

## Liite 21 Ilmastovaikutusten arviointimenetelmät

### 1 Laskentamenetelmät ja lähtötiedot

Ilmastovaikutuksia on arvioitu laskemalla hankkeen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt eli hankkeen elinkaaren hiilijalanjälki. Vaikutuksia on verrattu hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutuksiin. Lisäksi on arvioitu hankkeen vaikutuksia hiilinieluihin ja -varastoihin.

Päästölaskennassa on huomioitu hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) lisäksi myös muut kasvihuonekaasupäästöt, joita ovat metaani (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O) ja ns. F-kaasut. Laskennan tulokset on ilmoitettu hiilidioksidiekvivalentteina (CO<sub>2</sub>e), eli kaikki laskentaan sisältyvät kaasut on yhteismitallistettu niiden ilmaston lämpenemispotentiaalin mukaan.

Tarkastelu on jaettu rakentamisen aikaisiin, toiminnan aikaisiin ja toiminnan päättymisen jälkeisiin vaikutuksiin. Tuulivoimaloiden päästöt on arvioitu olemassa oleviin elinkaariarviointeihin perustuen, ja sekä voimalinjan että tiestön päästöt on laskettu infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmää soveltaen.

#### 1.1 Tuulivoimalat

Tuulivoimaloiden ilmastovaikutukset on jaettu rakentamisen aikaisiin, toiminnan aikaisiin ja toiminnan päättymisen jälkeisiin vaikutuksiin. Tarkasteluun on sisällytetty itse voimalat perustuksineen ja nostokenttineen, niitä varten rakennettavat ja kunnostettavat tiet, alueen sisäiset maakaapelit sekä sähköasemat. Työmaatukikohdan ja energiavaraston rakentamisen vaikutuksia on soveltuvien arviointimenetelmien puuttumisen takia arvioitu vain maarakentamisen osalta.

Tuulivoimapuiston ilmastovaikutuksien arvioinnissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Tuulivoimaloiden tuotantoteho on 8 MW/voimala.
- Vuosittainen sähköntuotanto on VE1:ssä 1 176 GWh/a ja VE2:ssa 504 GWh/a.
- Tuulivoimaloita varten raivattava pinta-ala on 1,5 hehtaaria/voimala, josta 0,35 hehtaaria/voimala on murskeella peitettyä aluetta. Kiviaineskerroksen paksuus on 0,7 metriä.
- Sähköasemia varten raivataan 1,5 hehtaaria/kpl eli VE1:ssä 4,5 hehtaaria ja VE2:ssa 3,0 hehtaaria. Kiviaineskerroksen paksuus on 0,7 metriä.
- Energiavarastoa varten raivataan 9 hehtaaria. Kiviaineskerroksen paksuus on 0,7 metriä.
- Työmaatukikohtaa varten raivataan 0,5 hehtaaria. Kiviaineskerroksen paksuus on 0,5 metriä.
- Uuden tiestön pituus on VE1:ssä noin 31,0 kilometriä ja VE2:ssa noin 12,2 kilometriä.
- Kunnostettavan tiestön pituus on VE1:ssä noin 25,2 kilometriä ja VE2:ssa noin 14,3 kilometriä.
- Uuden ja kunnostettavan tiestön ajouran leveys on viisi metriä. Tarvittavan puuttoman alueen leveys on 15 metriä. Kiviaines-

kerroksen paksuus on 0,5 metriä kunnostettavilla ja 0,7 metriä uusilla teillä.

- Sisäisen sähkönsiirron maakaapeleiden ja betoniperustusten vaikutukset sisältyvät tuulivoimaloiden päästökertoimeen.
- Tuulivoimapuiston käyttöikä on 30 vuotta.

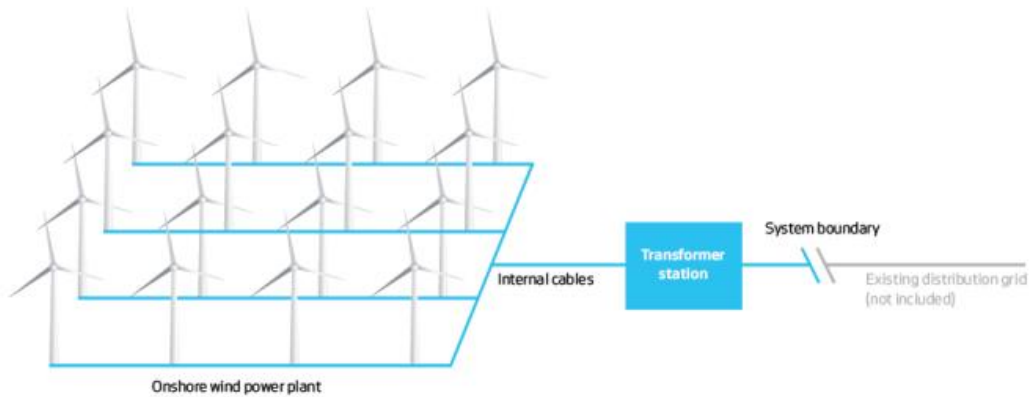
Laskennassa käytetyt lähteet on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 1-1). Tuulivoimaloiden rakentamisen, käytön ja käytöstä poiston kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu Vestas Wind Systemsin teettämien elinkaariarviointien tulosten avulla (Vestas 2023a & Vestas 2023b). Maarakentamisen vaikutuksia on arvioitu murskeen valmistuksen ja kuljetusten päästöjen perusteella.

**Taulukko 1-1. Tuulivoimaloiden ilmastovaikutusten arvioinnissa käytetyt lähteet.**

Kohde	Tiedonlähde
Tuulivoimalan elinkaari-päästöt	Vestas Wind Systems A/S. Keskiarvo voimaloista: V162-6.2 MW, V150-6.0 MW, V150-4,2 MW, V136-4,2 MW, V136-3,45 MW, V112-3,3 MW, V120-2,0 MW, V90-2,0 MW.  Saatavilla: <a href="https://www.vestas.com/en/sustainability/environment/lifecycle-assessments">https://www.vestas.com/en/sustainability/environment/lifecycle-assessments</a>
Maarakentamisen elinkaari-päästöt (murskeen tuotanto)	CO2data, 2025. Murske (konservatiivinen arvo). Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Kiviaineksen kuljetukset	CO2data, 2025. Massatavaran kuljetus, maansiirtoautot 32 t, 50 %, maantieajo.  Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a>

**Rakentaminen, käyttöaika ja käytöstä poisto**

Tuulivoimapuistojen kolmannen osapuolen verifiointia elinkaariarvioita on tehty Vestas Wind Systems A/S tuulivoimalatoimittajan (myöhemmin Vestas) toimesta. Elinkaariarviot ovat kattavia ja niissä on otettu laajasti huomioon tuulivoimalan komponenttien päästöt, tuulivoimalan kuljettamisen päästöt, Vestaksen tiloissa ja tuulivoima-alueella tapahtuvan rakentamisen aiheuttamat päästöt, asennuksen päästöt, ylläpidon ja huollon päästöt sekä tuulivoimalan käytöstä poiston päästöt. Vestaksen julkaiseman elinkaarilaskennan rajaus on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 1-1).



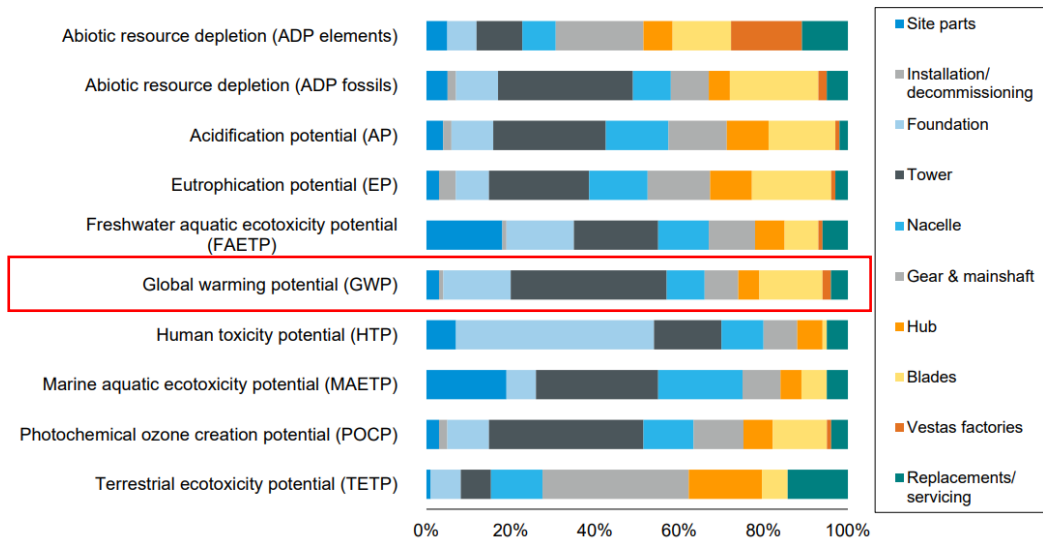
**Kuva 1-1. Tuulivoimapuiston elinkaarilaskentaan sisältyvät osat (Vestas 2023b).**

Kyseisissä tuulivoimalan elinkaariarvioissa tuulivoimalan elinkaareksi on määritetty 20 vuotta, vaikka arvioinnissa todetaan, että tuulivoimalan elinkaari ei todellisuudessa ole näin lyhyt. Tuulivoimaloiden päästöt tuotettua sähköä kohden 20 vuoden aikana pysyvät kahdeksan LCA:n otoksen tarkastelulla tehosta tai tuulimyllyn lapojen pituudesta huolimatta samalla tasolla, keskimäärin noin 6,9 gCO<sub>2</sub>e/kWh, kun otetaan huomioon tuulivoimalan osien kierrätyksessä saavutetut hyödyt (Vestas 2023a). Vestaksen elinkaariarvioista laskettujen elinkaaren vaiheiden keskimääräisiä päästökertoimia on käytetty laskennan perusteena. Päästökertoimet 20 vuodelle on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 1-2).

**Taulukko 1-2. Tuulivoimapuiston hiilijalanjälkilaskennan perustana käytetyt keskimääräiset päästökertoimet 20 vuoden pituiselle elinkaarelle (Vestas 2023a).**

[gCO <sub>2</sub> e/kWh]				
Valmistus	Rakennus	Käyttö	Käytöstä poisto	Yhteensä
10,06	0,09	0,29	-3,58	6,87

Vestas on elinkaariarvioinnissaan tuottanut eri päästölähteiden vaikutuksista oheisen kuvan (Kuva 1-2). Siitä nähdään, että suurin osa kasvihuonekaasupäästöistä (GWP-rivi) muodostuu tuulivoimaloiden tornien ja muiden osien valmistuksesta sekä perustuksista. Paikalliset päästöt työkoneista edustavat päästöistä vain pientä osaa. (Vestas 2023b)



**Kuva 1-2. Tuulivoimalan elinkaaren aikaisten vaikutusten jakautuminen laskettuna Vestaksen 162-6.2 MW voimalalle. Voimalan eri osien prosenttiosuudet elinkaaren ilmastovaikutuksesta on eritelty kohdassa Global warming potential (GWP). (Vestas 2023b)**

Tässä laskennassa Vestaksen elinkaariarviota on laajennettu vastaamaan 30 vuoden elinkaarta. Rakentamisen hiilijalanjälkeen on myös lisätty teissä sekä sähköasema- ja voimalapaikoilla käytetyn murskeen tuotannon ja kuljetuksen päästöt, sillä niitä ei ole sisällytetty Vestaksen arviointiin. Vestaksen arvioinnista puuttuvien työmaatukikohdan ja energiavaraston rakentamisen vaikutusten osalta on huomioitu vain maarakentaminen. Murskeelle on käytetty infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaista 50 kilometrin oletuskuljetusetaisyyttä. Lisäksi on arvioitu erikseen toiminnan päättymisen jälkeiset päästöt, jotka aiheutuvat tuulivoimalan osien kuljetuksesta kierrätykseen.

Kierrätykseen kuljetettujen materiaalien määrä (tonnia) on arvioitu Vestaksen elinkaariarvioinnin massaluettelon perusteella (Vestas 2023b). Materiaalivirrat on oletettu toimitettavan kierrätykseen Kokkolan Storkohmon jäteasemalle noin 73 kilometrin etäisyydelle. Kierrätyksestä saavutettuja hyötyjä ei ole huomioitu tässä laskennassa.

Näillä kriteereillä laskennassa käytettäväksi tuulivoimaloiden päästökertoimeksi arvioitiin yhteensä 7,28 gCO<sub>2</sub>e/kWh.

## 1.2 Sähkönsiirtoreitit

Sähkönsiirtoreittien osalta on tuulivoimaloiden tavoin arvioitu rakentamisen aikaisia, toiminnan aikaisia ja toiminnan päättymisen jälkeisiä vaikutuksia. Arvioinnissa on tarkasteltu neljää ulkoisen sähkönsiirron vaihtoehtoa (SVE1-4) (Taulukko 1-3). Tuulivoimapuiston sisäiset sähkönsiirtorakenteet kuten maakaapelit ja sähköasemat sisältyvät tuulivoimaloiden hiilijalanjäljen laskennassa käytettyyn päästökertoimeen, eikä niitä ole laskettu erikseen voimajohtojen yhteydessä kaksoislaskennan välttämiseksi.

### Taulukko 1-3. Sähkönsiirron toteutusvaihtoehdot.

Toteutusvaihtoehto	Kuvaus
<b>SVE1</b>	Sähkönsiirto toteutetaan 400 kV:n voimajohdolla. Voimajohdon pituus on noin 19,9 kilometriä.
<b>SVE2</b>	Sähkönsiirto toteutetaan 400 kV:n voimajohdolla. Voimajohdon pituus on noin 12,7 kilometriä.
<b>SVE3</b>	Sähkönsiirto toteutetaan 400 kV:n voimajohdolla. Voimajohdon pituus on noin 35 kilometriä.
<b>SVE4</b>	Sähkönsiirto toteutetaan noin 7,6 kilometriä pitkällä maakaapelilla.

Sähkönsiirtoreiteistä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa on käytetty päästökertoimia useista eri lähteistä. Merkittävä osa lähtötiedoista on peräisin julkisista lähteistä (EFLA 2018) ja AFRY Finland Oy:n aiemmista vastaavan tyyppisiin hankkeisiin tekemistä laskelmista.

Sähkönsiirtovaihtoehtojen ilmastovaikutusten arvioinnissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Sähkönsiirtoreitti rakennetaan uuteen maastokäytävään. (Näin arvioituna tulee huomioitua enimmäisvaikutus riippumatta siitä, rakennetaanko jotkin osat olemassa olevien voimajohtojen rinnalle, jolloin raivattava alue olisi uutta käytävää kapeampi.)
- Voimajohdoilla johtoalueen leveys on 62 metriä ja johtoaukean leveys 42 metriä. Maakaapelia varten raivattavan alueen leveys on 10 metriä.
- Voimajohdoilla reunavyöhykkeet ovat 10 metriä ja niiden osalta neljäsosa puuston kuutiomäärästä on oletettu menetettävän latvonnan yhteydessä.
- Pylväsväli on 300 metriä.
- Voimajohdon ja maakaapelin käyttöikä on 30 vuotta. (Todellisuudessa käyttöikä on jopa 80 vuotta, mutta tarkastelun selkeyttämiseksi on käytetty tuulivoimaloiden kanssa samaa käyttöikää.)

Käytettyjen päästökerrointen lähteet on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 1-4).

**Taulukko 1-4. Laskentaan sisällytetyt päästölähteet ja niiden päästökerrointen lähteet.**

Päästölähde	Käytetty tietolähde
Kaapeli	Midal Cables, EPD 2020. Teräsvahvistetut alumiinijohtimet (AACSR). Sveid Conductor. Saatavilla: <a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/63766e80-7e1f-485f-a985-efa9816fa31f/Data">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/63766e80-7e1f-485f-a985-efa9816fa31f/Data</a>
Murske	CO2data, 2025. Murske (konservatiivinen arvo). Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Teräspylväs	CO2-data, 2025. Teräsrakenne, kantava rakenne, pinnoitettu tai COR-TEN pinta (konservatiivinen arvo). Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Teräsbetoni	CO2-data, 2025. Betonipaalu RBT-300 (konservatiivinen arvo). Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Harukset ja eristinketjut	CO2-data, 2025. Teräsprofiili ja -verkko, kevytrakenteinen, sinkitty (konservatiivinen arvo). Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Maadoituskupari	CO2-data, 2025. Kuparilanka (konservatiivinen arvo). Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Maakaapelin betonilaatta	CO2-data, 2025. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valmisbetoni, C35/45 P0, GWP.REF.</li> <li>- Harjateräs, B500B (A500HW).</li> </ul>
Maakaapelin suojaputki	CO2-data, 2025. Kaapelin suojaputki, TEL, PE tupla, 110/95 mm, A. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a>
Kaivannon suojaäyttö	CO2-data, 2025. Hiekka 0...4 mm. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a>
Kuljetukset	CO2data, 2025. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Massatavaran kuljetus, Maansiirtoautot 32t, 50 %, maantieajo.</li> <li>- Painavien rakennusmateriaalien kuljetus, Puoliperävaunun yhdistelmä 40t, 40 %, maantieajo.</li> </ul>
Nosturi	CO2-data, 2025. Nosturi. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a>
Kaivinkone	CO2-data, 2025. KKH 21, kaivinkone, tela-alustainen. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/infra/">https://co2data.fi/infra/</a>
Hakkuukone	Ecoinvent 3.9.1. Harvesting, forestry harvester.

Päästölähde	Käytetty tietolähde
Moottorisaha ja raivaussaha	VTT Lipasto, 2021. Moottorisahat, ammattikäyttö.
Tarkastukset: Helikopteri	DEFRA, 2023. Aviation turbine fuel. Saatavilla: <a href="https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022">https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022</a>  EFLA, 2018. Helicopter fuel consumption. Saatavilla: <a href="https://www.statnett.no/contentassets/1aa0ae3324714e939efc762f029b0691/life-cycle-assessment-for-transmission-towers---a-comparative-study-of-three-tower-types.pdf">https://www.statnett.no/contentassets/1aa0ae3324714e939efc762f029b0691/life-cycle-assessment-for-transmission-towers---a-comparative-study-of-three-tower-types.pdf</a>
Tarkastukset: Mönkijä ja moottorikelkka	VTT Lipasto, 2017. Keskiarvo mönkijästä ja moottorikelkasta.
Puuston kaadon ja keräyksen nopeus	FAO 2023. Felling, Production rate, table 9./Extraction, productivity, table 10.  Saatavilla: <a href="https://www.fao.org/3/y2698e/y2698e09.htm">https://www.fao.org/3/y2698e/y2698e09.htm</a>
Maatuulivoiman elinkaaren päästöt	Ecoinvent 3.9.1 Electricity production, wind, <1MW turbine, onshore – FI – electricity, high voltage. (Tämä on hyvin lähellä IPCC:n ilmoittamaa mediaanipäästökeroa tuulivoiman elinkaarelle).
Metallijäte	CO2-data, 2025. Jätteenkäsittely, metallit. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>
Betonijäte	CO2-data, 2025. Jätteenkäsittely, betoni. Saatavilla: <a href="https://co2data.fi/rakentaminen/">https://co2data.fi/rakentaminen/</a>

### Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakennusmateriaalien määrät ja työkonien (kaivinkone ja nosturi) käyttötunnit ovat etukäteisarvioita, jotka on kerätty aiemmissa laskennoissa sekä julkisista lähteistä. Laskennassa on huomioitu suurimmat materiaalivirrat, jotka koostuvat teräspylväistä, teräsbetonista, kaapeleista, murskeesta, haruksista, eristinketjuista ja maadoituskuparista. Materiaalit sähkönsiirtoreitin rakentamista varten on arvioitu kuljetettavan 180 kilometrin säteeltä infrarakentamisen vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaisesti. Murske on arvioitu kuljetettavan keskimäärin 50 kilometrin säteeltä. Päästökertoimet laskentaa varten on kerätty rakentamisen ja infrarakentamisen päästötietokannoista (CO2data.fi -palvelu) ja EPD-korteista. Jos työkonien tiedot eivät ole olleet saatavissa CO2datasta, on käytetty käytöstä poistuneen VTT:n Lipaston päästökertoimia.

Voimajohdon rakentamisessa kuluva työkonien käyttöaika on arvioitu norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (EFLA 2018). Kaivinkoneen käyttöajaksi on oletettu 40 h/pylväs ja nosturin käyttöajaksi 8 h/pylväs. Maakaapelin asennuksessa on oletettu käytettävän kaivinkonetta, jonka työsaavutukset ovat kaivun osalta 60 m<sup>3</sup>/h ja täytön osalta 50 m<sup>3</sup>/h.

Voimajohtoalueen metsän hakkuun hiilijalanjälki on laskettu arvioidun hakattavan puuston kuutiomäärän ja FAO:n arvioiman hakkuunopeuden mukaisesti. Johtoalueen hakkuu on oletettu suoritettavan maata pitkin metsätöykoneella ja reunavyöhykkeen latvominen ilmasahauksella moottorisahan avulla.

### **Toiminnan aikaiset vaikutukset**

Sähkönsiirtohäviöistä aiheutuvat päästöt on arvioitu tuulivoimaloiden suunniteltuun sähköntuottoon perustuen. Häviön kertoimena on käytetty Suomessa syntyvää häviösähkön osuutta, joka on kaksi prosenttia (Fingrid 2025). Häviöihin kuluva sähköenergia on oletettu korvattavan muulla tuulivoimatuotannolla. Päästökertoimena on käytetty Ecoinventin tietokannassa julkaistua suomalaisen maatuulivoiman elinkaaren aikaista päästökerrointa.

Voimajohdon korjaamisesta aiheutuva materiaalikulutus ja jätteen määrä on arvioitu niin, että terästä, kaapeleita, haruksia ja eristeketjuja täytyy vaihtaa yhteensä yksi prosentti voimajohdon rakentamiseen kuluneista materiaaleista per käyttövuosi. Arvio perustuu aiemmissa laskennoissa saatuihin tietoihin. Samalla periaatteella on arvioitu myös nosturia tarvittavan huoltoihin yksi prosentti verrattuna rakentamisen aikaiseen tarpeeseen per käyttövuosi. Korvaavien materiaalien päästöissä on huomioitu raaka-aineiden tuotanto ja kuljetus sekä tuotteen valmistus. Vaihdetut materiaalit on arvioitu kuljetettavan kierrätykseen Kokkolan Storkohmon jäteasemalle noin 73 kilometrin päähän. Materiaalien valmistuksen osalta on käytetty samoja päästökertoimia kuin rakentamisen aikaisissa vaikutuksissa.

Voimajohdon tarkastusvälit ja tarkastuksista aiheutuvat päästöt on arvioitu norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (EFLA 2018). Työsuoritteista on vähennetty Suomen tasaisemmasta pinnanmuodosta johtuen 10 prosenttia. Tarkastukset on arvioitu tehtävän LCA-raportin mukaisesti monkijällä/moottorikelkalla tai helikopterilla.

Johtoalueen aluskasvillisuuden raivaus on oletettu tehtävän 8,5 vuoden välein ja reunavyöhykkeiden latvominen 17,5 vuoden välein. Laskennassa raivaus on arvioitu tehtävän raivaussahalla ja latvominen ilmasahauksella moottorisahan avulla.

### **Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset**

Purkamiseen kuluvan polttoaineen kulutuksen on arvioitu olevan EFLA:n (2018) raportissa esitetyn Statnetin arvion mukainen. Raportissa purkamisen polttoaineen kulutuksen on arvioitu olevan 20 prosenttia rakentamiseen kuluvasta polttoaineen kulutuksesta. Tässä työssä purkamisen on oletettu tapahtuvan samoilla työkoneilla kuin rakentamisen eli nosturilla ja kaivinkoneella, ja arvioitu polttoaineen kulutus sisältää myös mahdolliset pienimuotoiset maisemointityöt. Hankekuvauksesta poiketen myös maakaapelien osalta on arvioitu purkamiseen liittyvät päästöt.

Syntyvän purkujätteen määräksi on oletettu pääasiassa yhtä paljon materiaalia kuin mitä rakentamiseen on käytetty, pois lukien teräsbetoni ja murske. Kyseinen raja on tehty, koska on oletettu, että kaikkea teräsbetonia ei pystytä kaivamaan pois maasta. Sen mahdolliseksi keräysasteeksi on arvioitu 10 prosenttia rakentamiseen käytettävästä määrästä. Murske on oletettu jätettävän maahan. Materiaalivirrat on oletettu toimitettavan kierrätykseen Kokkolan Storkohmon jäteasemalle noin 73 kilometrin päähän.

### 1.3 Hiilinielut ja -varastot sekä niiden muutokset

Tuulivoimapuiston ja sähkönsiirtoreitin rakentaminen edellyttää puuston poistoa ja maaperän muokkausta. Puustoa hakataan voimalapaikkojen, sähköasemien, energiavaraston, työmaatukikohdan sekä uusien ja levennettävien teiden alueelta (sisältäen maakaapelivedot). Voimajohtojen osalta puusto poistetaan johtoaukealta, ja johtoalueen reunavyöhykkeellä olevat puut latvotaan. Joillekin alueille oletetaan lisäksi tehtävän massanvaihtoja. Hiilinielujen ja -varastojen muutokset on arvioitu seuraaviin oletuksiin perustuen:

- Puuston kasvusta muodostuva hiilinielu ja puihin sitoutunut hiilivarasto menetetään kokonaan ja välittömästi rakentamisen yhteydessä.
- Puuston hiilinielu menetetään hankkeen elinkaaren ajaksi.
- Maaperän hiilinielu ja -varasto menetetään niiltä alueilta, joilta poistetaan pintamaa ja orgaaninen aines. Tällaisia alueita on oletettu olevan voimalapaikkojen soratut alueet, sähköasemat, energiavarasto, työmaatukikohta ja uusien teiden ajourat.
- Maaperän hiilinielu menetetään hankkeen elinkaaren ajaksi.
- Johtoaukea pidetään puuston poistamisen jälkeen avoimena raivaamalla sitä 7–10 vuoden välein voimajohdon elinkaaren ajan (tässä tarkastelussa 30 vuotta). Kasvillisuus on siten keskimäärin noin 4-vuotiaista, ja siihen sitoutunut hiili on otettu laskennassa huomioon.
- Avohakkuiden vaikutusta maaperän hiilitaseeseen ei ole arvioitu niiden alueiden osalta, joilla pintamaan poistoa ei oleteta tehtävän. Tällaisiin alueisiin kuuluvat esimerkiksi voimajohtojen johtoaukeat ja tienvarsien puuttomat vyöhykkeet.

Hankkeen vaikutusta puuston hiilinieluun ja -varastoon on arvioitu yhdistelemällä eri tietolähteitä. Hankealueen puuston lajikohtaiset tilavuudet on saatu Luonnonvarakeskuksen avoimesta MVMi-aineistosta (Luonnonvarakeskus 2021), ja puuston hiilivarasto on laskettu hankevaihtoehtojen rakennettavien alueiden pinta-alojen, puuston keskitilavuuksien ja puiden laskennallisen hiilipitoisuuden avulla. Hiilipitoisuuden laskennassa on käytetty havu- ja lehtipuiden biomassan määrälle runkopuutilavuutta kohden arvoja 0,76 t/m<sup>3</sup> ja 0,75 t/m<sup>3</sup> (Lehtonen ym. 2004), ja puun biomassasta on oletettu olevan hiiltä 50 prosenttia (Alakangas ym. 2016). Hiilinielu taas on arvioitu Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvarakeskuksen ja Avoin ry:n toteuttaman Hiilikartta-työkalun avulla (Hiilikartta 2025). Hankealueelle määritettiin työkalun avulla keskimääräinen puuston hiilinielu vuosille 2025–2055. Laskennassa käytetyn vuosittaisen hiilinielun suuruus on hankevaihtoehdosta riippuen 0,6–1,1 tCO<sub>2e</sub>/ha.

Maaperän hiilinielun ja -varaston laskennassa hankealue on jaettu MVMi-aineiston ja Suomen ympäristökeskuksen Soiden ojitustilanne -paikkatietoaineiston (Suomen ympäristökeskus 2011) avulla kivennäismaahan sekä ojitettuun ja ojittamattomaan turvemaahan. Ojitetun turvemaan osalta on lisäksi määritetty kasvupaikkatyyppi. Peltoalueet on tunnistettu Suomen ympäristökeskuksen Maatalousmaa 2021 -paikkatietoaineiston avulla (Suomen ympäristökeskus 2023). Maaperän hiilivaraston arvioinnissa on hyödynnetty maakuntakohtaisia keskiarvoja turpeen ja siinä olevan hiilen määrälle (Minkkinen & Laine 1998), turvekerroksen keskipaksuudelle (Korhonen ym. 2013) turvemaalla sekä hiilen määrälle kivennäismaalla (Liski ym. 2006).

Hiilinielu taas on laskettu käyttämällä maaperälle tehdyn jaottelun mukaisia Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaarion kertoimia (Tilastokeskus 2024, taulukko 1 (liite 6f), taulukko 3 (liite 6j) ja taulukko 6.4–6). Kaikkien tulosten osalta hiilen määrä on muutettu hiilidioksidiksi moolimassasuhteen 3,67 mukaisesti (IPCC 2007).

#### 1.4 VEO

VEO:ksi on arvioitu tilanne, jossa hanketta ei toteuteta, eikä sen toteuttamisesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä muodostu. Vaikka arvion perusteella alueella syntyy maaperän päästöjä, ei niiden voida katsoa olevan seurausta hankkeen toteuttamatta jättämisestä. Tämän vuoksi toteuttamatta jättämisellä ei arvioida olevan ilmastovaikutuksia. Hankkeen elinkaaripäästöjä on kuitenkin verrattu päästöihin, jotka aiheutuvat hankkeen elinkaaren aikana tuottaman energiamäärän tuottamisesta muilla tavoin. Arvio perustuu Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2024 julkaiseman energiaskenaarion mukaiseen sähköntuotantojakaumaan (Suomen ympäristökeskus 2024). Skenaario on tehty vuosille 2020–2120 ja se on määritetty kotimaisessa energiantuotannossa syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen ja kulutukseen siirretyn energian perusteella. Skenaariossa sähkön päästöjen oletetaan pienenevän vuosien saatossa ja kulutetun sähkön määrän oletetaan kasvavan. Se ottaa huomioon sähköntuotannon elinkaaripäästöt, eikä sähkön siten oleteta muuttuvan täysin päästöttömäksi tällä ajanjaksolla. Lisäksi hankkeen päästöjä on verrattu Energiaviraston julkaiseman jäännösjakauman mukaisiin fossiilisen energiantuotannon päästöihin (Energiavirasto 2024).

## 2 Lähdeluettelo

**Alakangas ym. 2016.** Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia (Properties of the fuels used in Finland). VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Espoo (2016).

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

**EFLA 2018.** Life cycle assessment for transmission towers. A comparative study of three tower types. 20.02.2018.

<https://www.statnett.no/contentassets/1aa0ae3324714e939efc762f029b0691/life-cycle-assessment-for-transmission-towers---a-comparative-study-of-three-tower-types.pdf>

**Energiavirasto 2024.** Jäännösjakauma vuoden 2023 osalta.

<https://energiavirasto.fi/-/vuoden-2023-jaannosjakauma-julkaistu-varmentamaton-sahko-entista-harmaampaa>

**Fingrid 2025.** Häviösähkö

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirtovarmuus/haviosahko/> (234.2025).

**Hiilikartta 2025.** Kaavoittajan karttatyökalu – Hiilikartta. Suomen ympäristökeskus, Luonnonvarakeskus ja Avoin ry. <https://hiilikartta.avoin.org/>

**IPCC 2007.** Climate Change 2007. AR4 Synthesis Report. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf)

**Korhonen ym. 2013.** Suomen metsät 2004–2008 ja niiden kehitys 1921–2008.

<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/518978/Korhonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Lehtonen ym. 2004.** Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *Forest Ecology and Management* 188 (2004) 211–224.

**Liski ym. 2006.** Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004—an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. *Annals of forest science* 63.7 (2006): 687–697.  
<https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2006/07/f6070.pdf>

**Luonnonvarakeskus 2021.** Avoin data, Luke - aineistonlatauspalvelu.  
<https://kartta.luke.fi/opendata/valinta.html>

**Minkkinen & Laine 1998.** Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(2), 178–186.  
[https://www.researchgate.net/profile/Kari-Minkkinen-2/publication/249534602\\_Effect\\_of\\_forest\\_drainage\\_on\\_the\\_peat\\_bulk\\_density\\_of\\_pine\\_mires\\_in\\_Finland/links/5e4ea16392851c7f7f48df4c/Effect-of-forest-drainage-on-the-peat-bulk-density-of-pine-mires-in-Fin](https://www.researchgate.net/profile/Kari-Minkkinen-2/publication/249534602_Effect_of_forest_drainage_on_the_peat_bulk_density_of_pine_mires_in_Finland/links/5e4ea16392851c7f7f48df4c/Effect-of-forest-drainage-on-the-peat-bulk-density-of-pine-mires-in-Fin)

**Suomen ympäristökeskus 2011.** Soiden ojitustilanne (SOJT\_09b1). Syken avoin paikkatietoaineisto. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/soiden-ojitustilanne>

**Suomen ympäristökeskus 2023.** Maatalousmaa 2021. Syken avoin paikkatietoaineisto. <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/maatalousmaa-2021> (23.4.2025).

**Suomen ympäristökeskus 2024.** Rakentamisen päästötietokanta. Energia, sähkönkulutus. [https://co2data.fi/rakentaminen/#fi\\_id7000000778](https://co2data.fi/rakentaminen/#fi_id7000000778) (7.2.2025).

**Tilastokeskus 2024.** Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2019. National inventory report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol.  
<https://unfccc.int/documents/271571>

**Vestas 2023a.** Life Cycle Assessments of electricity production from Onshore wind plants –2023. Vestas Wind Systems A/S.  
<https://www.vestas.com/en/sustainability/reports-and-ratings#lca-download>

**Vestas 2023b.** Life Cycle Assessment of electricity production from an Onshore V162-6,2 MW wind plant –2023. Vestas Wind Systems A/S.  
<https://www.vestas.com/content/dam/vestas-com/global/en/sustainability/reports-and-ratings/lcas/LCA%20of%20Electricity%20Production%20from%20an%20onshore%20EnVentus%20V162-6.2.pdf.coredownload.inline.pdf>