

## **Liite 15 Ilmastovaikutusten arviointi, Ruonasuon tuu- livoimaosayleiskaava**

Nordic Generation Oy

**SISÄLLYSLUETTELO**

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| KÄSITTEET .....                             | 2  |
| 1 JOHDANTO .....                            | 3  |
| 2 SYSTEEMIRAJAUS .....                      | 3  |
| 3 LASKENTAMENETELMÄ .....                   | 4  |
| 4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET .....            | 6  |
| 4.1 Tuulivoimalat .....                     | 6  |
| 4.2 Aurinkopaneelit .....                   | 6  |
| 4.3 Aurinkopaneelien asennusrakenteet ..... | 7  |
| 4.4 Sähkönsiirto .....                      | 7  |
| 4.5 Tiet .....                              | 8  |
| 4.6 Turvavarusteet .....                    | 8  |
| 4.7 Energiavarasto .....                    | 8  |
| 4.8 Hiilivarastot ja -nielut .....          | 8  |
| 5 HANKKEEN TIEDOT .....                     | 10 |
| 6 TULOKSET .....                            | 11 |
| 6.1 Päästöt .....                           | 11 |
| 7 YHTEENVETO .....                          | 14 |
| 8 LÄHTEET .....                             | 15 |

## KÄSITTEET

| Käsite                                                                   | Selite                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elinkaariarviointi</b><br>(LCA, Life Cycle Assessment)                | Menetelmä, jolla voidaan analysoida ja arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta.                                                                |
| <b>Hiilidioksidiekvivalentti</b>                                         | Hiilijalanjäljen yksikkö CO <sub>2</sub> -ekv kuvaa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta muunnettuna vastaamaan hiilidioksidin ilmastoa lämmittävää vaikutusta. |
| <b>Hiilitase</b>                                                         | Hankkeen elinkaaren aikana aiheutuneiden päästöjen sekä sen myötä saavutettavien päästövähennysten erotus.                                                                        |
| <b>Hiilivarasto</b>                                                      | Metsään, maaperän kasvillisuuteen sekä maaperään sitoutunut hiili hankkeen aloitushetkellä.                                                                                       |
| <b>Hiilinielu</b>                                                        | Kuvaa sitä, kuinka paljon metsän, maaperän kasvillisuuden sekä maaperän hiilivarasto olisi hankkeen elinkaaren aikana kasvanut, mikäli hanke olisi jäänyt toteuttamatta.          |
| <b>Ilmastovaikutus</b>                                                   | Ilmaan vapautuneiden kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus.                                                                                                             |
| <b>Kasvihuonekaasu</b>                                                   | Ilmastonlämpenemistä aiheuttavat kaasut, joita ovat mm. hiilidioksidi CO <sub>2</sub> , metaani CH <sub>4</sub> ja dityppioksidi N <sub>2</sub> O.                                |
| <b>Päästö (ts. hiilijalanjälki)</b>                                      | Ilmaan vapautuneiden kasvihuonekaasujen yhteisvaikutus.                                                                                                                           |
| <b>Päästövähennys</b>                                                    | Kuvaa päästöjä, jotka olisivat aiheutuneet hankkeen toteutumisen myötä vältetystä vaihtoehtoisesta energiantuotannosta.                                                           |
| <b>Ympäristötuoteseloste</b><br>(EPD, Environmental Product Declaration) | Laatuvarmistettu elinkaariarviointiin ja kansainvälisiin standardeihin perustuva tuotteiden ympäristöselvitys.                                                                    |

## 1 JOHDANTO

Nordic Generation Oy suunnittelee tuuli- ja aurinkovoimahanketta Simon kunnan alueelle, noin 22 kilometriä Simon kuntakeskuksesta koilliseen. Kaava-alue on kooltaan noin 860 hehtaaria, josta varsinaista tuotantoaluetta on noin 210 hehtaaria. Tämä ilmastovaikutusten arviointi on esiselvitys, jossa arvioidaan alustavalla tasolla hankkeen vaikutusta ilmastoon.

## 2 SYSTEEMIRAJAUS

Tuuli- ja aurinkovoimahankkeesta aiheutuu ilmastovaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta, joita arvioidaan niin sanotulla hiilitaselaskennalla. Hiilitase muodostuu hankkeen elinkaaren aikana muodostuneiden päästöjen sekä sillä saavutettavien päästövähennysten erotuksena. Hiilitase voi olla joko negatiivinen tai positiivinen sen mukaan, aiheutuuko hankkeesta enemmän päästöjä vai voidaanko sillä välttää enemmän päästöjen muodostumista. Ilmastonlämpenemisvaikutus aiheutuu hankkeen eri elinkaaren vaiheissa syntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on yhteismitallistettu hiilidioksidin ilmastonlämpenemisvaikutusta vastaavaksi, jolloin tulokset esitetään yksikössä CO<sub>2</sub>-ekv.

Hankkeen päästöjä 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 loppukäyttö. Hiilitaselaskennassa on otettu huomioon päästöt niin tuulivoimaloiden, aurinkopaneelien, asennusrakenteiden, sähkönsiirron, tiestön kuin energiavaraston osalta. Lisäksi hankkeen päästöiksi luokitellaan myös hiilivaraston ja -nielun poistuma.

Myös hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta. Päästövähennyksiä saavutetaan, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetulla sähköllä korvataan esimerkiksi päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä energiantuotannossa.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut yhden tuuli- ja aurinkovoimahankkeen koko elinkaaren aikaiset päästöt. Päästöarvio esitetään tuloksissa elinkaaren aikana aiheutuneena absoluuttisena kokonaispäästönä (t CO<sub>2</sub>-ekv) sekä elinkaaren aikana tuotettuun energiaan suhteutettuna päästönä (g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh).

### 3 LASKENTAMENETELMÄ

Hiilitaselaskenta on toteutettu elinkaariarvioinnin periaatteisiin nojautuen (ISO 14040 ja ISO14044). Arvioinnissa keskityttiin tunnistamaan merkittävimmät päästötekijät ja hyödynnettiin ensisijaisesti Ti-laajalta saatavia 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 infraraken-tamisen päästötietokannan (CO2data.fi) sekä Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan (Ecoinvent v.3.9.1) tietoja.

Hiilivaraston ja -nielun menetystä on arvioitu hyödyntäen Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvara-keskuksen ja Avoin ry:n yhteistyönä laatimaa Hiilikartta-työkalua. Tällä hetkellä työkalu huomioi sekä kasvillisuuden hiilivarastot ja -nielut että maaperän hiilivarastot. Työkalussa ei ole vielä tällä hetkellä mukana maaperän hiilinieluja. Hiilikartta-työkalu ei huomioi metsänhoidollisten hakkuiden toteutta-mista ja metsän hiilinielun arvioinnissa oletetaankin, että metsän kasvu jatkuisi ikuisesti ilman hank-keen toteutumista. Tämä johtaa siihen, että Hiilikartta-työkalu saattaa hieman yliarvioida hankkeen toteuttamisen seurauksena aiheutunutta puuston hiilinielun menetystä. Hiilikartan tiedot kasvillisuu-den hiilivarastosta on koostettu eri lähteistä. Maatalousmaan osalta tiedot perustuvat YASSO lasken-toihin, ELY-keskuskohtaisiin satotietoihin 2012–2021 ja kuntakohtaiseen viljelypinta-alaan vuonna 2021. Maatalousmaan raja-  
us perustuu Maanmittauslaitoksen, Ruokaviraston ja Syken tuottamaan ai-neistoon. Hiilikartan tiedot maaperän hiilivarastosta on myös koostettu useasta eri aineistosta. Turve-maiden ulkopuolelle jäävän maatalousmaan osalta hiilivarasto on määritetty Suomen ympäristökes-kuksen, Maanmittauslaitoksen ja Ruokaviraston aineistoihin perustuvaan maatalousmaa-aineistoon ja siihen liitettyihin oletusarvoihin perustuen. (Syke, 2024)

Hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruus riippuu täysin tarkasteltavasta näkö-kulmasta eli siitä, mitä energiantuotantomuotoa tämän hankkeen tuottaman energian on oletettu kor-vaavan. Hankkeella tuotettua sähköä voidaan hyödyntää esimerkiksi suoraan kulutussähköinä, mutta sillä voidaan tuottaa myös esimerkiksi kaukolämpöä tai vetyä, josta voidaan jalostaa uusiutuvia liiken-nepolttoaineita. Laskennassa kuitenkin oletetaan, että uusiutuvan sähkön lisääntyminen ei tällä het-kellä kasvata sähkönkulutuksen osuutta lämmön- tai liikennepolttoaineiden tuotannossa, jolloin se korvaisi suoraan esimerkiksi fossiilista dieseliä liikennekäytössä. Uusiutuvan sähköntuotannon olete-taan vaikuttavan lämmön- ja liikennepolttoaineiden tuotannon päästöihin epäsuorasti pienentäen sähköntuotannon päästökerrointa. Rajauksen yksinkertaistamiseksi tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun sähkön oletetaan siis korvaavan vaihtoehtoista sähköntuotantoa, eikä suoraan fossiilisten polttoainei-den käyttöä kaukolämmön tai liikennepolttoaineen tuotannossa. Tuuli- ja aurinkovoiman päästövähennysvaikutuksen arvioinnille ei ole olemassa yhtenäistä menetelmää tai ohjeistusta, joten tässä sel-vityksessä tarkastellaan päästövähennysvaikutusta kolmesta näkökulmasta:

1. Ensimmäinen näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta Euroopan tasolla, sillä Suomi on osa Euroopan yhteisiä sähkömarkkinoita, joilla sähköä kaupataan Pohjoismaiden välillä sekä myös Pohjoismaista muualle Eurooppaan. Tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan Suomessa tuontisähkön tarvetta. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sen, että muissa Pohjoismaissa tuotettua uusiutuvaa sähköä vapautuu enemmän Euroopan markkinoille syrjäyttämään ei toivottujen polttoaineiden käyttöä. Syrjäytetyistä sähköntuo-tannon polttoaineista 29 % olisi hiiltä, 36 % ydinvoimaa ja 35 % maakaasua (European Coun-cil, 2023). Tätä jakaumaa ja näillä polttoaineilla tuotetun energian elinkaarisia päästökertoi-mia (UNECE, 2022) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatus sähkön päästökertoi-meksi 425 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh.

2. Toinen näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan nykyhetken näkökulmasta, jolloin tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Tilastokeskukselta saatavan uusimman tiedon mukaan Suomen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin on vuonna 2022 ollut 79 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2024). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava nimenomaan Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaariin perustuen, jotta päästökertoimen rajausta on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioidun hankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida esimerkiksi ajantasaisempaan Fingridin ilmoittamaan Suomen sähköntuotannon päästökertoimeen, sillä se sisältää vain sähköntuotannosta aiheutuvat suorat päästöt. Fingridin ilmoittama päästökerroin sisältää myös vain hiilidioksidin, eikä se huomioi muiden kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
  - Tässä näkökulmassa kuitenkin oletetaan, että tuuli- ja aurinkovoimalla korvattaisi uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. On huomioitava, että hankkeen tuottama tuuli- ja aurinkovoima ei todellisuudessa korvaa suoraan eri polttoaineilla tuotettua Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Todellisuudessa hankkeen tuottama energia lisää tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun energian määrää Suomen sähköntuotannossa, samalla korvaten päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä.
3. Kolmas näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan tulevaisuuden näkökulmasta, jolloin tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan tulevaisuuden keskimääräistä sähköntuotantoa. Oletetaan tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun sähkön korvaavan kansallisesti tuotetun keskiarvoisen tulevaisuuden sähkön käyttöä (TEM, 2019). Sähköntuotantotavan ja päästöjen kehitystä on arvioitu vuoteen 2050 asti, joten arvioidaan keskiarvoista sähköntuotannon päästöä vuosien 2030–2050 välillä. Tuotannon ajankohdalle ennustettavaksi sähköntuotannon elinkaarisiksi päästökertoimeksi on arvioitu 37 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh (Ensisijaisesti: UNECE, 2022; Toissijaisesti: IPCC, 2018). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon polttoainejakaumaan perustuen. Tällöin voidaan määrittää tulevaisuuden sähköntuotannolle elinkaarinen päästökerroin, jotta päästökertoimen rajausta on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioidun hankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida suoraan esimerkiksi Energiategiällisyyden ilmoittamaan tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon päästökertoimeen. Energiategiällisyyden ilmoittamassa tulevaisuudelle arvioidussa sähköntuotannon päästökertoimessa on huomioitu vain sähköntuotannosta aiheutuvat suorat päästöt, eikä niissä ole huomioitu esimerkiksi tuotantolaitosten rakentamisesta tai polttoaineiden hankinnasta aiheutuvia päästöjä. Lisäksi Energiategiällisyyden ilmoittamissa tulevaisuudelle arvioiduissa päästökertoimissa on mukana vain hiilidioksidista aiheutuvat päästöt, eikä kaikkien kasvihuonekaasujen vaikutusta ole huomioitu. Tällöin päästökertoimet eivät ole vertailukelpoisia tästä laskennasta saatavan päästökertoimen kanssa, joka sisältää tuuli- ja aurinkovoimahankkeen elinkaariset päästöt.
  - Tässä näkökulmassa kuitenkin oletetaan, että Suomessa useita uusiutuvan energian hankkeita olisi toteutunut. Käytännössä tämän hankkeen toteutuminen mahdollistaa tämän ennusteellisen päästökertoimen toteutuminen. Ilman hankkeen toteutumista tulevaisuuden sähköntuotannon alhaisempi päästökerroin ei realisoidu, jolloin tällä menetelmällä laskettaessa päästövähennysvaikutus on täysin hypoteettinen.

On keskeistä huomioida, että hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruudesta voidaan saada hyvinkin erilaisia tuloksia riippuen siitä, mistä näkökulmasta asiaa halutaan tarkastella. Hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruuden arviointiin liittyy useita erilaisia näkemyksiä, eikä siihen ole tällä hetkellä olemassa yhtenäistä arviointimenetelmää.

## 4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Toteutuessaan tuuli- ja aurinkovoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 4.1) esitetyille hankevaihtoehtoillemme.

Taulukko 4.1. Kuvaukset hankevaihtoehtoista.

| Vaihtoehto | Kuvaus vaihtoehdosta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VE0        | Tuuli- ja aurinkovoimahanke ei toteudu, jolloin materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia ei aiheudu. Tuuli- ja aurinkovoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali menetetään, joka tuotetaan edelleen muilla tuotantomenetelmillä. Vaikutukset riippuvat siitä, millä menetelmällä sähköä arvioidaan tuotettavan ja mitä sähköntuotantoa hanke toteutuessaan korvaisi. Hankkeen toteuttamatta jättämisen lisäksi myös olemassa olevat hiilivarastot ja -nielut säilyvät. |
| VE1        | Tuotantoalueelle toteutetaan 5 tuulivoimalaa sekä noin 70 hehtaarin aurinkovoimala-alue. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutukset tulevat esiin ja tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuuli- ja aurinkovoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.                                                                                                                                                                                     |

### 4.1 Tuulivoimalat

Tuulivoimalan pääkomponentteja ovat perustukset, torni, konehuone, roottori sekä lavat. Tuulivoimaloiden päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt, sisältäen seuraavat päästötekijät: komponentteihin tarvittavien materiaalien valmistus ja kuljetus, komponenttien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, asennus, käyttö ja kunnossapito, purkaminen, komponenttien kuljetus jatkokäsittelyyn ja jatkokäsittely.

Tuulivoimaloiden elinkaarisia päästöjä on arvioitu Vestaksen ja Nordexin tuulivoimaloiden elinkaariarviointeihin perustuen. Elinkaariarvioinneissa tarkastellut tuulivoimalat olivat teholtaan 2–6,2 MW ja niissä on esitetty tuulivoimaloiden päästöjä elinkaarenvaiheittain. Tässä yhteydessä huomattiin tuulivoimaloiden päästöjen olevan tuotettua energiaa kohti melko vakio, riippumatta tuulivoimalan tehosta. Tähän perustuen näiden ympäristötuoteselosteiden keskiarvoisia ilmastonlämpenemisvaikutuksia (g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh) on voitu hyödyntää tässä laskennassa, vaikka tuulivoimalat eivät teholtaan olisikaan täysin vastaavat.

### 4.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit voivat olla yksi- tai monikidepaneeleja, tässä tarkastelussa paneelien on arvioitu olevan monikidepaneeleja. Aurinkopaneelien päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt sisältäen seuraavat päästötekijät: aurinkopaneelien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, kiinnitys asennusrakenteisiin, käyttö ja kunnossapito, purkaminen asennusrakenteista, paneelien kuljetus jatkokäsittelyyn ja jatkokäsittely.

Aurinkopaneelien elinkaarisia päästöjä on arvioitu REC Solar:in aurinkopaneelien ympäristötuoteselosteisiin perustuen. Ympäristötuoteselosteissa tarkastellut aurinkopaneelit olivat teholtaan 375–410 W<sub>p</sub> ja niissä on esitetty aurinkopaneelien päästöjä elinkaarenvaiheittain. Näissä tietolähteissä

päästötiedot olivat esitetty yksikössä g CO<sub>2</sub>-ekv/W<sub>p</sub>, jolloin päästöt voidaan suhteuttaa myös tässä hankkeessa käytettäville 625 W<sub>p</sub> paneeleille.

### 4.3 Aurinkopaneelien asennusrakenteet

Aurinkopaneelit sijoitetaan avoimelle maalle ja asennuksen on oletettu tapahtuvan paalutettuna asennuksena. Asennusrakenteiden päästöjen osalta huomioidaan asennusrakenteiden 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. Aurinkopaneelit suunnitellaan kiinteiksi, eli auringonseurantalaitteita ei ole suunnitteilla.

### 4.4 Sähkön siirto

Sähkön siirto tuotantoalueella tapahtuu maakaapeleilla. Lisäksi aurinkovoimalan osalta tarvitaan erillisiä inverttereitä, muuntajia sekä maanpäällisiä tasavirta- ja vaihtovirtakaapeleita. Sähkön siirron päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt.

Maakaapeleiden valmistuksen, asennuspaikalle kuljetuksen, käytön ja kunnossapidon, jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn päästöjä on arvioitu keskijännitekaapeleiden ympäristötuoteselosteiden tietoihin perustuen. Ympäristötuoteselosteissa ei ole otettu riittävällä tarkkuudella huomioon kaapelien asennusta ja purkamista, joten sitä on arvioitu erikseen. Maakaapelien asennuksen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suoja-putket, 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 inverttereiden päästöjä. Invertterien massaa on arvioitu keskeisimpien materiaalien (alumiini, kupari, teräs) kulutustietoihin perustuen. Materiaalien kulutustiedot perustuvat julkaistuun elinkaariarviointiin (Jungbluth et al., 2012). 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.

Muuntajien osalta niiden valmistuksen, kuljetuksen ja jatkokäsittelyn päästöjä arvioidaan julkaistuun selvitykseen perustuen (Serres, 2022). Selvityksessä on esitetty päästöjä eri tehoisille muuntajille. Näiden tietojen pohjalta on laadittu lineaarinen sovite, jonka perusteella voidaan arvioida eri tehoisten muuntajien päästöjä.

#### 4.5 Tiet

Tiestön osalta laskennassa on huomioitu uusien sorapäälysteisten teiden sekä olemassa olevien teiden parantamisen päästöt. 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.

#### 4.6 Turvavarusteet

Turvavarusteiden osalta huomioidaan metallipylväisen aitauksen valmistuksesta, asennuksesta, purkamisesta sekä jatkokäsittelyyn kuljetuksesta aiheutuneet päästöt. Materiaalien oletetaan menevän käytön jälkeen uusiokäyttöön. Päästötietolähteenä on hyödynnetty Ihku-laskentapalvelun päästötietoja.

#### 4.7 Energiavarasto

Energiavaraston osalta huomioidaan akkujen valmistus ja loppukäyttö. Energiavaraston häviöitä ja kuljetuksia ei ole huomioitu. Energiavaraston valmistuksen ja loppukäytön päästöjä on arvioitu kirjallisuuslähteeseen perustuen (Emilsson et al., 2019).

#### 4.8 Hiilivarastot ja -nielut

Metsän hiilivarastojen ja -nielujen poistuman sekä maaperän hiilivarastojen poistuman osalta huomioidaan näiden menetys seuraavien pysyvien rakenteiden tieltä: tuulivoimaloiden perustukset, aurinkopaneelikenttä, sähköasema, energiavarastot, uudet tiet sekä sähköasemalle johtava maakaapelointi. Tuulivoimaloiden perustusten, sähköaseman, energiavarastojen, uusien teiden sekä maakaapeloinnin osalta on arvioitu, että hiilivarastot ja -nielut poistuvat näiden rakenteiden tieltä kokonaisuudessaan. Aurinkopaneelikentän osalta on arvioitu, että metsien hiilivarastot ja -nielut poistuvat maankäytön muutoksen myötä kokonaisuudessaan, mutta maaperän hiilivaraston arvioidaan poistuvan Hiilikartta-työkalun taustatietoihin perustuen 50 prosenttisesti. Hiilinielujen poistuma on arvioitu vuoteen 2065 asti.

Tilapäisesti hiilivarastoja -ja nieluja menetetään tuulivoimaloiden sekä nosturin kokoamisalueelta. Rakentamisen tieltä raivatus alueen pinta-alaa on arvioitu seuraavan taulukon (Taulukko 4.2) tietoihin perustuen.

Taulukko 4.2. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alat.

| Pysyvä muutos                 |                                                                                                                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuulivoimaloiden perustus     | 0,07 ha/tuulivoimala                                                                                                                          |
| Aurinkopaneeli alue           | 68 ha                                                                                                                                         |
| Maakaapelit                   | Oletetaan rakennettavan osittain uusien rakennettavien teiden viereen, jolloin uutta metsäistä aluetta ei tarvitse maakaapeloinnille raivata. |
| Sähköasema                    | 0,2 ha/asema                                                                                                                                  |
| Uusien teiden raivausleveys   | 7 metriä (6 metriä leveä tie sekä puolen metrin pengerrykset)                                                                                 |
| Tilapäinen muutos             |                                                                                                                                               |
| Tuulivoimaloiden kokoamisalue | 0,16 ha/tuulivoimala                                                                                                                          |
| Nosturin kokoamisalue         | 0,10 ha/tuulivoimala                                                                                                                          |

Huomioitavaa on, että esimerkiksi tuulivoimaloiden nostamiseen on mahdollista hyödyntää rakennettua tiestöä, jolloin tuulivoimaloiden ja nosturin kokoamisalueen tilapäinen muutos voi jäädä arvioitua pienemmäksi. Pysyvän muutoksen oletetaan poistavan alueen hiilivaraston sekä -nielun seuraavaksi neljäksikymmeneksi vuodeksi. Hankkeen elinkaaren jälkeen aluetta alettaisiin uudestaan metsittää, jolloin hiilinielu palautuisi ajan kuluessa. Tarkkaa tutkimustietoa siitä, milloin taimikko muuttuu hiilinieluksi, ei ole vielä saatavissa. On kuitenkin arvioitu, että taimikon alkaisi sitoa hiiltä noin 10–20 vuoden iässä. Tähän perustuen voidaan arvioida, että hankkeella olisi sen päättymisen jälkeen vielä seuraavat 20 vuotta kielteisiä vaikutuksia alueen hiilinieluihin. Tätä hankkeen jälkeistä kielteistä vaikutusta ei kuitenkaan voida suoraan arvioida, sillä tällä pitkällä aikavälillä alueen metsiin saatetaan toteuttaa hakkuita jo metsänhoidollisina toimenpiteinä. Koska tässä tarkastelussa rajauksena on hankkeen elinkaari, ei hankkeen elinkaaren jälkeisiä vaikutuksia ole tarkasteltu tämän tarkemmin. Myös nämä mahdolliset vaikutukset on kuitenkin hyvä tiedostaa.

Tilapäisen muutoksen oletetaan poistavan kokonaan sekä metsän että maaperän hiilivaraston hakattua alueelta. Myös alueen hiilinielu poistuu hetkellisesti, mutta metsityksen jälkeen sen oletetaan palautuvan hakkuuta edeltäneelle tasolle noin 20 vuoden kuluttua.

## 5 HANKKEEN TIEDOT

Tarkempia tietoja hankkeen suunnitteluvaiheen lähtötiedoista on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.1).

*Taulukko 5.1. Hankkeen suunnitteluvaiheen lähtötiedot.*

|                                         | Suunnitteluvaiheen lähtötieto                     |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Tuulivoiman tuotantoalueen pinta-ala    | 142 ha                                            |
| Aurinkopaneelikentän pinta-ala          | 68 ha                                             |
| Tuulivoimaloiden lukumäärä              | 5 kpl                                             |
| Tuulivoimalan maksimiteho               | 7 MW                                              |
| Aurinkopaneelien lukumäärä              | 72 982 kpl                                        |
| Aurinkopaneelin teho                    | 625 W <sub>p</sub>                                |
| Arvioitu elinkaarinen sähköntuotanto    | 6 023 GWh                                         |
| Maakaapelointi                          | Pituus: 5 171 m<br>Leveys: 0,4 m<br>Syvyys: 0,7 m |
| Sähkönsiirtoasemat tuotantoalueella     | 1 kpl                                             |
| Invertterien lukumäärä                  | 125 kpl*                                          |
| Yhden invertterin teho                  | 300 kW                                            |
| Muuntajien lukumäärä                    | 8 kpl                                             |
| Yhden muuntajan nimellisteho            | 6 MVA                                             |
| Tasavirtakaapeliin pituus               | 220,4 km                                          |
| Vaihtovirtakaapeliin pituus             | 35,8 km                                           |
| Uudet sorapäällysteiset huoltotiet      | Pituus: 1 698 m<br>Leveys: 6,0 m                  |
| Parannetut sorapäällysteiset huoltotiet | Pituus: 3 686 m<br>Leveys: 5,0 m                  |
| Aitauksen pituus                        | 4 700 m                                           |
| Energiavaraston kapasiteetti            | 15 MWh                                            |

\*Vaihdetaan kerran hankkeen elinkaaren aikana, jolloin tarvittavien invertterien kokonaismäärä on 250 kpl.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Päästöt

Hankkeesta aiheutunut päästö on määritetty sekä absoluuttisena kokonaispäästönä koko hankkeen elinkaaren ajalle (t CO<sub>2</sub>-ekv) sekä hankkeen elinkaaren aikana tuotettuun energiantuotantoon suhteutettuna (g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh). Seuraavassa taulukossa (Taulukko 6.1) on esitetty arvio hankkeen elinkaaren aikaisesta absoluuttisesta kokonaispäästöstä ilman kierrätysarvoja (t CO<sub>2</sub>-ekv).

*Taulukko 6.1. Kokonaispäästö päästötekijöihin jaoteltuna eri hankevaihtoehdoissa.*

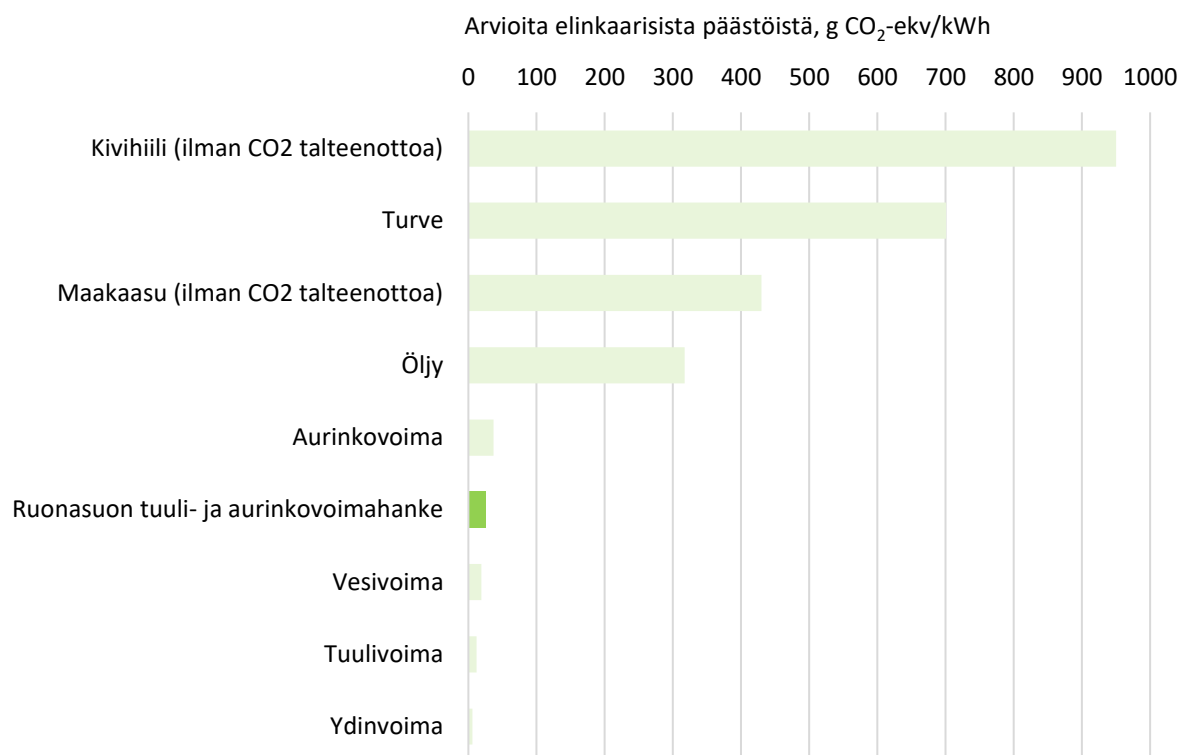
| Päästötekijä                             | Päästö,<br>t CO <sub>2</sub> -ekv | Osuus |
|------------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Tuulivoimalat                            | 21 340                            | 14 %  |
| Aurinkopaneelit ja asennusrakenteet      | 45 990                            | 30 %  |
| Sähköasema, invertterit ja muuntajat     | 5 190                             | 3 %   |
| Maanpäälliset kaapelit ja maakaapelointi | 1 540                             | 1 %   |
| Tiet                                     | 370                               | < 1 % |
| Turvavarusteet                           | 90                                | < 1 % |
| Energiavarasto                           | 1 480                             | 1 %   |
| Hiilivaraston ja -nielun poistuma        | 78 220                            | 51 %  |
| <b>Yhteensä*</b>                         | <b>154 220</b>                    |       |

\*Ei täsmää täysin eri päästötekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Hiilivaraston ja -nielun poistuman osuus kokonaispäästöistä on merkittävin, johtuen tuotantoalueen sijainnista vanhalla turvetuotantoalueella. Hiilivaraston ja -nielun poistumasta 91 % aiheutuu aurinkopaneelientäältä.

Hankkeen toteutuessa siitä aiheutuvat kokonaispäästöt olisivat yhteensä noin 154 220 t CO<sub>2</sub>-ekv koko elinkaaren ajalta. Kokonaispäästöjen lisäksi hankkeen päästöjä arvioitiin myös elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna. Ruonasuon tuuli- ja aurinkovoimahankkeen elinkaarisen päästökertoimen arvioidaan olevan 25,6 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh, huomioiden myös hiilivarastojen ja -nielujen menetys.

Vertailun vuoksi seuraavassa kuvassa (Kuva 6.1) on esitetty elinkaarisia päästökertoimia myös muiden energianlähteiden sähköntuotannolle. Nämä päästökertoimet ovat suuntaa antavia ja kuvaavat yleisimpiä tuotantomenetelmiä. Näissä ei siis ole huomioitu eri tuotantomenetelmien keskiarvoa tai vaihtelua.



Kuva 6.1. Arvioita muilla energianlähteillä tuotetun sähkön elinkaarista päästökertoimista.

Päästövähennysvaikutusta saavutetaan, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetulla energialla saadaan syrjäytettyä päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä sähköntuotannossa. Kuten kappaleessa 2 todettiin, päästövähennysvaikutuksen suuruus on potentiaalinen ja sen suuruus riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta. Tässä tarkastelussa päästövähennysvaikutusta on arvioitu kolmesta eri näkökulmasta, jotka on kuvattu kappaleessa 2. Päästövähennysvaikutus arvioidaan koko hankkeen elinkaarelle. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 6.2) on esitetty hankkeen kokonaispäästö, päästövähennysvaikutus sekä näiden perusteella laskettu hiilitase.

Taulukko 6.2. Hankkeen kokonaispäästö, sillä saavutettava päästövähennysvaikutus sekä hiilitase.

|                                                                                                                                                             | Päästö,<br>t CO <sub>2</sub> -ekv |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Hankkeen kokonaispäästö                                                                                                                                     | 154 220                           |
| <b>Päästövähennysvaikutus</b>                                                                                                                               |                                   |
| Vältetty päästö hankkeen elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä                          | 2 561 200                         |
| Vältetty päästö hankkeen elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu nykyhetken kansallista sähköntuotantoa                                  | 472 800                           |
| Vältetty päästö hankkeen elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa                 | 225 400                           |
| <b>Hiilitase</b>                                                                                                                                            |                                   |
| Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä          | -2 407 000                        |
| Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu nykyhetken kansallista sähköntuotantoa                  | -318 600                          |
| Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa | -71 100                           |

Hiilitaseen negatiivinen arvo kertoo siitä, että hankkeella vältetään sen elinkaaren aikana enemmän päästöjä kuin niitä aiheutuu. Mitä suurempi negatiivinen arvo hiilitaseella on, sitä suurempi sen myönteinen ilmastovaikutus on. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 6.3) on esitetty hankkeen aiheuttamien päästöjen kompensoitumisaika.

Taulukko 6.3. Hankkeen koko elinkaaren aikaisten kokonaispäästöjen kompensoitumisaika pyöristettynä seuraavaan kokonaiseen vuoteen.

|                                                                                                                                                | Päästöjen<br>kompensoitumisaika |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Hankkeen kokonaispäästöjen kompensoitumisaika, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä          | 3 vuotta                        |
| Hankkeen kokonaispäästöjen kompensoitumisaika, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu nykyhetken kansallista sähköntuotantoa                  | 13 vuotta                       |
| Hankkeen kokonaispäästöjen kompensoitumisaika, kun hankkeella tuotettu sähkö korvautuu tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa | 26 vuotta                       |

## 7 YHTEENVETO

Tehdyt laskelmat kuvaavat hankkeesta aiheutuvia päästöjä ja sillä saavutettavia päästövähennyksiä yleisellä tasolla ja ovat suuntaa antavia arvioita. Suunnitteluarvoihin perustuvassa laskennassa joudutaan turvautumaan läpi laskennan useisiin oletuksiin, yleistyksiin sekä keskimääräisiin päästökerrointietoihin. Tehtyihin oletuksiin sekä käytettyihin päästökerrointietoihin sisältyy siis epävarmuutta. Lisäksi määritetty energiantuotantopotentiaali on teoreettinen. Todellinen energiantuotanto voi vaihdella olosuhteitten mukaan, joka vaikuttaa hankkeella tuotettua energiaa kohti arvioituun päästöker-toimeen.

Näillä rajauksilla, laskentatiedoilla ja oletuksilla hankkeen elinkaaren aikainen päästö olisi noin 154 220 t CO<sub>2</sub>-ekv. Keskimääräisen suomalaisen aiheuttaa vuosittain noin 10 t CO<sub>2</sub>-ekv päästön. Ruonasuon tuuli- ja aurinkovoimahankkeen elinkaaren aikaiset päästöt vastaavat noin 15 420 suomalaisen vuosittaisia päästöjä.

Tuuli- ja aurinkovoimalla saavutetaan ilmaston kannalta sekä kielteisiä että myönteisiä vaikutuksia. Kielteisiä ilmastovaikutuksia aiheutuu raaka-aineiden ja komponenttien valmistuksesta ja kuljetuksesta, asennuksesta, käytöstä, purkamisesta sekä loppukäytöstä. Lisäksi kielteisiä ilmastovaikutuksia aiheutuu, kun rakentamisen myötä alueelta menetetään puuston ja maaperän hiilivarastoa sekä -nie-lua.

Myönteisiä ilmastovaikutuksia aiheutuu, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetulla sähköllä voidaan korvata päästöintensiivisemmillä tuotantomenetelmillä tuotettua sähköä. Kokonaisuudessaan hankkeen myönteiset ilmastovaikutukset arvioitiin kielteisiä ilmastovaikutuksia suuremmiksi. Myönteisen ilmas-toivaikutuksen suuruus riippuu kuitenkin voimakkaasti tarkasteltavasta näkökulmasta, eli mitä sähkön-tuotantoa hankkeella tuotetun energian oletetaan korvaavan.

Hankkeen arvioidaan kompensoivan omat päästönsä noin 26 vuodessa, vaikka hankkeen sähköntuo-tannon oletettaisi korvaavan tuotannon ajankohdalle ennustettavaa keskimääräistä sähköntuotantoa. Hankkeen toteuttamatta jäämisellä arvioitiin olevan kielteinen vaikutus ilmastoon, kun sähköntuotan-non rakenne jää kehittymättä ja sähköä on tuotettava enemmän päästöjä aiheuttavilla menetelmillä.

## 8 LÄHTEET

Emilsson et al., 2019. Lithium-Ion Vehicle Battery Production. Status 2019 on Energy Use, CO2 Emissions, Use of Materials, Products Environmental Footprint and Recycling.

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/>

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)

Jungbluth et al., 2012. Life Cycle Inventories of Photovoltaics.

Serres Hugo, 2022. Life Cycle Assessment of typical projects of the distribution power network.

Syke, 2024. Hiilikartta-työkalu. Saatavissa: <https://www.syke.fi/hiilikartta>

TEM, 2019. Sähköntuotannon skenaariolaskelmat vuoteen 2050. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2132100/S%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon+skenaariolaskelmat+vuoteen+2050+%E2%80%93+selvitys+22.2.2019/8d83651e-9f66-07e5-4755-a2cb70585262/S%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon+skenaariolaskelmat+vuoteen+2050+%E2%80%93+selvitys+22.2.2019.pdf>

Tilastokeskus, 2024. Energian hankinta ja kulutus. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000–2023\*. Saatavissa: [https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ehk/statfin\\_ehk\\_pxt\\_14qt.px/](https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_14qt.px/)

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\\_FI-NAL%20March%202022.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FI-NAL%20March%202022.pdf)