

Vastaanottaja

Fortum Renewables Oy

Asiakirjatyyppi

Heijastusmallinnusraportti

Päivämäärä

22.4.2025

Pennalan aurinkovoimahankkeen heijastusmallinnus

Ramboll Finland Oy



Pennalan aurinkovoimahankkeen heijastusmallinnus

Ramboll Finland Oy

Projekti **Pennalan aurinkovoiman osayleiskaava**
Projekti nro **1510086092-002**
Vastaanottaja **Fortum Renewables**
Asiakirjatyyppi **Heijastusmallinnusraportti**
Päivämäärä **22.4.2025**
Laatija **Helena Muukkonen**
Tarkastaja **Henna Leppänen**
Kuvaus **Heijastusvaikutuksien mallintaminen ja johtopäätökset**

Ramboll
Kansikatu 5B
33100 TAMPERE

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://www.ramboll.com/fi-fi/>

Sisältö

1.	Lähtötiedot	2
2.	Mallinnuksen lähtökohdat ja tulokset	2
2.1	Näkymäalueanalyysi	3
2.2	Heijastusmallinnus	4
2.2.1	Heijastusmallinnuksen tulokset Lahdentielle	5
2.2.2	Heijastusmallinnuksen tulokset asuinrakennuksille	7
3.	Johtopäätökset ja epävarmuustekijät	9
4.	Lähteet	9

1. Lähtötiedot

Fortum Renewables Oy suunnittelee Orimattilaan aurinkoenergian tuotantoa kaava-alueelle. Kaavoituksen tavoitteena on mahdollistaa aurinkovoimalan rakentaminen enintään noin 270 hehtaarin (ha) suuruiselle alueelle. Suunnittelualueen pinta-ala on noin 650 ha. Aurinkovoimalan teho olisi noin 220 megawattia (MW), ja arvioitu vuosituotanto noin 280 gigawattituntia (GWh).

Aurinkovoimalat sijoittuvat pääosin avoimille peltomaille sekä joiltakin osin metsäisille alueille. Suunnittelualueelle sijoittuva peltoalueiden ulkopuolinen luonnonympäristö on pääosin ihmisen voimakkaasti käsittelemää talousmetsää. Suunnittelualueelle on lisäksi tarkoitus rakentaa tarvittava huoltotiestö ja sisäinen sähkönsiirto sekä maakaapelilla toteutettava liityntä sähköasemalle.

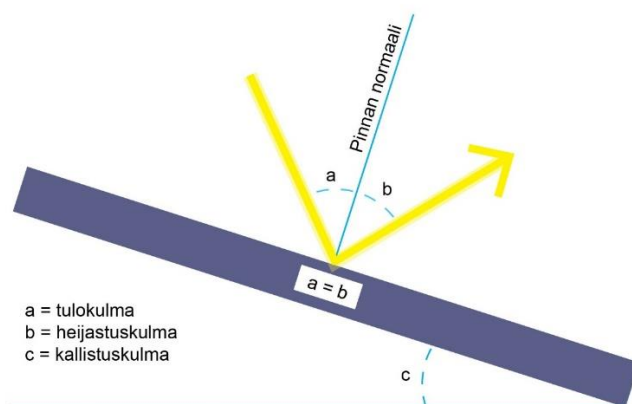
Suunnittelualueella sijaitsee useita asuinrakennuksia ryhmittyminä ja yksittäisinä rakennuksina. Suunnittelualueutta halkoo etelä/pohjoissuunnassa Lahdentie, jonka keskivuorokausiliikenne oli 6967 vuonna 2024.

Selvityksen tarkoituksena on arvioida aurinkovoimahankkeen aurinkopaneeleista heijastuvien auringonsäteiden vaikutuksia häiriintyviin kohteisiin.

2. Mallinnuksen lähtökohdat ja tulokset

Arvioinnissa heijastuksella tarkoitetaan aurinkopaneelin pinnalta heijastuvaa auringonsäteilyä, joka heijastuu aurinkopaneelin pinnasta havaitsijan silmiin. Aurinkopaneelistä heijastuvan valon määrään vaikuttavat paneelityypin lisäksi aurinkopaneelin koko, pintamateriaalin heijastuskyky, paneelin kallistus- ja suuntauskulma sekä aurinkopuiston laajuus ja maantieteellinen sijainti.

Aurinkopaneeleista aiheutuvat heijastusvaikutukset muodostuvat auringon paistaessa aurinkopaneelin pintaan, josta auringonvalo heijastuu samassa kulmassa aurinkopaneelin pinnan normaaliin nähden (Kuva 1).



Kuva 1. Periaatekuva auringonsäteen heijastumisesta aurinkopaneelin pinnasta (Ramboll Finland Oy).

Noin 95 prosenttia aurinkopaneelin pinnalle kohdistuvasta näkyvästä säteilystä absorboituu paneelin pintamateriaaliin energiantuotantoa varten. Vastaavasti noin 5 prosenttia heijastuu takaisin ympäristöön, mikä vastaa veden pinnan heijastuskykyä.

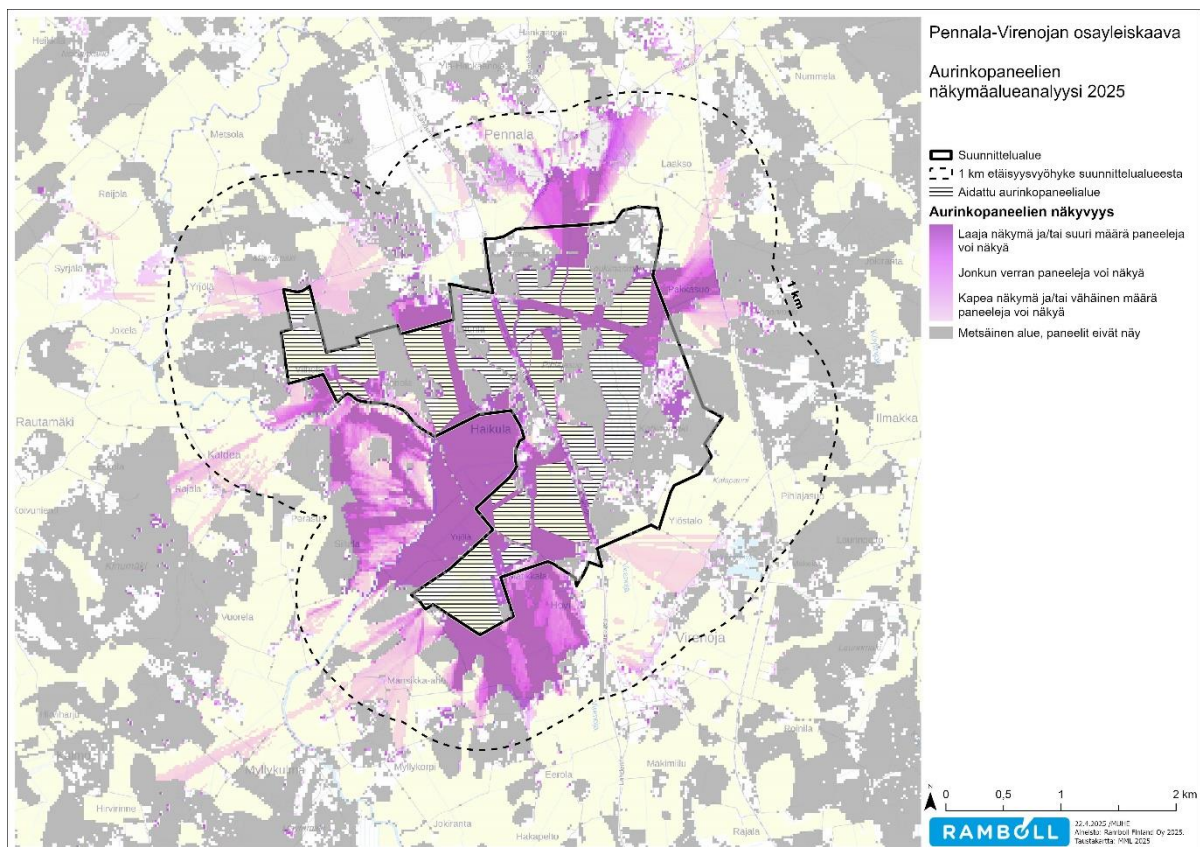
Heijastusvaikutuksia voi muodostua vain auringonpaisteella. Auringon paistaessa korkealla taivaalla paneelista heijastuvan valonsäteen heijastuskulma on pieni, eikä aiheuta vaikutuksia maan tasolla oleville havaitsijoille. Tämän takia heijastusvaikutukset ajoittuvat pääosin aamu- ja iltaiikoihin auringon sijaitessa matalammalla suhteessa paneeleihin. Lentoliikenteeseen vaikutuksia voi syntyä muinakin kellonaikoina.

Heijastusvaikutusten muodostuminen edellyttää auringonsäteiden suoran osumisen paneelin pintaan sekä esteettömän näköyhteyden paneelista heijastuvan valonsäteiden ja havaitsijan välille. Erilaiset esteet kuten rakennukset tai korkea kasvillisuus voi estää valonsäteiden osumisen paneeliin tai heijastuksen osumiseen havaitsijaan, jolloin heijastusvaikutuksia ei voi syntyä.

Heijastusvaikutuksen kesto vaikuttaa sen haitallisuuteen etenkin paikallaan pysyvien havaitsijoiden, kuten asuinrakennusten kohdalla. Liikkuvien havaitsijoiden, kuten autojen osalta vaikutuksen arviointiin vaikuttavat enemmän havaitsijan nopeus ja heijastuksen esiintymisen todennäköisyys.

2.1 Näkymäalueanalyysi

Pennalan aurinkovoimahankkeen heijastusvaikutusten laajuutta on arvioitu laatimalla näkymäalueanalyysi suunnitelluista aurinkopaneelialueista (Kuva 2). Analyysi osoittaa ne alueet, joilta paneelit voivat olla nähtävissä ja siten heijastusvaikutusten esiintyminen on mahdollista. Näkymäalueanalyysissä on otettu huomioon olemassa olevat metsäalueet, lukuun ottamatta paneelialueita, jotka on huomioitu avoimina alueina. Analyysi ei ota huomioon rakennuksia tai istutuksia, kuten katupuustoa.



Kuva 2. Pennala-Virenojan osayleiskaavassa osoitettujen paneelialueiden näkymäalueanalyysi (luonnosvaiheen sijoitussuunnitelma).

Näkymäalueanalyysin perusteella suunnittelualueella ja sen ympäristössä sijaitsee yhteensä 24 asuinrakennusta, joilta on suora näkymä aurinkopaneeliin. Heijastusvaikutusalueelle sijoittuvat rakennukset ovat pääosin ryhmittyneet suunnittelualueen kyläalueille. Lisäksi yksittäisiä rakennuksia sijaitsee aurinkopaneelialueiden ja avoimien peltoalueiden läheisyydessä. Asuinrakennusten lisäksi paneelit näkyvät hyvin suunnittelualueen lävistävälle Lahdentielle.

2.2 Heijastusmallinnus

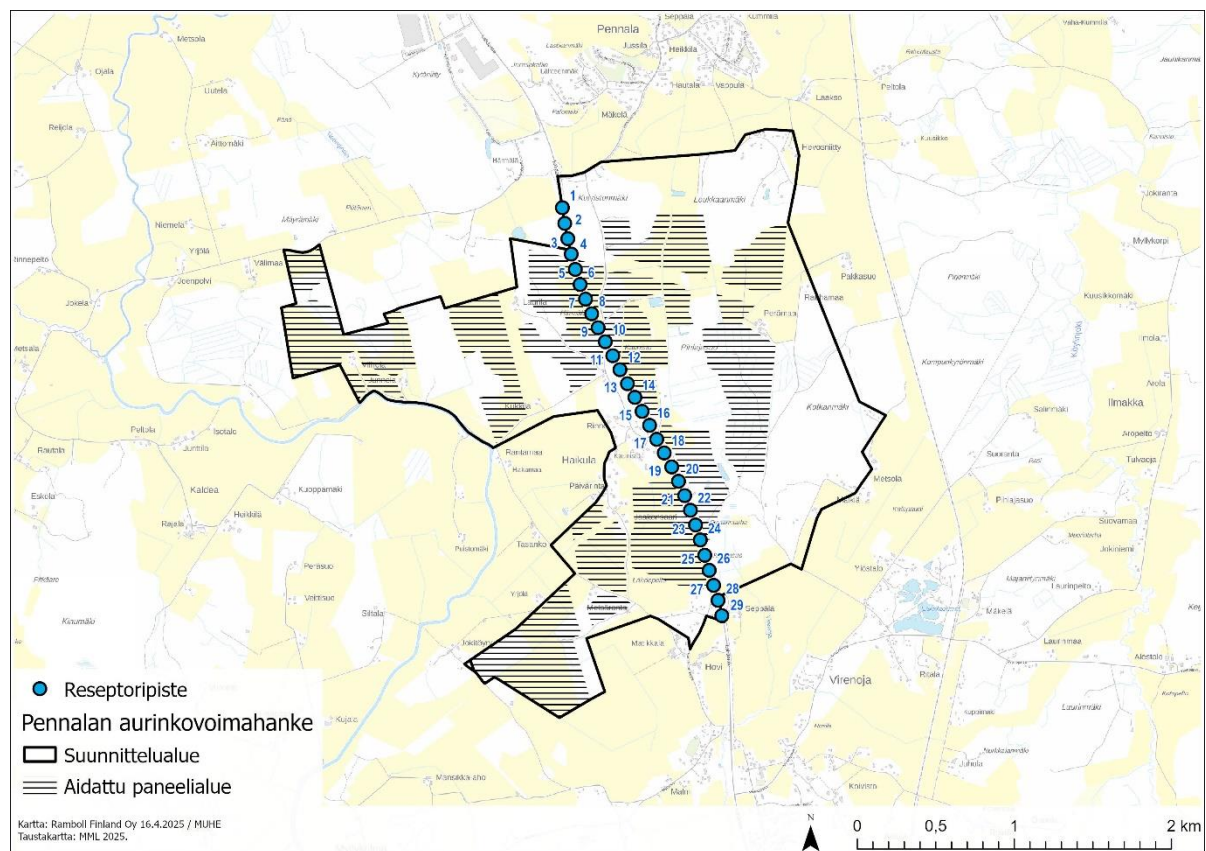
Tunnistetuille häiriintyville kohteille laadittiin heijastusmallinnus hyödyntäen WindPro:n GLARE-moduulia. Ohjelma laskee valittuihin havaitsijoihin kohdistuvan näkyvän heijastuneen valon ajankohdan ja keston vuoden aikana. Mallinnus perustuu reseptoripisteisiin eli havaitsijoiden maantieteelliseen sijaintiin, aurinkopaneelin asennuskulmiin ja korkeuteen, maanpinnan korkeustasoon sekä auringon sijaintiin eri vuorokauden- ja vuoden aikoina.

Heijastusmallinnuksessa käytettiin maastomallina Maanmittauslaitoksen 10 m korkeusmallia ja suunnitelman mukaista aurinkopaneelien sijoittelua. Aurinkopaneelien suuntaus on etelään, paneelien alareunan korkeus maanpinnasta noin 0,65 metriä ja kallistuskulma on 30 astetta. Aurinkopaneelit asennetaan riveihin, joiden välimatka on noin 5 metriä. Mallinnuksessa käytettävä aika-askel on 1 minuutti ja auringon paistekulman resoluutio 0,05 astetta. Mallinnuksessa on käytetty monokiteistä aurinkopaneelia, jossa ei ole heijastuksenestopinnoitetta. Reseptoripisteiden eli havaitsijoiden silmien korkeus maanpinnasta on 1,5 metriä ja näkökenttä on 360 astetta.

Heijastusmallinnuksessa ei ole huomioitu puuston vaikutusta heijastuksen näkyvyyteen. Riittävän korkea ja tiheä kasvillisuus, kuten puusto, voi estää näköyhteyden muodostumisen joko auringon ja aurinkopaneelin tai aurinkopaneelin ja havaitsijan välille, jolloin heijastusvaikutusta ei voi syntyä. Lisäksi mallinnuksessa ei ole huomioitu säätilojen vaikutusta tai heijastuksen intensiteettiä. Mallinnukset laadittiin erikseen Lahdentielle ja asuinrakennuksille, joilta on näköyhteys aurinkopaneeleihin.

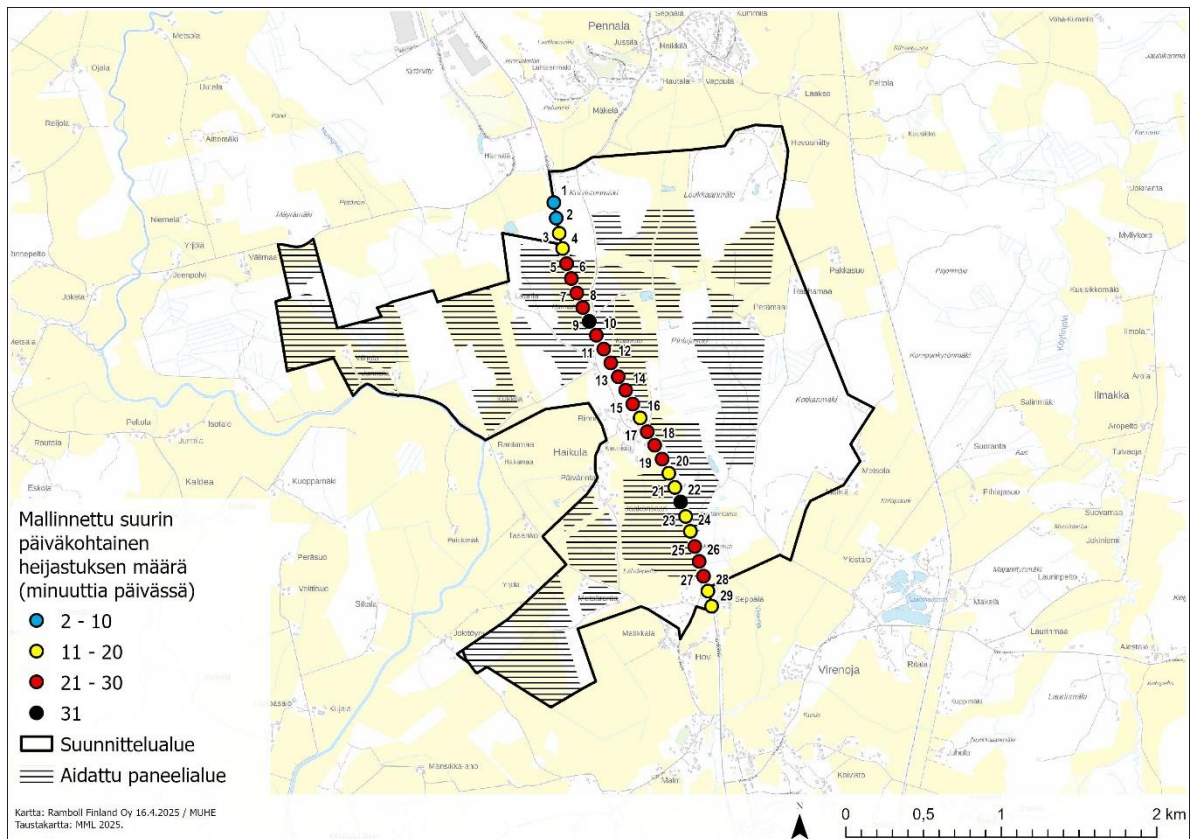
2.2.1 Heijastusmallinnuksen tulokset Lahdentielle

Mallinnus toteutettiin suunnittelualueen läpi kulkevalle Lahdentielle. Mallinnuksessa käytettävät reseptoripisteet sijoitettiin 100 metrin välein tien mukaisesti (Kuva 3).

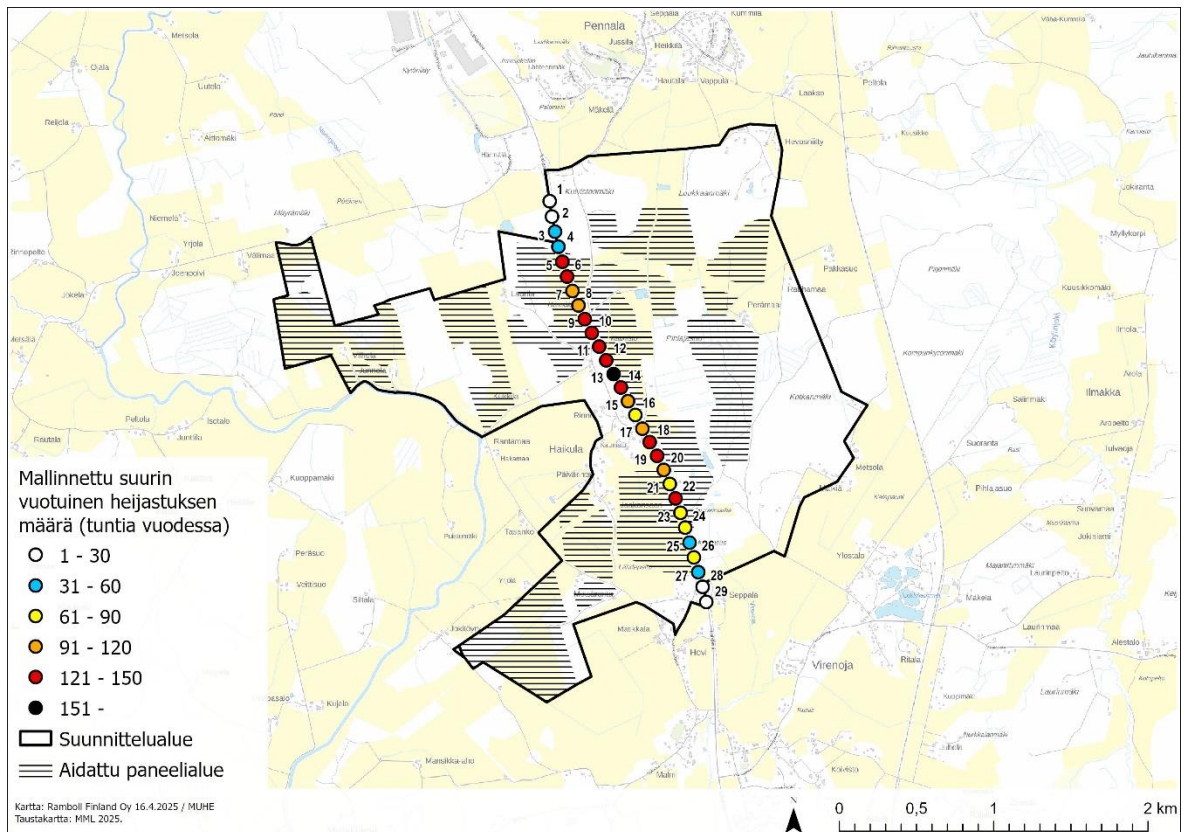


Kuva 3. Mallinnuksessa käytetyt reseptoripisteet Lahdentiellä.

Mallinnetut arviot reseptoripisteiden heijastuksen määrästä on esitetty Lahdentien osalta kuvissa Kuva 4 ja Kuva 5. Mallinnuksen perusteella **reseptoripisteisiin Lahdentiellä kohdistuu heijastuksia maalis-lokakuun välisenä aikana varhain aamulla ja kuuden jälkeen illalla.** Suurin päiväkohtainen heijastuksen määrä tapahtuu reseptoripisteillä 9 ja 22, joissa päiväkohtainen heijastuksen määrä on 31 minuuttia.



Kuva 4. Mallinnettu PÄIVÄKOHTAINEN heijastuksen määrä Lahdentiellä reseptoripisteiden kohdalla.

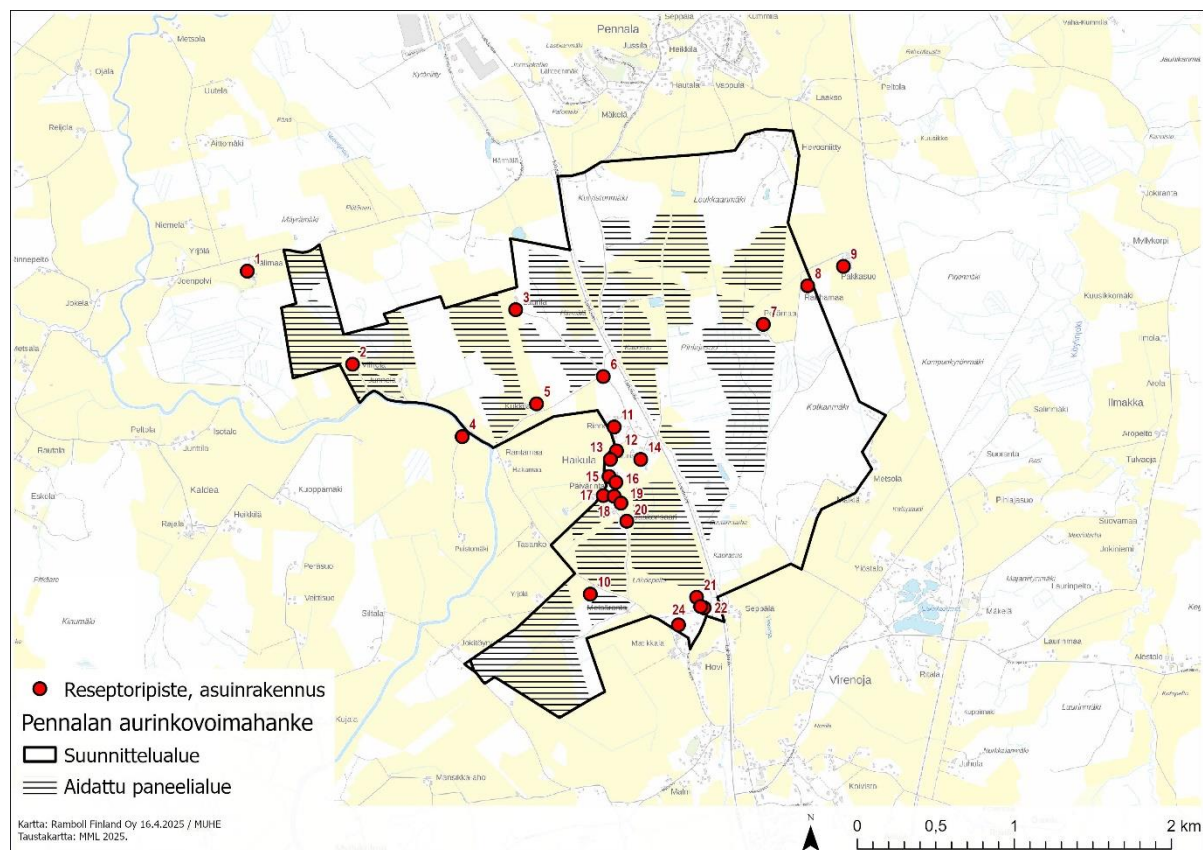


Kuva 5. Mallinnettu VUOTUINEN heijastuksen määrä Lahdentiellä reseptoripisteiden kohdalla.

Suunnittelualueen kohdalla Lahdentien nopeusrajoitus on Traficomien mukaan 80 km/h, jolloin yksittäisessä reseptorissa nopeus on heijastuksen määrää merkittävämpi tekijä. Mallinnuksen perusteella suunnittelualueen merkittävimmät heijastusvaikutukset muodostuvat tasaisesti paneelien ympäröiville tieosuuksille Jaakonsaaren ja Härmälän välille. Näille alueille heijastuksia syntyy sekä aamu- että ilta-aikoina. Aurinkopaneelien heijastavat pinnat suunnataan etelään, minkä seurauksena mahdolliset **heijastusvaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti pohjoiseen suuntautuvaan liikenteeseen**. Etelän suuntaan liikuttaessa heijastusvaikutukset ovat merkittävästi vähäisempiä.

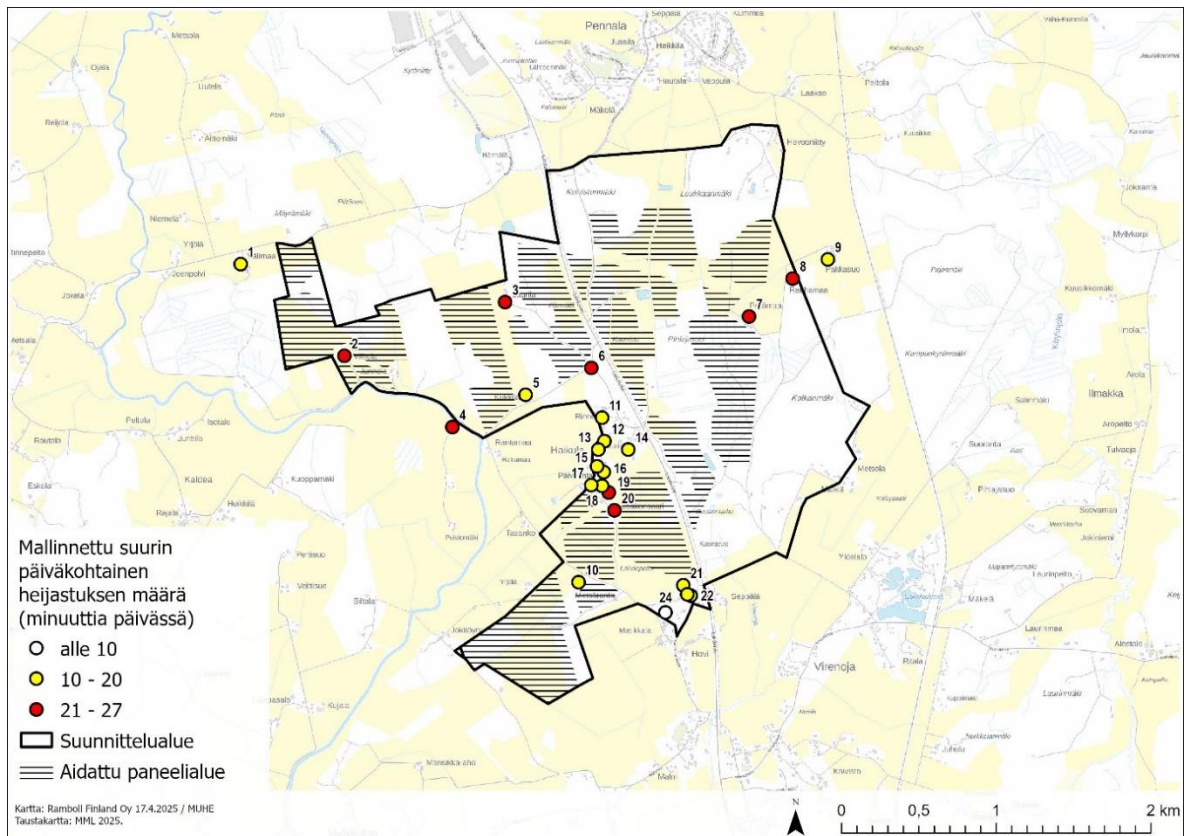
2.2.2 Heijastusmallinnuksen tulokset asuinrakennuksille

Heijastusmallinnus toteutettiin suunnittelualueella ja sen ympärillä sijaitseville rakennuksille, joilla on näkymäalueanalyysin perusteella näköyhteys aurinkopaneeliin. Mallinnukseen valitut asuinrakennukset on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 6).

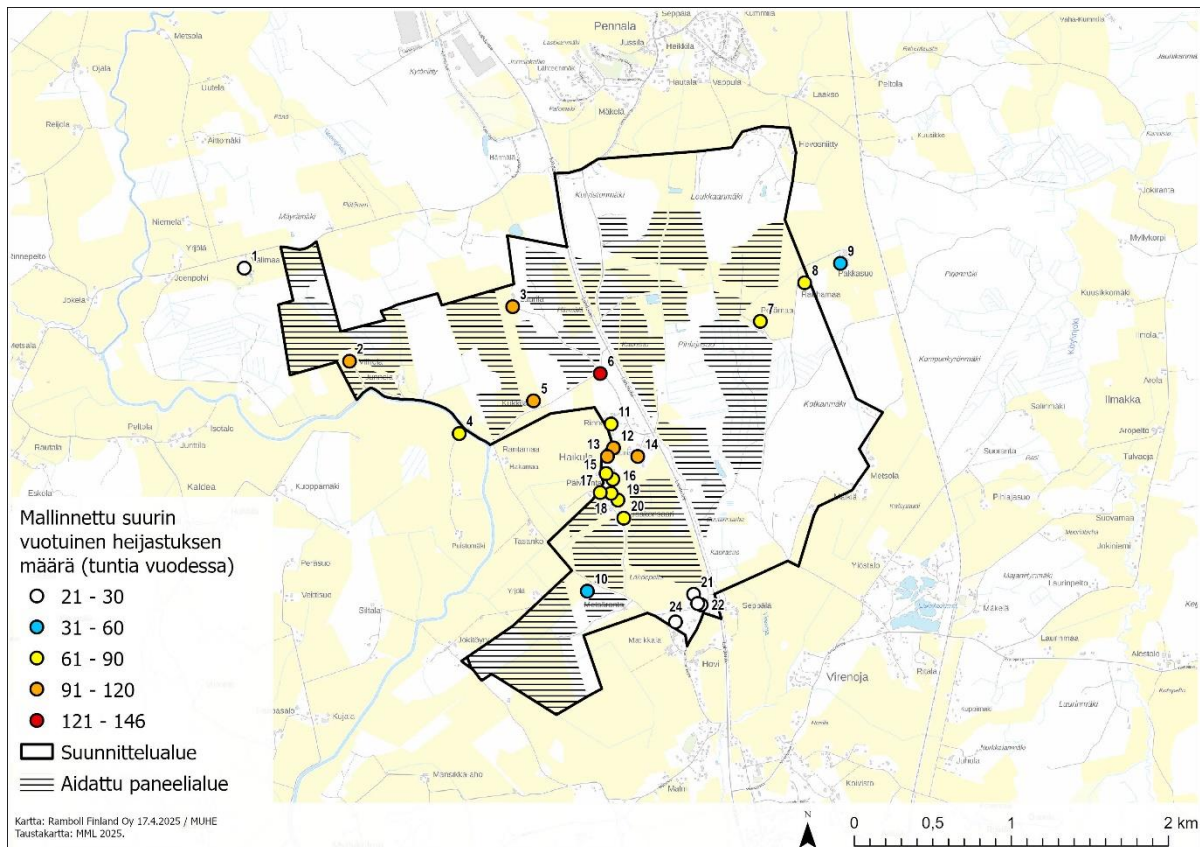


Kuva 6. Mallinnuksessa käytetyt reseptoripisteet asuinrakennuksille, joilta on näköyhteys aurinkopaneeliin.

Mallinnetut arviot reseptoripisteiden heijastuksen määrästä on esitetty asuinrakennusten osalta kuvissa Kuva 7 ja Kuva 8. Mallinnuksen perusteella **asuinrakennuksiin kohdistuu heijastuksia maaliskokuun välisenä aikana aamulla klo 6–9 ja kuuden jälkeen illalla**. Suurimmat päiväkohtaiset heijastusmäärät kohdistuvat asuinrakennuksille, jotka sijaitsevat paneelikenttien läheisyydessä suunnittelualueen keski- ja pohjoisosassa. Suurin päiväkohtainen heijastusmäärä kohdistuu asuinrakennukseen nro 3, jossa heijastuksen kesto on 27 minuuttia.



Kuva 7. Mallinnettu PÄIVÄKOHTAINEN heijastuksen määrä asuinrakennusten kohdalla.



Kuva 8. Mallinnettu VUOTUINEN heijastuksen määrä asuinrakennusten kohdalla.

Maanmittauslaitoksen ilmakuvien perusteella useimpien asuinrakennusten ja aurinkopaneelikenttien väliin sijoittuu puustoa tai muita rakennuksia. Nämä toimivat näkösuojina ja vähentävät merkittävästi heijastusvaikutuksia tai estävät ne kokonaan. Heijastuslaskentaan käytetty ohjelmisto ei kuitenkaan kykene huomioimaan esteitä laskennan yhteydessä, mikä tulee huomioida arvioita tulkittaessa.

3. Johtopäätökset ja epävarmuustekijät

Suunnittelualueelta tunnistettiin häiriintyviksi kohteiksi suunnittelualueen läpi kulkeva Lahdentie ja asuinrakennuksia, joilta on suora näköyhteys aurinkopaneeleihin. Lahdentien osalta merkittävimmät heijastusvaikutukset kohdistuvat tieosuuksiin, joiden molemmiin puolin (itä- ja länsipuolella) sijaitsee runsaasti suunniteltuja paneeleja. Näille tieosuuksille heijastuksia kohdistuu sekä aamulla että ilta-aikoina pohjoisen suuntaan liikuttaessa. Etelän suuntaan liikuttaessa vaikutukset ovat vähäisemmät johtuen paneelien heijastavan pinnan suuntauksesta. Merkittävimmät heijastusvaikutukset asuinrakennuksiin kohdistuvat suunniteltujen paneelikenttien ja avointen peltoalueiden läheisyydessä sijaitseviin asuinrakennuksiin.

Lentoliikenteen osalta ei ole tunnistettuja vaikutuksia, sillä Traficomien mukaan suunnittelualue ei sijoitu lentokentän lähestymis- tai lennonjohtoalueille.

Mallinnuksessa auringon oletettu paistavan kirkkaalta taivaalta ympäri vuoden, mikä ei vastaa todellista tilannetta. Ilmatieteenlaitoksen mukaan auringonpaisteen mahdollisuus vaihtelee huomattavasti eri kuukausina, sillä pilvisuus ja vuodenaika vaikuttavat auringonpaistetunteihin.

Mallinnus ei huomioi puuston suojaavaa vaikutusta, jolla on merkitystä heijastusvaikutusten muodostumiseen. Riittävän tiheä puusto voi estää tai merkittävästi vähentää heijastusvaikutuksia, sillä se katkaisee näköyhteyden aurinkopaneeleihin tai estää auringonvalon pääsyn niiden pinnalle. Jo vähäinenkin kasvillisuus voi hajottaa näkymää ja vähentää heijastuksia. Heijastukset syntyvät pääasiassa aamulla ja illalla, kun aurinko on matalalla, voi puusto parhaimmillaan kokonaan estää niiden muodostumisen tai ainakin huomattavasti lieventää niitä. Puuston peittovaikutus kuitenkin vaihtelee puuston iän ja vuodenvaihteen mukaan sekä sen pysyvyydestä ei voi olla varma mahdollisten myrskytuhojen ja hakkuiden vuoksi.

Lieventämistoimenpiteenä mahdollisiin heijastusvaikutuksiin voidaan käyttää istutuksia paneelialueiden ja häiriintyvien kohteiden välillä. Mallinnuksessa on lisäksi käytetty monokiteistä aurinkopaneelia, jossa ei ole heijastuksenestopinnoitetta. Heijastuksenestopinnoitteilla voi lieventää heijastuvan säteilyn vaikutuksia, joka vähentää häiriötä.

4. Lähteet

Pager Power, 2022. <https://www.pagerpower.com/wp-content/uploads/2022/09/Solar-Photovoltaic-Glint-and-Glare-Guidance-Fourth-Edition.pdf>

Ilmatieteen laitos, 2025. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>

Ilmatieteen laitos, 2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/auringon-paistetunnit>

Traficom ilmatilasovellus, 2025. <https://eservices.traficom.fi/Ilmatilasovellus/Map>