



INFINERGIES FINLAND OY

Pajuperänkankaan 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

Asiakas	Infinergies Finland Oy
Otsikko	Vilkuntaselvitys
Projekti	Pajuperänkankaan tuulivoimahanke
Vaihe	Ympäristövaikutusten arviointi –prosessi
Piirustus/arkistointi/sarjanro.	101002800-001
Tiedoston nimi	Liite 8 Vilkuntaselvitys.docx
Tiedoston sijainti	
Järjestelmä	Microsoft Word 14.0
Ulkoinen jakelu	Infinergies Finland Oy
Sisäinen jakelu	Pöyry Finland Oy / Ella Kilpeläinen, Arkisto
Laatijat	Ilona Välimaa
Vastaava yksikkö	Pöyry Finland Oy / EBG Thermal and Renewable Energy
Raportti	
Alkuperäinen	
Dokumentin pvm	17.7.2017
Laatija/asema/allekirj.	Ilona Välimaa/ Vilkunta-asiantuntija
	
Dokumentin pvm	17.7.2017
Tarkistaja/asema/allekirj.	Iida Sointu / Tekninen konsultti
	

Esipuhe

Tämä raportti on Pöyryn laatima Pajuperänpään tuulipuiston varjostusselvitys, jossa on selvitetty tuulipuiston aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutukset sen lähiympäristöön. Raportissa arvioidaan ilmiötä, jossa tuulivoimalan takaa paistaa aurinko, ja voimala aiheuttaa vilkkuvan varjon. Ilmiöstä käytetään tässä raportissa nimitystä varjon vilkunta. Muissa lähteissä näkyy näiden termien lisäksi käytössä termiä varjostus tai välke.

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

Pöyry Finland Oy

Sisältö

1	YLEISTÄ	2
1.1	Varjon vilkkuminen	2
1.2	Sovellettavat raja- ja ohjearvot	3
2	ARVIOINTIMENETELMÄT JA ARVIOINNIN EPÄVARMUUDET	4
2.1	Arviointimenetelmät	4
2.2	Arvioinnin epävarmuudet	5
3	VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	5
4	VILKUNNAN RAJOITUSMAHDOLLISUUDET	9
5	YHTEENVETO	10
	KIRJALLISUUSVIITTEET	10

1 YLEISTÄ

Haapajärvelle suunnitellaan 16 voimalan Pajuperänkankaan tuulipuistoa. Alla olevassa taulukossa on esitetty tuulivoimapuiston voimaloiden sijaintikoordinaatit.

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

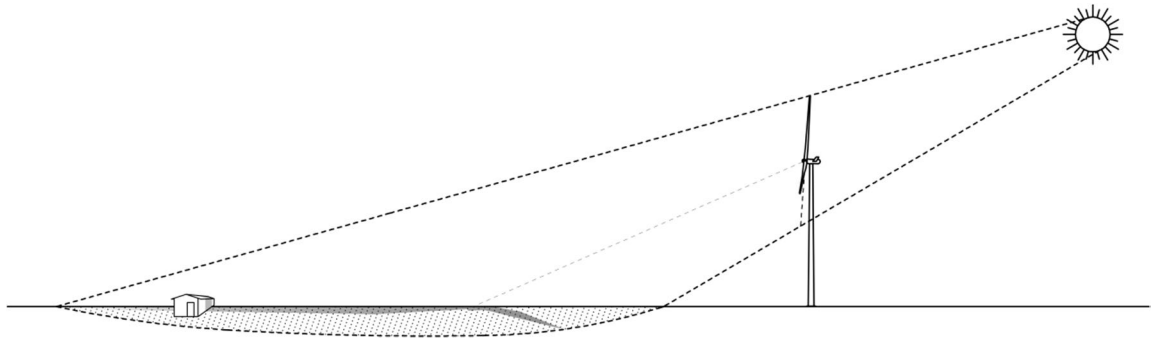
Voimala	Itäkoordinaatti	Pohjoiskoordinaatti
	(m)	(m)
1	413302	7060909
2	412876	7060028
3	413459	7060248
4	412711	7059318
5	414102	7059055
6	413541	7059505
7	412064	7059584
8	413099	7058870
9	414682	7059237
10	415126	7058903
11	413572	7058574
12	414680	7058228
13	412889	7058063
14	414059	7057464
15	413579	7057805
16	414297	7059778

Alueen läheisyydessä sijaitsee asuin- ja lomarakennuksia, joihin tuulivoimalat mahdollisesti aiheuttavat varjon vilkuntaa. Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää Pajuperänkankaan tuulipuiston varjonvilkuntavaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin sekä läheiseen ampumarataan.

Lähin tuulivoimahanke on noin 16 kilometrin päässä Pajuperänkankaasta, joten varjon vilkunnan osalta ei hankkeella ole yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa.

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. Vilkkumisen 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. Tuulivoimapuistojen lähiympäristöön leviävä varjon vilkunta tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai auringonlaskua 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 pyöriviin lapoihin.

1.2 Sovellettavat raja- ja ohjearvot

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

Ohjeistus Saksassa

Saksassa on annettu yksityiskohtaiset ohjeet vilkkumisvaikutuksen raja-arvoista ja mallinnuksesta (*WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002*). Saksan ohjeistuksessa annetaan 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 vilkkumisvaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ohjeistus Ruotsissa

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja vilkkumisvaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (*Boverket 2009*), jotka perustuvat Tanskassa olevaan ohjeistukseen. Näiden mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa vilkkumisvaikutusta saa syntyä korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen vilkkumisvaikutus saa suositusten mukaan olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

Ohjeistus Tanskassa

Tanskassa on suositus (*Danish Wind Industry Association*), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa vilkkumisvaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

2.1 Arviointimenetelmät

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

- 16 voimalan sijoitussuunnitelma (Taulukko 1-1)
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 160 metriä
- Tuulivoimaloiden roottorin halkaisija 180 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 250 metriä)¹

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (aurionpaistekulma 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).

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

Laskennan aikaresoluutio	1 minuutti
Laskentasäde tuulivoimalan ympärillä	Etäisyys, jolla vähintään 20 prosenttia auringosta on tuulivoimalan lavan peittämä huomiodulla minimikulmalla. Laskentasäde tarkasteltavilla voimaloilla on 2403 metriä .
Aurion korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma	3 astetta (Mikäli auringonpaistekulma on alle 3 astetta, aurion valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)
Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen	Huomioitu eli vilkuntaa voi aiheutua havaintopisteeseen ainoastaan, mikäli maaston korkeusvaihtelut eivät estä näköyhteyttä tuulivoimalaan.
Puuston vaikutus näkemiseen	Ei huomioitu
Havaintokorkeus	1,5 metriä

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

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 edelleen mallinnuksen laskentasäteeseen valittujen laskentaparametrien mukaisesti (Taulukko 2-1).

¹ Mallinnuksessa sovellettu Vestas V136 voimalan (roottorin halkaisija 136 metriä) lapaprofiilia skaalattuna niin että roottorin halkaisija on 180 metriä

Tuulensuuntajakauma on saatu Suomen Tuuliatlaksesta (*Ilmatieteen laitos 2009*). Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilastot on saatu Seinäjoelta, Pelmaan sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1981–2010 (*Pirinen ym. 2012*).

Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia loma- tai asuinrakennuksia), joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletettiin olevan ”kasvihuonetyyppisiä”, jolloin joka suunnasta tuleva vilkunta otetaan huomioon. Reseptoripisteiden leveys on 1 m, korkeus 1 m ja korkeus maanpinnasta 2 m. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 11 kappaletta (nimetty A–K) ja niistä kymmenen (A–J) on läheisiä asutuskohteita hankealueen ympärillä, pisteen K ollessa ampumarata tuulivoimahankkeen koillispuolella.

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

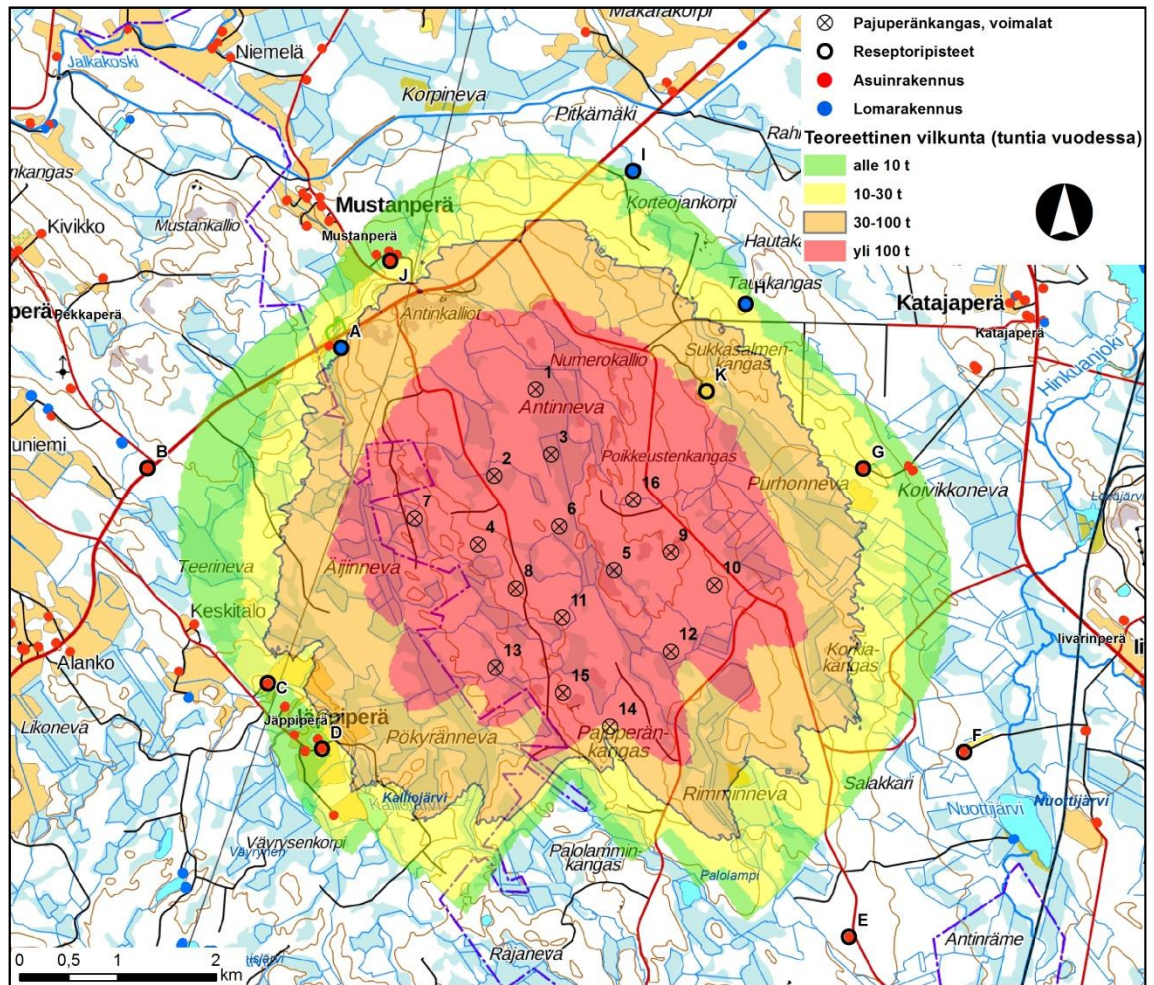
2.2 Arvioinnin epävarmuudet

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 tuulensuunnan perusteella, eikä varjon muodostuminen ole näin ollen aina taattua (lavan on havaitusijasta 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 Seinäjoen Pelmaan sääasemalle on noin 160 kilometriä. Mallinuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta vilkunnan havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen vilkunnan määrä yliarvioidaan.

3 VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

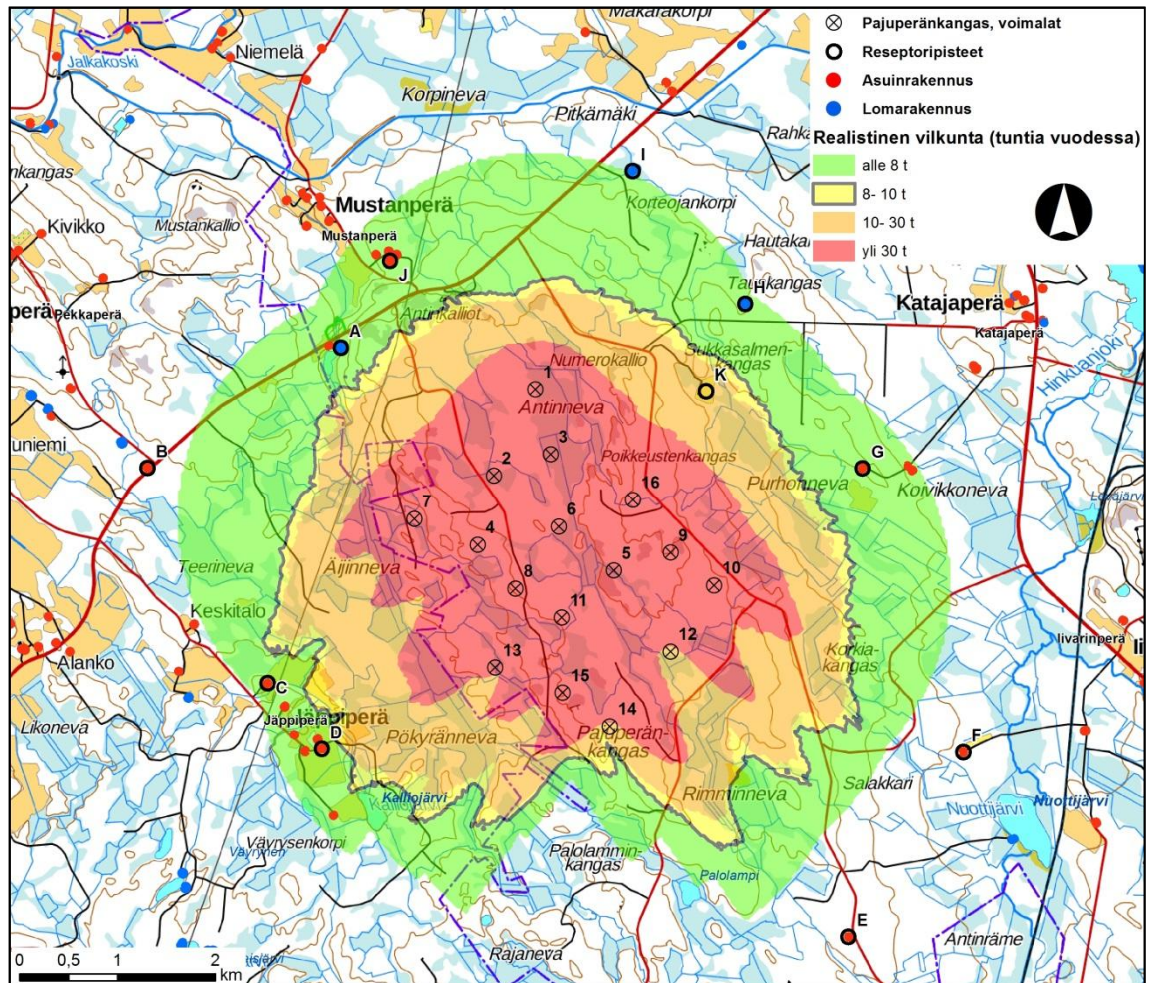
Mallinnuksen tuloksena saatu vilkunnan vuosittainen teoreettinen maksimimäärä ja realistinen määrä tarkastellulle Pajuperänkankaan tuulipuistolle on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3-1 ja Kuva 3-2). Kuvista nähdään, että varjon vilkunnan määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä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



Kuva 3-1. Varjon viilkunnan teoreettinen maksimimäärä tunteina vuodessa (kun auringonpaistehavaintoja ei ole otettu huomioon) Pajuperänkankaan 16 voimalan toteutusvaihtoehdolle. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 160 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä. Tummalla viivalla karttaan on merkitty 30 tunnin vuosittaisen viilkunnan raja, jota sovelletaan teoreettisessa viilkuntamallinnuksessa.

Kuvasta nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa viilkunta ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Viilkunnan määrä ei kuitenkaan teoreettisessa maksimitilanteessa ylitä sovellettuja muiden maiden viilkunnan raja-arvoja näissä rakennuksissa. Eniten viilkuntaa läheisistä asuin- ja lomarakennuksista kohdistuu reseptoripisteessä A sijaitsevaan asutuskohteeseen (26 tuntia ja 18 minuuttia vuodessa).

Reseptoripisteessä K sijaitsevalla ampumaradalla mallinnuksen mukainen viilkunta-aika on teoreettisessa mallinnuksessa 95 tuntia ja 22 minuuttia vuodessa. Reseptoripistekohtaiset tulokset kaikille reseptoripisteille on esitetty myöhemmin (Taulukko 3-1).



Kuva 3-2. Varjon vilkunnan realistinen määrä tunteina vuodessa (kun auringonpaistehavainnot on otettu huomioon) Pajuperänkankaan tuulivoimapuiston 16 voimalan toteutusvaihtoehdossa. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 160 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä. Tummalla viivalla karttaan on merkitty 8 tunnin vuosittaisen vilkunnan raja, jota sovelletaan realistisessa vilkuntamallinnuksessa.

Kuvasta nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa vilkunta ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Vilkunna määrä ei kuitenkaan realistisessa mallinnuksessa ylitä sovellettuja muiden maiden vilkunna raja-arvoja näissä rakennuksissa. Eniten vilkuntaa kohdistuu asuin- ja lomarakennuksista reseptoripisteessä A sijaitsevaan asutuskohteeseen (4 tuntia ja 18 minuuttia vuodessa).

Reseptoripisteessä K sijaitsevalla ampumaradalla mallinnuksen mukainen vilkunta-aika on realistisessa mallinnuksessa 14 tuntia ja 6 minuuttia vuodessa.

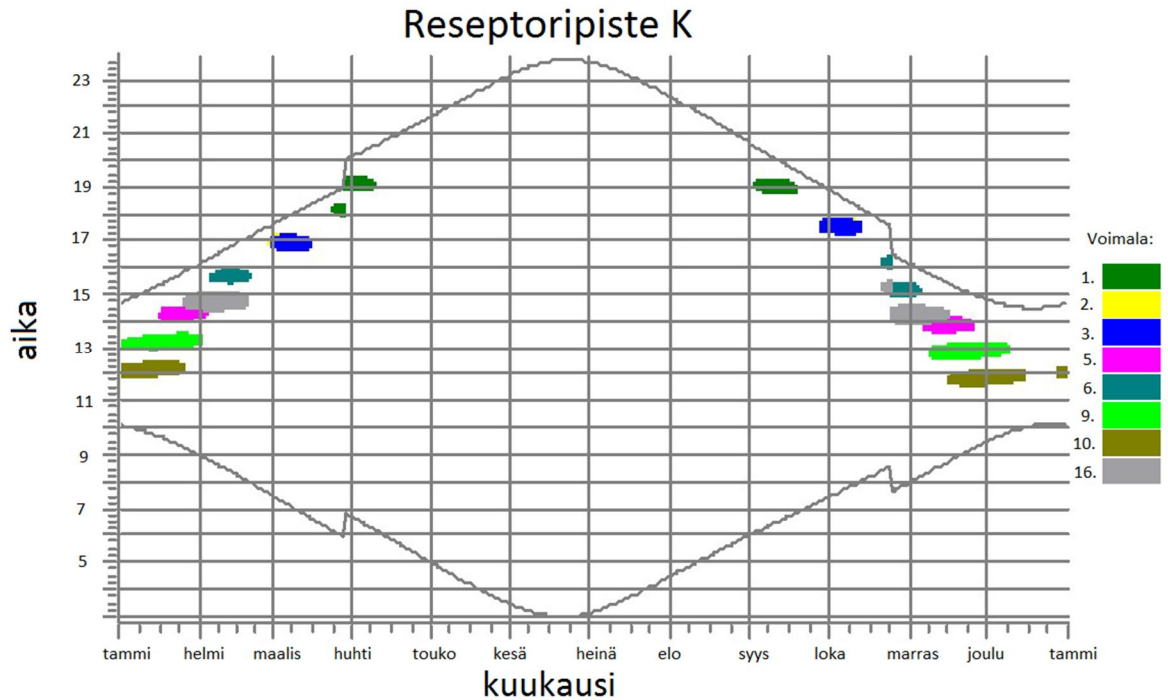
Reseptoripistekohtaiset tulokset kaikille reseptoripisteille on esitetty alla (Taulukko 3-1). Taulukossa on esitetty varjon vilkunna esiintymisen teoreettinen maksimikesto (vuodessa ja vuorokaudessa), sekä vilkunna realistinen kokonaiskesto (vuodessa). Realistisessa kokonaiskestoissa on huomioitu auringonpaistetilastot sekä paikallinen tuulensuuntajakauma.

Taulukko 3-1. Mallinnuksen mukaiset vilkuntamäärät reseptoripisteittäin tarkastellulle tuulipuistolle. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

	Itä- koordinaatti	Pohjois- koordinaatti	Varjon vilkkumisvaikutus		
			Teoreettinen maksimitilanne		Realistinen tilanne
	(m)	(m)	(h/a)	(h/d)	(h/a)
A	411313	7061337	26:18	0:23	4:18
B	409335	7060111	0:00	0:00	0:00
C	410561	7057906	14:17	0:20	3:41
D	411117	7057238	9:46	0:22	2:34
E	416499	7055322	0:00	0:00	0:00
F	417670	7057207	0:00	0:00	0:00
G	416642	7060107	18:50	0:22	3:31
H	415443	7061785	12:36	0:19	1:50
I	414292	7063143	0:00	0:00	0:00
J	411817	7062224	8:06	0:22	1:27
K	415042	7060894	95:22	1:03	14:06

Tarkastellulla sijoitusvaihtoehdolla ja voimalamitoilla reseptoripisteissä A-J (lähimmissä asutuskohdeissa) havaittu vilkuntamäärä ei ylittänyt aiemmin esiteltyjä muiden maiden raja-arvoja. Varjon vilkuntamallinnuksen tulosten perusteella hankealueen läheisyydessä asutuskohdeisiin kohdistuva varjon vilkunta on vähäistä tarkastellulla sijoitussuunnitelmalla, voimalatyypillä ja napakorkeudella. Hankkeesta syntyvän varjon vilkunnan vaikutukset lähialueen asutuskohdeissa arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

Tuulivoimapuistosta koilliseen sijaitsevalle ampumaradalle asetetussa reseptoripisteessä K on vilkunta ajoittain voimakasta. Alla (Kuva 3-3) olevassa kalenterikuvassa on esitetty aikoja, jolloin vilkunta on sitä aiheuttavista voimaloista mahdollista. Eniten vilkuntaa aiheuttavat kohteeseen voimalat 5, 9, 10 ja 16. Ympäristöhallinnon ohjeen (*Ympäristöministeriö 2016*) mukaan Suomessa vilkunnan vaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohdeiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään vilkuntamääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. Ruotsin ohjeistuksessa (*Boverket 2009*) annetaan raja-arvot vain asutuskohdeille.



Kuva 3-3. Vilkuntakalenteri esittää aikoja, jolloin varjon vilkunta on tiettyyn kohteeseen mahdollista. Kuvasta nähdään, että vilkuntaa reseptoripisteeseen K aiheuttavat voimat 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10 ja 16. Kuvaajan pystyakselilla on vuorokaudenaika ja vaakakselilla kuukausi. Kuvaajassa käyrillä on esitetty auringonnousu- ja -laskuajat vuoden aikana.

4

VILKUNNAN RAJOITUSMAHDOLLISUUDET

Ne ajat, kun varjon vilkunta on tiettyssä kohteessa mahdollista, voidaan laskea, kun tiedetään voimaloiden sijainnit, voimaloiden mitat ja itse laskettavan kohteen sijainti. Esimerkiksi reseptoripisteen K vilkuntakalenteri (Kuva 3-3) kertoo, mitkä voimat voivat aiheuttaa kohteeseen vilkuntaa ja mihin aikaan.

Näin ollen varjonvilkuntavaikutuksia tarkastellussa kohteessa on tarvittaessa mahdollista vähentää muun muassa sammuttamalla vilkuntaa aiheuttavat voimat kalentereiden kertomaan kriittiseen aikaan. On kuitenkin huomioitava, että vilkuntaa ei synny silloin, kun on pilvistä, tuulivoimat eivät ole kääntyneenä kohtisuorassa suhteessa aurinkoon ja asutuskohdeeseen tai kohteen ja voimalan välillä on suojaavaa puustoa.

Lisäksi osalla voimalavalmistajista on tarjolla varjon vilkunnan havaitsemisjärjestelmiä, jotka havaitsevat tietyn raja-arvon ylittävän vilkunnan ja sammuttavat voimat tarvittaessa. Esimerkiksi voimalavalmistaja Vestas esittelee kotisivuillaan kyseistä järjestelmää².

² https://www.vestas.com/en/products/options_and_solutions#!shadow-detection-system

YHTEENVETO

Infinergies Oy suunnittelee Haapajärvelle 16 voimalan Pajuperänkankaan tuulivoimahanketta. Tässä selvityksessä on arvioitu Pajuperänkankaan tuulipuiston varjon vilkunnan vaikutuksia lähialueille. Arvioinnissa on sovellettu 160 metrin voimalan napakorkeutta ja 180 metrin roottorin halkaisijaa (voimalan kokonaiskorkeus 250 metriä).

Vilkuntamallinnuksen mukaan hankealueen läheisyydessä olevissa asuin- tai lomarakennuksissa varjon vilkunta on vähäistä tarkastellulla sijoitussuunnitelmalla, voimalatyypillä ja napakorkeudella. Teoreettisessa maksimitilanteessa Saksan ja Ruotsin 30 tunnin vilkuntaraja ei ylitä yhdessäkään asutuskohdeessa. Realistisessa tilanteessa Ruotsin vuosittainen 8 tunnin vilkuntaraja ei myöskään ylitä yhdessäkään asutuskohdeessa. Hankkeesta syntyvän varjon vilkunnan vaikutukset lähialueen asutuskohdeissa arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

Tuulivoimapuistosta koilliseen sijaitsevalle ampumaradalle asetetussa reseptoripisteessä K on vilkunta ajoittain voimakasta. Teoreettisen mallinnuksen mukainen vilkunta-aika kohdeessa on 95 tuntia ja 22 minuuttia vuodessa ja realistisessa mallinnuksessa 14 tuntia ja 6 minuuttia vuodessa.

Mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta vilkunnan havaitsemiseen, jolloin esitetty malli yliarvioi varjon vilkunnan määrän erityisesti kesäaikaan. Varjon vilkuntaa voidaan tarvittaessa ehkäistä pysäyttämällä vilkuntaa aiheuttavat turbiinit kriittiseen aikaan.

Lähin toinen tuulivoimahanke on noin 16 kilometrin päässä Pajuperänkankaasta, joten varjon vilkunnan osalta ei hankkeella ole yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa.

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] (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-Shcattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windnergianlagen.