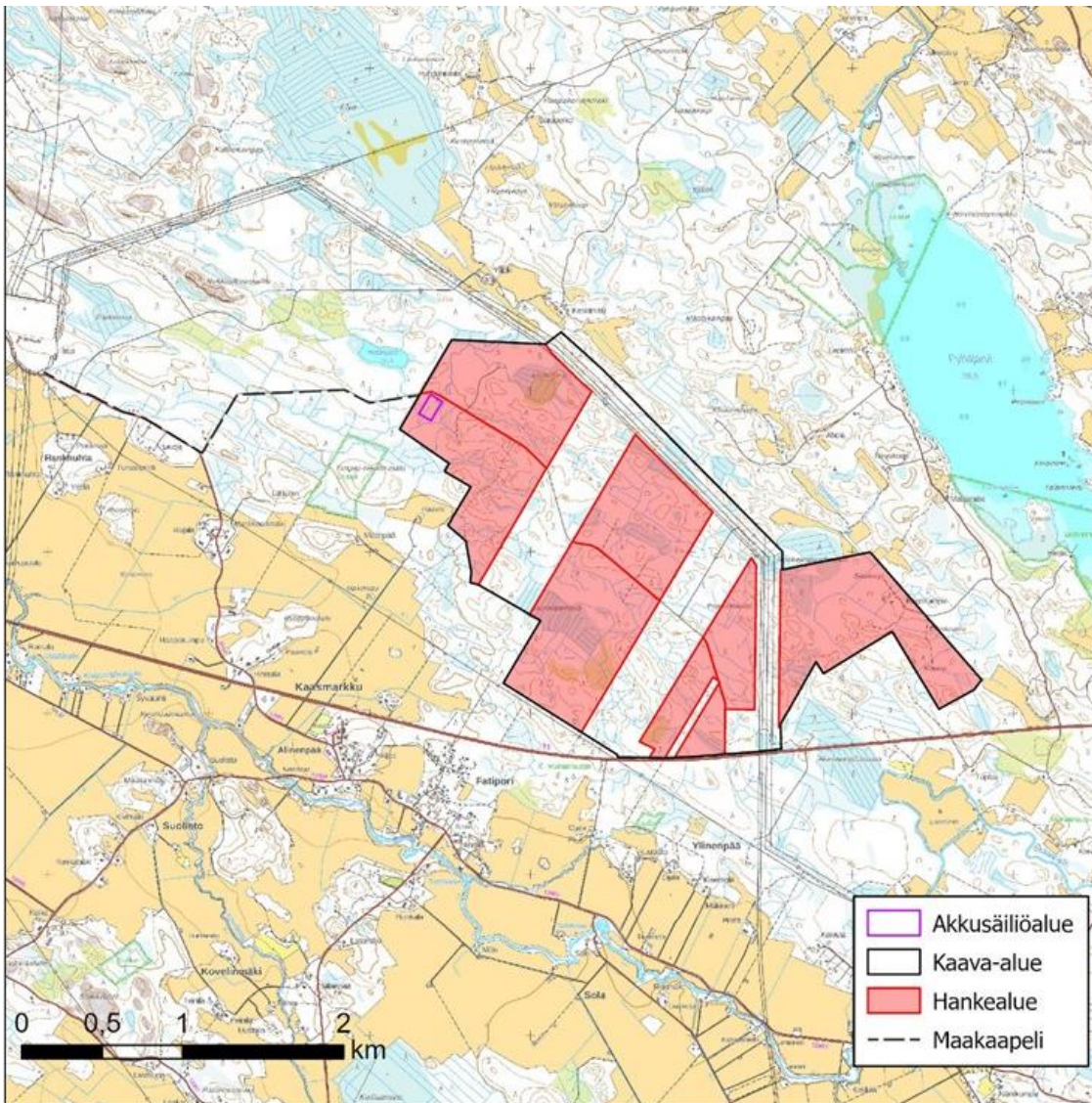


## Uvilan aurinkoenergian tuotantoalueen hiilitaselaskelma

Tulokset ja menetelmäkuvaus



<b>Päiväys</b>	23.11.2023
<b>Tekijä</b>	Matti Koutonen
<b>Tarkastaja</b>	Timo Huhtinen
<b>Tilaaaja</b>	IBV Suomi Oy
<b>Projektinumero</b>	YKK66895

## Sisällys

Tiivistelmä .....	1
1 Johdanto .....	2
2 Keskeiset käsitteet .....	3
3 Systemirajaus .....	4
4 Laskentamenetelmä, lähtötiedot ja oletukset .....	5
4.1 Aurinkopaneelit .....	8
4.2 Aurinkopaneelien asennusrakenteet .....	8
4.3 Sähkönsiirto .....	8
4.4 Tiet .....	9
4.5 Maankäytön muutos .....	9
5 Tulokset .....	10
5.1 Hiilijalanjälki - sähkönsiirto .....	10
5.2 Hiilijalanjälki - VE1 .....	10
5.3 Hiilijalanjälki - VE2 .....	11
5.4 Hiilikädenjälki - ilmastohyödyt .....	12
6 Lähteet .....	13
Liite 1: Kartat hankevaihtoehdoista .....	15
Liite 2: Energiatuotantomuotojen päästöt .....	16
Liite 3: Elinkaariarviointi ja vuokaaviot .....	17

## Tiivistelmä

IBV Suomi Oy suunnittelee Ulvilan Kaasmarkkuun aurinkoenergian tuotantoaluetta. Hankealue on laajuudeltaan noin 303 ha. Hankkeen toteutuksen osalta on tarkasteltu kahta vaihtoehtoa, joissa voimala-alueiden pinta-ala on vaihtoehdon mukaan joko 279 (VE1) tai 271 (VE2) hehtaaria. VE2:ssa paneelialue on rajatumpi. Käytettävien paneelien osalta on tarkasteltu tehokkaampia moduuleita ja tuotannoltaan optimoidumpaa sijoitteluvaihtoehtoa. Tuotantoon vaikuttavat tekijät saattavat vielä täsmentyä projektin edetessä, eikä vaihtoehtojen välisiä tehokkuuseroja voi suoraan verrata toisiinsa vielä tässä vaiheessa. Vaihtoehtojen karttakuvaukset löytyvät liitteestä 1. Sähkönsiirto tuotantoalueelta Ulvilan sähköasemalle toteutetaan maakaapelilla. Tuotantoalueelle sijoitetaan akkuvarasto tasoittamaan sähköverkkoon luovutettavan sähkön määrän vaihtelua. Tässä raportissa on esitetty hankkeen ilmastovaikutukset elinkaariarviointiin perustuen.

Tuotantoalueella tuotetaan vähäpäästöistä energiaa, jolloin vältetään päästointensiivisempien sähköntuotantotapojen aiheuttamia päästöjä.

VE1:n maksimiteho on noin 330 MWp ja vuosituotanto noin 301,7 GWh.

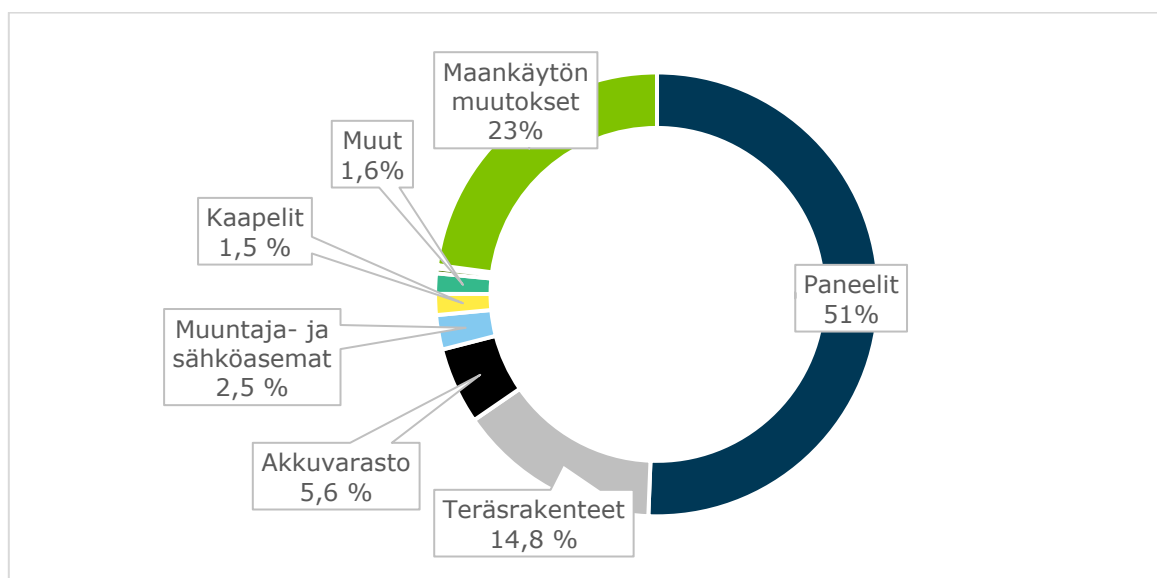
VE2:n maksimiteho on noin 330 MWp ja vuosituotanto noin 308,1 GWh.

Tuotantoalueen kielteiset ilmastovaikutukset aiheutuvat voimalan rakentamisen (mm. materiaalit ja kuljetukset) sekä elinkaaren lopun toiminnoista. Lisäksi tuotantoalueen toteuttaminen vaikuttaa alueen kasvillisuuden nykyisiin ja tuleviin hiilinieluihin ja -varastoihin, kun metsäisillä alueilla puusto poistetaan.

VE1:n elinkaarinen hiilijalanjälki on noin 286 500 t CO<sub>2</sub>e.

VE2:n elinkaarinen hiilijalanjälki on noin 287 300 t CO<sub>2</sub>e.

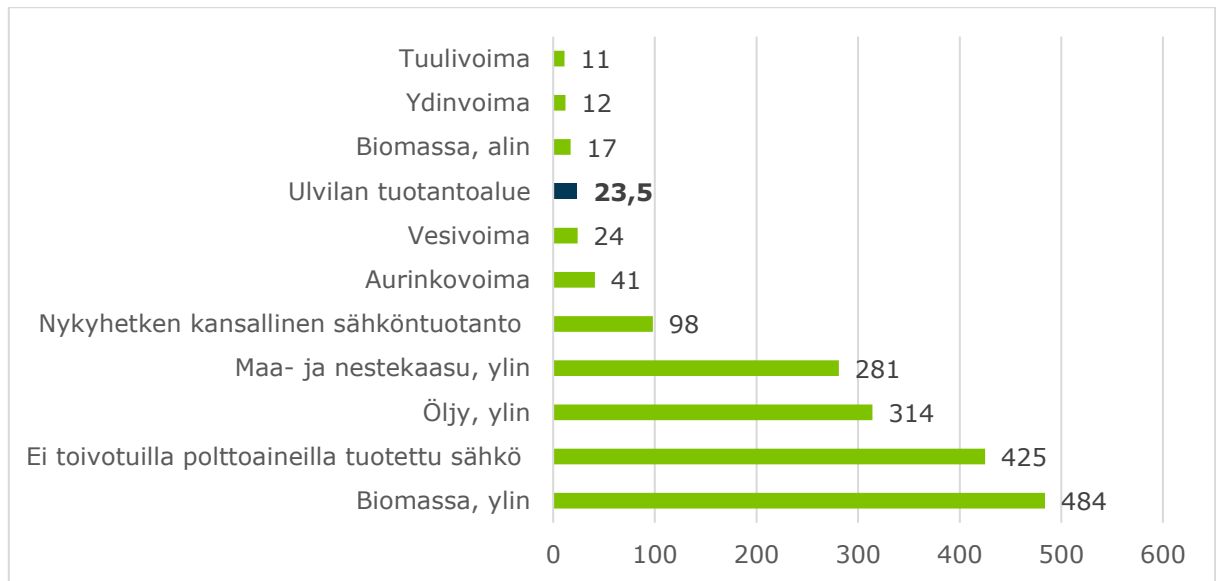
Kuvassa 1 ja on esitetty hankkeen päästöjakauma mukaan lukien sähkönsiirron toteutuksesta aiheutuvat päästöt. VE1:n ja VE2:n välillä on vain pientä desimaalitasoa eroa jakaumissa, joten vaihtoehtoja ei ole eritelty.



Kuva 1. VE1:n ja VE2:n päästöjakauma.

VE1:n sähköntuotannon päästökerroin on noin 23,7 g CO<sub>2</sub>e/kWh ja VE2:n noin 23,3 g CO<sub>2</sub>e/kWh. Hankkeen vaihtoehtojen sähköntuotannon keskiarvoinen päästökerroin on siis 23,5 g CO<sub>2</sub>e/kWh.

Tuotantoalueen elinkaariset päästöt ovat huomattavasti alemmat kuin vertailukohteina olleiden ei toivotuilla polttoaineilla tuotetun sähkön tai nykyhetken kansallisen sähköntuotannon päästöt (Kuva 2).



Kuva 2. Energialähteiden elinkaarisia päästöarvioita, g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh. Lisätiedot liitteen 2 taulukossa.

## 1 Johdanto

### *Työn tausta ja tavoite*

IBV Suomi Oy suunnittelee Ulvilan Kaasmarkkuun aurinkoenergian tuotantoaluetta, joka koostuu toisiinsa kytketyistä osa-alueesta. Hankealueen koko on noin 303 ha. Alue on talousmetsää. Hankkeen toteutuksen osalta on tarkasteltu kahta vaihtoehtoa, joissa tuotantoalueen pinta-ala on vaihtoehdon mukaan joko 279 (VE1) tai 271 (VE2) hehtaaria (Liite 1). VE2:ssa paneelialue on rajatumpi. Käytettävien paneelien osalta on tarkasteltu tehokkaampia moduuleita ja tuotannoltaan optimoidumpaa sijoitteluvaihtoehtoa. Tuotantoon vaikuttavat tekijät saattavat vielä täsmentyä projektin edetessä, eikä vaihtoehtojen välisiä tehokkuuseroja voi suoraan verrata toisiinsa vielä tässä vaiheessa. Tuotantoalueelle sijoitetaan akkuvarasto tasoittamaan sähköverkkoon luovutettavan sähkön määrän vaihtelua. Sähkönsiirto Ulvilan sähköasemalle toteutetaan maakaapelilla.

VE1:n maksimiteho on noin 330 MWp ja vuosituotanto noin 302 GWh.

VE2:n maksimiteho on noin 330 MWp ja vuosituotanto noin 308 GWh.

Tuotantoalueelle rakennetaan huoltoteitä. Tuotantoalueen sekä sähkönsiirtoreitin puusto poistetaan. Paneelirivistöt ja huoltotiet perustetaan ja rakennetaan siten, että maaperää ja maastoa muokataan mahdollisimman vähän.

Tässä raportissa esitetään Ulvilan aurinkovoimalan tuotantoalueen hiilitaselaskelma. Hiilitaseella tarkoitetaan tässä yhteydessä elinkaariarviointiin perustuvaa laskelmaa tuotantoalueen elinkaaren aikaisista ilmastovaikutuksista, jotka voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

1) Materiaalit ja rakentaminen

- Materiaalien valmistus ja kuljetus, alueen rakentaminen ja käytöstä poisto

2) Maankäytön muutos

- Vaikutukset alueen puuston hiilinieluun ja -varastoon

3) Tuotantoalueen tuottama sähkö

- Aurinkosähkön ilmastovaikutukset päästöintensiivisemmän sähkön korvaajana

Luokat 1 ja 2 tuottavat negatiivisia ja luokka 3 positiivisia ilmastovaikutuksia.

### ***Hankkeen liittyminen ilmastotavoitteisiin***

Suomessa ja muissa teollisuusmaissa merkittävä osa kasvihuonekaasupäästöistä syntyy energiasektorilla. Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2020 noin 47,8 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia. Energiasektorin osuus kansallisista päästöistä oli 72 prosenttia (34,3 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.). (Tilastokeskus 2022.) Energiasektorin päästöistä merkittävä osa (38 prosenttia) aiheutui energiateollisuudesta (Tilastokeskus 2021).

Suomen pyrkimyksenä on tehdä osansa, jotta Pariisin ilmastopimuksen mukaisesti rajoitetaan ilmaston lämpeneminen 1,5 asteeseen. Suomen ilmastolakia (609/2015) uudistetaan parhaillaan. Uudistuksen tavoitteena on kansallisen hiili-neutraaliuden toteutumisen mahdollistaminen vuoteen 2035 mennessä. (Suomen ilmastopaneeli 2021.)

## **2 Keskeiset käsitteet**

**Elinkaariarviointi** (Life cycle assessment, LCA) Menetelmä tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin ja arviointiin.

**Hiilidioksidiekvivalentti** (CO<sub>2</sub>-ekv.) - Hiilijalanjäljen yksikkö. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus muunnettuna hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi ilmakehässä.

**Hiilijalanjälki** (Päästö) Hankkeen elinkaariset negatiiviset ilmastovaikutukset muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.

**Hiilikädenjälki** Hankkeen elinkaariset positiiviset ilmastohyödyt muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.

**Hiilinielu** Maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuosittainen kasvu.

**Hiilivarasto** Kasvillisuuteen ja maaperään varastoitunut hiili.

**Kasvihuonekaasu** Ilmaston lämpenemistä aiheuttavat kaasut, joita ovat mm. hiilidioksidi CO<sub>2</sub>, metaani CH<sub>4</sub> ja dityppioksidi N<sub>2</sub>O.

**Ympäristötuoteseloste (EPD, Environmental Product Declaration)** Laatuvarmistettu elinkaariarviointiin ja kansainvälisiin standardeihin perustuva tuotteiden ympäristöselvitys.

### 3 Systemirajaus

Aurinkovoimahankkeella on ilmastovaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta. Ilmastovaikutuksia kuvataan niin sanotulla hiilitaselaskennalla, jossa arvioidaan hankkeen aiheuttamat kielteiset sekä myönteiset ilmastovaikutukset. Ilmastonlämpenemisvaikutus aiheutuu hankkeen eri elinkaaren vaiheissa syntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoja lämmittävä vaikutus on yhteismitallistettu hiilidioksidin ilmastonlämpenemisvaikutusta vastaavaksi, jolloin tulokset esitetään yksikössä CO<sub>2</sub>-ekv.

Hankkeen kielteisiä ilmastovaikutuksia on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta (ns. cradle-to-grave) huomioiden materiaalien sekä komponenttien valmistus ja kuljetukset, asennus ja rakentaminen, käyttö ja kunnossapito, purkaminen sekä materiaalien ja komponenttien kierrätys. Ilmastovaikutusten tarkastelussa on otettu huomioon päästöt niin aurinkopaneelien, teräsrakenteiden, akkuvaraston, muuntaja- ja sähköasemien, varastokonttien, jätteiden käsittelyn, kaapeleiden kuin tiestönkin osalta. Lisäksi tarkastelussa on myös huomioitu hankkeen myötä menetetyt puuston ja maaperän hiilivarastot ja -nielut.

Hankkeen myönteisiä ilmastovaikutuksia aiheutuu, kun aurinkovoimalla tuotetulla vähäpäästöisellä sähköllä korvataan ilmaston kannalta haitallisemmilla energialähteillä tuotettua sähköä. Sähköntuotannon lisääminen mahdollistaa myös ilmaston kannalta haitallisiin energialähteisiin nojautuvien energiasektoreiden sähköistämisen. Tällaisia ilmaston kannalta myönteisiä vihreän siirtymän mahdollisuuksia on esimerkiksi liikennesektorilla.

Vähäpäästöisen energian kotimaisen tuotannon kasvu houkuttelee Suomeen kansainvälisiä vihreän energian teollisuusinvestointeja. Uusien vihreää energiaa käyttävien teollisuusyksiköiden käyttöönotto Suomessa mahdollistaa vanhojen päästöintensiivisiin energialähteisiin nojaavien teollisuusyksiköiden käytöstä poiston muissa maissa. Teollisuuden globaali vihreä siirtymä edellyttää sähkön kokonaiskulutuksen kasvua maissa, joissa sähköä voidaan tuottaa pienin ilmastovaikutuksin. Vastaavasti sähkön kokonaiskulutuksen tulisi laskea maissa, joissa ilmaston kannalta haitallisia teollisuusyksiköitä suljetaan.

Hanke lisää Suomen energiaomavaraisuutta ja vähentää sähköntuonnin tarvetta. Tuontisähkön tuotanto koostuu uusiutuvan energian ja uusiutumattoman energian yhdistelmästä. Sähkön pienempi tuontitarve tarkoittaa sitä, että uusiutuva energia, joka olisi tuotu Suomeen, voidaan käyttää muissa maissa ja näiden maiden uusiutumattomat energialähteet voidaan vaiheittain poistaa käytöstä. Vihreän energian runsaampi kapasiteetti edistää vihreän energian teollisuusinvestointeja myös muissa vähäpäästöistä energiaa tuottavissa maissa. Tämä mahdollistaa vanhojen päästöintensiivisiin energialähteisiin nojaavien teollisuusyksiköiden käytöstä poiston kolmansissa maissa. Suomen sähköntuonnin tarpeen väheneminen mahdollistaa myös ilmaston kannalta haitallisiin energialähteisiin nojautuvien energiasektoreiden, kuten liikenteen, sähköistämisen sähkön viejämaissa sekä kolmansissa maissa.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut hankkeen koko elinkaaren aikaiset päästöt. Päästöarvio esitetään tuloksissa elinkaaren aikana aiheutuneina absoluuttisina kokonaispäästöinä (t CO<sub>2</sub>-ekv.) sekä elinkaaren aikana tuotettuun energiaan suhteutettuna päästöinä (g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh).

## 4 Laskentamenetelmä, lähtötiedot ja oletukset

Hiilitaselaskenta on toteutettu elinkaariarvioinnin periaattein (ISO 14040 ja ISO14044) (Liite 3) huomioiden merkittävimmät kasvihuonekaasut sekä vaikutus kasvillisuuden hiilinieluihin ja -varastoon. Arvioinnissa keskityttiin tunnistamaan merkittävimmät päästötekijät ja hyödynnettiin ensisijaisesti IBV Suomi Oy:n toimittamia suunnitteluvaiheen tietoja. Siltä osin kuin tarkkoja määrätietoja ei ollut saatavissa, hyödynnettiin julkaistuja tutkimuksia sekä asiantuntija-arvioita.

Päästölaskennan osalta pyrittiin hyödyntämään ensisijaisesti eri elinkaariarvioinneissa (LCA life cycle assessment) sekä ympäristötuoteselosteissa (EPD environmental product declaration) esitettyjä päästötietoja vastaaville tuotteille. Näiden lisäksi laskennassa on myös hyödynnetty kattavasti infrarakentamisen päästötietokannan (CO2data.fi) sekä Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan (Ecoinvent v.3.9.1) tietoja.

Materiaalien, paneelien ja jätteiden käsittelyn päästökertoimet on poimittu julkaistusta EPD dokumentista sekä elinkaaritietopankeista. Kuljetusten päästöt on arvioitu suomalaisen co2data.fi -tietokannan tietojen perusteella.

Aurinkoenergian tuotantoalueen rakentaminen edellyttää metsän kaatamista, mikä kasvattaa hankkeen hiilijalanjälkeä. Metsä kaadetaan tuotantoalueelta sekä sähkönsiirtoreitin alueelta. Maakaapelin on oletettu vaativan 10 metriä leveän metsän kaadon siirtoreitin varrelta. Kaadettavan puuston määrä on selvitetty ajantasaiseen metsävaratietoon perustuen (Metsäkeskus 2022).

Menetettävän hiilivaraston arvioinnissa oletetaan, että hiiltä vapautuu ilmakehään se määrä, mitä alueelta kaadettava metsä tällä hetkellä sitoo. Arvioinnissa ei täten oteta huomioon kaadettavan puuston mahdollista hyötykäyttöä.

Hiilinielun menetys arvioidaan puuston maakunnallisen metsämaalla tapahtuvan keskikasvun (Luonnonvarakeskus 2021) sekä hankkeen eliniän mukaan.

Käytön aikaisia myönteisiä ilmastovaikutuksia on arvioitu kahdella eri menetelmällä sen mukaan, mitä energiantuotantomuotoa aurinkovoimalla tuotetulla sähköllä on ajateltu syrjäytettävän. Kuvaukset aurinkovoimalla syrjäytetyn energiantuotannon vaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa 1.

Taulukko 1. Kuvaukset aurinkovoimalla syrjäytetyn sähköntuotannon vaihtoehtoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
<b>Aurinkovoimahankkeen vaikutus Euroopan päästöihin, huomioiden syrjäytettävän sähköntuotannon päästöt kiinteällä ei toivottujen energiamuotojen päästökertoimella.</b>	<p>Oletetaan aurinkovoimalla tuotetun sähkön syrjäyttävän Euroopassa fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Jos fossiilisten polttoaineiden käyttöä ei voida korvata Suomessa, on hankkeen sähköntuotannon katsottu vähentävän tuontisähkön tarvetta. Tällöin pohjoismaista uusiutuvaa sähköä voidaan käyttää muissa maissa ei-toivottujen energiantuotantomuotojen korvauksena. Syrjäytettyjen energiantuotantomuotojen osuuksina käytettiin seuraavia (European Council, 2023):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiili 29 %</li> <li>• Ydinvoima 36 %</li> <li>• Maakaasu 35 %</li> </ul> <p>Tätä jakaumaa ja näillä energiamuodoilla tuotetun energian elinkaarisia päästökertoimia (UNECE, 2022) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatun sähkön päästökertoimeksi 425 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh.</p>
<b>Aurinkovoimahankkeen vaikutus kansallisiin päästöihin, huomioiden syrjäytettävän sähköntuotannon päästöt kiinteällä nykyhetken (2023) kansallisella päästökertoimella.</b>	<p>Oletetaan aurinkovoimalla tuotetun sähkön korvaavan kansallisesti tuotettua keskiarvoista sähköä (Energiateollisuus, 2022). Nykyhetken kansallisen sähköntuotannon elinkaarisiksi päästökertoimeksi on arvioitu 98 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh (Ensisijaisesti: UNECE, 2022; Toissijaisesti: IPCC, 2018).</p> <p>Tässä kuitenkin osittain oletetaan, että aurinkovoimalla korvattaisi uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköntuotantoa, joka aliarvioi hankkeesta saavutettavia positiivisia ilmastovaikutuksia.</p>

Toteutuessaan aurinkovoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Keskeisimmät hankkeen lähtötiedot ja lähtötietoina käytetyt oletukset on esitetty taulukossa 2.



Taulukko 2. Hankkeen keskeiset lähtötiedot.

Muuttuja	Arvo	Lähde
<b>Voimalan tehotiedot</b>	Koko tuotantoalue: VE1: 330 MWp VE2: 330 MWp 1 paneeli: VE1 550 Wp VE2 580 Wp	IBV
<b>Voimalan käyttöikä</b>	40 vuotta	IBV
<b>Paneelialueen pinta-ala (metsä poistetaan)</b>	VE1: 279 ha VE2: 271 ha	IBV
<b>Huoltotiet</b>	VE1 pituus 17 km VE2 pituus 16,5 km leveys 4 m, hiekkapäällyste	IBV
<b>Sähkönsiirtoreitti Ulvilan sähköasemalle (metsä poistetaan)</b>	Maakaapeli 2,7 km	IBV
<b>Uusia muuntaja-asemia</b>	VE1: 50 kpl VE2: 47 kpl	IBV
<b>Uusia sähköasemia</b>	1 kpl	IBV
<b>Varastokontit ja työmaatoimistoparakit</b>	VE1: 31 kpl VE2: 30 kpl	IBV
<b>Paneelimoduulit</b>	VE1: 601 640 kpl VE2: 568 968 kpl	IBV
<b>Kaapelit</b>	3270 km	IBV
<b>Kuljetukset</b>	Paneelit laivarahtina Shanghai-Pori. Materiaalien kuljetukset Suomessa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• puoliperävaunurekalla Porin satama - Kaasmarkku 76 km (meno-paluu)</li> <li>• maamassat 100 km (meno-paluu) maansiirtoautolla</li> </ul>	

## 4.1 Aurinkopaneelit

Aurinkokennojen pääkomponentti on pii. Kennot suojataan lasilevyillä, ja ne kiinnitetään metallisiin tukirakenteisiin.

Aurinkopaneelien elinkaarisia päästöjä on arvioitu aurinkopaneelien ympäristötuoteselosteisiin perustuen (Risen energy 2021). Aurinkopaneelien päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt sisältäen seuraavat päästökäsit: aurinkopaneelien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, kiinnitys asennusrakenteisiin, käyttö ja kunnossapito, purkaminen asennusrakenteista, paneelien kuljetus jatkokäsittelyyn ja jatkokäsittely. Aurinkopaneelien elinkaarisia päästöjä on arvioitu aurinkopaneelien elinkaarivaiheittain ympäristötuoteselosteisiin perustuen.

## 4.2 Aurinkopaneelien asennusrakenteet

Paneelirivistöt perustetaan alustavan perustamistapa-arvion perusteella joko teräsputkipaaluille tai teräsbetonipaaluille. Asennusrakenteiden päästöjen osalta huomioidaan asennusrakenteisen keskeisimpien materiaalien valmistus (sinkitty teräs, ruostumaton teräs, alumiini) ja kuljetus asennuspaikalle, asennus, jatkokäsittelyyn kuljetus sekä jatkokäsittely. Asennusrakenteiden materiaalien kulutukset sekä asennuksen polttoaineenkulutustiedot perustuvat julkaistuun elinkaariarviointiin, päästötietolähteenä on hyödynnetty Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan tietoja. Materiaalien kulutustietoja hyödynnetään myös arvioitaessa asennusrakenteiden jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn ilmastolämpenemisvaikutusta.

## 4.3 Sähkönsiirto

Aurinkovoimalan tuotantoalueelle tarvitaan sähköasema, muuntaja-asemia (inverttereitä) sekä maanpäällisiä tasavirta- ja vaihtovirtakaapeleita. Sähkönsiirto tapahtuu maakaapeleilla. Sähkönsiirron päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt. Hankealueen ulkopuolinen sähkönsiirto toteutetaan pääosin olemassa olevan tiestön reunaan rakentaen.

Maakaapeleiden valmistuksen, asennuspaikalle kuljetuksen, käytön ja kunnossapidon, jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn päästöjä on arvioitu keskijännitekaapeleiden ympäristötuoteselosteiden tietoihin perustuen. Maakaapelien asennuksen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suojaputket, suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä kaivuuseen, tiivistykseen ja täyttöön tarvittavien työkalujen käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

Invertterien osalta niiden valmistuksen ja kuljetuksen päästöjä arvioidaan Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan massaperusteisiin tietoihin perustuen. Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannassa päästöjä on esitetty eri tehoisille inverttereille. Näiden tietojen pohjalta invertterin valmistuksen ja kuljetuksen päästöille on laadittu lineaarinen sovite, jonka perusteella arvioidaan eri tehoisten invertterien päästöjä. Invertterien massaa on arvioitu keskeisimpien materiaalien (alumiini, kupari, teräs) kulutustietoihin perustuen. Materiaalien kulutustiedot perustuvan julkaistuun elinkaariarviointiin. Massatietoja hyödynnetään myös arvioitaessa invertterien jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn ilmastolämpenemisvaikutusta.

Tasa- ja vaihtovirtakaapeleiden valmistuksen sekä jatkokäsittelyn päästöjä on arvioitu Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokantaan perustuen. Kaapelien kuljetusten päästöjen arvioinnissa on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

Tuotantoalueelle mahdollisesti sijoitettavan akkuvaraston elinkaarisia päästöjä arvioitiin elinkaariarvioinnin periaattein ympäristötuoteselosteisiin perustuen (ICCT 2021). Arvioinnissa käytettävä akkuteknologia on litium-rautafosfaatti (LFP), akkukapasiteetti 300MWh ja akkujen valmistusmaa Kiina (IBV Suomi Oy).

#### 4.4 Tiet

Tiestön osalta laskennassa on huomioitu uusien sorapäällysteisten teiden rakentamisen ympäristövaikutukset. Tiestön päästöjen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä työkoneiden (kaivinkone, täry, tiehöylä) käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

#### 4.5 Maankäytön muutos

Aurinkoenergian tuotantoalueen rakentaminen edellyttää metsän kaatamista, mikä kasvattaa hankkeen hiilijalanjälkeä. Metsä kaadetaan tuotantoalueelta sekä sähkönsiirtoreitin alueelta. Maakaapelin on oletettu vaativan 10 metriä leveän metsän kaadon siirtoreitin varrelta. Kaadettavan puuston määrä on selvitetty Metsäkeskuksen ajantasaiseen metsävaratietoon perustuen.

Menettävän hiilivaraston arvioinnissa oletetaan, että hiiltä vapautuu ilmakehään se määrä, mitä alueelta kaadettava metsä tällä hetkellä sitoo. Arvioinnissa ei täten oteta huomioon kaadettavan puuston mahdollista hyötykäyttöä.

Hiilinielun menetys arvioidaan puuston maakunnallisen metsämaalla tapahtuvan keskikasvun sekä hankkeen eliniän mukaan.

Maankäytön muutoksen laskennan lähtötiedot on esitetty alla olevassa taulukossa 3.

Taulukko 3. Maankäytön muutoksen laskennan lähtötiedot.

Muuttuja	Arvot	Lähde
<b>Puuston keskikasvu metsämaalla (koivu, kuusi, mänty)</b>	Satakunnassa 1,0-2,5 m <sup>3</sup> /ha/v	Vaahtera 2021
<b>Puun kuiva-tuoretiheys</b>	380-485 kg / m <sup>3</sup>	Vaahtera 2021
<b>Hiilen osuus puun kuiva-aineksesta</b>	50 %	
<b>Hiilen osuus hiilidioksidista</b>	3/11	
<b>Kaadettavan puun määrä</b>	VE1: 32 260 m <sup>3</sup> (279 ha) VE2: 31 230 m <sup>3</sup> (271 ha) Sähkönsiirtoreitti: 370 m <sup>3</sup> (2,7 ha)	Metsäkeskus 2022

## 5 Tulokset

### 5.1 Hiilijalanjälki - sähkönsiirto

Hankkeen sähkönsiirto Ulvilan sähköasemalle toteutetaan maakaapelilla (Liite 1). Valtaosa sähkönsiirtoon liittyvistä päästöistä aiheutuu sähkönsiirtoreitillä tapahtuvien metsän hakkuiden aiheuttamasta hiilivaraston ja hankkeen toiminnan aikaisen hiilinielun menetyksestä. Taulukossa 4 on esitetty sähkönsiirron päästöt.

Taulukko 4. Sähkönsiirron päästöt (t CO<sub>2</sub>e).

Päästölähde	Päästömäärä (t CO <sub>2</sub> e)
<b>Maankäytön muutokset</b>	773
<b>Kaapelit</b>	7
<b>Yhteensä</b>	<b>781</b>

### 5.2 Hiilijalanjälki - VE1

Hiilitaselaskenta esitetään päästötekijöihin jaoteltuna. Kukaan päästötekijä sisältää sille sektorille kohdistuvat koko elinkaaren aikaiset päästöt. Taulukossa 5 on esitetty VE1:n ja sähkönsiirron yhteenlasketut materiaalien ja rakentamisen aiheuttamat päästöt.

Taulukko 5. Materiaalien ja rakentamisen aiheuttamat päästöt VE1 ja sähkönsiirto.

Päästölähde	Päästömäärä (t CO <sub>2</sub> e)	Prosentti- osuus (%)
<b>Paneelit</b>	142 402	50
<b>Maankäytön muutokset</b>	67 660 (hiilivarasto: 25 250, hiilinielu: 42 410)	24
<b>Teräsrakenteet</b>	42 487	15
<b>Akkuvarasto</b>	16 050	5,6
<b>Muuntaja- ja sähköasemat</b>	7 562	2,6
<b>Kaapelit</b>	4 394	1,5
<b>Jätteiden käsittely</b>	4 171	1,5
<b>Hiekkatiet</b>	1 056	0,4
<b>Varastokontit ja työmaa- toimistoparakit</b>	702	0,2
<b>Yhteensä</b>	<b>286 483</b>	

VE1 tuottaa vuodessa arviolta 301,7 GWh ja elinkaarensa aikana 12 068 GWh sähköä. VE1:n hiilijalanjälki on noin 286 500 t CO<sub>2</sub>e mukaan lukien sähkönsiirron toteuttamisesta aiheutuvat päästöt. VE1:n sähköntuotannon päästökerroin on tällöin 23,7 g CO<sub>2</sub>e/kWh.

### 5.3 Hiilijalanjälki - VE2

Hiilitaselaskenta esitetään päästötekijöihin jaoteltuna. Kukin päästötekijä sisältää sille sektorille kohdistuvat koko elinkaaren aikaiset päästöt. Taulukossa 6 on esitetty VE2:n ja sähkönsiirron yhteenlasketut materiaalien ja rakentamisen aiheuttamat päästöt.

Taulukko 6. Materiaalien ja rakentamisen aiheuttamat päästöt VE2 ja sähkönsiirto.

Päästölähde	Päästömäärä (t CO <sub>2</sub> e)	Prosentti- osuus (%)
<b>Paneelit</b>	145 423	51
<b>Maankäytön muutokset</b>	65 742 (hiilivarasto: 24 530 hiilinielu: 41 212)	23
<b>Teräsrakenteet</b>	42 487	15
<b>Akkuvarasto</b>	16 050	5,6
<b>Muuntaja- ja sähköasemat</b>	7 205	2,5
<b>Kaapelit</b>	4 394	1,5
<b>Jätteiden käsittely</b>	4 259	1,5
<b>Hiekkatiet</b>	1 025	0,4
<b>Varastokontit ja työmaa- toimistoparakit</b>	680	0,2
<b>Yhteensä</b>	<b>287 264</b>	

VE2 tuottaa vuodessa arviolta 308,1 GWh ja elinkaarensa aikana 12 324 GWh sähköä. VE2:n hiilijalanjälki on noin 287 300 t CO<sub>2</sub>e mukaan lukien sähkönsiirron toteuttamisesta aiheutuvat päästöt. Sähköntuotannon päästökerroin on tällöin 23,2 g CO<sub>2</sub>e/kWh.

#### 5.4 Hiilikädenjälki - ilmastohyödyt

Aurinkovoimahankkeen päästöt tuotettua energiamäärä kohti eri vaihtoehtoissa on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Hankkeen päästöt elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna eri hankevaihtoehtoissa (g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh).

	VE1 + sähkönsiirto	VE2 + sähkönsiirto
<b>Kokonaispäästö, g CO<sub>2</sub>- ekv./kWh</b>	23,7	23,2

Hankkeen sähköntuotannon keskiarvoinen päästökerroin on 23,5 g CO<sub>2</sub>e/kWh.

Tässä tarkastelussa myönteisiä ilmastovaikutuksia on arvioitu kahdesta eri näkökulmasta, jotka on kuvattu taulukossa 1. Myönteisiä ilmastovaikutuksia arvioidaan

koko hankkeen elinkaarelle (40 vuotta) ja eri hankevaihtoehdoille. Nämä on esitetty seuraavassa taulukossa 8.

*Taulukko 8. Myönteiset ilmastovaikutukset eri hankevaihtoehdoissa (t CO<sub>2</sub>-ekv./elinkaari).*

	VE1 + sähkönsiirto	VE2 + sähkönsiirto
Hankkeen kokonaispäästö, t CO <sub>2</sub> -ekv.	286 483	287 264
<b>Sähköntuotannon päästö korvatulla sähköntuotannolla, t CO<sub>2</sub>-ekv.</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Korvattu sähköntuotanto: Ei toivotuilla energiamuodoilla tuotettu sähkö (425 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh) (Lähde: European Council 2023; UNECE 2022)</li> </ul>	5 128 900 t CO <sub>2</sub> -ekv.	5 240 592 t CO <sub>2</sub> -ekv.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Korvattu sähköntuotanto: Nykyhetken kansallinen sähköntuotanto (98 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh) (Lähde: Energiateollisuus, 2022; UNECE, 2022; IPCC, 2018)</li> </ul>	1 183 925 t CO <sub>2</sub> -ekv.	1 209 040 t CO <sub>2</sub> -ekv.
<b>Hankkeen kokonaisilmastovaikutus, t CO<sub>2</sub>-ekv.</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Syrjäytetty sähköntuotanto: Ei toivotuilla energiamuodoilla tuotettu sähkö</li> </ul>	-4 842 888 t CO <sub>2</sub> -ekv.	-4 953 443 t CO <sub>2</sub> -ekv.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Syrjäytetty sähköntuotanto: Nykyhetken kansallinen sähköntuotanto</li> </ul>	-897 914 t CO <sub>2</sub> -ekv.	-921 891 t CO <sub>2</sub> -ekv.

Uvilan aurinkovoiman tuotantoalue edistää Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamista. Uusiutumattoman energian käytön väheneminen ja uusiutuvan energian tuotannon lisääminen vaikuttaa myönteisesti globaaliin ilmastomuutoksen hillintään ja globaaleiden ilmastotavoitteiden saavuttamiseen, kuten kohdassa 3 on esitetty. Hankkeen tuotettaman energian päästökerroin on selkeästi pienempi kuin vertailukohteina olevilla ei toivotuilla energiamuodoilla tuotetun sähkön tai nykyhetken kansallisen sähköntuotannon päästökerroin.

## 6 Lähteet

Co2data-palvelu. Rakentamisen päästötietokanta. Viitattu 30.8.2022. Saatavissa <https://co2data.fi/>

Energiateollisuus, 2022. Sähkön hankinta energialähteittäin 2007–2021. Saatavissa: [https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkon\\_hankinta\\_energiالاhteittain\\_2007-2021.html#material-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkon_hankinta_energiالاhteittain_2007-2021.html#material-view)

European Council, 2023. Infographic – How is EU electricity produced and sold? Saatavissa: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>

ICCT (International council on clean transportation), 2021. A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. Viitattu 14.11.2023. Saatavissa <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/07/Global-Vehicle-LCA-White-Paper-A4-revised-v2.pdf>

IPCC, 2018. Annex III: Technology specific Cost and Performance Parameters. Saatavissa: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf)

Koffi ym. 2017: Covenant of Mayors for Climate and Energy, Default emission factors for local emission inventories – Version 2017, EUR 28718 EN. Viitattu 29.8.2022. Saatavissa: [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107518/jrc\\_technical\\_reports\\_-\\_com\\_default\\_emission\\_factors-2017.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107518/jrc_technical_reports_-_com_default_emission_factors-2017.pdf)

Luonnonvarakeskus 2020: Luken maakunnittaiset arviot metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksista sekä hiilinieluista julkaistu. Viitattu 29.8.2022. Saatavissa Luken maakunnittaiset arviot metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksista sekä hiilinieluista julkaistu - Luonnonvarakeskus.

Luonnonvarakeskus 2021. Vaahtera Eeva (toim.): Suomen metsätilastot. Viitattu 1.7.2022. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-325-1>

Metsäkeskus 2022. Metsävaratieto. Paikkatietoaineistot, Hila-aineistot. Viitattu 1.7.2022. Saatavissa: <https://aineistot.metsaan.fi/avoinmetsatieto/Hila/Kunta/>

Motiva 2021: CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. Viitattu 30.9.2021. Saatavissa [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto\\_suomessa/co2-paastokertoimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-paastokertoimet)

Risen Energy 2021: Environmental product declaration, bifacial dual-glass monocrystalline photovoltaic modules. Viitattu 28.9.2021. Saatavissa: <https://portal.environmentaldec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/23629d10-88d3-4d9b-4770-08d965feca37/Data>

Suomen ilmastopaneeli 2021. Ilmastolakiin kirjattavat pitkän aikavälin päästö- ja nielutavoitteet- Ilmastopaneelin analyysi ja suositukset. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2021. 14 s. Viitattu 28.6.2022. Saatavissa [https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2021/02/ilmastopaneelin-raportti\\_ilmastolain-suositukset\\_final.pdf](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2021/02/ilmastopaneelin-raportti_ilmastolain-suositukset_final.pdf)

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2021: Y-hiilari Hiilijalanjälki -työkalu. Viitattu 7.9.2021. Saatavissa [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Laskurit/YHiilari](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari).

Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2015: Suomen sähkönhankinnan päästöt elinkaarilaskelmissa. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan\\_paastot](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan_paastot)

TEM, 2023. Uusiutuva energia Suomessa. Saatavissa: <https://tem.fi/uusiutuva-energia>

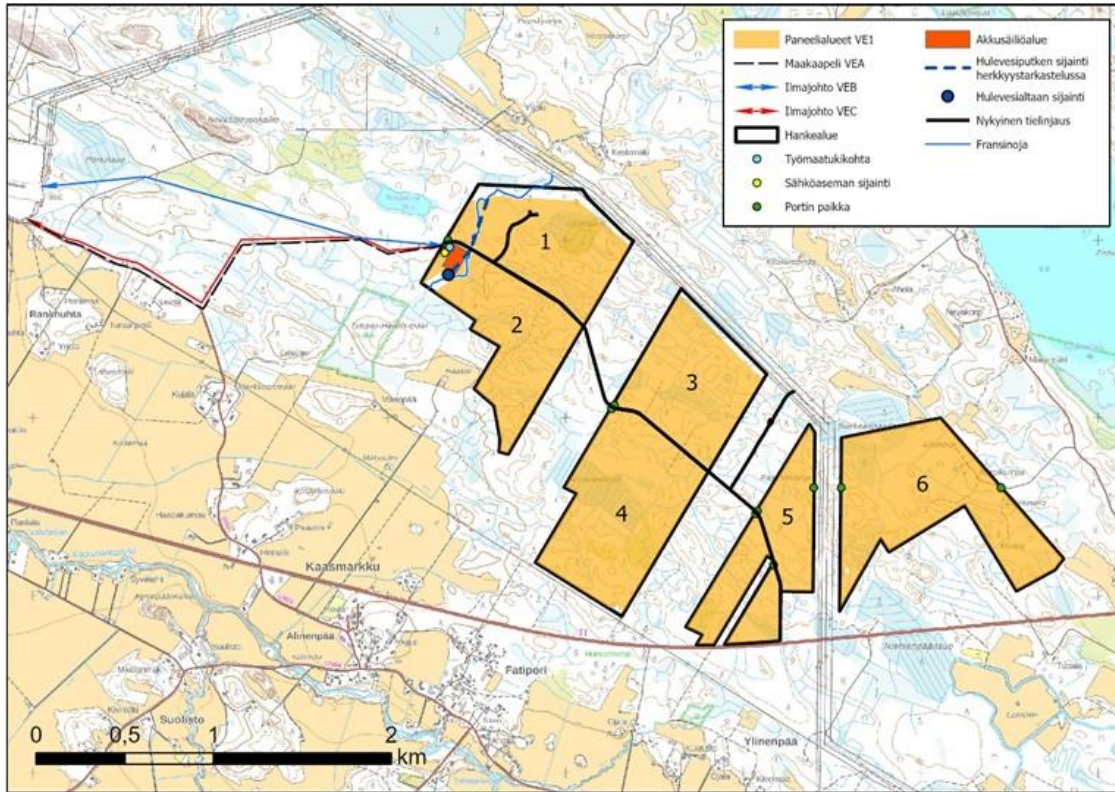
Tilastokeskus 2021. Kasvihuonekaasupäästöt laskivat 2020, kansainväliset veloitteet vuosille 2013–2020 saavutettavissa. Viitattu 28.6.2022. Saatavissa [https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki\\_2020\\_2021-12-16\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-12-16_tie_001_fi.html)

Tilastokeskus 2022. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2020. Viitattu 28.6.2022. Saatavissa [http://www.stat.fi/til/khki/2020/khki\\_2020\\_2022-03-17\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2022-03-17_kat_001_fi.html)

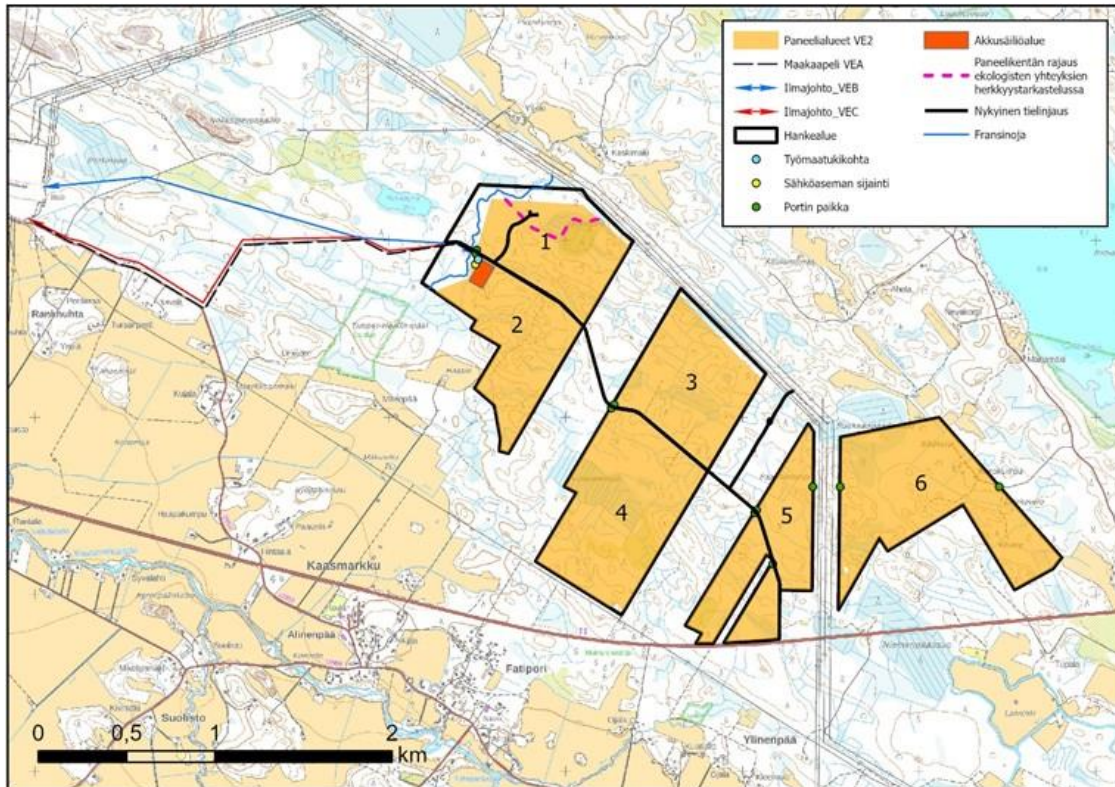
UNECE, 2022. Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources. Saatavissa: [https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA\\_3\\_FINAL%20March%202022.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf)



# Liite 1: Kartat hankevaihtoehtoista



Kuva L1.1. VE1.



Kuva L1.2. VE2.

## Liite 2: Energiatuotantomuotojen päästöt

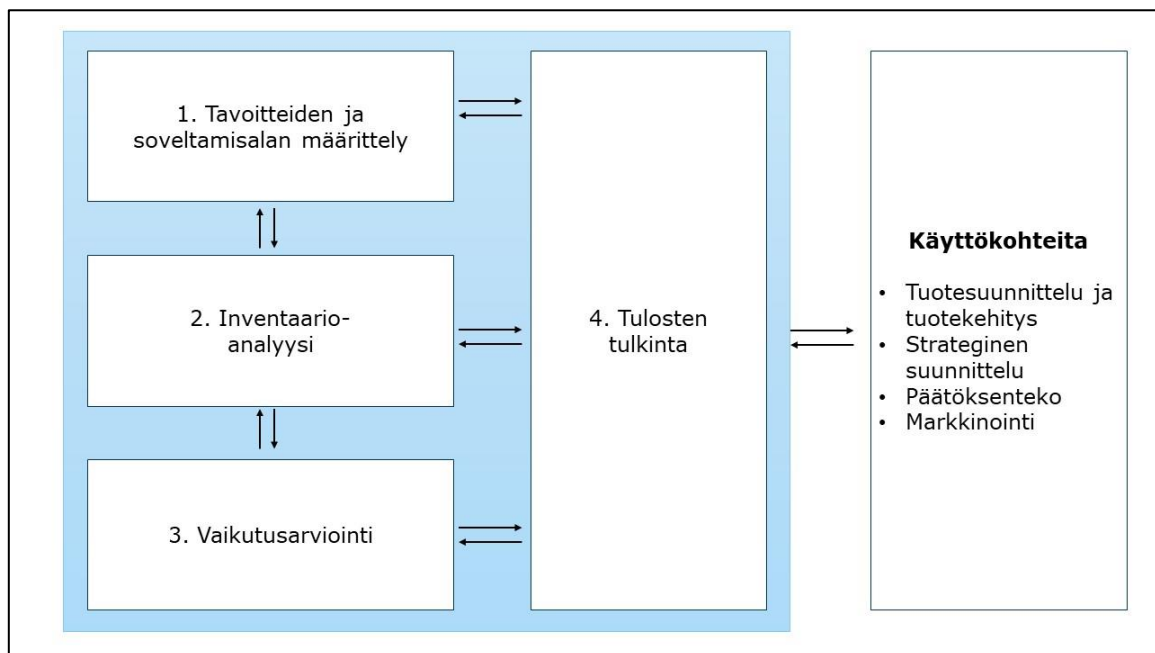
Taulukossa L2.1. on esitetty koonti julkaistuiden energialähteiden elinkaari-  
päästöistä.

<b>Taulukko L2.1. Vertailu sähköntuotantoteknologioiden elinkaarisista päästöistä, g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh.</b>		
<b>Sähköntuotantomuoto</b>	<b>g CO<sub>2</sub>-ekv.kWh</b>	<b>Lähde</b>
Tuulivoima	11	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Ydinvoima	12	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
<b>Uvilan tuotantoalue</b>	<b>23,5</b>	<b>Tässä työssä arvioitu</b>
Vesivoima	24	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Aurinkovoima	41	SYKE, Y-hiilari laskuri (Koffi ym. 2017)
Nykyhetken kansallinen sähköntuotanto	98	Energiateollisuus (2022), UNECE, (2022), IPCC, (2018)
Öljy (eri lajikkeita)	306-314	Koffi ym. 2017 (alin ja ylin arvo)
Ei toivotuilla energiamuodoilla tuotettu sähkö	425	European Council (2023), UNECE (2022)
Biomassa (eri lajikkeita)	17-484	Koffi ym. 2017 (alin ja ylin arvo)

## Liite 3: Elinkaariarviointi ja vuokaaviot

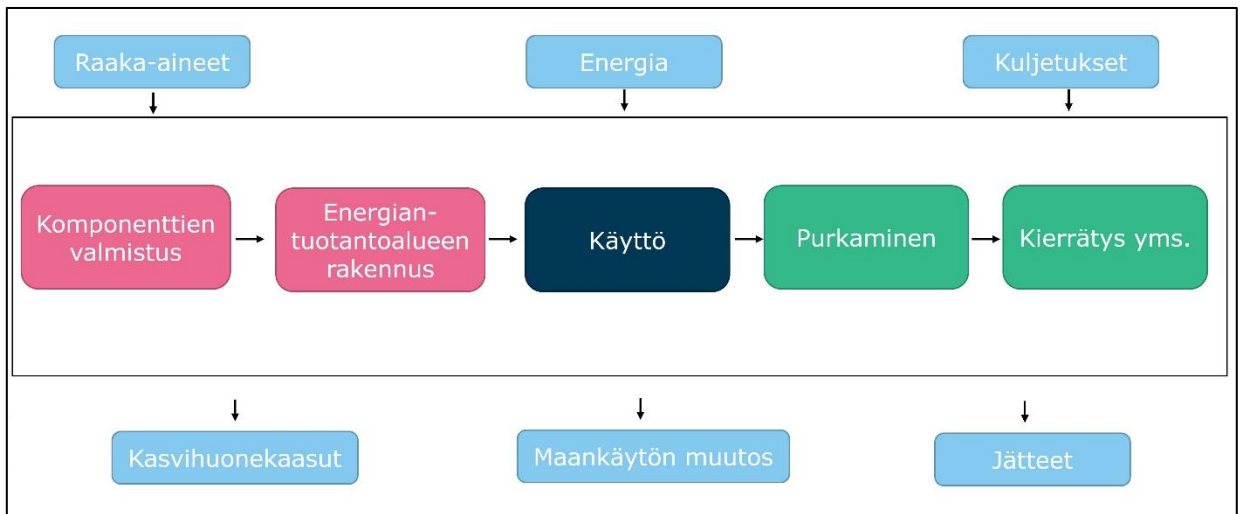
Elinkaariarviointi eli LCA (life cycle assessment) on tieteellinen menetelmä tuotteen tai prosessin koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin ja arviointiin. Arvioinnin toteuttamisen tueksi on laadittu kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n 14040-sarjan standardit. Elinkaariarviointi käsittää neljä vaihetta (kuva L3.1).

Hiilijalanjälki pohjautuu elinkaariarviointiin, jossa tarkasteltavana vaikutusluokkana on ilmastovaikutukset. Hiilijalanjälki ilmaistaan yleensä kilogrammoina tai tonneina CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia, joka kertoo vaikutuksen ilmaston lämpenemiseen (global warming potential, GWP).

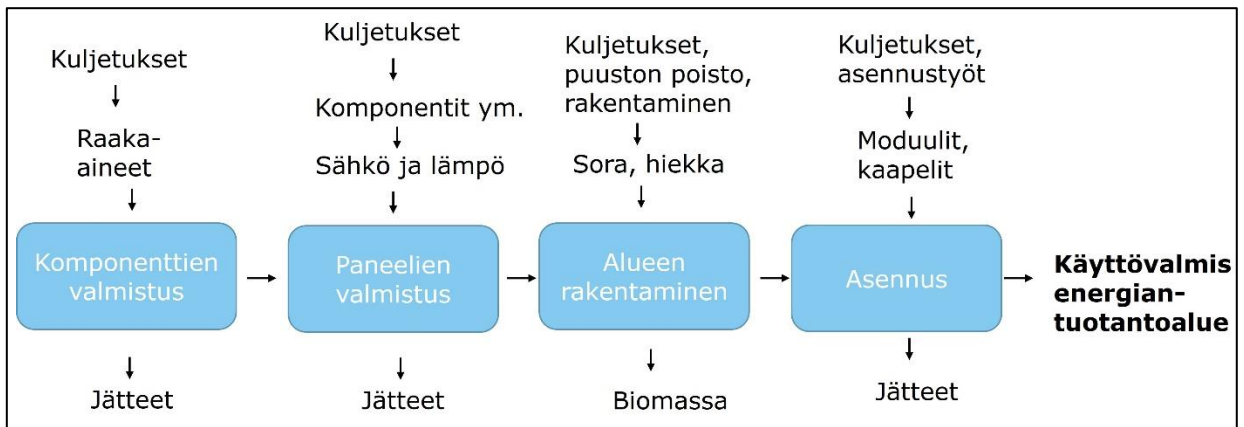


Kuva L3.1. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja käyttökohteita (ISO 14044).

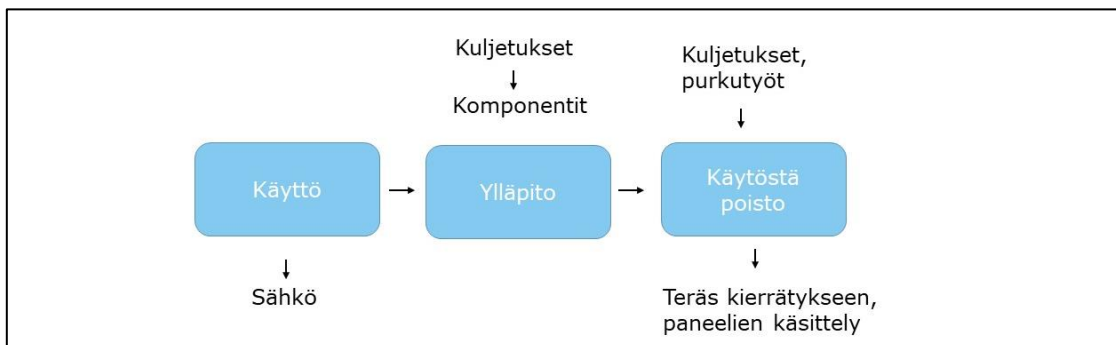
Arvioidun energiantuotantoalueen elinkaarivaiheet on esitetty Kuvassa L3.2. Kuvissa L3.3 ja L3.4 on esitetty yksityiskohtaisemmat vuokaaviot tuotantoalueen elinkaarivaiheista.



Kuva L3.2. Aurinkovoimalan elinkaaren vaiheet.



Kuva L3.3. Voimalan elinkaarivaiheet kehdestä valmiiseen voimalaan.



Kuva L3.4. Voimalan elinkaari käytöstä hautaan.