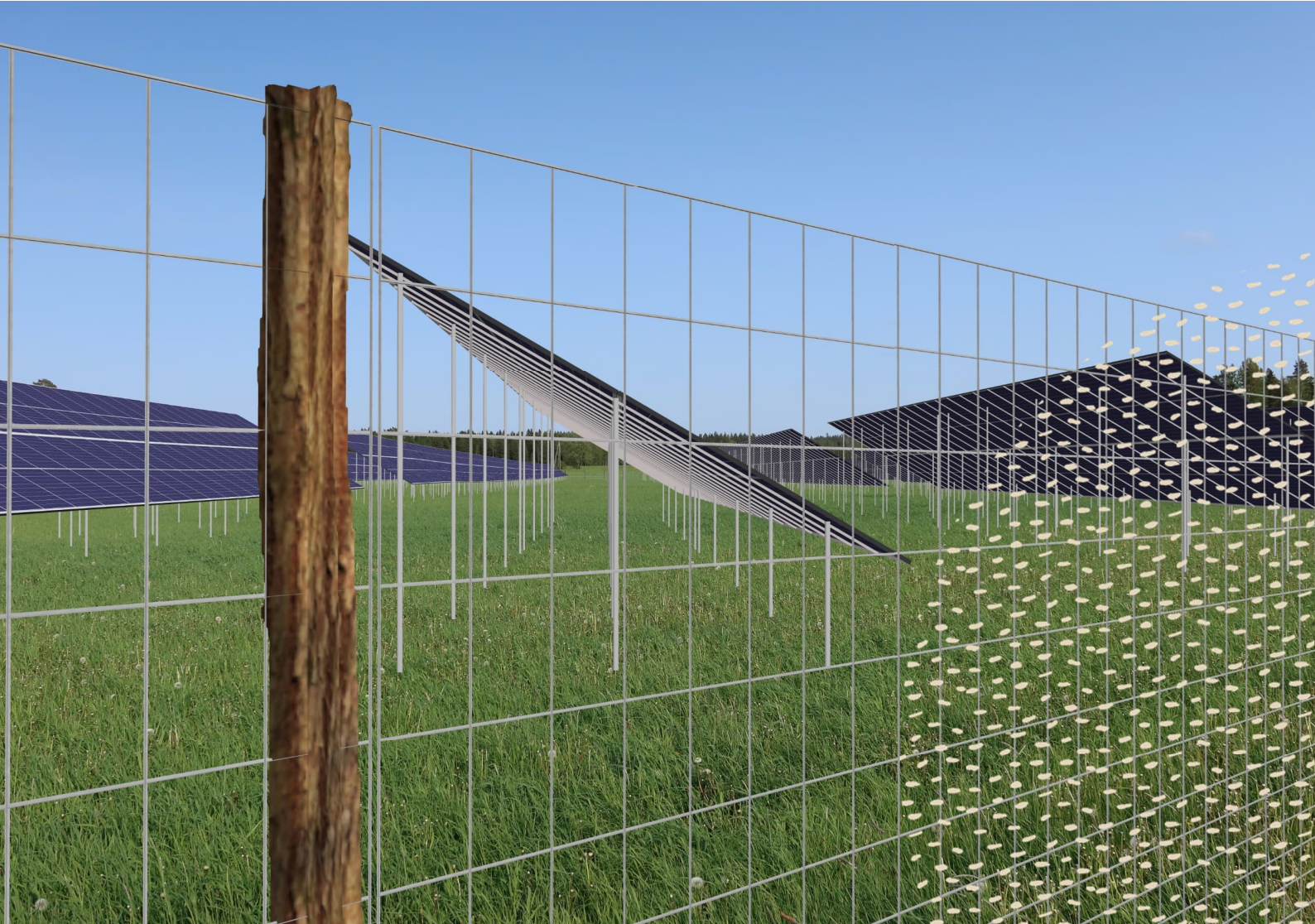


LIITE 4. MÄNTSÄLÄN AURINKOVOIMAHANKKEEN HEIJASTUSSELVITYS (26.1.2026)



GRK SUOMI OY

Mäntsälän aurinkovoimahankkeen heijastus selvitys

GRK SUOMI OY

Eeva Lillman
Henna Välikangas
Visa Suolahti

Envineer Oy

Janne Nissinen
Paula Salonen

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinumero: 13191

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Heijastus	5
3	Heijastusmallinnus.....	7
3.1	Vertailuarvot.....	7
3.2	Näkemäalueanalyysi	8
3.3	Tarkastelualue ja -pisteet	9
3.4	Mallinnusmenetelmä	10
4	Heijastusmallinnuksen tulokset.....	11
4.1	Rakennukset	11
4.2	Hirvihaarantie	11
5	Haitallisten vaikutusten estäminen.....	11
6	Arvioinnin epävarmuustekijät.....	12
7	Johtopäätökset.....	14

Liitteet

Liite 1 Aurinkopaneelien heijastuksen määrän karttakuvat

1 Johdanto

GRK Suomi Oy suunnittelee Mäntsälän kunnan alueelle noin 5,5 MWp aurinkovoimalaa. Hankealue sijoittuu Mäntsälän kunnan Hirvihaaran kylään kiinteistölle 505-403-8-74, os. Hirvihaarantie 809. Alue sijaitsee noin 11 kilometriä Mäntsälän kuntakeskuksesta lounaaseen. Mäntsälän aurinkovoimalan hankealue on laajuudeltaan noin 30 ha. Hankealueelle on myönnetty aiemmin ympäristölupa maankaatopaikkatoiminnalle ja tiettyjen jättemateriaalien hyödyntämiselle ja käsittelylle. Rakennusalue on pääosin suoaluetta, joka vaatii esirakentamista ennen aurinkosähkövoimalan perustamista. Hankealueen kaakkoispuolella kulkee Hirvihaarantie.

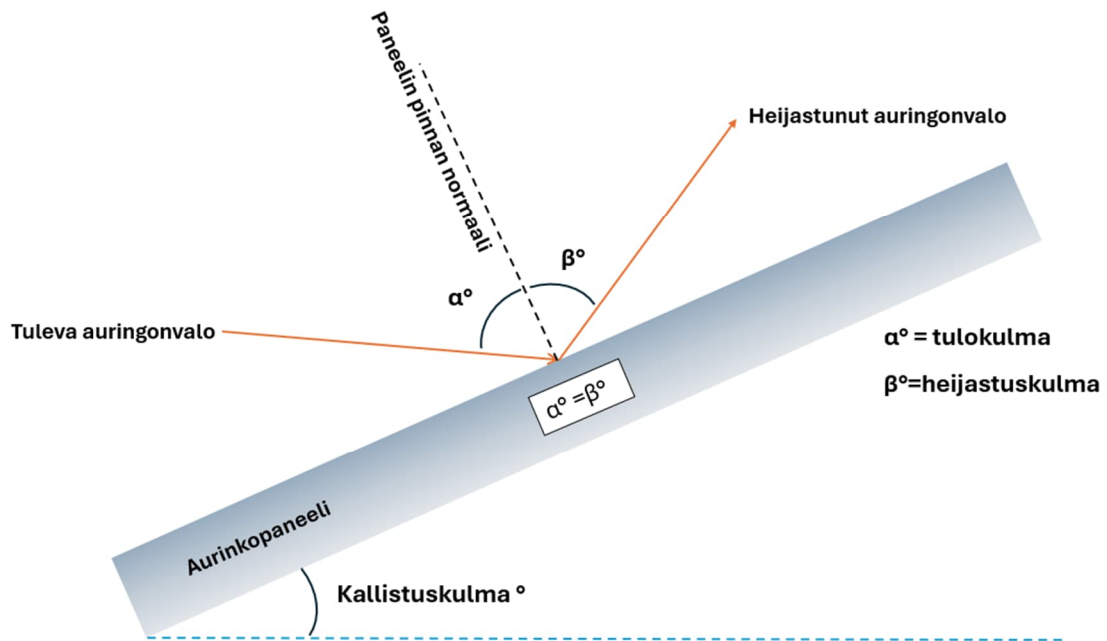
Tässä selvityksessä arvioidaan aurinkopaneelien heijastusvaikutuksia hankealueen ympäristöön. Selvityksen apuna on käytetty heijastuksen laskennallista mallia, jonka avulla arvioidaan heijastusten mahdollisia vaikutuksia liikenteeseen ja läheisiin asuinrakennuksiin.

2 Heijastus

Heijastuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä aurinkopaneelin pinnalta heijastuvaa näkyvää auringonsäteilyä, joka heijastuu havainnoijan silmiin ja voi häiritä näkökykyä. Aurinkopaneelista heijastuvan valon määrään vaikuttaa aurinkopaneelin heijastuskyky, maantieteellinen sijainti, vuodenaika, pilvisuus ja aurinkopaneelien suuntaus suhteessa etelän suuntaan (atsimuutti).

Noin 95 prosenttia aurinkopaneelin pinnalle tulevasta näkyvästä valosta absorboituu (imeytyy) aurinkopaneelin pintaan ja vain 5 % valosta heijastuu, joka vastaa likipitäen veden heijastuskykyä.

Aurinkopaneeleista aiheutuvat heijastusvaikutukset muodostuvat auringon paistaessa aurinkopaneelin pintaan, josta auringonvalo heijastuu tulokulmaa vastaavassa kulmassa aurinkopaneelin pinnan normaaliin nähden (Kuva 2-1). Aurinkopaneelin suuntaus suhteessa etelään ja kallistuskulma ovat merkittävimmät tekijät heijastuksen muodostumisessa.



Kuva 2-1. Aurinkopaneelin heijastuksen muodostuminen.

Heijastusvaikutukset syntyvät ainoastaan auringonpaisteessa, pääasiassa aamuisin ja iltaisin. Kun aurinko nousee tarpeeksi korkealle taivaalla, heijastusta ei tapahdu maan tasalla oleville havaintasijain, koska auringonpaisteen ja heijastuksen välinen kulma on liian pieni. Lentoliikenteeseen heijastuksia voi syntyä myös muina aikoina, mikäli heijastuksen vaikutusalueella on lentoliikennettä.

Heijastusvaikutusten syntyminen edellyttää esteettömän yhteyden auringon, paneelin ja heijastuksen havaintasijan välillä. Esimerkiksi olemassa oleva puusto voi estää auringon säteiden osumisen paneeliin ja siten heijastusvaikutuksia ei synny.

Auringonvalon heijastuskulma suhteessa auringonpaisteeseen vaikuttaa heijastuksen havainnointiin. Heijastuneen auringonvalon osuessa samasta suunnasta havaintasijaan kuin auringonpaiste, heijastuksen merkitys on pienempi johtuen auringonpaisteen suuremmasta vaikutuksesta. Auringonpaisteen kirkkaus peittää tässä tapauksessa helposti heijastuneen valon alle.

Heijastusvaikutusten arvioinnissa kestolla on suuri merkitys. Mitä pidempään heijastus kestää, sitä merkityksellisempi se on paikallaan pysyville havaintasijain, kuten asuinrakennuksille tai lennonjohtotorneille. Sen sijaan liikkuvien havaintasijain, kuten autojen tai junien, kohdalla heijastuksen kesto on vähemmän tärkeä. Heidän osaltaan olennaisempaa on havaintasijan nopeus ja se, syntykö heijastusta ylipäättäin.

Aurinkopaneelien tyyppi ja suuntaus (atsimuutti) vaikuttavat minne heijastusvaikutuksia voi syntyä. Suoraan etelään suunnatuilla aurinkopaneelille auringon nousu idästä ja liikkuminen kohti länttä

aiheuttaa heijastuksien syntymisen itä-länsisuunnassa maantasossa olevalle havaittajalle, mutta ei yleensä pohjoiselle tai eteläiselle puolelle.

3 Heijastusmallinnus

Mäntsälän aurinkovoimahankkeen heijastusvaikutukset on arvioitu laatimalla aurinkopaneelialueesta heijastusmallinnus EMD:n WindPro-ohjelman GLARE-moduulilla. Heijastusmallinnusta varten on laadittu näkemäalueanalyysi, jonka avulla on arvioitu heijastusvaikutusalueen laajuus. Tältä alueelta tunnistettiin kohteet, joille heijastusmallinnus tehtiin. Tässä osiossa esitetään heijastusvaikutusten arviointikriteerit, teoreettinen heijastusvaikutusalue ja käytetty mallinnusmenetelmä.

3.1 VERTAILUARVOT

Suomessa ei ole määritelty heijastuksen määrälle tai vaikutuksille ohjearvoja tai ohjeistuksia. Vaikutusten suuruus arvioidaan mm. sen perusteella miten pitkään heijastusvaikutuksia muodostuu ja ovatko heijastusvaikutukset todennäköisiä. Tämä mallinnus ja arviointi mukailee isobritannialaisen yrityksen (Pager Power, 2022) vuonna 2022 laatimaa ohjeistusta aurinkopaneelien heijastuksen arvioinnille.

Pager Power -ohjeistuksen ja Saksan ympäristö-, terveys- ja kuluttajansuojaministeriön valopäästöohjeiden (Licht-Leitlinie, 2014) mukaiset heijastuksen vertailuarvot ja raja-arvot asuinrakennuksille on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Vertailuarvojen vertailu.

Vertailuarvon lähde	Asuinrakennuksen vertailuarvo, heijastuksen määrä
Pager Power	alle 60 minuuttia päivässä heijastuksen esiintyvyys alle 90 päivää vuodessa
Saksan raja-arvot	alle 30 minuuttia päivässä alle 30 tuntia vuodessa

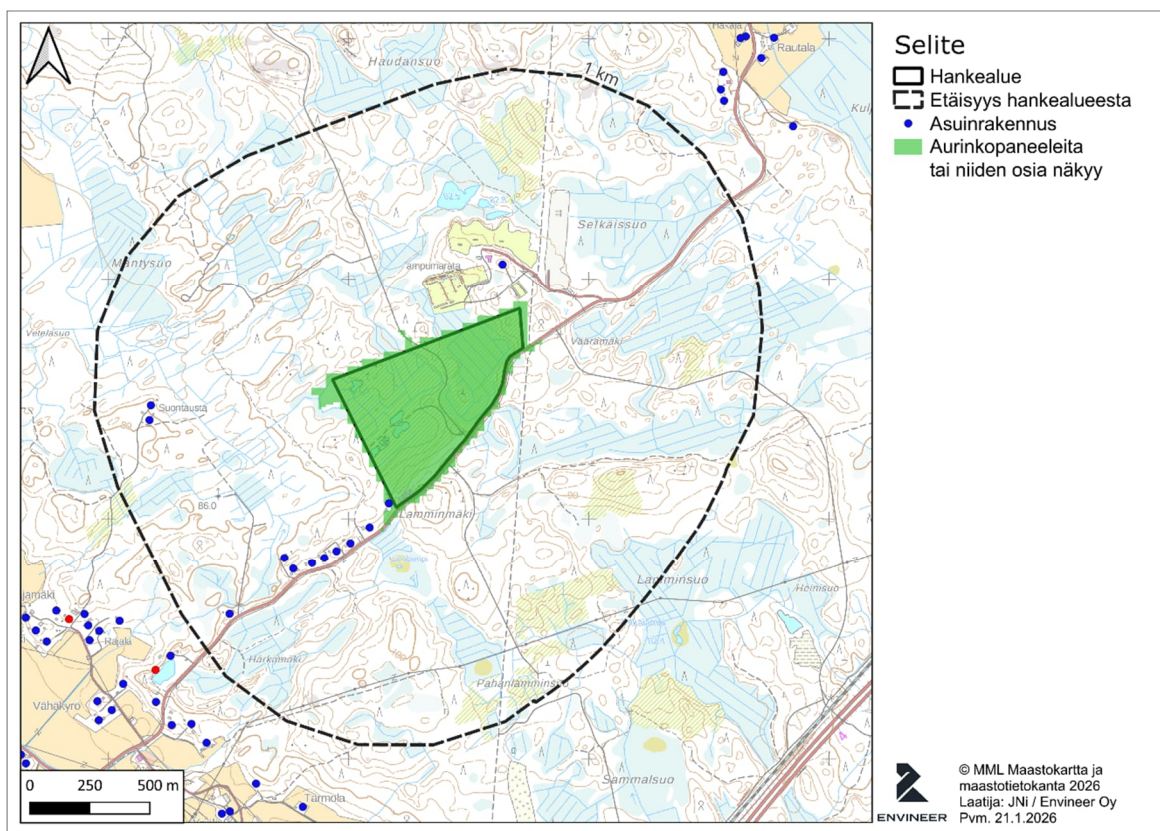
Saksan ohjeistuksen mukaisesti heijastusta arvioidaan asuinrakennuksiin 100 m etäisyydelle aurinkopaneeleista ja Pager Power ohjeistaa tarkastelemaan heijastuksen vaikutuksia 1 000 m etäisyydellä asuinrakennuksista. Tässä selvityksessä heijastusta on arvioitu 1 000 m etäisyydellä Mäntsälän aurinkovoimahankkeesta, jolloin vertailuarvona asuinrakennuksille käytetään Pager Power -ohjeistuksen mukaisia vertailuarvoja.

Rauta- ja autoteiden heijastuksen määrälle ei ole ohjearvoja, koska heijastuksen kokeminen liikkuvassa junassa tai autossa riippuu nopeudesta. Tärkeimpänä kriteerinä arvioinnissa on heijastuksen syntymisen mahdollisuus, heijastuksen ajankohta ja kesto.

3.2 NÄKEMÄALUEANALYYSI

Näkemäalueanalyysi on laskennallinen malli, joka osoittaa, näkykö jokin osa tarkasteltavasta alueesta laskenta-alueella. Siten laskennan tuloksissa voi pienikin osa aurinkopaneeleista aiheuttaa näkemäalueita, vaikka todellisuudessa näkemäalueilla ei välttämättä ole suoraa näköyhteyttä koko aurinkopaneelialueeseen tai kokonaiseen aurinkopaneeliin.

Näkemäanalyysikartat on mallinnettu WindPro-ohjelmiston ZVI-moduulilla. Näkemäalueanalyysissä on maastomallina käytetty Maanmittauslaitoksen 10 m maastomallia sekä Metsäkeskuksen vuoden 2024 latvusmallia harvennettuna 30 metrin ruutukokoon. Maastomallia on muokattu hankealueen täyttösuunnitelman mukaisesti. Mallinnuksen laskentaruudun koko on 10 m ja havaitsijan tarkastelukorkeutena on käytetty 1,5 metriä. Tarkastelualue, jolle laskenta tehtiin, oli noin 2 km x 2 km. Aurinkopaneelien korkeutena on käytetty 4,0 m. Aurinkopaneelien sijoittelu on saatu tilaajan aineistoista. Näkemäalueanalyysi laskee jokaisessa laskentaruudussa, näkykö voimala-alue kyseiseen laskentaruudukkoon. Todellisuudessa voimala-alue saattaa näkyä puuston läpi, mikäli puusto on harvaan kasvanutta tai syvyys on pieni. Alla olevassa kuvassa on esitetty näkemäalueanalyysi aurinkopaneeleille (Kuva 3-1).



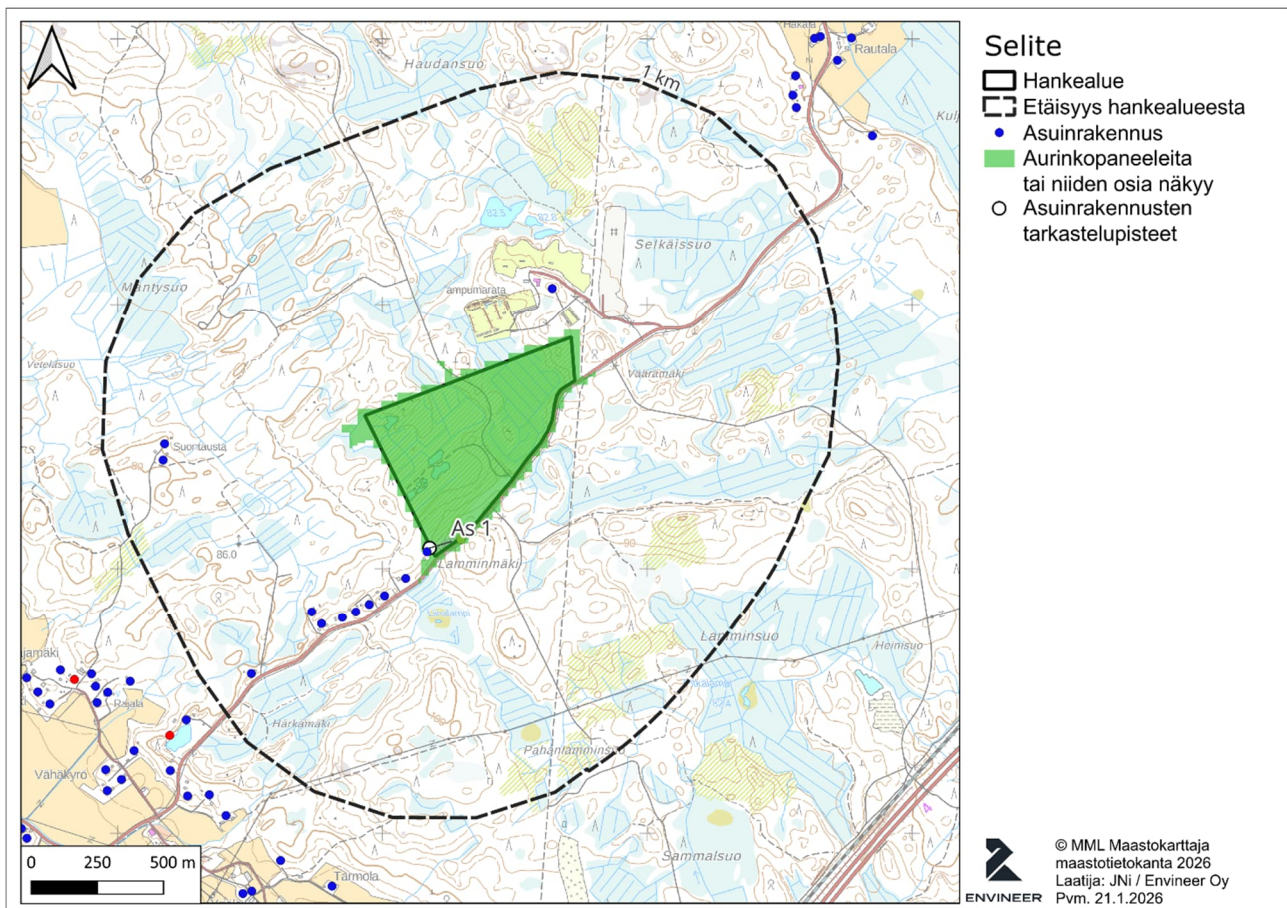
Kuva 3-1 Aurinkopaneelien näkemäalue.

3.3 TARKASTELUALUE JA -PISTEET

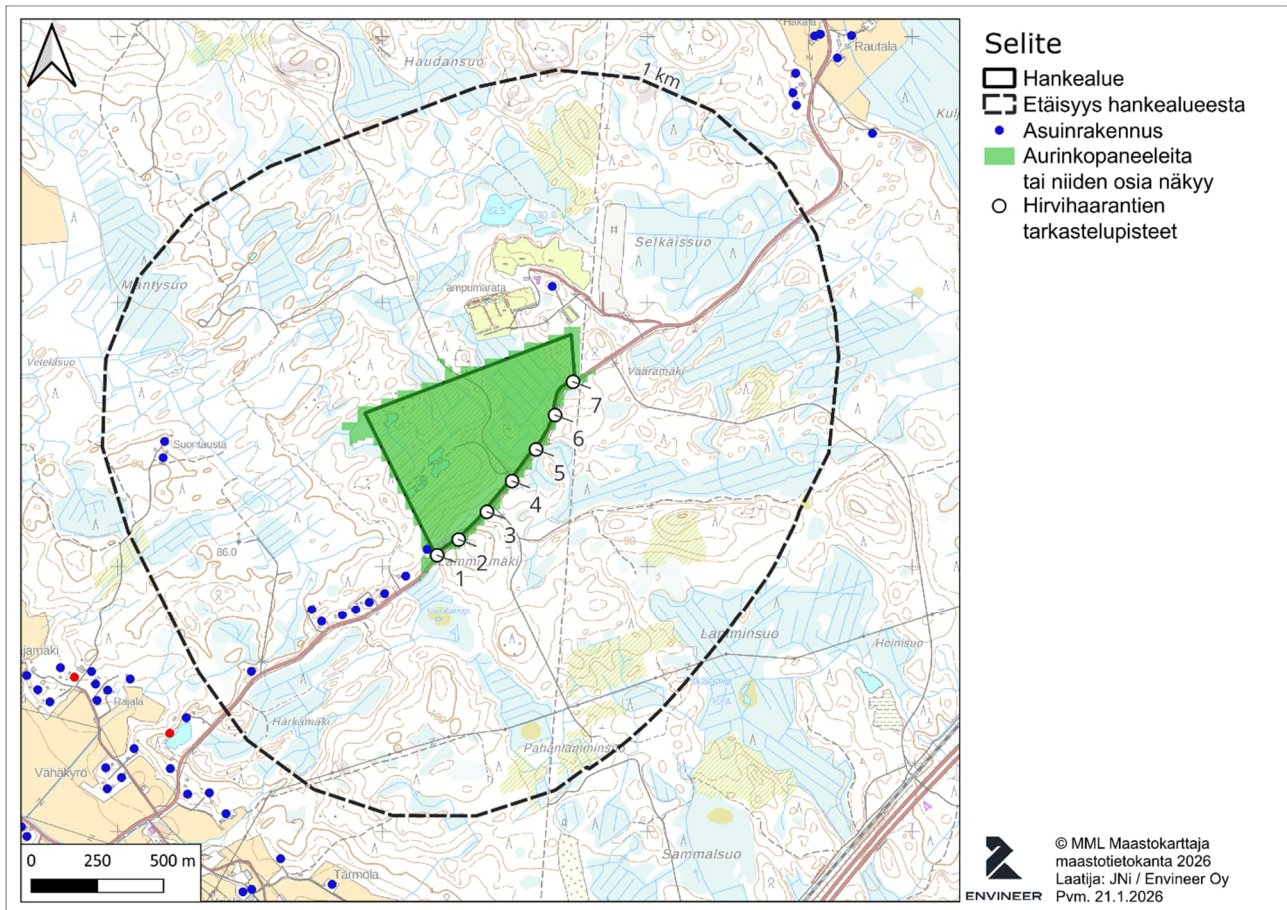
Suunniteltu hankealue sijoittuu alueelle, joka on pääosin suoaluetta. Alueen kaakkoispuolella kulkee Hirvihaarantie (seututie 576). Hankealueen ympäristö on metsää. Lähin asuinrakennus sijaitsee noin 20 metrin etäisyydellä hankealueen reunasta lounaassa (Kuva 3-2).

Näkemäalueanalyysien perusteella Mäntsälän hankealueesta 1 kilometrin säteellä sijaitsee 11 asuinrakennusta, joihin ei kohdistu näkemäalueanalyysin perusteella näkemäalueita. Näkemäalueanalyysin perusteella näkemäalueita voi muodostua lähimmän asuinrakennuksen pihapiiriin sekä noin 1 kilometrin osuudelle Hirvihaarantietä, jonka keskimääräinen vuorokausiliikenne vuonna 2022 oli 732 ajoneuvoa.

Mallinnuksessa käytettiin lähimmän asuinrakennuksen piha-alueita tarkastelupisteinä sekä määritettiin Hirvihaarantielle tarkastelupisteet noin 150 m välein. Tarkastelupisteiden korkeudet Hirvihaarantiella ovat 1,5 metriä ja havainnoijan näkökenttä 100 astetta kulkusuuntaan nähden. Asuinrakennuksen tarkastelupisteellä korkeus oli 2 metriä ja havainnoijan näkökenttä 360 astetta. Mallinnus laadittiin kuvissa (Kuva 3-2-Kuva 3-3) esitetyille tarkastelupisteille.



Kuva 3-2. Heijastusmallinnuksessa käytetty asuinrakennuksen tarkastelupiste.



Kuva 3-3. Heijastusmallinnuksessa käytetyt Hirvihaarantien tarkastelupisteet.

3.4 MALLINNUSMENETELMÄ

WindPro GLARE-ohjelma laskee, milloin ja kuinka pitkään aurinkopaneelien heijastukset näkyvät tiettyihin tarkastelupisteisiin vuoden mittaan. Heijastusvaikutusten mallinnus perustuu auringon nousu- ja laskuaikoihin, tarkastelupisteiden (reseptoreiden) sijainteihin, aurinkopaneelien sijaintiin, suuntaukseen ja kallistuskulmaan sekä maastomalliin. Mallinnuksessa on käytetty maastomallina Maanmittauslaitoksen 2 metrin ja 10 metrin korkeusmalliaineistoa ja hankkeen mukaisia aurinkopaneelien sijainteja ja alueen suunnitteluaineistoa. Hankealue on sama kaikissa hankevaihtoehdoissa. Mallinnuksessa käytettiin kiinteäasenteisia aurinkopaneeleita, joiden alareuna oli 0,4 metriä maanpinnasta, kallistuskulma 21 astetta ja aurinkopaneelien suuntaus suoraan etelään. Aurinkopaneelit asennetaan maavalleille.

Heijastusmallinnuksissa käytettiin minuutin aika-askelta ja auringon paistekulman resoluutio oli 0,05 astetta. Mallinnuksessa aurinkopaneelien pinnan oletettiin olevan sileää lasia, jossa ei ole heijastuksenestopinnoitetta. Mallinnuksessa auringonpaistetta ei ole huomioitu, kun heijastuskulman ja auringonvalon välinen kulma oli alle 10 astetta, jolloin heijastus havaitaan samasta suunnasta auringonpaisteen kanssa. Mallinnuksessa ei huomioitu aurinkopaneeleista heijastuvan valon säteilykulmaa, jolloin mallinnus olettaa valon heijastuvan kapeana kaistana paneelin pinnasta.

Metsäkasvillisuus, kuten puusto, voi estää näkyvyyden auringon ja aurinkopaneelin tai aurinkopaneelin ja havaitsijan välillä, jos kasvillisuus on riittävän korkeaa ja tiheää. Puuston tai kasvillisuuden vaikutusta ei ole otettu mallinnuksessa huomioon. Pilvet estävät heijastusvaikutusten syntymisen, mutta niiden vaikutusta ei ole huomioitu mallinnuksessa. Tämä tarkoittaa, että mallinnus on tehty olettaen auringon paistavan koko ajan.

4 Heijastusmallinnuksen tulokset

4.1 RAKENNUKSET

Lähin asuinrakennus hankealueen lounaispuolella sijoittuu paneeleihin nähden etelän suuntaan, jolloin auringon paiste ei aiheuta aurinkopaneeleista heijastusta asuinrakennuksen suuntaan ja mallinnuksen perusteella heijastusvaikutuksia ei synny.

4.2 HIRVIHAARANTIE

Mallinnuksen perusteella pohjoisen suuntaan ajaville autoille ei synny heijastusvaikutuksia, mutta etelän suuntaan ajaville autoille heijastusvaikutuksia voi kohdistua. Liitteen 1 karttakuvissa esitetään suurimmat päiväkohtaisen ja vuotuiset heijastusmäärät Hirvihaarantiellä. Mallinnuksen perusteella heijastusvaikutukset ovat paikallisia ja syntyvät kahdessa jaksossa maaliskuun lopusta huhtikuun puoleenväliin sekä elokuun lopusta syyskuun loppuun, noin kello 19–20 välisenä aikana tarkastelupisteille 4 ja 7. Suurin päiväkohtainen heijastuksen määrä (37 min) syntyy tarkastelupisteelle 7 syyskuun 11. päivänä kello 19.08–19.45 välisenä aikana. Mahdollisia heijastuspäiviä vuodessa tarkastelupisteissä pienimmillään 48 (tarkastelupiste 4) ja enimmillään 51 (tarkastelupiste 7).

Väyläviraston tietojen perusteella Hirvihaarantien nopeusrajoitus on 80 km/h, jolloin yksittäisessä tarkastelupisteessä nopeus on merkittävämpi tekijä kuin heijastuksen määrä. Mallinnuksen perusteella Hirvihaarantiellä ajaville autoille voi muodostua heijastusvaikutuksia etelään päin ajettaessa.

5 Haitallisten vaikutusten estäminen

Heijastusvaikutuksia voidaan vähentää jättämällä suojaviheralueita tai kasvillisuutta aurinkopaneelikenttien reunoille häiriintyvien kohteiden ja aurinkopaneelialueiden väliin. Nykyisellään hankealueen ja Hirvihaarantien välissä on aluskasvillisuutta ja puustoa, joka estää näkyvien muodostumisen hankealueelle (Kuva 5-1) ja siten estää myös heijastusvaikutusten muodostumista.



Kuva 5-1. Kuva hankealueen kaakkoispuolelta kohti luodetta Hirvihaarantien varresta (Pyry Lähteenmäki, Envineer Oy).

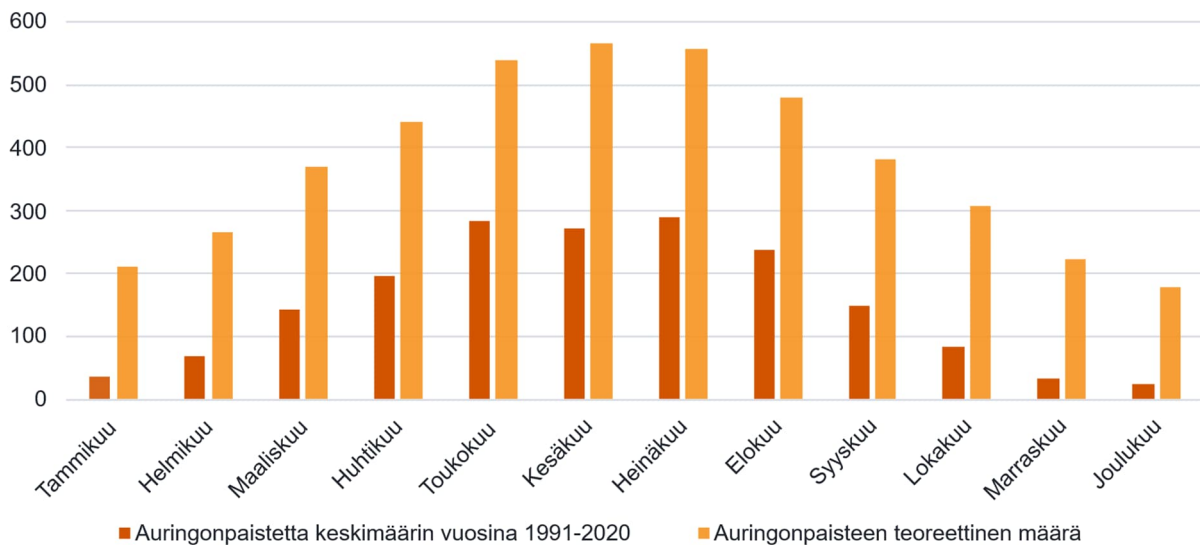
Aurinkopaneelien suuntausta muuttamalla voidaan heijastusvaikutuksia vähentää tiettyihin suuntiin, mutta suuntaamista muuttamalla heijastusvaikutukset voivat lisääntyä muualla.

Käyttämällä aurinkopaneeleissa heijastuksenestopinnoitteita tai muita teknisiä ratkaisuja voidaan heijastuksen vaikutusta vähentää. Heijastuksenestopinnoite vähentää pinnan heijastusta noin 2–3 prosenttiyksikköä verrattuna pinnoittamattoman paneelin heijastukseen (5 %) (M. Law, Adam., O. Jones, Luke., Walls, M, John, 2023).

6 Arvioinnin epävarmuustekijät

Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan havaintoasemalla vuosina 1991–2020 mitattujen auringonpaistetuntien keskimääräiset kuukausiarvot (Ilmatieteen laitos, 2021) ja mahdollisten auringonpaistetuntien kuukausittainen määrä on esitetty kuvassa (Kuva 6-1).

Auringonpaistetta keskimäärin kuukaudesta (h)



Kuva 6-1. Keskimääräiset aurinkopaistatuntien kuukausiarvot ja aurinkopaistatuntien teoreettinen määrä kuukausittain Helsinki-Vantaan havaintoasemalla.

Pylväsgraafin perusteella auringonpaistetta esiintyy eniten touko- ja heinäkuussa, jolloin sen määrä on jopa 52–53 % teoreettisesta maksimista. Vähiten auringonpaistetta on talvella marras-tammikuussa, jolloin määrät jäävät alle 20 %. Siten heijastusvaikutukset ovat todennäköisempiä kesäaikaan kuin talvella. Yksittäisen vuoden sääolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi keskimääräisistä olosuhteista, jolloin kuukausittainen auringonpaistemäärä voi poiketa pylväsgraafissa esitetystä.

Mallinnuksessa on oletettu auringon paistavan kirkkaalta taivaalta koko vuoden ympäri, joka ei kuitenkaan vastaa todellista tilannetta. Ilmatieteen laitoksen tietojen perusteella talviaikaan auringonpaisteen todennäköisyys on pienempi.

Mallinnus on laadittu ilman puuston tai kasvillisuuden suojaavaa vaikutusta, jolla on suuri merkitys heijastuksen syntyyn. Puusto tai kasvillisuus suojaa heijastusvaikutuksilta, kun puuston syvyys on tarpeeksi suuri, mutta jo vähäinen kasvillisuus vähentää heijastusvaikutuksia rikkomalla näköyhteyden auringonpaneelien suuntaan tai estää auringonvalon pääsemisen aurinkopaneelien pintaan. Koska heijastusvaikutuksia syntyy pääosin aamu- ja ilta-aikoina, jolloin auringon kulma horisontin yläpuolella on pienimmillään, puusto voi joko kokonaan estää tai ainakin merkittävästi vähentää heijastusvaikutusten syntyä. Puuston näköyhteyttä peittävä vaikutus vaihtelee vuosien ja vuodenaikojen mukaan, minkä vuoksi puuston heijastusta vähentävää vaikutusta ei pystytä arvioimaan tarkasti. Lisäksi puuston pysyvyydestä ei ole varmuutta muun muassa hakkuiden ja myrskyjen takia.

Tässä mallinnuksessa ei ole huomioitu heijastusvaikutuksen intensiteettiä, jolla tarkoitetaan heijastuksen aiheuttamaa valotehoa havaitsijan silmiin. Heijastusvaikutuksen intensiteetillä on suuri merkitys heijastusvaikutuksen häiritsevyyteen.

7 Johtopäätökset

Tässä raportissa on arvioitu GRK:n Mäntsälän aurinkovoimalahankkeen aurinkopaneelien mahdollisia heijastusvaikutuksia. Mallinnustulosten perusteella Mäntsälän aurinkovoimalahankkeen aurinkopaneelien aiheuttamat heijastusvaikutukset ovat rajautuneet Hirvihaarantielle tiettyihin tieosuuksiin ja etelään suuntautuvaan liikenteeseen. Etelään suuntautuvalle liikenteelle heijastuksia voi syntyä keväällä ja syksyllä ilta-aikaan noin 1 kilometrin matkalle. Vaikka yksittäisille tarkastelupisteille ajoittain kertyy useita mahdollisia heijastuspäiviä, vaikutus on käytännössä rajallinen erityisesti huomioiden tien nopeusrajoituksen ja lyhyen altistumisajan.

Mallinnuksessa käytetyt oletukset, kuten jatkuva auringonpaisto ja kasvillisuuden puuttuminen, voivat kuitenkin yliarvioida todellista vaikutusta. Käytännössä ympäröivä kasvillisuus ja sääolosuhteet todennäköisesti vähentävät heijastusten esiintymistä ja kestoa merkittävästi. Haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi voidaan käyttää kasvillisuutta, paneelien suuntauksen ja kallistuksen säätöä sekä teknisiä ratkaisuja kuten heijastuksenestopinnoitteita.

Lähteet

Pager Power. (2022). Solar Photovoltaic and Building Development – Glint and Glare Guidance (Fourth Edition).

Saksan Ympäristö-, terveys- ja kuluttajansuojaministeriön ohjeet valopäästöjen mittaamiseksi ja arvioimiseksi (Licht-Leitlinie). (2014). Viitattu 18.6.2025.

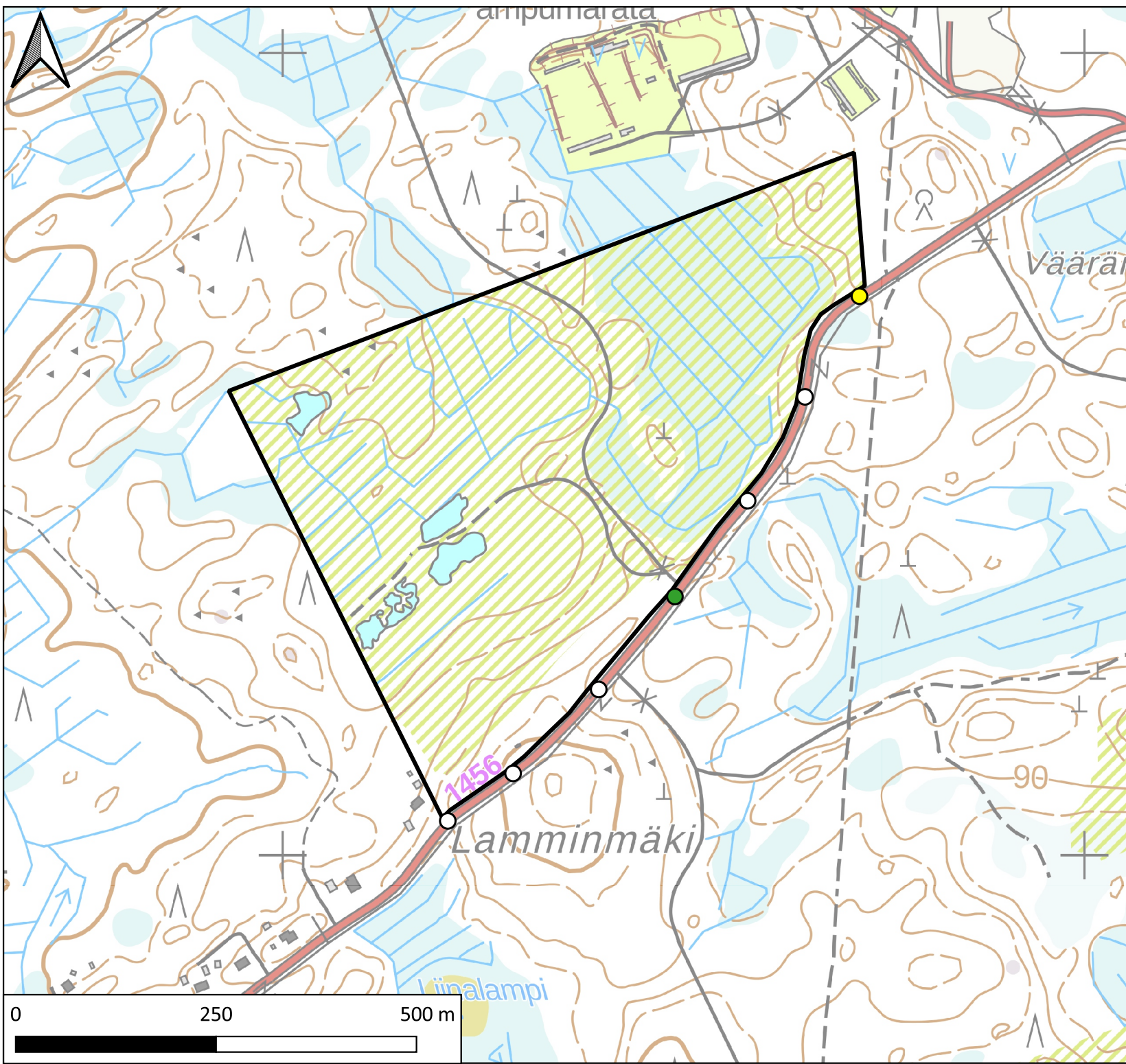
https://bravors.brandenburg.de/sixcms/media.php/76/Amtsblatt%2021_14.pdf

Ilmatieteenlaitos. (2021). Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1991-2020. Raportteja 2021:8. Viitattu 18.6.2025. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/4a090295-f4a7-4b55-a3e4-39a0e370f5b9/content>

M. Law, Adam., O. Jones, Luke., Walls, M, John. 2023. The Performance and durability of Anti-reflection coatings for solar module cover glass – a review. Julkaistu Solar Energy- lehdessä (Volume 261) 1.9.2023. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.06.009>

Liite 1

Aurinkopaneelien heijastuksen määrän karttakuvat

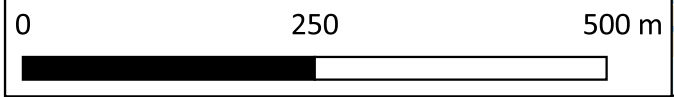


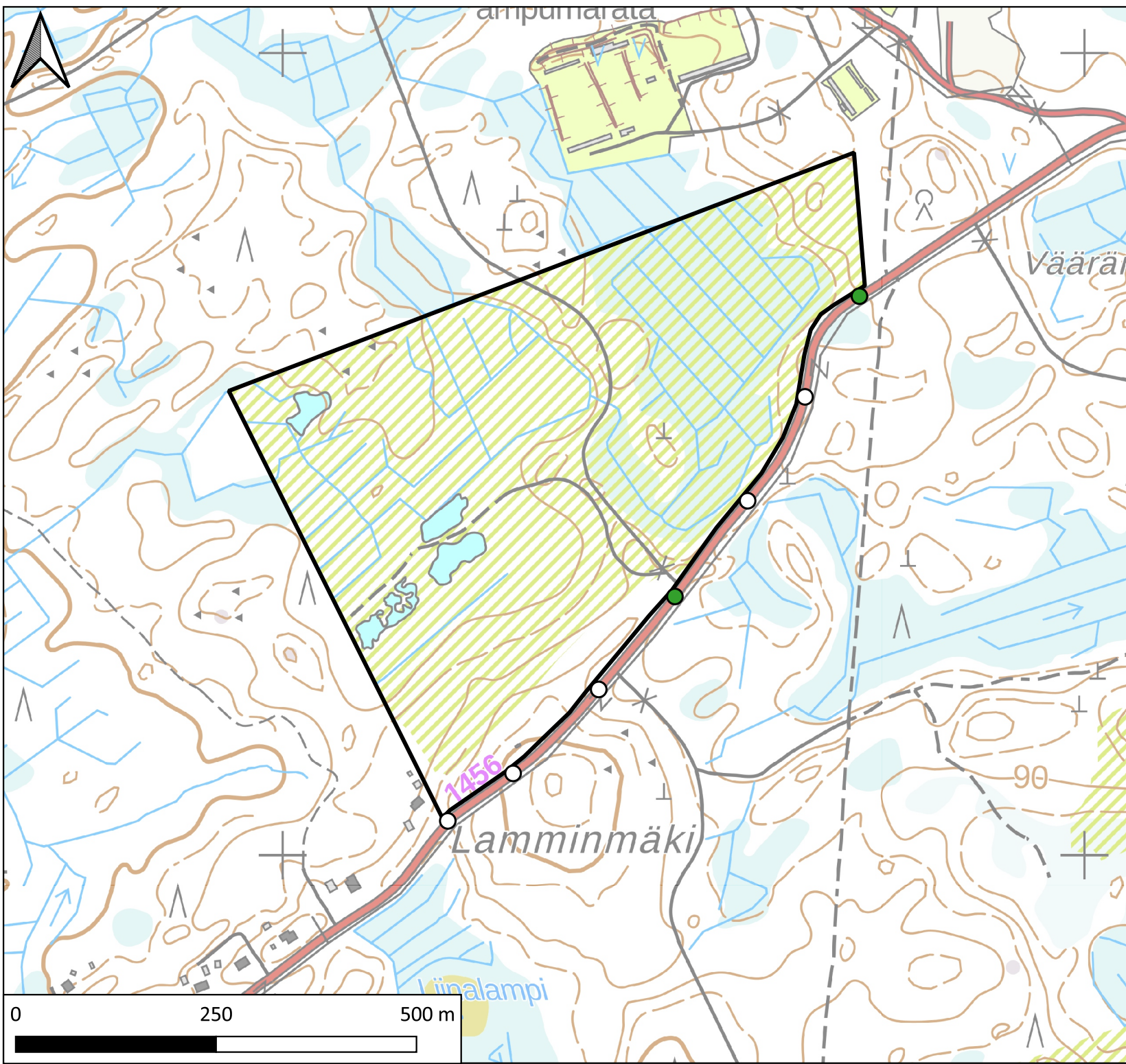
Selite

Hankealue

Aurinkopaneelien heijastuksen päiväkohtainen maksimimäärä (min/d) Hirvihaarantiellä etelään ajettaessa

- 0 - 0
- 0 - 30
- 30 - 60
- 60 -





Selite

- Hankealue
- Aurinkopaneelien heijastuksen vuotuinen määrä (h/a)
Hirvihaarantiellä etelään ajettaessa
- 0 - 0
- 0 - 30
- 30 - 60
- 60 -



ENVIINEER

envineer.fi