

# **Pitkämaan tuulivoimahankkeen hiilitaselaskennan menetelmäkuvaus**

ABO Energy Suomi Oy

## SISÄLLYSLUETTELO

KÄSITTEET .....	2
1 SYSTEEMIRAJAUS .....	3
2 LASKENTAMENETELMÄ.....	4
3 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET .....	7
3.1 Tuulivoimalat .....	7
3.2 Sähkönsiirto .....	8
3.3 Huoltotiet .....	8
3.4 Hiilivarastot ja -nielut .....	8
4 LÄHTEET .....	10

## KÄSITTEET

Käsite	Selite
<b>Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment)</b>	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 ilmasto lämmittävää vaikutusta muunnettuna vastaamaan hiilidioksidin ilmasto lämmittävää vaikutusta.
<b>Hiilitase</b>	Hankkeen elinkaaren aikana aiheutuneiden päästöjen sekä sen myötä saavutettavien päästövähennysten erotus.
<b>Hiilivarasto</b>	Puustoon sekä maaperään sitoutunut hiili hankkeen aloitushetkellä.
<b>Hiilinielu</b>	Kuvaa sitä, kuinka paljon puuston sekä maaperän hiilivarasto olisi hankkeen elinkaaren aikana kasvanut, mikäli hanke olisi jäänyt toteuttamatta.
<b>Ilmastovaikutus</b>	Ilmaan vapautuneiden kasvihuonekaasujen ilmasto 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 (EPD, Environmental Product Declaration)</b>	Laatuvarmistettu elinkaariarviointiin ja kansainvälisiin standardeihin perustuva tuotteiden ympäristöselvitys.

## 1 SYSTEEMIRAJAUS

Tuulivoimahankkeesta 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 positiivinen tai negatiivinen 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, hankealueen sähkönsiirron kuin huoltotiestön osalta. Lisäksi hankkeen päästöiksi luokitellaan myös hiilivaraston ja -nielun poistuma.

Myös hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta. Päästövähennyksiä saavutetaan, kun hankkeen tuottamalla sähköllä korvataan vaihtoehtoista sähköntuotantoa.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut yhden tuulivoimahankkeen 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).

## 2 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 puuston hiilivarastot ja -nielut että maaperän hiilivarastot. Työkalussa ei ole vielä tällä hetkellä mukana maaperän hiilinieluja. Hiilikartta-työkalu ei huomioi metsänhoidollisten hakkuiden toteuttamista ja puuston hiilinielun arvioinnissa oletetaan, että puuston kasvu jatkuisi ikuisesti ilman hankkeen toteutumista. Tämä johtaa siihen, että Hiilikartta-työkalu saattaa hieman yliarvioida hankkeen toteuttamisen seurauksena aiheutunutta puuston hiilinielun menetystä. Hiilikartan tiedot kasvillisuuden hiilivarastosta on koostettu eri lähteistä. Maatalousmaan osalta tiedot perustuvat YASSO laskentoihin, ELY-keskuskohtaisiin satotietoihin 2012–2021 ja kuntakohtaiseen viljelypinta-alaan vuonna 2021. Maatalousmaan rajausta perustuu Maanmittauslaitoksen, Ruokaviraston ja Syken tuottamaan aineistoon. Hiilikartan tiedot maaperän hiilivarastosta on myös koostettu useasta eri aineistosta. Turvemaiden ulkopuolelle jäävän maatalousmaan osalta hiilivarasto on määritetty Suomen ympäristökeskuksen, Maanmittauslaitoksen ja Ruokaviraston aineistoihin perustuvaan maatalousmaa-aineistoon ja siihen liitettyihin oletusarvoihin perustuen. (Syke, 2024) Suomen ympäristökeskuksen Hiilikartta-työkalulla arvioidaan puuston ja maaperän hiilivarastoa sekä puuston hiilinielua koko tuotantoalueella. Kun nämä tiedot suhteutetaan tuotantoalueen pinta-alaan, saadaan hiilivaraston ja -nielun poistumille hehtaarikohtaiset kertoimet (t CO<sub>2</sub>-ekv/ha). Näitä kertoimia hyödynnetään yhdessä hankealueelta todellisuudessa raivatun pinta-ala-tiedon kanssa.

Hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruus riippuu täysin tarkasteltavasta näkökulmasta eli siitä, mitä energiantuotantomuotoa tämän hankkeen tuottaman energian on oletettu korvaavan. Hankkeella tuotettua sähköä voidaan hyödyntää esimerkiksi suoraan kulutussähköinä, mutta sillä voidaan tuottaa myös esimerkiksi kaukolämpöä tai vetyä, josta voidaan jalostaa uusiutuvia liikennepolttoaineita. Laskennassa kuitenkin oletetaan, että uusiutuvan sähkön lisääntyminen ei tällä hetkellä kasvata sähkönkulutuksen osuutta lämmön- tai liikennepolttoaineiden tuotannossa, jolloin se korvaisi suoraan esimerkiksi fossiilista dieseliä liikennekäytössä. Uusiutuvan sähköntuotannon oletetaan vaikuttavan lämmön- ja liikennepolttoaineiden tuotannon päästöihin epäsuorasti pienentäen sähköntuotannon päästökerrointa. Rajauksen yksinkertaistamiseksi tuulivoimalla tuotetun sähkön oletetaan siis korvaavan vaihtoehtoista sähköntuotantoa, eikä suoraan fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tai liikennepolttoaineiden tuotannossa. Tuulivoiman päästövähennysvaikutuksen arvioinnille ei ole olemassa yhtenäistä menetelmää tai ohjeistusta, joten tässä selvityksessä tarkastellaan päästövähennysvaikutusta kolmesta näkökulmasta:

**Näkökulma 1: Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö korvaa fossiilisten polttoaineiden käyttöä sähköntuotannossa.**

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta Euroopan tasolla, sillä Suomi on osa Euroopan yhteisiä sähkömarkkinoita, joilla sähköä kaupataan Pohjoismaiden välillä sekä myös Pohjoismaista muualle Eurooppaan. Hankkeella tuotetun sähkön 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 sähköntuotannon polttoaineista 56 % olisi maakaasua, 39 % kivihiiltä ja 5 % öljyä (European Council, 2024). Tätä jakaumaa ja näillä polttoaineilla tuotetun sähkön elinkaarisia päästökertoimia (IPCC, 2018 & JRC, 2017) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatusen sähkön päästökertoimeksi 610 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh.

**Näkökulma 2: Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö korvaa nykyhetken (2023) Suomen keskiarvoista sähköntuotantoa.**

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan nykyhetken näkökulmasta, jolloin hankkeella tuotetun sähkön voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Tilastokeskukselta saatavan uusimman tiedon mukaan Suomen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin on vuonna 2023 ollut 49 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2025). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava nimenomaan Suomen keskimääräisen sähköntuotannon elinkaariseen päästökertoimeen 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 uusiutuvalla energialla korvattaisi uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. On huomioitava, että hankkeen tuottama sähkö ei todellisuudessa korvaa suoraan eri polttoaineilla tuotettua Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Todellisuudessa hankkeen tuottama sähkö lisää uusiutuvan energian määrää Suomen sähköntuotannossa, samalla korvaten päästöintensiivisempien polttoaineiden käyttöä.

**Näkökulma 3: Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö korvaa tuotannon ajankohdalle ennustettavaa (2034–2064) Suomen keskiarvoista sähköntuotantoa.**

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan tulevaisuuden näkökulmasta, jolloin hankkeella tuotetun sähkön voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä tulevaisuuden sähköntuotantoa. Vuosien 2034–2064 välisen sähköntuotannon keskimääräistä elinkaarista päästökerrointa arvioidaan Energiateollisuuden vuonna 2024 julkaisen ilmastotiekartan tietoihin perustuen. Ilmastotiekartan taustaselvitysraportissa on arvioitu eri tuotantomuodoilla tuotetun sähköenergian määriä vuosina 2035 ja 2050 (Energiateollisuus, 2023). Arvioidaan eri tuotantomuodoilla tuotetun sähköenergian määrän kehittyvän vuoteen 2035 ja vuoteen 2050 perusuraskenaarion mukaisesti. Arvioidaan sähköntuotannon elinkaarisia päästökertoimia vuosille 2035 ja 2050 kyseisten vuosien sähköntuotantojakaumiin sekä IPCC:n (IPCC, 2018) ja JRC:n (JRC, 2017) päästökertoimiin perustuen. Oletetaan sähköntuotannon päästökertoimen kehittyvän lineaarisesti vuosien 2035–2050 välillä, vuosien 2050–2064 välillä sähkön päästökertoimen oletetaan olevan vuoden 2050 tasolla. Vuosien 2034–2035 välillä tapahtuvaa sähkön

päästökertoimen kehitystä arvioidaan nykyhetken päästökertoimeen perustuen. Tilastokeskuksen viimeisin julkaisema tieto sähköntuotannon elinkaarisesta päästökertoimesta on vuodelle 2023. Tilastokeskus on ilmoittanut sähköntuotannon elinkaariseksi päästökertoimeksi kyseiselle vuodelle 49 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2025). Sähköntuotannon päästökertoimen oletetaan kehittyvän lineaarisesti vuosien 2023–2035 välillä. Näihin tietoihin perustuen saadaan johdettua keskimääräinen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin vuosille 2034–2064, jonka arvioitiin olevan 17 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh.

Hankkeen arvioidaan tuottavan sähköä vuosien 2034–2064 välillä, joten arvioidaan tälle aikavälille keskimääräisen sähköntuotannon elinkaarinen päästökero. Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on arvioitava nimenomaan elinkaariseen päästökertoimeen perustuen, jotta päästökertoimen rajausta on yhteneväinen tässä selvityksessä arvioidun hankkeen elinkaarisen päästökertoimen kanssa. Tästä syystä päästövähennysvaikutusta ei voida arvioida suoraan esimerkiksi Energiategollisuuden ilmoittamaan tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon päästökertoimeen. Energiategollisuuden 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 Energiategollisuuden 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 tuulivoimahankkeen elinkaariset päästöt.

- Tässä näkökulmassa kutienkin oletetaan, että Suomessa useita uusiutuvan energian hankkeita olisi toteutunut. Käytännössä tämän hankkeen toteutuminen mahdollistaa tämän ennusteellisen päästökertoimen toteutumisen. Ilman hankkeen toteutumista tulevaisuuden sähköntuotannon alhaisempi päästökero ei realisoitu, jolloin tästä näkökulmasta arvioitu 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 näkökulmia, eikä siihen ole tällä hetkellä olemassa yhtenäistä arviointimenetelmää.

### 3 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Toteutuessaan tuulivoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.1) esitetyille voimalasijoittelun vaihtoehdoille ja sitä seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.2) esitetyille sähkönsiirron vaihtoehdoille.

Taulukko 3.1. Kuvaukset tuulivoimalasijoittelun vaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus voimalasijoittelun vaihtoehdosta
VE0	Tuulivoimahanke ei toteudu, jolloin materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia ei aiheudu. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali menetetään, jolloin sähköntuotannon rakenne jää kehittymättä. Vaikutuksen suuruus riippuu siitä mitä sähköntuotantoa hanke toteutuessaan korvaisi. Hankkeen toteuttamatta jättämisen seurauksen olemassa olevat hiilivarastot ja -nielut säilyvät.
VE1	Tuotantoalueelle toteutetaan 11 tuulivoimalaa, joiden yksikköteho on enintään 10 MW. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutukset tulevat esiin ja tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.
VE2	Tuotantoalueelle toteutetaan 9 tuulivoimalaa, joiden yksikköteho on enintään 10 MW. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutukset tulevat esiin ja tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.

Taulukko 3.2. Kuvaukset sähkönsiirron vaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VEA	Sähkönsiirto toteutetaan 110 kV:n voimajohtona tuotantoalueelta Lehmikummun uudelle rakennettavalle sähköasemalle. Reitin kokonaispituus on noin 7,6 km riippuen tuotantoalueen sähköaseman sijainnista. Reitti sijaitsee kokonaan uudessa maastokäytävässä.
VEB1	Sähkönsiirto toteutetaan 33 kV:n maakaapelina tuotantoalueelta Lehmikummun sähköasemalle. Reitin kokonaispituus on noin 8,7 km. Reitistä noin 3,0 km sijaitsee kokonaan uudessa maastokäytävässä.
VEB2	Sähkönsiirto toteutetaan 33 kV:n maakaapelina tuotantoalueelta Lehmikummun sähköasemalle. Reitin kokonaispituus on noin 10 km. Reitistä noin 2,2 km sijaitsee kokonaan uudessa maastokäytävässä.
VEB3	Sähkönsiirto toteutetaan 33 kV:n maakaapelina tuotantoalueelta Lehmikummun sähköasemalle. Reitin kokonaispituus on noin 8,2 km. Reitistä noin 2,1 km sijaitsee kokonaan uudessa maastokäytävässä.
VEB4	Sähkönsiirto toteutetaan 33 kV:n maakaapelina tuotantoalueelta Lehmikummun sähköasemalle. Reitin kokonaispituus on noin 8 km. Reitistä noin 4,0 km sijaitsee kokonaan uudessa maastokäytävässä.
VEC	Sähkönsiirto toteutetaan 400 kV:n voimajohtona tuotantoalueelta Saunakummun uudelle rakennettavalle sähköasemalle. Reitin kokonaispituus on noin 13,2 km riippuen tuotantoalueen sähköaseman sijainnista. Reitti sijaitsee kokonaan uudessa maastokäytävässä.

#### 3.1 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 ilmastolämpenemisvaikutuksia (g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh) on voitu hyödyntää tässä laskennassa, vaikka tuulivoimalat eivät teholtaan olisikaan täysin vastaavat.

### 3.2 Sähkönsiirto

Sähkönsiirto tuotantoalueella tapahtuu maakaapeleilla. Tuotantoalueen sähkönsiirron 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 riittäväällä tarkkuudella huomioon kaapelien asennusta ja purkamista, joten sitä on arvioitu erikseen. Maakaapelien asennuksen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suojaputket, suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä kaivuuseen, tiivistykseen ja täyttöön tarvittavien työkoneiden käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

Sähkönsiirto tuotantoalueen ulkopuolella tapahtuu maakaapeleilla ja voimajohtoilla. Tuotantoalueen ulkopuolisen sähkönsiirron päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt. Voimajohtojen osalta huomioidaan sähkönsiirtorakenteiden komponenttien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, käyttö ja kunnossapito, kuljetus jatkokäsittelyyn sekä jatkokäsittely. Kantajänniteverkon pylvästyyppiä on oletettu teräspylvä. Kantajänniteverkon päästöjä on arvioitu Statnett -kantaverkkoyhtiön elinkaariarviointiin perustuen. Maakaapeleiden ja voimajohtojen lisäksi laskennassa huomioidaan myös tuotantoalueen sähköasemien valmistus.

### 3.3 Huoltotiet

Tiestön osalta laskennassa on huomioitu uusien sorapäällysteisten teiden elinkaaren aikaiset päästöt sekä olemassa olevien sorapäällysteisten 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.

### 3.4 Hiilivarastot ja -nielut

Hiilivarastojen ja -nielujen poistuman osalta huomioidaan näiden menetys seuraavien pysyvien rakenteiden tieltä: tuulivoimaloiden perustukset ja huoltoalue, sähköasema, uudet huoltotiet sekä hankealueella sijaitsevat sähkönsiirtorakenteet. Tuulivoimaloiden perustusten, sähköaseman sekä maakaapeloinnin osalta on arvioitu, että puuston ja maaperän hiilivarastot ja -nielut poistuvat näiden rakenteiden tieltä kokonaisuudessaan. Uusien huoltoteiden osalta oletetaan, että puolet huoltoteitä varten raivatusta alueesta poistaa sekä puuston että maaperän hiilivarastot ja -nielut. Puolet huoltoteitä

varten raivatusta alueesta poistaa vain puuston hiilivarastot ja -nielut. Voimajohtojen osalta arvioidaan, että niiden rakentaminen poistaa raivatulta alueelta kokonaisuudessaan puuston hiilivarastot ja -nielut. Oletetaan, että voimajohtojen alle jäävän maaperän hiilivarastot ja -nielut säilyvät ennallaan. Todellisuudessa tämän alueen hiilensidonta voi aiemmasta hieman hidastua, sillä ympäröivien puiden hakkuun myötä alueen maaperään ei enää kerry aiempaan tapaan hiiltä sitovaa kariketta.

Hiilinielujen poistuma on arvioitu vuoteen 2064 asti. Tuulivoimaloista osa rakennetaan puustoiselle alueelle, osa rakennetaan puuttomalla peltoalueella. Puuttomille alueille rakennettavat tuulivoimalat poistavat kyseiseltä alueelta vain maaperän hiilivarastoa. Oletetaan konservatiiviseen arvioon perustuen, että tuulivoimaloita lukuun ottamatta kaikki muut rakenteet rakennetaan puustoiselle alueelle. Tällöin kyseisille alueille rakennettavat rakenteet poistavat alueelta puuston hiilivarastot ja -nielut.

Tilapäisesti hiilivarastoja ja -nieluja menetetään tuulivoimaloiden sekä nosturin kokoamisalueelta. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alaa on arvioitu seuraavan taulukon (Taulukko 3.3) tietoihin perustuen.

Taulukko 3.3. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alat.

Pysyvä muutos	
Tuulivoimaloiden perustukset ja huoltoalue	0,4 ha/tuulivoimala
Maakaapelit	Oletetaan tuotantoalueelle rakennettavien maakaapeleiden sijoittuvan tien viereen, jolloin uutta aluetta ei tarvitse raivata. Tuotantoalueen ulkopuolelle rakennettavat maakaapelit sijoittuvat osittain uuteen maastokäytävään. Uuden maastokäytävän leveyden arvioidaan olevan noin 10 metriä.
Sähköasema	0,5 ha/asema
Uusien teiden raivausleveys	12 metriä
110 kV voimajohtolinjan raivausleveys	30 metriä
400 kV voimajohtolinjan raivausleveys	42 metriä
Tilapäinen muutos	
Tuulivoimaloiden kokoamisalue	0,3 ha/tuulivoimala

Huomioitavaa on, että esimerkiksi tuulivoimaloiden nostamiseen on mahdollista hyödyntää rakennettua tiestöä, jolloin tuulivoimaloiden kokoamisalueen tilapäinen muutos voi jäädä arvioitua pienemmäksi. Pysyvän muutoksen oletetaan poistavan alueen hiilivarastot sekä -nielut koko hankkeen elinkaaren ajaksi. 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 puuston että maaperän hiilivarastot raivatulta alueelta. Myös alueen hiilinielu poistuu hetkellisesti, mutta metsityksen jälkeen sen oletetaan palautuvan hakkuita edeltäneelle tasolle noin 20 vuoden kuluttua.

## 4 LÄHTEET

Energiateollisuus, 2023. Low Carbon Roadmap Finnish Energy. Saatavissa: [https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/06/Low\\_carbon\\_roadmap\\_2023\\_Team\\_FELCROM.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/06/Low_carbon_roadmap_2023_Team_FELCROM.pdf)

European Council, 2024. 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)

JRC, 2017. Covenant of Mayors for Climate and Energy: Default emission factor for local emission inventories. Saatavissa: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107518>

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

Tilastokeskus, 2025. 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/)