



3FLASH FINLAND OY

Puumalan aurinkovoimalan hii- litase

3Flash Finland Oy

Safetyneer Oy

www.safetyneer.fi

Y-tunnus: 3287841-6

Projektinnumero: 12702-001

Sisällysluettelo

1. Hankekuvaus.....	2
2. Hiilitaselaskennan tiedot.....	3
2.1. Maankäytön hiilitase.....	5
2.2. Perusskenaario	7
3. Laskennan tulokset.....	9
3.1. Päästövähennyspotentiaali	9
Lähteet.....	11

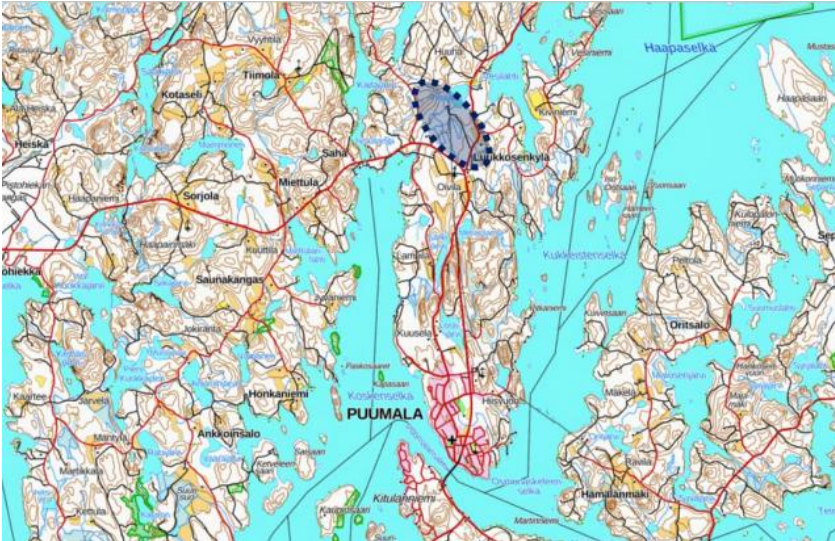
1. Hankekuvaus

Ryhälän ja Haapaselän osayleiskaavojen muutoksen tavoitteena on mahdollistaa teollisen mittakaavan aurinkovoimalan rakentaminen Puumalan kuntaan. Hankkeen aloitteen on tehnyt yksityinen hankekehittäjä 3Flash Finland Oy, ja Puumalan kunta on käynnistänyt kaavamuutokset Ryhälän osalta vuonna 2024 ja Haapaselän osalta vuonna 2025. Aurinkovoimala tukee EU:n, Suomen ja Puumalan kunnan tavoitteita vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja lisätä uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossa. Puumalan ilmasto-ohjelman päätavoitteena on hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä, ja aurinkovoimala on yksi keino edetä kohti tätä tavoitetta sekä vahvistaa energiaomavaraisuutta ja huoltovarmuutta.

Suunnittelualue sijaitsee noin 5,5 kilometriä Puumalan kuntakeskuksesta pohjoiseen, Lietvedentien (kt 62) ja Ryhäläntien (st 434) risteysalueen tuntumassa. Alue ulottuu osin Vesijärven rantaan ja Ryhäläntien itäpuolelle, ja sen laajuus on noin 145 hehtaaria. Maasto koostuu pääosin eri-ikäisistä talousmetsistä ja hakkuuaukeista, joiden lomassa on pieniä peltoalueita sekä vanha maatilan piha-piiri. Eteläkärjessä sijaitsee jätteen vastaanottopiste. Suunnittelualan luoteisreunassa kulkee Elsa Heporaudan virkistyspolku, ja alueen halki kulkee Fingridin Imatra–Puumala 110 kV -sähkölinja, johon aurinkovoimala voidaan liittää.

Hanketta varten on tehty luonto-, maisema- ja arkeologisia selvityksiä. Suurin osa alueesta on tavanomaista talousmetsää, mutta selvityksissä on tunnistettu myös luonnon monimuotoisuutta tukevia luontokohteita, kuten kosteita lehtoja ja arvokkaita metsäkohteita sekä kirjoverkkoperhosen ja viitasammakon lisääntymis- ja levähdysalueita. Nämä sijoittuvat aurinkopaneelialueiden ulkopuolelle ja ne turvataan kaavamerkinnoin. Suunnittelualueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole Natura 2000 -alueita tai muinaismuistorekisteriin merkittyjä kiinteitä muinaisjäännöksiä, mutta Lietvedentien varrella sekä Sahanlahden alueella sijaitsee maakunnallisesti ja paikallisesti arvokkaita kulttuuri- ja maisemakohteita, joiden näkymiä ja arvoja huomioidaan paneelikenttien sijoittelussa ja suojaviheralueita muodostamalla.

Aurinkovoimala toteutetaan nykyaikaista aurinkoteknologiaa hyödyntäen JAM72D42-640/LB-paneeleilla. Hankealueelle rakennetaan paneelikenttien lisäksi tarvittavat huoltotiet ja sähköasema, ja sähkö siirretään olemassa olevaan 110 kV -voimajohtoon. Hulevesien hallintaa ja vesistövaikutuksia varten on laadittu erillinen hulevesiselvitys, ja kaavan ehdotusvaiheessa tehdään aurinkovoimalan päästötaselaskelma. Kokonaisuutena hanke lisää uusiutuvan energian tuotantoa Puumalassa ja tukee vihreää siirtymää, samalla kun luonnon ja maiseman keskeiset arvot pyritään säilyttämään kaavoituksen ja suunnitteluratkaisujen avulla.



Kuva 1. Suunnittelualan rajausta maastokartalla. (Kartta: Maanmittauslaitos)

2. Hiilitaselaskennan tiedot

2.1. Aurinkopaneelien elinkaari

Aurinkosähkön ilmastovaikutukset on arvioitu hyödyntämällä N-tyyppin kaksipuolisia aurinkopaneelien koskevaa elinkaarilaskentaa (LCA) ja siinä esitettyjä päästökertoimia. Tarkastelussa lähtökoh- tana on ollut 1 kWh:n sähköntuotanto, ja järjestelmän käyttöäksi on oletettu 30 vuotta. Sama käyt- töikäoletus on käytetty myös muissa aurinkovoimaa koskevissa laskelmissa. Ympäristötuoteseloste on laadittu voimassa olevien ISO 14040-, 14044- ja 14025 -standardien mukaisesti. Arviointi kattaa koko aurinkopaneelien elinkaaren aina raaka-aineiden hankinnasta käytöstä poistoon saakka. Pa- neelien materiaaleista valtaosa, vähintään 85 %, on kierrätettävissä. Jäljelle jäävä osuus, noin 15 %, ohjautuu jätehuoltoon, josta pieni osa sijoitetaan kaatopaikalle ja pääosa käsitellään polttamalla.

Taulukko 1. Aurinkovoimalan perustiedot

Aurinkovoima-alueen pinta-ala	92 ha
Voimalan kapasiteetti	62,9 MWdc / 56 MWac
Paneelien määrä	108 175
Voimalan käyttöikä	30 vuotta

Voimala-alueen arvioitu sähköntuotannon määrä 30 vuoden ajalta	2,41 TWh
--	----------

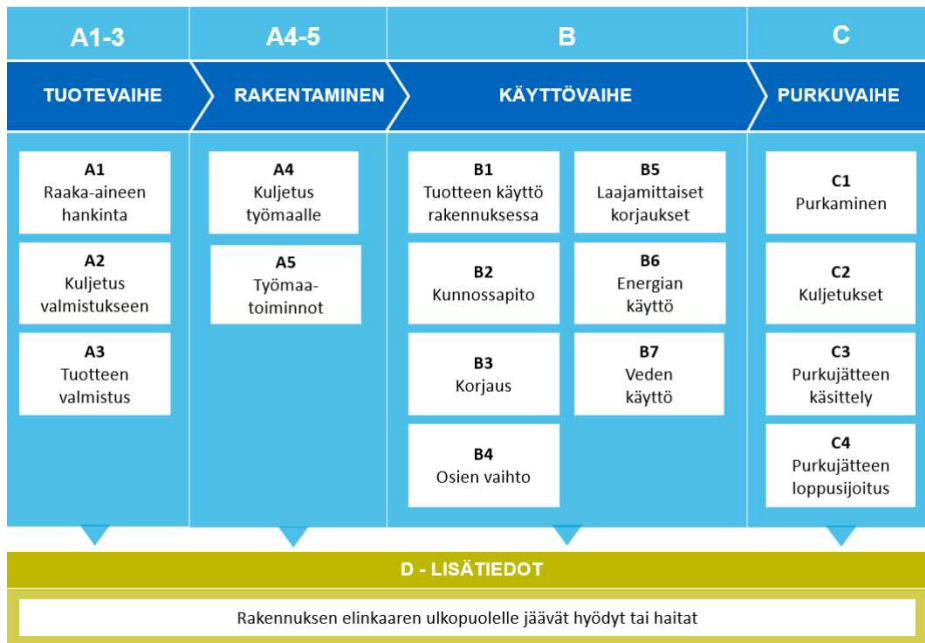
Elinkaarilaskenta on tehty voimassa olevien standardien mukaisten rajauskriteerien pohjalta. Tarkastelu kattaa kaikki olennaiset materiaalit ja ympäristön kannalta merkittävät osat siten, että yli 99,7 % aurinkovoimalan kokonaismassasta on huomioitu. Ympäristötuoteselosteen (EPD) mukaan laskennassa ei ole huomioitu maankäytön muutoksista aiheutuvia vaikutuksia, kuten metsänhakkuita tai kasvillisuuden poistamista. Myöskään pääomahyödykkeitä ei ole sisällytetty tarkasteluun.

Taulukossa 2 on esitetty aurinkovoimalan elinkaaren aikaiset ilmastonlämpenemispotentiaalit (GWP), jotka kattavat koko aurinkopaneelijärjestelmän elinkaaren. Aurinkovoimaloiden kokonaispäästöistä suurin osa syntyy tyypillisesti maankäytön muutoksista sekä paneelien ja muiden komponenttien valmistusvaiheesta. Sen sijaan paneelien asentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta aiheutuvat päästöt ovat suhteellisen vähäisiä. Aurinkovoimalan GWP-arvoihin sisältyvät myös yleisluonteiset arviot maankäytön ja maankäytön muutosten päästöistä (LULUCF-päästöt). Tiedot perustuvat Jolywoodin N-tyyppin kaksipuolisen ja kaksilasisen aurinkopaneelin EPD:hen, joka edustaa keskimääräistä N-tyyppin paneelia koskevaa elinkaariarviota. Paneelien tuotanto- ja valmistusvaiheen päästöt on raportoitu luokissa A1–A5, käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät päästöt luokissa B1–B7 ja elinkaaren loppuvaiheen, kuten purkamisen ja jätehuollon, päästöt luokissa C1–C4.

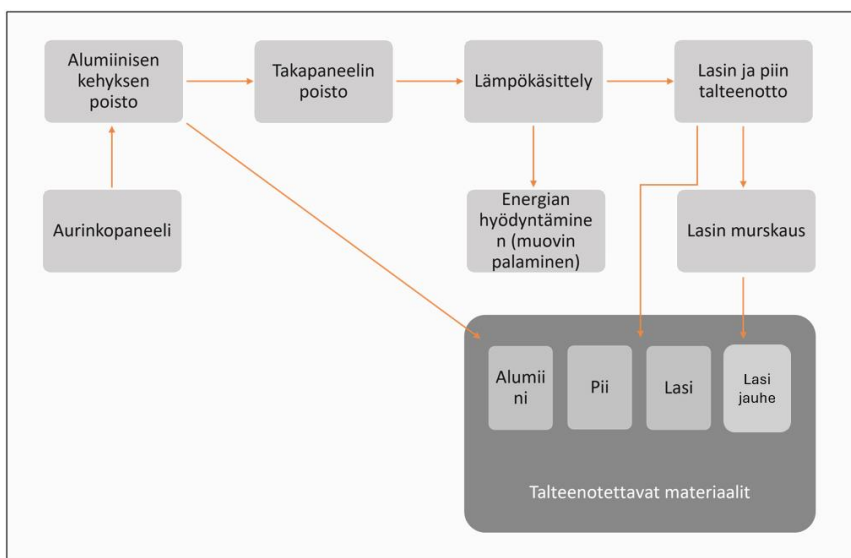
Edellä kuvatut elinkaaren vaiheet on esitetty tarkemmin kuvissa 1 ja 2.

Vaikutusluokka	Yksikkö	A1-A5	B2, C1-C4	Upstream	Downstream	Yhteensä
GWP	g CO ₂ -ekv. / kWh	10,4	0,451	0,126	0,167	11,1

Taulukko 2. N-tyyppin aurinkovoimalan ilmastonlämpenemispotentiaali.



Kuva 1. Elinkaaren vaiheet. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Ympäristöministeriö (2017).

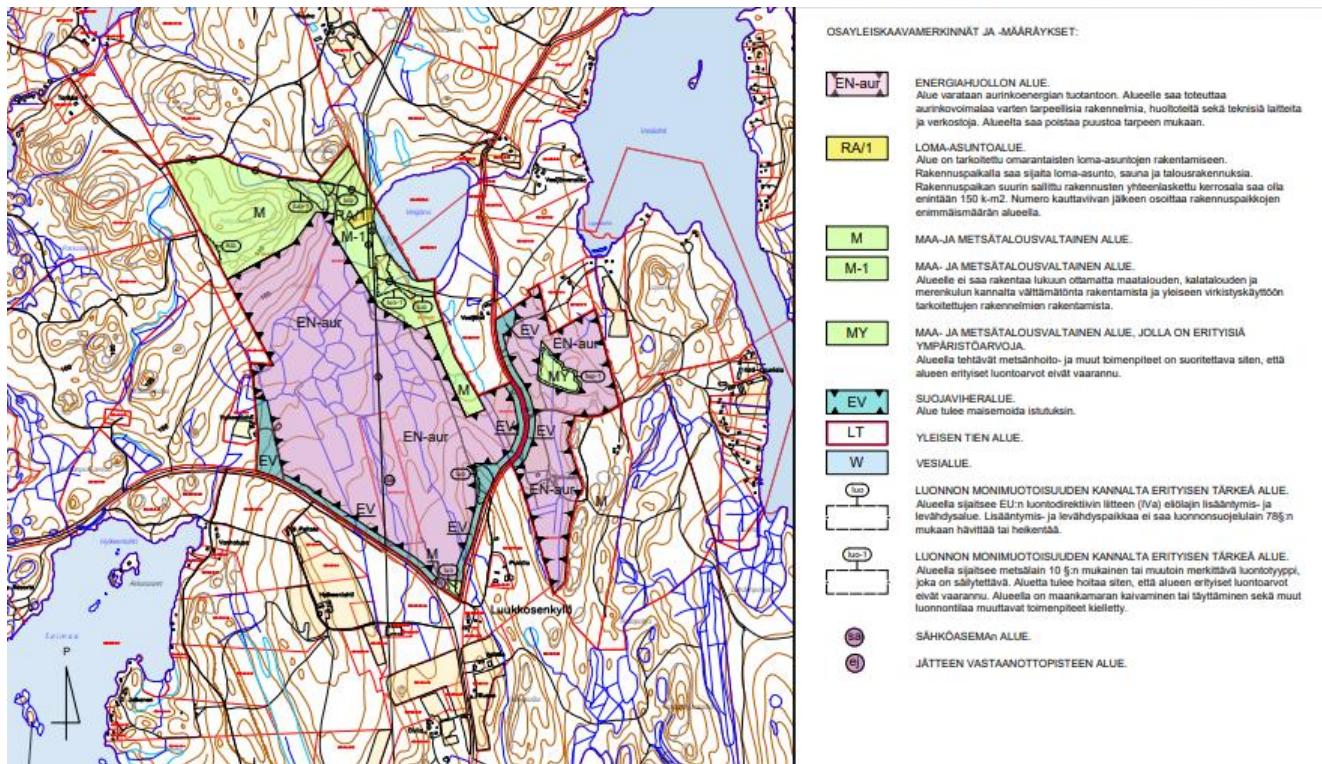


Kuva 2. Aurinkopaneelin loppukäytön pääprosessit (IRENA 2016).

2.2. Maankäytön hiilitase

Aurinkovoimalan ilmastovaikutuksia on hankkeessa arvioitu käyttäen aurinkopaneeleille yleisesti sovellettavia päästökertoimia. Käytetyn keskimääräisen paneelityypin EPD- ja LCA-aineistot sisältävät myös yleistasoiset arviot maankäytön ja maankäytön muutosten päästöistä (LULUCF). Näistä huolimatta hiilivarastojen muutoksia on tarpeen tarkastella erikseen, koska niillä voi olla merkittäviä vaikutuksia paikallisiin kasvihuonekaasupäästöihin.

Hankkeen yhteydessä tehtävät hakkuut ja niistä aiheutuvat maankäytön muutoksen päästöt arvioidaan erillisen tarkastelun avulla koko hankkeen elinkaaren ajalta. Kuvassa 3 on esitetty alueen voimassa oleva kaavaratkaisu.



Kuva 3. Kaavakartta (2025).

Tarkastelussa huomioidaan puuston biomassa (runko, oksat, kannot ja juuristo). Laskennassa koko puuston biomassan hiilipitoisuudeksi on oletettu 50 % puuaineksen kuivapainosta, ja tämä hiilimäärä on muunneltu hiilidioksidia vastaavaksi määräksi. Maaperän hiilitasevaikutuksia ei huomioida laskelmissa, sillä kaava-alueelta ei ole saatavilla riittävästi aineistoa.

Vertailutilanteena on käytetty niin sanottua perusskenaariota, jossa alue olisi jatkanut tavanomaisessa metsätaloustyössä ja olisi toiminut sekä hiilivarastona että hiilinieluna. Hakkuista aiheutuvan hiilinielun menetyksen arvio pohjautuu poistuvien metsäpinta-alojen määrään sekä K.T. Korhosen ym. (2021) esittämään keskimääräiseen puuston vuotuisen kasvuun tuottavalla metsämaalla, joka on 5,2 m³ hehtaaria kohden vuodessa. Tästä syystä esitettyä hiilitasearviota voidaan pitää suuntaa-antavana.

Puustoa ja biomassaa koskevat lähtötiedot on koottu Maanmittauslaitoksen ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) aineistoista, ja ne on käsitelty paikkatietomenetelmin. Poistetun puuston jatkokäyttöä ei ole erikseen arvioitu, vaan laskennassa on oletettu hiilivarastojen vapautuvan välittömästi. Käytännössä osa hiilestä kuitenkin sitoutuu pitkäikäisiin puutuotteisiin ja osa vapautuu vähitellen hakkuutähteiden hajotessa.

Taulukko 3. Poistettavan puun määrä yhteensä. HILA-aineisto, 8.12.2025

Yhteensä (t)	pinta-ala (ha)	massa, keskiarvo (t / ha)
6 275,3	92	68,2

Poistettavan puuston biomassan määräksi on arvioitu yhteensä 6 275,3 tonnia. Männyn massasta on oletettu hiilen osuudeksi 50 %, ja saatu hiilimäärä on muunnettu hiilidioksidiekvivalentiksi kertomalla 3,67, joka perustuu hiilen ja hiilidioksidin molekyylipainojen suhteeseen. Tällä perusteella hakkuista aiheutuva hiilivaraston menetys on yhteensä 11 515,18 tonnia CO₂-ekvivalenttia.

Hakkuun kohteena olevan metsäalueen pinta-ala on 92 hehtaaria, ja puuston vuotuinen tilavuuskasvu perustuu Korhosen ym. (2021) esittämään keskimääräiseen arvoon, noin 5,2 m³ hehtaaria kohden vuodessa. Kasvun menetyksestä johdettu hiilinielun vuosittainen lisäys on muunnettu hiilidioksidiekvivalentiksi samoja tiheyksiä, hiilipitoisuuksia ja muuntokertoimia käyttäen kuin hiilivaraston osalta. Kun tarkastelu ulotetaan 30 vuoden ajanjaksolle, kasvun menetyksestä aiheutuvaksi päästövaikutukseksi saadaan 11 851,16 tonnia CO₂-ekvivalenttia.

Taulukko 4. Hakkuiden aiheuttamat hiilivaraston ja hiilinielun menetykset.

Hakkuiden aiheuttama hiilivaraston menetys, t CO ₂ -ekv.	Hakkuiden aiheuttama hiilinielun menetys, 30 vuotta, t CO ₂ -ekv.	Hakkuiden hiilitasevai- kutukset yhteensä, t CO ₂ - ekv
- 12 000	- 12 000	- 24 000

2.3. Perusskenaario

Puumalan aurinkovoimala on uusiutuvan energian hanke, jonka tavoitteena on tuottaa ilmaston kannalta enemmän myönteisiä kuin kielteisiä vaikutuksia. Hankkeen ilmastovaikutuksia on tarkasteltu päästövähennysnäkökulmasta vertaamalla kahta kehityspolkua: tilannetta ilman hanketta (perusura) ja tilannetta aurinkovoimalan toteutuessa (hankeskenaario). Perusura kuvaa sähköntuotannon kasvihuonekaasupäästöjä ilman aurinkovoimalaa, kun taas hankeskenaario perustuu aurinkovoimalan tuottaman sähkön elinkaaren aikaisiin päästöihin.

Sähkön käytön lisäämistä pidetään yhtenä keskeisimmistä ja kustannustehokkaimmista keinoista vähentää Suomen päästöjä useilla sektoreilla, erityisesti teollisuudessa ja liikenteessä. Arvioiden mukaan sähkön kokonaiskulutus kasvaa merkittävästi vuosien 2017 ja 2050 välillä, noin 86 terawattitunnista 135 terawattituntiin. Lisääntyvä sähköntarve on tarkoitus kattaa pääosin tuuli-, ydin- ja aurinkovoimalla. Sähköistymisen tuomat ilmastohyödyt toteutuvat kuitenkin vain, mikäli fossiilisten polttoaineiden käyttöä energiantuotannossa vähennetään olennaisesti.

Tilastokeskuksen mukaan Suomen sähköntuotannon keskimääräinen elinkaaripäästökerroin oli vuonna 2025 noin 48,5 kg CO₂/MWh, ja sen arvioidaan alenevan huomattavasti tulevana vuosikymmeninä (Taulukko 6). Kehitystä vauhdittavat muun muassa vähäpäästöisten teknologioiden nopea kehittyminen, päästöoikeuksien hinnan nousu sekä kivihiilen ja turpeen käytön väheneminen. Nykytilannetta kuvaava perusskenaario heijastaa tämän päivän energiantuotannon rakennetta, kun taas vähähiilinen skenaario nojaa puhtaisiin energialähteisiin, toimivaan sähköverkkoon ja tehokkaisiin energiamarkkinoihin.

Taulukko 6. Suomen sähköntuotannon elinkaaripäästökertoimien kehitys (Tilastokeskus, 2025).

2025		Perusskenaario		Vähähiilinen skenaario	
		2035	2050	2035	2050
Sähkön elinkaarikerroin, kg CO ₂ /MWh	48,5	14	1	10	1

Taulukko 7 havainnollistaa, miten sähköntuotannon rakenteen muutos vaikuttaa aurinkovoimalan tuottamaan sähkömäärään liittyviin päästöihin. Nykytilannetta kuvaavassa perusskenaariossa hiilidioksidipäästöt ovat 99 705 tonnia CO₂, kun taas vähähiilisessä skenaariossa ne alenevat 88 846 tonniin CO₂. Kun tarkasteluun sisällytetään myös hiilitase, perusskenaarion kokonaispäästöt ovat 127 228 tonnia CO₂-ekvivalenttia ja vähähiilisessä skenaariossa 116 369 tonnia CO₂-ekvivalenttia.

Taulukko 7. Perusskenaarion ja vähähiilisen skenaarion mukaiset hiilidioksidi ja kasvihuonekaasupäästöt (t CO₂/ t CO₂-ekv.)

Skenaario	Aurinkovoimala	Yksikkö
Perusskenaario	99 700	t CO ₂
Vähähiilinen	88 800	t CO ₂
Perusskenaario (sis. hiilitaseen)	127 700	t CO ₂ -ekv.
Vähähiilinen (sis. hiilitaseen)	116 800	t CO ₂ -ekv.

3. Laskennan tulokset

3.1. Kasvihuonekaasupäästöt

Laskenta perustuu kahteen kokonaisuuteen: puuston poistoon ja aurinkopaneelien elinkaareen. Puuston osalta huomioidaan poistettavan biomassan määrä, puuaineksen tiheys, biomassan hiilipitoisuus sekä hiilen muuntokerroin hiilidioksidiekvivalentiksi. Lisäksi hiilinielun menetystä arvioidaan metsän pinta-alan, vuotuisen kasvun ja tarkastelujakson pituuden avulla samoja muunnoskertoimia käyttäen. Aurinkopaneelien osalta laskenta perustuu järjestelmän nimellistehoon, vuotuisen käyttöaikaan, paneelien elinkaaripäästökertoimeen sekä 30 vuoden elinkaareen. Näiden tekijöiden avulla arvioidaan sekä vuosittaiset että koko tarkastelujakson aikaiset päästöt.

Laskelmien mukaan aurinkovoimalan 30 vuoden toiminnan aikaiset päästöt ovat ilman maankäytön muutosten huomiointia noin 27 522,65 tonnia CO₂-ekvivalenttia ja maankäytön muutokset mukaan lukien yhteensä noin 50 888,99 tonnia CO₂-ekvivalenttia.

Taulukko 8. Aurinkovoimahankkeen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt.

Toiminta-aika	Aurinkovoima (ei sisällä maankäytön muutoksen vaikutusta hiili- taseeseen)	Aurinko- voima (si- sältää maankäy- tön muutok- sen vaiku- tuksen hiili- taseeseen)	Yksikkö
30 vuotta	28 000	51 000	t CO ₂ -ekv.

3.2. Päästövähennyspotentiali

Aurinkovoimahankkeen päästövähennyspotentiali on laskettu vertaamalla perusskenaarion ja hankeskenaarion yhteenlaskettuja päästöjä 30 vuoden tarkastelujaksolla (2025–2055). Käytännössä laskenta on tehty vähentämällä hankeskenaarion elinkaaren aikaiset kokonaispäästöt perusskenaarion vastaavista päästöistä. Vaikka aurinkovoimalan tuotannon päästökerroin oletetaan laskennassa vakioksi koko ajanjakson ajan, hankeskenaarion vuosittaiset päästöt ovat jokaisena tarkasteluvuotena perusskenaariota pienemmät. Näin muodostuva päästövähennyspotentiali on yhteensä noin **49 000 tonnia CO₂-ekvivalenttia**. Suuruusluokaltaan kyse on merkittävästä

päästövähennyksestä, joka vastaa esimerkiksi useiden tuhansien henkilöautojen yhteenlaskettuja vuotuisia päästöjä ja osoittaa, että hankkeella on selvästi myönteinen ilmastovaikutus pitkällä aikavälillä.

Lähteet

Puumalan kunta, 2025. Aurinkovoimalan osayleiskaava.

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022a. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>.

Valtionneuvosto kanslia, 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI). Synteesiraportti – Johtopäätökset ja suositukset. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-257-2>.

Lehtonen, A., Aro ym. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 121 s.

Luonnonvarakeskus, 2018. Metsävarat maakunnittain. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsavarat/metsavarat-maakunnittain-1>

Korhonen, K. T., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. M., Hotanen, J. P., Ihalainen, A., ... & Strandström, M. 2021. Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica*, 55(5).

International EPD System, 2023. EPD. N-type Bifacial Double Glass Photovoltaic Modules JW-HD144N-182 JW-HD156N-182. <https://www.environdec.com/library/epd3811>

Tilastokeskus, 2025. Sähköntuotannon päästökertoimet ja uusiutuvan sähkön tuotannon osuus, 2000-2024*



SAFETYNEER

safetyneer.fi