



VÄLKESELVITYS

TUULIVOIMAPUISTO MASTBACKA

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	3
2	Tausta.....	4
3	Varjovälkkeen muodostuminen	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	5
4	Välkevaikutukset.....	7
4.1	Mastbackan välkevaikutukset	7
4.2	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden	8
4.3	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	10
4.4	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	10
5	Lähteet.....	11
	Liite 1: Tuulivoimaloiden sijaintitiedot	12

Versiohistoria

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
2020-01-22	ArM	CKk	CGr	Mastbackan tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 Yhteenveto

- Tehtävä:** Valkeselvitys Mastbackan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.
- Työmenetelmät:** Valkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.2 ohjelmiston SHADOW-moduulia. Mallinnuksessa ja raportoinnissa on käytetty ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemia ohjeita raportista Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöministeriö, 2016). Vaikutusten arvioinnissa käytetyt laskentaparametrit on taulukoitu tässä raportissa.
- Tulokset:** Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja.
- Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään Mastbackan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.
- Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

Taulukko 1. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä. Taulukko kertoo kuinka monessa rakennuksessa (vakituinen tai vapaa-ajan asunto) kyseinen vertailuarvo ylitetään.

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä
> 10 h/v, todellinen tilanne	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	1
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	1

2 Tausta

Tämä välkeselvitys on tehty Mastbackan tuulivoimapuistolle Pedersören kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 6 voimalan laajuinen. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia kaavoitusvaiheessa. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 190 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 280 metriä.

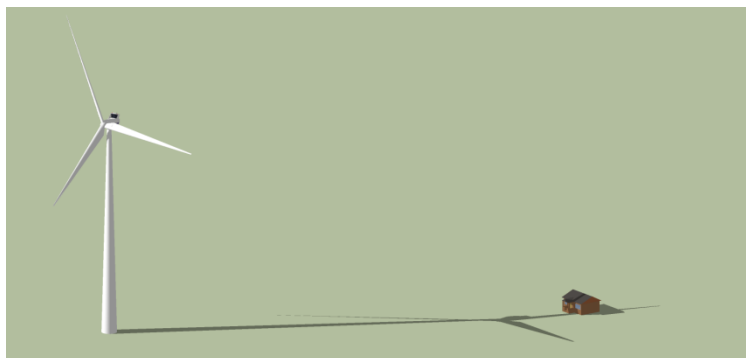
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.2 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

3 Varjovälkkeen muodostuminen

Tuulivoimaloiden roottorin pyörimisestä aiheutuu säännöllisesti välkkyvää varjovaikutusta, kun voimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä. Välkkeen määrä riippuu sääolosuhteista siten, että esimerkiksi pilvisellä säällä välkettä ei esiinny. Kesällä välkevaikutukset ovat laajimmillaan aamuisin ja iltaisin, kun aurinko on matalalla. Talvisin välkettä voidaan havaita laajemmalla alueella myös päivällä. Etäisyyden kasvaessa tuulivoimalan ja tarkastelupisteen välissä, välkkeen vaikutus pienenee. Kun tuulivoimala ei pyöri, välkettä ei esiinny. Välkevaikutus riippuu myös tuulen suunnasta eli roottorin kulmasta havainnointipisteeseen nähden.

Havaintopaikkaan kohdistuva varjovälke ei ole jatkuvaa, vaan välkkeen ajankohta ja kestoaika vaihtelevat vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Yhtäjaksoista välkettä esiintyy yleensä 0–30 minuuttia päivässä riippuen havainnointipaikan suhteesta väkelähteeseen.

Ihmiset kokevat välkevaikutukset, kuten muutkin vaikutukset, hyvin eri tavoin. Suositusarvot ylittävä määrä varjovälkettä asuinalueella voi vaikuttaa asukkaiden viihtyvyyteen. Se havaitaanko varjovälkettä asuinalueella, loma-asunnolla tai työmaa-alueella, vaikuttaa ilmiön häiritsevyyteen. Myös eri hankkeiden varjovälkkeen kumuloituminen voi vaikuttaa lähialueen asuinviihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön.



Kuva 1. Varjovälkettä muodostuu, kun tuulivoimala pyörii tarkastelupisteen ja auringon välissä, aurinkoisella ja pilvettömällä säällä.

3.1 Ohje- ja raja-arvot

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo maksimissaan kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. "real case" eli todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet). Lisäksi Saksassa ja Ruotsissa on annettu suositusarvo 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa niin kutsutussa "worst-case" -eli teoreettisessa maksimitilanteessa. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

Teoreettinen maksimitilanne tarkoittaa tilannetta, jossa kaikkien voimaloiden oletetaan olevan toiminnassa keskeytyksettä, ja taivaan oletetaan aina olevan pilvetön. Aurinkoisina ajanjaksoina teoreettisen maksimitilanne voi toteutua päivätasolla, mutta käytännössä ei vuositasolla.

Tämän raportin välkemallinnustuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin.

3.2 Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät

Välkkeen muodostumiseen vaikuttavat oleellisesti sääolosuhteiden lisäksi voimaloiden käyttöaika, korkeus ja roottorin halkaisija. Myös kasvillisuus ja puusto vaikuttavat oleellisesti välkevaikutuksen muodostumiseen. Välkemallinnus on tehty sekä ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomiointia että suojavaikutus huomioiden.

Tuulivoimaloiden aiheuttaman varjovälkkeen vaikutusalue ja -määrä mallinnetaan tuulivoimamallinnukseen käytettävällä WindPRO-ohjelmalla, jossa pohjatietona käytettiin paikallisia olosuhteita vastaavia tilastollisia tietoja. Ohjelmalla voidaan laskea sekä tiettyyn pisteeseen kohdistuva varjovälke, että koko tuulivoima-alueen varjovälkkeen muodostuminen. Laskennat tehdään todellisten olosuhteiden mukaisesti, jolloin otetaan huomioon tuulivoimaloiden korkeus, sijainti ja roottorin halkaisija sekä paikalliset, tilastolliset sääolosuhteet. Puustoa ja muuta kasvillisuutta ei kuitenkaan huomioida, mistä johtuen paikoittain raportoidaan liian korkeat välkearvot. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen Tuuliatlaksen tietoja.

Välkemallinnukset on suoritettu alalla vakiintuneen käytännön mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetaisyys voimaloista (LAI 2002). Maksimitarkasteluetaisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Mikäli voimala on niin kaukana havainnointipisteestä, että sen lavat peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei havainnointipisteeseen muodostu häiritsevään voimakkaita liikkuvia varjoja.

Välkemallinnuksessa on käytetty nk. kasvihuone-asetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Seinäjoen säähavaintoja. Seinäjoen havaintoasema sijaitsee noin 70 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin

kahden metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt asetukset, auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Auringonpaisteajat	Seinäjoen sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	Tuuliatlaksen perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
Puuston vaikutus	Ei huomioitu
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne 8 h/v todellinen tilanne 30 h/v teoreettinen tilanne 30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	1.00
Helmikuu	2.82
Maaliskuu	4.23
Huhtikuu	6.60
Toukokuu	8.78
Kesäkuu	9.10
Heinäkuu	8.87
Elokuu	6.81
Syyskuu	4.67
Lokakuu	2.52
Marraskuu	1.17
Joulukuu	0.58
Keskiarvo	4.76

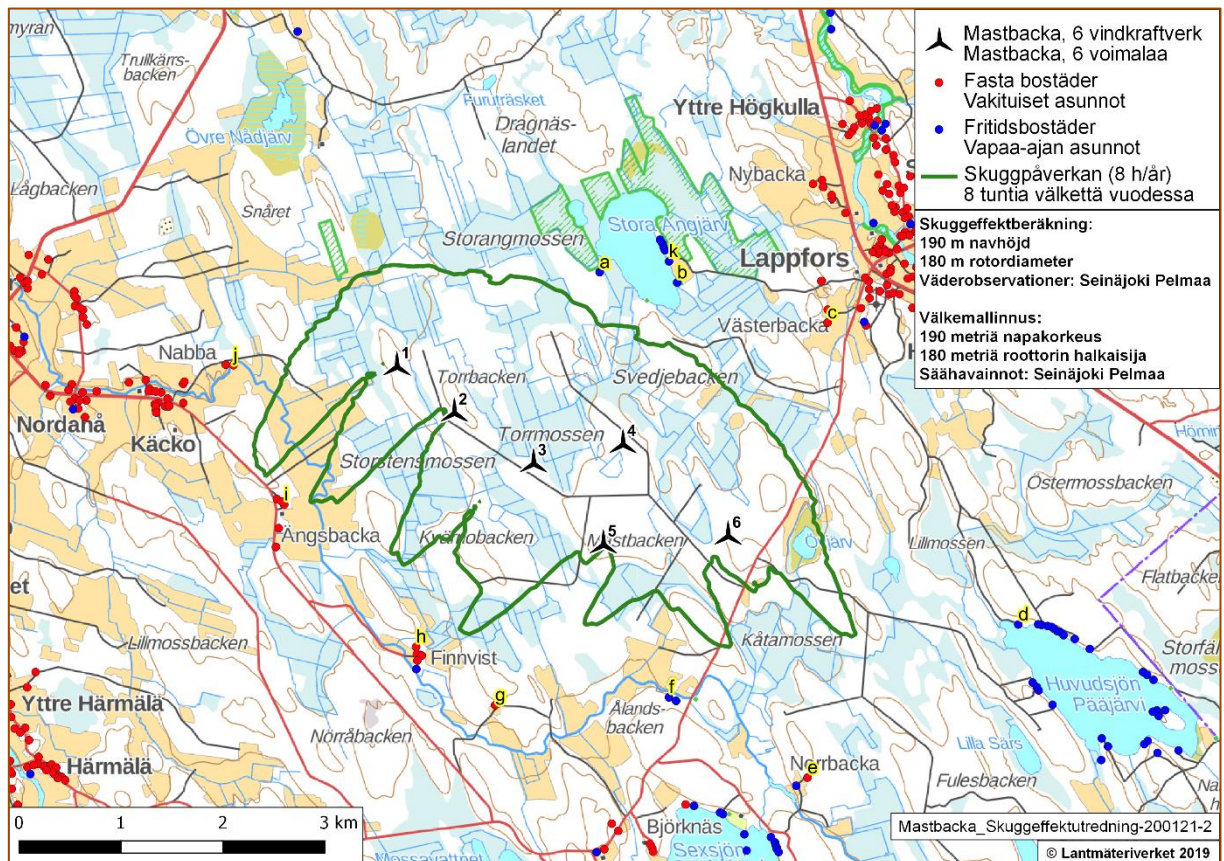
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	752
Pohjoiskoillinen	447
Itäkoillinen	344
Itä	299
Itäkaakko	465
Eteläkaakko	632
Etelä	905
Etelälounas	1258
Länsilounas	1140
Länsi	749
Länsiluode	475
Pohjoisluode	528
Summa	7994

4 Välkevaikutukset

4.1 Mastbackan välkevaikutukset

Välkemallinnuksen tuloksia kuvataan visuaalisesti kartoilla, ja lisäksi tuloksia on kuvattu yksityiskohtaisesti sanallisesti. Kartalla tulokset on esitetty soveltaen todellisen tilanteen vertailuarvoa 8 h/v. Tässä mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Mastbackan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-k) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 5.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylity yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusarvot (30 h/v ja 30 min/p) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Mastbacka.

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	307627	7049347	5:11	42:57	0:49	Osittain
b	Vapaa-ajan asunto	308388	7049245	2:08	18:32	0:27	Ei
c	Vakituinen asunto	309863	7048853	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	311735	7045893	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	309667	7044392	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	308307	7045179	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	306602	7045103	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	305827	7045674	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	304533	7047068	4:12	15:25	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	304034	7048436	2:39	12:10	0:26	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	308308	7049453	1:52	17:20	0:24	Ei

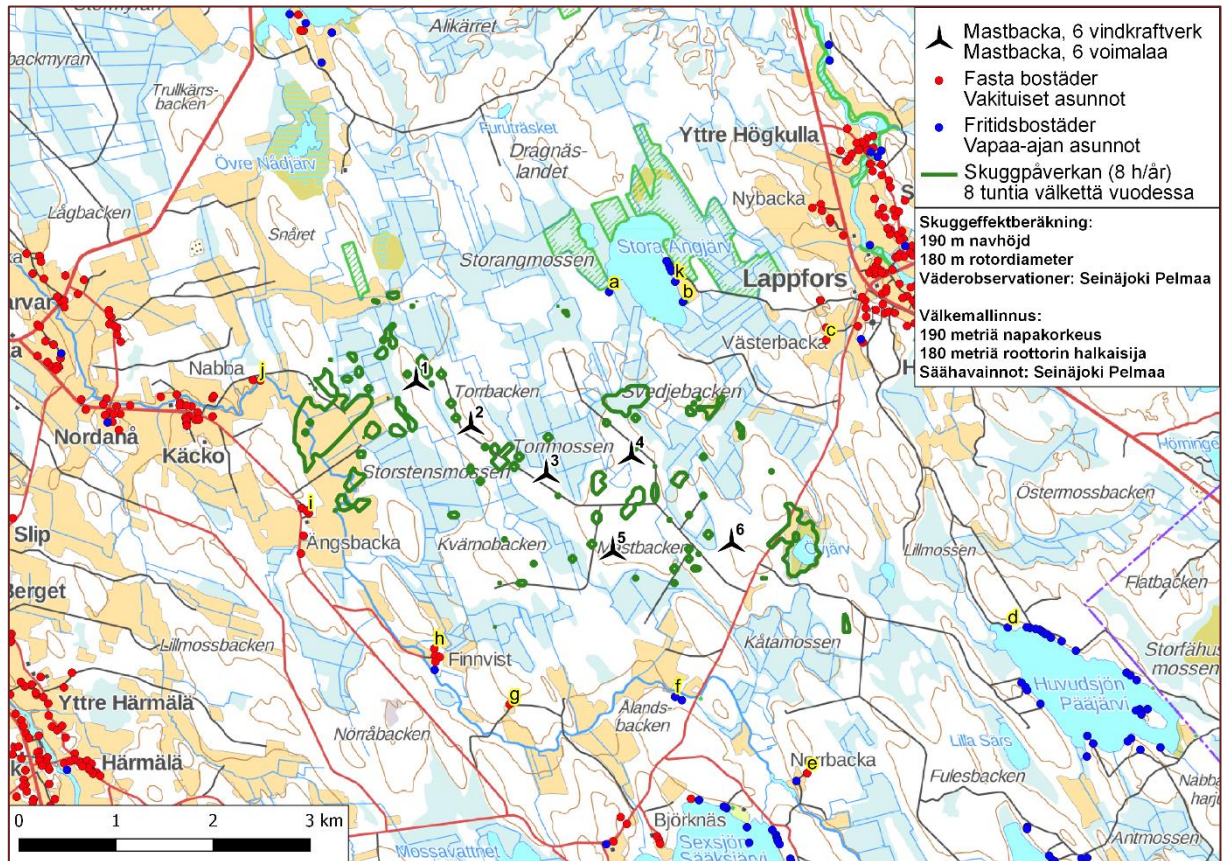
Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

4.2 Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden

Korkean puuston peittäessä tuulivoimalat, havainnointipisteeseen ei muodostu lainkaan varjovälkettä. Kasvillisuuden peittäessä tietyt tuulivoimalat, havainnointipisteeseen muodostuva varjovälkkeen kokonaismäärä vähenee.

Puuston korkeustiedot on poimittu metsäntutkimuslaitoksen latauspalvelusta (METLA, 2017).

Seuraavassa kuvassa on esitetty väkemmaallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Mastbackan alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-k) ja niiden vältketasot on esitetty taulukossa 6.

Kartalta näkyy, että välkkeen vaikutusalue on selvästi pienempi, kun puuston vaikutus on huomioitu (vrt. kuva 2). Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välkeäika on pienempi kolmessa havainnointipisteissä, joissa välkettä ei kohdistu lainkaan. Puuston suojavaikutus huomioiden vertailuarvoja ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Mastbackan vätkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu 11 havainnointipisteen osalta taulukossa 6.

Taulukko 6. Varjovätkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden

Havainnointipiste	Luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	307627	7049347	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	308388	7049245	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vakituinen asunto	309863	7048853	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	311735	7045893	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vakituinen asunto	309667	7044392	0:00	0:00	0:00	Ei

f	Vapaa-ajan asunto	308307	7045179	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	306602	7045103	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	305827	7045674	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	304533	7047068	4:12	15:25	0:24	Ei
j	Vakituinen asunto	304034	7048436	2:39	12:10	0:26	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	308308	7049453	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät

Välkemallinnus edustaa keskimääräistä varjostustilannetta, jossa pohjana on käytetty pitkän ajan tilastollisia sääarvoja. Mikäli sääolosuhteet poikkeavat merkittävästi tilastoiduista arvoista, saattaa myös välkkeen määrä poiketa.

Tuulivoimaloiden käyttöaste, eli aika jolloin voimalat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Välkemallinnuksessa ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennuksissa, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.4 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta

Tuulivoimaloiden varjovälkevaikutuksia pystytään ehkäisemään jo suunnitteluvaiheessa. Voimaloita voidaan sijoittaa siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän välkettä herkälle alueelle. Myös voimalan koko vaikuttaa merkittävästi syntyvän välkkeen määrään, joten valitsemalla matalampia voimaloita tai pienempiä rottoreita, voidaan välkevaikutuksia vähentää.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään myös pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään automaattisesti vallitsevien sääolosuhteiden mukaisesti, kun välkettä muodostuisi herkälle alueelle (flicker control).

5 Lähteet

Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015). Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.

Ympäristöministeriö (2016). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu / OH 5/2016. Helsinki.

LAI (2002). Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), Länderausschuss für Immissionsschutz-Arbeitsgruppe Schattenwurf.

Boverket (2009). Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden.

Etha Wind Oy (2019). 02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev10. Internal work description.

Liite 1: Tuulivoimaloiden sijaintitiedot

Mastbackan voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 7. Mastbackan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS-TM35FIN)
1	305638	7048424
2	306201	7047971
3	306978	7047474
4	307855	7047662
5	307663	7046679
6	308886	7046764