

# **Ilmastovaikutusten arviointi**

## **Torsbölen aurinkoenergiahanke, Kemiönsaari**

**SITOWISE OY**  
21.11.2023

## Sisällysluettelo

KÄSITTEET .....	2
1 JOHDANTO .....	3
2 SYSTEEMIRAJAUS.....	3
3 LASKENTAMENETELMÄ .....	4
4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET .....	5
4.1 Aurinkopaneelit .....	5
4.2 Aurinkopaneelien asennusrakenteet .....	5
4.3 Invertterit ja kaapelit .....	6
4.4 Hiilivarastot ja -nielut.....	6
4.5 Hankkeen tiedot .....	6
5 TULOKSET .....	8
6 YHTEENVETO .....	10
7 LÄHTEET .....	11



## KÄSITTEET

Käsite	Selite
<b>Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment)</b>	Menetelmä, jolla voidaan analysoida ja arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta.
<b>Hiilidioksidiekvivalentti</b>	Hiilijalanjäljen yksikkö CO <sub>2</sub> -ekv kuvaa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta muunnettuna vastaamaan hiilidioksidin ilmastoa lämmittävää vaikutusta.
<b>Hiilijalanjälki</b>	Hankkeesta aiheutunut ilmastonlämpenemisvaikutus (ts. päästöt).
<b>Hiilivarasto</b>	Puustoon ja maaperään sitoutunut hiili.
<b>Hiilinielu</b>	Puuston ja maaperän hiilivaraston kasvu.
<b>Kasvihuonekaasu</b>	Ilmastonlämpenemistä aiheuttavat kaasut, joita ovat mm. hiilidioksidi CO <sub>2</sub> , metaani CH <sub>4</sub> ja dityppioksidi N <sub>2</sub> O.
<b>Ympäristötuoteseloste (EPD, Environmental Product Declaration)</b>	Laatuvarmistettu elinkaariarviointiin ja kansainvälisiin standardeihin perustuva tuotteiden ympäristöselvitys.



## 1 JOHDANTO

*Ilmatar Oy* suunnittelee aurinkovoimahanketta *Kemiönsaaren* kunnan *Torsbölen* kylään, joka sijaitsee noin 4 km Kemiönsaaren keskustasta. Selvitysalue on kooltaan noin 53 hehtaaria, josta suurin osa on peltoa. Selvitysalueelta noin 17 hehtaaria on metsämaata.

Tämä ilmastovaikutusten arviointi on esiselvitys, jossa arvioidaan karkealla tasolla hankkeesta aiheutuvia positiivisia sekä negatiivisia ilmastovaikutuksia.

## 2 SYSTEEMIRAJAUS

Aurinkovoimahankkeesta aiheutuu ilmastovaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta. Hankkeen vaikutusta ilmastonlämpenemiseen kuvataan niin sanotulla hiilitaselaskennalla, jossa arvioidaan hankkeen aiheuttamat negatiiviset sekä positiiviset ilmastovaikutukset. Ilmastonlämpenemisvaikutus aiheutuu hankkeen eri elinkaaren vaiheissa syntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä. Eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on yhteismitallistettu hiilidioksidin ilmastonlämpenemisvaikutusta vastaavaksi, jolloin tulokset esitetään yksikössä CO<sub>2</sub>-ekv.

Hankkeen negatiivisia 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 aurinkopaneelien, asennusrakenteiden, inverttereiden kuin vaihtovirtakaapeleiden osalta. Lisäksi tarkastelussa on huomioitu myös hankkeen myötä metsämaalta menetetty puuston ja maaperän hiilivarasto ja -nielu. Sähkönsiirto sekä tiestö on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, sillä tarkempia suunnitelmia näiden sijoittamisesta ei ole vielä tehty. Näiden ilmastovaikutuksen merkittävyys arvioitiin kuitenkin vähäiseksi, sillä yleisesti vastaavien hankkeiden suurimmat päästötekijät ovat aurinkopaneelit ja niiden asennusrakenteet.

Hankkeen positiivisia ilmastovaikutuksia aiheutuu, kun aurinkovoimalla tuotetulla vähäpäästöisellä sähköllä korvataan ilmaston kannalta haitallisemmilla polttoaineilla tuotettua sähköä.

Toiminnallisena yksikkönä tässä tarkastelussa on ollut yhden aurinkovoimahankkeen koko elinkaaren aikaiset päästöt. Päästöarvio esitetään tuloksissa elinkaaren aikana aiheutuneina absoluuttisina kokonaispäästöinä (t CO<sub>2</sub>-ekv) sekä elinkaaren aikana tuotettuun energiaan suhteutettuna päästöinä (g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh).



### **3 LASKENTAMENETELMÄ**

Ilmastovaikutusten arviointi on toteutettu elinkaariarvioinnin periaatteisiin nojautuen (ISO 14040 ja ISO14044). Arvioinnissa keskityttiin tunnistamaan merkittävimmät päästötekijät, suunnittelutiedot saatiin Tilaaajalta. Siltä osin kuin tarkkoja suunnittelutietoja 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 muun muassa infrarakentamisen päästötietokannan (CO2data.fi), *Ecoinvent-elinkaariarvioinnin* tietokannan (Ecoinvent v.3.9.1) sekä *One Click LCA* elinkaariarviointiohjelmiston 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 kasvuennustedataa (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.

Malli laskee perusmetsämuuttujien (puuston pääpuulaji, keskipituus, keskiläpimitta, pohjapinta-ala, tilavuus) vuotuista kasvua ja hiilinielua metsikkökuviokohtaisesti. Laskennassa huomioidaan puustoon sitoutunut hiili (ja CO<sub>2</sub>-ekv) biomassoista johdettuun vuotuiseseen kariketason perustuen (Repola et al., 2007). Metsämaan maaperään sitoutunutta hiiltä arvioidaan *YASSO-malliin* perustuen (Ilmatieteenlaitos, 2023; Euroopan geotieteiden liitto, 2023). Hiilivaraston ja -nielun arvioinnissa huomioidaan kasvillisuuden vaihteleva ikärakenne sekä puulajien vaihtelevuus. Tällä tekoälypohjaisella mallilla arvioidaan metsämaan metsän ja maaperän hiilivarastoa ja -nielua koko selvitysalueella.

Käytön aikaisia positiivisia ilmastovaikutuksia on arvioitu niin, että aurinkovoimalla tuotetun sähkön on oletettu korvaavan ei-toivottujen polttoaineiden käyttöä. Jos fossiilisten polttoaineiden käyttöä ei voida korvata Suomessa, hankkeen sähköntuotannon katsotaan vähentävän tuontisähkön tarvetta ja oletetaan aurinkovoimalla tuotetun sähkön syrjäyttävän fossiilisten polttoaineiden käyttöä Euroopassa. 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 sähkön päästökertoimeksi 425 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh.



## 4 LÄHTÖTIEDOT JA OLETUKSET

Torsbölen alueelle ollaan tekemässä esiselvitystä aurinkovoima-alueen perustamisesta. Selvityksessä olleen alueen pinta-ala oli 53 ha ja aurinkovoimalalla tuotetun sähköenergian määrän arvioitiin vuositasolla olevan potentiaalisesti noin 43 GWh. Aurinkovoimalan eliniäksi oletettiin 40 vuotta, jonka aikana aurinkovoimalan sähköntuotantopotentiaalin arvioidaan olevan noin 1 720 GWh.

### 4.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit voivat olla yksikide- tai monikidepaneeleja, tässä hankkeessa on suunniteltu hyödynnettävän yksikidepaneeleja. 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. Paneelien jatkokäsittelynä on kierrätys, jolloin materiaalit saadaan pääasiassa uudelleenkäyttöön. Tässä selvityksessä huomioidaan myös paneelien kierrätyksestä saavutettavat päästöhyvytykset, kun paneelien materiaaleilla voidaan korvata vastaavien neitseellisten materiaalien valmistusta.

Aurinkopaneelien valmistuksen päästöjä on arvioitu generisiin One Click LCA elinkaariarviointiohjelmiston tietoihin perustuen. Aurinkopaneelien elinkaaren muita päästöjä on arvioitu REC Solar:in yksikiteisten aurinkopaneelien ympäristötuoteselosteisiin perustuen. Ympäristötuoteselosteissa tarkastellut aurinkopaneelit olivat teholtaan 375 W<sub>p</sub> ja niissä on esitetty aurinkopaneelien ilmastonlämpenemisvaikutuksia elinkaarenvaiheittain. Näissä tietolähteissä päästötiedot olivat esitetty yksikössä (g CO<sub>2</sub>-ekv/W<sub>p</sub>), jolloin päästöt voidaan suhteuttaa myös tässä hankkeessa käytettäville 590 W<sub>p</sub> paneeleille.

### 4.2 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. Arviot asennusrakenteiden materiaalien kulutuksesta sekä asennuksen polttoaineenkulutuksesta perustuvat julkaistuun elinkaariarviointiin (Jungbluth et al., 2012), päästötietolähteenä on hyödynnetty Ecoinvent-elinkaariarvioinnin tietokannan tietoja. Materiaalien kulutustietoja hyödynnetään myös arvioitaessa asennusrakenteiden jatkokäsittelyyn kuljetuksen sekä jatkokäsittelyn ilmastonlämpenemisvaikutusta. Myös asennusrakenteiden kierrätyksestä saavutettavat päästöhyvytykset on huomioitu. Asennusrakenteiden materiaaleilla oletetaan korvaavan vastaavien neitseellisten materiaalien valmistusta.



### 4.3 Invertterit ja kaapelit

Inverttereiden ja vaihtovirtakaapeleiden osalta huomioidaan päästöt niiden valmistuksesta ja kuljetuksesta asennuspaikalle, jatkokäsittelyyn kuljetuksesta sekä jatkokäsittelystä. Myös inverttereiden kierrätyksestä saavutettavat päästöhvytykset on huomioitu. Invertterit vaihdetaan kerran elinkaaren aikana.

Inverttereiden 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 inverttereiden päästöjä. Inverttereiden massaa on arvioitu keskeisimpien materiaalien (alumiini, kupari, teräs) kulutustietoihin perustuen. Materiaalien kulutustiedot perustuvan julkaistuun elinkaariarviointiin (Jungbluth et al., 2012). Massatietoja hyödynnetään myös arvioitaessa inverttereiden jatkokäsittelyyn kuljetuksen ja jatkokäsittelyn ilmastolämpenemisvaikutusta sekä päästöhvytyksiä.

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

### 4.4 Hiilivarastot ja -nielut

Hankkeen hiilivarastojen ja -nielujen poistuman osalta huomioidaan metsän ja metsäalueen maaperän hiilivarastojen ja -nielujen menetys paneelialueen tieltä. Selvitysalueelta noin 17 hehtaaria on metsämaata ja hankkeen myötä alueelta menetetään puustoa 2 981 m<sup>3</sup>.

### 4.5 Hankkeen tiedot

Ilmastovaikutusten arviointi perustuu ensisijaisesti Tilaajalta saatuihin tietoihin, jotka on esitetty taulukossa 1.



*Taulukko 1. Tilaajalta saadut lähtötiedot.*

<b>Kuvaus</b>	<b>Tieto</b>
Hankealueen pinta-ala	53 ha
Aurinkovoimalan elinkaaren pituus	40 vuotta
Arvioitu elinkaarinen sähköntuotanto	1 720 GWh
Aurinkopaneelien lukumäärä	75 126 kpl
Aurinkopaneelien nimellisteho	590 W <sub>p</sub>
Asennusrakenteen tyyppi	Teräksinen paalu
Invertterien lukumäärä	214 kpl
Yhden invertterin teho	138 kW
Vaihtovirtakaapeleiden pituus	15 km





## 5 TULOKSET

Ilmastovaikutusten arvioinnin tulokset esitetään tässä kappaleessa. Tulokset esitetään päästötekijöihin jaoteltuna. Kukin päästötekijä sisältää sille sektorille kohdistuvat päästöt kappaleessa 4 esitettyjen rajausten mukaisesti. Taulukossa 2 esitetään arvio hankkeen kokonaispäästöistä ilman kierrätysyhvityksiä (t CO<sub>2</sub>-ekv).

Taulukko 2. Negatiiviset ilmastovaikutukset päästötekijöittäin (t CO<sub>2</sub>-ekv/elinkaari).

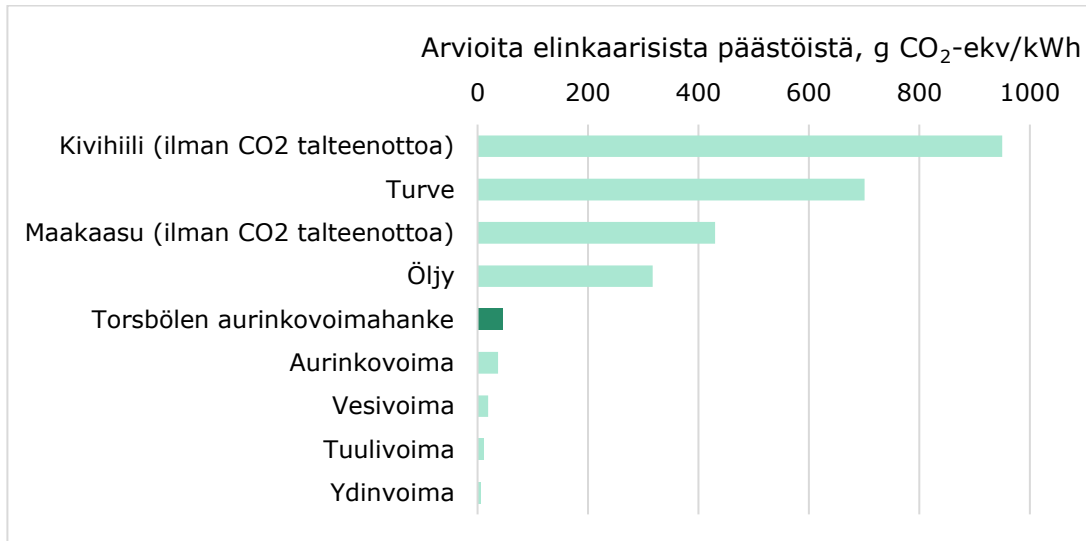
Päästötekijä	Päästöt, t CO <sub>2</sub> -ekv.	Päästöosuus
Aurinkopaneelit	54 760	70 %
Asennusrakenteet	12 630	16 %
Invertterit ja kaapelit	2 770	4 %
Hiilivaraston poistuma	4 760	6 %
Hiilinielun poistuma	3 490	4 %
<b>Yhteensä</b>	<b>78 420</b>	

Hankkeen toteutuessa siitä aiheutuva negatiivinen ilmastovaikutus olisi yhteensä noin 78 420 t CO<sub>2</sub>-ekv sen koko elinkaaren ajalta. **Suurin yksittäinen päästötekijä on aurinkopaneelien valmistus, jonka osuus kokonaispäästöistä on 67 %.** Toiseksi suurin yksittäinen päästötekijä on asennusrakenteiden valmistus, jonka osuus kokonaispäästöistä on 14 %. Inverttereiden ja kaapeleiden valmistuksesta aiheutuvien päästöjen osuus kokonaispäästöistä on 2 %. Aurinkopaneelien, asennusrakenteiden, inverttereiden sekä kaapeleiden kuljetuksen, asennuksen, käytön sekä käytöstä poiston osuus kokonaispäästöistä on 6 %.

Laskennallisia päästöyhvityksiä saavutetaan, kun hankkeen elinkaaren lopussa aurinkopaneelit, asennusrakenteet ja invertterit kierrätetään ja niillä korvataan niistä saatavien vastaavien neitseellisten materiaalien käyttöä. Materiaalien kierrätyksestä saatavan päästöyhvityksen suuruudeksi arvioitiin noin -3 200 t CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä lukuarvo on kuitenkin hyvin teoreettinen, joten siihen on suositeltavaa suhtautua erillisenä lukuna, eikä vähentää päästöistä.

Kokonaispäästöjen lisäksi hankkeen päästöjä arvioitiin myös elinkaaren aikana tuotettuun energiamäärään suhteutettuna. **Torsbölen aurinkovoimahankkeen elinkaarisen päästökertoimen arvioidaan olevan 45,6 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh, huomioiden myös hiilivarastojen ja -nielujen menetys.** Vertailun vuoksi seuraavassa kuvassa 1 on esitetty elinkaarisia päästöarvioita myös muiden energianlähteiden sähköntuotannolle. Nämä päästökertoimet ovat suuntaa antavia ja kuvaavat yleisimpiä tuotantomenetelmiä. Näissä ei siis ole huomioitu eri tuotantomenetelmien keskiarvoa tai vaihtelua.





Kuva 1. Arvioita muilla energianlähteillä tuotetun sähkön elinkaarisista ominaispäästöistä.

Kuvasta 1 huomataan, että Torsbölen aurinkovoimahankkeen elinkaarinen ominaispäästö on samaa suuruusluokkaa kuin vastaavan keskimääräisen maa-asennuksella toteutetun aurinkovoimahankkeen ominaispäästöt, jossa on hyödynnetty monikidepaneeleita. Monikidepaneelien valmistuksen päästöt ovat kuitenkin yleisesti keskimäärin jonkin verran alhaisemmat, kuin tässä laskennassa käytettyjen yksikidepaneelien valmistuksen päästöt.

Positiivisia ilmastovaikutuksia aiheutuu, kun aurinkovoimalla saadaan syrjäytettyä päästöintensitiivisempien polttoaineiden käyttöä sähköntuotannossa. Positiivisten ilmastovaikutusten suuruus riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta, eli siitä mitä sähköntuotantoa hankkeen oletetaan korvaavan. Tässä tarkastelussa hankkeen oletetaan korvaavan ei-toivottujen polttoaineidenkäyttöä luvussa 3 esitetyn mukaisesti. Tällöin korvattavan sähkön elinkaarisiksi päästökertoimeksi arvioitiin 425 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh.

Positiivisia ilmastovaikutuksia ei ole realistista arvioida Suomen nykyhetken sähköntuotannon päästökertoimeen perustuen, sillä siinä tapauksessa aurinkovoima korvaisi uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. Tällöin aliarvioidaan hankkeesta saavutettavia positiivisia ilmastovaikutuksia. Positiivisia ilmastovaikutuksia ei myöskään ole realistista arvioida Suomen tulevaisuuden sähköntuotannon päästökertoimeen perustuen, sillä sähkön päästökertoimen tuleva kehitys vaatii tämänkin hankkeen toteutumisen. Ilman hankkeen realisoitumista sähköntuotantorakenne ei kehity ja alhaisempi päästökero ei realisoitu, jolloin tähän verrattuna hankkeen positiiviset ilmastovaikutukset olisivat täysin hypoteettiset.

Jos hanke tuottaisi elinkaaren aikana sähköä 1 720 GWh, olisivat korvattava sähköntuotannosta aiheutuneet päästöt tällöin 731 100 t CO<sub>2</sub>-ekv. Hankkeesta aiheutuvien negatiiviset ilmastovaikutukset olisivat 78 420 t CO<sub>2</sub>-ekv. Tällöin hankkeen kokonaisilmastovaikutus jäisi positiivisen puolelle, sen ollessa 652 680 t CO<sub>2</sub>-ekv. Näillä oletuksilla laskettuna hankkeen elinkaaristen negatiivisten ilmastovaikutusten arvioidaan kompensoituvan noin 4–5 vuodessa.

## 6 YHTEENVETO

Tehdyt laskelmat kuvaavat hankkeen ilmastovaikutuksia yleisellä tasolla ja ovat suuntaa antavia arvioita. Suunnitteluarvoihin perustuvassa laskennassa joudutaan turvautumaan läpi laskennan useisiin oletuksiin, yleistykseen sekä keskimääräisiin päästökerrointietoihin. Tehtyihin oletuksiin sekä käytettyihin päästökerrointietoihin sisältyy siis epävarmuutta. Lisäksi määritetty energiantuotantopotentiaali on teoreettinen. Todellinen energiantuotanto voi vaihdella olosuhteista riippuen, joka vaikuttaa hankkeella tuotettua energiaa kohti arvioituun päästökertoimeen.

Näillä rajauksilla, laskentatiedoilla ja oletuksilla hankkeen elinkaaren aikainen negatiivinen ilmastovaikutus ilman kierrätyksestä saatavia päästöhyvityksiä olisi 78 420 t CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä vastaa noin 7 600 keskimääräisen suomalaisen hiilijalanjälkeä.

Vaikka hankkeen elinkaaren aikana aiheutuu jonkin verran negatiivisia ilmastovaikutuksia, ovat hankkeella saavutettavat positiiviset ilmastovaikutukset kuitenkin näitä suuremmat. **Hankkeen kokonaisilmastovaikutus on noin 652 680 t CO<sub>2</sub>-ekv positiivinen ja hankkeen elinkaaren negatiivisten ilmastovaikutusten arvioidaan kompensoituvan noin 4–5 vuodessa.**

Hankkeen toteutumatta jäämisen myötä voitaisiin välttää aurinkovoimahankkeen elinkaariset päästöt sekä säilytettäisi alueen hiilivarasto ja -niele. Tällöin kuitenkin sähkö täytyisi tuottaa päästöintensitiivisemmällä polttoaineilla ja Suomen sähköntuotannon rakenne jäisi kehittymättä. Vuoteen 2030 tähtäävän kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti Suomen tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä niin, että sen osuus energian loppukulutuksesta nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Vuonna 2022 uusiutuvien energianlähteiden osuus energian loppukulutuksesta Suomessa on hieman yli 40 prosenttia. (TEM, 2023.). Torsbölen aurinkovoimahankkeen toteutuminen edistää kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteen toteutumista.



## 7 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>

Jungbluth et al., 2012. Life Cycle Inventories of Photovoltaics.

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, 2023. Uusiutuva energia Suomessa. Saatavissa: <https://tem.fi/uusiutuva-energia>

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](https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf)

