

Haaponevan tuulivoimahanke Hiilitaselaskelma

SISÄLLYSLUETTELO

KÄSITTEET	2
1 JOHDANTO	3
2 SYSTEEMIRAJAUS	3
3 LASKENTAMENETELMÄ	4
4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET	6
4.1 Tuulivoimalat	6
4.2 Sähkönsiirto	7
4.3 Huoltotiet	7
4.4 Hiilivarastot ja -nielut	7
5 HANKKEEN TIEDOT	9
6 TULOKSET	10
6.1 Päästöt	10
7 LÄHTEET	12

KÄSITTEET

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

1 JOHDANTO

Nordic Generation Oy suunnittelee Haaponevan tuulivoimahanketta Haapaveden kaupungin alueelle. Hankealue sijaitsee noin viisi kilometriä Haapaveden keskustaajamasta luoteeseen ja se on pääosin entistä turvetuotantoaluetta, joka on otettu viime vuosien aikana viljelykäyttöön. Hankealue on kooltaan noin 835 hehtaaria. Tämä hiilitaselaskelma on esiselvitys, jossa arvioidaan alustavalla tasolla hankkeen vaikutusta ilmastoon.

2 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 CO₂-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 sisäisen 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 sähkön tuotantoa.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut yhden tuulivoimahankkeen koko elinkaaren aikaiset päästöt. Päästöarvio esitetään tuloksissa elinkaaren aikana aiheutuneena absoluuttisena kokonaispäästönä (t CO₂-ekv) sekä elinkaaren aikana tuotettuun energiaan suhteutettuna päästönä (g CO₂-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 toteuttamista ja metsän hiilinielun arvioinnissa oletetaankin, että metsän 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. Turve-maiden 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 hankealueella. Kun nämä tiedot suhteutetaan hankealueen pinta-alaan, saadaan hiilivaraston ja -nielun poistumille hehtaariohittaiset kertoimet (t CO₂-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 korvattun sähkön päästökertoimeksi 610 g CO₂-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 CO₂-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2025). Hankkeella saavutettavaa päästövähennysvaikutusta on tässä näkökulmassa arvioitava nimienomaan 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 (2028–2063) Suomen keskiarvoista sähköntuotantoa.

- Tässä näkökulmassa tarkastellaan päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan tulevaisuuden näkökulmasta, jolloin hankkeella tuotetun sähkön voidaan olettaa korvaavan Suomen keskimääräistä tulevaisuuden sähköntuotantoa. Vuosien 2028–2063 välisen sähköntuotannon keskimääräistä elinkaarista päästökerointa arvioidaan Energiategollisuuden vuonna 2024 julkaisen ilmastotiekartan tietoihin perustuen. Ilmastotiekartan taustaselvitysraportissa on arvioitu eri tuotantomuodoilla tuotetun sähköenergian määriä vuosina 2035 ja 2050 (Energiategollisuus, 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 2050–2063 välillä sähkön päästökertoimen oletetaan olevan vuoden 2050 tasolla. Vuosien 2028–2035 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 CO₂-ekv/kWh (Tilastokeskus, 2025). Sähköntuotannon päästökertoimen oletetaan kehittyvän lineaarisesti vuosien 2023–2035 välillä. Näihin tietoihin perustuen saadaan johdettua keskimääräinen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin vuosille 2028–2063, jonka arvioitiin olevan 19 g CO₂-ekv/kWh.

Hankkeen arvioidaan tuottavan sähköä vuosien 2028–2063 välillä, joten arvioidaan tälle aikavälille keskimääräisen sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin. 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 Energiateollisuuden ilmoittamaan tulevaisuudelle arvioituun sähköntuotannon päästökertoimeen. Energiateollisuuden 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 Energiateollisuuden 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 tuulivoimahankeen elinkaariset päästöt.

- Tässä näkökulmassa kuitenkin oletetaan, että Suomessa useita uusiutuvan energian hankkeita olisi toteutunut. Käytännössä tämän hankkeen toteutuminen mahdollistaa tämän ennusteellisen päästökertoimen toteutumisen. Ilman hankkeen toteutumista tulevaisuuden sähköntuotannon alhaisempi päästökerroin 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 näkemyksiä, eikä siihen ole tällä hetkellä olemassa yhtenäistä arviointimenetelmää.

4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Toteutuessaan tuulivoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 4.1) esitetyille hankevaihtoehdoille.

Taulukko 4.1. Kuvaukset hankevaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus 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	Hankealueelle toteutetaan 7 tuulivoimalaa, joiden yksikköteho on 7 MW. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutukset tulevat esiin ja hankealueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.
VE2	Hankealueelle toteutetaan 6 tuulivoimalaa, joiden yksikköteho on 8 MW. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutukset tulevat esiin ja hankealueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden 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 ilmastolämpenemisvaikutuksia (g CO₂-ekv/kWh) on voitu hyödyntää tässä laskennassa, vaikka tuulivoimalat eivät teholtaan olisikaan täysin vastaavat.

4.2 Sähkönsiirto

Sähkönsiirto tuotantoalueella tapahtuu maakaapeleilla. 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 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.

4.3 Huoltotiet

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

4.4 Hiilivarastot ja -nielut

Puuston hiilivarastojen ja -nielujen poistuman sekä maaperän hiilivarastojen poistuman osalta huomioidaan näiden menetys seuraavien pysyvien rakenteiden tieltä: tuulivoimaloiden perustukset ja huoltoalue, sähköasema, uudet huoltotiet sekä sähköasemalle johtava maakaapelointi. Tuulivoimaloiden perustusten, sähköaseman, uusien huoltoteiden sekä maakaapeloinnin osalta on arvioitu, että hiilivarastot ja -nielut poistuvat näiden rakenteiden tieltä kokonaisuudessaan. Hiilinielujen poistuma on arvioitu vuoteen 2065 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 sekä puuston että metsän hiilivarastoa.

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

Taulukko 4.2. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alat.

Pysyvä muutos	
Tuulivoimaloiden perustukset ja huoltoalue	0,5 ha/tuulivoimala
Maakaapelit	Oletetaan rakennettavan osittain uusien rakennettavien teiden viereen, jolloin uutta metsäistä aluetta ei tarvitse maakaapeloinnille raivata.
Sähköasema	0,5 ha/asema
Uusien teiden raivausleveys	15 metriä
Tilapäinen muutos	
Tuulivoimaloiden kokoamisalue	1,5 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 hiilivaraston sekä -nielun 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 metsän että maaperän hiilivaraston raivaustulta 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.

	VE1	VE2
Tuulivoiman hankealueen pinta-ala	835 ha	835 ha
Tuulivoimaloiden lukumäärä	7 kpl	6 kpl
Puustoiselle alueelle rakennettavien tuulivoimaloiden lukumäärä	2 kpl	1 kpl
Tuulivoimalan maksimiteho	7 MW	8 MW
Sähköntuotantovuodet	2028–2063	2028–2063
Arvioitu elinkaarinen sähköntuotanto	5 408 GWh	5 298 GWh
Maakaapelointi	Pituus: 8 900 m Leveys: 0,4 m Syvyys: 0,7 m	Pituus: 8 100 m Leveys: 0,4 m Syvyys: 0,7 m
Sähkönsiirtoasemat tuotantoalueella	1 kpl	1 kpl
Uudet sorapäälysteiset huoltotiet	Pituus: 4 300 m Leveys: 6,0 m	Pituus: 3 700 m Leveys: 6,0 m

6 TULOKSET

6.1 Päästöt

Hankkeesta aiheutunut päästö on määritetty sekä absoluuttisena kokonaispäästönä koko hankkeen elinkaaren ajalle (t CO₂-ekv) sekä hankkeen elinkaaren aikana tuotettuun energiantuotantoon suhteutettuna (g CO₂-ekv/kWh). Seuraavassa taulukossa (Taulukko 6.1) on esitetty arvio hankkeen elinkaaren aikaisesta absoluuttisesta kokonaispäästöstä ilman kierrätyskertymiä (t CO₂-ekv).

Taulukko 6.1. Tuotantoalueen kokonaispäästöt päästötekijöihin jaoteltuna eri hankevaihtoehtoissa.

Päästötekijä	VE1	VE2
Tuulivoimalat, t CO ₂ -ekv	29 880	29 270
Tuotantoalueen sisäinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	2 040	1 970
Huoltotiet, t CO ₂ -ekv	510	430
Hiilivaraston poistuma, t CO ₂ -ekv	35 870	30 770
Hiilinielun poistuma, t CO ₂ -ekv	210	160
Hankkeen kokonaispäästöt yhteensä, t CO₂-ekv*	68 500	62 600

*Ei täsmää täysin eri päästötekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Hiilivaraston poistuman osuus kokonaispäästöistä on merkittävin, johtuen hankealueen sijainnista vanhalla turvetuotantoalueella. Hiilivaraston poistumasta 95 prosenttia aiheutuu maaperästä ja 5 prosenttia puustosta. Hiilinielun poistuman osuus kokonaispäästöistä ei ole merkittävä, sillä tässä tarkastelussa on mukana vain puuston hiilinielun poistuma ja suurin osa tuulivoimaloista rakennetaan puuttomalle alueelle. Maaperän hiilinieluun poistuma ei ole tässä tarkastelussa mukana luotettavan tietolähteen puutteen takia, jolloin tarkkaa numeerista arviointia ei voitu toteuttaa. BioSoil-tutkimukseen perustuen metsämaassa olevan hiilen määrän muutoksen suhteessa maaperän kokonaishiilivarastoon ovat vähäisiä. Maaperän hiilinielun poistuman arvioidaan olevan merkityksetön maaperän hiilivaraston poistumaan verrattuna.

Kokonaispäästön lisäksi hankkeen päästövaikutusta on arvioitu myös elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna (g CO₂-ekv/kWh). Tuulivoimahankkeen päästö tuotettua energiamäärä kohti eri hankevaihtoehtoissa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 6.2).

Taulukko 6.2. Tuotettuun energiaan suhteutettu päästövaikutus eri hankevaihtoehtoissa.

	VE1	VE2
Päästö tuotettuun energiamäärään suhteutettuna, g CO₂-ekv/kWh	12,7	11,8

Päästövähennyksiä saavutetaan, kun hankkeella tuotetulla sähköllä korvataan vaihtoehtoisia sähkön tuotantoa. Hankkeella saavutettavan päästövähennysvaikutuksen suuruudesta voidaan saada hyvinkin erilaisia tuloksia riippuen siitä, mistä näkökulmasta asiaa halutaan tarkastella, joten tarkastelu on tehty kolmesta näkökulmasta. Päästövähennysvaikutus arvioidaan koko hankkeen elinkaarelle. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 6.3) on esitetty hankkeen kokonaispäästö, päästövähennysvaikutus sekä näiden perusteella laskettu hiilitase.

Taulukko 6.3. Hankkeen kokonaispäästö, sillä saavutettava päästövähennysvaikutus sekä hiilitase (päästön sekä päästövähennysvaikutukset erotus).

	VE1	VE2
Hankkeen kokonaispäästö, t CO ₂ -ekv	68 500	62 600
Hankkeen elinkaarinen sähköntuotanto, GWh	5 408	5 298
Päästövähennysvaikutus		
Päästövaikutus, jos hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu fossiilisilla polttoaineilla (maakaasu, kivihiili, öljy), t CO ₂ -ekv	3 297 590	3 230 300
Päästövaikutus, jos hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu nykyhetken (2023) Suomen keskimääräisellä sähköntuotannolla, t CO ₂ -ekv	262 310	256 960
Päästövaikutus, jos hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu tulevaisuudelle (2028–2063) ennustettavalla Suomen keskimääräisellä sähköntuotannolla, t CO ₂ -ekv	100 990	98 920
Hiilitase		
Hankkeen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi fossiilisten polttoaineiden (maakaasu, kivihiili, öljy) käyttöä sähköntuotannossa, t CO ₂ -ekv	-3 229 090	-3 167 700
Hankkeen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken (2023) Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	-193 810	-194 360
Hankkeen vaikutus ilmastoon sen koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi tuotannon ajankohdalle (2028–2063) ennustettavaa Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	-32 490	-36 320

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 6.4) on esitetty hankkeen aiheuttamien päästöjen kompensoitumisaika.

Taulukko 6.4. Hankkeen koko elinkaaren aikaisten kokonaispäästöjen kompensoitumisaika pyöristettynä seuraavaan kokonaiseen vuoteen.

	VE1	VE2
Hankkeen kokonaispäästöjen kompensoitumisaika, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi fossiilisten polttoaineiden (maakaasu, kivihiili, öljy) käyttöä sähköntuotannossa	1 vuosi	1 vuosi
Hankkeen kokonaispäästöjen kompensoitumisaika, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken (2023) Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa	9 vuotta	9 vuotta
Hankkeen kokonaispäästöjen kompensoitumisaika, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi tuotannon ajankohdalle (2028–2063) ennustettavaa Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa	24 vuotta	22 vuotta

7 LÄHTEET

- Energiatoteellisuus, 2023. Low Carbon Roadmap Finnish Energy. Saatavissa: 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
- 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/