



Asiakas: Tuuliaifa Oy

Projekti: Matkavaaran tuulivoimapuiston välkeseelvitys

Projektinumero: 101016021-001

Raportti

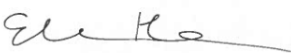

Laatija
Elina Heinilä

Päivämäärä
10.5.2023
Projektinumero
101016021-001

Työnumero
101016021-001

Tuulialfa Oy

Matkavaaran tuulivoimapuiston välkeselvitys

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja
Alkuperäinen	Elina Heinilä, Tuulivoima-asiantuntija 	Miia Nurminen-Piirainen, asiantuntija 



Sisältö

1	Yleistä	4
1.1	Välke	4
1.2	Sovellettavat raja- ja ohjeavot.....	5
2	Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet.....	6
2.1	Arviointimenetelmät	6
2.2	Arvioinnin epävarmuudet	7
3	Vaikutusten arviointi	7
4	Välkkeen rajoittaminen.....	10
5	YHTEENVETO	10
	KIRJALLISUUSVIITTEET	11

Esipuhe

Tämä raportti on AFRYn laatima Matkavaaran tuulipuiston välkeselvitys, jossa on selvitetty tuulipuiston aiheuttaman liikkuvan varjon vaikutukset sen lähiympäristöön. Välkeselvityksessä huomioidaan Kuusamoon suunnitellut kuusi voimalaa.

Raportissa arvioidaan ilmiötä, jossa tuulivoimalan takaa paistaa aurinko, ja voimala aiheuttaa vilkkuvan varjon. Ilmiöstä käytetään tässä raportissa nimitystä välke. Muissa lähteissä näkyy näiden termien lisäksi käytössä termiä varjostus tai varjon vilkunta.

1 Yleistä

Kuusamoon kehitteillä olevaan Matkavaaran tuulipuistoon suunnitellaan kuutta tuulivoimalaa. Alla olevassa taulukossa on esitetty suunniteltujen kuuden voimalan koordinaatit.

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

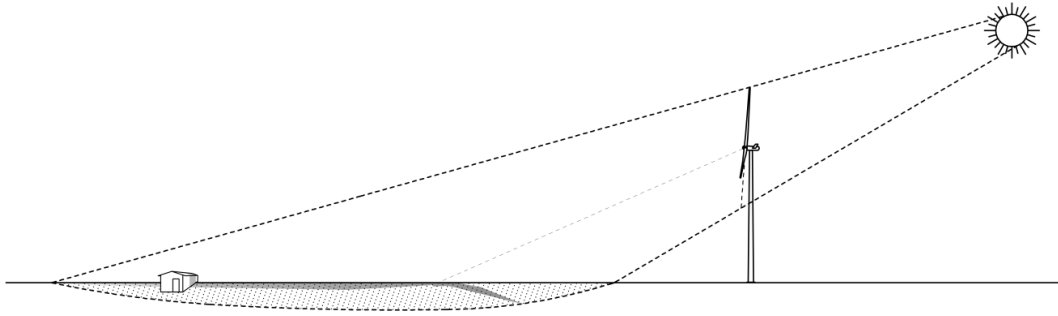
Voimala	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois-koordinaatti (m)
wtg 1	565249	7318068
wtg 2	566439	7317828
wtg 3	565506	7317112
wtg 4	565093	7317450
wtg 5	564763	7316667
wtg 6	565197	7316179

Alueen läheisyydessä sijaitsee asuin- ja lomarakennuksia, joihin tuulivoimalat mahdollisesti aiheuttavat välkettä. Tämän raportin tarkoituksena on esittää Matkavaaran tuulivoimapuiston 6 voimalan välkevaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

Lähin tuulivoimahanke on noin 13 kilometrin päässä Matkavaarasta, joten välkkeen osalta hankkeella ei ole etäisyydestä johtuen yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa.

1.1 Välke

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, 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. Tuulivoimapuistojen lähiympäristöön leviävä varjon vilkunna tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai auringonlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama välke saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



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

1.2 Sovellettavat raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (Ympäristöministeriö 2016) mukaan Suomessa välkevaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohteiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään vilkuntamääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. Välkevaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Saksassa, Ruotsissa ja Tanskassa käytössä olevia raja-arvoja, ohjeita ja suosituksia.

Ohjeistus Saksassa

Saksassa on annettu yksityiskohtaiset ohjeet välkevaikutuksen raja-arvoista ja mallinnuksesta (WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002). Saksan ohjeistuksessa annetaan kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulipuistosta syntyvälle välkevaikutukselle:

- 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 välkevaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ohjeistus Ruotsissa

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja välkevaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (Vindlov 2015), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen välkevaikutus saa suositusten mukaan olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Viimeaikaisten oikeuden päätösten mukaan Ruotsissa 8 tunnin vuosittainen realistisen välkevaikutuksen ohje-arvo on muodostunut oikeuden päätöksissä sitovaksi.

Ohjeistus Tanskassa

Tanskassa on suositus (Danish Government), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

2 Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet

2.1 Arviointimenetelmät

Tuulivoimapuiston aiheuttaman välkkeen vaikutuksia arvioitiin laskennallisilla menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä windPRO 3.5 -ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulivoimapuistoa ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- Matkavaaran 6 voimalan sijoitussuunnitelma (Taulukko 1-1)
- Voimaloiden napakorkeus 178.5 metriä ja roottorin halkaisija 163 metriä (kokonaiskorkeus 260 metriä)

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma ja päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman välkkeen yhteisvaikutuksen, tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin halkaisija ja lapaprofiili), maaston korkeuskäyrät ja 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 huomioidulla minimikulmalla. Laskentasäde tarkasteltavilla Matkavaaran voimaloilla on 1804 m .
Auringon korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma	3 astetta (Mikäli auringonpaistekulma on alle 3 astetta, auringon valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)
Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen	Huomioitu Välkettä ei voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, mikäli maaston korkeusvaihtelut estäisivät näköyhteyden tuulivoimalaan 1.5 m havaintokorkeudella.
Puuston vaikutus näkemiseen	Ei huomioitu Välkettä voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, vaikka puusto estäisi näköyhteyden tuulivoimalaan.

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

Laskentamenetelmä ei automaattisesti huomioi välkkeeseen vaikuttavia ylimääräisiä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin parempi kuva odotettavissa olevasta välkkeen todellisesta määrästä, on laskettu myös realistinen arvio välkkeen 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 voimalatyyppiin käytävälliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma sen sijaan vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja edelleen mallinnuksen laskentasäteeseen valittujen laskentaparametrien mukaisesti (Taulukko 2-1).

Tuulensuuntajakauma ja tuotantoaika on saatu EMD-WRF Europe+ (ERA5) –referenssidatasta vuosilta 2000–2020. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilat on saatu Sodankylän sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1969–1993.

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 välke otetaan huomioon. Reseptoripisteiden leveys on 2 m, korkeus 2 m ja korkeus maanpinnasta 1,5 m. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 10 kappaletta (nimetty R1–R10).

Välkemallinnuksen tuloksena saadaan välkkeen esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulivoimapuiston sijoitussuunnitelmalle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina sekä reseptoripistekohtaisina numeerisina arvoina.

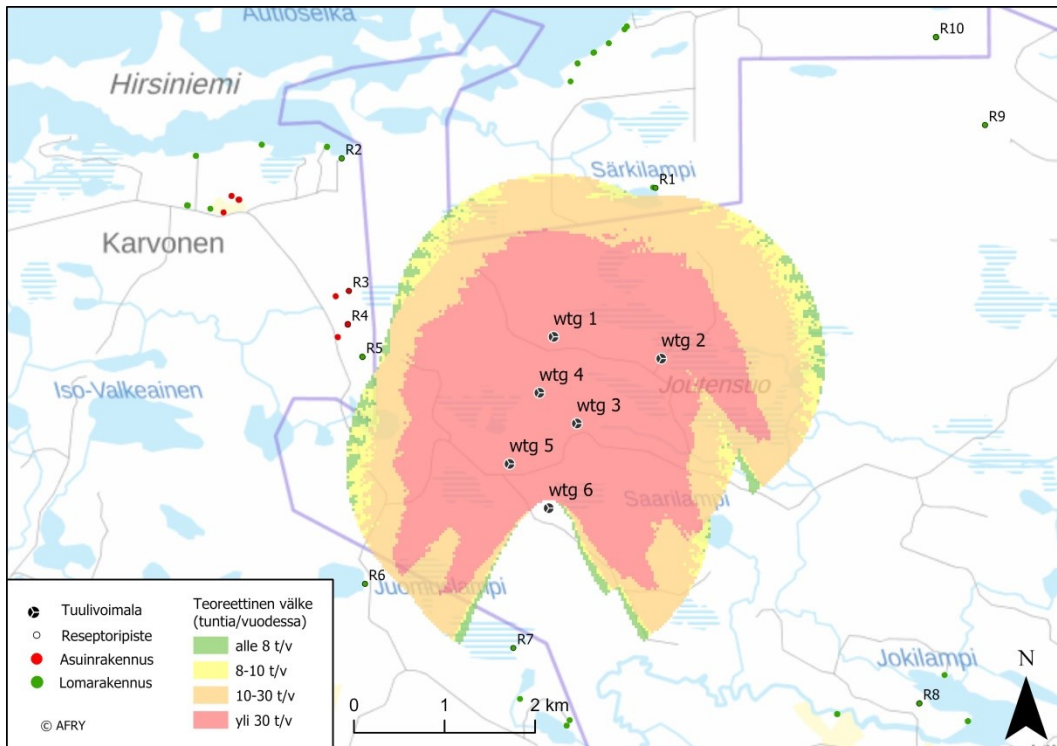
2.2 Arvioinnin epävarmuudet

Välkkeen 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 roottorin suuntaus määräytyy todellisuudessa havaitun tuulensuunnan perusteella, eikä varjon muodostuminen ole näin ollen aina taattua (lavan on havaitusjasta nähden peitettävä auringosta yli 20 prosenttia, jotta havaittava varjo syntyy). Teoreettinen maksimimäärä edustaa siis selkeästi konservatiivista arviota tuulivoimaloiden aiheuttamasta vilkunnan määrästä.

Referenssidatan mallinnustarkkuus aiheuttaa epävarmuutta realistiseen arvioon tuulennopeus- ja -suuntajakauman käytön vuoksi. Auringonpaistehavaintojen käyttö lisää myös hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Sodankylän sääasemalle on noin 169 kilometriä. Mallinuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta välkkeen havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen välkkeen määrä yliarvioidaan.

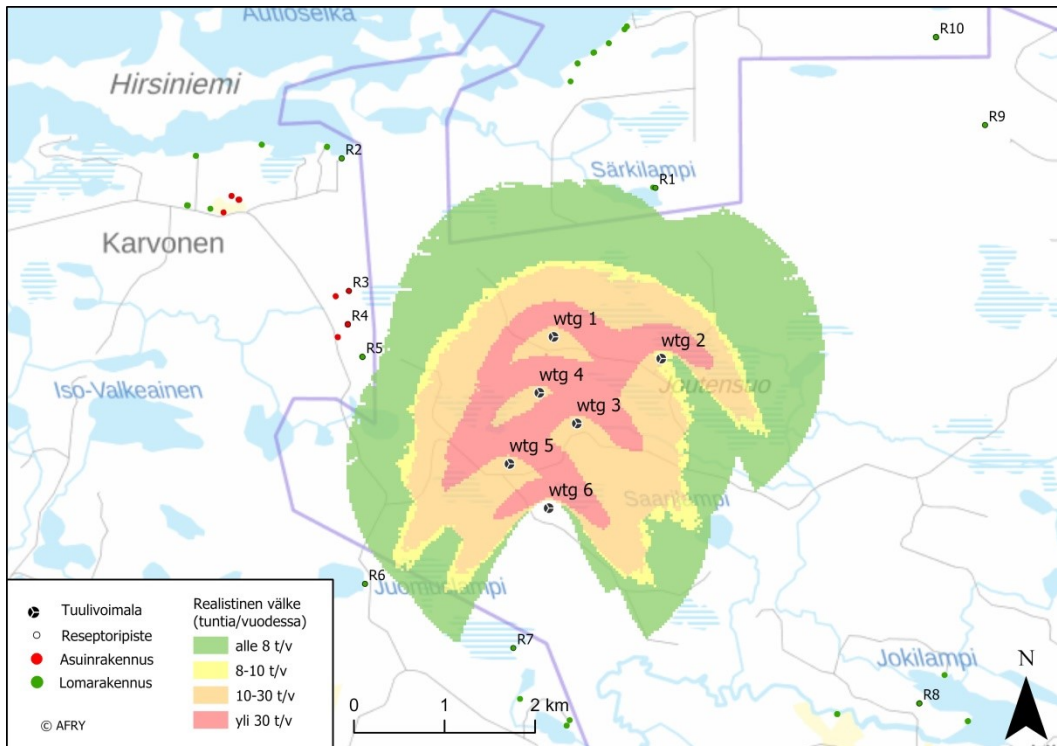
3 Vaikutusten arviointi

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat välkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja realistisille määrälle Matkavaaran tuulipuiston kuuden voimalan sijoitussuunnitelmalla on esitetty seuraavissa kuvissa (*Kuva 3-1 – Kuva 3-2*). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 178.5 m ja roottorin halkaisija 163 m. Kuvista nähdään, että välkkeen määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla asumattomilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



Kuva 3-1. Välikkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Matkavaaran kuuden voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 178.5 m ja roottorin halkaisija 163 m.

Kuvasta 3-1 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välkettä ei ulotu Matkavaaran ympäristössä oleviin asuin- tai lomarakennuksiin. Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty myöhemmin (Taulukko 3-1).



Kuva 3-2. Välkkeen realistinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavainnot otettu huomioon) Matkavaaran kuuden voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 178.5 m ja roottorin halkaisija 163 m.

Kuten kuvasta 3-2 nähdään, myöskään realistisessa mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa välkettä ei ulotu Matkavaaran ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-1.

Taulukko 3-1. Mallinnusten mukaiset välkemäärät reseptoripisteittäin Matkavaaran kuuden voimalan sijoitussuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 178.5 m ja roottorin halkaisija 163 m. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

Reseptori- piste	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois- koordinaatti (m)	Teoreettinen maksimitilanne		Realistinen maksimitilanne (h/a)
			(h/a)	(h/d)	
R1	566375	7319711	0:00	0:00	0:00
R2	562911	7320037	0:00	0:00	0:00
R3	562991	7318574	0:00	0:00	0:00
R4	562979	7318205	0:00	0:00	0:00
R5	563140	7317847	0:00	0:00	0:00
R6	563168	7315342	0:00	0:00	0:00
R7	564806	7314635	0:00	0:00	0:00
R8	569289	7314024	0:00	0:00	0:00
R9	570014	7320404	0:00	0:00	0:00
R10	569473	7321374	0:00	0:00	0:00

Taulukossa 3-1 on esitetty sekä välkkeen teoreettinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa ja vuorokaudessa että realistinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa. Realistisessa kokonaiskestossa on huomioitu auringonpaistetilat ja tuulensuuntajakauma.

Tarkastellulla sijoitussuunnitelmalla (Matkavaaran kuusi voimalaa) ja voimalamitoilla (napakorkeus 178.5 m, roottorin halkaisija 163 m) reseptoripisteisiin ei kohdistu välkettä eivätkä aiemmin kappaleessa 1.2 esiteltyt muiden maiden raja-arvot tai suositukset ylity yhdessäkään reseptoripisteessä (Taulukko 3-1). Mallinnuksen tulosten perusteella välke on vähäistä hankealueen läheisyydessä sijaitsevilla asuin- ja lomarakennuksissa tarkastellulla sijoitussuunnitelmalla, roottorin halkaisijalla ja napakorkeudella mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

4 Välkkeen rajoittaminen

Tässä välkeselvityksessä esitettyjen tulosten perusteella Matkavaaran tuulivoimapuiston läheisyydessä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin ei kohdistu välkevaikutusta, eikä välkkeen rajoitukselle ole tarvetta. Puuston vähentävää vaikutusta ei ole huomioitu mallinnuksessa.

Tarvittaessa välkevaikutusta voitaisiin vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla, joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellonaikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

5 YHTEENVETO

Tämän raportin tarkoituksena on esittää Matkavaaran tuulivoimapuiston kuuden voimalan välkevaikutus sen lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin. Arvioinnissa on sovellettu Matkavaaran kuudelle voimalalle 178.5 metrin napakorkeutta ja 163 metrin roottorin halkaisijaa (voimalan kokonaiskorkeus 260 metriä).

Hankkeesta syntyvän välkkeen vaikutukset lähialueen asutuskohteisiin arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa. Tarkastellulla sijoitussuunnitelmalla ja voimalamitoilla reseptoripisteisiin ei kohdistu välkettä eivätkä aiemmin kappaleessa 1.2 esiteltyt muiden maiden raja-arvot tai suositukset ylity yhdessäkään reseptoripisteessä. Mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta, jolloin esitetty malli yliarvioi välkkeen määrän erityisesti kesäaikaan.

KIRJALLISUUSVIITTEET

Danish Government 2015. Miljöministeriet Naturstyrelsen. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.

Vindlov 2015. Skuggor, reflexer och ljud. [<http://www.vindlov.se/sv/steg-for-steg/stora-anlaggningar/inledande-skede/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljud/>] (haettu 30.11.2018)

Ympäristöministeriö 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016.

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