



**NIINIMÄEN TUULIPUISTO OY**  
Niinimäen tuulivoimahanke

Vilkuntaselvitys

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

**Sisäinen tarkistussivu**

|  |  |
|--|--|
| <b>Asiakas</b>                         | Niinimäen Tuulipuisto Oy   |
| <b>Otsikko</b>                         | Vilkuntaselvitys   |
| <b>Projekti</b>                        | Niinimäen tuulivoimahanke  |
| <b>Vaihe</b>                           | Kaavoitusmenettely   |
| <b>Työnumero</b>                       | 16X267156-E721   |
| <b>Piirustus/arkistointi/sarjanro.</b> | 16X267156-E721   |
| <b>Tiedoston nimi</b>                  | Niinimäen Tuulipuisto<br>Oy_Niinimäki_vilkuntaselvitys_07062017_final.docx           |
| <b>Järjestelmä</b>                     | Microsoft Word 14.0  |
| <b>Laatijat</b>                        | Ilona Välimaa  |
| <b>Vastaava yksikkö</b>                | Energy / Project Development and Operations  |
| <b>Alkuperäinen raportti</b>           |  |
| Dokumentin pvm                         | 7.6.2017   |
| Laatija/asema/allekirj.                | Ilona Välimaa / Vilkunta-asiantuntija  |
|  |  |
| Dokumentin pvm                         | 7.6.2017   |
| Tarkistaja/asema/allekirj.             | Leena-Kaisa Piekkari / Projektipäällikkö   |
|  |  |

## Esipuhe

Tämä raportti on Pöyryn laatima Niinimäen tuulivoimahankkeen vilkuntaselvitys, jossa on selvitetty Niinimäen tuulivoimahankkeen aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutukset puiston lähiympäristöön. Vilkuntamallinnus on päivitetty vastaamaan kaavaehdotuksessa osoitettuja tuulivoimaloiden paikkoja. Selvityksen on tilannut Niinimäen Tuulipuisto Oy.

Yhteystiedot

Ilona Välimaa

PL 4 (Jaakonkatu 3)  
FI-01621 Vantaa  
Finland  
Kotipaikka Vantaa  
Y-tunnus 0625905-6  
Puh. +358 10 3311  
Faksi +358 10 33 21845  
[www.poyry.fi](http://www.poyry.fi)

Pöyry Finland Oy

## Tiivistelmä

Niinimäen Tuulipuisto Oy suunnittelee Pieksämäelle 29 voimalan Niinimäen tuulipuistoa. Tässä selvityksessä on arvioitu Niinimäen tuulipuiston varjon vilkunnan vaikutuksia lähialueille.

Tuulivoimahankkeen aiheuttamaa varjon vilkuntaa analysoitiin laskennallisilla menetelmin. Tarkastelussa käytettiin tuulivoimalaa, jonka roottorin halkaisija on 140 metriä ja napakorkeus 165 metriä (voimalan kokonaiskorkeus 235 metriä). Ensimmäinen mallinnus tehtiin niin sanotulla konservatiivisella laskentamenetelmällä, joka ei huomioi varjon vilkuntaa vähentäviä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin realistisempi kuva odotettavissa olevasta vilkunnan määrästä, mallinnus on suoritettu konservatiivisen laskentamenetelmän lisäksi myös huomioiden pitkän aikavälin auringonpaistetilat ja alueen tuulisuusjakauma. Varjon vilkunnan realistinen esiintyminen laskettiin vuositasona koko hankealueen kattavana karttana. Lisäksi hankealueen ympäristöstä määritettiin 23 reseptoripistettä, joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset.

Mallinnustulosten perusteella voidaan todeta, että Niinimäen hankealueen lähiympäristössä varjon vilkunta on yhdessä kohteessa paikallisesti suurta ja muualla vähäistä tarkastellulla voimalakoolla ja napakorkeudella. Teoreettisen mallinnuksen tulokset ylittävät sovelletun 30 tunnin vuosittaisen vilkunnan rajan kahdessa asutuskohteessa. Realistisen mallinnuksen tulokset ylittävät Ruotsissa käytössä olevat maksimivilkunnan määrän vertailuarvot yhdessä asutuskohteessa.

## Sisältö

### Tiivistelmä

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>YLEISTÄ</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1      | Varjon vilkkuminen                                    | 4         |
| 1.2      | Sovellettavat vertailuarvot                           | 5         |
| <b>2</b> | <b>ARVIOINTIMENETELMÄT JA ARVIOINNIN EPÄVARMUUDET</b> | <b>6</b>  |
| 2.1      | Arviointimenetelmät                                   | 6         |
| 2.2      | Arvioinnin epävarmuudet                               | 7         |
| <b>3</b> | <b>YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI</b>                 | <b>8</b>  |
|          | <b>KIRJALLISUUSVIITTEET</b>                           | <b>12</b> |

Pohjakartta-aineisto © Maanmittauslaitos, Lupanro 48/MML/17

### Liitteet

Liite 1 Vilkkunan rajoittaminen raportti

## 1 YLEISTÄ

Pieksämäkeen suunnitellaan 29 voimalan Niinimäen tuulipuistoa. Ohessa on esitetty tuulivoimapuiston voimaloiden sijaintikoordinaatit.

**Taulukko 1-1. Mallinnuksessa käytetyt voimaloiden sijainnit (ETRS-TM35FIN koordinaatistossa).**

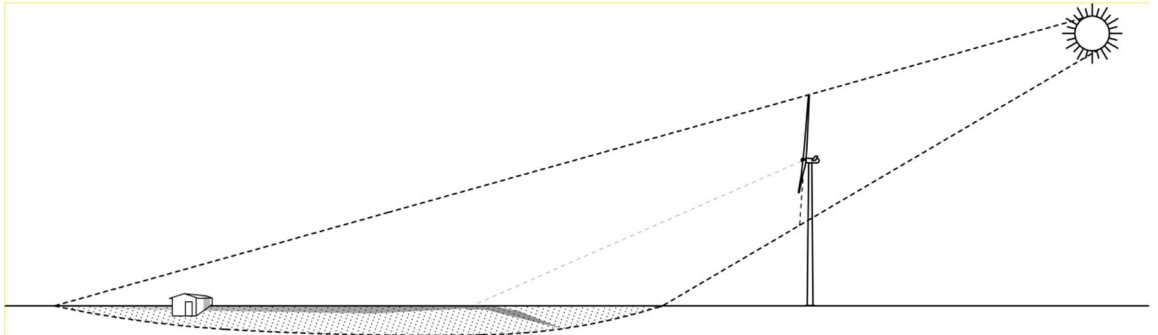
| Voimala | Itäkoordinaatti<br>(m) | Pohjoiskoordinaatti<br>(m) |
|---------|------------------------|----------------------------|
| 1       | 500968                 | 6917762                    |
| 2       | 500698                 | 6918428                    |
| 3       | 500278                 | 6919016                    |
| 4       | 499854                 | 6919599                    |
| 5       | 499633                 | 6920258                    |
| 6       | 500198                 | 6917608                    |
| 7       | 499873                 | 6918348                    |
| 8       | 499418                 | 6918884                    |
| 9       | 499057                 | 6919496                    |
| 10      | 498928                 | 6920194                    |
| 11      | 499541                 | 6916622                    |
| 12      | 499461                 | 6917318                    |
| 13      | 498815                 | 6917490                    |
| 14      | 498394                 | 6918015                    |
| 15      | 496858                 | 6917371                    |
| 16      | 497705                 | 6918716                    |
| 17      | 498442                 | 6918890                    |
| 18      | 497999                 | 6919509                    |
| 19      | 497582                 | 6920108                    |
| 20      | 496870                 | 6920300                    |
| 21      | 497956                 | 6920726                    |
| 22      | 497172                 | 6920991                    |
| 23      | 497824                 | 6921431                    |
| 24      | 497040                 | 6921689                    |
| 25      | 497595                 | 6922115                    |
| 26      | 497584                 | 6917437                    |
| 27      | 497612                 | 6916664                    |
| 28      | 498332                 | 6916530                    |
| 29      | 498063                 | 6915888                    |

Hankealueen läheisyydessä sijaitsee asuin- ja lomarakennuksia, joihin tuulivoimalat mahdollisesti aiheuttavat varjon vilkuntaa. Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää Niinimäen tuulipuiston varjon vilkuntavaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

### 1.1 Varjon vilkkuminen

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 1–3 kilometrin päähän. Vilkunnan kantama ja kesto riippuvat siitä, missä kulmassa auringon valo osuu lapoihin, lapojen pituudesta ja paksuudesta, tornin korkeudesta, maaston muodoista, ajankohdasta sekä näkyvyyttä vähentävistä tekijöistä kuten kasvillisuudesta ja pilvisyydestä. Tuulipuistojen lähiympäristöön leviävä varjon vilkunta tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai

aurionlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama varjon vilkunta saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



**Kuva 1-1. Havainnollistus varjon vilkunnasta. Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriin lapoihin.**

Vilkuntamallinnus voidaan tehdä niin kutsutulla konservatiivisella laskentamenetelmällä, jossa voimalan roottorin oletetaan pyörivän jatkuvasti ja olevan kohtisuorassa auringonsäteitä vastaan. Menetelmää kutsutaan teoreettiseksi mallinnukseksi. Laskentamenetelmä ei huomioi varjon vilkuntaa vähentäviä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin realistisempi kuva odotettavissa olevasta vilkunnan määrästä, voidaan mallinnus suorittaa myös huomioiden pitkän aikavälin auringonpaistetilat ja alueen tuulusuujakauma. Tätä laskentatapaa kutsutaan realistiseksi mallinnukseksi.

## 1.2 Sovellettavat vertailuarvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa vilkuntavaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (*Ympäristöministeriö 2016*) mukaan Suomessa vilkuntavaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Vilkuntavaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Saksassa, Ruotsissa ja Tanskassa käytössä olevia raja-arvoja ja suosituksia.

### Saksa

Saksassa on käytössä yksityiskohtaiset ohjeet vilkuntavaikutuksen mallinnuksesta ja sen raja-arvoista (*WEA-Schattenwurf-Hinweise 2002*). Käytössä on kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulipuistosta syntyvälle vilkuntavaikutukselle:

- korkeintaan 30 tuntia vuodessa niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- korkeintaan 30 minuuttia päivässä niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- mikäli voimalan automaattinen säätely on käytössä, niin sanottu realistinen vilkuntavaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

### Ruotsi

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja vilkuntavaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (*Boverket 2009*), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suosituksen mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa vilkuntavaikutusta saa syntyä



korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen vilkuntavaikutus saa suositusten mukaan olla korkeintaan kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

## Tanska

Tanskassa on suositus (*Danish Wind Industry Association*), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa vilkuntavaikutusta saa syntyä korkeintaan kymmenen tuntia vuodessa.

## 2 ARVIOINTIMENETELMÄT JA ARVIOINNIN EPÄVARMUUDET

### 2.1 Arviointimenetelmät

Tuulipuiston aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutuksia arvioitiin laskennallisin menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä WindPRO-ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulipuistoa ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- Yksi hankkeen toteutusvaihtoehto: VE1 (29 voimalaa)
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 165 metriä
- Tuulivoimaloiden roottorin halkaisija 140 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 235 metriä)

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma ja päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman vilkunnan yhteisvaikutuksen, tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin halkaisija ja lapaprofiili), maaston korkeuskäyrät sekä valitut laskentaparametrit (Taulukko 2-1).

Määritellyillä laskentaparametreilla sekä oletuksella, että voimalan roottorin oletetaan pyörivän jatkuvasti ja olevan kohtisuorassa auringonsäteitä vastaan, saadaan arvio aiheutuvasta vilkunnan **teoreettisesta maksimimäärästä**.

**Taulukko 2-1. WindPRO-ohjelmiston SHADOW-mallinnuksessa sovelletut laskentaparametrit.**

|  |  |
|--|--|
| Laskennan aikaresoluutio                               | <b>1 minuutti</b><br>Mallinnus tehdään yhden minuutin aika-askeleella. Mikäli mahdollinen varjo osuu reseptoripisteeseen, lasketaan tästä syntyvän yhden minuutin varjostusvaikutus. |
| Laskentasäde tuulivoimalan ympärillä                   | Etäisyys, jolla vähintään 20 prosenttia auringosta on tuulivoimalan lavan peittämä.<br>Laskentasäde tarkasteltavilla voimaloilla on <b>2007 metriä</b> .                             |
| Auringon korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma | <b>3 astetta</b><br>(Mikäli auringonpaistekulma on alle kolme astetta, auringon valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)             |
| Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen        | <b>Huomioitu</b><br>eli vilkuntaa voi aiheutua havaintopisteeseen ainoastaan, mikäli maaston korkeusvaihtelut eivät estä näköyhteyttä tuulivoimalaan.                                |
| Puuston vaikutus näkemiseen                            | <b>Ei huomioitu</b>  |
| Havaintokorkeus  | <b>1,5 metriä</b>  |

Laskentamenetelmä ei automaattisesti huomioi varjon vilkuntaan vaikuttavia ylimääräisiä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin parempi kuva odotettavissa olevasta vilkunnan todellisesta määrästä, on laskettu myös **realistinen arvio vilkunnan määrästä**. Realistinen arvio ottaa huomioon paikallisen tuulijakauman sekä auringonpaistehavainnot (verrannollinen alueen leveyspiiriin ja pilvisyyshavaintoihin). Tuulennopeusjakaumasta saadaan laskettua osuus ajasta, jolloin voimala ei pyöri, koska tuulennopeus on joko liian alhainen tai liian korkea suhteessa voimalatyyppin käyntiväliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja sivuttain oleva roottori ei aiheuta havaittavaa varjoa. Tuulensuuntajakauma on saatu Suomen Tuuliatlaksesta (*Ilmatieteen laitos 2009*). Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilastot on saatu Jyväskylästä, Jyväskylän lentoaseman sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1981–2010 (*Pirinen ym. 2012*).

Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia asuin-kohteita), jolle laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletettiin olevan ”kasvihuonetyyppisiä”, jolloin joka suunnasta tuleva vilkunta otetaan huomioon. Reseptoripisteiden (voidaan kuvitella havainnollistavan talon ikkunaa) leveys on yksi metri, korkeus yksi metri ja korkeus maanpinnasta kaksi metriä. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 23 kappaletta (nimetty A–X) ja ne ovat läheisiä asutuskohteita hankealueen ympärillä. Reseptoripisteiksi on valittu kaikki asutuskohteet, jotka ovat laskentasäteen (2007 metriä) sisällä lähimmästä voimalasta sekä muutamia seuraavaksi lähimpiä asutuskohteita.

Vilkuntamallinnuksen tuloksena saadaan varjon vilkunnan esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulipuiston toteutusvaihtoehdolle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina ja numeerisina arvoina reseptoripisteille.

## 2.2 Arvioinnin epävarmuudet

Varjon vilkunnan teoreettista maksimimäärää mallinnettaessa lapojen oletetaan pyörivän jatkuvasti ja roottorin olevan kohtisuorassa aurinkoon nähden aiheuttaen maksimaalisen varjon. Todellisuudessa tuuliturbiineilla on tuulennopeudesta riippuvainen käyntiväli, jolloin liian alhaisilla tai korkeilla tuulennopeuksilla lavat eivät pyöri. Lisäksi todellisuudessa roottorin suuntaus määräytyy havaitun tuulensunnan perusteella, eikä varjon muodostuminen ole näin ollen aina taattua (lavan on havaittajasta nähden peitettävä auringosta yli 20 prosenttia, jotta havaittava varjo syntyy). Teoreettinen maksimimäärä edustaa siis selkeästi konservatiivista arviota tuulivoimaloiden aiheuttamasta vilkunnan määrästä.

Tuuliatlaksen mallinnustarkkuus aiheuttaa epävarmuutta realistiseen arvioon tuulennopeus- ja -suuntajakauman käytön kautta. Myös auringonpaistehavaintojen käyttö lisää hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Jyväskylän lentoasemaan on noin 67 kilometriä. Mallinuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta vilkunnan havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen vilkunnan määrä yliarvioidaan. Tästä syystä kuutta reseptoripistettä (A, I, L, P, T ja U), joissa vilkuntaa mallinnuksen mukaan esiintyy eniten, on vielä tarkasteltu erikseen suhteessa nämä kohteet huomioon ottavan näkemäalueanalyysin (*WSP Finland Oy 2016*, laadittu YVA-menettelyn yhteydessä) tuloksiin. Näkemäalueanalyysi antaa tarkempaa tietoa voimaloiden arvioidusta näkyvyydestä huomioimalla myös puuston korkeuden. Näkemäalueanalyysi kuitenkin sisältää omia epävarmuuksia, sillä analyysi ei huomioi näkyvyysvaikutuksen heikkenemistä etäisyyden kasvaessa, taustan vaikutusta

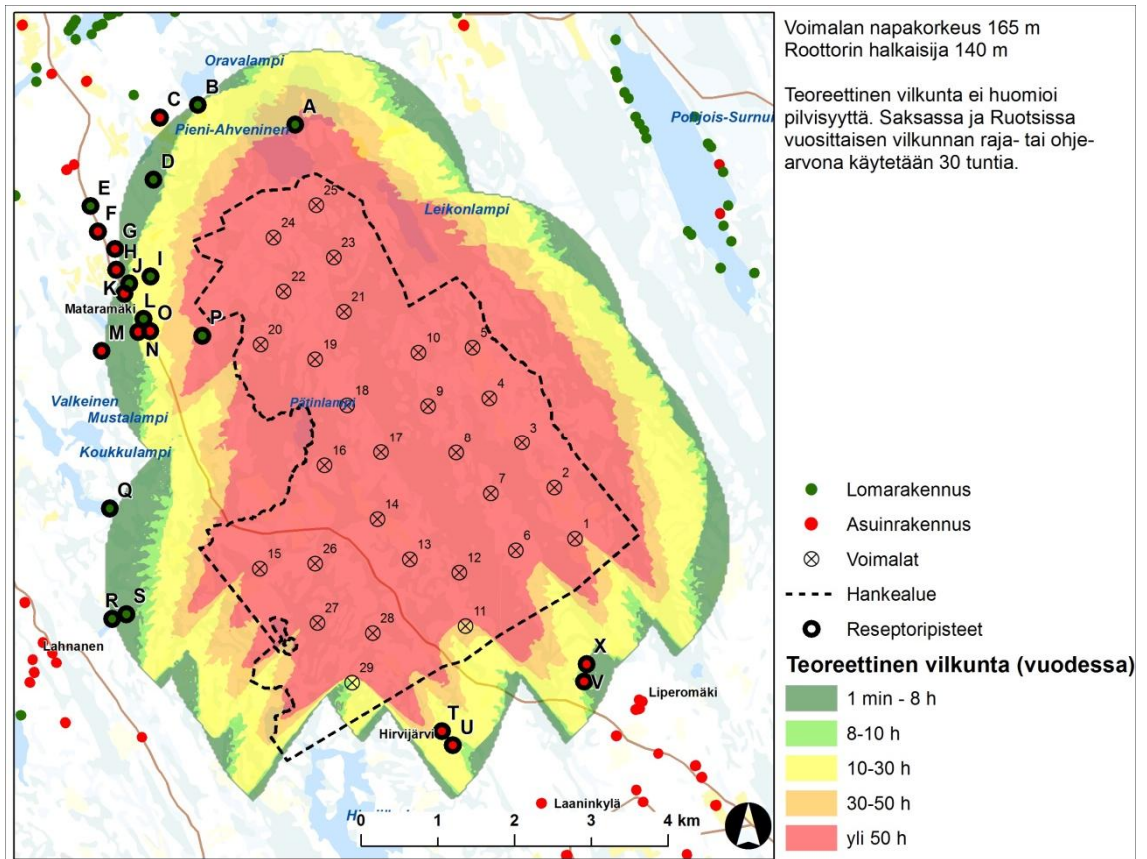
näkyvyyteen, ihmisen rajallista erotuskykyä eikä puuston peittävyuden ja korkeuden muutoksia esimerkiksi vuodenaajoista johtuen. Myöskään pihapiirien puuston ja rakennusten vilkunnan havaitsemista vähentävää vaikutusta ei ole otettu huomioon tarkemmassa näkemäalueanalyysissä.

**3**

**YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI**

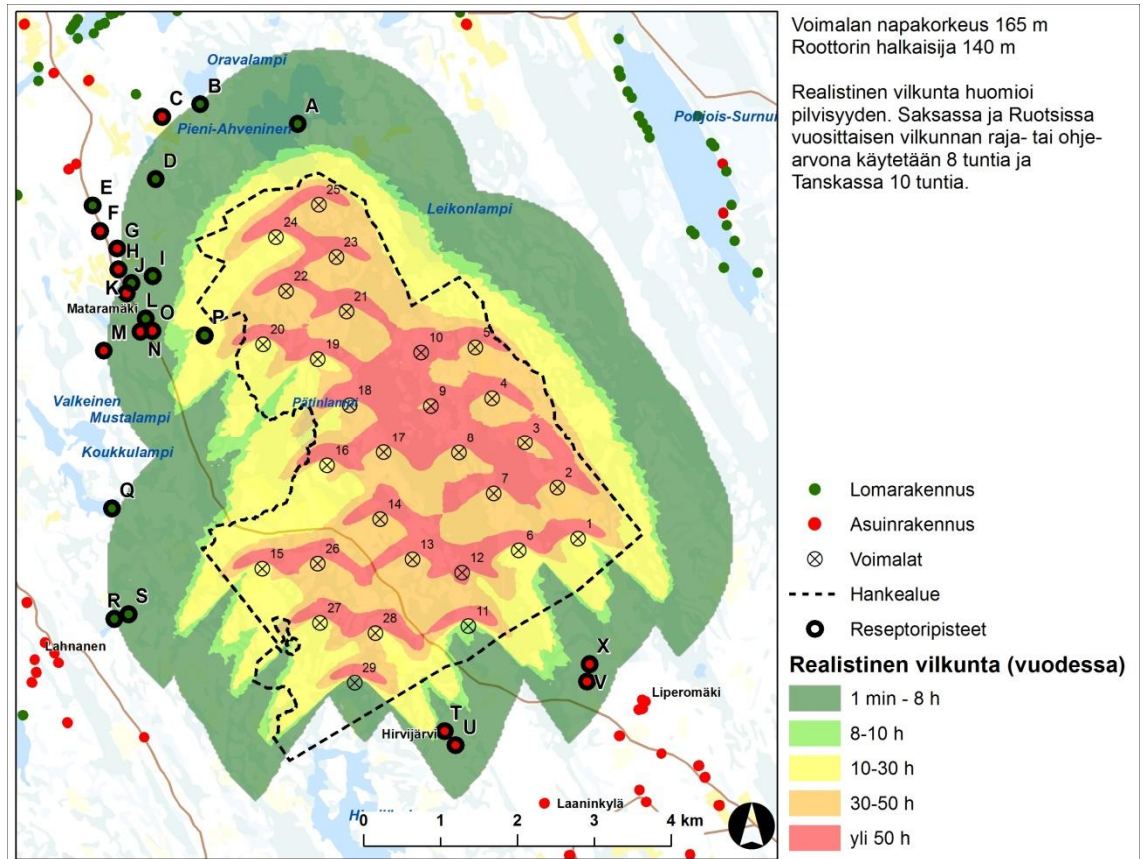
Mallinnuksen tuloksena saatu vilkunnan vuosittainen teoreettinen maksimimäärä ja realistinen määrä tarkastellulle tuulipuistolle on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3-1 ja Kuva 3-2). Kuvista nähdään, että varjon vilkunnan määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.

Vyöhykkeellä, jossa varjon vilkunnan määrä on yli 30 tuntia vuodessa (teoreettisessa maksimitilanteessa), sijaitsee kaksi asutuskohdetta. Lisäksi samoissa kohteissa päivittäinen vilkunta ylittää 30 minuuttia.



**Kuva 3-1. Varjon vilkunnan teoreettinen maksimimäärä tunteina vuodessa, kun auringonpaistetilastoja ei ole huomioitu. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 140 metriä.**

Vyöhykkeellä, jossa realistisen mallinnuksen mukainen varjon vilkunnan määrä on yli kahdeksan tuntia vuodessa, sijaitsee yksi asutuskohde (vapaa-ajan asunto). Päivittäinen vilkuntamäärä ei ylitä vertailuarvoja missään asutuskohteessa.



**Kuva 3-2. Varjon vilkunnan realistinen määrä tunteina vuodessa, kun auringonpaistetilastot on huomioitu. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 140 metriä.**

Numeerinen vilkuntamäärä on mallinnettu jokaiseen hankkeen läheiseen asutuskohteeseen, johon vilkunta ylettää, sekä muutamaankin kohteeseen, jotka sijaitsevat aivan vilkunta-alueiden läheisyydessä. Nämä reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-1). Taulukossa on esitetty varjon vilkunnan esiintymisen teoreettinen maksimikesto (vuodessa ja vuorokaudessa) sekä vilkunnan realistinen kesto (vuodessa ja vuorokaudessa).

Verratessa reseptoripistekohtaisia tuloksia muiden maiden raja-arvoihin ja suosituksiin, seuraavat **ylitykset** mallinnettiin:

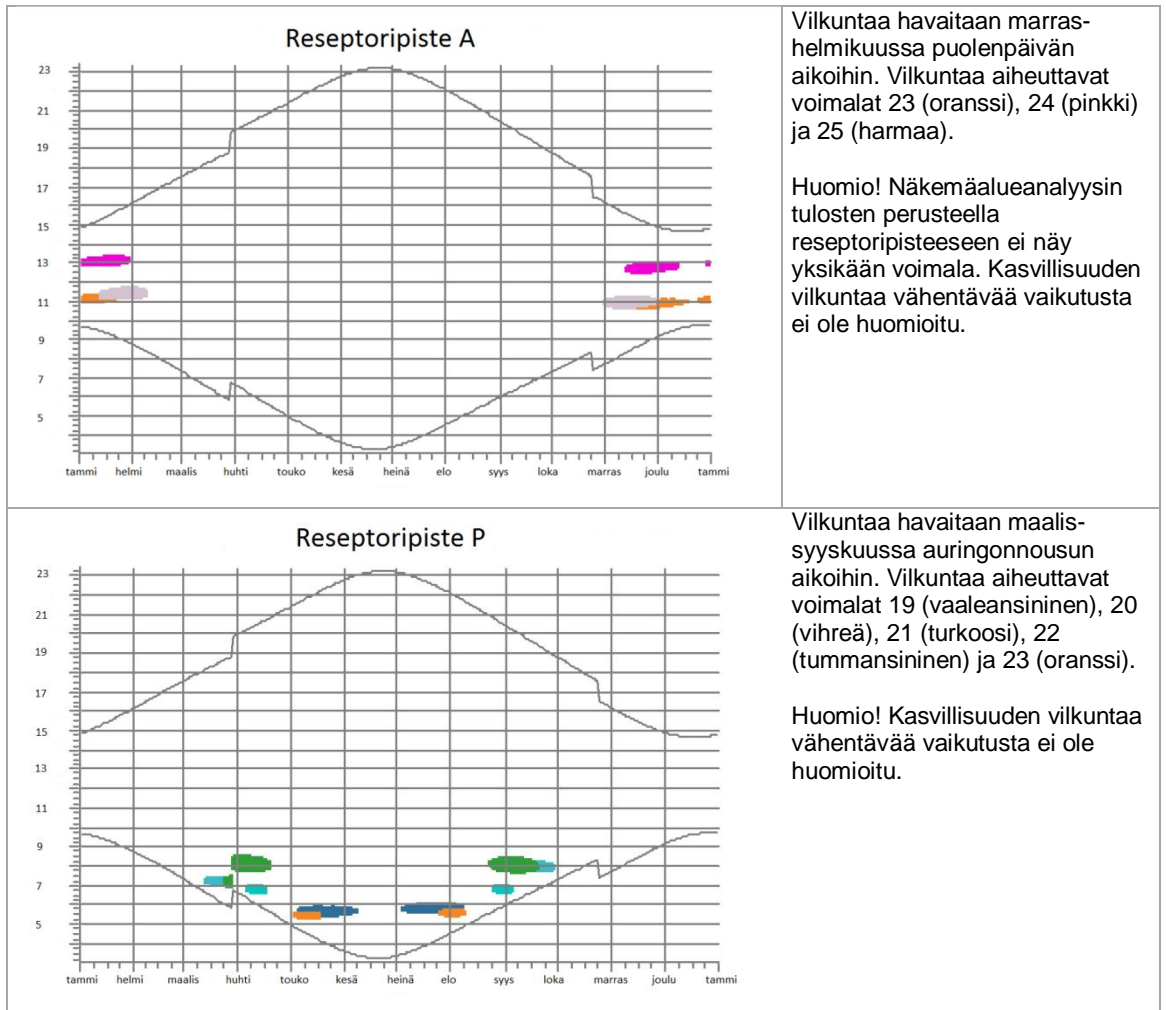
- Teoreettinen maksimitilanne
  - Yli 30 tuntia vuodessa: kaksi asutuskohdetta
  - Yli 30 minuuttia päivässä: kaksi asutuskohdetta
- Realistinen tilanne
  - Yli 8/10 tuntia vuodessa: yksi asutuskohde
  - Yli 30 minuuttia päivässä: ei yhtään asutuskohdetta

Taulukko 3-1. Mallinnuksen tulokset reseptoripisteittäin tarkastellulle tuulipuistolle. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaattijärjestelmässä. Viikuntamäärien yksikkö h/a on tuntia vuodessa ja yksikkö h/d on tuntia vuorokaudessa. Vertailuarvot ylittävät arvot on lihavoitu.

|   | Itä-<br>koordinaatti<br>(m) | Pohjois-<br>koordinaatti<br>(m) | Varjon viikuntavaikutus        |             |                        |       |
|---|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------------|-------|
|   |                             |                                 | Teoreettinen<br>maksimitilanne |             | Realistinen<br>tilanne |       |
|   |                             |                                 | (h/a)                          | (h/d)       | (h/a)                  | (h/d) |
| A | 497324                      | 6923165                         | <b>50:35</b>                   | <b>0:53</b> | 4:28                   | 0:05  |
| B | 496054                      | 6923421                         | 7:16                           | 0:17        | 0:38                   | 0:01  |
| C | 495555                      | 6923258                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| D | 495473                      | 6922450                         | 5:48                           | 0:19        | 0:56                   | 0:04  |
| E | 494653                      | 6922103                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| F | 494746                      | 6921772                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| G | 494972                      | 6921544                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| H | 494986                      | 6921275                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| I | 495431                      | 6921188                         | 19:02                          | 0:20        | 3:50                   | 0:02  |
| J | 495160                      | 6921095                         | 8:43                           | 0:18        | 1:46                   | 0:02  |
| K | 495094                      | 6920967                         | 4:10                           | 0:17        | 0:40                   | 0:02  |
| L | 495340                      | 6920636                         | 17:52                          | 0:20        | 4:11                   | 0:03  |
| M | 494797                      | 6920219                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| N | 495274                      | 6920468                         | 10:49                          | 0:20        | 2:21                   | 0:03  |
| O | 495427                      | 6920477                         | 13:49                          | 0:22        | 3:00                   | 0:04  |
| P | 496110                      | 6920418                         | <b>69:20</b>                   | <b>0:56</b> | <b>16:54</b>           | 0:14  |
| Q | 494902                      | 6918156                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| R | 494935                      | 6916718                         | 0:00                           | 0:00        | 0:00                   | 0:00  |
| S | 495116                      | 6916781                         | 5:55                           | 0:18        | 1:27                   | 0:04  |
| T | 499230                      | 6915256                         | 17:04                          | 0:26        | 4:44                   | 0:07  |
| U | 499377                      | 6915072                         | 13:17                          | 0:22        | 3:43                   | 0:06  |
| V | 501085                      | 6915901                         | 8:38                           | 0:20        | 2:18                   | 0:04  |
| X | 501120                      | 6916132                         | 7:48                           | 0:20        | 1:55                   | 0:04  |

Taulukossa 3-2 on esitetty WindPRO-mallinnuksen mukaiset viikuntakalenterit reseptoripisteille A ja P, joissa ylittyy joko teoreettisen tai realistisen maksimitilanteen, tai molempien tilanteiden, vertailuohje-arvot. Muissa kohteissa ylityksiä ei tapahdu. Reseptoripisteeseen A mallinnettu viikunta aiheutuu kaikkiaan kolmesta voimalasta (23, 24 ja 25) ja reseptoripisteeseen P mallinnettu viikunta aiheutuu kaikkiaan viidestä voimalasta (19, 20, 21, 22 ja 23).

**Taulukko 3-2. Mallinnetut vilkuntakalenterit reseptoripisteille A ja P. Kuvaajan pystyakselilla on vuorokaudenaika ja vaakakselilla kuukausi. Kuvaajissa käyrillä on esitetty auringonnousu- ja -laskuajat vuoden aikana. Malli huomioi myös kellonaikojen siirtämisen.**



Taulukossa 3-3 on esitetty YVA-vaiheessa tehdyn näkemäalueanalyysin tulokset kuudessa tutkitussa kohteessa. Näkemäalueanalyysin tulosten perusteella voidaan tarkentaa vilkuntamallin tuloksia, sillä vilkuntamallinnuksessa ei huomioitu puuston korkeutta. Pihapiirien puuston ja rakennusten vilkunnan havaitsemista vähentävää vaikutusta ei ole otettu huomioon tarkemmassa näkemäalueanalyysissä. Tarkempaa näkemäalueanalyysiä ei päivitetty vilkuntamallinnuksen päivittämisen yhteydessä, sillä muutokset tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmissa olivat YVA-menettelyn aikaisiin suunnitelmiin verrattuna pieniä, eikä niillä katsota olevan juuri vaikutuksia näkemäalueanalyysin tuloksiin.

**Taulukko 3-3. Näkemäalueanalyysin (WSP Finland Oy 2016) tulokset kuudessa tutkitussa kohteessa (kohdetunnisteet vastaavat vilkunta-analyysin reseptoripisteiden kohdetunnisteita).**

| Näkemä |  |
|--------|--|
| A      | Ei näy voimaloita  |
| I      | Ei näy voimaloita  |
| L      | Näkyy 1-10 voimalan naselli ja yli 10 voimalan lavat               |
| P      | Näkyy 1-10 voimalan naselli ja lavat                               |
| T      | Näkyy 1-10 voimalan lavat  |
| U      | Näkyy 1-10 voimalan naselli ja mahdollisesti yli 10 voimalan lavat |

Näkemäalueanalyysin tulokset huomioiden vain neljään (kuudesta) eniten vilkuntaa vastaanottavaan kohteeseen näkyy voimaloita. Näihin kohteisiin myös näkyy useita voimaloita (lavat ja nasellit). Pihapiirien puuston ja rakennusten vilkunnan havaitsemista vähentävää vaikutusta ei ole otettu huomioon. Sovellettavien vertailuarvojen ylityksiä tapahtuu kuitenkin ainoastaan reseptoripisteessä P (kaupungin rekisterin mukainen erillinen vapaa-ajan asunto) sekä reseptoripisteessä A. Muissa reseptoripisteissä vilkuntamäärät jäävät alle vertailuohjearvojen. Myös muissa reseptoripisteissä kuin näkemäalueanalyysin avulla tarkemmin tutkituissa kuudessa kohteessa, esiintyy vilkuntaa, mutta vilkunta on vähäistä ja selvästi alle vertailuohjearvojen. Vilkunnan ajankohta vaikuttaa vilkunnasta aiheutuvan haitan suuruuteen.

Varjon vilkuntamallinnuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että hankkeesta voi syntyä paikoittain runsasta varjon vilkuntaa hankkeen lähialueilla.

### **KIRJALLISUUSVIITTEET**

**Boverket 2009.** Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och I kustnära vattenområden.

**Danish Wind Industry Association.** Planning and regulation: shadow flicker. [[http://www.windpower.org/en/policy/planning\\_and\\_regulation.html](http://www.windpower.org/en/policy/planning_and_regulation.html)] (4.4.2014).

**Ilmatieteen laitos 2009.** Suomen Tuuliatlas.

**Pirinen ym. 2012.** Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja No. 2012:1, Ilmatieteen laitos.

**Ympäristöministeriö 2016.** Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5 | 2016.

**WEA-Schattenwurf-Hinweise 2002.** Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windnergianlagen.

**WSP Finland Oy 2016.** Niinimäen tuulivoimahanke – Näkemäalueanalyysi. 5.4.2016.

7.6.2017



**NIINIMÄEN TUULIPUISTO OY**  
Niinimäen tuulivoimahanke

Vilkunnan rajoitusmahdollisuudet Niinimäen tuulipuistossa



**Yhteystiedot**

Ilona Välimaa  
Puh. 044 3011988  
ilona.valimaa@poyry.com

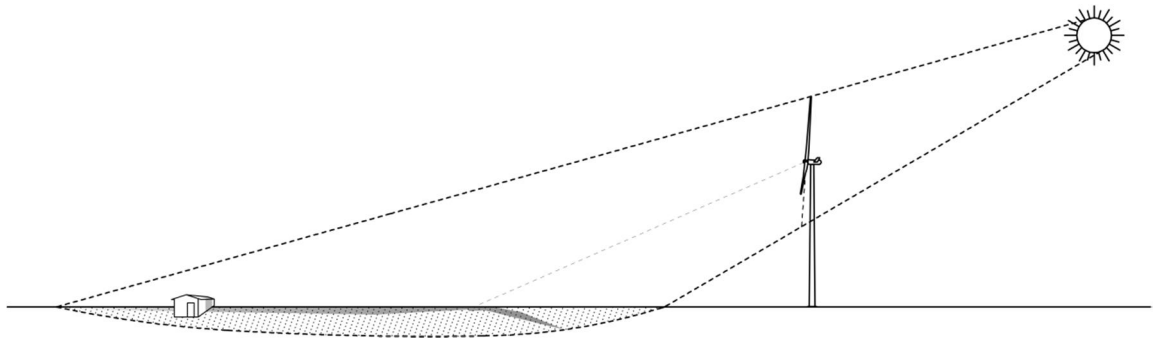
Pöyry Finland Oy  
PL 4 (Jaakonkatu 3)  
01621 Vantaa  
Kotipaikka Vantaa  
Y-tunnus 0625905-6  
Puh. 010 3311  
Faksi 010 33 21818  
www.poyry.fi

**Copyright © Pöyry Finland Oy**

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

## 1 YLEISTÄ

Tässä raportissa arvioidaan Niinimäen tuulivoimahankkeesta aiheutuvan varjon vilkunnan rajoitusmahdollisuuksia. Raportti perustuu kaavaehdotukseen tehtyyn vilkuntamallinnukseen (Niinimäki, Vilkuntaselvitys 7.6.2017, Pöyry Finland Oy). Tarkoituksena on esitellä keinoja, joilla eniten vilkuntaa aiheuttavia voimaloita voidaan tarvittaessa rajoittaa. Tässä työssä tarkastellaan realistisen mallinnuksen tuloksia, joita tulkittaessa sovelletaan Ruotsissa käytössä olevaa 8 tunnin vuosittaista vilkunnan ohjearvoa. Realistisen vilkunnan mallinnuksessa on otettu huomioon paikallinen tuulensuuntajakauma sekä auringonpaistetunnit.



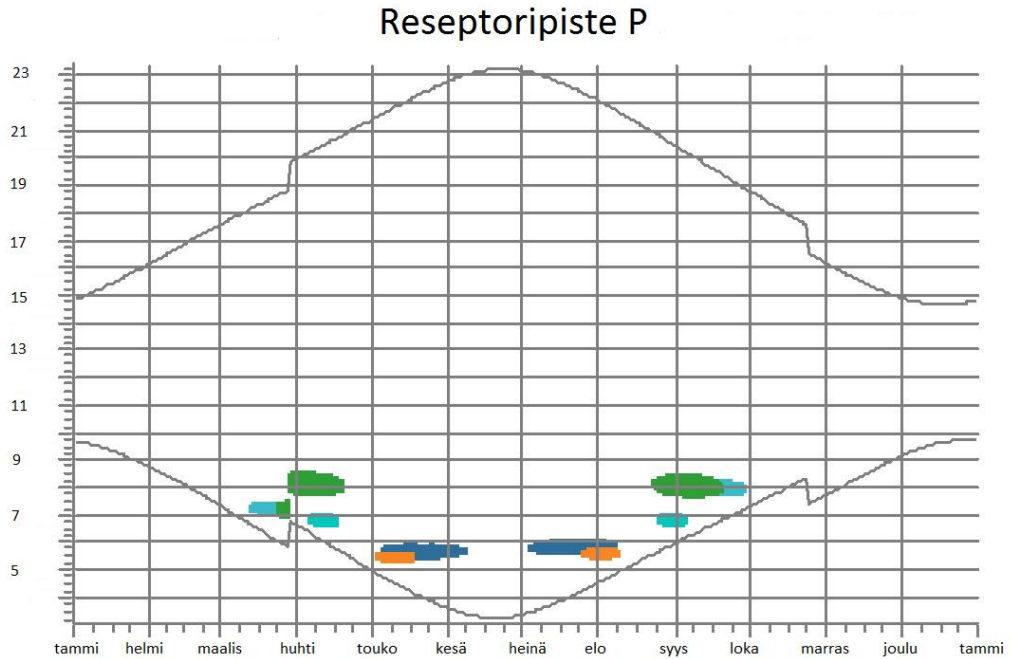
**Kuva 1. Havainnollistus varjon vilkunnasta. Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.**

## 2 NIINIMÄEN TUULIVOIMAHANKKEEN VILKUNTAVAIKUTUKSET

Niinimäen kaavaehdotukseen tehdyn vilkuntaselvityksen (7.6.2017) perusteella teoreettisen mallinnuksen tulokset ylittävät sovelletun 30 tunnin vuosittaisen vilkunnan rajan kahdessa asutuskohteessa. Realistisen mallinnuksen tulokset ylittävät Ruotsissa käytössä olevan maksimivilkunnan määrän yhdessä asutuskohteessa.

Realistisen mallinnuksen 8 tunnin raja-arvon ylitys tapahtuu hankealueen länsi-/luoteispuolella sijaitsevassa reseptoripisteessä P, joka on sijoitettu läheiseen asutuskohteeseen. Reseptoripisteeseen P aiheutuva vilkuntamäärä on realistisen mallinnuksen mukaan 16 tuntia ja 54 minuuttia vuodessa. Alla olevassa vilkuntakalenterissa (Kuva 2) on esitelty pisteeseen vilkuntaa aiheuttavat voimalat. Kuvasta havaitaan, että eniten vilkuntaa aiheutuu voimaloista 20 ja 22 tiettyinä aikoina vuodesta auringonnousun jälkeen. Realistisen mallinnuksen mukaan voimala 20 aiheuttaa kohteeseen P vuodessa 6 tuntia ja 29 minuuttia ja voimala 22 6 tuntia ja 45 minuuttia varjon vilkuntaa.

Vilkuntakalenterin mukaan voimala 20 voi aiheuttaa reseptoripisteeseen P vilkuntaa maaliskuussa sekä elokuussa aamulla kello kahdeksan aikaan noin tunnin ajan. Voimala 22 voi aiheuttaa reseptoripisteeseen P vilkuntaa touko-kesäkuussa sekä heinä-elokuussa aamulla kello kuuden aikaan alle tunnin ajan.

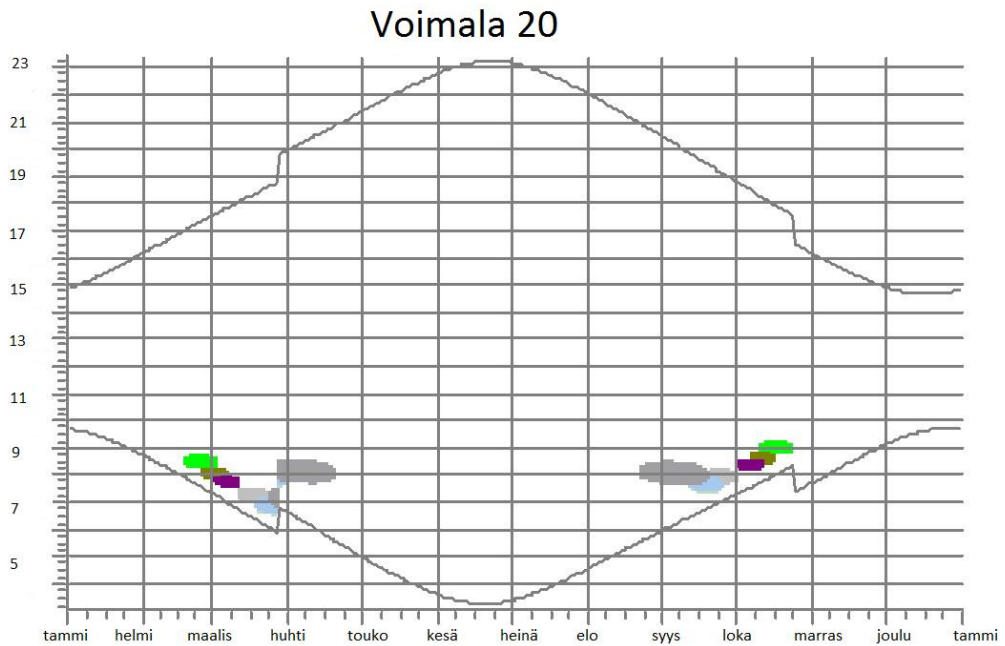


**Kuva 2. Vilkuntakalenteri esittää aikoja, jolloin varjon vilkunta on tiettyyn kohteeseen mahdollista. Kuvasta nähdään, että vilkuntaa pisteeseen P aiheuttavat voimat 19 (vaaleansininen), 20 (vihreä), 21 (turkoosi), 22 (tummansininen) ja 23 (oranssi). Kuvaajan pystyakselilla on vuorokaudenaika ja vaaka-akselilla kuukausi. Kuvaajassa käyrillä on esitetty auringonnousu- ja -laskuajat vuoden aikana.**

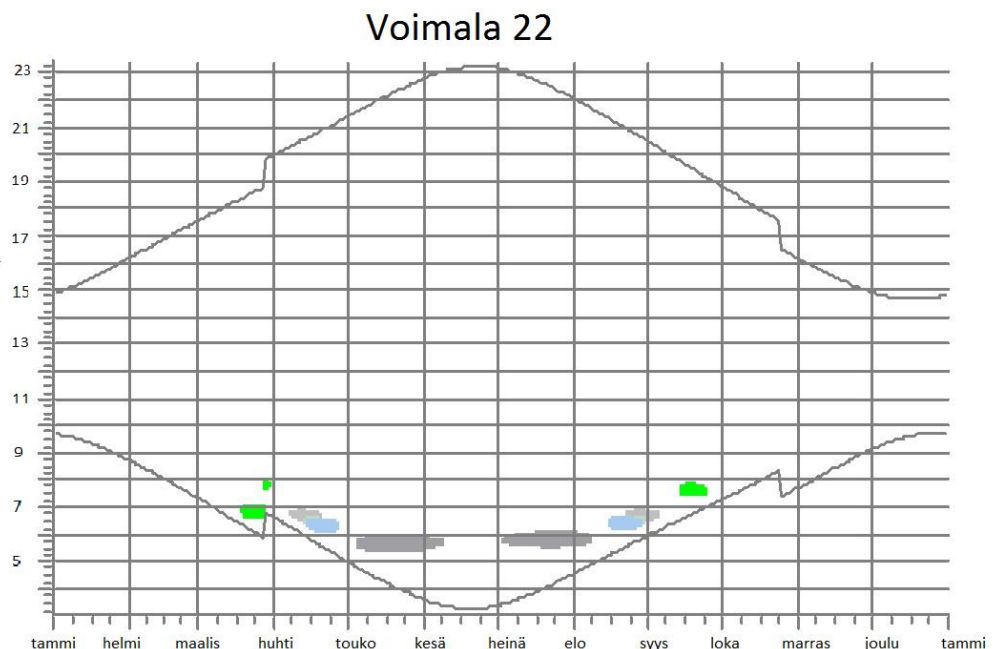
Mallinnuksista selviää sekä voimalakohtaisesti (mihin reseptoripisteisiin yksi voimala aiheuttaa vilkuntaa) että reseptoripistekohtaisesti (mitkä voimat aiheuttavat reseptoripisteeseen aiheutuvan vilkunnan) vilkunnan muodostumisen mahdollisuus ja ajankohta.

Varjon vilkuntaa on mahdollista vähentää sammuttamalla vilkuntaa aiheuttavat voimat kriittiseen aikaan. On kuitenkin huomioitava, että vilkuntaa ei synny silloin, kun on pilvistä tai tuulivoimat eivät ole kohtisuorassa suhteessa aurinkoon ja asutuskohteeseen (havainnollistus Kuva 1). Voimalakohtaiset vilkuntakalenterit reseptoripisteen P kannalta kriittisille voimaloille 20 ja 22 on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3 ja Kuva 4).

Voimala 20 voi aiheuttaa vilkuntaa yhteensä kuuteen eri reseptoripisteeseen vuosittain. Osittain samaan aikaan, jolloin voimala 20 voi aiheuttaa reseptoripisteeseen P vilkuntaa, aiheutuu myös reseptoripisteeseen O vilkuntaa. Mahdollinen vilkunnan rajoittaminen vähentäisi vilkuntaa myös reseptoripisteessä O. Voimala 22 aiheuttaa vilkuntaa yhteensä neljään eri reseptoripisteeseen vuosittain.



**Kuva 3. Voimalan 20 vilkuntakalenteri, joka havainnollistaa voimalan aiheuttaman varjon vilkunnan muodostumisen ajankohdat eri reseptoripisteisiin. Reseptoripisteet ovat: I – vihreä, J – ruskea, K – liila, L – vaalean harmaa, O – vaalean sininen ja P – tumman harmaa. Kuvaajan pystyakselilla on vuorokaudenaika ja vaaka-akselilla kuukausi. Kuvaajassa käyrillä on esitetty auringonnousu- ja -laskuajat vuoden aikana.**



**Kuva 4. Voimalan 22 vilkuntakalenteri, joka havainnollistaa voimalan aiheuttaman varjon vilkunnan muodostumisen ajankohdat eri reseptoripisteisiin. Reseptoripisteet ovat: I – vihreä, L – vaalean harmaa, O – vaalean sininen ja P – tumman harmaa. Kuvaajan pystyakselilla on vuorokaudenaika ja vaaka-akselilla kuukausi. Kuvaajassa käyrillä on esitetty auringonnousu- ja -laskuajat vuoden aikana.**

### 3 JOHTOPÄÄTÖKSET

Varjon vilkuntaa kohteessa voidaan vähentää sammuttamalla voimat aikaan, jolloin varjon vilkunta voi laskennallisesti syntyä. On kuitenkin huomioitava, että vilkunta ei synny silloin, kun on pilvistä tai tuulivoimat eivät ole tuulensuunnasta johtuen kohtisuorassa suhteessa aurinkoon ja asutuskohteeseen. Suomessa ei ole sitovia raja- tai ohjeita tuulivoimaloiden aiheuttamalle vilkunnalle. Vilkunnan aiheuttama haitta riippuu vilkunnan määrän lisäksi muun muassa vilkunnan ajankohdasta, asunnon tai kiinteistön käytöstä, sekä paikallisista olosuhteista. Mikäli vilkunta aiheuttaa kohtuutonta haittaa, voi viranomainen antaa tuulivoimalan käyttöä rajoittavia määräyksiä.

Reseptoripisteeseen P tehdyn tarkastelun perusteella voimat 20 ja 22 aiheuttavat suurimman osan kohteeseen syntyvästä varjon vilkunnasta. Voimala 20 voi aiheuttaa reseptoripisteeseen P vilkuntaa maaliskuussa sekä elokuussa aamulla kello kahdeksan aikaan. Voimala 22 voi aiheuttaa reseptoripisteeseen P vilkuntaa toukokuussa sekä heinä-elokuussa aamulla kello kuuden aikaan. Säättämällä voimaloiden 20 ja 22 toimintaa ajankohtina, jolloin vilkunta aiheutuu eniten, voidaan tarvittaessa vähentää kohteeseen P osuvaa varjon vilkuntaa.