

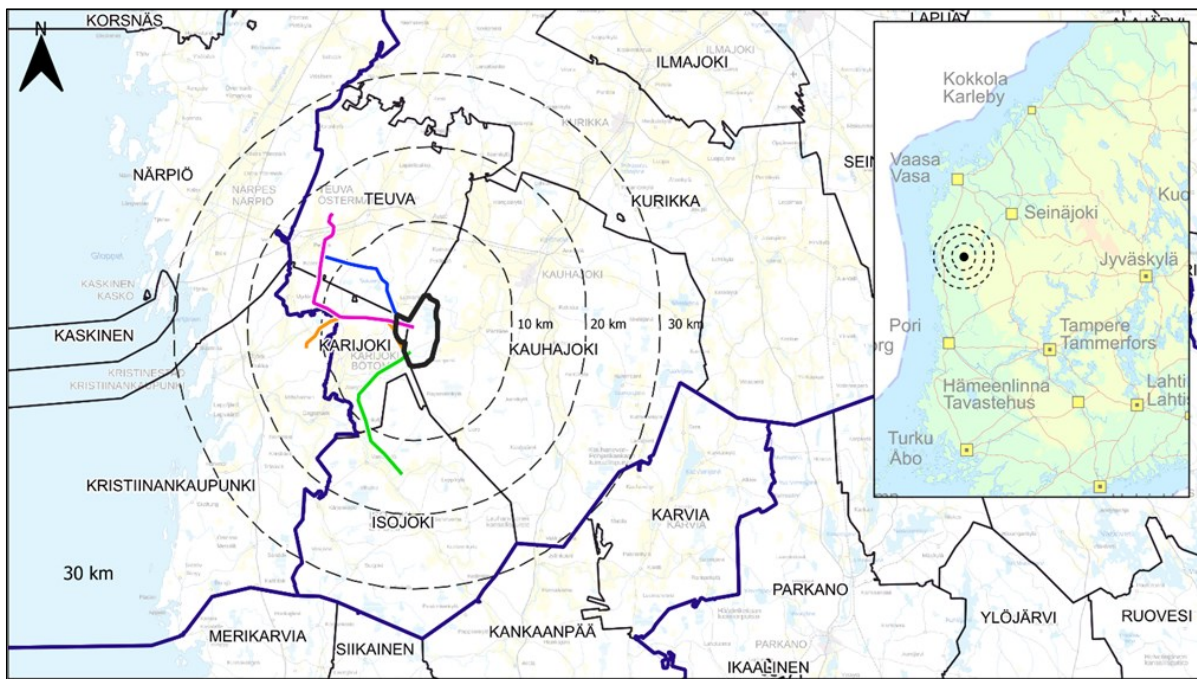
Kankalonselän tuulivoimahanke

Kauhajoki, Karijoki

Liite 8. Hiililaskennan taustatiedot

Sanni Mallat, Milla Lehikoinen

17.4.2025



SISÄLLYSLUETTELO

KÄSITTEET	2
1 SYSTEEMIRAJAUS	3
2 LASKENTAMENETELMÄ	4
3 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET	6
3.1 Tuulivoimalat	7
3.2 Sähkönsiirto	7
3.3 Tiet	7
3.4 Hiilivarastot ja -nielut	7
4 HANKKEEN TIEDOT	9
5 TULOKSET	10
5.1 Päästöt	10
6 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 lämmittävää 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 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 tuulivoimaloiden, sähkönsiirron ja tiestön osalta. Lisäksi hankkeen päästöiksi luokitellaan myös hiilivaraston ja -nielun poistuma.

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

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).

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.

Metsän ja metsämaan maaperän hiilivarasto ja -nielulaskenta on toteutettu Sitowisen kehittämällä tekoälypohjaisella Smartlas-laskentamallilla. Mallin opetusaineistona hyödynnetään Suomen Metsä-keskuksen avoimesta metsävaratiedosta saatua laajaa metsikkökuviodien kasvuennustedatata (Metsä-keskus, 2023). Mallilla voidaan ennustaa vuotuisia perusmetsikkötunnusten kehitystä, biomassaa ja puuston ja metsämaan maaperän hiilivarastoja. Laskentamallille annetaan syötteenä lähtötilanteen metsikkötunnukset, simuloinnin alku- ja loppupäivä sekä toteutettavat metsänhoitotoimenpiteet. Li-säksi kasvuun ja maaperän hiilimäärän kehitykseen vaikuttaa keskimääräinen säätila.

Malli laskee perusmetsämuuttujien (puuston pääpuulaji, keskipituus, keskiläpimitta, pohjapinta-ala, tilavuus) vuotuista kasvua ja hiilinielua metsikkökuviokohtaisesti. Laskennassa huomioidaan puustoon sitoutunut hiili (ja CO₂-ekv.) biomassoista johdettuun vuotuisen kariketasoon perustuen (Repola et al., 2007). Metsämaan maaperään sitoutunutta hiiltä arvioidaan YASSO-malliin perustuen (Ilmatie-teenlaitos, 2023; Euroopan geotieteiden liitto, 2023). Lisäksi malli arvioi hakatusta puusta valmistet-tuihin pitkäaikaisiin puutuotteisiin sitoutunutta hiiltä, jolloin kaikki hakattu puu on pois hiilinielusta, mutta ei kokonaisuudessaan pois hiilivarastosta. Hiilivaraston ja -nielun arvioinnissa huomioidaan kas-villisuuden vaihteleva ikärakenne sekä puulajien vaihtelevuus.

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 sähköön 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 tuulivoimalla tuotetun sähköön ole-tetaan siis korvaavan vaihtoehtoista sähköntuotantoa, eikä suoraan fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tai liikennepolttoaineiden tuotannossa. Tuulivoiman päästövähennysvaikutuksen arvioin-nille ei ole olemassa yhtenäistä menetelmää tai ohjeistusta, joten tässä selvityksessä 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. Tuulivoimalla tuotetun energian voidaan olet-taa korvaavan Suomessa tuontisähköön tarvetta. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sen, että muissa Pohjoismaissa tuotettua uusiutuvaa sähköä vapautuu enemmän Euroopan markki-noille syrjäyttämään ei-toivottujen polttoaineiden käyttöä. Syrjäytetyistä sähköntuotannon polttoaineista 29 % olisi hiiltä, 36 % ydinvoimaa ja 35 % maakaasua (European Council, 2023). Tätä jakaumaa ja näillä polttoaineilla tuotetun energian elinkaarisia päästökertoimia (UNECE,

2022) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatus sähköön päästökertoimeksi 425 g CO₂-ekv/kWh.

2. Toinen näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan nykyhetken näkökulmasta, jolloin tuulivoimalla tuotetun energian 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 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 tuulivoimalla korvattaisi uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. On huomioitava, että hankkeen tuottama tuulivoima ei todellisuudessa korvaa suoraan eri polttoaineilla tuotettua Suomen keskimääräistä sähköntuotantoa. Todellisuudessa hankkeen tuottama energia lisää tuulivoimalla tuotetun energian määrää Suomen sähköntuotannossa, samalla korvaten päästöintensivisempien polttoaineiden käyttöä.
3. Kolmas näkökulma tarkastelee päästövähennysvaikutusta yksittäisen kuluttajan tulevaisuuden näkökulmasta, jolloin tuulivoimalla tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan tulevaisuuden keskimääräistä sähköntuotantoa. Oletetaan tuulivoimalla tuotetun sähköön korvaavan kansallisesti tuotetun keskiarvoisen tulevaisuuden sähköön 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 elinkaariseksi päästökertoimeksi on arvioitu 37 g CO₂-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 tuulivoimahankkeen 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.

3 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Toteutuessaan tuulivoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.1) esitetyille hankevaihtoehdoille esitetyille hankevaihtoehdoille.

Taulukko 3.1. Kuvaus hankevaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VE0	Tuulivoimahanke ei toteudu, jolloin materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia ei aiheudu. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali menetetään, joka tuotetaan edelleen muilla tuotantomenetelmillä. Vaikutukset riippuvat siitä, millä menetelmällä sähköä arvioidaan toteutettavan ja mitä sähköntuotantoa hanke toteutuessaan korvaisi. Hankkeen toteuttamatta jättämisen lisäksi myös olemassa olevat hiilivarastot ja -nielut säilyvät.
VE1	Tuotantoalueelle toteutetaan 35 tuulivoimalaa. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia tulevat esiin ja tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.
VE2	Tuotantoalueelle toteutetaan 21 tuulivoimalaa. Materiaalien valmistuksen, rakentamisen, käytön sekä käytöstä poistamisen ilmastovaikutuksia tulevat esiin ja tuotantoalueelta menetetään hiilivarastoja ja -nieluja. Tuulivoimaloiden elinkaarenaikainen sähköntuotantopotentiaali realisoituu.

Yllä olevien hankevaihtoehtojen lisäksi tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia seuraavassa taulukossa (Taulukko 3.2) esitetyille sähkönsiirron vaihtoehdoille.

Taulukko 3.2. Kuvaukset sähkönsiirron vaihtoehdoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VEA	Sähkönsiirto Kankalonselän tuotantoalueelta Kärppiön sähköasemalle. Ilmajohdon kokonaispituus 27,0 km. Ilmajohdosta noin 9,5 km sijoittuu olemassa olevan voimajohdon rinnalle.
VEB	Sähkönsiirto Kankalonselän tuotantoalueelta Kärppiön sähköasemalle. Ilmajohdon kokonaispituus 23,5 km. Ilmajohdosta noin 3,0 km sijoittuu olemassa olevan voimajohdon rinnalle.
VEC	Sähkönsiirto Kankalonselän tuotantoalueelta Åbackin sähköasemalle. Ilmajohdon kokonaispituus 17,5 km. Ilmajohdosta noin 0,5 km sijoittuu olemassa olevan voimajohdon rinnalle.
VED	Sähkönsiirto Kankalonselän tuotantoalueelta Lähteenkylän sähköasemalle. Ilmajohdon kokonaispituus 21,5 km. Ilmajohdosta noin 6,0 km sijoittuu olemassa olevan voimajohdon rinnalle.

3.1 Tuulivoimalat

Tuulivoimalan pääkomponentteja ovat perustukset, torni, konehuone, roottori sekä lavat. Tuulivoimaloiden päästöjen osalta huomioidaan koko elinkaaren aikaiset päästöt, sisältäen seuraavat päästöteki-jät: komponentteihin tarvittavien materiaalien valmistus ja kuljetus, komponenttien valmistus ja kul-jetus asennuspaikalle, asennus, käyttö ja kunnossapito, purkaminen, komponenttien kuljetus jatkokä-sittelyyn ja jatkokäsittely.

Tuulivoimaloiden elinkaarisia päästöjä on arvioitu Vestaksen ja Nordexin tuulivoimaloiden elinkaariar-viointeihin perustuen. Elinkaariarvioinneissa tarkastellut tuulivoimalat olivat teholtaan 2-6,2 MW ja niissä on esitetty tuulivoimaloiden päästöjä elinkaarenvaiheittain. Tässä yhteydessä huomattiin tuuli-voimaloiden päästöjen olevan tuotettua energiaa kohti melko vakio, riippumatta tuulivoimalan te-hosta. Tähän perustuen näiden ympäristötuoteselosteiden keskiarvoisia ilmastonlämpenemisvaiku-tuksia (g CO₂-ekv./kWh) on voitu hyödyntää tässä laskennassa, vaikka tuulivoimalat eivät teholtaan olisikaan täysin vastaavat.

3.2 Sähkönsiirto

Sähkönsiirto tuotantoalueella tapahtuu maakaapeleilla ja tuotantoalueen ulkopuolella ilmajohtoilla. 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 kaa-pelien asennusta ja purkamista, joten sitä on arvioitu erikseen. Maakaapelien asennuksen osalta huo-mioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suojaputket, suodatinkangas, murske) ja niiden kuljetuksesta sekä kaivuuseen, tiivistykseen ja täyttöön tarvittavien työkoneiden käytöstä (polt-toaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvi-oihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

Ilmajohtojen osalta huomioidaan sähkönsiirtorakenteiden komponenttien valmistus ja kuljetus asen-nuspaikalle, käyttö ja kunnossapito, kuljetus jatkokäsittelyyn sekä jatkokäsittely. Voimalinjan päästöjä on arvioitu Statnett -kantaverkkoyhtiön elinkaariarviointiin perustuen. Maakaapeleiden ja ilmajohto-jen lisäksi laskennassa huomioidaan myös sähköasemien valmistus.

3.3 Tiet

Tiestön osalta laskennassa on huomioitu uusien sorapäälysteisten teiden sekä olemassa olevien tei-den 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 perus-tuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokan-nan tietoja.

3.4 Hiilivarastot ja -nielut

Hankkeen hiilivarastojen ja -nielujen poistuman osalta huomioidaan metsän ja maaperän hiilivarasto-jen ja -nielujen menetys seuraavien pysyvien rakenteiden tieltä: tuulivoimaloiden perustukset, sähkö-asema, sekä uudet tiet. Tuotantoalueen ulkopuolella sijaitsevien sähkönsiirtorakenteiden osalta arvi-oidaan, että niiden rakentaminen poistaa alueelta puuston hiilivaraston sekä -nielun. Oletetaan, että sähkönsiirtorakenteiden alle jäävän maaperän hiilivarasto sekä -nielu säilyvät ennallaan. Todellisuu-dessa tämän alueen hiilensidonta voi aiemmasta hieman hidastua, sillä ympäröivien puiden hakkuun myötä alueen maaperään ei enää kerry aiempaan tapaan hiiltä sitovaa kariketta. Tilapäisesti

hiilivarastoja -ja nieluja menetetään tuulivoimaloiden sekä nosturin kokoamisalueelta. Tuulivoimahankkeen hiilivarastojen ja -nielujen poistumaa on arvioitu olettaen, että kaikki rakenteet pystytetään metsäiselle alueelle.

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 hiilinielun seuraavaksi kolmeksi kymmeneksi 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 taimikko 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 hakatulta alueelta. Myös alueen hiilinielu poistuu hetkellisesti, mutta metsityksen jälkeen sen oletetaan palautuvan hakkuuta edeltäneelle tasolle noin 20 vuoden kuluttua.

4 HANKKEEN TIEDOT

Elements Suomi Oy suunnittelee enintään kolmenkymmenenviiden (35) tuulivoimalan rakentamista Kauhajoen kaupungin ja Karijoen kunnan alueelle. Hankkeen nimi on Kankalonselän tuulivoimahanke. Tarkempia tietoja hankkeen eri vaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4.1).

Taulukko 4.1. Lähtötiedot eri hankevaihtoehtoissa.

	VE1	VE2
Tuotantoalueen pinta-ala	3 600 ha	3 600 ha
Tuulivoimaloiden lukumäärä	35 kpl	21 kpl
Tuulivoimalan maksimiteho	10 MW	10 MW
Arvioitu elinkaarinen sähköntuotanto	42 924 GWh	25 754 GWh
Maakaapelointi hankealueella	Pituus: 32,5 km Leveys: 0,1 m Syvyys: 1,5 m	Pituus: 26,8 km Leveys: 0,1 m Syvyys: 1,5 m
Sähkönsiirtoasemat hankealueella	1 kpl	1 kpl
Uudet sorapäällysteiset huoltotiet	Pituus: 17,5 km Leveys: 6,0 m	Pituus: 11,9 km Leveys: 6,0 m
Parannetut sorapäällysteiset huoltotiet	Pituus: 15,0 km Leveys: 6,0 m Ei lisälevennystä	Pituus: 14,9 km Leveys: 6,0 m Ei lisälevennystä

Tarkempia tietoja hankkeen eri sähkönsiirtovaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4.2).

Taulukko 4.2. Lähtötiedot eri sähkönsiirron vaihtoehtoissa.

Tarkasteluvälit	VE A	VE B	VE C	VE D
Ilmajohdon pituus (km)	27,0	23,5	17,5	21,5

5 TULOKSET

5.1 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 5.1) on esitetty arvio hankkeen elinkaaren aikaisesta absoluuttisesta kokonaispäästöstä ilman kierrätysarvoja (t CO₂-ekv).

Taulukko 5.1. Kokonaispäästö päästöttekijöihin jaoteltuna eri hankevaihtoehdoissa.

	VE1	VE2
Tuulivoimalat, t CO ₂ -ekv	237 100	142 300
Hakealueen sisäinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	4 000	3 500
Huoltotiet, t CO ₂ -ekv	1 800	1 300
Hiilivaraston menetys, t CO ₂ -ekv	31 100	17 500
Hiilinielun menetys, t CO ₂ -ekv	4 000	1 800
Kielteinen ilmastovaikutus yhteensä, t CO₂-ekv	278 000	166 400

*Ei täsmää täysin eri päästöttekijöiden summaan johtuen lukuarvojen pyöristyksestä.

Kokonaispäästön lisäksi hankkeen päästövaikutusta arvioitiin myös elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna (g CO₂-ekv/kWh). Tuulivoimahankkeen päästö tuotettua energiamäärä kohti eri vaihtoehdoissa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.2).

Taulukko 5.2. Tuotettuun energiaan suhteutettu päästövaikutus eri hankevaihtoehdoissa.

	VE1	VE2
Päästö tuotettuun energiamäärään suhteutettuna, g CO₂-ekv/kWh	6,48	6,46

Hankevaihtoehtojen lisäksi tässä selvityksessä on tarkasteltu tuotantoalueen ulkopuolisten sähkönsiirtovaihtoehtojen päästövaikutusta. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.3) on esitetty arviot tuotantoalueen ulkopuolisen sähkönsiirron absoluuttisesta kokonaispäästöstä tarkasteluväleihin jaoteltuna, huomioiden päästöt sekä hiilivaraston ja -nielun menetys.

Taulukko 5.3. Sähkönsiirron kokonaispäästö tarkasteluväleihin jaoteltuna.

	VE A	VE B	VE C	VE D
Hankealueen ulkopuolinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	10 300	9 000	6 700	8 200
Hiilivaraston menetys, t CO ₂ -ekv	35 400	30 800	22 900	28 200

	VE A	VE B	VE C	VE D
Hiilinielun menetys, t CO ₂ -ekv	32 900	28 600	21 300	26 200
Kielteinen ilmastovaikutus yhteensä, t CO₂-ekv	78 600	68 400	50 900	62 600

Päästövähennysvaikutusta saavutetaan, kun tuulivoimalla 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 ja eri hankevaihtoehtoille. Nämä on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5.4).

Taulukko 5.4. Päästövähennysvaikutus sekä hiilitase eri hankevaihtoehtoissa.

	VE1	VE2
Hankkeen kokonaispäästö, t CO ₂ -ekv	278 000	166 400
Päästövähennysvaikutus		
Vältetty päästö hankkeen elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä, t CO ₂ -ekv	42 924	25 754
Vältetty päästö hankkeen elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	18 253 000	10 952 000
Vältetty päästö hankkeen elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	2 082 000	1 249 000
Hiilitase		
Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä, t CO ₂ -ekv	-17 975 000	-10 785 600
Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	-1 804 000	-1 082 600
Hankkeen kokonaisvaikutus ilmastoon koko elinkaaren aikana, kun hankkeella tuotettu sähkö korvaisi tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	-1 328 000	-797 600

6 LÄHTEET

Euroopan geotieteiden liitto, 2022. Calibrating the soil organic carbon model Yasso20 with multiple datasets. Saatavissa: <https://gmd.copernicus.org/articles/15/1735/2022/>

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/>

Ilmatieteenlaitos, 2023. Soil carbon model – Yasso. Saatavissa: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/yasso>

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

Metsäkeskus, 2023. Avoin metsä- ja luontotieto. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto>

Repola et al., 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535968/mwp053.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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

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

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/

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