



TUULIALFA OY



Turkkiselän 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	Tuulialfa Oy
Otsikko	Vilkuntataselvitys
Projekti	Turkkiselän tuulivoimahanke
Piirustus/arkistointi/sarjanro.	101008653-002.02
Tiedoston nimi	Liite6_Tuulialfa_Turkkiselka_Vilkuntaraportti_20191022.do cx
Tiedoston sijainti	
Järjestelmä	Microsoft Word 14.0
Ulkoisen jakelu	Tuulialfa Oy
Sisäinen jakelu	Pöyry Finland Oy / Arkisto
Laatijat	
Vastaava yksikkö	Pöyry Finland Oy / EBG Thermal and Renewable Energy
Raportti	
Dokumentin pvm	22.10.2019
Laatija/asema/allekirj.	Piia Heikkinen / Vilkunta-asiantuntija
	
Dokumentin pvm	22.10.2019
Tarkistaja/asema/allekirj.	Miia Nurminen-Piirainen / Johtava maankäytön asiantuntija
	

Esipuhe

Tämä raportti on Pöyryn laatima Turkkiselän tuulipuiston vilkuntaselvitys, jossa on selvitetty tuulipuiston 42 voimalan aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutukset sen lähiympäristöön. Vilkuntaselvitys on toteutettu aikaisemmin huomioiden 63, 49 ja 26 voimalan sijoitussuunnitelmat. Selvityksessä yhteisvaikutuksissa on otettu huomioon myös Turkkiselän luoteispuolelle Kainuun maakuntakaavassa tuulivoima-alueeksi osoitettu Haarasuonkankaan tuulivoima-alue. 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

Piia Heikkinen

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	5
2.1	Arviointimenetelmät	5
2.2	Arvioinnin epävarmuudet	6
3	VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	7
4	VILKUNNAN RAJOITUSMAHDOLLISUUDET	9
5	YHTEENVETO	11
	KIRJALLISUUSVIITTEET	11

1 YLEISTÄ

Vaalaan suunnitteilla olevaan Turkkiselän tuulipuistoon suunnitellaan 42 tuulivoimalaa. Alla olevassa taulukossa on esitetty tuulivoimapuiston voimaloiden sijaintikoordinaatit.

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

Voimala	Itäkoordinaatti	Pohjoiskoordinaatti	Voimala	Itäkoordinaatti	Pohjoiskoordinaatti
	(m)	(m)		(m)	(m)
1	514713	7160221	24	512030	7166046
2	514322	7160594	25	512970	7166250
3	513760	7160896	26	513824	7165685
4	515280	7160145	27	511955	7162030
5	516065	7160095	28	512368	7161612
6	516865	7159975	29	512831	7161519
7	515893	7160771	30	513463	7161490
8	517250	7160639	31	512000	7162735
9	517760	7160250	32	512460	7162435
10	516561	7161067	33	512970	7162065
11	515455	7161460	34	513720	7162538
12	514251	7161482	35	514360	7162448
13	514587	7161973	36	512957	7162816
15	516095	7161880	38	511847	7163708
16	515968	7162365	39	512266	7164240
20	514920	7165135	43	513472	7164666
21	514309	7165216	44	513976	7164554
22	513180	7165515	45	511430	7165541
23	512525	7165835	46	512201	7165062

Alueen läheisyydessä sijaitsee asuin- ja lomarakennuksia, joihin tuulivoimalat mahdollisesti aiheuttavat varjon vilkuntaa. Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää Turkkiselän tuulipuiston varjonvilkuntavaikutus lähimpiin rakennuksiin.

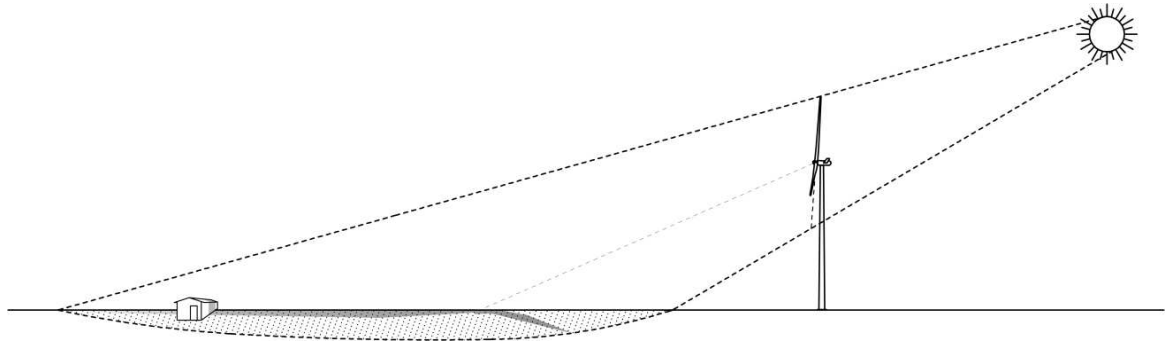
Maakuntakaavassa Turkkiselän luoteispuolelle on kaavoitettu Haarasuonkankaan tuulivoima-alue, jonka yhteisvaikutukset varjon vilkunnan suhteen on myös mallinnettu tässä selvityksessä. Haarasuonkankaan tuulivoima-alueelle ei tiedetysti ole vielä suunnitteilla tuulivoimapuistoa, mutta se on huomioitu alueen läheisen sijainnin vuoksi. Näin ollen Haarasuonkankaalle sijoitetut voimalat koordinaatteineen ovat ainoastaan havainnollistavia ja lähin niistä sijaitsee noin 800 m päässä lähimmästä Turkkiselän voimalasta.

Muiden alueella sijaitsevien maakuntakaavoissa osoitettujen tuulivoima-alueiden ja tiedossa olevien tuulivoimahankkeiden etäisyydet Turkkiselän hankkeeseen ovat pitkiä (yli 8 km päässä lähimmistä voimaloista) eivätkä ne aiheuta yhteisvaikutuksia varjon vilkunnan osalta.

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. 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 vilkkunnan vaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohdeiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään vilkkumismääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. 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 vilkkuntavaikutukselle:

- 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 (*Vindlov 2015*), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten 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 Government*), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa vilkkumisvaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

2 ARVIOINTIMENETELMÄT JA ARVIOINNIN EPÄVARMUUKSET

2.1 Arviointimenetelmät

Tuulivoimapuiston aiheuttaman varjon vilkunnan vaikutuksia arvioitiin laskennallisilla menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä windPRO 3.3 -ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulivoimapuistoa ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- 42 voimalan sijoitussuunnitelmat (Taulukko 1-1)
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 190 metriä
- Tuulivoimaloiden roottorin halkaisija 180 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 280 metriä)

Lisäksi yhteisvaikutusten mallinnuksessa huomioitiin hankkeen luoteispuolella sijaitseva Haarasuonkankaan tuulivoima-alue seuraavin oletuksin:

- 12 voimalan sijoitussuunnitelma
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 155 metriä
- Tuulivoimaloiden roottorin halkaisija 150 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 230 metriä)

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma ja päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman varjon 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 huomioidulla minimikulmalla. Laskentasäde tarkasteltavilla Turkkiselän voimaloilla on 2158 metriä . Laskentasäde Haarasuonkankaan voimaloilla on 1902 metriä .
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 Vilkuntaa ei voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, mikäli maaston korkeusvaihtelut estäisivät näköyhteyden 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 voimalatyypin käyntiväliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma sen sijaan vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja edelleen mallinnuksen laskentasäteeseen valittujen laskentaparametrien mukaisesti (Taulukko 2-1). Tuulijakauma on saatu hankekehittäjän suorittamista paikanpäällisistä tuulimittauksista, jotka on korjattu edustamaan pitkän aikavälin olosuhteita. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilastot on saatu Siilinjärvi Kuopion lentoasemalla toimivan 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 2 m, korkeus 2 m ja korkeus maanpinnasta 1 m. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 7 kappaletta (nimetty R1–R7), joista reseptoripiste R1 on asuinrakennus ja muut lomarakennuksia. Hankealueella sijaitsee metsästysmaja, joka on suunniteltu siirrettäväksi pois. Metsästysmajaa ei ole erikseen huomioitu selvityksessä.

Vilkuntamallinnuksen tuloksena saadaan varjon vilkunnan esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulivoimapuiston sijoitus suunnitelmalle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina sekä reseptoripistekohtaisina numeerisina arvoina.

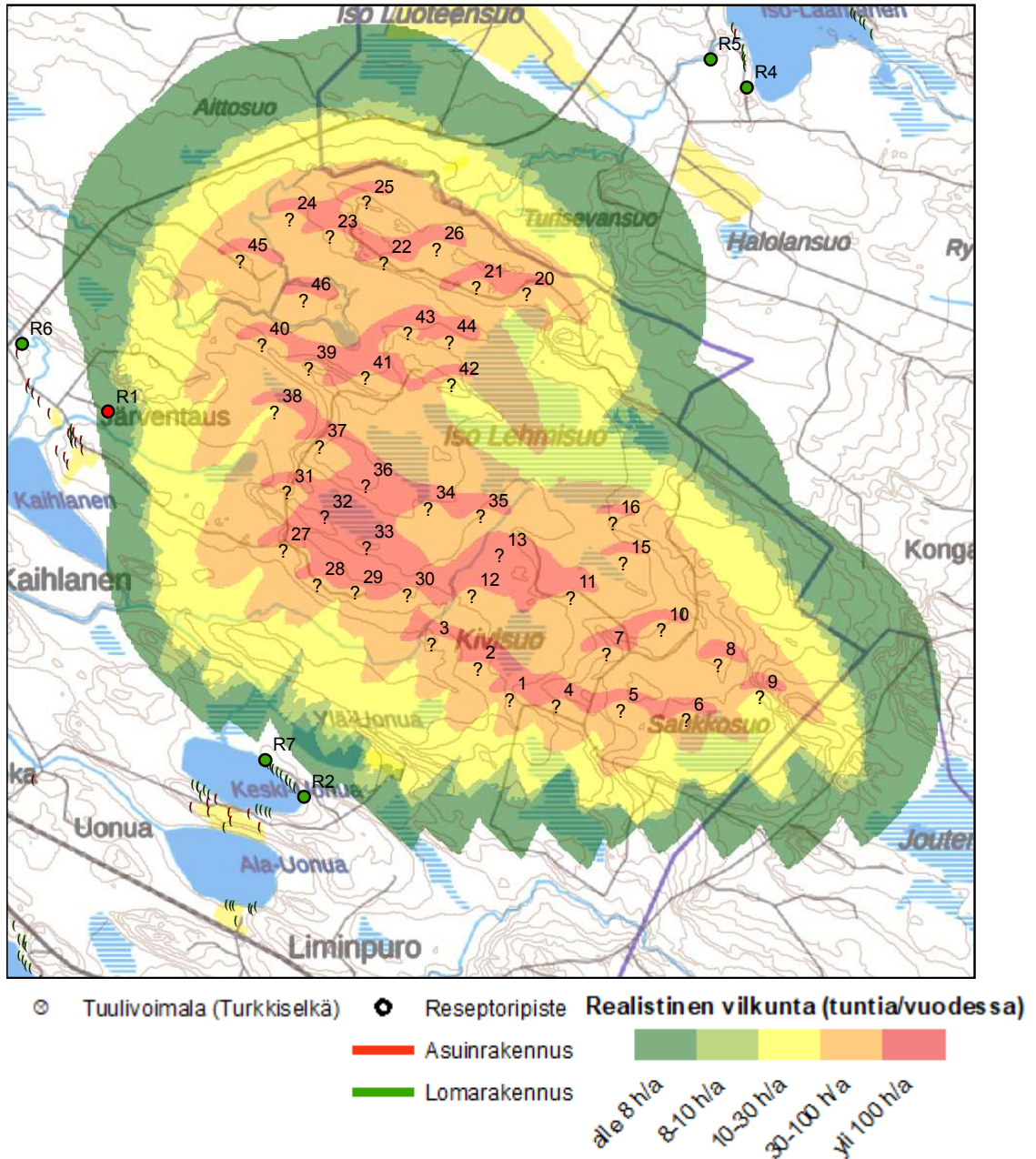
2.2 Arvioinnin epävarmuudet

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 roottorin suuntaus määräytyy todellisuudessa 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.

Auringonpaistehavaintojen käyttö lisää hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Siilinjärvi Kuopion lentokentän sääasemalle on noin 175 kilometriä. Kuopion lentokentän sääasema on kuitenkin lähin auringonpaistemittauksia tekevä sääasema, jonka auringonpaisteolosuhteet ovat verrannollisia Vaalan olosuhteisiin. Mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta vilkunnan havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen vilkunnan määrä yliarvioidaan.

3 VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Mallinnuksen tuloksena saatu kartta realistiselle vilkuntamäärälle Turkkielän tuulipuiston sijoitussuunnitelmalla on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-1). Kuvasta nähdään, että varjon vilkunnan määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla asumattomilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



Kuva 3-1. Varjon vilkunnan realistinen määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavainnot otettu huomioon) Turkkielän 42 voimalan toteutusvaihtoehdolla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 190 m ja roottorin halkaisija 180 m. Hankealueella sijaitseva lomarakennus on metsästysmaja, joka on suunniteltu siirrettäväksi pois.

Kuvista nähdään, että käytettyjen mallinnusparametrien puitteissa vilkunta ulottuu ainoastaan yhteen Turkkielän ympäristössä olevaan rakennukseen, asuinrakennukseen R1. Rakennus jää kuitenkin alle kahdeksan tunnin vyöhykkeelle, mikä täyttää muissa maissa käytettävät ohje- ja raja-arvot.

Kuten kuvasta nähdään, huomioimalla Haarasuonkankaan tuulivoima-alueen aiheuttama yhteisvaikutus varjon vilkunta ulottuu ainoastaan Turkkiselän tuulipuiston luoteispuolella laajemmalle alueelle. Turkkiselän hankealueen luoteispuolella ei kuitenkaan sijaitse asuin- tai lomarakennuksia, joissa varjon vilkuntaa esiintyisi.

Reseptoripistekohtaiset mallinnusten tulokset ovat näkyvillä taulukossa 3-1. Taulukossa on esitetty varjon vilkunnan esiintymisen teoreettinen maksimikesto (vuodessa ja vuorokaudessa), sekä vilkunnan realistinen kokonaiskesto (vuodessa). Realistisessa kokonaiskestoissa on huomioitu auringonpaistetilastot sekä paikallinen tuulensuuntajakauma. Reseptoripisteissä mallinnetut varjon vilkunnan kestot olivat yhtäläiset tarkastelemalla pelkästään Turkkiselän tuulivoimapuistoa tai yhteisvaikutuksia Haarasuonkankaan tuulivoima-alueen kanssa. Reseptoripisteissä havaittava vilkunta ei ylitä muiden maiden sovellettuja raja-arvoja.

Taulukko 3-1. Mallinnusten mukaiset vilkuntamäärät reseptoripisteittäin eri tarkasteluissa. Reseptoripistekohtaiset tulokset pysyvät samoina riippumatta siitä huomioitiinko Haarasuonkankaan tuulivoima-alue. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

	Itä-koordinaatti	Pohjois-koordinaatti	Turkkiselkä		Turkkiselkä + Haarasuonkangas			
			Teoreettinen maksimitilanne	Realistinen maksimitilanne	Teoreettinen maksimitilanne	Realistinen maksimitilanne	Realistinen maksimitilanne	
	(m)	(m)	(h/a)	(h/d)	(h/a)	(h/a)	(h/d)	(h/a)
R1	509820	7163702	16:14	0:21	3:51	16:14	0:21	3:51
R2	512206	7159032	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R3	513764	7156713	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R4	517599	7167633	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R5	517158	7167974	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R6	508771	7164525	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R7	511733	7159478	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

Reseptoripisteissä R1–R7 (lähimmät asuin- ja lomarakennukset) havaittu vilkuntamäärä ei siis ylitä aiemmin esiteltyjä muiden maiden raja-arvoja. Varjon vilkuntamallinnuksen tulosten perusteella hankealueen läheisyydessä sijaitseviin asutus- ja lomarakennuksiin kohdistuva varjon vilkunta on vähäistä tarkastelluilla sijoitussuunnitelmilla, voimalatyypillä ja napakorkeudella. Hankkeesta syntyvän varjon vilkunnan vaikutukset lähialueen asutuskohteissa arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

4 VILKUNNAN RAJOITUSMAHDOLLISUUDET

Tässä vilkuntaselvityksessä esitettyjen tulosten perusteella hankealueen läheisyydessä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin kohdistuva varjon vilkunta kyseisellä voimaloiden sijoitussuunnitelmalla, voimalatyypillä ja napakorkeudella on vähäistä eikä varjon vilkunnan rajoittamiselle ole tarvetta.

Varjon vilkunnan rajoittaminen on teknisesti mahdollista, sillä voimaloiden sijoitussuunnitelman ja voimaloiden mittojen perusteella voidaan laskea ajat, jolloin varjon vilkunta on mahdollista tietyssä kohteessa. Vilkuntavaikutuksia on mahdollista vähentää muun muassa pysäyttämällä vilkuntaa aiheuttavat voimat vilkunnan syntymisen kannalta kriittiseen aikaan. On kuitenkin huomioitava, että vilkuntaa ei synny pilvisellä säällä tai jos kohteen ja voimalan välillä on suojaavaa puustoa.

Lisäksi osalla voimalavalmistajista on tarjolla varjon vilkunnan havaitsemisjärjestelmiä, jotka havaitsevat tietyn raja-arvon ylittävän vilkunnan ja pysäyttävät voimat

tarvittaessa. Esimerkiksi voimalavalmistaja Vestas esittelee kotisivuillaan kyseistä järjestelmää¹.

¹ https://www.vestas.com/en/products/options_and_solutions#!shadow-detection-system (linkki tarkastettu 4.7.2019)

5

YHTEENVETO

Tuulialfa Oy suunnittelee Vaalaan 42 voimalan Turkkiselän tuulivoimahanketta. Tässä selvityksessä on arvioitu Turkkiselän tuulipuiston aiheuttamia varjon vilkunnan vaikutuksia lähialueilla. Selvityksessä Turkkiselän voimaloille on käytetty 190 m napakorkeutta ja 180 m roottorin halkaisijaa (voimalan kokonaiskorkeus 280 metriä). Lisäksi selvityksessä on huomioitu hankealueen luoteispuolella sijaitsevan Haarasuonkankaan mahdolliset yhteisvaikutukset varjon vilkunnassa. Muita hankkeita ei huomioitu pitkien välimatkojen vuoksi.

Vilkuntamallinnuksen mukaan hankealueen läheisyydessä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin kohdistuva varjon vilkunta on vähäistä tarkastellun sijoitussuunnitelman, voimalatyypin ja napakorkeuden mukaisesti. Teoreettinen (Saksan ja Ruotsin vuosittainen 30 tunnin vilkuntaraja) tai realistinen (Ruotsin vuosittainen 8 tunnin vilkuntaraja) maksimiraja ei ylitä yhdessäkään asuin- tai lomakohteessa. Haarasuonkankaan yhteisvaikutusten huomioiminen ei muuta tuloksia tältä osin. Hankkeesta syntyvän varjon vilkunnan vaikutukset lähialueen asutuskohteissa voidaan siis arvioida vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

Mallinuksissa 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.

KIRJALLISUUSVIITTEET

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

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

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