Aurinkovoimalan hiilitaselaskenta
Siuntio

Downing LLP
13.1.2025

Sisältö

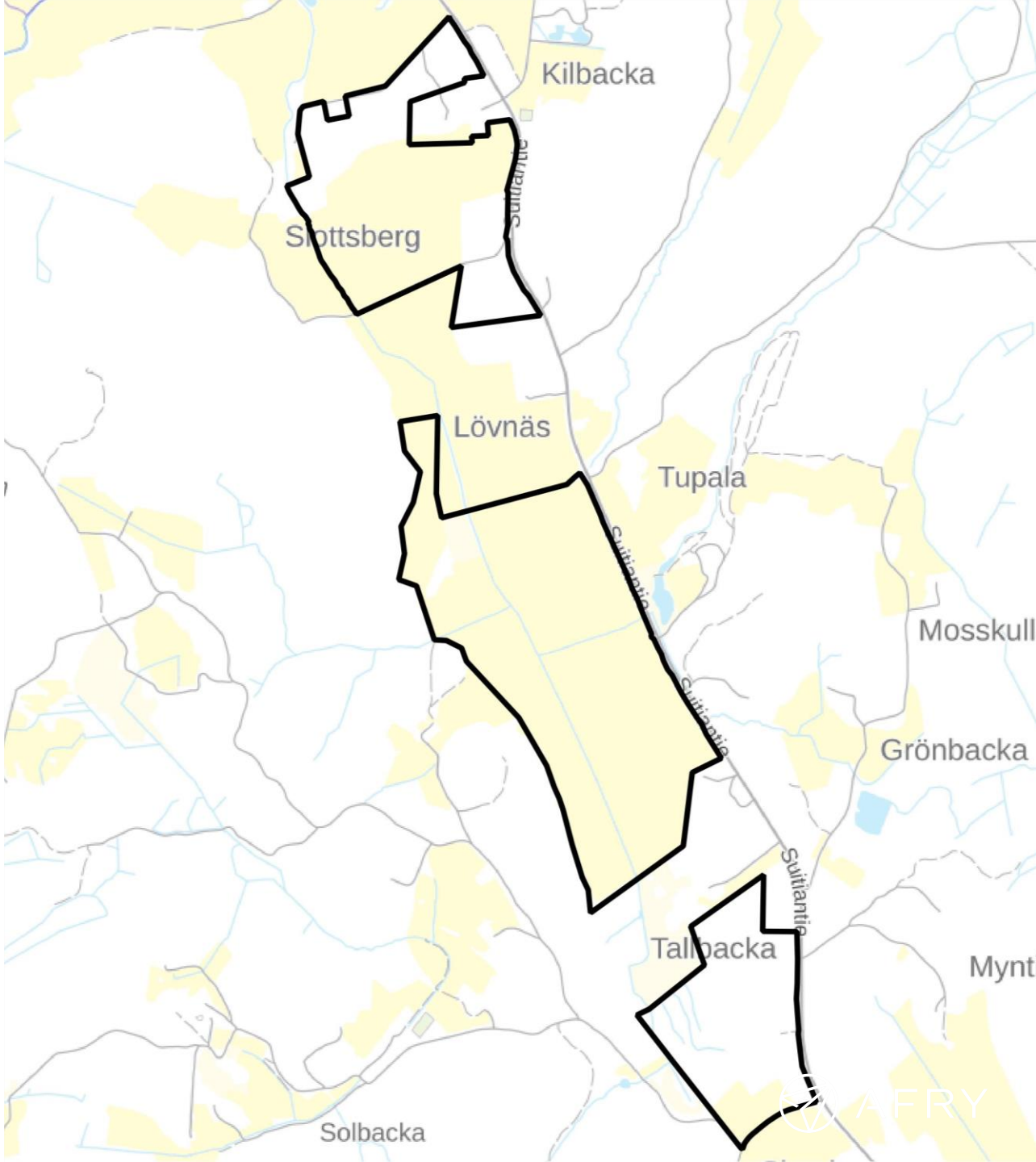
Johdanto

Lähtötiedot

- Laskennan rajaus
- Aurinkovoimalan hiilijalanjälki
- Kasvillisuuden hiilinielu ja –varasto
- Maaperän hiilinielu ja –varasto
- Maaperäjakauma hankealueella

Tulokset

- Kokonaisvaikutus
- Vaikutukset elinkaarivaiheittain
- Päästöjen vertailu
- Johtopäätökset



Johdanto

Johdanto

Tässä raportissa esitetään asiantuntija-arvio Siuntioon suunnitellun aurinkovoimapuiston hiilitaseesta.

Hankealue on pinta-alaltaan noin 100 ha, josta noin 70 ha on maatalousmaata ja 27 ha metsätalousmaata. Loput noin 3 hehtaaria koostuu ajourista, ojista, hakkuuaukeista ja muista edellä mainittujen luokittelujen ulkopuolelle jäävistä alueista.

Hiilitaselaskenta on tehty hankekehitysvaiheessa saatavilla oleviin alustaviin suunnittelutietoihin perustuen.

Työssä on laskettu aurinkovoimapuiston hiilijalanjälki sekä puuston ja maaperän hiilitase. Hiilijalanjäljen laskennassa on huomioitu merkittävimmät päästölähteet.

Tuloksia verrataan tilanteeseen, jossa maankäytön muutosta ei toteuteta ja sähkö tuotetaan joko Suomen keskimääräisen sähköverkon ennusteen mukaisesti tai fossiilisilla polttoaineilla.

Laskennan ja raportin laatimisen on toteuttanut AFRY Finland Oy.

Lähtötiedot

Laskennan rajaus

Hiilitaselaskenta on tehty infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmää mukaillen (Väylävirasto 2023). Menetelmän mukaisesti arviointi on jaettu seuraaviin elinkaarivaiheisiin:

- Tuote- ja rakentamisvaihe (A)
- Käyttövaihe (B)
- Elinkaaren loppuvaihe (C)

Tuotevaiheeseen kuuluvat aurinkovoimalan vaatimien materiaalien valmistus, kuljetukset työmaalle ja työmaatoiminnot. Käyttövaiheeseen sisältyvät erilaiset osien vaihdot ja niihin liittyvät kuljetukset. Elinkaaren loppuvaiheessa taas huomioidaan rakenteiden purkaminen sekä purettujen materiaalien kuljetus ja käsittely.

Puuston ja maaperän hiilitaseen muutokset on raportoitu erikseen näiden elinkaarivaiheiden ulkopuolisina vaikutuksina.

AFRY

Aurinkovoimalan hiilijalanjälki

Aurinkovoimalan elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskentaan on sisällytetty paneelien, kaapeleiden, invertterien ja telineiden valmistamisen, asentamisen ja huoltojen/korjausten sekä käytöstä poistamisen päästöt.

Tiestön rakentamisen vaikutuksia ei ole laskettu, mutta niiden arvioidaan olevan vähäisiä muihin vaikutuksiin verrattuna.

Hiilijalanjäljen laskenta perustuu seuraaviin hankevastaavalta saatuihin oletuksiin:

- Aurinkovoimala aloittaa tuotannon vuonna 2027
- Voimalan elinkaaren pituus on 35 vuotta
- Vuosituotanto on 76,6 GWh

Hiilijalanjälki on laskettu aurinkovoimatuotannon elinkaaripäästöjä analysoivan kokoomatutkimuksen tietoihin perustuen (Hsu ym. 2012).

Kasvillisuuden hiilinielu ja -varasto

Hankealueesta noin 30 hehtaaria on metsämaata. Aurinkovoimalan rakentaminen edellyttää puuston ja muun kasvillisuuden poistamista rakennettavalta alueelta. Samalla menetetään kasvillisuuteen sitoutunut hiilivarasto ja kasvillisuuden, erityisesti puuston, kasvuun liittyvä hiilensidontapotentiaali eli hiilinielu.

Kasvillisuuden hiilinielu- ja –varastovaikutukset on arvioitu Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvarakeskuksen ja Avoin ry:n toteuttaman Hiilikartta-työkalun avulla (https://hiilikartta.avoin.org/). Laskennassa on käytetty hankevastaavan toimittamaa paikkatietomuotoista aluerajausta ja aurinkovoimalan kaavamerkintää (EN/aur) aurinkovoimalan rakentamisen vaikutusten arvioimiseksi.

Työkalu hyödyntää useita eri paikkatietoaineistoja alueen olemassa olevan hiilinielun ja -varaston arvioimiseksi ja laskee hankkeen toteuttamisen niille aiheuttaman muutoksen. Työkalu huomioi puuston hiilinielun laskennassa nykyisten metsänhoitosuositusten mukaiset harvennukset. Mikäli alueella toteutetaan intensiivisempiä metsätalouden toimenpiteitä, työkalu saattaa yliarvioida hiilinielun menetyksen suuruuden verrattuna todelliseen nykyiseen käyttöön.

Virhearviota kasvillisuuden hiilinielun ja –varaston laskentaan saattaa lisäksi aiheuttaa paikkatietoaineiston ajantasaisuus. Tuoreimpien maanmittauslaitoksen ortoilmakuvien perusteella osa paikkatietoaineistossa puustoisena näyttäytyvästä alueesta on jo nykyisellään avohakattua aluetta (Maanmittauslaitos 2024).

Maaperän hiilinielu ja -varasto

Aurinkovoimalan rakentamisella on vaikutuksia myös maaperän hiilitaseeseen. Laskennassa on oletettu, että metsämaalta poistetaan pintamaa ja menetetään pintamaan orgaanisen aineksen hiilivarasto. Metsämaan osalta on oletettu menetettävän myös maaperän hiilinielu.

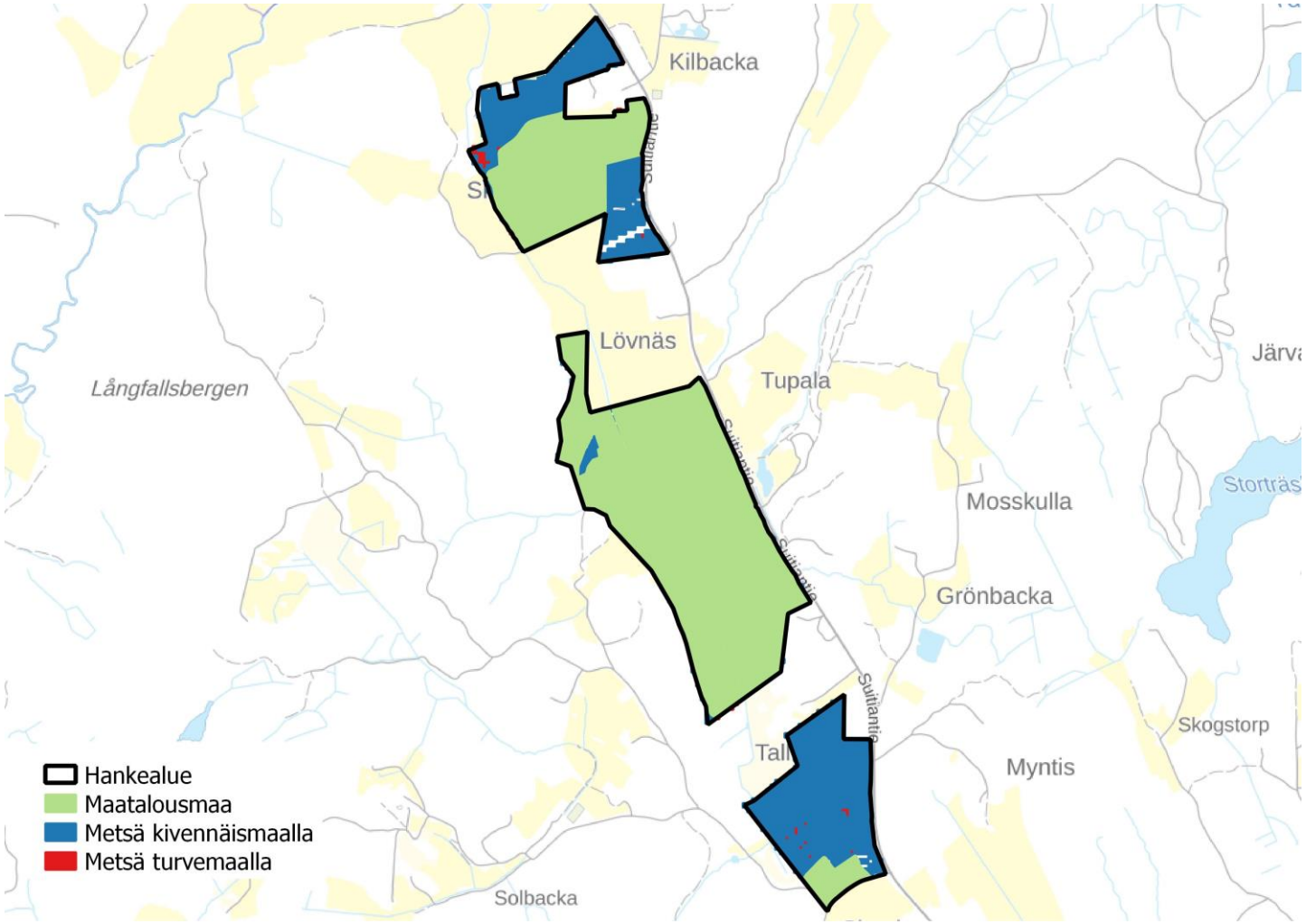
Noin kaksi kolmasosaa, 67 ha, alueesta on maatalousmaata, jonka osalta maaperän on oletettu muuttuvan viljelykäytössä olevasta alueesta nurmikkoalueeksi, jolloin maaperä alkaa sitoa hiiltä maanviljelyyn liittyvien muokkaustoimien päätyttyä.

Hiilitaseen arvioimiseksi määritettiin eri maaperätyyppien pinta-alat alueella Luonnonvarakeskuksen (Luonnonvarakeskus 2021) ja Suomen ympäristökeskuksen (Suomen ympäristökeskus 2023) paikkatietoaineistojen avulla. Paikkatietoaineistoon perustuva maaperäjakauma on esitetty sivulla 10 (taustakartta on Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 01/2025 aineistosta).

Rakentamisen vaikutus hiilinieluun on arvioitu Tilastokeskuksen maaperätyyppikohtaisten päästökertoimien ja maankäytön muutoksen kertoimien avulla (Tilastokeskus 2024). Vaikutus on laskettu olemassa olevien nielujen ja rakentamisen aiheuttaman muutoksen jälkeisten nielujen erotuksena.

Metsämaan hiilivaraston menetys on arvioitu kivennäismaan osalta keskimääräisen hiilivaraston suuruuden perusteella (Liski ym. 2006) sekä turvemaan osalta keskimääräisen turvekerroksen paksuuden (Korhonen ym. 2013) ja turpeen määrän perusteella (Minkkinen & Laine 1998).

Maaperäjakauma hankealueella



Tulokset

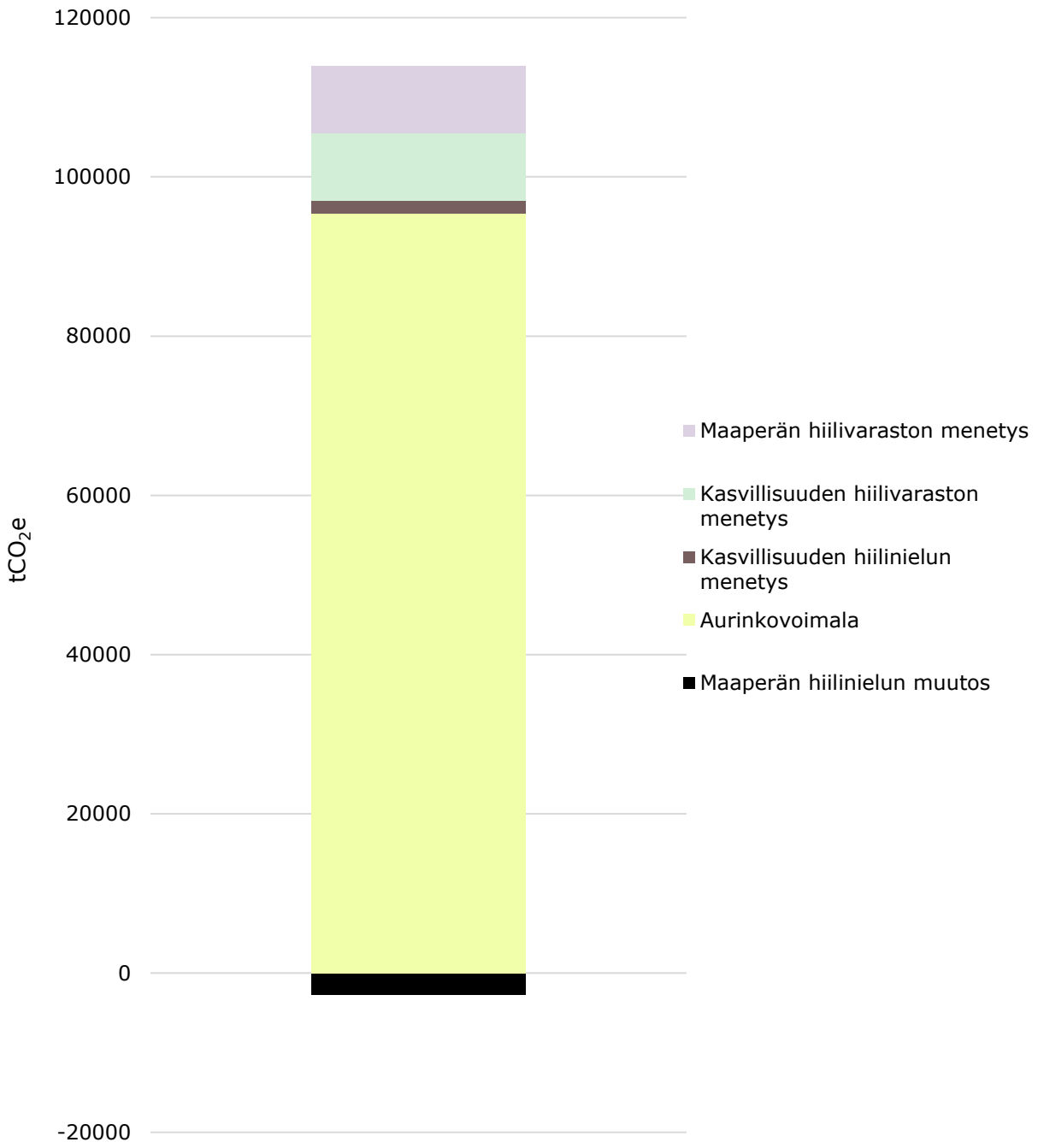
Kokonaisvaikutus

Aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt kasvillisuus- ja maaperävaikutukset mukaan luettuina ovat arviolta 111 200 tCO_2e.

Tuotettua sähköenergiaa kohden päästöt ovat noin 41,5 gCO_2e/kWh.

Suurin vaikutus, noin 86 % kokonaispäästöistä, on aurinkovoimalan rakentamisella, käytöllä ja käytöstä poistolla. Myös maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastojen menetykset ovat suuruudeltaan merkittäviä.

Maaperän hiilinielun arvioidaan kokonaisuudessaan hieman kasvavan ja siten pienentävän kokonaisvaikutusta. Kasvu johtuu oletetusta maatalousmaan hiilensidonnan lisääntymisestä maanviljelyyn liittyvän maanmuokkauksen päätyttyä.

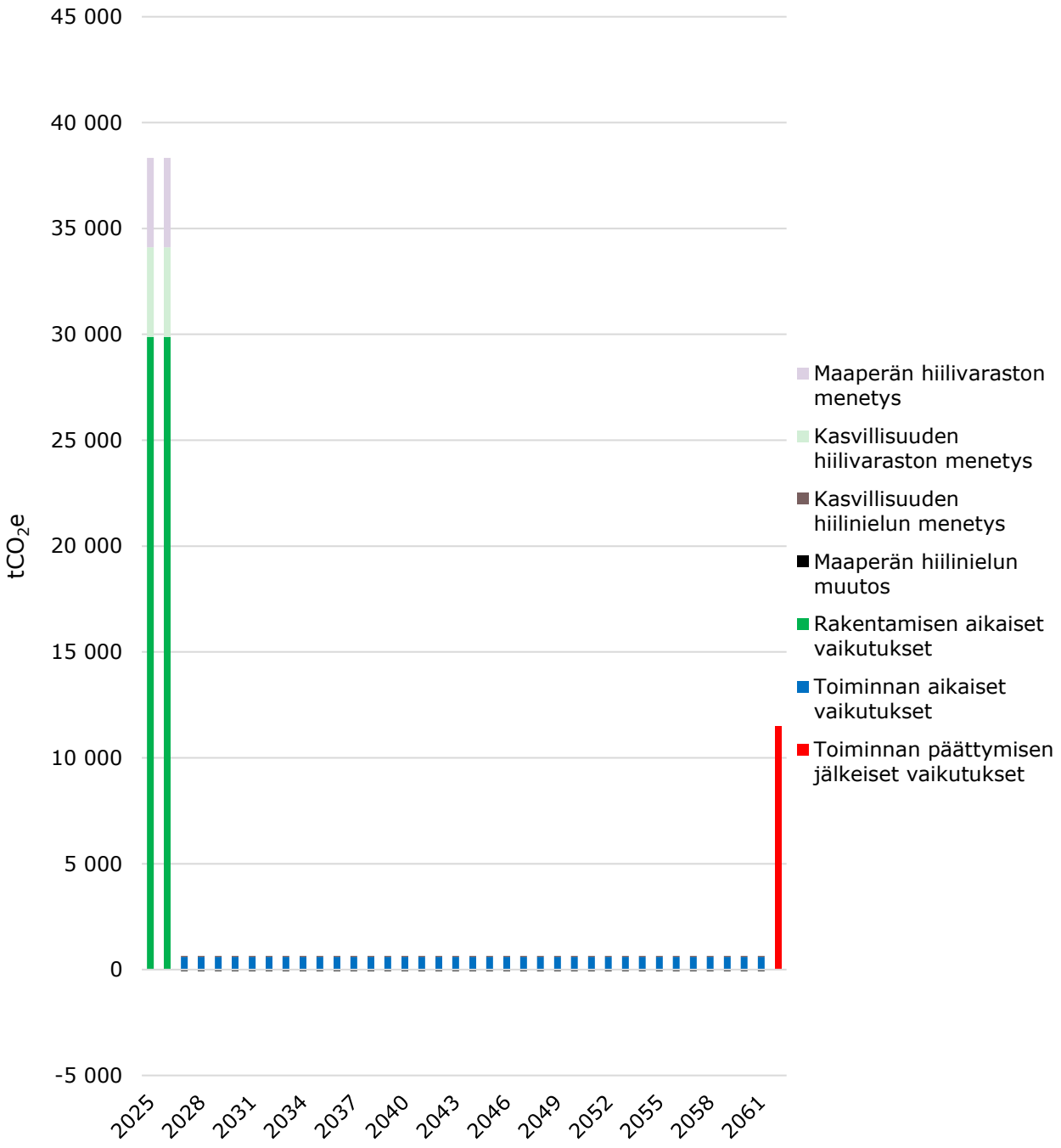


Vaikutukset elinkaarivaiheittain

Suurin osa hankkeen ilmastovaikutuksista muodostuu aurinkovoimalan rakentamisen aikana. Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen menetysten voidaan katsoa tapahtuvan rakentamisen yhteydessä, vaikka esimerkiksi puuston osalta tarkka ajankohta riippuu kaadettujen puiden loppukäytöstä.

Hiilinielujen muutoksen vaikutus jakaantuu hankkeen koko elinkaarelle. Metsämaalla kaadettu puusto ei jatka kasvuaan, eikä uutta puustoa pääse kasvamaan kaadetun tilalle. Myös kivennäismaan metsän maaperän nielu pysyy menetettynä. Maatalousmaalla maaperän arvioidaan sitovan hiiltä.

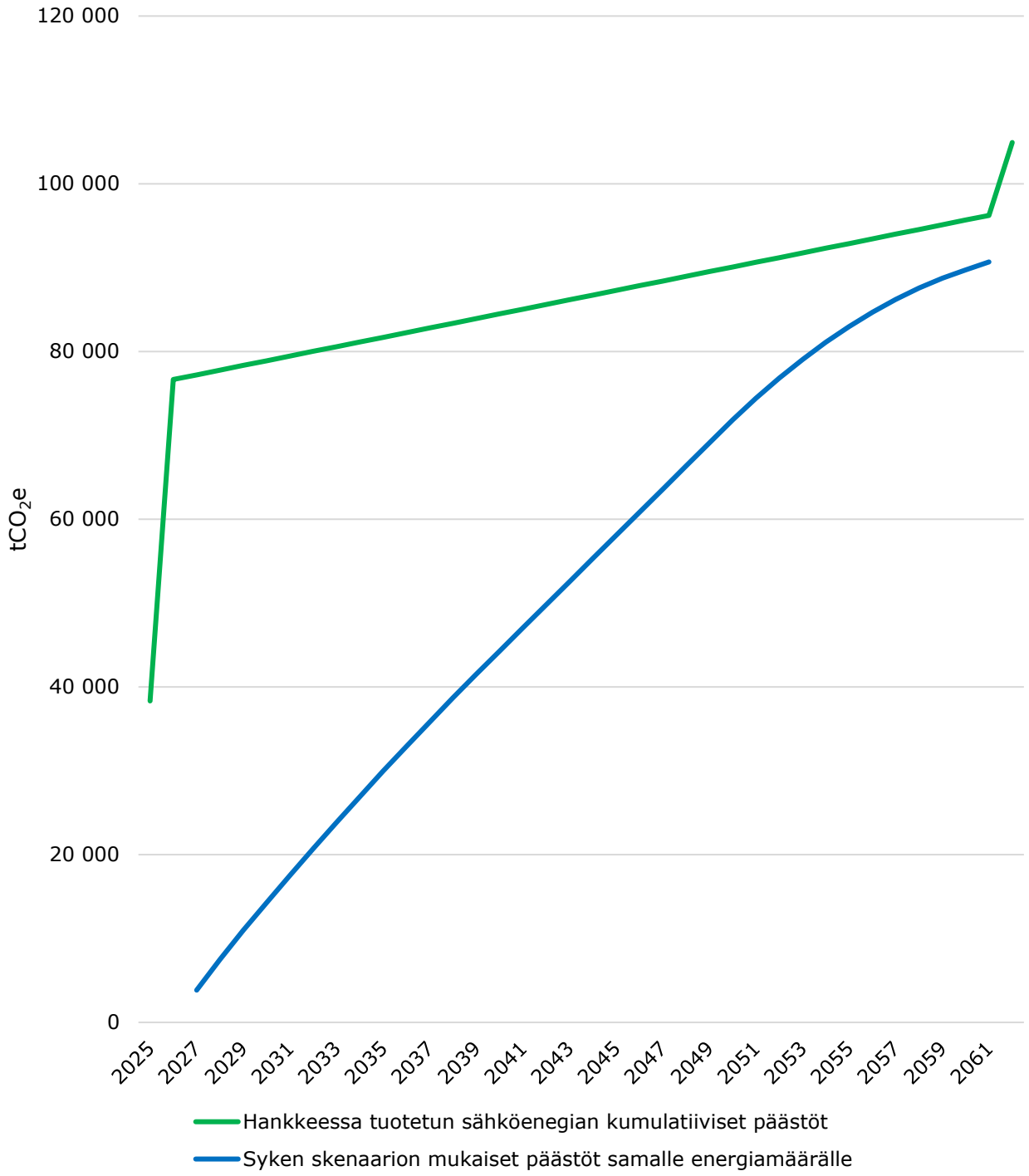
Elinkaaripäästöt	tCO_2e	%
Tuote- ja rakentamisvaihe	59 700	54
Käyttövaihe	24 100	22
Elinkaaren loppuvaihe	11 500	10
Kasvillisuus ja maaperä	15 800	14



Päästöjen vertailu

Aurinkovoimalan elinkaaren aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä voidaan verrata Suomen ympäristökeskuksen (Syke) laatiman energiaskenaarion mukaisiin sähköenergian keskimääräisiin päästöihin tulevaisuudessa (Suomen ympäristökeskus 2024). Hankkeessa tuotetun sähköenergian päästöt ovat arviolta noin 19 600 tCO_2e keskiarvopäästöjä korkeammat.

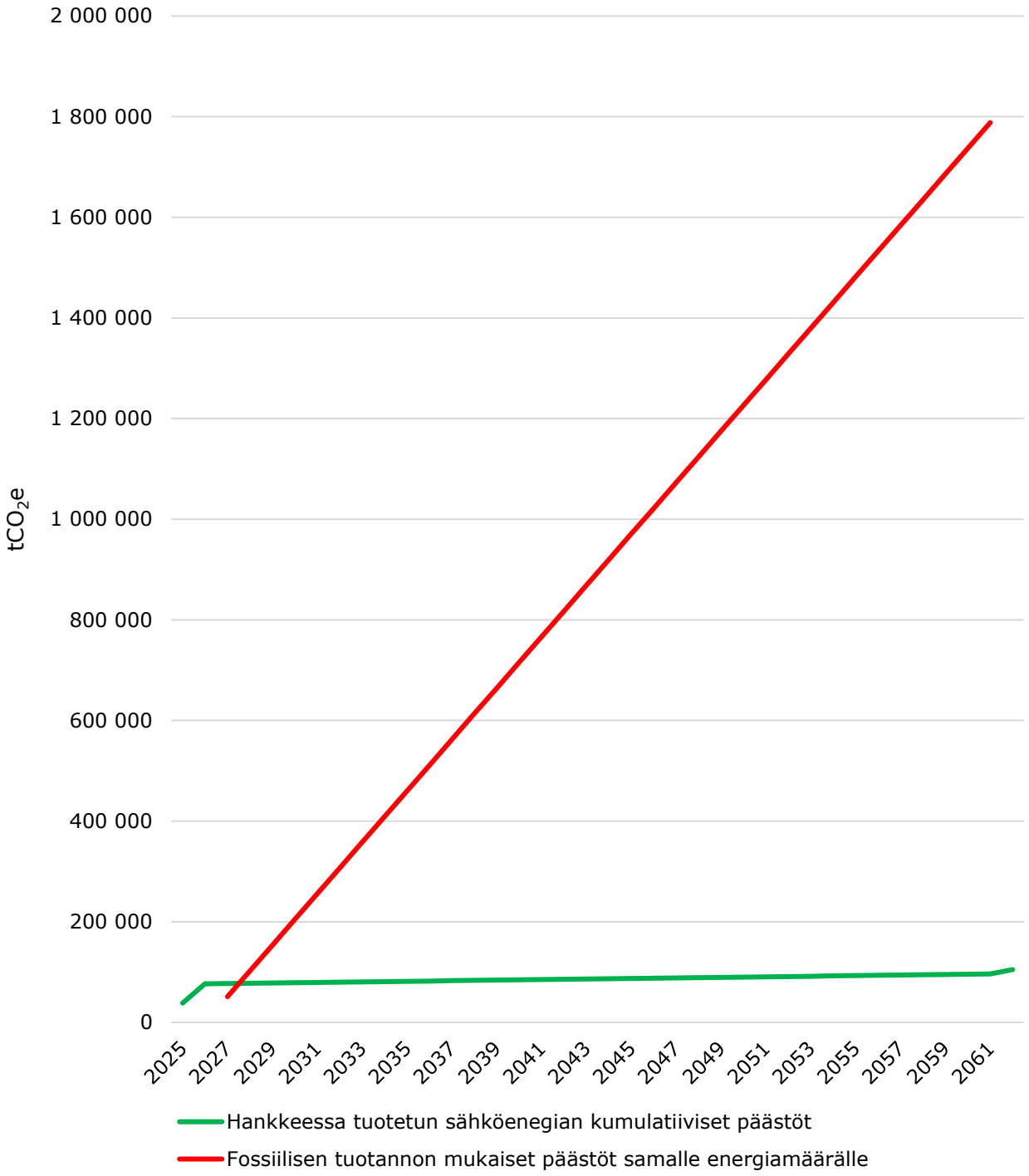
Syken skenaario perustuu oletettuun energiantuotantojakaumaan, jossa aurinkoenergialla on tietty kasvava osuus. Uusien aurinkovoimahankkeiden voidaan katsoa jo sisältyvän skenaarion mukaisiin keskiarvopäästöihin ja osaltaan mahdollistavan energiantuotannon vähähiilistymisen, eikä suoraa vertailua arvioitavan hankkeen ja skenaarion välillä voida tehdä. Koska skenaariossa oletetaan suurimman osan sähköenergiasta tuotettavan tuulivoimalla ja ydinvoimalla, joiden elinkaaripäästöt ovat aurinkovoimaa alhaisemmat, on aurinkovoiman tuottamisella näin tarkasteltuna keskiarvoa nostava vaikutus.



Päästöjen vertailu

Jos hankkeen päästöjä verrataan Suomessa vuonna 2023 fossiilisilla polttoaineilla tuotetun sähköenergian keskimääräisiin päästöihin (667 g/kWh), ovat aurinkovoimalan elinkaaripäästöt noin 1 730 000 tCO_2e alhaisemmat kuin vertailutaso (Energiavirasto 2024). Todellisuudessa ero on vielä suurempi, sillä Energiaviraston ilmoittamat keskiarvopäästöt sisältävät vain polttoaineiden polttamisen suorat päästöt ilman polttoaineiden valmistuksen ja kuljetusten vaikutusta.

Vertailu kuvaa tilannetta, jossa aurinkovoimalan 35 vuoden aikana tuottama sähköenergia tuotettaisiin fossiilisilla polttoaineilla. Se ei siten vastaa todellista hankekohtaista vertailutasoa, sillä fossiilisista polttoaineista ollaan joka tapauksessa luopumassa. Sen voidaan ajatella esittävän fossiilivapaaseen energiantuotantoon siirtymisen vaikutusta päästöihin valtakunnallisesti tarkasteltuna. Tässä arvioitava hanke on osaltaan mahdollistamassa siirtymää.



Johtopäätökset

Hankkeen toteuttamisella arvioidaan olevan yhdessä muiden uusiutuvan energian hankkeiden kanssa energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä pienentävä vaikutus.

Aurinkovoimalan tuottaman sähköenergian kokonaispäästöt ovat hieman Syken laatiman energiaskenaarion mukaisen keskiarvotuotannon päästöjä korkeammat, mutta fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaan energiantuotantoon verrattuna päästöt ovat huomattavasti alhaisemmat.

Maankäytön muutoksen vaikutusten arvioidaan olevan metsämaalla negatiivisia ja maatalousmaalla positiivisia. Puuston kaatamisen ja maaperän muokkauksen myötä menetetään sekä puuston että maaperän hiilinielu ja –varasto. Maatalousmaalla maaperän hiilensidonnan arvioidaan lisääntyvän alueen maatalouskäytön päätyttyä.

Kokonaan maatalousmaalle rakennettuna vastaavan aurinkovoimalan kasvihuonekaasupäästöt olisivat arviolta 91 200 tCO_2e, eli noin 18 % alhaisemmat.

AFRY

Lähteet

Energiavirasto 2024. Jäännösjakauma vuoden 2023 osalta. Saatavilla: https://energiavirasto.fi/-/vuoden-2023-jaannosjakauma-julkaistu-varmentamaton-sahko-entista-harmaampaa

Korhonen ym. 2013. Suomen metsät 2004–2008 ja niiden kehitys 1921–2008. Metsätieteen aikakauskirja. Saatavilla: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016102425575

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. Saatavilla: https://doi.org/10.1051/forest:2006049

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

Maanmittauslaitos 2024. Maanmittauslaitoksen ilmakuva-aineisto 01/2025. Saatavilla: https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/?lang=fi

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.

Hsu ym. 2012. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Crystalline Silicon Photovoltaic Electricity Generation. Systematic Review and Harmonization. Journal of Industrial Ecology. Saatavilla: https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00439.x

Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., ... & Wagner, F., 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. Saatavilla: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_LULUCF_FULLEN.pdf

Suomen ympäristökeskus 2023. Avoin data - maatalousmaa 2021. Saatavilla: https://ckan.ymparisto.fi/dataset/%7BD370B787-20DE-4D70-86E2-A26E09D88501%7D

Suomen ympäristökeskus 2024. Rakentamisen päästötietokanta. Energia, sähkönkulutus. Saatavilla: https://co2data.fi/rakentaminen/#fi_id7000000778

Tilastokeskus 2024. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2022. National inventory report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. Saatavilla: https://stat.fi/media/uploads/tup/khkinv/fi_nid_eu_2022_2024-03-15_v2.pdf

Väylävirasto 2023. Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023. Saatavilla: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-43_vahahiilisyyden_arviointimenetelma_web.pdf