oletettiin, että aurinkovoiman tuottama sähkö korvaa pääasiassa päästöintensiivisempiä energiantuotantomuotoja. Toisessa skenaariossa oletettiin, että aurinkopuiston tuottama energia korvaa päästöintensiivisten tuotantomuotojen lisäksi muitakin tuotantomuotoja. Alla olevassa taulukossa 5 on koottu näiden kahden eri skenaarioiden tulokset.

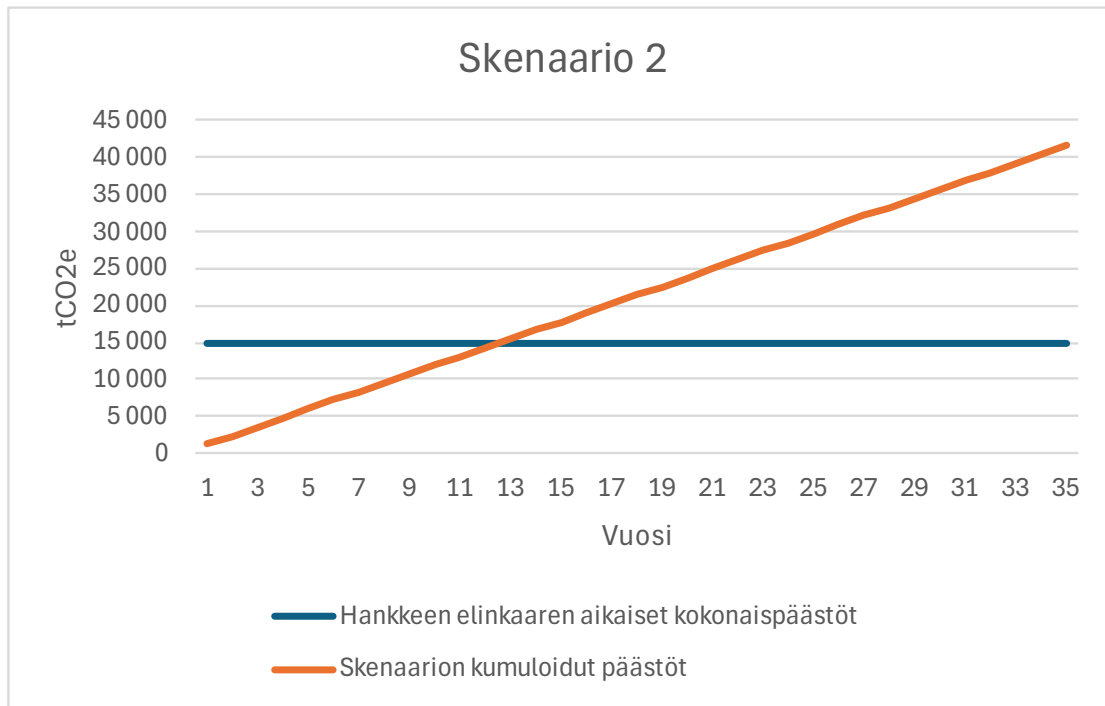
Taulukko 5. Skenaarioiden tulosten yhteenveto

	Skenaario 1	Skenaario 2
Aurinkopuiston elinkaaren aikaiset kokonaispäästöt (tCO ₂ e)	14 901	14 901
Kompensoidun sähkön määrän vaikutus (tCO ₂ e)	-131 806	-23 981
Aurinkopuisto kompensoi elinkaaren aikaiset kokonaispäästönsä (v)	4	13

Molemmissa skenaarioissa aurinkopuisto kompensoi elinkaaren aikaiset kokonaispäästönsä. Ensimmäisen skenaarion osalta kokonaispäästöt on kompensoitu 4. vuonna ja toisen skenaarion tapauksessa 13. vuonna. Alla olevissa kuvaajissa 10 ja 11 on havainnollistettu hankkeen elinkaaren aikaisten kokonaispäästöjen kompensoitumista. Kuvissa oleva sininen viiva kuvaa aurinkopuiston elinkaaren aikaisia kokonaispäästöjä ja oranssi viiva kuvaa kumulatiivisesti niitä päästöjä, jotka olisivat syntyneet skenaarioissa käytetyillä päästökertoimilla.

*Kuva 10. Skenaario 1- Hankkeen negatiivisten ilmastovaikutusten kompensointi*

13.10.2025

*Kuva 11. Skenaario 2 – Hankkeen negatiivisten ilmastovaikutusten kompensointi*

4.3. Tulosten yhteenveto

Tässä asiakirjassa tehdyt laskelmat liittyen Kettukankaan aurinkopuistohankkeen ilmastovaikutuksista ovat viitteellisiä arvioita. Ilmastovaikutusten arvioinnissa on käytettyihin päästökertoimiin sekä erilaisiin oletuksiin ja yleistykseen liittyy epävarmuutta. Ilmastovaikutusten arviointia täydennetään jatkosuunnitteluvaiheessa, kun käytettävien komponenttien tyypit ja määrät varmistuvat. Aurinkopuiston käyttövaiheelle ajoittuvan sähköntuotannon päästökertoimen arvioiminen on myös hyvin haastavaa.

Vaikka Suomi pyrkii saavuttamaan sähköntuotannon osalta hiilineutraaliustavoitteen vuonna 2035, on Suomi kytköksissä Euroopan yhteisiin sähkömarkkina-alueisiin, joissa sähköä kaupataan Pohjoismaiden sisällä ja Pohjoismaiden ulkopuolelle. Näin ollen on mahdollista, että hankkeen tuottama sähkö voi korvata myös muualla Euroopassa tuotantoa, jonka päästökertoimet voivat olla merkittävästi suurempia kuin hankkeen elinkaari pohjainen päästökerroin. Hanke on myös toteutuessaan mahdollistamassa Suomen sähköntuotannon päästökertoimen pienentämistä.

Arvioinnissa käytettyjen oletusten ja laskelmien perusteella aurinkopuiston elinkaaren aikaiset kokonaispäästöt ovat noin **14 901 t CO₂e** ja aurinkopuiston elinkaari pohjaiseksi päästökertoimeksi saatiin **18,6 kg CO₂e/MWh**. Aurinkopuistohankkeen negatiiviset ilmastovaikutukset saadaan arvioinnissa tehtyjen laskelmien mukaan kompensoitua aurinkopuiston elinkaaren aikana ja näin ollen hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon kannalta voidaan katsoa positiiviseksi.

Näin ollen voidaan katsoa, että Kettukankaan aurinkopuiston toteuttaminen tukee Suomen valtion asettaman hiilineutraaliustavoitteen saavuttamista. Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta. Tämä edellyttää nopeutettuja päästövähennyksiä kaikilla sektoreilla sekä hiilinielujen vahvistamista. Suomen sähkön- ja lämmöntuotannon tulee olla lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä, ja aurinkovoiman osuuden kasvattaminen on yksi keino tavoitteeseen pääsemiseksi.

13.10.2025

Lähteet

- Bionova Oy, 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioinnoksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602 [Luettu 24.9.2024]
- CO2data.fi, 2024. Rakentamisen ja infrarakentamisen päästötietokannat. Saatavilla: [CO2data.fi](https://co2data.fi) [Luettu 11.10.2024]
- Hakola, L., 2023. Maa-asenteisen aurinkovoimalan elinkaariarviointi. Saatavilla: [Maa-asenteisen aurinkovoimalan elinkaariarviointi – Theseus](#) [Luettu 24.9.2024]
- IEA, 2021. Life Cycle Upstream Emission Factors (Pilot Edition), IEA, Paris Saatavilla: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/life-cycle-upstream-emission-factors-pilot-edition> [Luettu 16.10.2024]
- LONGi Green Energy Technology Co., Ltd., 2024. Environmental Product Declaration. LONGi MONOCRYSTALLINE TOPCon PV MODULE LR5-72HGD AND LR7-72HGD. Registration number: EPD-IES-0016504:001. Registration date: August 15, 2024. Saatavilla: [EPD-IES-0016504:001 – LONGi MONOCRYSTALLINE TOPCon PV MODULE LR5-72HGD AND LR7-72HGD \(environdec.com\)](https://www.epd-ies.com/EPD-IES-0016504:001-LONGi-MONOCRYSTALLINE-TOPCon-PV-MODULE-LR5-72HGD-AND-LR7-72HGD) [Luettu 24.9.2024]
- Luonnonvarakeskus, 2023. Metsävarat. Saatavilla: [Metsävarat | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](https://metsavarat.luke.fi) [Luettu 17.10.2024]
- Sungrow Power Supply Co., Ltd., 2024. Environmental Product Declaration. Central Power Inverters: SG1100UD, SG2200UD, SG3300UD, SG4400UD. Registration number: EPDITALY0459. Registration date: May 12, 2024. Saatavilla: [Central Power Inverters: SG1100UD, SG2200UD, SG3300UD, SG4400UD — EPD Italy](#) [Luettu 24.9.2024]
- Tilastokeskus, 2024. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000–2023*. Saatavilla: [Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus muuttujina Vuosi ja Tiedot. PxWeb](https://tilastokeskus.fi/tiedot/sahko/sahko_paatsto_kertoimet_ja_uusiutuvan_sahkon_tuotannon_osuus_muuttujina_vuosi_ja_tiedot.pxweb) [Luettu 17.10.2024]