

Raportti

LOHJAN JÖNSBÖLEN AURINKOVOIMALAN
ILMASTOVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Helen Oy

FCG Finnish Consulting Group Oy

1.9.2023

P49156P001

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	5
1 Johdanto	7
2 Aurinkovoimalan ja asemakaavan ilmastovaikutukset	8
3 Menetelmät, oletukset ja rajaukset	9
3.1 Materiaali- ja tuotevaihe	11
3.2 Rakentamisvaihe	12
3.3 Käyttövaihe	15
3.4 Elinkaaren loppu	17
4 Tulokset	18
4.1 Hiilijalanjälki	18
4.2 Hiilikädenjälki	20
4.3 Ilmastonmuutoksen sopeutuminen ja varautuminen	22
5 Yhteenveto	23
Lähteet	25

*FCG Finnish Consulting Group Oy ("FCG") on laatinut tämän raportin FCG:n asiakkaan ("Asiakas") toimeksiantajan 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.

Käsitteet ja lyhenteet

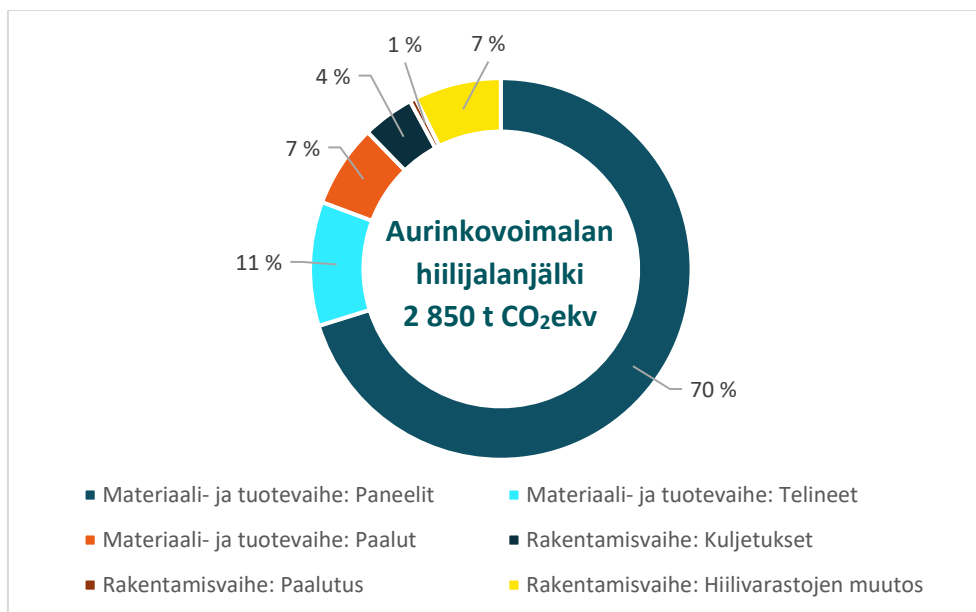
elinkaariarviointi	tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arviointiin käytetty menetelmä
EPD-raportti	ympäristöseloste, josta käy ilmi tuotteen ympäristövaikutukset sen koko elinkaaren ajalta
hiilen sidonta	prosessi, jossa ilmakehän hiiltä siirtyy ja kertyy maaperän, merien tai kasvillisuuden hiilivarastoon
hiilidioksidiekvivalentti	ilmastopäästöjen yhteismitta (CO ₂ ekv), jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus ilmastomuutoksen voimistumiseen
hiilijalanjälki	hankkeen elinkaaren aikana syntyvien ilmastopäästöjen summa
hiilikädenjälki	hankkeen ulkopuoliset ilmastohyödyt, joita voidaan saavuttaa hankkeen elinkaaren aikana ja joita ei syntyisi ilman hanketta
hiilinielu	kasvava hiilivarasto eli prosessi tai mekanismi, joka sitoo hiilidioksidinekvivalenttina ilmaistuna hiilidioksidia tai muuta kasvihuonekaasua ilmakehästä maaperään, vesialueisiin tai kasvillisuuteen
hiilipiikki	puhekielinen ilmaisu, jolla tarkoitetaan hankkeen alkuvaiheessa syntyviä, elinkaarinäkökulmasta suuria ilmastopäästöjä
hiilivarasto	puuston ja kasvien biomassa, maaperään ja vesialueisiin varastoituneen hiilen määrä; hiilivarastoa kutsutaan hiilinieluksi, jos siihen sitoutuu vuodessa enemmän hiilidioksidia kuin sitä vapautuu ilmakehään, ja hiilen lähteeksi, jos siitä vapautuu vuoden aikana enemmän hiilidioksidia kuin siihen sitoutuu
ilmastopäästöt	tässä raportissa kasvihuonekaasupäästöjen synonyymi
invertteri	vaihtosuuntaaja, joka muuttaa tuotetun tasavirran vaihtovirraksi
kasvihuonekaasut	ilmaston lämpenemistä aiheuttavat ja auringon lämpösäteilyn pääsyä ilmakehästä takaisin avaruuteen haittaavat kaasut, jotka ovat kansainvälisessä kasvihuonekaasuinventaariossa hiilidioksidin (CO ₂) lisäksi metaani (CH ₄), dityppioksidi (N ₂ O) sekä fluorikaasut eli niin sanotut F-kaasut (HFC, PFC ja SF ₆)

kivennäismaa	kallioperästä irronneesta tai hienontuneesta kiviaineksesta muodostuneet maalajit kuten moreeni, hieta, hiekka, savi ja hiesu, joissa on alle 20 % eloperäistä ainesta
metsäpoistuma	metsäisen alueen maankäytön muutoksesta aiheutuva metsän ja maaperän hiilivarastojen poistuma ja menettävä hiilinielu; käsitteenä suppeampi kuin metsämaan maankäytön muutoksesta aiheutuvat laajemmat ympäristövaikutukset kattava metsäkato
nimellisteho	aurinkopaneelin standardiolosuhteissa tuottama wattipiikkinä mitattu huipputeho
ominaispäästökerroin	CO ₂ -päästöjen määrä, joita on suhteutettu tuotettuun energiayksikköön tai muuhun tarkastelun kohteena olevaan määrään tai suoritteeseen
prosessiperäiset päästöt	raaka-aineiden ja polttoaineiden raaka-ainekäytöstä sekä jätteiden ja jätevesien käsittelystä suoraan aiheutuvat ei-energiaperäiset ilmastopäästöt
STC	säteilytehon ja lämpötilan standardiolosuhteet, jossa aurinkopaneelit ominaisuuksia testataan
turvemaa	suokasveista kertynyttä eloperäistä ainesta pinta- maata sisältävä maa-ala, jonka maakerroksessa on Suomessa orgaanista ainesta yli 40 %
wattipiikki	aurinkopaneelin nimellistehon yksikkö (W_p), joka vastaa aurinkopaneelin tuottamaa enimmäistehoa standardiolosuhteissa

Tiivistelmä

Asemakaavan ilmastovaikutusten arvioinnissa tarkasteltavia yhdyskuntarakenteen ilmastönäkökohdat liittyvät yleensä liikenteeseen, infra-, esi- ja talonrakentamiseen, alueen energiantuotannon ratkaisuihin, maankäytön muutoksen hiilensidontavaikutuksiin sekä ilmastomuutokseen sopeutumisen ja sen riskeihin varautumiseen. Tässä arvioinnissa on keskitytty L123 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan asemakaavan muutoksen merkittävimpään ilmastovaikutusten lähteeseen, joka on alueelle suunniteltu aurinkovoimala ja sen hiilijalanjälkenä ja -kädenjälkenä näkyvät kielteiset ja myönteiset ilmastovaikutukset.

Aurinkovoimalahankkeen ilmastovaikutusten lähteitä ovat tarvittavien laitteiden ja rakenteiden raaka-aineiden hankinta ja valmistus, rakentamisen energiankäyttö, alueen rakentamisen aiheuttaman maankäytön muutoksen vaikutukset puuston ja maaperän hiilensidontaan, voimalan käyttövaiheen huolto- ja ylläpitotehtävät sekä voimalan käytöstä poiston vaihe. Aurinkovoiman tuotannosta ei käyttövaiheen aikana aiheudu suoria päästöjä.



Kuva 1 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan hiilijalanjäljen jakauma elinkaarivaiheittain.

Hiilijalanjälki kuvaa hankkeen elinkaaren aikana syntyvien ilmastopäästöjen määrää. Jönsbölen aurinkovoimalan ilmastovaikutusten arvioinnissa on rajauduttu hankkeen kanalta keskeisimpiin elinkaaren aikaisiin päästölähteisiin. Ne ovat aurinkopaneelien ja niiden asennustelineiden materiaali- ja tuotevaihe sekä rakentamisvaiheen aikana tapahtuvat kuljetukset, asennustelineiden paalutus ja maankäytön muutokset.

Kuvan 1 mukaisesti suurin osa Jönsbölen aurinkovoimalan elinkaarenaikaisista 2 850 hiilidioksidiekvivalenttitonnin (t CO₂eq) hiilijalanjäljestä syntyy elinkaaren alussa materiaalien ja

osien valmistusvaiheessa. Selvästi eniten päästöjä liittyy aurinkopaneelien tuotantoon. Voimalan elinkaaren aikana syntyvät päästöt vastaavat kokoluokaltaan 1,5 % Suomen ympäristökeskus SYKE:n Lohjan kaupungille laskemista vuoden 2021 käyttöperusteisista ilmastopäästöistä.

Jönsbölen aurinkovoimalan elinkaarenaikainen ilmastopäästöjen ominaispäästökerroin on sen oletetun 40 käyttövuoden aikana keskimäärin 9,6 gCO₂ekv/kWh. Vertailun vuoksi Suomen sähköntuotannon päästökerroin oli vuonna 2022 62 gCO₂/kWh. Kansallinen sähköntuotannon päästökertoimen laskennassa huomioidaan ainoastaan käytetyn energialähteen hiilisisältö eikä se sisällä voimaloiden muita elinkaarenaikaisia päästölähteitä. Energiateollisuus ry:n energia-alan vähähiilisyystiekartan perusskenaarion pohjalta laskettu kansallinen sähköntuotannon energialähteiden hiilisisällön perusteella laskettu päästökerroin olisi Jönsbölen aurinkovoimalan käyttövaiheen aikana keskimäärin 13,3 gCO₂/kWh.

Hiilikädenjälki kuvaa ilmastohyötyjä, joita saadaan aurinkovoimalan toiminnan aikana, mutta joita ei synny ilman hankkeen toteutumista. Hiilikädenjälki näkyy aurinkovoimalan käyttövaiheessa päästövähennyksenä, kun sen tuottama sähkö korvaa ilmaston kannalta haitallisemmilla energialähteillä tuotettua sähköä ja yhteiskunnan sähköistyessä myös muuta energiantuotantoa.

Jönsbölen aurinkovoimalan elinkaarenaikainen hiilikädenjälki on 3 700 tCO₂, jos aurinkovoima korvaa sähkömarkkinoilta 40 käyttövuoden aikana Energiateollisuus ry:n ilmastotiekartan perusskenaarion mukaisesti yhä vähähiilisemmäksi muuttuvaa keskimääräistä kansallista sähköntuotantoa. Voimalan tuotannon korvaama päästötön energia hyvittäisi sen rakentamisen, käytön ja käytöstä poiston aikana syntyneen hiilivelan 11 vuoden ja 5 kuukauden kuluttua.

Kaavasuunnittelussa on huomioitava ilmastomuutoksen pitkällä aikavälillä tuomiin muutoksiin sopeutuminen ja äkillisimpiin sään ääri-ilmiöihin varautuminen rakennettavalla alueella. Sään muutoksilla voi olla vaikutusta myös aurinkovoiman tuotantoon. Jönsbölen aurinkovoimalan rakentaminen ei todennäköisesti vaikuta juurikaan lähialueen ilmastomuutoksen sopeutumiskykyyn. Jatkosuunnittelussa olisi syytä kuitenkin varmistaa, että alueella on tunnistettu ilmastomuutoksen aiheuttamat ilmastoriskit ja ilmastomuutoksen sopeutumisen lisätarpeet. Kokonaisuudessaan ilmastopäästöihin ja niiden vähentämiseen liittyvä hillintänäkökulma nousee Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalassa selvästi keskeisemmäksi ilmastonäkökulmaksi kuin ilmastomuutokseen sopeutumisen kysymykset.

Kaavahanke tukee Lohjan kaupungin, Uudenmaan maakunnan ja Suomen ilmastotavoitteita.

1 Johdanto

Tämä ilmastovaikutusten arviointi on tehty osana Lohjan kaupungin L123 Jönsbölen aurinkovoimalan asemakaavan muutoksen vaikutusten arviointia. Helen Oy:n tavoitteena on asemakaavamuutoksen avulla mahdollistaa aurinkoenergian tuotantolaitoksen rakentaminen noin 9 km Lohjan keskustasta lounaaseen sijaitsevalle suunnittelualueelle. Kooltaan noin 21 ha:n rakentamaton alue on tällä hetkellä pääosin niittyä, metsää ja ranta-alueita. Suunnittelualueesta olisi noin 10 ha aurinkoenergian tuotantoaluetta. Suunnitellun voimalan kokonaisteho on 10 MW_p ja vuotuinen nettotuotanto ensimmäisenä tuotantovuonna noin 8 GWh.



Kuva 2 Havainnekuva Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalasta.

Arviointiraportin luvussa 2 on kuvattu asemakaavan muutokseen liittyviä ilmastovaikutusten lähteitä ja arvioinnin keskiössä olevia aurinkovoimalan elinkaarivaikutuksia kuvaavia hiilijalan- ja -kädenjälkikäsitteitä. Arvioinnin menetelmiä, oletuksia ja rajoituksia on käsitelty luvussa 3 elinkaarivaiheittain. Luku 3.1 käsittelee materiaali- ja tuotevaihetta, luku 3.2 rakentamisvaihetta, luku 3.3 käyttövaihetta ja luku 3.4 elinkaaren loppua. Luvuissa 4.1 ja 4.2 on

esitelty arvioinnin tuloksia hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen avulla. Raportin päättää yhteenvetoluku 5. Raportin alussa on esitelty arvioinnissa käytetyt käsitteet ja lyhenteet.

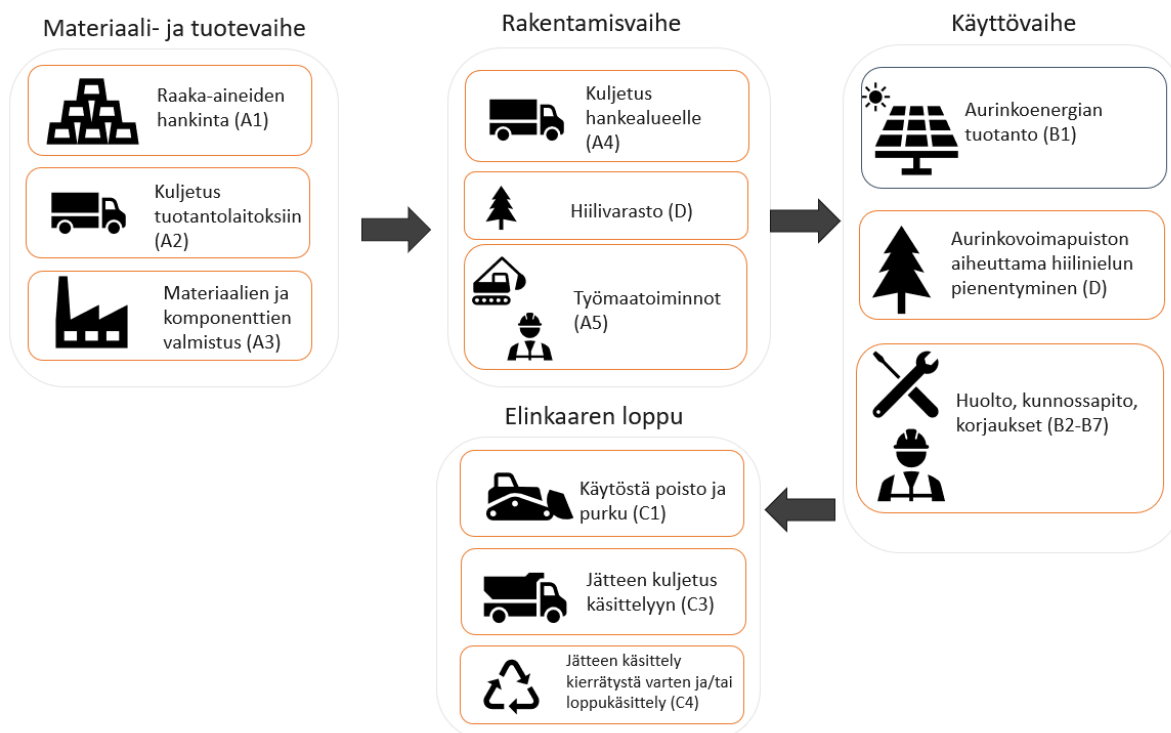
Ilmastovaikutusten arvioinnin ovat laatineet KTM Marko Nurminen ja insinööri (AMK) Tiia Merta FCG Finnish Consulting Group Oy:stä.

2 Aurinkovoimalan ja asemakaavan ilmastovaikutukset

Asemakaavan ilmastovaikutusten arvioinnissa tarkasteltavia yhdyskuntarakenteen ilmastonäkökohdat liittyvät liikenteeseen, infra-, esi- ja talonrakentamiseen, alueen energiantuotannon ratkaisuihin, maankäytön muutoksen hiilensidontavaikutuksiin sekä ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen riskeihin varautumiseen. Tässä arvioinnissa on keskitytty L123 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan asemakaavan muutoksen merkittävimpään ilmastovaikutusten lähteeseen, joka on alueelle suunniteltava aurinkovoimala.

Asemakaavamuutosalue kytkeytyy Lohjan nauhataajamaan. Rakentamisvaiheen kuljetuksia lukuun ottamatta kaavan toteutus ei aiheuta merkittäviä liikenteen ilmastovaikutuksia. Aurinkovoimalan käyttövaihe ei synnytä juurikaan autoliikennettä, korkeintaan säännöllisin väliajoin tapahtuvaa suhteellisen vähäistä ylläpito- ja huoltoliikennettä. Alueen toiminnan luonne ei aiheuta tarvetta hyödyntää sijainnin luomaa mahdollisuutta kestävien liikkumis- ja valintojen tukemiselle. Jönsbölen suunnittelualueen hyödyntäminen vaihtoehtoisella alueen sijaintia hyödyntävälle asunto- tai maa rakentamiselle on rajallista, sillä pääosin savea oleva maaperää on rakennettavuudeltaan heikkoa.

Hiilijalanjäljellä voidaan kuvata aurinkovoimalan elinkaaren aikana syntyvien ilmastopäästöjen kokonaismäärää. Seuraavan sivun kuvan 3 mukaisesti aurinkopaneelien ja muiden voimalan laitteiden ja rakenteiden raaka-aineiden hankintaan ja tuotteiden valmistukseen liittyy välillisiä ilmastopäästöjen lähteitä. Myös rakentamisen työkoneiden ja kuljetusten energiankäyttö sekä syntyvien jätteiden käsittely aiheuttavat aurinkovoimalan elinkaaren alkuvaiheessa päästöjä. Rakentamisen aiheuttama maankäytön muutos vaikuttaa puustoon, kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneeseen hiilen määrään ja niiden kykyyn sitoa hiiltä tulevaisuudessa. Aurinkovoimalan käyttövaiheen päästölähteitä ovat aurinkovoimalan tarkastusten, kunnossapidon ja korjausten tarvitsemat työkoneet, kulkuneuvot, kuljetukset ja materiaalit. Elinkaaren lopussa syntyy päästöjä, kun aurinkovoimalan ja sen rakenteet puretaan ja puretut materiaalit käsitellään.



Kuva 3 Aurinkovoimalan elinkaariarvioinnin mukaiset vaiheet.

Hiilijalanjälki kuvaa aurinkovoimalan kielteisiä ilmastovaikutuksia. Hankkeeseen liittyy myös hiilikädenjäljeksi kutsuttuja ilmastohyötyjä, joita saadaan aurinkovoimalan elinkaaren aikana, mutta joita ei synny ilman hankkeen toteuttamista. Sähkönkäyttäjälle hiilikädenjälki näkyy mahdollisuutena alentaa oman kulutuksensa hiilijalanjälkeä, kun aurinkovoimalan tuottama sähkö korvaa ilmaston kannalta haitallisemmilla energialähteillä tuotettua sähköä ja yhteiskunnan sähköistyessä myös enenevässä määrin muuta energiantuotantoa.

3 Menetelmät, oletukset ja rajaukset

Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan asemakaavan muutoksen ilmastovaikutusten arviointi muodostuu määrällisestä laskennasta ja laadullisesta asiantuntija-arvioinnista. Laskennallinen arviointi noudattaa elinkaariarvioinnin ja hiilijalanjäljen laskennan ISO-standardin linjauksia ja vaiheistusta. Tehty laskenta on periaatteessa yksinkertaista: tarkasteltava energia-, kappale- tai suorite määriin perustuva aktiivisuusdata on kerrottu asianmukaisella ominaispäästökertoimella. Tuloksena saatavat päästömäärät on esitetty hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂ekv). Sen avulla eri vaiheissa ja lähteistä syntyvät kasvihuonekaasupäästöt voidaan yhteismitallistaa kuvaamaan niiden ilmastoa lämmittävää kokonaisvaikutusta. Raportissa on käytetty ilmastopäästöjä kasvihuonekaasupäästöjen synonyyminä.

Alustavan merkittävyyden arvioinnin perusteella tässä asemakaavamuutoksen arvioinnissa on keskitetty arviointiaineiston asettamien reunaehtojen puitteissa olennaisimpiin Lohjan Jönsbölen alueelle suunnitellun aurinkovoimalan elinkaarenaikaisiin ilmastovaikutuksiin. Tämän vuoksi osa kuvan 3 voimalahankkeen elinkaaren vaiheista on rajattu arvioinnin ja laskennan ulkopuolelle. Rajaukset on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan hiilijalanjäljen laskennassa tarkasteltavat hankkeen elinkaaren vaiheet. Vaiheiden tunnistekoodit on määritelty luvun 2 kuvassa 3.

Vaihe	Materiaali- ja tuotevaihe			Rakentamis-vaihe			Käyttö-vaihe			Elinkaaren loppu		
Vaiheen tunniste	A1	A2	A3	A4	A5	D	B1	B2-B7	D	C1	C2	C3-C4
Arviointi	Osin	Osin	Osin	Osin	Osin	Osin	Ei	Ei	Osin	Ei	Ei	Ei
Arvioitavat päästö-lähteet	Aurinkopaneelit, asennustelineet ja telinepaalut			Kuljetukset, paalutus ja puuston hiilivarastot			Puuston hiilinielut					

Aurinkovoimalan ilmastovaikutuksia on verrattu arvioinnissa ns. nollavaihtoehtoon. Siinä hanke jää toteutumatta ja suunnittelualue jatkaa nykyisessä käytössä. Hiilivarastot ja -nielut jatkavat kehittymistä nykyisen maankäytön mukaisesti. Menetetty aurinkovoimantuotanto katetaan muulla sähköntuotannolla. Hankkeen toteuttamatta jättäminen ei vaikuta vertailussa käytettyyn sähköntuotannon ominaispäästökertoimeen (ks. luku 4.2). Nollavaihtoehdossa menetetään hankkeen hiilikädenjälkenä kuvatut myönteiset ilmastovaikutukset. Tällöin ei kuitenkaan synny hiilijalanjälkenä kuvattuja voimalan tuote- ja materiaaliveihin, rakentamisen, käytön ja käytöstä poistamisen ilmastopäästöjä.

Ilmastovaikutusten arviointi perustuu mahdollisimman paljon kaava- ja hankekohtaisiin tietoihin. Vaillinaisten määrätietojen ja kertoimien määrittely on tehty asiantuntija-arvoina käyttäen apuna avoimia tietokantoja sekä muita julkisesti saatavilla olevia selvityksiä ja aineistoja. Aurinkovoimalan ilmastopäästöjen laskennan kannalta keskeisimpiä perustietoja ovat koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalahankkeen ilmastovaikutusten arvioinnin kannalta keskeiset piirteet ja lähtötiedot.

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Aurinkopaneelien lukumäärä*	13 344	kpl
Aurinkopaneelin nimellisteho*	550	W _p
Aurinkovoimalan nimellisteho*	10	MW _p
Suunniteltu ensimmäisen vaiheen käyttöönottovuosi	2024	

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Suunniteltu toisen vaiheen käyttöönottovuosi	2025	
Sähköntuotanto ensimmäisenä käyttövuotena, kun molemmat vaiheet ovat käytössä*	8	GWh
Käyttövaiheen pituus	40	vuosi
Sähkön siirto ja sen niiden toteutustapa*	Sähkö siirretään maakaapeleilla muutaman kilometrin päässä sijaitsevalle Virkkalan sähköasemalle	
Asennustelineiden lukumäärä*	556	kpl
Asennustelineiden perustamistapa	Teräksinen lyöntipaalu	
Inverttereiden lukumäärä*	23	kpl
Muuntamojen lukumäärä*	3	kpl
Voimalan osien ja rakennusmateriaalien kuljetustapa	<i>Aurinkopaneelit:</i> Tiekuljetus Kiinassa Sanghain satamaan, merikuljetus Helsinkiin ja tiekuljetus suunnittelualueelle <i>Asennustelineet:</i> Tiekuljetus Puolan Poznańista suunnittelualueelle <i>Teräspaalat:</i> Tiekuljetus Hämeenlinnasta	
Voimalan alueelta poistuvan metsämaan pinta-ala	Vaihe 1: 0 Vaihe 2: 1,5	ha

* Kaava- tai hankekohtainen tieto; muut taulukon tiedot arvioinnin oletuksia tai laskennallisia tietoja.

3.1 Materiaali- ja tuotevaihe

Hankkeen materiaali- ja tuotevaiheen ilmastovaikutukset on arvioitu kehdestä tehtaan portille -periaatteella. Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalaan suunniteltujen LONGin aurinkopaneelien valmistuksen hiilijalanjälki on määritelty ympäristöseloste- ja esiteaineiston avulla (LONGi 2021, 2023a ja 2023b sekä JinKO Solar 2021). Niiden nimellisteho on 550 W_p. Paneelin päästökertoimeen liittyy arviopohjaisuuden vuoksi epävarmuutta, joka voi lisätä tai pienentää voimalan hiilijalanjälkeä arviolta jopa 15 %. Suurin osa aurinkopaneelin materiaali- ja tuotevaiheen ilmastopäästöistä aiheutuu paneelia asuojaavan karaistun lasin ja aurinkokennojen valmistuksessa tarvittavien piyhdisteiden tuotannossa (ks. esim. Müller ym. 20221).

Aurinkopaneelit asennetaan maanelineisiin. Telineistä ei ollut käytettävissä tarkempia rakennetietoja, joten niiden massa- ja materiaaliosuudet on arvioitu telinevalmistaja Schelet-terin (2022 ja 2023) teräksestä ja alumiinista valmistettujen kaksijalkaisten ja 2V-rakenteisten perustelinemallien avulla. Ominaispäästökertoimet on määritelty Suomen

ympäristökeskuksen ylläpitämän rakentamisen ja infrarakentamisen CO2data-tietokannan (2023) sisältämien saksalaisten teräksen ja alumiinin kerrointietojen perusteella. Telineet asennetaan savimaahan teräksisillä lyöntipaaluilla. Yhtä telinettä kohti on arvioitu tarvittavan neljä kappaletta nelimetristä kotimaisia teräspaalua. Teräksen ominaispäästökerroin perustuu SSAB:n (2022) lyöntipaalujen ympäristöselosteen paalujen valmistuksen A1-A3-elinkaarivaiheiden ilmastopäästöihin.

Muita aurinkovoimalan tarvitsemien laitteiden ja rakenteiden materiaali- ja tuotevaiheen ilmastopäästöjä ei ole arvioitu. Rajauksen pääsyynä ovat puutteelliset tai epävarmat määrät tai kerrointiedot. Hiilijalanjälkitarkastelussa ei ole mukana esimerkiksi inverttereitä, muuntamoja, kaapeleita, suojalaitteita, maadoitusosia tai voimalaa ympäröivää teräsaikaa. Rajaus ei vaikuta arvioinnin lopputulokseen. Arviointityön yhteydessä tehtyjen suuntaa antavien laskelmien perusteella tarkastelun ulkopuolelle jäävien materiaali- ja tuotevaiheen päästölähteiden osuus Jönsböleen suunnitellun aurinkovoimalan kokonaispäästöistä on noin 10 %:n kokoluokkaa.

3.2 Rakentamisvaihe

Aurinkovoimalan rakentamisvaiheen päästölähteistä on tässä arvioinnissa mukana aurinkopaneelien, asennustelineiden ja paalujen kuljetukset suunnittelualueelle, telineiden asentamisen energiankäyttö sekä maankäytön muutosten vaikutus hiilensidontaan suunnittelualueella. Voimalan rakentaminen tapahtuu kahdessa vaiheessa ja kestää puolitoista vuotta. Arvioinnissa on oletettu, että ensimmäinen vaihe voidaan ottaa käyttöön vuonna 2024 ja toinen vaihe vuonna 2025.

Kuljetusten ilmastovaikutukset riippuvat kuljetusmuodosta ja kuljetusmatkan pituudesta. Oletuksena on, että aurinkopaneelit tuodaan Kiinasta merikonteissa. Laskennassa on mukana tiekuljetukset LONGin tehtailta Shaanxin maakunnasta Sanghain satamaan, merikuljetukset Göteborgin kautta suunnittelualueen lähimpään satamaan Helsinkiin sekä maantiekuljetukset satamasta Lohjalle Jönsbölen alueelle. Asennustelineet rahdataan maanteitse kappalekuljetuksena Poznańista suunnittelualueelle. Teräspaalut tuodaan kuorma-autolla Hämeenlinnasta. Alueelta poistettavan puuaineksen kuljetusten ilmastovaikutukset on allokoitu niiden hyödyntäjille, eikä niitä ole sisällytetty hankkeen hiilijalanjälkeen. Tiekuljetusten pituudet on määritelty käyttämällä Google Maps -palvelua (Google 2023).

Kotimaisten ja eurooppalaisten tiekuljetusten ilmastopäästöjen kertoimina on käytetty CO2datan (2023) infrarakentamisen päästötietokannan täysperävaunuyhdistelmän maantiekuljetusten kertoimia. Kiinalaisten kuorma-autojen kerroin on määritelty LONGin (2023b) aurinkopaneelin ympäristöselosteen tietojen avulla. Kotimaisten kuljetusten kuorma-as- teeksi on oletettu 50 %, koska paluukuljetusten hyödyntämisestä ei ole tässä vaiheessa

vielä tietoa. Kansainvälisissä kuljetuksissa hyödynnetään myös paluukuljetukset, joten kuorma-asteoletus on 100 %. Merikuljetusten reittikohtaiset päästökertoimet ovat määriteltä EcoTransitIT Worldin (2023) laskurilla. Kaikki kuljetusten päästökertoimet huomioivat polttoaineiden käytön lisäksi päästöt polttoaineen lähteeltä kuljetusvälineen tankkiin eli ns. Well-to-Tank-päästöt. Vain pieni osa rakentamisen kuljetusten ilmastopäästöistä näkyy Lohjan tai Uudenmaan käyttöperusteisissa päästölaskelmissa.

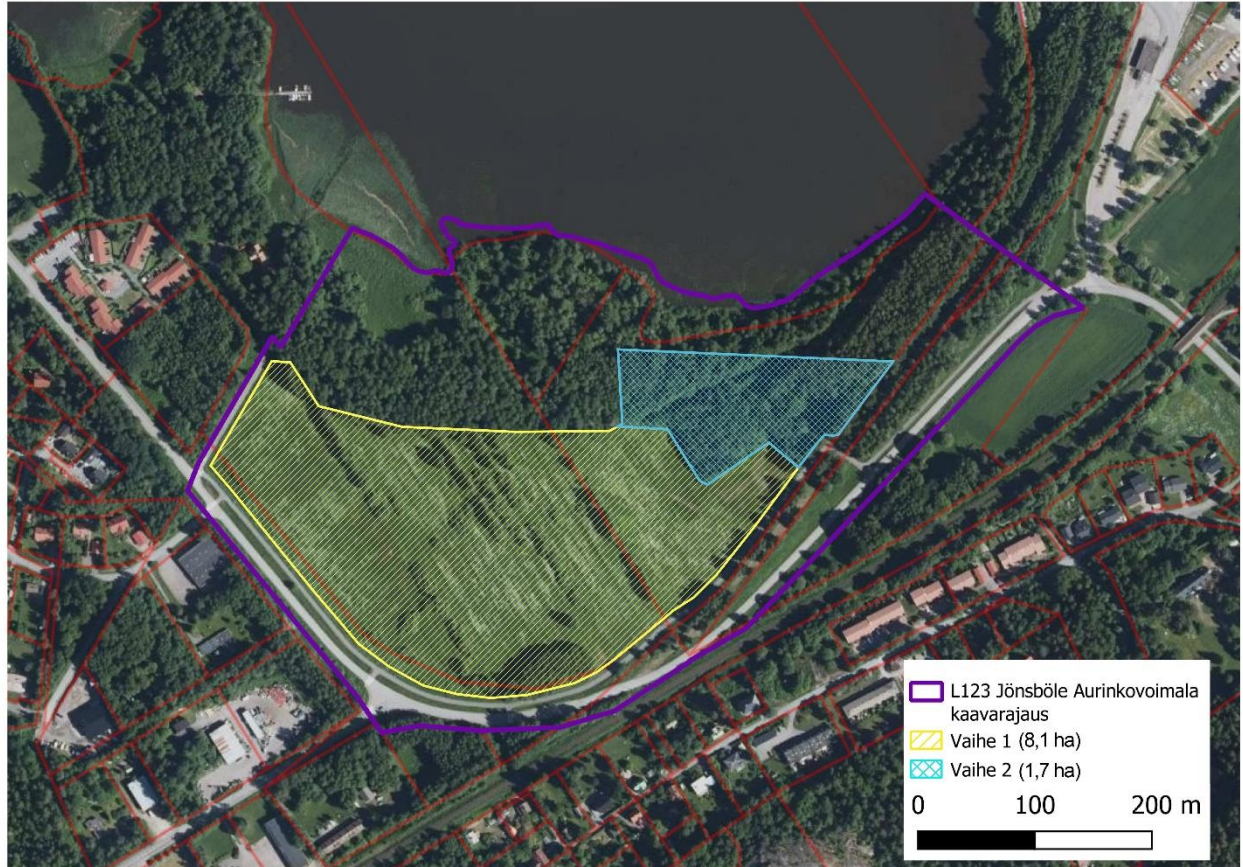
Suunnittelualue on pääasiassa savea ja sen rakennettavuus on heikkoa. Oletuksena on, että aurinkopaneelien telineet voidaan asentaa suhteellisen kevytrakenteisina suunnittelualueella perusmaahan paalujen varaan. Telineiden paalutuksen työmäärä on arvioitu Rakenustieto Oy:n Ratu-kortiston (Ratu 2017) menekkitietojen avulla. Paalutuskoneen päästökerron on peräisin CO2datan (2023) infrarakentamisen tietokannasta. Suhteellisen tasaiselle alueelle ei ole tarpeen tehdä esirakentamiseen liittyviä merkittävästi ilmastopäästöjä aiheuttavia maansiirto- tai maanmuokkaustoimenpiteitä. Asemakaava-alueella ei ole tarvetta aiempien rakennusten tai rakenteiden purkamiseen. Se tukeutuu olevaan yhdyskuntarakenteeseen ja alue on liitettävissä lähellä oleviin kunnallistekniikan verkostoihin.

Kahdessa vaiheessa rakennettava aurinkovoimalan alue on laajuudeltaan noin 10 ha. Alueen rakentuminen merkitsee maankäytön muutosta, joka vaikuttaa metsän ja maaperän hiilensidontakykyyn ja hiilivarastoon, kun suunnittelualueen pelto- ja metsämaita muutetaan vaihteittain voimalan tarvitsemiksi rakennetuksi maa-alueiksi. Eri aluetyyppien määrät on arvioitu Suomen ympäristökeskuksen (2023) LAPIO-latauspalvelusta saatavan CORINE Land Cover 2018 -maanpeiteaineiston avulla. Rasteriaineiston 20 metrin resoluutio aiheuttaa maanpeitetyyppien pinta-alojen arviointiin epätarkkuutta suunnittelualueen pienemmissä ja kapeammassa tarkastelualueissa.

Toisen rakentamisvaiheen aikana kaadetaan metsää noin 1,5 ha. Poistuvan puuston hiilivarastojen suuruus on laskettu runkopuun hiilisisällön avulla. Se on oletettu 0,75 hiilidioksidiekvivalenttitonniksi yhtä puukuutiometriä kohti. Puuston keskitilavuus metsämaalla perustuu arvioinnissa Luonnonvarakeskuksen (2023) tilastoihin. Puuston keskitilavuutena metsämaalla on käytetty Uuttamaata koskevaa tilastotietoa 168 m³/ha. Tieto perustuu vuosina 2017–2021 mitattuihin valtakunnan metsien inventointien aineistoon (Luonnonvarakeskus 2023). Puuston hiilivaraston oletetaan vapautuvan hakkuissa välittömästi. Käytännössä hiilen vapautuminen kuitenkin tapahtuu ajan kuluessa, koska se riippuu puusta valmistetuista tuotteista ja niiden elinkaaresta.

Arvioinnissa on rajauduttu vain puuston hiilen tarkasteluun. Hiilivarastojen muutoksen ilmastovaikutus on myös todellisuudessa laskettua suurempi, koska puu sitoo hiiltä muuallekin kuin runkoon. Laskennassa käytetty CORINE-aineisto ei tarjoa sellaista puustoa ja maaperää koskevaa tietoa, jonka avulla voitaisiin luotettavasti huomioida laskennassa metsäisten alueiden koko hiilivarasto. Keskimääräiseen maakuntatason puuston hiilisisältötietoon

perustuva laskenta ei ota kunnolla huomioon eri kasvuvaiheissa olevien eri ikäisten metsien hiilen varastojen välisiä eroja.



Kuva 4 Jönsbölen aurinkovoimala rakennetaan kahdessa vaiheessa siten, että ensin toteutetaan kuvan peltovoittoinen keltainen alue ja toisena metsävoittoinen turkoosi alue

Arvioinnissa ei ole huomioitu Jönsbölen aurinkovoimalan rakennusvaiheen maanmuokkauksen vaikutuksia maaperähiileen. Syynä tähän on tarvittavien maaperätietojen puuttumisen lisäksi laskennallisen arvioinnin haasteellisuus. Rajausta voi aiheuttaa jonkin verran epävarmuutta luvussa 4 esitettyihin tuloksiin, koska etenkin metsien osalta suurin osa hiilestä on varastoitunut metsämaan karikkeeseen, humukseen ja kivennäismaahan.

Voimalan rakennusalueella on CORINE-aineiston perusteella noin 8 ha peltoaluetta. Vaikutukset vanhojen peltopohjien niittyjen ja muiden maankäyttötapojen hiilivarastoihin ja -nieluihin ovat suhteellisen vähäisiä metsäisempiin alueisiin kohdistuviin vaikutuksiin verrattuna. Todennäköisesti muutokset ovat merkityksettömiä, sillä peltojen maankäytön muutos on vain osittaista ja maanpinta pysyy aurinkopaneelien alla niittymäisenä tai muutetaan nurmikoksi. Vain pieni osa maaperän hiilestä vapautuu rakentamisen maanmuokkauksen yhteydessä suoraan ilmaan. Voimakkaampaa muokkausta liittyy aurinkovoimalan

rakentamisvaiheessa lähinnä asennustelineiden paalutukseen, lyhyen sorapintaisen huoltotien rakentamiseen ja sähkönsiirtoon liittyvien rakenteiden perustamiseen. Maaperähiilen muutosta pienentää lisäksi se, että Jönsbölen aurinkovoimalan alueella ei ole juurikaan turvemaata, vaan alue on pääosin kivennäismaihin kuuluvaa savimaata. Eloperäisten maiden raivaus tuottaisi moninkertaiset ilmastopäästöt kivennäismaihin verrattuna (ks. esim. Hei-nonsalo 2021).

Muiden aurinkovoimalan rakentamisvaiheen toimintojen ilmastopäästöjä ei ole arvioitu tietojen puuttumisen vuoksi. Näitä ovat rakentamiseen liittyvät polttoaineperäiset päästöt, joita syntyy mm. suunnittelualueen maaperän käsittelystä ja hakkuista, huoltoteiden rakentamisesta ja kunnostamisesta, paneelien ja muiden laitteiden asennuksista sekä työmatkoista. Myöskään rakentamisen jätteiden käsittelystä ja kierrätyksestä aiheutuvia energia- ja prosessiperäisiä päästöjä ei ole arvioitu. Jönsbölen aurinkovoimala kytketään Virkkalan sähköasemalla, joka sijaitsee noin kilometrin päässä suunnittelualueesta. Sähkö siirretään aurinkovoimalasta sähköasemalle maakaapeleiden avulla.

3.3 Käyttövaihe

Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan käyttövaiheen pituus on oletettu 40 vuodeksi. Tulosten tarkastelun yhteydessä on käytetty vertailukohtana myös kansainvälisen energijärjestön IEA:n aurinkovoimaloiden hiilijalanjäljen laskennan ohjeiden (Frischknecht ym. 2020) mukaista 30 vuoden aikajännettä.

Aurinkovoimalan käyttövaiheen hiilijalanjälki syntyy tässä arvioinnissa aurinkopaneelien ja alueen muiden voimalalaitteiden ja -rakenteiden ylläpidon, huollon ja uusimisen päästölähteistä. Itse voimalan sähköntuotannosta ei aiheudu suoria ilmastopäästöjä. Hankalasti arvioidtavat käyttövaiheen ylläpidon ja huollon energiankäytön päästöillä ei ole juurikaan merkitystä hankkeen ilmastovaikutusten elinkaaritarkastelussa.

Inverttereitä, muuntajia ja aurinkopaneeleja joudutaan uusimaan 40 vuoden käyttöjälkeen aikana. Ilmastovaikutusten arvioinnissa ei ole huomioitu vaikutusten arvioinnin haasteellisuuden vuoksi korvaavien laitteiden ja osien materiaali- ja tuotevaiheen päästöjä. Erityisesti aurinkopaneelien valmistuksen tulevaisuuden päästöjä on erittäin vaikea ennustaa, koska paneeliteknologiat kehittyvät, valmistusprosessit tehostuvat, materiaalit muuttuvat ilmastomyönteisemmiksi ja tuotannossa käytettävät energiamuodot muuttuvat yhä vähäpäästöisemmiksi.

Jönsbölen suunnittelualueen metsäpoistumasta seuraa käyttövaiheessa näkyvä hiilinielujen muutos. Tulevaisuudessa ajan myötä näkyviä hiilinielujen menetyksen ilmastovaikutuksia ei ole sisällytetty rakennusvaiheen tuloksiin, vaan niitä on tarkasteltu osana käyttövaiheen vaikutuksia. Nykytilanteeseen perustuva keskimääräinen vuosittainen hiilinielutulos ei

kuvaa todellisuudessa ajan myötä alueen kasviston kehittymisestä ja käsittelyistä aiheutu-
via hiilinielun muutoksia.

Hiilinieluarvio perustuu kaadettavan runkopuun hiilensitomispotentiaalin määrään. Lasken-
nassa on käytetty CORINE-aineiston (Suomen ympäristökeskus 2023) maanpeiteluokkien
tietoja ja vuosien 2017–2021 metsäinventointitietoihin perustuvaa Uudenmaan puuston
hehtaarikohtaista vuosittaista keskikasvua $7,1 \text{ m}^3/(\text{ha vuosi})$ (Luonnonvarakeskus 2023).
Maakuntatason kerroin pohjainen hiilinielulaskenta ei huomioi suunnittelualueen puuston
erityispiirteitä eikä myöskään hiilinielun ajallisen muutoksen vaikutusta.

Suunnittelualueen savimaalla sijaitsevat pellot ovat todennäköisesti päästölähteitä ja niiden
maaperän keskimääräiset vuosittaiset hehtaarikohtaiset hiilidioksidipäästöt ovat kokoluo-
kaltaan arviolta $0,5\text{--}0,7 \text{ tCO}_2/(\text{ha vuosi})$ (esim. HSY 2020). Alueen niityt ovat todennäköi-
sesti hiilinieluja. Arvioinnissa ei ole huomioitu aurinkovoimalan rakentamisen vaikutusta
rakennettavan peltoalueen maaperän nettomääräiseen hiilinieluun. Aurinkovoimalan ra-
kentamisen aiheuttaman osittaisen maanmuokkauksen vaikutuksia on vaikea arvioida il-
man mallintamista. Syntyvät hiilinielumuutokset eivät todennäköisesti ole kokonaistarkas-
telun näkökulmasta merkittäviä.

Metsien kivennäismaaperä on hiilinielu. Sen vuosittain sitomien päästöjen määrä liikkuu
Uudenmaan liiton (2023) hiilensidonnan aineiston perusteella noin $6\text{--}7 \text{ tCO}_2/(\text{ha vuosi})$.
Suunnittelualueen metsien runkopuuston laskennallinen hehtaarille laskettu hiilinielu on
 $16 \text{ tCO}_2/(\text{ha vuosi})$. Voimalan rakentamisesta johtuvat hakkuut vaikuttavat maaperähiilen
kykyyn sitoa hiiltä. Käsittelyn metsän hiilivarasto pienenee ja metsä muuttuu päästöläh-
teeksi. Peltöjen tavoin myös maankäytöltään muuttuvan metsämaan ilmastovaikutusten
arviointi on haasteellista ja jätetty arvioinnin ulkopuolelle. Raja-
us vaikuttaa jonkin verran hiilinielun kokoluokkaan, mutta ei vaikuta Jönsbölen aurinkovoimalan ilmastovaikutusten
tarkastelussa hiilijalanjäljen kokonaistulkintaan.

Aurinkovoimalan tuottamaan tehoon vaikuttaa eniten voimalan aurinkopaneeleihin kohdis-
tuva auringon säteilyintensiteetti (Heikkilä 2020). Jönsbölen alueen keskimääräinen vuosit-
tainen auringonsäteilyn määrä on laskettu PVGIS-laskurilla (JRC 2023) olettaen, että paneel-
it suunnataan ja kallistetaan energiantuotannon kannalta optimaaliseksi. PVGIS-laskelmien
perusteella lasketun auringon kokonaissäteilyn määrä $1\,193 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ vuosi})$ vaihtelisi vuo-
sittain $\pm 5 \%$:n välillä.

Häviöt vaikuttavat voimalan hyötysuhteeseen ja järjestelmän lopulliseen sähkön tuottoon.
Piikiteiden heikkeneminen vähentää paneelien tehoa. Voimalan ensimmäisenä käyttö-
vuonna aiheutuu 2% :n häviöt uusien paneelien altistuessa auringonvalolle ja sen jälkeen
syntyy vuosittain $0,45 \%$:n häviöt, kun paneelien piikiteet ikääntyvät. Paneelin häviötiedot
perustuvat valmistajan tietoihin (LONGi 2021). Häviöitä liittyy myös asennusolosuhteisiin,
tasavirtakaapelointiin, inverttereiden häiriöihin ja muuntosuhteisiin, tuottohuippujen

tasaukseen, sähkönsiirtoon ja voimalan laitteiston ikääntymiseen ja vikaantumiseen. Ympäristöolosuhteista, kuten auringonvalon säteilykulmasta ja lämpötilasta syntyvät paneelien häviöt perustuvat tehtyjen PVGIS-laskelmien tietoihin.

Tehtyjen oletusten perusteella järjestelmän häviöt pienentävät Jönsbölen aurinkovoimalan tuottoa laskennallisesti yhteensä 15 %. Kokonaishyötysuhde on voimalan 40 vuoden käyttövuoden aikana keskimäärin 17 %, kun valmistajan (LONGI 2023a) ilmoittama aurinkopaneelin hyötysuhde on STC-olosuhteissa 21,5 %. Arvioinnissa tehtyjen oletusten perusteella aurinkovoimala tuottaisi yhteensä 7,4 GWh sähköä siinä vaiheessa, kun molemmat vaiheet on otettu käyttöön. Aurinkopaneelien piikiteiden heikkenemisen vuoksi laskennallinen sähkön tuotanto olisi viimeisenä 40. käyttövuotena 6,3 GWh. Kokonaissäteilyn määrän vaihtelun perusteella vuosituotannon vaihteluväli olisi noin $\pm 0,4$ GWh.

3.4 Elinkaaren loppu

Aurinkovoimala puretaan elinkaaren lopussa. Sen käytöstä poistamisen ilmastovaikutukset riippuvat purettavien rakenteiden määrästä. Purun ja siitä syntyvien jätteiden käsittelyn ilmastopäästöt eivät ole mukana tässä arvioinnissa niiden vähäisen merkittävyyden takia. Valmistajien julkaisemien EPD-raporttien mukaan elinkaaren lopun päästöillä on vain muutamien prosenttien osuus aurinkopaneelin koko hiilijalanjäljestä.

Suomessa ei vielä juuri ole aurinkopaneeleille kierrätyspisteitä, vaan ne toimitetaan sähkö- ja elektroniikkaromun keräykseen (Rantaruoko 2022). Jönsbölen aurinkovoimalan käyttöajan päättyessä paneelien kierrätyksen ja materiaalien hyödyntämistapojen voidaan olettaa myös olevan nykyistä huomattavasti kehittyneempiä, jolloin myös purkamisesta ja jätteiden käsittelystä aiheutuvien ilmastopäästöjen voidaan olettaa olevan tulevaisuudessa nykyistä huomattavasti pienemmät. Sama oletus pätee myös telineiden osien jatkohyödyntämiselle. Kierrätyksestä saatavia ilmastohyötyjä ei huomioitaisi varsinaisen hankkeen hiilijalanjäljen laskennassa, vaan niitä tarkasteltaisiin ilmastovaikutusten arvioinnissa erikseen.

Aurinkovoimalan elinkaari päättyy arvioinnissa purkamiseen. Purkamisen jälkeen Jönsbölen voimala-alue voidaan palauttaa muuhun käyttötarkoitukseen. Aurinkovoimalaa varten rakennettavaa soratietä voidaan käyttää myös tuotantotoiminnan päättämisen jälkeen.

4 Tulokset

4.1 Hiilijalanjälki

Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan asemakaavan muutoksen merkittävimmät ilmastovaikutukset aiheutuvat voimalan elinkaarenaikaisista ilmastopäästöistä. Luvun 3 mukaisilla oletuksilla laskettu aurinkovoimalan hiilijalanjälki on 2 850 tCO₂ekv.

Suurin osa jalanjäljestä syntyy aurinkovoimalan elinkaaren alkuvaiheessa. Rakentamiseen tarvittavien laitteistojen ja rakenteiden raaka-aineiden hankinnasta ja tuotteiden valmistuksesta aiheutuu 88 % ilmastopäästöistä. Merkittävin päästölähde on aurinkopaneelien valmistus. Ne muodostavat 80 % aurinkovoimalan materiaali- ja tuotevaiheen hiilijalanjäljestä ja 70 % voimalan koko hiilijalanjäljestä. Loppu 20 % materiaali- ja tuotevaiheen päästöistä liittyy paneelien asennustelineiden ja niiden perustamiseen tarvittavien teräspaalujen valmistukseen.

Luvussa 3.2 tehtyjen rajausten mukaisesti Jönsbölen aurinkovoimalan rakentamisvaiheen ilmastovaikutusten arvioinnissa ovat mukana aurinkopaneelien, asennustelineiden ja teräspaalujen kuljetukset suunnittelualueelle ja telineiden paalutustyökoneen polttoaineiden käytöstä syntyvät suorat energiaperäiset ilmastopäästöt. Lisäksi on huomioitu rakentamisen synnyttämän maankäytön muutoksen vaikutus suunnittelualueen hiilivarastoihin. Rakentamisvaiheen päästöt ovat yhteensä 350 tCO₂ekv. Se on 12 % aurinkovoimalan hiilijalanjäljestä.

Suunnittelualue on suurimmalta osin vanhaa peltoa. Aurinkovoimalan rakentamisen aiheuttaa myös metsäpoistumaa. Aurinkovoimalan rakennusalueesta on 1,7 ha metsää. Hakatun puuston hiilivarastojen menetys muodostaa 60 % rakentamisvaiheen hiilijalanjälkenä mitatuista ilmastovaikutuksista. Kuljetuksen osuus rakentamisen ilmastopäästöistä on 35 % ja asennustelineiden paalutuksen 4 %.

Pelto- ja metsäalueiden ottaminen rakentamiskäyttöön pienentää Lohjan hiilivarasto- ja hiilinielua, kun maa on muussa käytössä kuin metsänä. Menetetävän peltopohjan ja metsäalueen määrät ovat kuitenkin suhteellisen vähäisiä. Siten kaavaratkaisun aiheuttamat puuston ja maaperän hiilen muutosten vaikutukset ovat koko Lohjan hiilitaseelle hyvin pienet. Samalla on tietenkin muistettava, että alueen rakentumisesta huolimatta maankäytön kehityksen tulisi olla mahdollisimman paljon hiilinieluja ja -varastoja ylläpitävää ja tukevaa. Alueen rakentumisesta huolimatta tähän on mahdollisuudet myös Jönsbölessä.

Arvioitu 210 tCO₂ekv hiilivaraston muutos on laskettu runkopuun hiilisisällön avulla Uudenmaan puuston keskitilavuustiedolla. Laskennan ulkopuolelle rajatut hakkuiden ja maanmuokkauksen myötä ilmaan pääsevän metsien ja peltojen maaperähiilen vaikutukset sekä

puuston hiilivaraston muutosarvion epävarmuustekijät vaikuttavat siten, että rakentamisvaiheen hiilivaraston muutoksen synnyttämä hiilipiikki on todennäköisesti tässä arvoitua hieman suurempi.

Aurinkovoimalan käyttövaiheen hiilijalanjäljen laskenta on rajattu luvun 3.3 mukaisesti hiilinieluvaiheisiin. Suunnittelualueelta poistettavan runkopuun myötä menetettävän hiilinielupotentiaalin vaikutus näkyy vasta rakentamisen jälkeen voimalan käyttövaiheen aikana vuosittain menetettävänä hiilensidontana, joka olisi tapahtunut, jos puusto olisi jatkanut alueella kasvuaan. Jönsbölen suunnittelualueelta poistettavan puuston myötä menetettävä hiilinielu ovat keskimäärin 10 tCO₂ekv vuodessa. Maaperän hiilensidontavaikutuksia ei ole luvun 3.3. oletusten mukaisesti mukana arvioinnissa.

Aurinkovoimalan käytöstä poistamisen ja purkamisen elinkaarivaiheen lopun ilmastovaikutuksia ei ole luvun 3.4 oletusten mukaisesti arvioitu niiden vähäisen merkittävyyden vuoksi.

Taulukossa 3 on esitetty Jönsbölen aurinkovoimalan merkittävämpien elinkaarivaiheiden ilmastovaikutusten lähteiden ilmastopäästöt toteutusvaiheittain. Ensimmäinen vaihe valmistuu noin 8 ha:n peltoalueelle ja toinen vaihe noin 1,7 ha:n metsäalueelle.

*Taulukko 3 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan ilmastovaikutusten kannalta keskeisten elinkaarivaiheiden hiilijalanjäljen koko ja niiden suhteelliset osuudet toteutusvaiheittain. Vaiheessa 1 rakennetaan noin 8 ha:n peltoalue ja vaiheessa 2 noin 1,7 ha:n metsäalueelle.**

Elinkaarivaihe	Vaihe 1: Päästöt (tonnia CO ₂ ekv)*	Vaihe 2: Päästöt (tonnia CO ₂ ekv)*	Vaiheet 1 ja 2: Päästöt (tonnia CO ₂ ekv)*	Osuus koko hiilijalan- jäljestä (vaiheet 1 ja 2)
Aurinkovoimalan materiaali- ja tuotevaihe	1 900	600	2 500	88 %
<i>Aurinkopaneelit</i>	1 200	800	2 000	70 %
<i>Paneelien asennustelineet</i>	200	100	300	11 %
<i>Asennustelineiden paalut</i>	200	0	200	7 %
Rakentamisvaihe	110	30	140	5 %
<i>Kuljetukset suunnittelualueelle</i>	100	21	121	4 %
<i>Aurinkopaneelit</i>	100	1	101	4 %
<i>Paneelien asennustelineet</i>	2	1	3	0,1 %
<i>Asennustelineiden paalut</i>	1	0	1	0,0 %
<i>Telineiden paalutus</i>	10	5	15	1 %
<i>Hiilivarastojen muutos</i>	0	210	210	7 %
Yhteensä	1 900	600	2 500	100 %
<i>Hiilinielun vuosimuutos (tonnia CO₂ekv/vuosi)*</i>	0	10	10	

* Hiilinieluja tarkastellaan erikseen, koska poistettavan puuston myötä keskimäärin menetettävän hiilinielun suuruus on laskettu vuosimuutoksena ja yksiköissä tonnia CO₂ekv/vuosi, kun taas elinkaarivaiheiden päästöt kuvaavat elinkaarivaiheen aikana syntyvien päästöjen yhteenlaskettua määrää

Jönsbölen aurinkovoimala tuottaa 40 vuoden käyttövaiheen aikana yhteensä 270 GWh aurinkovoimaa. Keskimääräinen vuosituotanto on 6,8 GWh. Jakamalla voimalan hiilijalanjälki sen käyttövaiheen aikana tuottaman aurinkovoiman kokonaismäärällä saadaan sen elinkaarenaikaiseksi ominaispäästökertoimeksi 9,6 gCO₂ekv/kWh.

Voimalan elinkaari pohjainen päästökerroin on pienempi kuin Suomen sähköntuotannon vuoden 2022 hiilidioksidipäästöjen ominaispäästökerroin 62 gCO₂/kWh (Energiateollisuus ry 2023) tai esimerkiksi raportin laatimisajankohdan, elokuun 2023 kansallisen sähkön tuotannon ja kulutuksen kuukausikertoimet 28,0 gCO₂/kWh ja 28,3 gCO₂/kWh (Fingrid 2023). Aurinkovoimalan elinkaarikerrointa ei ole kuitenkaan täysin mielekäästä verrata kansalliseen kertoimeen tai edes sen kehitykseen, sillä kansallisten sähköntuotannon päästökertoimien laskennassa huomioidaan ainoastaan käytetyn energialähteen hiilisisältö eivätkä ne sisällä voimaloiden muita elinkaarenaikaisia päästölähteitä. Lisäksi laskettu aurinkovoimalan päästökerroin mitataan hiilidioksidiekvivalentteina toisin kuin kansallinen päästökerroin, joka sisältää vain hiilidioksidipäästöt.

Jönsbölen aurinkovoimalan hiilijalanjälki on tuotettua sähkömäärää kohti pieni. Jos voimalan käyttövaiheen pituus oletetaan 40 vuoden sijaan 30 vuodeksi, sen elinkaarenaikainen ominaispäästökerroin on 13,7 gCO₂ekv/kWh. Tätä kerrointa voi verrata esimerkiksi vastaavalle käyttöajalle määriteltäviin yleiseurooppalaisiin sähköntuotannon elinkaarikertoimiin. Maa-asennetuilla aurinkovoimaloilla UNECE (2022) laskemat kertoimet liikkuvat välillä 11,4–36,7 gCO₂/kWh, vesivoimalla välillä 10,7–147 gCO₂/kWh, kaasuvoimalaitoksilla 128 gCO₂/kWh:ssa ja ydinvoimalla 5,3 gCO₂/kWh:ssa. Maatuulivoiman kertoimet ovat UNECE:n (2022) raportissa välillä 13,3–14,2 gCO₂/kWh, mutta viimeisimpien ympäristövaikutusarviointien perusteella kotimaisten tuulivoimapuistojen elinkaarikertoimet voivat olla alle 10 gCO₂/kWh. Tuulivoiman kertoimiin aiheuttaa kuitenkin vaihtelua tuulivoimaloiden ja niiden mahdollisten voimajohtojen rakentamiseen liittyvän metsäpoistuman suuruus.

4.2 Hiilikädenjälki

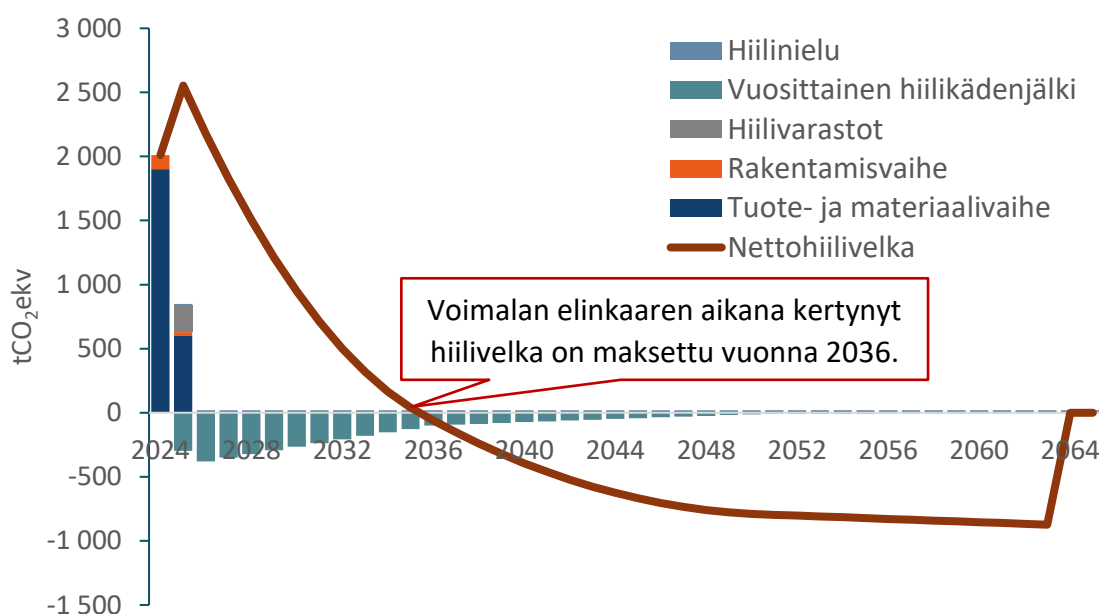
Hiilikädenjälki kuvaa Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan elinkaarenaikana syntyneitä myönteisiä ilmastovaikutuksia. Sen koko riippuu sähköntuotannosta, jota voimalan aurinkovoimalla tullaan korvaamaan voimalan käyttövaiheen aikana. Hiilikädenjäljen arviointia varten on määriteltävä, mitä sähköntuotantoa tai -hankintaa vuodenajan ja vuorokauden mukaan vaihteleva aurinkovoiman tuotanto korvaa. Korvattavan sähkön tarkastelua hankaloittaa tuotantorakenteen muutoksen ja sähkön ominaispäästökertoimen ennustaminen.

Hiilikädenjälki voidaan laskea kansallisen sähköntuotannon ominaispäästöjen arvioidun kehityksen pohjalta. Apuna voidaan käyttää Energiateollisuus ry:n energia-alan vähähiilisyystiekartan perusskenaariota (AFRY 2020). Sen perusteella sähköntuotannon

hiilidioksidipäästöjen ominaispäästökerroin pienenesi lineaarisesti vuoden 2022 arvosta 62 gCO₂/kWh vuoteen 2035 mennessä arvoon 14 gCO₂/ kWh ja vuonna 2050 arvoon 1 gCO₂/kWh. Arvio on varovainen, sillä tällä hetkellä ennakoidaan, että sähköntuotanto olisi Suomessa fossiilitonta on jo 2030-luvulla.

Jönsbölen aurinkovoimalan päästöttömän aurinkoenergian ilmastohyödyt kattaisivat voimalan rakentamisen, käytön ja käytöstä poiston aikana syntyvät hiilivelan jo 11 vuoden ja 5 kuukauden kuluttua, jos voimalan 270 GWh:n tuotannolla korvattaisiin 40 käyttövuoden aikana AFRY:n (2020) kotimaisen sähköntuotannon perusskenaarion päästökertoimen kehityksen mukaista kotimaista sähköntuotantoa. Kansallinen ominaispäästökerroin olisi voimalan käyttövaiheen aikana keskimäärin 13,3 gCO₂/kWh.

Seuraavalla sivulla oleva kuva 5 havainnollistaa Jönsbölen aurinkovoimalan hiilikädenjäljen muodostumista ja tarkastelun aikajänteen merkitystä. Voimalan myönteisiä ilmastovaikutuksia kuvaava vuosittainen hiilikädenjälki näkyy kuvassa hieman intuition vastaisesti negatiivisina ilmastopäästöinä, koska voimalan tuottama sähkö korvaa AFRY:n (2020) perusskenaarion mukaista keskimääräistä kotimaista sähköntuotantoa 40 vuoden käyttövaiheen aikana. Kuvaajan pystyakselin positiiviset arvot kuvaavat siis ilmastopäästöjä eli ilmastohaittoja ja pystyakselin negatiiviset arvot päästövähennyksiä eli ilmastohyötyjä.



Kuva 5 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan elinkaaren aikana syntyvät ilmastopäästöt ja hiilensidonnain muutokset sekä niistä kertyneen hiilivelan kehitys, kun tuotetulla aurinkovoimalla korvataan AFRY:n (2020) skenaarion mukaista kansallista sähkön tuotantoa.

Voimalahankkeen elinkaaren alkuvuosina tuotteista ja materiaaleista, rakentamisesta ja hiilivarastojen muutoksesta syntynyt nettahiilivelka pienenee korvausvaikutuksen vuoksi.

Kotimaisen sähköntuotannon vähähiilisyyshenkeitys pienentää vuosittaista korvausvaikutusta ja hidastaa takaisinmaksua. Kuvan 5 nettomääräistä hiilivelkaa kuvaava punainen käyrä painuu negatiiviseksi vuoden 2036 aikana. Negatiivinen osuus ilmaisee Jönsbölen aurinkovoimalasta syntyvää nettomääräistä ilmastohyötyä, kun käyttövaiheen aikana kertynyt hiilikädenjälki kertymä kasvaa voimalan hiilijalanjälkeä suuremmaksi.

Aurinkovoimalan hiilikädenjälkeä voidaan arvioida myös Euroopan investointipankin menetelmällä (EIB 2023). Siinä päästövähennemä lasketaan päästöjen nollavaihtoehtoon ja hankevaihtoehtoon skenaarioiden erotuksena. Nollaskenaarion korvattavan sähköntuotannon 57 000 tCO₂ekv ilmastopäästöt saadaan kertomalla Jönsbölen aurinkovoimalan energiantuotantomäärä IPCC:n IFI-työryhmän (IFI TWG 2021) Suomelle määrittämällä maakohtaisella aurinko- ja tuulivoiman kaltaisille uusiutuvan energian hankkeiden tarkasteluun tarkoitettulla Combined margin -ominaispäästökertoimella 209 gCO₂/kWh (EIB 2023). Hankeskenaarion ilmastopäästöt muodostuvat puolestaan aurinkovoimalan elinkaaren aikana syntyvästä 2 850 tCO₂ekv hiilijalanjäljestä. Jönsbölen aurinkovoimalan tuottama päästötön energia hyvittäisi aurinkovoimalan rakentamisen, käytön ja käytöstä poiston aikana syntyneen hiilivelan yhdessä kuukaudessa, mikäli vertailukohtana olisi EIB-menetelmän ominaispäästötaso.

4.3 Ilmastomuutoksen sopeutuminen ja varautuminen

Ilmastopäästöjen vähentämisen ja hiilen sidonnan lisäämiseen lisäksi kaavas suunnittelussa on huomioitava ilmastomuutoksen pitkällä aikavälillä tuomiin muutoksiin sopeutuminen ja äkillisimpiin sään ääri-ilmiöihin varautuminen rakennettavalla alueella.

Uudenmaan säässä tulee tapahtumaan ilmastomuutoksen myötä muutoksia vuoteen 2050 mennessä. Maakunnan keskilämpötilan ennustetaan kohoavan huomattavasti, sademäärien kasvavat ja lumen määrän vähenevän huomattavasti (Ilmastopaneeli 2021). Näillä muutoksilla on vaikutusta myös aurinkovoiman tuotantoon Jönsbölessä ja niihin on syytä varautua. Esimerkiksi helteet voivat heikentää paneelien tehokkuutta ja voimistuvat rankkasateet voivat vaurioittaa voimalan laitteita.

Aurinkovoimalan rakentaminen ei todennäköisesti vaikuta juurikaan sen lähialueen sopeutumiskykyyn mm. suhteellisen vähäisen läpäisemättömien pintojen rakentamisen vuoksi. Hulevesitulvien riski tulee kuitenkin rankkasateiden kasvun vuoksi kasvamaan tulevaisuudessa ja tähän riskiin tulisi varautua entistä paremmin. Sadevedet voidaan imeyttää voimalan alueelle maaperään nykyisellä tavalla. Suunnittelualue sijaitsee Lohjanjärven rannan läheisyydessä. Alava ranta on osin tulvavaara- aluetta (Vesi.fi 2023). Aurinkoenergian tuotantoalueen rajauksessa on huomioitu yleiset (1 / 20a) ja melko harvinaiset (1 / 50a) tulvatoistuvuudet (Lohjan kaupunki 2023).

Ilmastopäästöihin ja niiden vähentämiseen liittyvä hillintänäkökulma on Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalassa keskeisempi ilmastonäkökulma kuin ilmastomuutokseen sopeutumisen kysymykset.

5 Yhteenveto

Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan asemakaavan muutoksen merkittävimäksi ilmastovai-
kutusten lähteeksi on tunnistettu arvioinnissa alueelle suunniteltu aurinkovoimala ja sen
hiilijalan ja -kädenjälki. Noin 2/3 Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan 2 850 tCO₂ekv hiilijalan-
jäljestä muodostuu aurinkopaneelien valmistuksen välillisistä ilmastopäästöistä. Näihin
materiaali- ja tuotevaiheen päästölähteisiin on erittäin vaikea vaikuttaa kaavaratkaisujen
avulla.

Jönsbölen suunnittelualueelta täytyy poistaa jonkin verran puustoa, mikä lisää hankkeesta
aiheutuvien päästöjen määrää. Poistuvan metsäalan osuus olisi suhteellisen pieni, noin
1,5 ha, joten muutokset hiilivarastoihin sekä nykyisiin ja tuleviin hiilinieluihin ovat melko
pienet. Määrä ei ole merkittävä, mutta sillä on vaikutusta alueen hiilivarastojen muutok-
seen ja nykyisiin ja tuleviin hiilinieluihin. Kaava-alueen luonnonmukaisiksi jäävät alueet
edistävät alueelle kehittyvien ja rakennettavien viherrakenteiden kanssa kaavamuutosalu-
een ilmastokestävyyttä ja alueen luonnon monimuotoisuutta. Viherrakenteen kasvillisuus ja
maaperä sitoo myös hiilidioksidia ja toimii näin hiilinieluna ja -varastona.

Aurinkopaneelien ja hiilivaraston muutoksen lisäksi laskennallisesti merkittäviä ilmasto-
päästöjä muodostuu myös paneelien asentamiseen tarvittavien terästelineiden ja niiden
teräspaalujen tuote- ja materiaalivaiheessa sekä paneelien, telineiden ja paalujen kuljetta-
misesta suunnittelualueelle. Hillintänäkökulma on Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan alu-
eella ilmastomuutokseen sopeutumisen kysymyksiä keskeisempi ilmastonäkökulma.

Kaavaratkaisu ja aurinkovoimalan toteutuminen tukee Lohjan kaupungin ilmastotavoitteita.
Lohjalla on pitkät ilmastotyön perinteet. Siitä tuli jo vuonna 2013 Hinku-kunta ja sen vuoksi
kaupunki on sitoutunut vähentämään ilmastopäästöjään 80 % vuoden 2007 tasosta vuo-
teen 2030 mennessä. Kaksi Lohjan Hinku 2.0- toimenpideohjelman viidestä painopisteestä
sisältää aurinkovoiman lisäämistä koskevia tavoitteita. Kaupunki haluaa kasvattaa omaa
rooliaan hajautetun sähkön tuotannossa. Toimenpideohjelman mukaan aurinkopaneelit oli-
sivat Lohjalla tulevaisuudessa erittäin tavallinen näky. (Lohjan kaupunki 2020)

Lohjan käyttöperusteisen päästöjen laskennassa käytetty Suomen ympäristökeskuksen
Hinku-menetelmässä (Hiilineutraalisuomi.fi 2023) voidaan laskea kaupungin alueella tuote-
tusta aurinkovoimasta päästöhyvitys samalla tavoin kuin tuulivoiman tuotannosta (Lounas-
heimo ym. 2020). Näin valtakunnan verkkoon sähköä tuottavan Jönsbölen aurinkovoimalan

tuotannon myönteiset ilmastovaikutukset näkyvät myös kaupungin ilmastopäästöissä ja toiminta integroituu näkyvämmiin osaksi paikallista ilmastotyötä.

Myös Uudenmaan maakunnan tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2030 mennessä. Aurinkovoiman lisääminen ja mahdollistaminen mainitaan kahdessa eri Hiilineutraali Uusimaa 2030 -tiekartan painopisteessä. Ilmastoviisas maankäyttö ja rakentaminen -painopisteessä aurinkoenergian osuutta sähkön tuotannossa voitaisiin lisätä yksityiskohtaisemalla alueidenkäytön suunnittelulla. Keskitetyn energian tuotantoa ja jakelua taas voitaisiin helpottaa kaavoituksella ja viranomaisohjeistuksilla. Tiekartan Nopea ja reilu energiasiirtymä -painopisteen yhtenä tavoitteena on uusiutuvien energianlähteiden käyttö energian tuotannossa. Esimerkiksi aurinkoenergian osuutta halutaan lisätä niin kiinteistöissä kuin energian tuotannossa. (Uudenmaan liitto 2022)

Jönsbölen aurinkovoimala on osa vihreää siirtymää. Sen tuottama sähkö syrjäyttää markkinoilta enemmän ilmastopäästöjä aiheuttavaa sähköntuotantoa ja kattaa uusiutuvalla sähköntuotannolla mm. vetytalouden myötä kasvavaa sähkönkysyntää. Jönsbölen aurinkovoiman tuotanto lisää osaltaan sähkön tuotannon omavaraisuutta maassamme ja vähentää tuontisähkön tarvetta. Suomi kytkeytyy pohjoismaisiin ja eurooppalaisiin energiamarkkinoihin. Päästöttömästi ulkomailla tuotettu sähkö, joka olisi tuotu Suomeen, voidaan myydä maahan, joka on enemmän riippuvainen fossiilisesta energiasta. Näin Lohjan Jönsbölen aurinkovoimalan positiiviset ilmastovaikutukset näkyisivät myös globaalilla tasolla.

Lähteet

- AFRY 2020. Finnish Energy – Low carbon roadmap. Final report. 1 June 2020. Saatavissa: <https://energia.fi/files/5064/Taustaraportti - Finnish Energy Low carbon roadmap.pdf>
- CO2data 2023. Rakentamisen ja infrarakentamisen päästötietokannat. Suomen ympäristökeskus SYKE. [elinkaaritietokanta]
- EcoTransitIT World 2023. Emission calculator for greenhouse gases and exhaust emissions. EcoTransitIT World. Saatavissa: <https://www.ecotransit.org/en/emissioncalculator/>
- EIB 2023. EIB Project Carbon Footprint Methodologies. Methodologies for the assessment of project greenhouse gas emissions and emission variations. Version 11.3. January 2023. European Investment Bank.
- Energiategollisuus ry 2023. Energiavuosi 2022. Sähkö. 12.1.2023. https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2022.pdf
- Fingrid 2023. Real-time CO2 emissions estimate. Fingrid Oyj. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/en/electricity-market-information/real-time-co2-emissions-estimate/>
- Frischknecht, R. Stolz, T., Heath, G., Raugei, M., Sinha, P. & de Wild-Scholten, M. 2020. Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 4th edition, IEA PVPS Task 12, IEA Photovoltaic Power Systems Programme.
- Google 2023. Google Maps. [Internetsivu]
- Heikkilä, H. 2020. Aurinkosähköjärjestelmän tuottavuuden parantaminen. Opinnäytetyö. Huhtikuu 2020. Tampereen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/336500/Heikkila_Hannes.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Heinonsalo, J. (toim.) 2020. Hiiliopas: Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin. Carbon Action & Baltic Sea Action Group, Kaarina.
- Hiilineutraalisuomi.fi 2023. SYKE - Kuntien ja alueiden KHK-päästöt. Lohja. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/#fi_kunta444. Vierailtu 4.8.2023.
- HSY 2020. Selvitys pääkaupunkiseudun hiilinieluista ja -varastoista. Loppuraportti. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, Simosol Oy, Ramboll Oy ja Tapio Oy.
- IFI TWG 2021. Harmonized IFI Default Grid Factors 2021 v3.2. International Financial Institutions Technical Working Group. IPCC.
- Ilmastopaneeli 2021. Ilmastomuutoksen eteneminen Etelä-Suomen maakunnissa. Datataulukko. 22.6.2022. Ilmasto-opas. Internetsivu: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastomuutoksen-eteneminen-etela-suomen-maakunnissa>. Vierailtu 1.8.2023.
- JinkO Solar2021. Environmental product declaration. Mono-crystalline silicon photovoltaic (PV) modules. Registration number EPDITALY0252. Issue date 16/06/2021. EPDItaly.
- JRC 2023. Photovoltaic geographical information system. Interactive tools. Saatavissa: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Lohjan kaupunki 2020. Lohjan kaupungin Hinku 2.0- toimenpideohjelma. Saatavissa: https://lohja.emmi.fi/l/Xq6rft_DzsPK

- Lohjan kaupunki 2023. L123 Jönsbölen aurinkovoimala. Lohjan 17. kaupunginosan Jönsbölen Kirkniementien ja Pallotien pohjoispuolen asuntovaunu-, siirtolapuutarha-, virkistys- ja katualueiden. Asemakaava muutos. Kaavaselostus valmisteluvaiheessa. 26.4.2023. Lohjan kaupunki.
- LONGi 2021. Hi-MO 5. LR5-72HBD 530~550M. LONGi. Saatavissa: https://static.longi.com/L_Gi_LE_T_TMD_059_108_LR_5_72_HBD_530_550_M_35_30_and_15_V14_4c79e9b9a7.pdf
- LONGi 2023a. Environmental product declaration. LR4-72HBD, LR5-72HBD, LR5-72HPH, LR5-72HIBD, LR5-72HIH, LR5-54HPH, LR5-54HIH, LR5-54HIB. Registration number S-P-09079. Revision date 29/05/2023 (version 2). EPD International AB.
- LONGi 2023b. Environmental product declaration. LR5-54HIH, LR5-54HPB, LR5-54HPH, LR5-54HTB, LR5-54HTH, LR5-66HIH. Registration number MR-EPDITALY0057. Update 2023/01/09. EPDItaly.
- Lounasheimo, J., Karhinen, S.; Grönroos, J., Savolainen, H., Forsberg, T., Munther, J., Petäjä, J. & Pesu, J. 2020. Suomen kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005–2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2020. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Luonnonvarakeskus 2023. Metsävarat. [tilastotietokanta]
- Müller, A., Friedrich, L., Reichel, C., Herceg, S., Mittag, M. & Neuhaus, D. H. 2021. A comparative life cycle assessment of silicon PV modules: Impact of module design, manufacturing location and inventory. Solar Energy Materials and Solar Cells 230 (September 2021).
- Rantaruoko, T. 2022. Opinnäytetyö. Aurinkopaneelien kierrättämisen mahdollisuudet Suomessa. Kevät 2022. Hämeen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/747336/Rantaruoko_Taru.pdf?sequence=2
- Ratu 2017. Ratu 0444, Paalutus. Menekki ja menetelmät. Ratu-kortisto. Rakennustieto.
- Scheltter 2022. PVMaxS Kit 2V LT 11/72 4 Pfosten. 5.10.2022. Scheltter Group. Saatavissa: <http://www.windandsun.co.uk/media/1818782/pvmaxs-kit-2v-lt-11-72-146003-050-drawing.pdf>
- Scheltter 2023. Fixed tilt systems. Scheltter Group. <https://www.schletter-group.com/fixed-tilt-systems/>. Vierailtu 1.8.2023.
- SSAB 2022. Steel pipes. Environmental Product Declaration (EPD). S-P-022243, version 1.1. Revised 2022-04-01. SSAB.
- Suomen ympäristökeskus 2023. Latauspalvelu LAPIO. [Paikkatietokanta]
- Uudenmaan liitto 2022. Hiilineutraali Uusimaa 2030- TIEKARTTA, Painopisteet ja linjaukset. Saatavissa: <https://uudenmaanliitto.fi/wp-content/uploads/2022/12/Hiilineutraali-Uusimaa-2030-tiekartta.pdf>
- Uudenmaan liitto 2023. Hiilensidonta. Hiilensidontan aineistopaketti 06/2023. Uudenmaan alue-suunnittelun avoimet aineistot. Uudenmaan liitto. Paikkatietopalvelu: https://kartta.uudenmaanliitto.fi/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=8a80d8e683bc462298c165a8fd2ff7cd&page=page_57. Vierailtu 3.8.2023.

Vesi.fi 2023. Tulvavaara-alue ja vesistöt. Karttapalvelu: <https://www.vesi.fi/karttapalvelu/>. Vierailtu 1.8.2023.