

Vastaanottaja
Ilmatar Windpower Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
12.5.2015

Viite
1510014407

TETOMIN TUULIVOIMA- PUISTO, LOVIISA VÄLKEMALLINNUS

TETOMIN TUULIVOIMAPUISTO, LOVIISA VÄLKEMALLINNUS

Päivämäärä 12.5.2015
Laatija Arttu Ruhanen
Tarkastaja Niina Ahlfors

Tuulivoimahankkeen välkemallinnus

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 04/2015
aineistoa.

http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501

Viite 1510014407

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Suunnitteluohjeet	1
3.	Vaikutusmekanismit	2
4.	Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot	2
4.1	Mallinnusohjelma ja laskentamalli	2
4.2	Väkelaskenta	2
4.3	Laskentojen epävarmuus	4
4.4	Maastomalli	4
4.5	Tuulivoimatiedot	4
5.	Mallinnustulokset ja tulosten tulkinta	5
6.	Välkevaikutuksien vähentämiskeinot ja -tarve	5
LIITTEET		5
LÄHTEET		5

1. YLEISTÄ

Ilmatar Windpower Oy suunnittelee tuulivoimapuiston sijoittamista Loviisan Tetomin alueelle.

Tämän työn tarkoituksena on ollut selvittää suunniteltujen tuulivoimalaitosten aiheuttamaa liikku-
kuvan varjostuksen vaikutukset niiden ympäristössä kaavoitustyötä varten. Ympäristöministeriön
Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012) oppaan mukaisesti liik-
kuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty Ilmatar Windpower Oy:n toimeksiannosta. Rambollissa osayleiskaavan laatimisesta
vastaa arkkitehti Niina Ahlfors. Välkemallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt Ramboll Finland
Oy:stä ins.(AMK) Arttu Ruhanen.

2. SUUNNITTELUOHJEARVOT

Tuulivoimaloista aiheutuvalle vilkkuvalle varjostukselle ei ole määritelty Suomessa raja- tai
ohjearvoja. Ympäristöministeriön julkistamassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu
(Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012) oppaassa suositellaan käyttämään apuna muiden maiden
suosituksia välkkeen rajoittamisesta. ^[1]

Eri maissa on annettu suunnitteluarvoja tai raja-arvoja välkkeen määrälle asutukselle tai muille
altistuville kohteille. Saksassa on annettu ohjeistus (WEA-Schattenwurf-Hinweise) mallintamiseen
sekä raja-arvot maksimivälketilanteessa sekä todellisessa tilanteessa ^[2]. Ruotsalaisessa suunnit-
teluohjeistuksessa viitataan saksalaiseen ohjeistukseen ja suositukset perustuvat pitkälti
saksalaiseen ohjeistukseen ^[3]. Tanskassa on ohjeistuksena annettu, että vuotuinen todellinen
välkemäärä tulee rajoittaa kymmeneen tuntiin vuodessa ^[4].

Taulukko 2.1. Esimerkkejä muiden maiden suosituksista ja raja-arvoista välkkeen esiintymisen osalta

Maa	Real Case	Worst Case
Saksa	8 tuntia/vuosi	30 tuntia/vuosi 30 min/päivä
Ruotsi	8 tuntia/vuosi 30 min/päivä	-
Tanska	10 tuntia/vuosi	-

3. VAIKUTUSMEKANISMIT

Toiminnassa olevat tuulivoimalat voivat aiheuttaa liikkuvaa varjoa eli väkettä ympäristöönsä, kun auringon säteet suuntautuvat tuulivoimalan lapojen takaa tiettyyn katselupisteeseen. Tällöin roottorin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon ja varjojen liikkumisnopeus riippuu roottorin pyörimisnopeudesta.

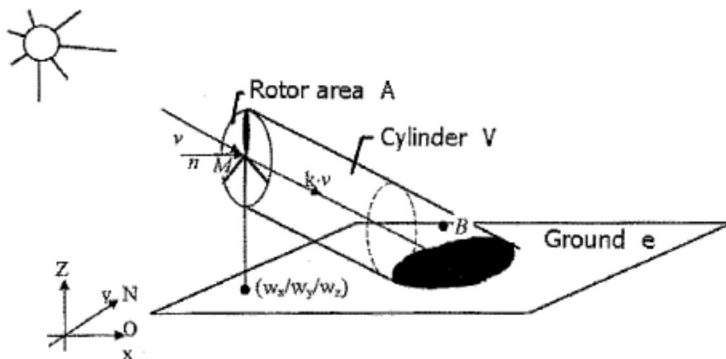
Välkevaikutus syntyy sääolojen mukaan, joten väkettä on havaittavissa tietyssä katselupisteessä vain tiettyjen valaistusolosuhteiden täyttyessä ja tiettyinä aikoina vuorokaudesta. Väkettä ei esiinny kun aurinko on pilvessä tai kun tuulivoimala ei ole käynnissä. Laajimmalle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla. Toisaalta kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Tällöin valonsäteet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän läpi, jolloin säteily hajaantuu. Vaikutusalue riippuu tuulivoimalamallin dimensioista ja lavan muodosta sekä alueellisista sääolosuhteista.

4. MALLINNUSMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

4.1 Mallinnusohjelma ja laskentamalli

Tuulivoimaloiden aiheuttaman väkkeen esiintymisalue ja esiintymistiheys laskettiin EMD WindPRO 2.9 -ohjelman Shadow -moduulilla, joka laskee kuinka usein ja minkälaisina jaksoina tietty kohde on tuulivoimaloiden luoman liikkuvan varjon alaisena. Ohjelma on yleisesti käytössä tuulivoimaloiden aiheuttaman väkkeen mallinnuksessa. Lisätietoja ohjelmasta ja laskentamallin kuvauksen saa internet-osoitteesta <http://www.emd.dk/> löytyvästä ohjelman käyttöohjeesta [5].

Ohjelmalla voidaan tehdä kahdentyyppisiä laskentoja, ns. Pahin tilanne (*Worst Case*)- ja Todelinen tilanne (*Real Case*)-laskelmia. Välkekartan lisäksi voidaan laskea yksittäisiin reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkevaikutusta.



Kuva 4.1.1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue [5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteen väliseksi etäisyydeksi määritettiin 20 metriä. Laskennan tarkastelukorkeutena käytettiin 1,5 metriä, eli noin ihmisen silmäkorkeutta. Laskennassa käytetyn saksalaisen ohjeistuksen (joka on yleisesti käytössä oleva laskentatapa) mukaan välkevaikutusta laskettaessa auringonpaistekulman raja horisontista on kolme astetta, jonka alle menevää auringon säteilyä ei oteta huomioon ja laskennassa roottorin lavan tulee peittää vähintään 20 % auringosta [2].

Worst Case -laskenta antaa teoreettisen maksimivälkemäärän. Laskenta olettaa auringon paistavan koko ajan, kun aurinko on horisontin yläpuolella ja tuulivoimaloiden oletetaan käyvän koko ajan sekä tuulen suunnan seuraavan aurinkoa siten, että väkettä syntyy tarkastelupisteeseen aina maksimaalinen määrä. Tulos on teoreettinen, koska sään ollessa pilvinen tai tuulivoimalan ollessa pysähdyksissä tuulivoimala ei aiheuta liikkuvaa varjoa ympäristöönsä. Roottorin asento voi rajoittaa paljonkin voimalan takana olevaa välkealueen kokoa. Myös tuulen suunnan painaessa lavan tason samansuuntaiseksi kuin auringon ja katselupisteen välinen jana, tuulivoimala ei aiheuta välkevaikutusta.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja käyttötuntitietoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen, josta saadaan Real case -tulos. Auringonpaisteisuustietoina käytettiin Ilmatieteen laitoksen Kotka Rankki sääaseman keskiarvoisia arvoja ilmastolliselta vertailukaudelta 1981–2010 ^[6]. Tuulivoimaloiden vuotuinen toiminta-aika 95 % perustuu Suomen Tuuliatlaksen tietoihin hankealueelta. Toiminta-aikaa laskettaessa on oletettu, että tuulivoimalat toimivat tuulen nopeuden ollessa napakorkeudella vähintään 3 m/s ^[7].

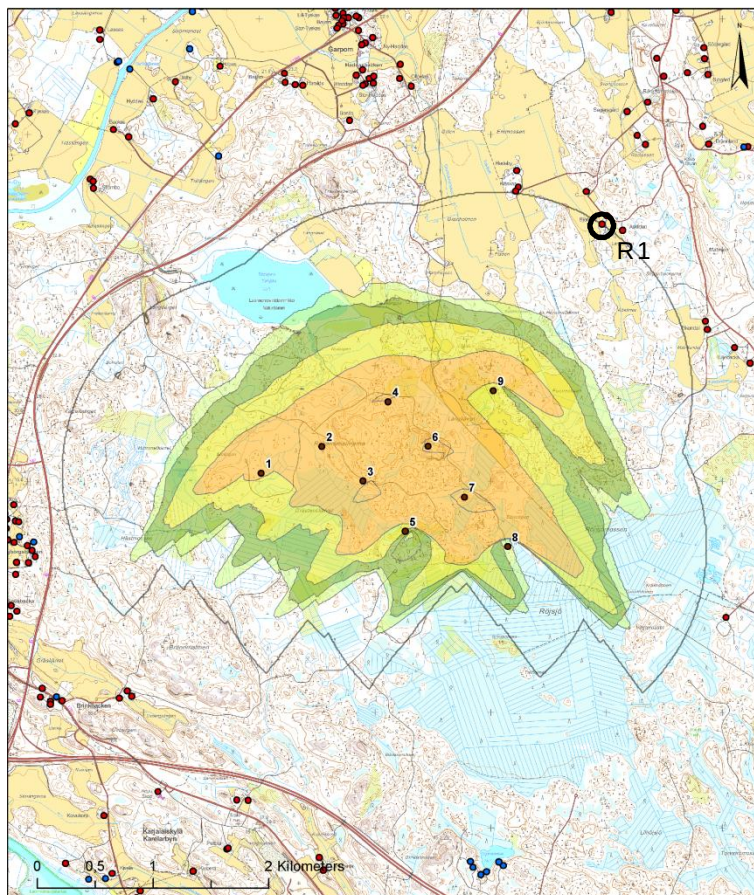
Taulukko 4.2.1. Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit päivässä eri kuukausina

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
1,16	2,64	4,32	6,67	9,45	9,50	10,23	7,84	5,20	2,81	1,10	0,71

Taulukko 4.2.2. Real Case -laskennassa käytetty vuotuinen toiminnallinen aika (tuntia vuodessa) tuulensuuntasektoreittain

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
554	464	399	351	510	534	732	1223	1325	818	768	685	8363

Real Case -välkeyvyöhykelaskentojen lisäksi laskenta tehtiin myös yksittäiseen reseptoripisteeseen hankealueen ympäristössä.



Kuva 4.2.3. Reseptoripisteiden sijainnit

4.3 Laskentojen epävarmuus

Koska Worst Case -laskenta perustuu auringon asemaan suhteessa tuulivoimalaitokseen ja tarkastelupisteeseen, voidaan laskennan tarkkuutta pitää hyvinkin luotettavana, kun määritetään välkkeen mahdollisia esiintymisajankohtia. Kun tarkoituksena on ennustaa todellista välkkeen esiintyvyyttä alueella vuoden aikana, ei Worst Case -mallinnus vastaa todellisuutta. Real Case -tuloksiin vaikuttavat mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteisuustiedot ja tuulen suuntien toiminnalliset ajat. Mikäli voimalan roottori liikkuu tunteina vähemmän ja aurinko paistaa vähemmän, vähentää se välkeilmiön esiintymistä nyt lasketusta, ja mikäli enemmän, se vastaa- vasti lisää välkeilmiön esiintymismahdollisuuksia Real Case -tuloksissa.

Mallinnuksen mukainen Real case -tulos kuvaa tavanomaisen vuoden tilannetta. Välkevaikutusten todellinen tilanne siis vaihtelee eri vuosina, koska välkkeen esiintyminen tietyssä katselupisteessä tietyllä hetkellä edellyttää, että

- aurinko paistaa tuulivoimalaitosten roottorin takaa tarkastelupisteeseen
- tuulivoimala pyörii ja tuulivoimalan roottorin asento mahdollistaa liikkuvan varjon syntymisen takana olevaan tarkastelupisteeseen
- ilman kirkkaus mahdollistaa varjon syntyvän

Real Case -mallinnuksessa tuotetaan paras mahdollinen ennuste tulevasta välkeilanteesta alueella. Mallinnusperiaatteiden mukaan laskenta antaa suhteellisen konservatiivisia arvoja, koska mallinnuksessa ei huomioida esim. puuston ja rakennusten aiheuttamaa peittovaikutusta. Jos tuulivoimalat eivät ole nähtävissä, eivät ne myöskään aiheuta välkevaikutuksia.

4.4 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan korkeusaineistolla, jossa korkeuskäyrät ovat 2,5 metrin välein. Maastomallissa ei huomioitu puustoa tai rakennuksia.

4.5 Tuulivoimalatiedot

Laskennoissa huomioitiin 9 tuulivoimalaitosta 7.3.2015 päivätyn layoutin mukaisilla sijainneilla. Mallinnus tehtiin tuulivoimalamallilla, jonka napakorkeus on 150 metriä ja roottorin halkaisija 126 metriä. Tuulivoimalalle käytetty maksimivälke-etäisyys 1714 m määräytyy mallinnusohjelman tiedoista Vestas V126-3.3MW laitosmallille.

Taulukko 4.5.1. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	E / lon	N / lat
1	445015	6709071
2	445541	6709302
3	445895	6709004
4	446112	6709690
5	446261	6708568
6	446457	6709304
7	446772	6708864
8	447146	6708436
9	447021	6709785

5. MALLINNUSTULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA

Real Case –laskennan mukainen välkekartta on esitetty liitteessä 1. Vuotuinen välketuntien määrä alittaa 8 h/v kaikkien ympäristön asuintalojen ja lomarakennusten kohdalla. Mallinnuksen mukaan vain yhden asuinrakennuksen kohdalla välkevaikutuksen esiintyminen on mahdollista.

Välkevyöhykelaskennan lisäksi tehtiin laskentoja yhteen reseptoripisteeseen, joka on sijoitettu ainoan välkevaikutusalueella olevan asuinrakennuksen kohdalle. Välkemäärä aiheutuu voimalasta 9.

Taulukko 5.1. Reseptoripistelaskennan tulokset

Reseptoripiste	Real Case	Worst Case	
	Tuntia vuodessa	Tuntia vuodessa	Tuntia päivässä (maksimissaan)
R1	0:55	8:59	0:18

Välkkymisen mahdollinen ajankohta reseptoripistekohtaisena kalenterina on esitetty liitteessä 2. Ajankohdat on esitetty kalentereissa teoreettisina maksimivälkeaikoina. Koillispuolen asuintalon (Björkkärr) kohdalla välkettä on mahdollista esiintyä tammikuussa iltapäivällä kello puoli kolmen ja kolmen välillä sekä marraskuussa kahden jälkeen vajaan tunnin ajan.

6. VÄLKEVAIKUTUKSIEN VÄHENTÄMISKEINOT JA -TARVE

Tuulivoimaloiden välkevaikutusta on mahdollista vähentää teknisin keinoin siten, ettei välkettä esiinny tietyllä kohteella enemmän kuin ennalta määritelty aika. Tämä tapahtuu ohjaamalla tuulivoimalaitokset pysähtymään tiettyinä ajankohtina ja tiettyjen olosuhteiden vallitessa. Välkkeen muodostumista tuulivoimalan ympäristöön monitoroidaan voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla, jotka laskevat muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan. Järjestelmä pysäyttää voimalan tarvittaessa tietyssä altistuvassa kohteessa määritetyn välkemäärän ylittyessä.

Jos vuotuisen todellisen välkemäärän rajana käytetään 8 tai 10 tuntia vuodessa, ei tuulivoimaloiden toimintaa tarvitsisi mallinnuksen mukaan välkevaikutuksien takia rajoittaa.

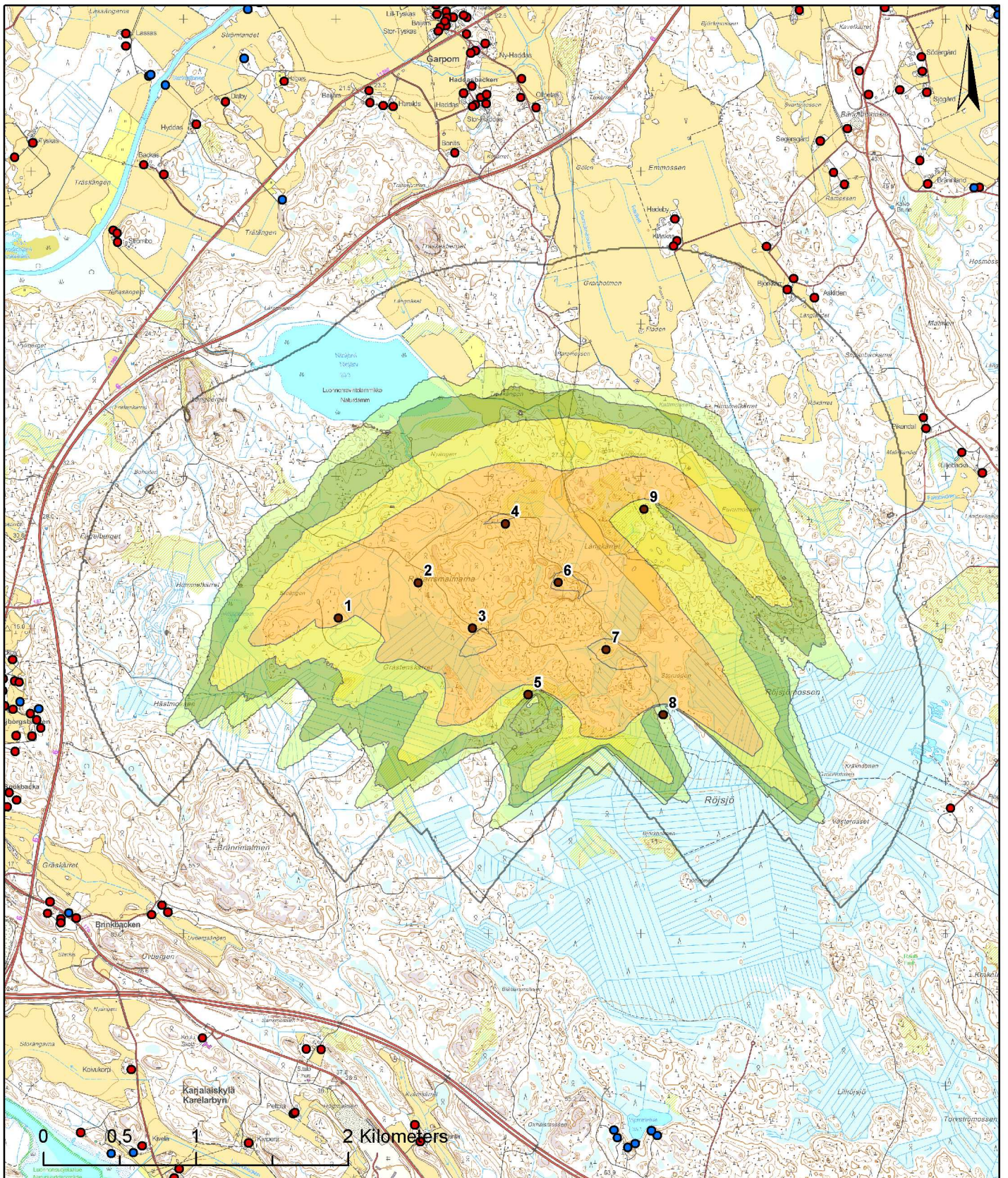
Puustovyöhykkeet rajoittavat välkevaikutuksia, mutta puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta kattavasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu.

LIITTEET

- Liite 1 Real Case -laskennalliset välkevyöhykkeet
- Liite 2 Kalenteri välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteessä

LÄHTEET

1. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012
2. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
3. Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden
4. Danish Wind Industry Association
5. WindPRO 2.9 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta 1981–2010, Raportteja 2012:1
7. Suomen Tuuliatlas

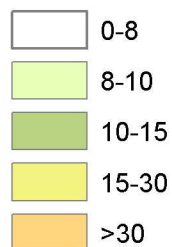


Tetomin tuulivoimapuisto, Loviisa
Välkemallinnus (WindPro 2.9)

-alustava layout 7.3.2015
-napakorkeus 150 m
-roottorin halkaisija 126 m

A.Ruhanen 23.4.2015

Real Case -mallinnus Välketuntia vuodessa

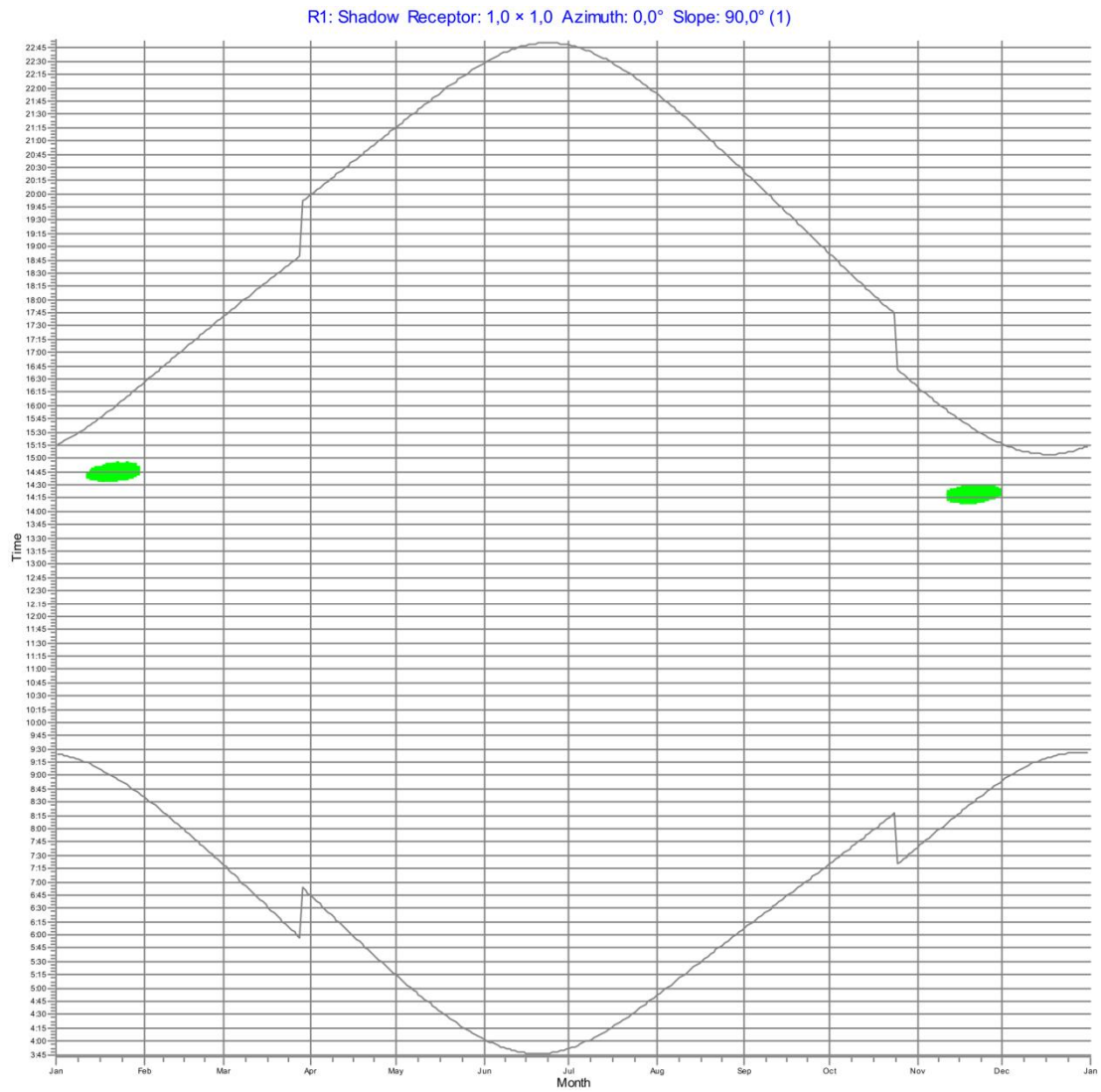


Merkkien selitteet

- Tuulivoimala
- Asuinrakennus
- Lomarakennus

Liite 1

LIITE 2, AJANKOHTAKAAVIO



WTGs

9: VESTAS V126-3.3 GridStreame 3300 126.0 lOI hub: 150,0 m (TOT: 213,0 m) (10)

Vuoden – ja kellonajat, jolloin väkettä voi teoriassa esiintyä määritellyissä reseptoripisteissä. Kaavioissa ei ole otettu huomioon tuulettomia tai pilvisiä päiviä. Väkettä aiheuttavat voimalat on esitetty eri väreillä.