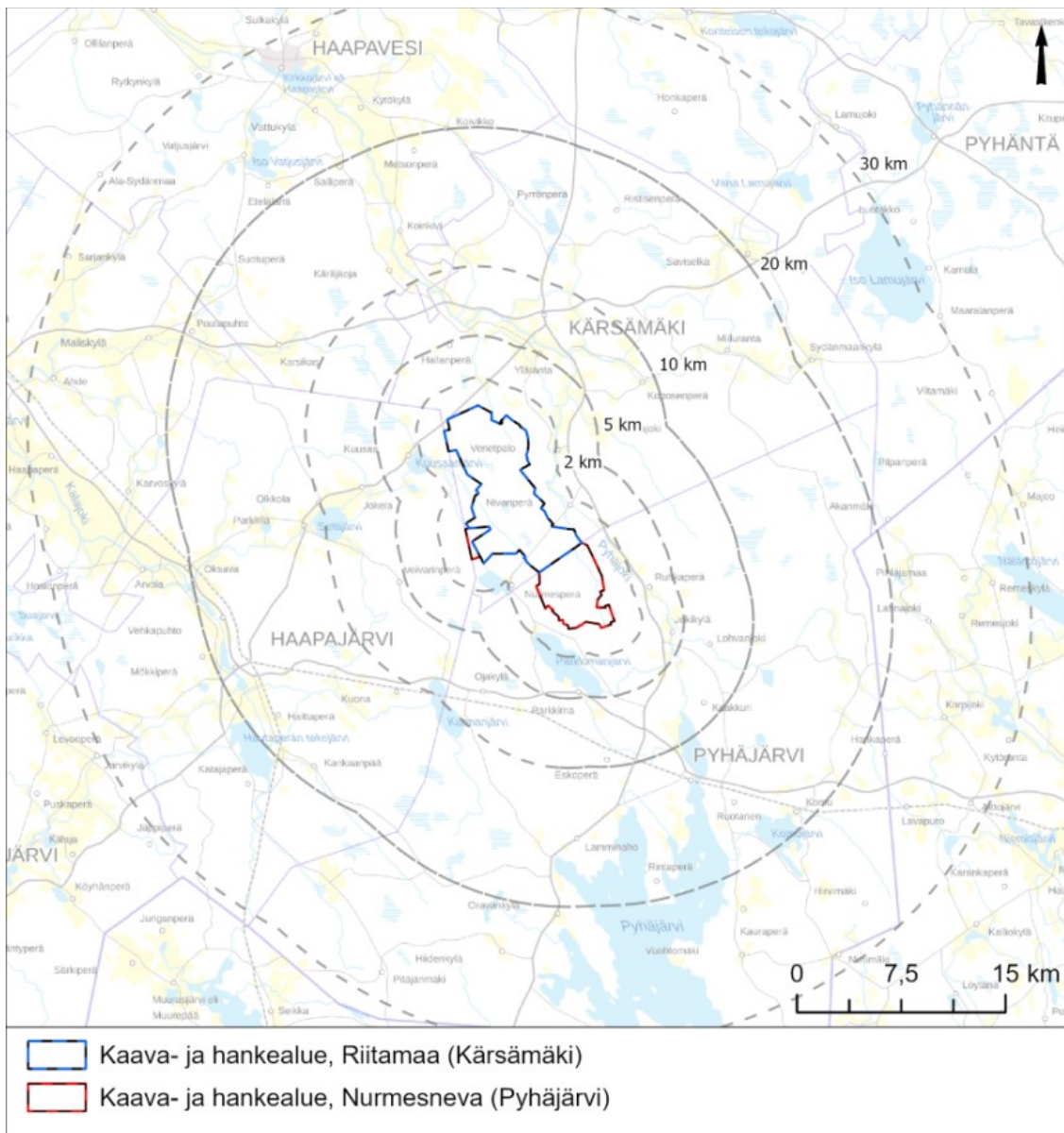


Liite 16

Riitamaa-Nurmesneva hankkeen hiilitaselaskelma



Päiväys	18.12.2023
Tekijä	Milla Lehtikoinen, Sitowise Oy
Tarkastaja	Juha Seppälä, Sitowise Oy
Hyväksynyt	Tiia Possakka, Myrsky Energia Oy
Projektinumero	YKK66436

Sisällys

KÄSITTEET.....	2
1 JOHDANTO	3
2 SYSTEEMIRAJAUS	4
3 LASKENTAMENETELMÄ.....	5
4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET	7
4.1 Tuulivoimalat	8
4.2 Aurinkopaneelit	8
4.3 Aurinkopaneelien asennusrakenteet	8
4.4 Sähkön siirto.....	9
4.5 Tiet	10
4.6 Hiilivarastot ja -nielut	10
5 HANKKEEN TIEDOT	12
6 TULOKSET.....	14
7 LÄHTEET	17

KÄSITTEET

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.
Hiilijalanjälki	Hankkeesta aiheutunut ilmastonlämpenemisvaikutus (ts. päästöt).
Hiilivarasto	Puustoon ja maaperään sitoutunut hiili.
Hiilinielu	Puuston ja maaperän hiilivaraston vuosittainen kasvu.
Kasvihuonekaasu	Ilmastonlämpenemistä aiheuttavat kaasut, joita ovat mm. hiilidioksidi CO ₂ , metaani CH ₄ ja dityppioksidi N ₂ O.
Ympäristötuoteseloste (EPD, Environmental Product Declaration)	Laatuvarmistettu elinkaariarviointiin ja kansainvälisiin standardeihin perustuva tuotteiden ympäristöselvitys.

1 JOHDANTO

Tämä liite on osa Riitamaa-Nurmesneva tuuli- ja aurinkovoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointia. Tässä liitteessä kuvataan hankkeen ilmastovaikutusten arvioinnin systeimirajaus, laskentamenetelmä, lähtötiedot ja oletukset sekä hanketiedot. Ilmastovaikutuksen arvioinnin tulokset on esitetty tarkemmin YVA-selostuksessa.

Hiilitaselaskennan on laatinut Milla Lehikoinen (DI, ympäristötekniikka) ja laadunvarmistanut Juha Seppälä (DI, ympäristöasioiden hallinta). Lehikoisella on 3 vuoden ja Seppälällä 6 vuoden kokemus ilmastolaskennoista.

2 SYSTEEMIRAJAUS

Tuulivoima- ja aurinkovoimahankkeesta aiheutuu ilmastovaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta. Hankkeen vaikutusta ilmastonlämpenemiseen kuvataan niin sanotulla hiilitaselaskennalla, jossa arvioidaan hankkeen aiheuttamat kielteiset sekä myönteiset ilmastovaikutukset. 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 kielteisiä ilmastovaikutuksia on tarkasteltu koko sen elinkaaren ajalta (ns. cradle-to-grave) huomioiden materiaalien sekä komponenttien valmistus ja kuljetukset, asennus ja rakentaminen, käyttö ja kunnossapito, purkaminen sekä materiaalien ja komponenttien loppukäyttö. Ilmastovaikutusten arvioinnissa on otettu huomioon päästöt niin tuulivoimaloiden, aurinkopaneelien, asennusrakenteiden, sähkönsiirron kuin tiestön osalta. Lisäksi tarkastelussa on myös huomioitu hankkeen myötä menetetyt puuston ja maaperän hiilivarastot ja -nielut.

Hankkeen myönteisiä ilmastovaikutuksia aiheutuu, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetulla vähäpäästöisellä sähköllä korvataan ilmaston kannalta haitallisemmilla polttoaineilla tuotettua sähköä.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut yhden tuuli- ja aurinkovoimahankkeen koko elinkaaren aikaiset päästöt. Päästöarvio esitetään tuloksissa elinkaaren aikana aiheutuneina absoluuttisina kokonaispäästöinä (t CO₂-ekv) sekä elinkaaren aikana tuotettuun energiaan suhteutettuna päästöinä (g CO₂-ekv/kWh).

3 LASKENTAMENETELMÄ

Ilmastovaikutusten arviointi on toteutettu elinkaariarvioinnin periaatteisiin nojautuen (ISO 14040 ja ISO14044). Arvioinnissa keskityttiin tunnistamaan merkittävimmät päästötekijät ja hyödynnettiin ensisijaisesti Mysky Oy:n toimittamia suunnitteluvaiheen tietoja. Siltä osin kuin tarkkoja määrätietoja ei ollut saatavissa, hyödynnettiin julkaistuja tutkimuksia sekä asiantuntija-arvioita.

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

Metsän ja metsämaan maaperän hiilivarasto ja -nielulaskennan taustalla on Bitcomp Oy:n kehittämä tekoälypohjainen kasvumalli. Mallin opetusaineistona hyödynnetään Suomen Metsäkeskuksen avoimesta metsävaratiedosta saatua laajaa metsikkökuvioiden kasvuennustedatataa (Metsäkeskus, 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. Lisäksi kasvuun ja maaperän hiilimäärän kehitykseen vaikuttaa keskimääräinen säätila. Tässä tapauksessa laskenta on toteutettu tästä ajankohdasta 30 vuodelle eteenpäin sekä huomioiden suositusten mukaiset metsänhoitotoimenpiteet.

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 vuotuiseseen kariketasoon perustuen (Repola et al., 2007). Metsämaan maaperään sitoutunutta hiiltä arvioidaan YASSO-malliin perustuen (Ilmatieteenlaitos, 2023; Euroopan geotieteiden liitto, 2023). Lisäksi malli arvioi hakatusta puusta valmistettuihin pitkäaikaisiin puutuotteisiin sitoutunutta hiiltä, jolloin kaikki hakattu puu on pois hiilinielusta, mutta ei kokonaisuudessaan pois hiilivarastosta. Hiilivaraston ja -nielun arvioinnissa huomioidaan kasvillisuuden vaihteleva ikärakenne sekä puulajien vaihtelevuus.

Tällä tekoälypohjaisella mallilla arvioidaan metsän ja metsämaan maaperän hiilivarastoa ja -nielua koko hankealueella. Kun nämä tiedot suhteutetaan hankealueen pinta-alaan, saadaan hiilivaraston ja -nielun poistumille hehtaariohtaiset kertoimet (t CO₂-ekv/ha). Näitä kertoimia hyödynnetään yhdessä hankealueelta todellisuudessa raivatun alueen pinta-alatiedon kanssa. Tuulivoimahankkeen tieltä pysyvästi sekä väliaikaisesti poistuvan puuston pinta-alaa on arvioitu olemassa oleviin selvityksiin sekä asiantuntija-arvioihin perustuen. Tässä päästölaskennassa on huomioitu pysyvät sekä tilapäiset puuston ja maaperän poistuma tuulivoimaloiden perustus- ja kokoamisalueelta, nosturin kokoamisalueelta, sähköasema-alueelta sekä sähkönsiirron rakenteiden ja uuden sekä levennetyn tiestön edestä. Sähkönsiirtolinjojen osalta laskennassa oletetaan vain puuston poistuma, maaperän pysyessä edelleen hiilivarastoja ja -nieluna. Muiden rakenteiden oletetaan vaikuttaa sekä puustoon että maaperään.

Aurinkovoimahankkeen tieltä puustoa ei tarvitse poistaa kuin aurinkopaneelienkaltä sekä aurinkovoima-alueelle menevien uusien teiden tieltä, sillä sähköasema

sekä sähkönsiirtoreitit ovat tuulivoimahankkeen kanssa yhteiset. Aurinkopaneelikenttä perustetaan entiselle turvesuolle, tämän alueen ollessa osin metsittynyttä. Aurinkopaneelikentän osalta oletetaan, ettei aurinkopaneeleilla ole vaikutusta alueen maaperän hiilinieluihin. Alueen maaperän hiilivaraston kuitenkin oletetaan pienenevän maanmuokkauksen seurauksena.

Käytön aikaisia myönteisiä ilmastovaikutuksia on arvioitu usealla eri menetelmällä sen mukaan, mitä tuotantomuotoa tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetulla sähköllä on ajateltu syrjäytettävän. Kuvaukset tuuli- ja aurinkovoimalla syrjäytetyn sähköntuotannon vaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa 1.

Taulukko 1. Kuvaukset tuuli- ja aurinkovoimalla syrjäytetyn sähköntuotannon vaihtoehtoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
Tuuli- ja aurinkovoimahankkeen vaikutus Euroopan päästöihin, huomioiden syrjäytettävän sähköntuotannon päästöt kiinteällä keskimääräisellä ei-toivottujen polttoaineiden päästökertoimella.	Oletetaan tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun sähkönsyrjäyttävän Euroopassa fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Jos fossiilisten polttoaineiden käyttöä ei voida korvata Suomessa, on hankkeen sähköntuotannon katsottu vähentävän tuontisähkönsä tarvetta. Tällöin pohjoismaista uusiutuvaa sähköä voidaan käyttää muissa maissa ei-toivottujen sähköntuotantomuotojen korvaajana. Syrjäytettyjen sähköntuotantomuotojen osuuksina käytettiin seuraavia (European Council, 2023): • Hiili 29 % • Ydinvoima 36 % • Maakaasu 35 % Tätä jakaumaa ja näillä polttoaineilla tuotetun energian elinkaarisia päästökertoimia (UNECE, 2022) hyödyntämällä saadaan tällä hankkeella korvatus sähkönsä päästökertoimeksi 425 g CO₂-ekv/kWh.
Tuuli- ja aurinkovoimahankkeen vaikutus kansallisiin päästöihin, huomioiden syrjäytettävän sähköntuotannon päästöt kiinteällä nykyhetken (2023) kansallisella päästökertoimella.	Oletetaan tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun sähkönsä korvaavan kansallisesti tuotettua keskiarvoista sähköä (Energiateollisuus, 2022). Nykyhetken kansallisen sähköntuotannon elinkaarisiksi päästökertoimeksi on arvioitu 98 g CO₂-ekv/kWh (Ensisijaisesti: UNECE, 2022; Toissijaisesti: IPCC, 2018). Tässä kuitenkin osittain oletetaan, että tuuli- ja aurinkovoimalla korvattaisi uusiutuvalla energialla tuotettua sähköntuotantoa, joka aliarvioi hankkeesta saavutettavia positiivisia ilmastovaikutuksia.
Tuuli ja -aurinkovoimahankkeen vaikutus kansallisiin päästöihin, huomioiden syrjäytettävän sähköntuotannon päästöt tuotannon ajankohdalle ennustettavalla kansallisella päästökertoimella.	Oletetaan tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun sähkönsä korvaavan kansallisesti tuotetun keskiarvoisen tulevaisuuden sähkönsä käyttöä (TEM, 2019). Sähköntuotannon tuotantomuotojen 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 46 g CO₂-ekv/kWh (Ensisijaisesti: UNECE, 2022; Toissijaisesti: IPCC, 2018). Tässä 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 realisoitu, jolloin tällä menetelmällä laskettaessa positiiviset ilmastovaikutukset ovat täysin hypoteettiset.

4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Toteutuessaan tuuli- ja aurinkovoimahanke tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia taulukossa 2 esitetyille hankevaihtoehtoille.

Taulukko 2. 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 toteutettavan ja mitä sähköntuotantoa hanke toteutuessaan korvaisi. Hankkeen toteuttamatta jättämisen lisäksi myös olemassa olevat hiilivarastot ja -nielut säilyvät.
VE1	Riitamaa-Nurmesneva hanke toteutuu. Kärsämäen kunnan Riitamaan alueelle rakennetaan 36 tuulivoimalaa ja Pyhäjärven kunnan Nurmesnevan alueelle rakennetaan 17 tuulivoimalaa. Tämän lisäksi Nurmesnevan alueella rakennetaan noin 456 hehtaarin aurinkovoima-alue.
VE2	Kärsämäen kunnan Riitamaan alueelle rakennetaan 36 tuulivoimalaa. Pyhäjärven kunnan Nurmesnevan alueelle ei rakenneta tuulivoimaloita. Ei aurinkovoimaa.
VE3	Pyhäjärven kunnan Nurmesnevan alueelle rakennetaan 17 tuulivoimalaa. Kärsämäen kunnan Riitamaan alueelle ei rakenneta tuulivoimaloita. Ei aurinkovoimaa.

Tämän lisäksi tässä selvityksessä on arvioitu ilmastovaikutuksia taulukossa 3 esitetyille seuraavia sähkönsiirron vaihtoehtoille.

Taulukko 3. Kuvaukset sähkönsiirron vaihtoehtoista.

Vaihtoehto	Kuvaus vaihtoehdosta
VEA Pysäysperälle	
VEA1	400 kV ilmajohto Nurmesnevalta Nurmesjärven itäpuoleiselle Parkkimajärven sähköasemalle, josta 400 kV + 110 kV ilmajohto Pysäysperälle.
VEA2	400 kV ilmajohto Riitamaalta Nurmesjärven länsipuolelta Parkkimajärven sähköasemalle, josta 400 kV + 110 kV ilmajohto Pysäysperälle.
VEB Murtoperälle	
VEB1	400 kV ilmajohto Riitamaalta Nurmesjärven länsipuolelta Parkkimajärven sähköasemalle, josta 400 kV + 110 kV ilmajohto pohjoista linjausta Murtoperälle.
VEB2	400 kV ilmajohto Riitamaalta Nurmesjärven länsipuoliselle Parkkimajärven sähköasemalle, josta 400 kV + 110 kV ilmajohto eteläistä linjausta Murtoperälle.
VEB3	400 kV ilmajohto Nurmesnevalta Nurmesjärven itäpuoliselle Parkkimajärven sähköasemalle, josta 400 kV + 110 kV ilmajohto pohjoista linjausta Murtoperälle.

VEB4	400 kV ilmajohto Nurmesnevalta Nurmesjärven itäpuoliselle Parkkimajärven sähköasemalle, josta 400 kV + 110 kV ilmajohto eteläistä linjausta Murtoperälle.
------	---

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 elinkaariarvioinneihin perustuen. Elinkaariarvioinneissa tarkastellut tuulivoimalat olivat teholtaan 2-6,2 MW ja niissä on esitetty tuulivoimaloiden ilmastonlämpenemisvaikutuksia elinkaarenvaiheittain. Tässä yhteydessä huomattiin tuulivoimaloiden ilmastonlämpenemisvaikutuksen olevan tuotettua energiaa kohti melko vakio, riippumatta tuulivoimalan tehosta. Tähän perustuen näiden ympäristötuoteselosteiden keskiarvoisia ilmastonlämpenemisvaikutuksia (g CO₂-ekv./kWh) on voitu hyödyntää tässä laskennassa, vaikka tuulivoimalat eivät teholtaan olisikaan täysin vastaavat.

4.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit voivat olla yksikide- tai 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_p ja niissä on esitetty aurinkopaneelien ilmastonlämpenemisvaikutuksia elinkaarenvaiheittain. Näihin ympäristötuoteselosteisiin perustuen hyödynnettiin laskennassa yksi- ja monikidepaneeleille eri ilmastonlämpenemisvaikutuksia (g CO₂-ekv/W_p).

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 ilmastonlämpenemisvaikutusta.

4.4 Sähkönsiirto

Sähkönsiirto tapahtuu joko maakaapeleilla tai ilmajohdoilla. Lisäksi aurinkovoimalan osalta tarvitaan erillisiä inverttereitä sekä maanpäällisiä tasavirta- ja vaihtovirtakaapeleita. 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. Keskijännitekaapeleille ympäristötuoteselosteiden tietoja on hyödynnetty sellaisenaan. Suurjännitekaapelille sopivia ympäristötuoteselosteita ei ollut saatavilla, joten suurjännitekaapeleiden päästöjä on arvioitu keskijännitekaapelien ympäristötuoteselosteiden perusteella kaapelien massan mukaan suhteutettuna. Keskijännitekaapelien ympäristötuoteselosteissa ei ole otettu riittävällä 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 työkalujen käytöstä (polttoaineiden valmistus ja poltto). Materiaalien kulutukset ja työsuoritteet perustuvat asiantuntija-arvioihin, päästötietolähteenä on hyödynnetty infrarakentamisen päästötietokannan tietoja.

Ilmajohdojen osalta huomioidaan sähkönsiirtorakenteiden komponenttien valmistus ja kuljetus asennuspaikalle, käyttö ja kunnossapito, kuljetus jatkokäsittelyyn sekä jatkokäsittely. Keskijänniteverkon pylvästyypiksi on oletettu puupylväs. Keskijänniteverkon päästöjä on arvioitu ilmajohdoille tehtyyn ympäristötuoteselosteeseen, sekä puupylväille tehtyyn elinkaariarviointiin perustuen. Suur- ja kantajänniteverkon pylvästyypiksi on oletettu teräspylväs. Suur- ja kantajänniteverkon päästöjä on arvioitu Statnett -kantaverkkoyhtiön elinkaariarviointiin perustuen. Maakaapeleiden ja ilmajohdojen lisäksi laskennassa huomioidaan myös sähköasemien valmistus.

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

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

4.5 Tiet

Tiestön osalta laskennassa on huomioitu uusien sorapäälysteisten teiden sekä olemassa olevien teiden parantamisen ympäristövaikutukset. Tiestön päästöjen osalta huomioidaan päästöt keskeisimpien materiaalien valmistuksesta (suodatin kangas, 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 Hiilivarastot ja -nielut

Hankkeen hiilivarastojen ja -nielujen poistuman osalta huomioidaan metsän ja metsäalueen maaperän hiilivarastojen ja -nielujen menetys seuraavien pysyvien rakenteiden tieltä: tuulivoimaloiden perustukset, aurinkopaneelikenttä, sähköasemat sekä uudet tiet. Hankealueella sekä sen ulkopuolella sijaitsevien sähkönsiirtorakenteiden osalta arvioidaan, että niiden rakentaminen poistaa alueelta puuston hiilivaraston sekä -nielun. Oletetaan, että sähkönsiirtorakenteiden alle jäävän maaperän hiilivarasto sekä -nielu säilyvät ennallaan. Todellisuudessa tämän alueen hiilensidonta voi aiemmasta hieman hidastua, sillä ympäröivien puiden hakkuun myötä alueen maaperään ei enää kerry aiempaan tapaan hiiltä sitovaa karketta. Tuulivoimahankkeiden hiilivarastojen ja -nielujen poistumaa on arvioitu olettaen, että kaikki rakenteet pystytetään metsäiselle alueelle. Aurinkovoimahankkeen hiilivarastojen ja -nielujen poistumaa on arvioitu olettaen, että kaikki aurinkovoimahanketta varten rakennettavat tiet rakennetaan metsäiselle alueelle. Aurinkopaneelikenttä rakennetaan entiselle turvesuolle, joka on vain osittain metsittyä aluetta. Oletetaan, että paneelikentän pinta-alasta noin 15 % olisi metsäistä aluetta.

Tilapäisesti hiilivarastoja ja -nieluja menetetään tuulivoimaloiden sekä nosturin kokoamisalueelta. Hiilivarastojen ja -nielujen poistumaa on arvioitu olettaen, että kaikki rakenteet pystytetään metsäiselle alueelle. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alaa on arvioitu seuraavan taulukon 4 tietoihin perustuen.

Taulukko 4. Rakentamisen tieltä raivatun alueen pinta-alat.

Pysyvä muutos	
Tuulivoimaloiden perustus	0,07 ha/tuulivoimala
Aurinkopaneeli alue	400 ha

Maakaapelit	Oletetaan rakennettavan tien viereen, jolloin uutta aluetta ei tarvitse raivata.
<u>Ilmajohdot</u>	
Kantaverkon (400 kV) raivausleveys	42 metriä
Kantaverkon (400 kV + 110 kV) raivausleveys	72 metriä
Sähköasema	1 ha/asema
Uusien teiden raivausleveys	Tuulivoimahanke: 8 metriä (6 metriä leveä tie sekä 1,0 metrin pengerrykset) Aurinkovoimahanke: 5,5 metriä (4,5 metriä leveä tie sekä 0,5 metrin pengerrykset)
Tilapäinen muutos	
Tuulivoimaloiden kokoamisalue	0,42 ha/tuulivoimala
Nosturin kokoamisalue	0,12 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 hiilinielun seuraavaksi kolmeksikymmeneksi vuodeksi. Hankkeen elinkaaren jälkeen aluetta alettaisiin uudestaan metsittää, jolloin hiilinielu palautuisi ajan kuluessa. tarkkaa tutkimustietoa siitä, milloin taimikko muuttuu hiilinieluksi, ei ole vielä saatavilla. 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 negatiivisia vaikutuksia alueen hiilinieluihin. Tätä hankkeen jälkeistä negatiivista 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.

5 HANKKEEN TIEDOT

Myrsky Energia Oy suunnittelee tuuli- ja aurinkovoimahanketta Riitamaa-Nurmesnevalle, josta Riitamaan alue sijaitsee Kärsämäen kunnassa ja Nurmesnevan alue Pyhäjärven kaupungissa. Tarkempia tietoja hankkeen eri vaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa 5.

Taulukko 5. Lähtötiedot eri hankevaihtoehtoissa.

	VE1	VE2	VE3
Hankealueen pinta-ala	7 870 ha	5 594 ha	2 276 ha
Aurinkopaneelikentän pinta-ala	400 ha	-	-
Tuulivoimaloiden lukumäärä	53 kpl	36 kpl	17 kpl
Tuulivoimalan teho	10 MW	10 MW	10 MW
Aurinkopaneelien lukumäärä	492 000 kpl	-	-
Aurinkopaneelin teho	650 W _p	-	-
Arvioitu elinkaarinen sähkön- tuotanto	Tuuli: 48 749 GWh Aurinko: 8 009 GWh	Tuuli: 33 113 GWh Aurinko: -	Tuuli: 15 637 GWh Aurinko: -
Maakaapelointi hankealueella	Pituus 75,0 km Leveys 1,0 m Syvyys 0,7 m	Pituus 57,4 km Leveys 1,0 m Syvyys 0,7 m	Pituus 30,0 km Leveys 1,0 m Syvyys 0,7 m
Ilmajohdot hankealueella 400 kV	Pituus 7,4 km	-	-
Sähkönsiirtoasemat hankealu- eella	2 kpl	1 kpl	1 kpl
Uudet sorapäälysteiset huolto- tiet	Pituus 36,2 km Leveys 6 m Pituus 6,7 km Leveys 4,5 m	Pituus 24,1 km Leveys 6 m	Pituus 13,7 km Leveys 6 m
Parannetut sorapäälysteiset huoltotiet	Pituus 55,0 km Leveys 6 m Ei lisälevennystä	Pituus 40,6 km Leveys 6 m Ei lisälevennystä	Pituus 19,8 km Leveys 6 m Ei lisälevennystä
Raivattu alue, pysyvä	Tuulivoimalat 3,7 ha Sähkönsiirto hanke- alueella 31,1 ha Sähköasemat 2 ha Tiet 29,0 ha	Tuulivoimalat 2,5 ha Sähkönsiirto hanke- alueella 0 ha Sähköasema 1 ha Tiet 19,3 ha	Tuulivoimalat 1,2 ha Sähkönsiirto hankealu- eella 0 ha Sähköasema 1 ha Tiet 10,9 ha
Raivattu alue, palautuva	Tuulivoimalat 28,6 ha	Tuulivoimalat 19,4 ha	Tuulivoimalat 9,2 ha
Poistuva puusto	20 180 m ³	5 390 m ³	2 850 m ³

Tarkempia tietoja hankkeen eri sähkönsiirtovaihtoehtoista on esitetty seuraavassa taulukossa 6.

Taulukko 6. Lähtötiedot eri sähkönsiirron vaihtoehtoissa.

	VEA1	VEA2	VEB1	VEB2	VEB3	VEB4
400 kV pituus	3,5 km	7,1 km	7,1 km	7,1 km	3,5 km	3,7 km
400 kV + 110 kV pituus	23,9 km	17,6 km	33,6 km	34,3 km	27,4 km	25,2 km
Raivattu alue, pysyvä	187 ha	157 ha	272 ha	276 ha	212 ha	197 ha
Poistuva puusto	23 810 m ³	20 010 m ³	34 710 m ³	35 280 m ³	27 050 m ³	25 190 m ³

6 TULOKSET

Hiilitaselaskennan tulokset on määritetty sekä absoluuttisina arvoina koko hankkeen elinkaaren ajalle (t CO₂-ekv) että hankkeen elinkaaren aikana tuotettuun energiantuotantoon suhteutettuna (g CO₂-ekv/kWh). Seuraavassa taulukossa 7 on esitetty arvio hankkeen elinkaaren aikaisista absoluuttisista kokonaispäästöistä päästötekijöittäin jaoteltuna.

Taulukko 7. Kielteiset ilmastovaikutukset eri hankevaihtoehtoissa koko hankkeen elinkaaren ajalta.

	VE1	VE2	VE3
Tuulivoimalat, t CO ₂ -ekv	314 200	213 400	100 800
Aurinkopaneelit ja asennusrakenteet, t CO ₂ -ekv	370 900	-	-
Hankealueen sisäinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	16 300	6 600	4 000
Huoltotiet, t CO ₂ -ekv	20 600	13 300	7 500
Hiilivaraston menetys, t CO ₂ -ekv	316 100	39 900	21 100
Hiilinielun menetys, t CO ₂ -ekv	9 800	2 500	1 400
Kokonaispäästö, t CO₂-ekv	1 047 800	275 700	134 700

Taulukossa 8 on esitetty arvio hankkeen elinkaaren aikaisista tuotettuun energiamäärään suhteutetuista kokonaispäästöistä.

Taulukko 8. Kielteiset ilmastovaikutukset eri hankevaihtoehtoissa hankkeen elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna.

	VE1	VE2	VE3
Kokonaispäästö, g CO₂-ekv/kWh	18,5	8,3	8,6

Hankevaihtoehtojen lisäksi hiilitaselaskennassa arvioitiin myös hankealueen ulkopuolisten sähkönsiirtovaihtoehtojen kielteisiä ilmastovaikutuksia. Taulukossa 9 on esitetty arviot hankealueen ulkopuolisen sähkönsiirron absoluuttisista kokonaispäästöistä päästötekijöihin jaoteltuna.

Taulukko 9. Kielteiset ilmastovaikutukset eri sähkönsiirron vaihtoehtoissa koko hankkeen elinkaaren ajalta.

VEA1	VEA2	VEB1	VEB2	VEB3	VEB4
------	------	------	------	------	------

Hankealueen ulkopuolinen sähkönsiirto, t CO ₂ -ekv	10 200	8 900	15 000	15 200	11 500	10 800
Hiilivaraston menetys, t CO ₂ -ekv	21 100	17 800	30 800	31 300	24 000	22 400
Hiilinielun menetys, t CO ₂ -ekv	15 600	13100	22 800	23 200	17 700	16 500
Kokonaispäästö, t CO₂-ekv	46 900	39 800	68 600	69 700	53 300	49 600

Tuuli- ja aurinkovoimahankkeen toteutumisen ilmastovaikutuksia arvioidaan kielteisen ja myönteisen ilmastovaikutusten erotuksena. Toisin sanoen hankkeen aiheuttamia päästöjä verrataan siihen päästöhyötyyn mikä saavutetaan, kun hankkeella tuotetulla puhtaammalla energialla korvataan vaihtoehtoista energiantuotantoa. Ilmastovaikutuksen arviointi riippuu hyvin voimakkaasti siitä, millä tuotettua energiaa tämän hankkeen tuottamalla energialla on oletettu korvattavan. Tässä tarkastelussa myönteisiä ilmastovaikutuksia on arvioitu kolmesta eri näkökulmasta, jotka on kuvattu taulukossa 1

Seuraavassa taulukossa 10 on esitetty arviot siitä, kuinka paljon energiantuotannon päästöt olisivat, jos hankkeen **elinkaaren aikana** tuottama sähkö olisi tuotettu vaihtoehtoisilla menetelmillä.

Taulukko 10. Hankkeen toteutumisen myötä vältetyt päästöt, jos hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö olisi tuotettu vaihtoehtoisilla menetelmillä.

	VE1	VE2	VE3
Hankkeen elinkaaren aikana tuottama sähkö, GWh	56 758	33 113	15 637
Vältetyt päästöt elinkaaren aikana, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö korvaisi ei toivotuilla polttoaineilla tuotettua sähköä, t CO ₂ -ekv	24 135 300	14 080 800	6 649 400
Vältetyt päästöt elinkaaren aikana, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	5 568 200	3 248 500	1 534 100
Vältetyt päästöt elinkaaren aikana, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö korvaisi tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	2 610 200	1 522 800	719 100

Kun hankkeen elinkaarisista päästöistä vähennetään edellisessä taulukossa 10 esitetyt vältetyt päästöt, saadaan hankkeen aiheuttama kokonaisvaikutus ilmastoon. Kokonaisvaikutuksen ollessa negatiivinen, on hankkeen ilmastovaikutus myönteinen. Mitä suurempi negatiivinen arvo on, sitä myönteisempi ilmastovaikutus hankkeella on. Seuraavassa taulukossa 11 on esitetty hankkeen kokonaisvaikutukset ilmastoon.

Taulukko 11. Hankkeen kokonaisvaikutukset ilmastoon eri hankevaihtoehtoissa. Negatiiviset arvot kuvaavat myönteistä ilmastovaikutusta.

	VE1	VE2	VE3
Hankkeen kielteinen ilmastovaikutus, t CO ₂ -ekv	1 047 800	275 700	134 700
Hankkeen vaikutus ilmastoon elinkaaren aikana, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö korvaisi ei toivotuilla polttoaineille tuotettua sähköä, t CO ₂ -ekv	- 23 087 600	- 13 805 100	- 6 514 700
Hankkeen vaikutus ilmastoon elinkaaren aikana, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö korvaisi nykyhetken kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	- 4 520 400	- 2 972 800	- 1 399 300
Hankkeen vaikutus ilmastoon elinkaaren aikana, kun tuuli- ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö korvaisi tulevaisuudelle ennustettua kansallista sähköntuotantoa, t CO ₂ -ekv	- 1 562 400	- 1 247 100	- 584 400

7 LÄHTEET

Energiateollisuus, 2022. Sähkön hankinta energialähteittäin 2007-2021. Saatavissa: https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkon_hankinta_energia-lahteittain_2007-2021.html#material-view

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>

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>

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