



Tuulikolmio Oy

SAVOLAN TUULIVOIMAHANKKEEN ILMASTOVAIKUTUKSET

19.2.2025

Tuulikolmio Oy

Tuomas Rautajoki

Envineer Oy

Birgitta Komppula

Emmi Nevalainen

Heikki Erkinaro

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinumero: 12328

SISÄLLYSLUETTELO

1	Ilmastotavoitteet	1
2	Hanke	1
3	Menetelmät	4
3.1	Perusuran päästökertoimet	4
3.2	Hankeskenaarion päästökertoimet.....	5
3.3	Maankäytön muutoksen arviointi.....	6
3.4	Päästövähennyspotentiaali.....	7
4	Ilmastovaikutukset.....	8
4.1	Kasvihuonekaasupäästöt	8
4.2	Maankäytön muutoksen vaikutukset	9
4.3	Päästövähennyspotentiaali.....	12
5	Ilmastovaikutusten lieventämis- ja vahvistamistoimenpiteet.....	13
6	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen.....	14
7	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	15
	Lähteet	16

1 ILMASTOTAVOITTEET

Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä ilmastonmuutoksen torjumiseksi. EU:n ilmastopolitiikan tavoitteena on vähentää päästöjä vähintään 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Yhtenä merkittävimmistä päästövähennyskeinoista on siirtyminen fossiilisista energiantuotantomuodoista uusiutuvaan energiaan.

Suomen tavoitteena on vähentää kansallisesti kasvihuonekaasupäästöjä 39 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta. Vuoteen 2030 tähtäävän kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti Suomi pyrkii vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Energia- ja ilmastostrategian mukaisesti tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä niin, että sen osuus energian loppukulutuksesta nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa ja tuotantovaiheessa lähes päästötöntä. Tuulivoiman rakentaminen kasvattaa kotimaassa tuotetun energian osuutta ja vähentää tuontiriippuvuutta.

Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2035, jonka jälkeen päästöjen tulisi olla pienemmät kuin nielujen. Ilmastovelvoitteet koskevat myös maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LULUCF) -sektoria, jonka päästöjen vähentäminen sekä hiilinielujen säilyttäminen ja vahvistaminen ovat oleellinen osa Suomen ilmastovelvoitteita.

Pohjois-Savon ilmastotiekartan päätavoitteena on, että Pohjois-Savo on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää vähintään 80 % vuoteen 2007 verrattuna ja loput päästöt sitoa tai kompensoida kestävästi. Ilmastotiekartan painopisteissä on huomioitu maakunnan kehittäminen, ilmastonmuutoksen hillintä sekä ilmastonmuutokseen sopeutuminen. Toimenpiteitä ovat mm. hajautetun energiantuotannon mahdollistaminen huoltovarmuuskulmasta, sähkön toimitusvarmuuden parantaminen ja uusiutuvan energian tuotannon edistäminen maankäytön suunnittelun keinoin.

Lapinlahden ilmastosuunnitelmalla on sama hiilineutraaliustavoite vuodelle 2035 kuin Ylä-Savon seudullisen ilmasto-ohjelmalla ja Pohjois-Savon ilmastotiekartalla. Kunnan tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2035 ja kompensoida loput päästöt hiilinielujen ja -varastojen avulla. Kompensaatioksi päästöjen osalta lasketaan tällä hetkellä tuulivoima ja jatkossa myös aurinkosähkötuotanto. Päästöjen vähentämisen lisäksi ilmastosuunnitelmassa asetetaan tavoitteet ja toimenpiteet myös hiilinielujen ja -varastojen ylläpitämiseksi ja lisäämiseksi. Ilmastonmuutoksen hillitsemistoimien lisäksi tulee kunnan varautua myös ilmastonmuutokseen sopeutumiseen erilaisilla toimilla. Lapinlahdella on luotu mahdollisuudet tuulivoiman tulolle kuntaan.

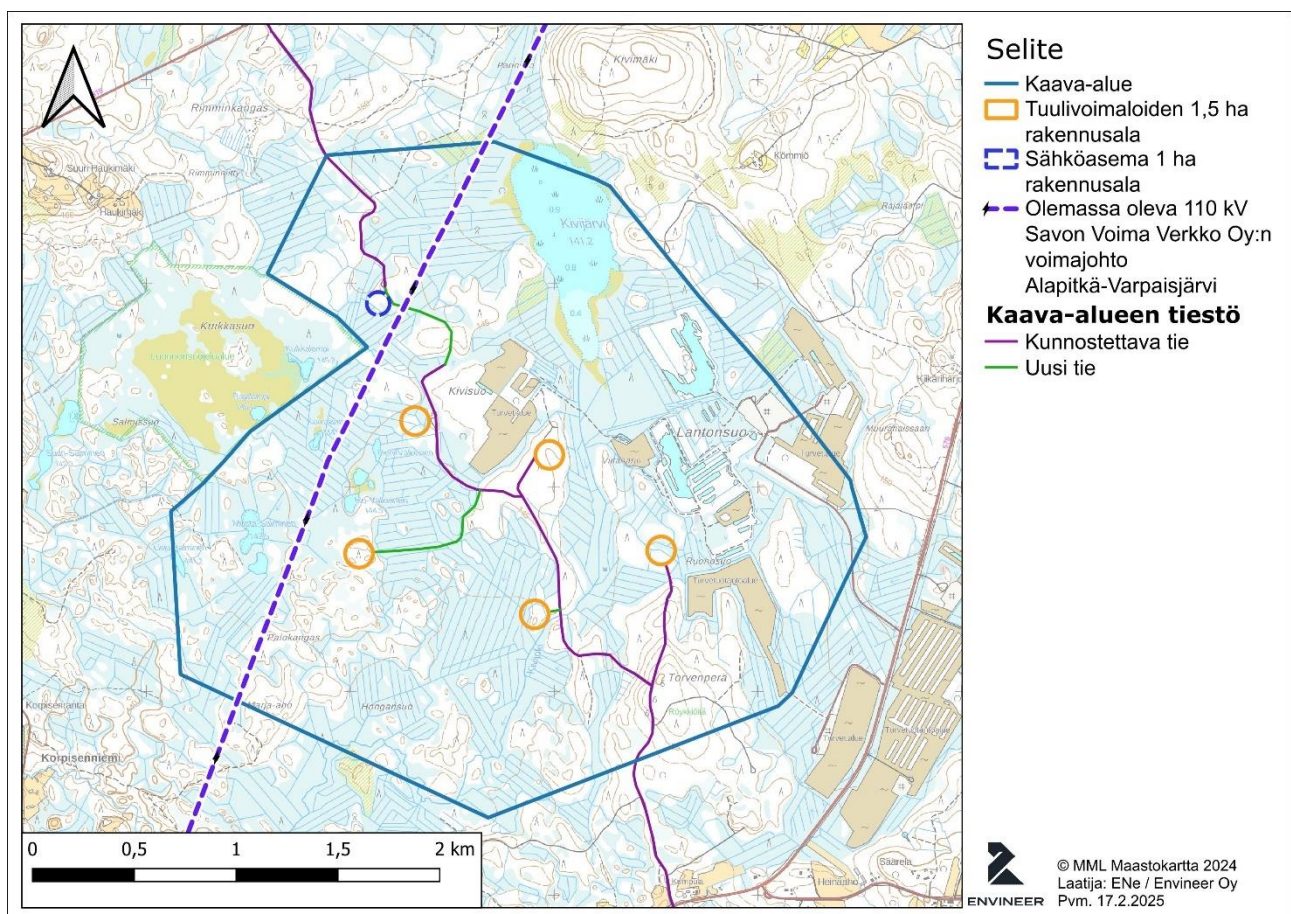
2 HANKE

Tuulikolmio Oy suunnittelee viiden (5) tuulivoimalan rakentamista Lapinlahden kunnan Savolan alueelle. Kaava-alue on kooltaan n. 760 ha ja se sijaitsee 14 kilometriä Lapinlahden keskustasta itäkaakkoon ja 4 kilometriä Varpaisjärven taajamasta etelälounaaseen. Rakennettavien tuulivoimaloiden enimmäiskorkeus on 250 metriä. Alueelle laaditaan oikeusvaikutteinen osayleiskaava, jonka perusteella voidaan myöntää rakentamisluvat tuulivoimayksiköiden

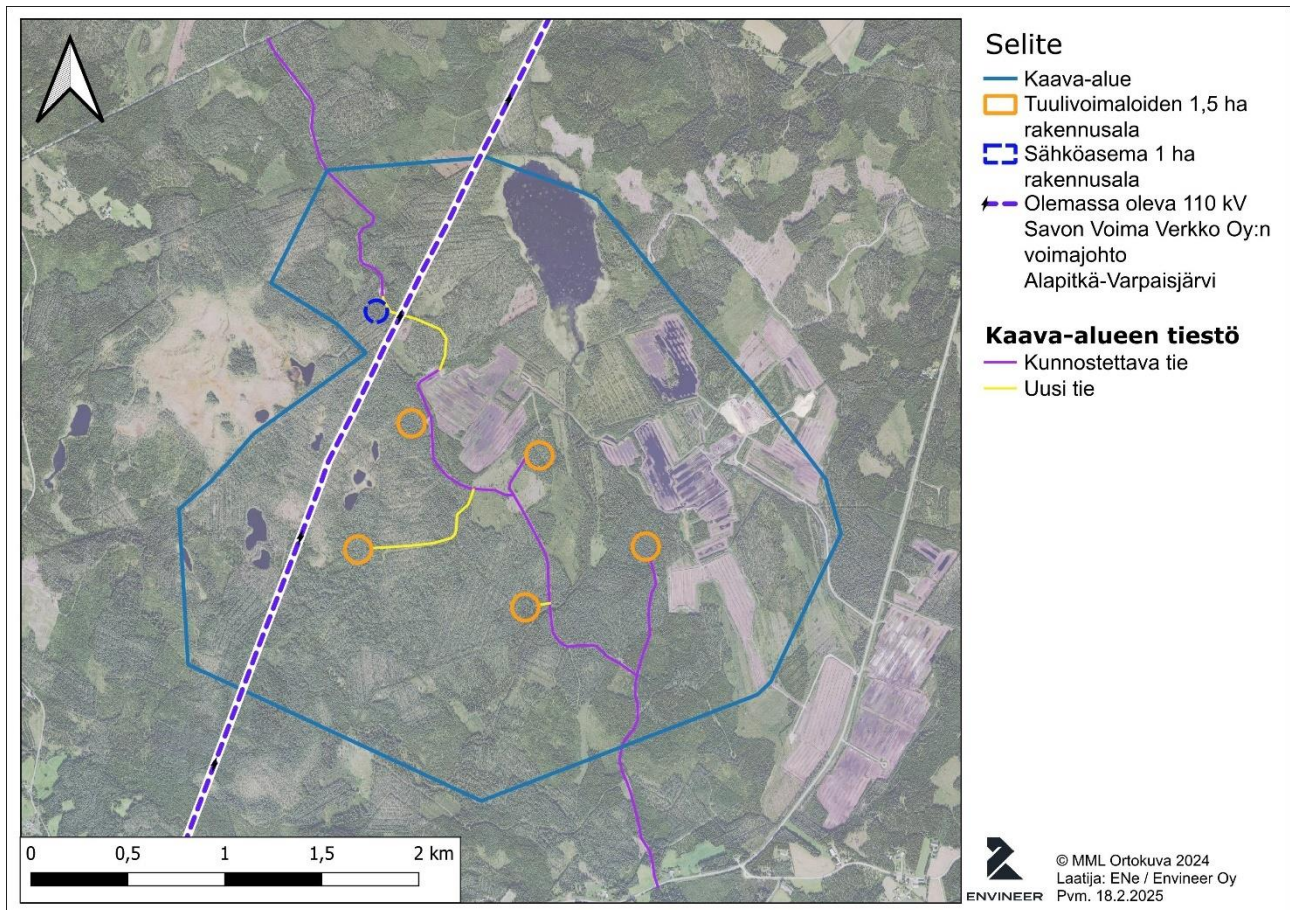
rakentamiselle (Alueidenkäyttölaki 77a §). Hankkeen kaavaehdotus on valmistunut joulukuussa 2024 ja tällä ilmastovaikutusten arvioinnilla täydennetään kaavaselostusta.

Kaava-alueella on metsätalouskäytössä olevaa kivennäismaata ja metsäojitettua turvemaata sekä turvetuotantoalueita. Tuulivoimalat on kuitenkin suunnitelmissa sijoittaa pääosin kaava-alueella sijaitseville kivennäismaa-alueille (**Kuva 1** ja **Kuva 2**). Kaava-alueen läpi kulkee Savon Voiman Verkko Oy:n Alapitkä-Varpaisjärvi 110 kV voimajohto, johon tuulivoimala-alueen tulee liittymään johdonvarsiliitännällä. Sähköasema sijoittuu voimajohdon länsipuolelle sen välittömään läheisyyteen. Alueen sisäinen sähkönsiirto toteutetaan teiden vierellä kulkeviin ojaluiskiin sijoitettavilla maakaapeloinneilla.

Tuulivoima-alueen rakentamiseksi varataan tuulivoimaloiden rakennuspaikoille 1,5 ha kokoiset maa-alueet, joista 0,5 ha annetaan metsittyä myöhemmin. Voimala-alueiden lisäksi kaava-alueen olemassa olevia teitä laajennetaan ja rakennetaan vähän uusia tieosuuksia voimaloiden sekä sähköaseman / energiavaraston saavuttamiseksi. Kaikkien teiden leveys tulee olemaan 8 m ja niitä levennetään mutkakohdista. Tuulivoima-alueen rakentamisen aiheuttamat pysyvät muutokset kaava-alueen maankäytössä ovat yhteensä noin 7,6 ha eli noin 1 % kaava-alueen pinta-alasta ja väliaikaiset muutokset noin 3 ha (alle 0,5 % kokonaispinta-alasta) (**Taulukko 1**).



Kuva 1. Suunniteltujen toimintojen sijoittuminen Savolan kaava-alueelle. Ympyrät osoittavat voimalan suunnitellun sijainnin ympyrän keskikohdassa.



Kuva 2. Kaava-alueen toiminnot ja maankäyttö.

Taulukko 1. Muuttuva maankäyttö Savolan kaava-alueella.

Savolan 5 tuulivoimaa	Pysyvä muutos	Väliaikainen muutos
Tuulivoimaloiden rakennuspaikat	5 ha ¹⁾	2,5 ha ¹⁾
Olemassa olevien teiden (5,9 km) laajennus	0,47 ha ²⁾	–
Uudet tiet (1,3 km), leveys 8 m	1,14 ha ³⁾	–
Sähköasema ja akkuvarasto	1 ha	–
Varastopaikka	–	0,5 ha
Yhteensä	7,6 ha	3 ha

1) Voimalaa kohti 1,5 ha, josta 0,5 ha voidaan metsittää takaisin.

2) Huomioituna vain laajennettavat mutkakohdat (10 % lisäolettama nykyiseen tiepinta-alaan 4,7 ha)

3) Huomioituna uudet tieosuudet ja mutkakohdat (10 % lisäolettama uuteen tiepinta-alaan 1,0 ha)

3 MENETELMÄT

3.1 Perusuran päästökertoimet

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tärkein keino on energiantuotannon muuttaminen hiilineutraaliksi. Sähköistymistä pidetään monella päästösektorilla (mm. teollisuus ja liikenne) kustannustehokkaana tapana vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Sähkön kokonaiskysynnän on arvioitu kasvavan 50 % vuodesta 2017 vuoteen 2050, 86 terawattitunnista 135 terawattituntiin. On arvioitu, että kasvavaan kysyntään vastataan mm. tuuli-, aurinko- ja ydinvoimalla. Energiasektorin irtautuminen fossiilisista polttoaineista on edellytyksenä sähköistymisestä saataviin päästöhyötyihin. (Energiateollisuus ry, 2020)

Vuonna 2017 Suomen sähköntuotannon keskimääräinen päästökerroin oli 131 kg CO₂/MWh. Sähköntuotannon päästöjen on arvioitu laskevan merkittävästi, johon vaikuttaa mm. vähähiilisten teknologioiden kehitys sekä fossiilisten polttoaineiden käytön väheneminen. Perusskenaario kuvaa nykyistä toimintaympäristöä. Vähähiilinen skenaario perustuu puhtaaseen energiaan, toimintavarmoihin sähköverkkoihin ja toimiviin energiamarkkinoihin (Energiateollisuus ry, 2020). Tässä ilmastovaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty vähähiilisen skenaarion mukaista kehityskulkua (**Taulukko 2**).

Taulukko 2. Suomen sähköntuotannon päästökertoimien kehitys (Energiateollisuus ry, 2020).

	2017	Perusskenaario		Vähähiilinen skenaario	
		2035	2050	2035	2050
Sähkön päästökerroin, kg CO ₂ /MWh	131	14	1	10	1

Taulukon 2 kertoimet kuvaavat tuotannonaikaisia hiilidioksidipäästöjä eivätkä huomioi energiantuotannon elinkaaren muita vaihteita. Ne on myös esitetty hiilidioksidipäästöinä eikä hiilidioksidiekvivalentteina, jolloin kertoimet eivät sisällä metaania ja typpioksiduulia. Näistä syistä perusuran laskennassa käytetään perustana Suomen sähkön jäännösjakauman koko elinkaaren päästöt huomioivaa ominaispäästökerrointa (373 kg CO₂-ekv/MWh), jonka Association of Issuing Bodies (AIB) on julkaissut vuonna 2019 Suomen sähköntuotannolle. Tämä elinkaarinen GWP-päästökerroin (Global Warming Potential) pienenee ilmastolaskelmissa liukuvasti Energiateollisuuden vähähiilisen skenaarion kehityskulkua mukaillen. Päästökertoimet ovat elinkaaren aikana yksittäisinä vuosina seuraavat:

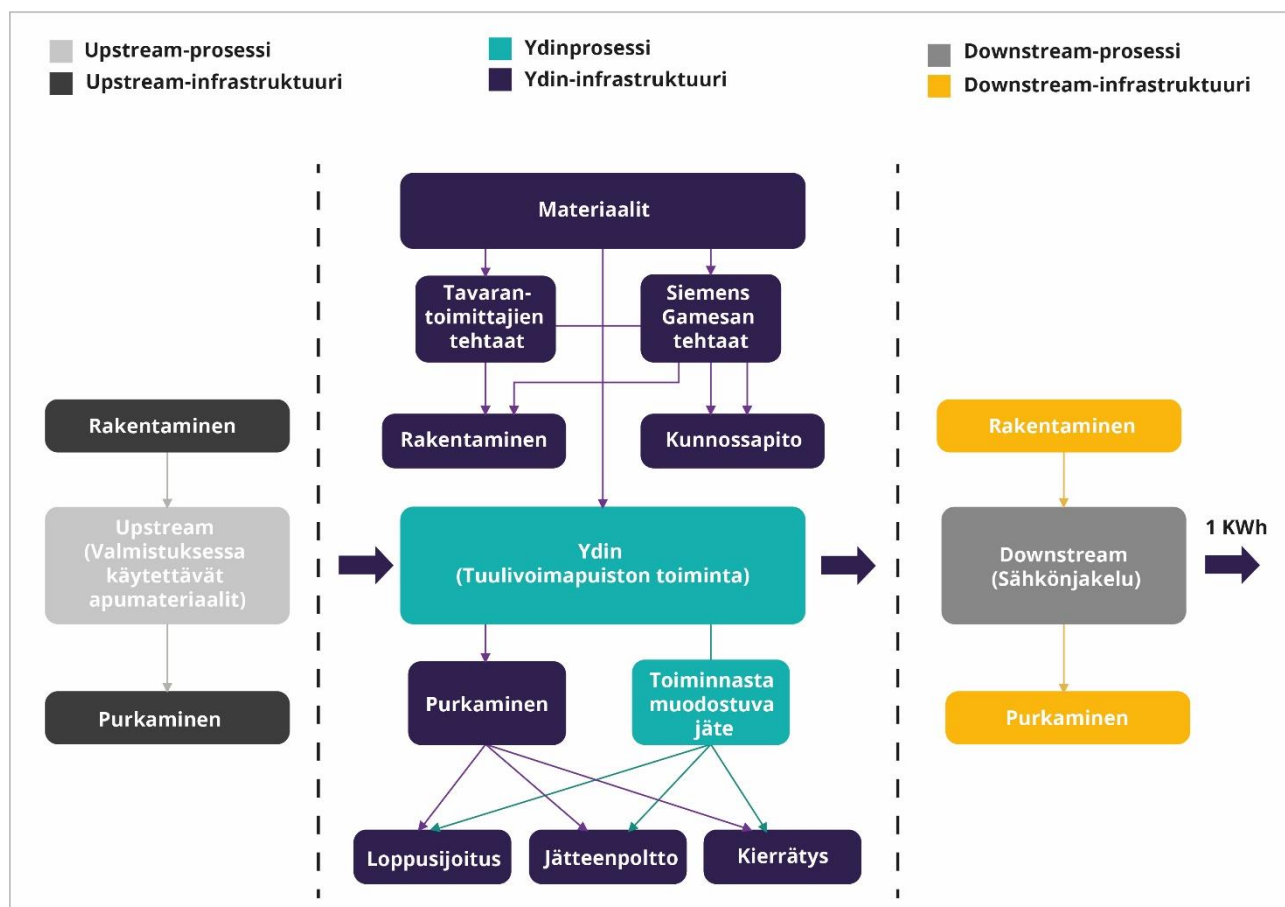
- vuonna 2025: 245 kg CO₂ ekv/MWh
- vuonna 2035: 32 kg CO₂ ekv/MWh
- vuonna 2050: 3 kg CO₂ ekv/MWh

3.2 Hankeskenaarion päästökertoimet

Tuulivoimalan elinkaari alkaa tuulivoimalakomponenttien valmistuksesta ja kuljetuksesta, puuston raivauksesta ja maanmuokkauksesta, tuulivoimainfran rakentamisesta (perustukset, tiestö, sisäinen ja ulkoinen sähkönsiirto, sähköasema) sekä tuulivoimaloiden kokoonpanosta ja pystyttämisestä. Tuulivoimatuotannon aikana voimala tuottaa uusiutuvaa energiaa ja vähäisiä ilmastopäästöjä aiheutuu ainoastaan huolto- ja ylläpitotoimista. Elinkaaren loppuvaiheessa tuulivoimalat puretaan ja komponentit kuljetetaan kierrätykseen tai loppusijoitukseen ja alue maisemoidaan.

Savolan tuulivoimahankkeen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu Siemens Gamesa SD 6.6-155 tuulivoimalan ympäristöselosteen avulla (EPD, Environmental Product Declaration) (**Kuva 3**). Ympäristöseloste on laadittu kehdosta hautaan -periaatteella elinkaaren arvioidun keston ollessa 25 vuotta. Taulukossa on esitetty Siemens Gamesa SG 6.6-155 turbiineista koostuvan 100 MW:n maatuulivoimalan ilmastolämpenemispotentiaalit, jotka kattavat koko voimalan elinkaaren (**Taulukko 3**). Ilmastovaikutusten arvioinnissa käytettiin elinkaari päästökerrointa 5,34 g CO₂ ekv.

Ilmastolaskelmissa käytettiin 40 % kapasiteettikerrointa. Kapasiteettikerroin kertoo, kuinka tehokkaasti tuulivoimala käyttää nimellistehoaan tietyn ajanjakson aikana. Eli toisin sanoen kapasiteettikerroin kuvaa voimalan todellista tuotantokykyä suhteessa sen maksimikapasiteettiin.



Kuva 3. Tuulivoimalan elinkaarivaiheet Siemens Gamesa SG 6.6-155 ympäristöselosteen mukaisesti (2022).

Taulukko 3. Siemens Gamesa SG 6.6-155 EPD:n mukaiset ilmastonlämpenemispotentiaalit (GWP).

Global Warming Potential (GWP)	Yksikkö	Upstream	Ydin prosessi	Ydin infra-struktuuri	Downstream prosessi	Downstream infrastruktuuri	Yhteensä
Fossiilinen	g CO ₂ -ekv.	3,59E-02	8,57E-02	4,92E+00	1,11E-01	9,62E-02	5,25E+00
Biogeeninen		-3,63E-02	1,06E-05	8,93E-02	1,17E-03	-3,92E-04	5,38E-02
Maankäytön muutos		1,87E-02	1,07E-05	1,15E-02	6,66E-04	2,16E-04	3,12E-02
Yhteensä		1,83E-02	8,57E-02	5,02E+00	1,13E-01	9,60E-02	5,34E+00

3.3 Maankäytön muutoksen arviointi

Luonnossa hiili on sitoutunut sekä kasvillisuuteen että maaperään, metsien ollessa Suomen tärkein hiilinielu. Kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneen hiilen määrä muuttuu ajan funktiona: puuston kasvu lisää hiilen määrää ja hakkuut sekä muu poistuma vähentävät sitä.

Kaava-alueen maankäytön muutoksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt (hiilivaraston muutos) on laskettu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Hiilikartta-työkalun (<https://hiilikartta.avoin.org/>) avulla. Työkalulla voidaan arvioida maankäytön suunnitelmien aiheuttama muutos maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastoon. Arviot esitetään hiilidioksidiekvivalenteina (t CO₂ ekv). Hiilikartta-työkalu pitää sisällään maaperän ja kasvillisuuden hiiltä mallintavat tarkat paikkatietoaineistot (mm. valtakunnan metsien inventoinnin puuston biomassa, Luonnonvarakeskuksen kasvupaikkatyyppiaineisto), hiilimallit sekä niiden pohjalta toteutetun laskennan.

Työkalu laskee kasvillisuuden ja maaperän nykyisen hiilivaraston paikkatietoaineistojen perusteella. Nykytilan eli perusuran laskennassa oletetaan, että metsä säilyisi normaalissa metsätalouskäytössä ja olisi siten sekä hiilivarasto (keskimääräinen puusto talousmetsissä) että hiilinielu (keskimääräinen hakkuusäästö metsämaalla). Hiilitasetarkastelu tehdään perusura- ja hankeskenaarioiden erotuksena.

Muuttuvan maankäytön vaikutus hiilivarastoon perustuu kasvillisuuden ja maaperän nykyiseen hiilivarastoon, kasvupaikkatyyppiin perustuvaan arvioon kasvillisuuden hiilen sidonnasta ja päästöistä, muuttuvan maankäytön käyttötarkoituseroiksiin ja niihin liittyviin oletuksiin hiilivaraston säilymisestä. Vaikutustarkastelut on tehty hankkeen 30 vuoden elinkaarelle vuosille 2025–2055.

Hiilikartta-laskelmien lisäksi rakennettavien alueiden maankäyttöä on kuvattu erilaisten paikkatietoaineistojen avulla. Aineistoina on käytetty CORINE-maanpeiteaineistoa (2018), Metsäkeskuksen Metsämaski -aineistoa (2025) sekä Luonnonvarakeskuksen (LUKE) Puuston ikä -aineistoa (2021).

3.4 Päästövähennyspotentialiaali

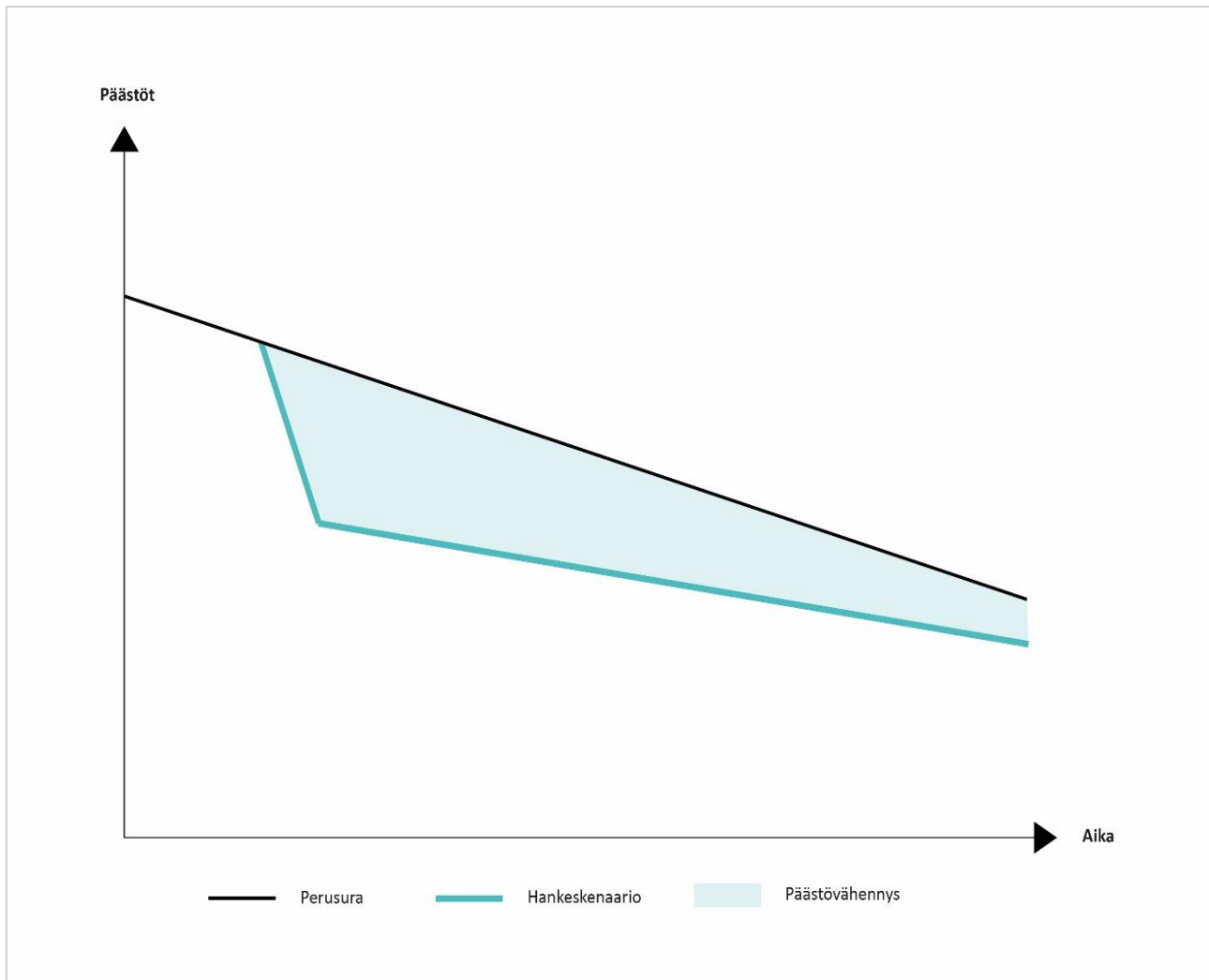
Hiilijalanjälki tarkoittaa tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden aiheuttamaa ilmastokuormitusta. Ilmastokuormitus aiheutuu kasvihuonekaasujen (CO_2 , CH_4 , N_2O) päästöistä ilmaan ja se ilmaistaan hiilidioksidiekvivalentteina. Hiilijalanjälki ilmoitetaan syntyvien päästöjen massana (t, kg, g).

Hiilikädenjälki on termi, jolla kuvataan tietyn toiminnan tai ratkaisun positiivisia ilmastovaikutuksia sen elinkaaren aikana. Ilmastohyötyjä ovat esimerkiksi päästövähennykset, jotka syntyvät tuotteen tai palvelun käyttämisestä. Päästövähennyksiä voi syntyä esimerkiksi energiansäästöä, ilmastomyönteisistä raaka-ainevaihtoehdoista tai tuotteiden paremmasta kierrätettävyydestä. Positiivinen kädenjälki syntyy siitä, että tarjotun ratkaisun käyttäminen pienentää jonkun toisen hiilijalanjälkeä.

Uusiutuvana energiantuotantomuotona tuulivoima vähentää Suomen energiantuotannon hiilijalanjälkeä, sillä sen hiilijalanjälki on pieni. Tuulivoiman hiilidioksidipäästöt ovat noin 7–9 g CO_2 ekv/kWh (Suomen uusiutuvat, 2025). Etha Wind Oy:n selvityksessä (2022) kuvataan tuulivoiman hiilikädenjäljen suuruutta. Tuulivoiman positiivinen vaikutus, joka saavutetaan päästövähennyksinä, on 50 kertaa suurempi kuin sen negatiiviset vaikutukset, joita ovat tuulivoimahankkeen päästöt sen elinkaaren aikana sekä hiilinielun pienentyminen.

Se, kuinka paljon tuulivoima vaikuttaa päästöjen vähenemiseen riippuu siitä, mitä sähköntuotantomuotoa tuulivoimalla korvataan. Tuulivoimalla korvataan nykyisin yleensä fossiilista energiantuotantoa, mutta tulevaisuudessa yhä suurempi osa sähköstä tuotetaan Suomessa uusiutuvilla energianlähteillä, jolloin päästövähennelmä pienenee.

Ilmastovaikutusten arvioinnin keskeinen arviointimenetelmä on hankkeen **päästövähennyspotentialin** arviointi. Päästövähennyspotentialiaali on perusuran ja hankeskenaarion aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen erotus. Perusuralla tarkoitetaan sähköntuotannossa nykyisin muodostuvia kasvihuonekaasupäästöjä sekä niiden tulevaa kehitystä ja hankeskenariolla tuulivoimahankkeen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä hankkeen elinkaaren aikana. Seuraavassa kuvaajassa on havainnollistettu tuulivoimahankkeen aikaansaamaa päästövähennyspotentialiaalia (**Kuva 4**).



Kuva 4. Havainnekuva päästövähennyspotentiaalista.

4 ILMASTOVAIKUTUKSET

4.1 Kasvihuonekaasupäästöt

Perusuran eli nykyisen ja tulevan sähköntuotannon kasvihuonekaasupäästöt ovat arvion mukaan noin 206 000 t CO₂ ekv 30 vuoden aikana, jos sähkö tuotettaisiin nykyisillä ja jatkossa vähäpäästöisemmiksi kehittyvillä energiantuotantomuodoilla (**Taulukko 4**).

Taulukko 4. Vähähiilisen skenaarion mukaiset perusuran kasvihuonekaasupäästöt (t CO₂-ekv. / 30 v.).

Perusura	Kasvihuonekaasupäästöt	Yksikkö
Vähähiilinen skenario	206 461	t CO ₂ -ekv. / 30 v.

Savolan tuulivoimahankkeen rakentamisen, toiminnan ja purkamisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat hankkeen 30 vuoden elinkaaren aikana noin 18 500 t CO₂ ekv (**Taulukko 5**).

Taulukko 5. Savolan tuulivoimahankkeen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt (t CO₂-ekv. / 30 v.).

Hankeskenaario (5 tuulivoimalaa)	Kasvihuonekaasupäästöt	Yksikkö
Tuulivoimaloiden rakentaminen, toiminta ja purku	18 524	t CO ₂ -ekv. / 30 v.

4.2 Maankäytön muutoksen vaikutukset

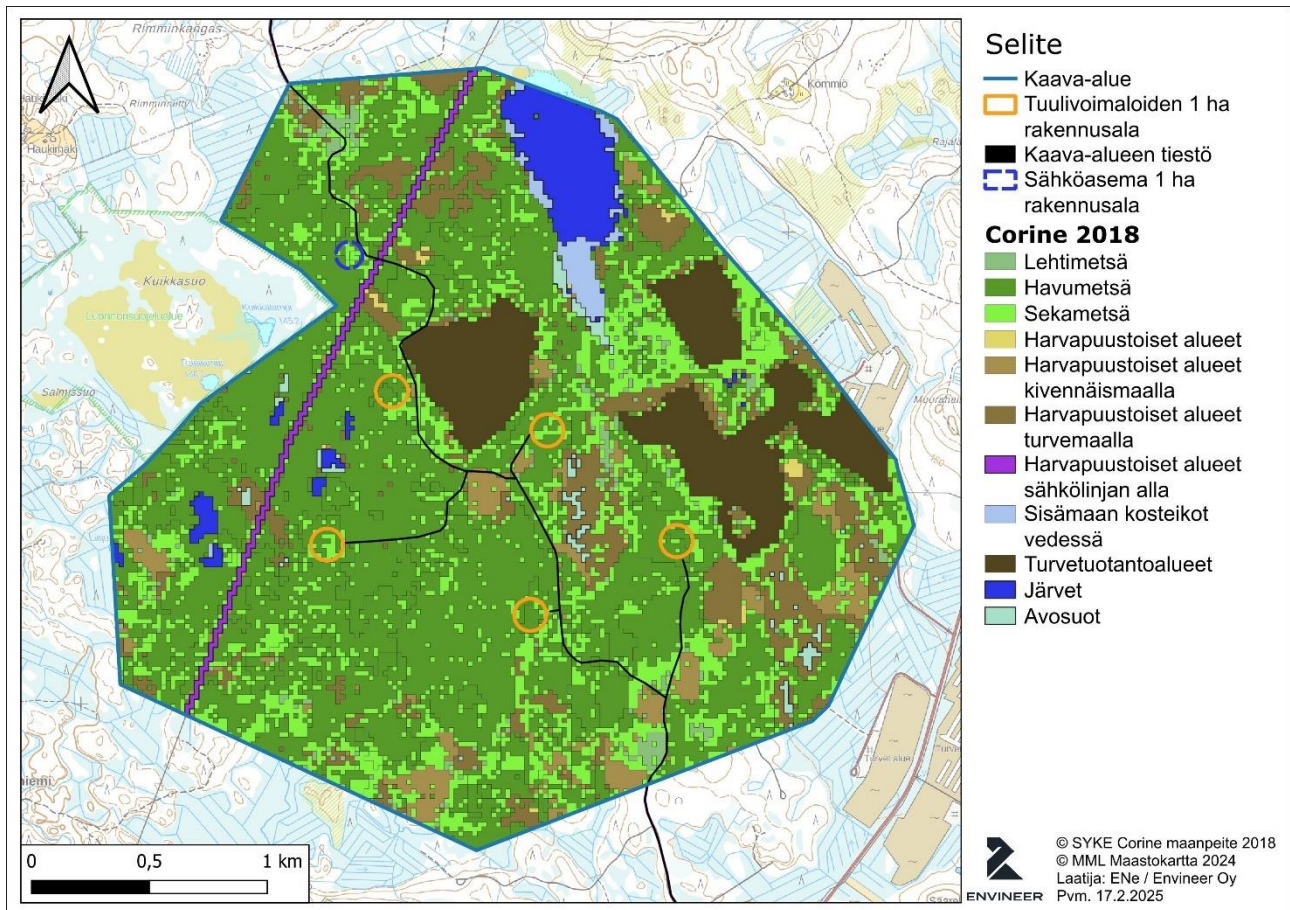
Tuulivoimaloiden sijoitusalueilla on metsätalouskäytössä olevaa kivennäismaata ja osittain metsäojitettua turvemaata. Kaava-alueen turvemaata on pääosin vähäravinteista ojitettua turvekangasta, jonka hiilitase ei eroa kovin paljon kivennäismaasta. Metaanipäästöt eivät myöskään ole kovin merkittävät ojitetulla turvemaalla, jossa pohjavesi ei ole ihan lähellä pintaa.

Metsäkeskuksen Metsämaskiaineiston perusteella rakennettavat voimalapaikat ovat kokonaan metsäpeitteisiä noin 1 ha alueelta voimalapaikan ympärillä. Voimaloiden ympäriltä kuitenkin poistetaan rakennusvaiheessa puustoa 1,5 ha alueelta, josta 0,5 ha annetaan metsittyä takaisin. Taulukossa on esitetty voimala-alueiden lisäksi myös sähköaseman ja rakennettavien tai levennettävien tieosuuksien alta poistettavan puuston määrä (**Taulukko 6**).

Rakennettavien tuulivoimaloiden, uusien tieosuuksien ja sähköaseman/energiavaraston alueilla on pääasiassa havumetsää ja osittain sekametsää (**Kuva 5**). Voimaloille ja sähköasemalle varatuista maa-aloista 75 % sijoittuu kivennäismaalle ja 25 % turvemaalle (**Taulukko 7**). Puusto on voimalapaikoilla iältään pääosin 25–75-vuotiaista, mutta eteläisimmällä voimalapaikalla on paikoitellen myös 75–100-vuotiaista ja yli 100-vuotiaista puustoa sekä pohjoisimmalla voimalapaikalla noin puolet hakattavasta puustosta on yli 75-vuotiaista (**Kuva 6**).

Taulukko 6. Voimala-alueilta ja rakennettavilta teiltä poistettavan metsän pinta-ala (Metsäkeskus Metsämaski-aineisto, 2025).

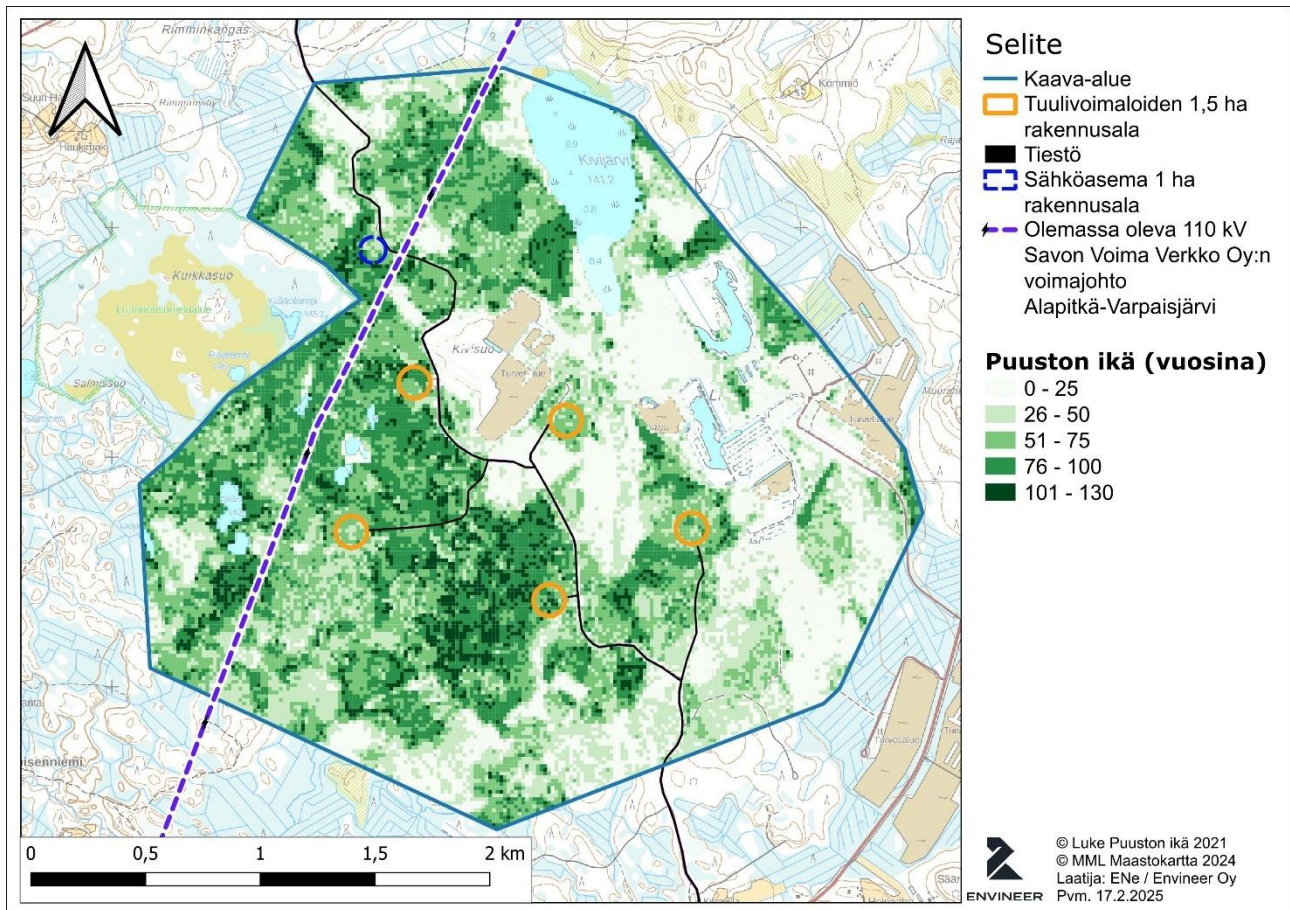
	Metsän pinta-ala (ha)
Voimaloiden pinta-ala 1 ha	5 ha
Voimaloiden pinta-ala 1,5 ha	7,3 ha
Sähköasema 1 ha	1 ha
Hankealueen tiet ja sinne johtavat tiet (8 m leveys)	2,4 ha



Kuva 5. Maanpeiteaineiston mukaiset maankäyttötyypit (CORINE, 2018).

Taulukko 7. Rakennusalojen maankäyttö (CORINE, 2018).

Maankäyttö	Voimala-ala 1 ha	Voimala-ala 1,5 ha	Sähköasema
Havumetsä kivennäismaalla	2,6	3,8	0,2
Havumetsä turvemaalla	1,0	1,4	0,2
Sekametsä kivennäismaalla	1,3	1,9	0,4
Sekametsä turvemaalla	0,1	0,2	0,2
Yhteensä	5,0 ha	7,3 ha	1 ha



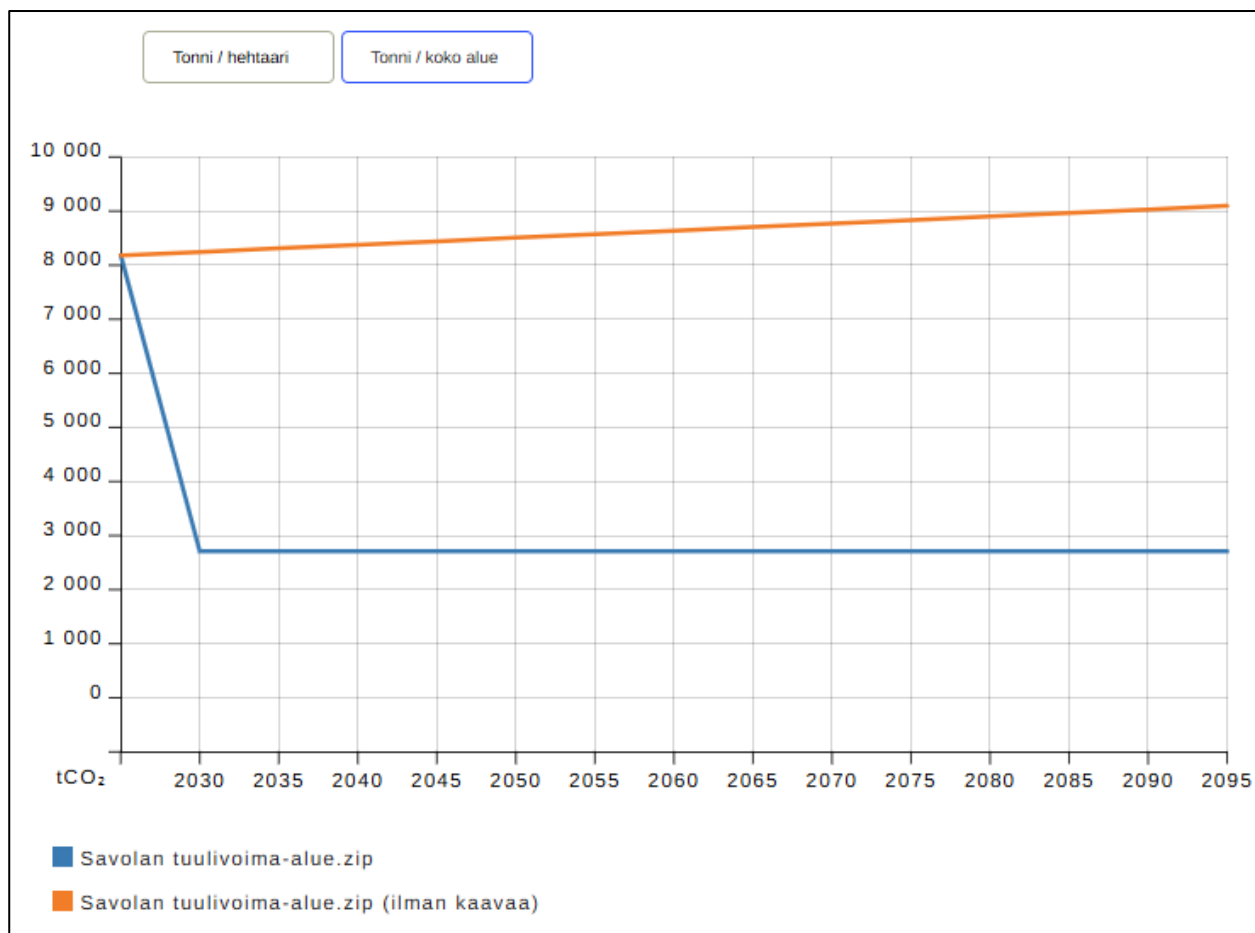
Kuva 6. Puuston ikä (LUKE, 2021)

Suunnitellun tuulivoimahankkeen vaikutusta Savolan kaava-alueen maankäytöltään rakentamisesta muuttuvaan hiilivarastoon tarkasteltiin Hiilikartta-työkalulla. Arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa (**Taulukko 8**). Tuulivoimahankkeen toteutuessa hiilivarasto pienenee 5 473 t CO₂ ekv, josta 61 % aiheutuu maanperän hiilivaraston muutoksista ja 39 % kasvillisuuden hiilivaraston muutoksista.

Taulukko 8. Hiilivaraston arvioitu muutos Savolan kaava-alueella.

Hiilivaraston muutos	t CO ₂ ekv.
Kasvillisuuden hiilivaraston muutos	-2 109
Maanperän hiilivaraston muutos	-3 363
Yhteensä	-5 473

Tuulivoimahankkeen toteutuessa kaava-alueella hiilivarasto pienenee hankkeen alussa metsän raivauksen ja maanmuokkauksen vuoksi 5 473 t CO₂ ekv ja pysyy samalla tasolla 2 708 t CO₂ ekv hankkeen elinkaaren ajan. Mikäli tuulivoimahanke ei toteutuisi, kasvaisi alueen hiilivarasto hiljalleen metsän kasvun myötä vuoteen 2055 mennessä 8 180→8 574 t CO₂ ekv (eli yhteensä 393 t CO₂ ekv) (**Kuva 7**).



Kuva 7. Hiilivaraston muutos kaava-alueen rakennettavalla maa-alalla. Oranssi viiva=perusura ja sininen viiva=hankeskenaario.

4.3 Päästövähennyspotentialiaali

Savolan tuulivoimahankkeen kokonaiskasviuonekaasupäästöt ovat noin 24 000 t CO₂ ekv, kun huomioidaan myös maankäytön muutokset vaikutukset ja hanke aikaansaa noin 182 000 t CO₂ ekv päästövähennyspotentialiaalin verrattuna nykyisiin sähköntuotantomuotoihin.

Taulukko 9. Savolan tuulivoimahankkeen aiheuttamat kasviuonekaasupäästöt (t CO₂-ekv. / 30 v.).

Hankeskenaario (5 tuulivoimalaa)	Kasviuonekaasupäästöt	Yksikkö
Tuulivoimaloiden rakentaminen, toiminta ja purku	18 524	t CO ₂ -ekv. / 30 v.
Maankäytön muutoksen vaikutukset	5 473	t CO ₂ ekv. /30 v.
Yhteensä	23 997	t CO₂-ekv. /30 v.

Taulukko 10. Savolan tuulivoimahankkeen päästövähennyspotentialiaali (t CO₂-ekv. / 30 v.).

Päästövähennyspotentialiaali	Kasviuonekaasupäästöt	Yksikkö
Perusskenaario	206 461	t CO ₂ -ekv. / 30 v.
Hankeskenaario	23 997	t CO ₂ -ekv. /30 v.
Erotus	182 464	t CO₂-ekv. /30 v.

5 ILMASTOVAIKUTUSTEN LIEVENTÄMIS- JA VAHVISTAMISTOIMENPITEET

Tuulivoimatuotanto on pääasiassa ilmastomyönteistä, koska se on energianlähteenä uusiutuvaa, puhdasta ja kotimaista. Tuulivoimarakentamisella on kuitenkin myös kielteisiä ilmastovaikutuksia, joita voidaan vähentää esimerkiksi rakennusvaiheen ratkaisuilla ja materiaalivalinnoilla. Materiaalien ja komponenttien kuljetusmatkat kannattaa minimoida ja hyödyntää esimerkiksi läheisiä maa-ainestenottoalueita tai mahdollisuuksien mukaan itse kaava-alueen maa-aineksia. Työmaalla ja kuljetuksissa käytettävien koneiden ja ajoneuvojen polttoaineissa voidaan siirtyä ilmastoystävällisempiin vaihtoehtoihin. Elinkaaren lopussa toiminnan loputtua voidaan ilmastovaikutukset vähentää kierrättämällä materiaalit tehokkaasti sekä ennallistamalla ja metsittämällä rakennetut alueet.

Tuulivoima-alueesta rakennetaan yleisesti ottaen noin 2 % suunnittelualueen pinta-alasta. Kun huomioidaan tuulivoimalat ja niiden huoltoalueet, uusien huoltoteiden rakentaminen ja olemassa olevien leventäminen, niin yleensä tuulivoimapuistoja rakennettaessa puustoa poistetaan noin 2–3 hehtaaria yhtä tuulivoimalaa kohti (Suomen uusiutuvat, 2025). Suunnitteluvaiheessa kannattaa miettiä sijoitusratkaisuja, joissa vältettäisiin metsäkatoa ja säilytettäisiin mahdollisimman paljon hiilivarastoja ja -nieluja. Olisiko esimerkiksi mahdollista sijoittaa voimaloita ja muita toimintoja alueille, joiden puusto on jo aiemmin kaadettu? Poistettavan puuston pinta-alaa voidaan vähentää hyödyntämällä mahdollisimman paljon olemassa olevaa tiestöä ja minimoimalla uusien tieyhteyksien sekä voimajohtokäytävien rakentamista. Osa tuulivoimaloiden yhteyteen rakentamista varten raivattavasta alueesta voidaan antaa metsittyä tuulivoimatoiminnan aikana. Myös voimaloiden sijoittamisella kivennäismaalle turvemaan sijaan vähennetään merkittävästi maaperän kasvihuonekaasupäästöjä. Hyvällä metsänhoidolla hiilivarastoja voidaan myös kasvattaa tuulivoimatoiminnan aikana metsäisillä alueilla. Tuulivoimarakentamisessa menetettävät metsäalueet on myös mahdollista korvata suojelemalla samansuuruinen alue vastaavanlaista metsää toisaalla ekologista kompensatiota hyödyntäen.

Tuulivoimala tuottaa alle vuodessa saman määrän energiaa kuin sen valmistaminen ja rakentaminen on vaatinut (Suomen uusiutuvat, 2025). Tuulivoimala maksaa siis itsensä ilmastovaikutusten osalta takaisin jo alle vuodessa. Positiivisia ilmastovaikutuksia voidaan vahvistaa jo suunnitteluvaiheessa tehdyillä ratkaisuilla. Tuulivoimalan ja perustusten materiaalit koostuvat pääasiassa betonista, teräksestä, raudasta, hiilikuidusta, alumiinista ja sen yhdisteistä. Tulevaisuudessa on mahdollista valita vähähiilisiä rakennusmateriaaleja, kuten esimerkiksi hiilivapaata terästä tai vähähiilistä betonia, jossa sementti korvataan vähäpäästöisillä teollisuuden sivuvirtamateriaaleilla. Myös voimajohtojen rakenteissa voidaan käyttää mahdollisimman vähäpäästöisiä metalleja ja muita materiaaleja. Jatkossa esimerkiksi terästeollisuuden päästövähennystoimet vaikuttavat metallien valmistuksen päästöihin, jolloin voidaan välillisesti vähentää materiaalien hankinnan päästöjä.

Positiivista ilmastovaikutusta voidaan vahvistaa myös korvaamalla tuulienergialla fossiilisten polttoaineiden käyttöä sekä hyödyntämällä tuotettua puhdasta energiatuotantoa esimerkiksi vihreän siirtymän teollisissa inventoinneissa.

6 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN

Ilmastonmuutos voi aiheuttaa aikaisempaa voimakkaampia sääilmiöitä, kuten rankkasateita, talvimyrskyjä ja pidempiä helle- ja kuivuusjaksoja, joihin myös tuulivoiman tuotannossa tulee varautua. Ilmastonmuutoksen takia keskituulen nopeus lisääntyy jonkin verran Suomessa, etenkin rannikko- ja merialueilla. Keskilämpötilojen nousun ja tuulisuudessa tapahtuvien muutosten arvioidaan parantavan tuulivoiman tuotantomahdollisuuksia. Sään ääri-ilmiöt saattavat kuitenkin ajoittain myös vähentää tuulivoiman kokonaistuotantoa, sillä myrskyjen aikaan saatetaan esimerkiksi joutua pysäyttämään voimaloita.

Hellejaksot ja kuivuus voivat lisätä metsäpaloriskiä, jolloin palo voi levitä metsästä myös tuulivoima-alueelle ja aiheuttaa vaikeasti sammutettavia voimalapaloja ja onnettomuustilanteita. Metsäpalotilanteiden ennakointi ja mahdollisen metsäpalon tehokas rajaaminen vähentää merkittävästi tuulivoima-alueen onnettomuusriskiä.

Leudontuvat talvet saattavat helpottaa tuulivoiman tuotantoa esimerkiksi vähentämällä kertyvän lumen ja jään määrää. Toisaalta on mahdollista, että jäätävien olosuhteiden määrä lisääntyy, jos lämpötila vaihtelee nollan asteen molemmiin puolin ja samaan aikaan sademäärät kasvavat. Jäätämiseen liittyvä epävarmuus on suuri ja riippuu siitä, miten paljon keskilämpötilat nousevat ja missä olomuodossa lisääntyvät talvisateet lopulta esiintyvät.

Sään ääri-ilmiöihin tulee varautua mm. tuulivoimaloiden jatkuvalla etätarkkailulla ja -valvonnalla. Mikäli olosuhteet talvimyrskyjen, voimakkaiden tuulten tai jäänheiton vuoksi muuttuvat ympäristölle ja ihmisille vaarallisiksi, tulee voimalat pysäyttää. Jäätämisen vaikutuksia voidaan ehkäistä ennalta varustamalla lavat jäätämisantureilla sekä lapojen lämmityksellä, mutta niitä ei toistaiseksi ole vielä Suomessa juurikaan käytössä. Myös voimaloiden sijainti hankealueella tulee olla sellainen, etteivät ne äärisäätilmiöiden myötä vahingoittaisi tai pilaisi merkittävästi ympäröivää luontoa tai aiheuttaisi vaaratilanteita asutukselle ja ihmisille. Tähän varaudutaan sijoittamalla voimalat vähintään kaatumaetaisyyden päähän esimerkiksi pohjavesialueista ja voimalinjoista.

Ilmajohdoina toteutettavassa ulkoisessa sähkönsiirrossa tulee myös huomioida muuttuvan ilmaston aiheuttamat riskit. Kaava-alue ei ole tulvariskialuetta (Suomen ilmastopaneeli, 2021) ja sähkönsiirrossa pystytään hyödyntämään kaava-alueen läpi kulkevaa, olemassa olevaa 110 kV voimajohtoa, jolloin ei ole tarvetta huomioida tulvariskialueita mahdollisten uusien pylväspaikkojen suunnittelussa. Yleisesti ottaen lisääntyvät myrskyt ja tykkylumiset puut voivat aiheuttaa vahinkoja voimajohdoille, mikä tulee huomioida perustuksissa ja rakenteissa. Voimajohtoja rakennetaan usein routa-aikaan. Ilmastonmuutos voi vaikeuttaa rakentamistöitä lyhentämällä routa- ja lumipeitteistä aikaa, jolloin tulee optimoida rakentamisajankohta ja hyödyntää liikennöinnissä olemassa olevia teitä.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuulikolmio Oy suunnittelee 5 tuulivoimalan Savolan hanketta Lapinlahdelle. Kaava-alueelle suunnitellaan myös noin 1,3 km pituudelta uusia teitä, sähköasema/energiavarasto sekä maakaapelointiverkosto sisäiseen sähkönsiirtoon. Hanke liitetään kaava-alueen poikki kulkevaan Savon Voima Verkko Oy:n 110 kV voimajohtoon johdonvarsiliitännällä. Kaava-alue on maankäytöltään metsätalouskäytössä olevaa kivennäismaata ja metsäojitettua turvemaata sekä turvetuotantoalueita. Tuulivoimalat on kuitenkin suunnitelmissa sijoittaa pääosin kaava-alueella sijaitseville kivennäismaa-alueille. Voimaloille ja sähköasemalle varatuista maa-aloista 75 % sijoittuu kivennäismaalle ja 25 % turvemaalle. Voimalapaikoilla metsä on pääosin havumetsää ja osin sekametsää. Puuston ikä vaihtelee voimalapaikoittain.

Tehtyjen ilmastolaskelmien perusteella Savolan tuulivoimahankkeen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 18 500 t CO₂ ekv 30 vuoden aikana. Puuston poiston ja maankäytön muutoksen aiheuttama hiilivaraston pieneneminen on noin 5 500 t CO₂ ekv eli yhteensä tuulivoimapuiston ilmastovaikutus on noin 24 000 t CO₂ ekv. Verrattuna Energiategollisuuden ennustaman vähähiilisen skenaarion mukaisesti tuotettuun energiaan ja kasvihuonekaasupäästöihin, aikaansaa hanke noin 182 000 t CO₂ ekv päästövähennyspotentiaalinen oletetun elinkaarensa aikana.

Tuulivoimatuotanto on puhdas ja uusiutuva energiantuotantomuoto, jolla voidaan hillitä ilmastonmuutoksen etenemistä, mutta voimaloiden rakentamisella, tuotannon aikaisilla huoltotöillä ja purkamisella on myös kielteisiä ilmastovaikutuksia. Koko tuulivoimatuotannon elinkaaren aikana ilmastovaikutukset ovat kuitenkin selvästi myönteisiä. Tulevaisuudessa tulee huomioida ilmastonmuutoksen aiheuttamat myönteiset vaikutukset tuulivoimatuotantoon sekä mahdolliset ilmatoriskit, kuten metsäpalojen ennustettu yleistymisen.

Tuulivoima on viime vuosina vakiinnuttanut asemansa merkittävänä energianlähteenä Suomessa ja sen kasvua ovat vauhdittaneet niin kansalliset ilmastotavoitteet kuin tarve vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja tuontienergiasta. Tuulivoimatuotannon merkittävin myönteinen ympäristövaikutus onkin energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen väheneminen, joka edistää siirtymistä kohti vähäpäästöistä sähköntuotantoa. Savolan tuulivoimahanke tukee osaltaan kansallisia ja maakunnallisia ilmastotavoitteita sekä Pohjois-Savon energiaomavaraisuutta.

LÄHTEET

Energiateollisuus ry (2020). Energia-alan vähähiilisyystiekartta.

<https://www.climate2035.fi/roadmaps/energy-industry/>

Etha Wind Oy (2022). Hiilikädenjälkilaskenta Takakangas-Pihlajaharjun hankkeelle.

[https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite 16 Hiilikadenjalkilaskenta 2022.pdf](https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite_16_Hiilikadenjalkilaskenta_2022.pdf)

Siemens (2022). Electricity from a European onshore wind farm using SG 6.6-155 wind turbines.

Saatavissa: <https://www.environdec.com/library/epd6090>

Suomen ilmastopaneeli (2021). Ilmastomuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. <http://hdl.handle.net/10138/341832>

Suomen uusiutuvat (2025). Tuulivoiman ilmastovaikutukset.

<https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/faktapaperit-tuulivoimasta/tuulivoiman-ilmastovaikutukset/>

envineer.fi

