

Hiilitaselaskenta, Musan aurinkovoimala

Solmar Consulting Oy

FCG

21.10.2024

P52773

Sisälllys

Musan aurinkovoimalan hiilitaselaskenta	3
1 Johdanto	3
2 Selvitysalue	3
3 Työn menetelmät	5
3.1 Arvioinnin kuvaus	6
3.2 Elinkaaripäästöt	7
4 Hiilitaselaskelma	8
5 Yhteenveto	9
6 Vaikutusten lieventäminen	9
7 Lähteet	11

*FCG Finnish Consulting Group Oy ("FCG") on laatinut tämän raportin FCG:n asiakkaan ("Asiakas") toimeksianton ja ohjeiden mukaisesti. Tämä raportti on laadittu FCG:n ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtojen mukaisesti. **FCG ei ole vastuussa tästä raportista tai sen käytöstä suhteessa mihinkään muuhun tahoon kuin Asiakkaaseen.***

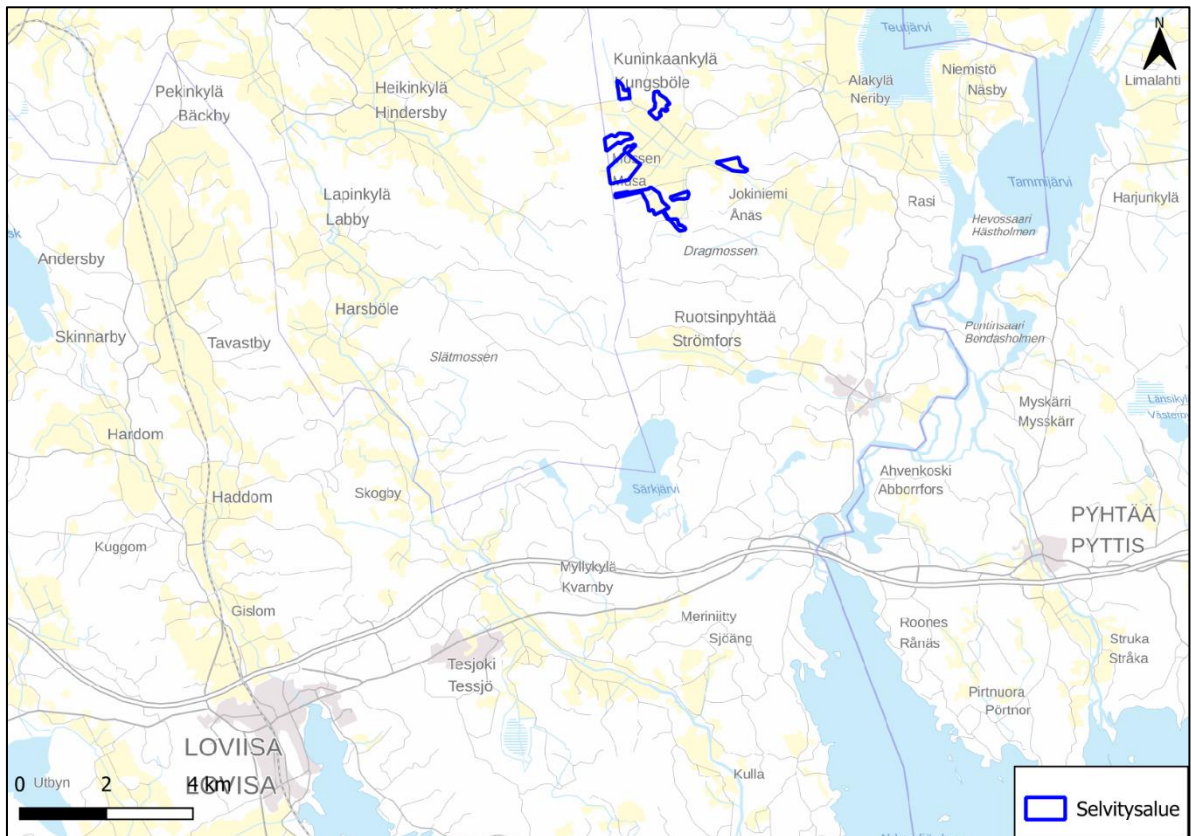
Tämä raportti voi perustua kokonaan tai osaksi kolmansien osapuolten FCG:lle antamiin tietoihin tai julkisiin lähteisiin ja näin ollen tietoihin, joihin FCG:llä ei ole ollut vaikutusmahdollisuuksia. FCG toteaa nimenomaisesti, ettei sillä ole vastuuta sille annettujen virheellisten tai puutteellisten tietojen perusteella.

Kaikki oikeudet (mukaan lukien tekijänoikeudet) tähän raporttiin kuuluvat FCG:lle, tai Asiakkaalle, mikäli niin on sovittu FCG:n ja Asiakkaan välillä. Tätä raporttia tai sen osaa ei saa muokata tai käyttää uudelleen toiseen tarkoitukseen ilman FCG:n kirjallista lupaa.

Musan aurinkovoimalan hiilitaselaskenta

1 Johdanto

Hiilitaselaskelma laadittiin osaksi Loviisan Musan aurinkovoimalan suunnittelutarveratkaisun (STR) aineistoa. Tarkasteltavan selvitysalueen sijainti Loviisan kunnassa on esitetty kuvassa Kuva 1. Selvitysalueen pinta-ala on noin 115 ha, ja se muodostuu kahdeksasta kiinteistöstä. Selvitysalueelle kuuluvat kiinteistöt on kuvattu kuvassa 2. Aurinkovoimalan tuottaman sähköenergian määrä vuositasolla on arviolta 76 GWh. Tämän hiilitaselaskennan on laatinut ympäristötekniikan insinööri Inka Uutela.

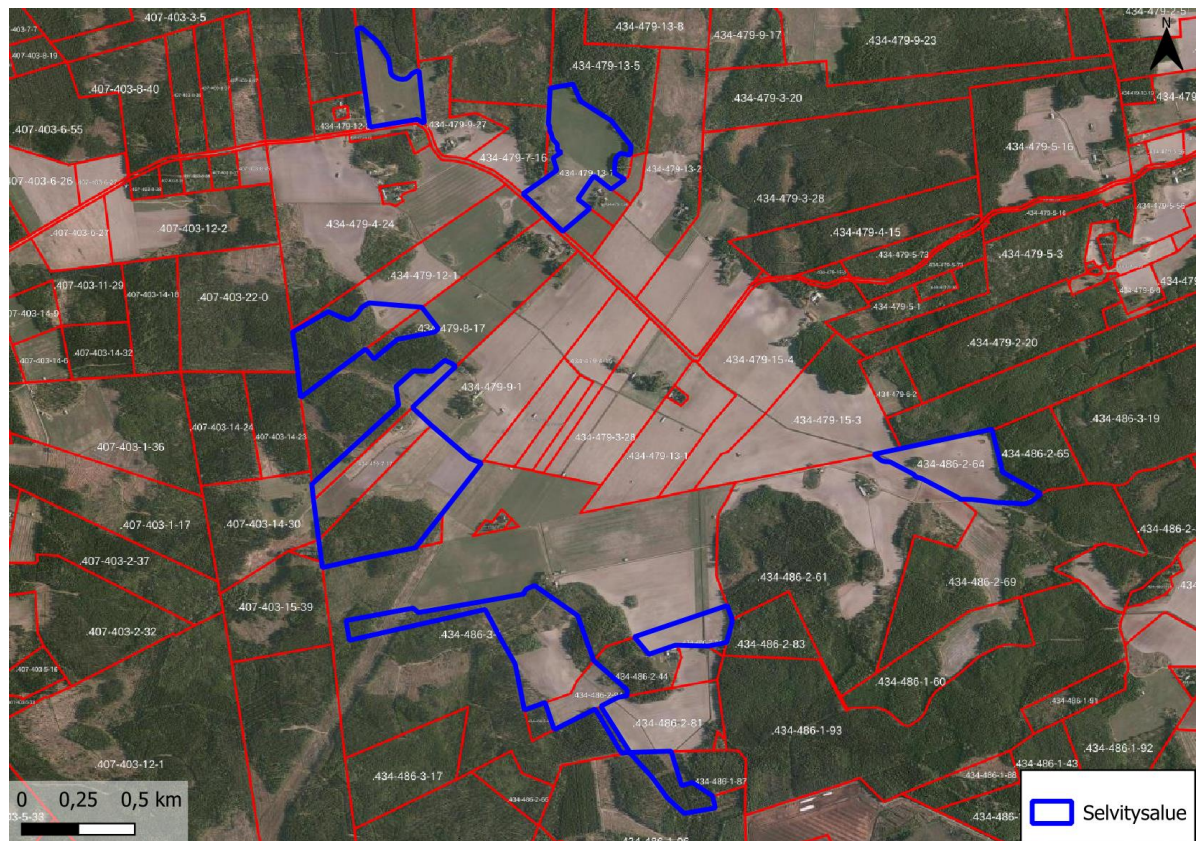


Kuva 1. Aurinkoenergiakohteen sijainti Loviisan kunnan pohjoisosassa.

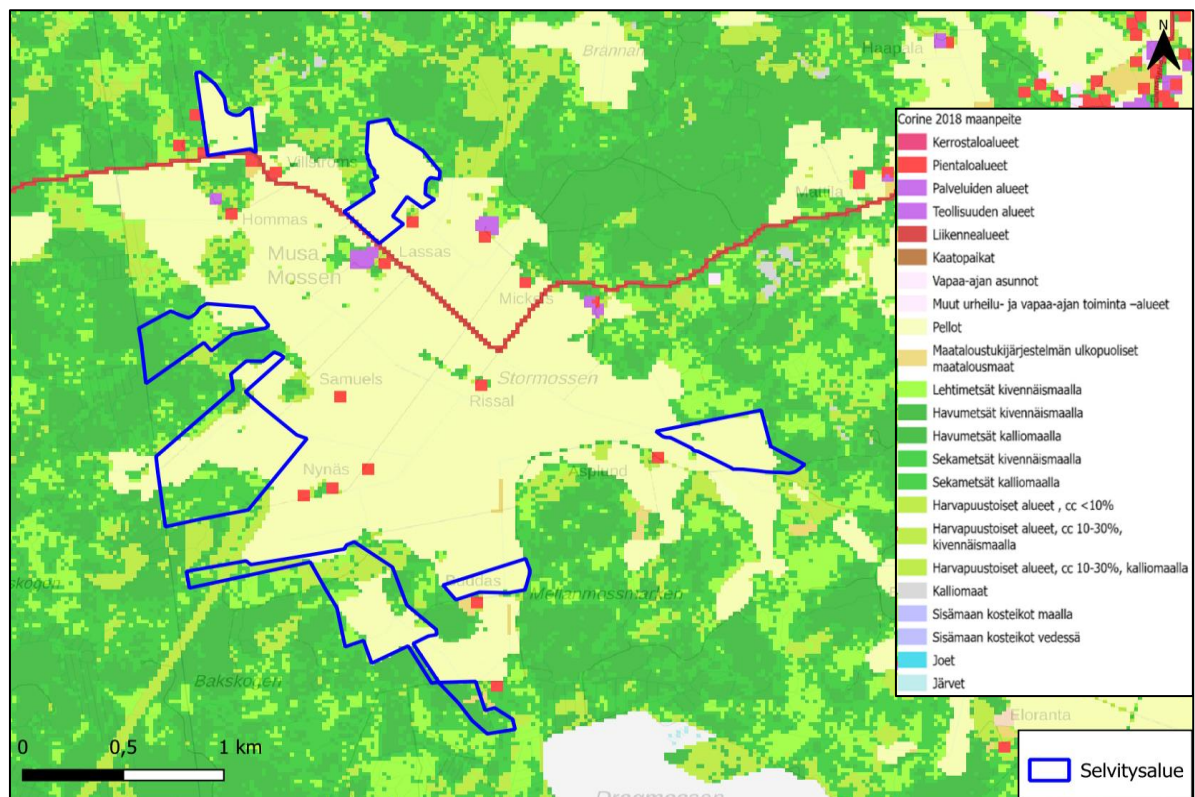
Aurinkovoimalalla tuotettu sähkö ei aiheuta kasvihuonekaasu- tai muita savukaasupäästöjä. Hankkeella on positiivisia vaikutuksia ilmanlaatuun ja ilmastoon, koska sähkön tuotannolla vältetään muusta energiantuotannosta syntyviä päästöjä (0-vaihtoehto). Toisaalta aurinkovoimalan rakentaminen vaikuttaa alueen hiilinieluihin sekä aiheuttaa muita päästöjä.

2 Selvitysalue

Selvitysalueen pohjoiset ja itäiset osat sijaitsevat peltomaalla, eteläisissä ja läntisissä osissa on peltoa ja metsää Corine 2018-luokituksen mukaan (kuva 3). Alueen metsäkuviot ovat pääasiassa varttunutta kasvatusmetsikköä sekä jonkin verran nuorta kasvatusmetsää ja yli 1,3 metristä taimikkoa. (Metsäkeskus, metsäkuviotiedot 10/2024).



Kuva 2. Selvitysalueen ilmakuva ja kiinteistöjaotus.



Kuva 3. Corine Land Cover 2018 -aineiston mukainen maanpeiteluokitus selvitysalueen ympärillä. Aineisto on osittain vanhentunutta mutta muutokset on huomioitu analyysissä.

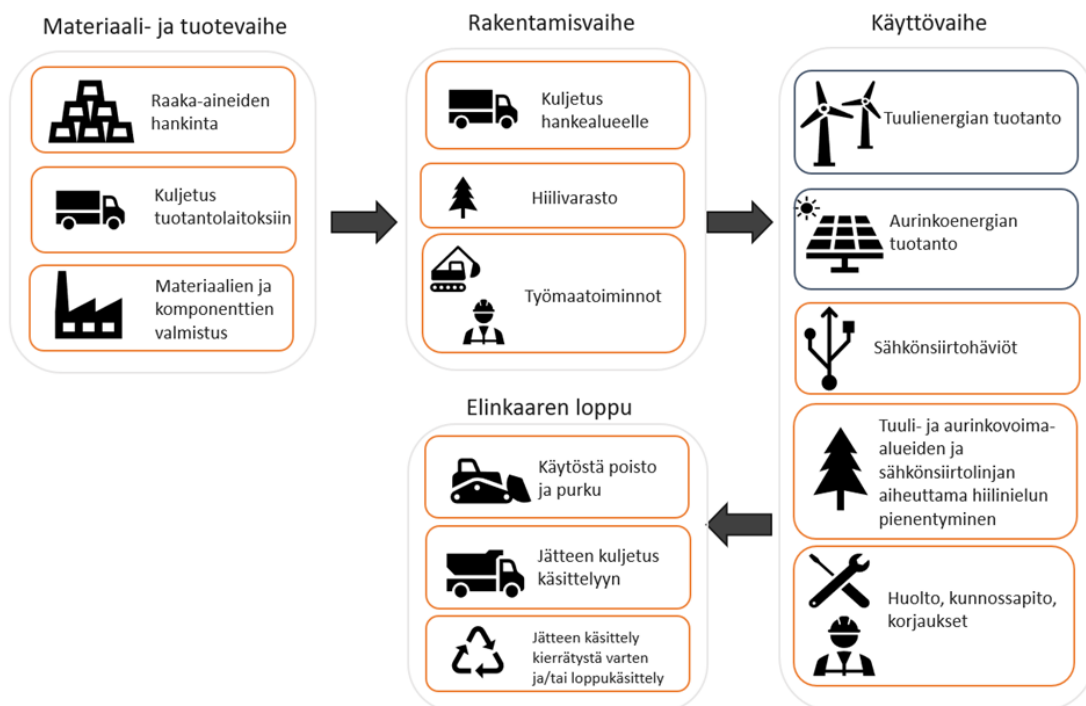
3 Työn menetelmät

Selvitys perustuu avoimiin paikkatietoaineistoihin Suomen alueelta sekä hankevastaavan toimittamiin aluerajauksiin. Selvitys ei sisällä selvitysalueella tehtyjä kartoituksia eikä katselmuksia. Paikkatietoaineistot ovat mahdollisimman ajantasaisia, mutta esitettyjä tuloksia arvioitaessa on huomioitava laajojen aineistojen paikallinen tarkkuus sekä mahdolliset viiveet tietojen päivityksissä. Tarkemmat selvitysalueella tehtävät kartoitukset saattavat tuoda esille tekijöitä, jotka eivät ilmene tässä alustavassa selvityksessä.

Selvityksessä hyödynnetään seuraavia paikkatietoaineistoja ja tietolähteitä:

- SYKE:n avoimen tiedon palvelu, CORINE maanpeite 2018.
- LUKE, Valtakunnan metsien inventointi (VMI) 12/13

Tuuli- ja aurinkovoimalan elinkaari koostuu ilmastonäkökulmasta kuvan 4 neljästä vaiheesta.



Kuva 4. Tuuli- ja aurinkovoimahankkeen elinkaaren kuvaus

Tuuli- ja aurinkovoiman kielteiset ilmastovaikutukset painottuvat hankkeen alkuvaiheeseen ja myönteiset vaikutukset käyttövaiheeseen. Molemmat sähköntuotantomuodot vaativat merkittäviä määriä energiaintensiivisesti tuotettuja materiaaleja, joten suuri osa elinkaaren päästöistä syntyy materiaali- ja tuotevaiheessa. Rakentamisvaiheessa päästöjä syntyy tarvittavien osien ja materiaalien kuljetuksista hankealueelle, työmaatoimintojen energiankäytöstä sekä maankäytön muutoksen vaikutuksesta alueen hiilivarastoihin ja -nieluihin. Voimaloiden käyttövaiheen suoria ja välillisiä päästölähteitä ovat tarkastusten, kunnossapidon ja korjausten tarvitsemat työkalut, kulkuneuvot, kuljetukset ja materiaalit. Elinkaaren loppuvaiheessa syntyy päästöjä voimaloiden purkamisesta ja purkumateriaalien käsittelystä sekä kuljetuksista.

Se, kuinka paljon tuotettu aurinkovoima vaikuttaa sähkön tuotannon päästöihin ja niiden vähenemiseen riippuu siitä, mitä sähköntuotantoa ja muuta energiantuotantoa aurinkovoimalla korvataan hankkeen toiminta-aikana. Tässä arvioinnissa on oletettu, että voimalat korvaavat kotimaisen sähköntuotannon päästökertoimen (v. 2023) mukaisia päästöjä. Mikäli päästöjä verrattaisiin pelkästään fossiilisten sähköntuotantomuotojen päästöjen kehitykseen, olisivat Musan potentiaalisten aurinkovoimaloiden tuottaman sähkön korvaamat päästömäärät suuremmat.

3.1 Arvioinnin kuvaus

Aurinkovoiman osalta ei ole tässä vaiheessa tietoa paneelimääristä tai muista tarvittavista osista, joten arviointi on tehty suuntaa antavaksi aikaisemmin tehtyjen aurinkovoimaloiden hiilitaselaskelmien pohjalta. Lähtökohtaisesti paneelit täyttävät koko hankealueen. Paneelien määräksi on arvioitu 0,175 kpl/m².

Aurinkovoimalan laskennan osalta on tehty taulukon 1 mukaisia oletuksia. Materiaali- ja tuotevaiheen osalta on huomioitu aurinkopaneelien, asennustelineiden ja niiden perustusten sekä invertterien päästöt. Perustamistavaksi on oletettu teräksinen lyöntipaalu. Sen sijaan muuntamoiden, kaapelien ja mahdollisen aidan määriä ei ole voitu luotettavasti arvioida, ja niiden päästöt on jätetty tämän laskennan ulkopuolelle.

Taulukko 1. Alueelle tehdyn hiilitaselaskennan kuvaus ja tehdyt oletukset

Elinkaarivaihe	Laskennan kuvaus ja tehdyt oletukset
Materiaali- ja tuotevaihe	Paneeli-, asennusteline- ja invertterimäärät on arvioitu konsultin aiemmin tekemien aurinkovoimalan ilmastovaikutusten arviointien pohjalta. • Paneelit: 201 250 kpl • Asennustelineet: 8 050 kpl • Asennustelineiden paalut: 16 100 kpl • Invertterit: 41 kpl Paneelien ja invertterien valmistuksen päästöjen arvioinnissa on käytetty valmistajien julkaisemia EPD (Environment Product Declaration)-raportteja. Paneelien on oletettu olevan kiinalaisvalmisteisia yksikidepiikennopaneeleja. Asennustelineiden massa- ja materiaaliosuudet on arvioitu telinevalmistaja Schletterin (2022) perustelinemallien avulla.
Rakentaminen	Perustamistavan (mahd. paalutus) tai muun rakentamisen päästöjä ei voitu luotettavasti arvioida, joten rakentamisen päästöt on rajattu tämän laskennan ulkopuolelle. Paneelit kuljetaan meriteitse Kiinasta Loviisaan ja sieltä maateitse hankealueelle. Hiilivarastovaikutukset arvioidaan poistuvan puuston osalta käyttäen paikkatietoa sekä Luonnonvarakeskuksen metsätietoja puuston keskimääräisestä tilavuudesta ja keskikasvusta Uudenmaan alueella.

Käyttö	Käyttövaiheessa aurinkovoimaloiden oletetaan korvaavan keskimääräistä kotimaista sähköntuotantoa. Aurinkovoimaloiden toiminta-ajaksi oletetaan 40 vuotta.
Elinkaaren loppu	Aurinkovoimalan purkuvaiheen ja siitä syntyvien jätteiden käsittelyn ilmasto-päästöt ovat rajattu arvioinnin ulkopuolelle vähäisen merkittävyyden takia. Paneelivalmistajien EPD-raporttien mukaan purku- ja jätteiden käsittelyvaiheiden päästöjen suuruus koko hiilijalanjäljestä on muutaman prosentin luokkaa.

3.2 Elinkaaripäästöt

Suuntaa antavasta laskelmasta nähdään, että aurinkopaneelien materiaali- ja tuotevaihe aiheuttaa selvästi suurimman osan päästöistä. Alueella poistettavaa puustoa on Corine Land Cover-aineiston mukaan noin 43 ha. Mitä enemmän alueella on poistettavaa puustoa ja muuta kasvillisuutta, sitä suuremmat ovat vaikutukset hiilivarastoihin ja pidemmällä aikavälillä hiilinieluihin. Aurinkovoima-alueen päästöt ovat kuvattu elinkaarivaiheittain taulukossa 2.

Taulukko 2. Aurinkovoimala-alueen laskennan tulokset

Elinkaarivaihe	Vaikutustyyppi	Tulokset (tCO ₂ e)
Materiaali- ja tuotevaihe	Aurinkopaneelit	25 200
	Asennustelineet	3 000
	Asennustelineiden perustukset	1 700
	Invertterit	12 300
Rakentaminen	Kuljetukset	1 230
	Hiilivarasto	5 350
	Hiilinielu	223 (tCO ₂ e/v)
Yhteensä		48 740

0-vaihtoehdossa hanketta ei toteuteta, jolloin materiaaleihin, rakentamiseen, käytön aikaan ja käytöstä poistamiseen liittyviä ilmastovaikutuksia ei muodostu. Samalla 0-vaihtoehdossa menetetään elinkaaren aikainen sähköntuotanto, joka korvataan muulla sähköntuotannolla. Päästökertoimet esitetään seuraavassa taulukossa:

Taulukko 3. Aurinkovoimalan tuottaman sähkön korvaamisesta aiheutuvat päästöt. (Päästökertoimet Tilastokeskus 2024)

	Päästökerroin (g CO ₂ ekv/kWh)
Maakaasu	198
Kevyt polttoöljy, rikitön	263
Palaturve	381

Vaikutukset hiilinieluun arvioidaan laskemalla hankkeessa poistuvan puuston ja sen hiilensitomispotentiaalin määrä. Hiilinielut (tonnia CO₂ekv/ha/vuosi) arvioidaan tieteellisiin julkaisuihin perustuvien arvojen ja Corine 2018 -maanpeiteluokkien avulla. Vaikutusten arvioinnissa ei ole otettu huomioon puiden ja kasvillisuuden vaihtelevaa ikärakennetta eikä esimerkiksi puulajien vaihtelevuutta. Nämä seikat vaikuttavat hiilinielun suuruuteen jossain määrin, mutta arvion suuruusluokan arvioidaan olevan kuitenkin oikean suuntainen. Aurinkovoimalan rakentamisen yhteydessä raivataan usein puustoa ja kasvillisuutta, sekä poistetaan metsämaata. Metsäalueiden osuus pinta-alasta on kuitenkin pieni. Metsät varastoivat noin 20-40 % enemmän hiilidioksidia kuin hoidetut pellot (nieluvaikutus metsissä tyypillisesti 1-7 tonnia CO₂ekv/ha/vuosi). Hiilidioksidia sitoo eniten puiden kasvu. Siksi hoidetut, etenkin nuoret, metsät ovat luonnontilaisia metsiä tehokkaampia hiilinieluja. Luonnonniityt, varvikot ja nummet ovat luonnollisia hiilinieluja (nieluvaikutus 3-6 tonnia CO₂ekv/ha/vuosi). Peltomaat voivat olla huonosti hoidettuna turvemailla myös päästölähteitä. Nykyisillä viljelymenetelmillä ja satotasolla ollaan kuitenkin kivennäismailla lähellä hiilineutraalia. Poistuvan puuston seurauksena, hankealueen hiilinielut pienenevät.

4 Hiilitaselaskelma

Alla olevaan taulukkoon 4 on koottu aurinkovoimalan arvioidut ja lasketut keskeiset elinkaari-päästöt (40 vuotta).

Taulukko 4. Aurinkovoimalan hiilitase (40 vuotta).

	Aurinkovoimala (40 vuotta)	0-vaihtoehto (40 vuotta)
Aurinkovoimalan sähkötuotanto (76 GWh/vuosi)	3 040 GWh	-
Aurinkovoimalan elinkaari-päästöt	48 840 tonnia CO ₂ ekv	-
Hiilinieluvaikutukset	9 200 tonnia CO ₂ ekv	-

Eri polttoaineilla tuotetun energian päästöt oletetun käyttöiän (40 vuotta) aikana.	-	Maakaasu: 641 520 tonnia CO ₂ ekv Kevyt polttoöljy: 852 120 tonnia CO ₂ ekv Palaturvetonnia: 1 158 240 tonnia CO ₂ ekv
Yhteensä	58 040 tonnia CO₂ekv	641 520 – 1 158 240 tonnia CO₂ekv

0-vaihtoehdossa aurinkovoimalahanketta ei toteuteta, jolloin aurinkovoimalan materiaaleihin, rakentamiseen, käytön aikaan ja käytöstä poistamiseen liittyviä ilmastovaikutuksia ei muodostu. Toisaalta 0-vaihtoehdossa kuitenkin menetetään elinkaaren aikainen sähköntuotanto. Jos se korvataan ilmaston kannalta haitallisemmilla polttoaineilla tuotetulla sähköllä koko aurinkovoimalan suunnitellun käyttö- ja tuotantovaiheen (40 vuotta) aikana, päästöt polttoaineesta riippuen ovat 641 520–1 158 240 tonnia CO₂ekv, mikä on huomattavasti enemmän kuin edellä olevassa taulukossa esitetyt aurinkovoimalalle arvioidut elinkaaripäästöt (58 040 tonnia CO₂ekv) saatavilla olevien päästökertoimien poikkeavuuksista huolimatta. Hiilinieluvaiikutuksen osuus kokonaispäästöistä on noin 16 %.

5 Yhteenveto

Hankkeen toteuttamisella on myönteisiä vaikutuksia ilmastoon, sillä hanke toteutuessaan mahdollistaa vähäpäästöisemmän sähköntuotannon nollavaihtoehtoon, eli haitallisemmilla polttoaineilla toteutettuun sähköntuotantoon verrattuna. Ilmastopäästöjen kannalta hankkeen elinkaaren vaiheista merkittävimpiä ovat aurinkovoimalan vaatiman infran, materiaalien ja tuotteiden valmistus, alueen ja sen vaatiman sähkönsiirron rakentaminen sekä voimalan purkaminen ja siinä syntyvien jätteiden käsittely.

Varsinaisesta energian tuotannosta käyttövaiheen aikana aiheutuvat kasvihuonekaasu- ja muut ilmanpäästöt sen sijaan ovat vähäiset. Mikäli sähköllä korvataan fossiilisella polttoaineella tapahtuvan sähköntuotannon päästöt Suomessa, korvautuvat hankkeen päästöt ja hiilinielujen menetykset noin 3-6 vuoden kuluessa.

Energiateollisuuden tilastojen mukaan Suomessa koko sähköntuotannon päästökerroin on ollut maaliskuussa 2023 noin 60 g CO₂ekv/kWh. Eli tämän hetken Suomen sähköntuotannon keskiarvoisella päästökertoimella hankkeen päästöt ja hiilinielujen menetykset korvautuvat noin 8 vuoden kuluessa.

6 Vaikutusten lieventäminen

Kasvihuonekaasupäästöihin voidaan vaikuttaa hankkeen tapauksessa rakentamisessa, huollossa ja purkamisessa käytettävillä polttoaineilla ja esimerkiksi logistiikan huolellisella suunnittelulla. Materiaalien tehokkaalla käytöllä ehkäistään turhaa materiaalituotantoa ja logistiikkaa. Mikäli mahdollista, merkittävimmät vaikutusten lieventämiset saadaan käyttämällä vähähiilisiä materiaaleja. Ennen niiden käyttöä on varmistuttava materiaalien turvallisuudesta ja käytettävyydestä. Vaikka aurinkovoimalan toteutus itsessään auttaa

kokonaisvaikutusten lieventämisessä, on tulevaisuudessa kiinnitettävä huomiota entistä enemmän myös rakentamisessa, sekä voimalan materiaalien tuottamisessa syntyviin päästöihin.

7 Lähteet

Energiateollisuus, 2023. Sähköntuotanto energialähteittäin. https://energia.fi/fi/files/1414/Sahkontuotannon_kk_polttoaineet_maaliskuu.pdf

Koffi B., Cerutti A.K., Duerr M., Iancu A., Kona A., Janssens-Maenhout G., Covenant of Mayors for Climate and Energy: Default emission factors for local emission inventories – Version 2017, EUR 28718 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017

Metsäkeskus, 2024. Avoin metsä- ja luontotieto. Metsävarakuviot. <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/aineistot-paikkatieto-ohjelmille/paikkatietoaineistot>

Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014: Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

SYKE, 2018. Suomen Corine 2018. [https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Uutiset/Suomen_Corine_2018_maanpeiteaineistot__s\(48854\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Uutiset/Suomen_Corine_2018_maanpeiteaineistot__s(48854))