



VÄLKESELVITYS

Miehennevan Tuulivoimapuisto

05.03.2025

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA	4
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	5
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät.....	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	10
4.3	Välkevaikutukset puuston suojaava vaikutus huomioiden.....	11
4.3.1	Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset	12
4.3.2	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset	13
4.4	Yhteisvaikutusten Mallinnus.....	14
4.4.1	Vaihtoehdon VE1 Välkevaikutukset	14
4.4.2	Vaihtoehdon VE2 Välkevaikutukset	16
4.5	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät.....	18
4.6	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta.....	18
5	LÄHTEET	19
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma.....	19

VERSIONHISTORIA

Versio, Päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2025-03-05	Ilmari Katajamäki, 2025-03-12	Ilmari Katajamäki, 2025-03-12	Miehennevan tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Miehennevan tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on tarkasteltu kaksi sijoitussuunnitelmavaihtoehtoa. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereiset tuulivoimapuistot Saarenkylä (9 voimalaa), Kytölä (6 voimalaa), Ristiveto (6 voimalaa), Karhunnevan kangas (33 voimalaa) ja Kettukangas (29 voimalaa).

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty windPRO Ver4.1 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. Vaihtoehdossa VE1 Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vakituinen asunto a). Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä. Vaihtoehdossa VE2 Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä.

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

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

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, VE1	Vertailuarvon ylityksiä, VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	1	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	1	1
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	0	0

Taulukko 2. Yhteenveto vertailuarvojen ylityksistä (mallinnus puusto huomioiden).

Vertailuarvo	Vertailuarvon ylityksiä, VE1	Vertailuarvon ylityksiä, VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	1	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	1	1
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	0	0

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Miehennevan tuulivoimapuistolle Alavieskan kunnan alueella. Tässä selvityksessä on tarkistettu kaksi eri sijoitussuunnitelman vaihtoehtoa, jotka on muodostettu ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ja kaavoitusmenettelyä varten:

- VE1: 6 voimalaa. Roottorihalkaisija 200 m ja napakorkeus 200 m. Kokonaiskorkeus on 300 m.
- VE2: 6 voimalaa. Roottorihalkaisija 180 m ja napakorkeus 180 m. Kokonaiskorkeus on 270 m.

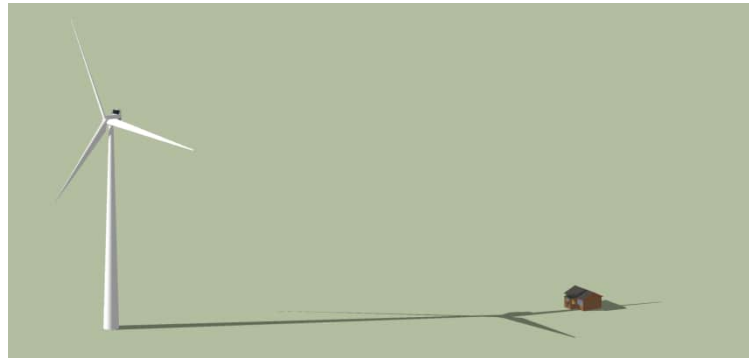
Välkeselvitys on tehty windPRO 4.1 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Ympäristöhallinnon ohjeen OH 5/2016 mukaan Suomessa vaikutuksia arvioitaessa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden ohjearvoja. Tuloksia on verrattu Saksan, Ruotsin ja Tanskan suositusarvoihin (LAI, 2002; Boverket, 2009; Miljøministeriet, 2015). Etha 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 kesto aika 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 asuinvihtyvyyteen 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 raportin osioissa 4.1 ja 4.2, minkä takia paikoittain raportoidaan liian korkeita välkearvoja. Käyttöaste ja tuulensuunnat lasketaan käyttäen alueella EMD-WRF Europe+ MesoScale tuulisuustietoja.

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. kasvihuoneasetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Oulun säähavaintoja. Oulun havaintoasema sijaitsee noin 89 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 3. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Oulun sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Arvioidut lapaparametrit käytössä
Vertailuarvot	10 h/v todellinen tilanne

8 h/v todellinen tilanne
30 h/v teoreettinen tilanne
30 min/pv teoreettinen tilanne

Taulukko 4. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat

Kuukausi	Keskimääräinen auringonpaisteen tuntimäärä päivässä
Tammikuu	0,77
Helmikuu	2,46
Maaliskuu	4,42
Huhtikuu	6,93
Toukokuu	8,81
Kesäkuu	9,87
Heinäkuu	9,13
Elokuu	6,84
Syyskuu	4,43
Lokakuu	2,23
Marraskuu	0,93
Joulukuu	0,26
Keskiarvo	4,76

Taulukko 5. Tuulivoimaloiden toiminta-aika Miehennevan tuulivoimapuistossa

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	605
Pohjoiskoillinen	436
Itäkoillinen	376
Itä	419
Itäkaakko	505
Eteläkaakko	752
Etelä	933
Etelälounas	1125
Länsilounas	1034
Länsi	727
Länsiluode	534
Pohjoisloude	542
Summa	7988

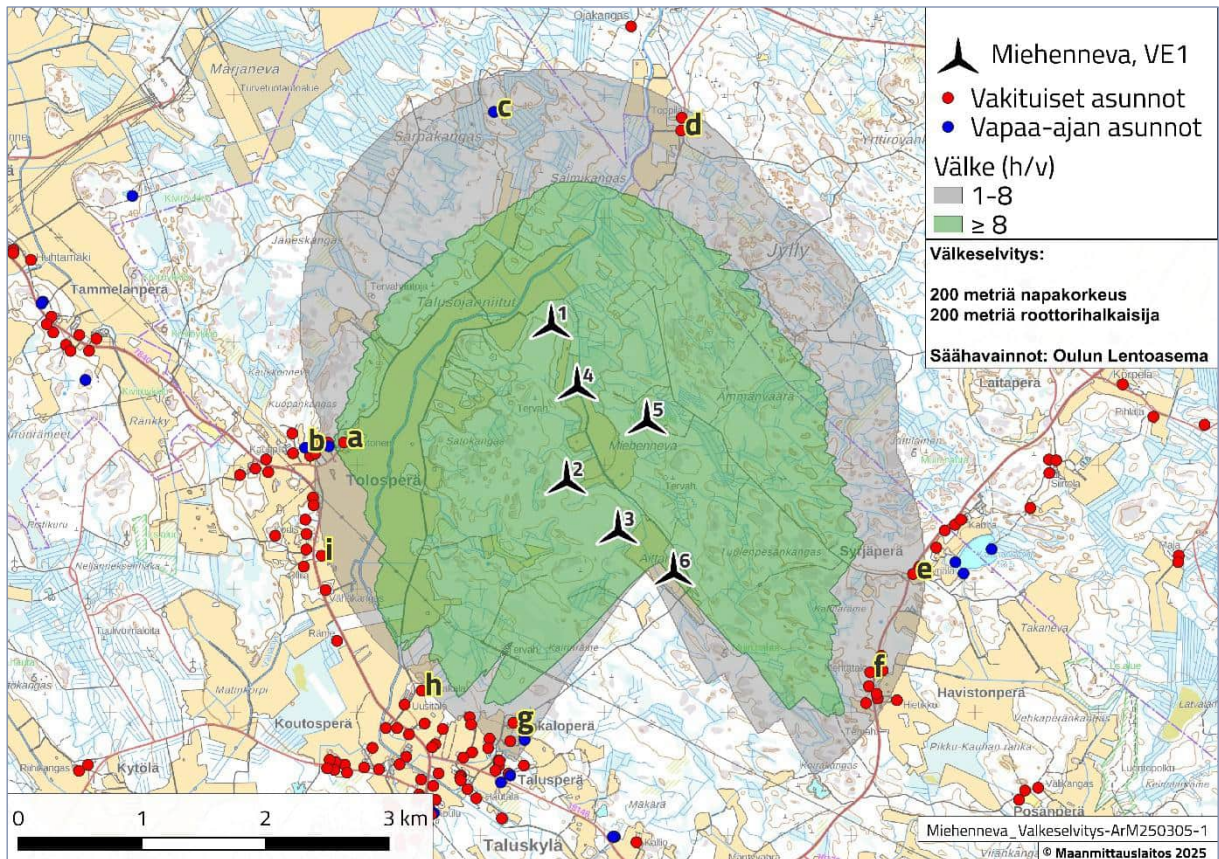
Taulukko 6. Tuulivoimaloiden toiminta-aika yhteisvaikutuksissa

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	604
Pohjoiskoillinen	434
Itäkoillinen	374
Itä	418
Itäkaakko	503
Eteläkaakko	749
Etelä	929
Etelälounas	1121
Länsilounas	1031
Länsi	725
Länsiluode	532
Pohjoisloude	541
Summa	7961

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 VAIHTOEHDON VE1 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 mallinnusvaihtoehdossa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Miehennevan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välietasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vakituinen asunto a). Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:32 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä. Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään myös samassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä.

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

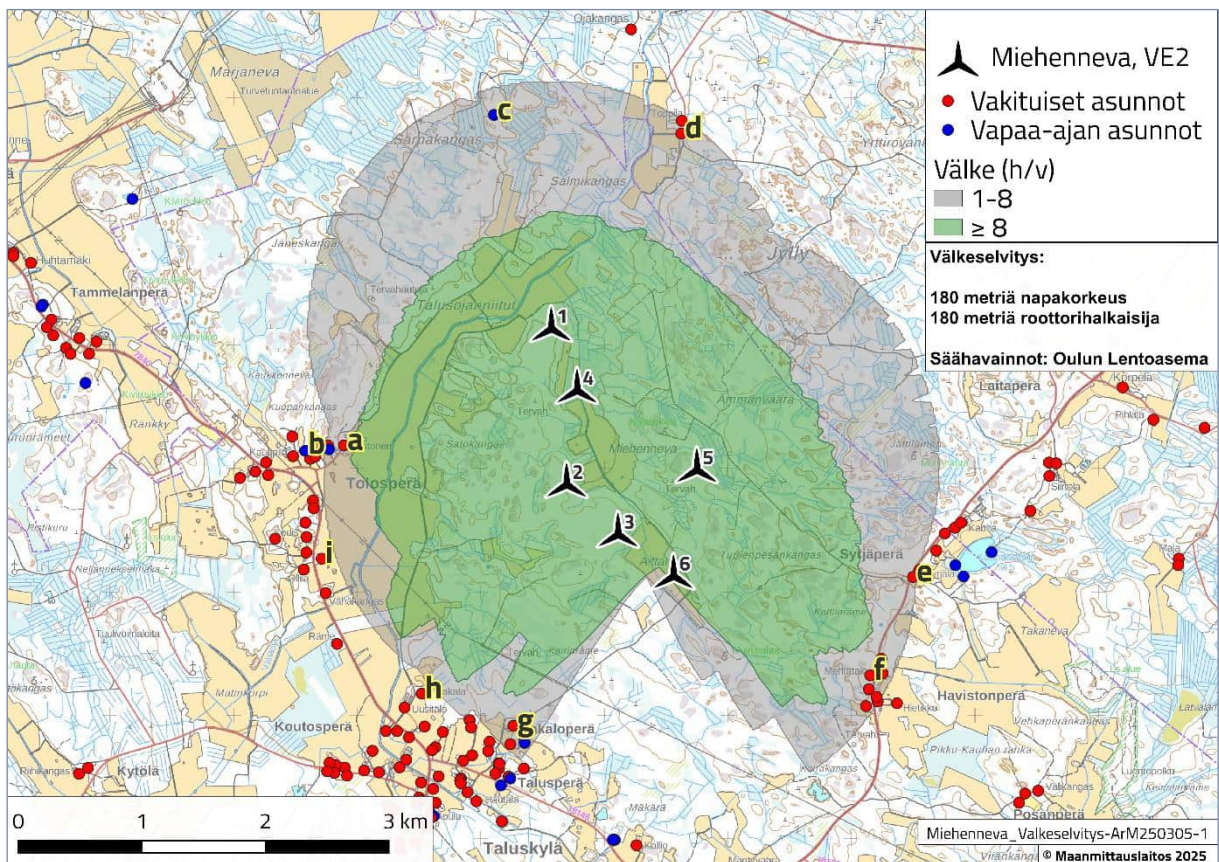
Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, Miehenneva (VE1)

Havainnointi piste	Asunnon 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)	Suositus- arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	367893	7129185	9:32	39:52	0:26	Kyllä
b	Vapaa-ajan asunto	367771	7129154	1:55	9:37	0:24	Ei

c	Vapaa-ajan asunto	369108	7131861	1:50	18:56	0:28	Ei
d	Vakituinen asunto	370624	7131711	1:44	13:55	0:26	Ei
e	Vakituinen asunto	372499	7128120	1:57	9:21	0:25	Ei
f	Vakituinen asunto	372152	7127323	3:57	15:45	0:27	Ei
g	Vakituinen asunto	369265	7126914	5:24	19:57	0:28	Ei
h	Vakituinen asunto	368522	7127175	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	367713	7128268	0:00	0:00	0:00	Ei

4.2 VAIHTOEHDON VE2 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 mallinnusvaihtoehdossa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Miehennevan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 8.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä.

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

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, Miehenneva (VE2)

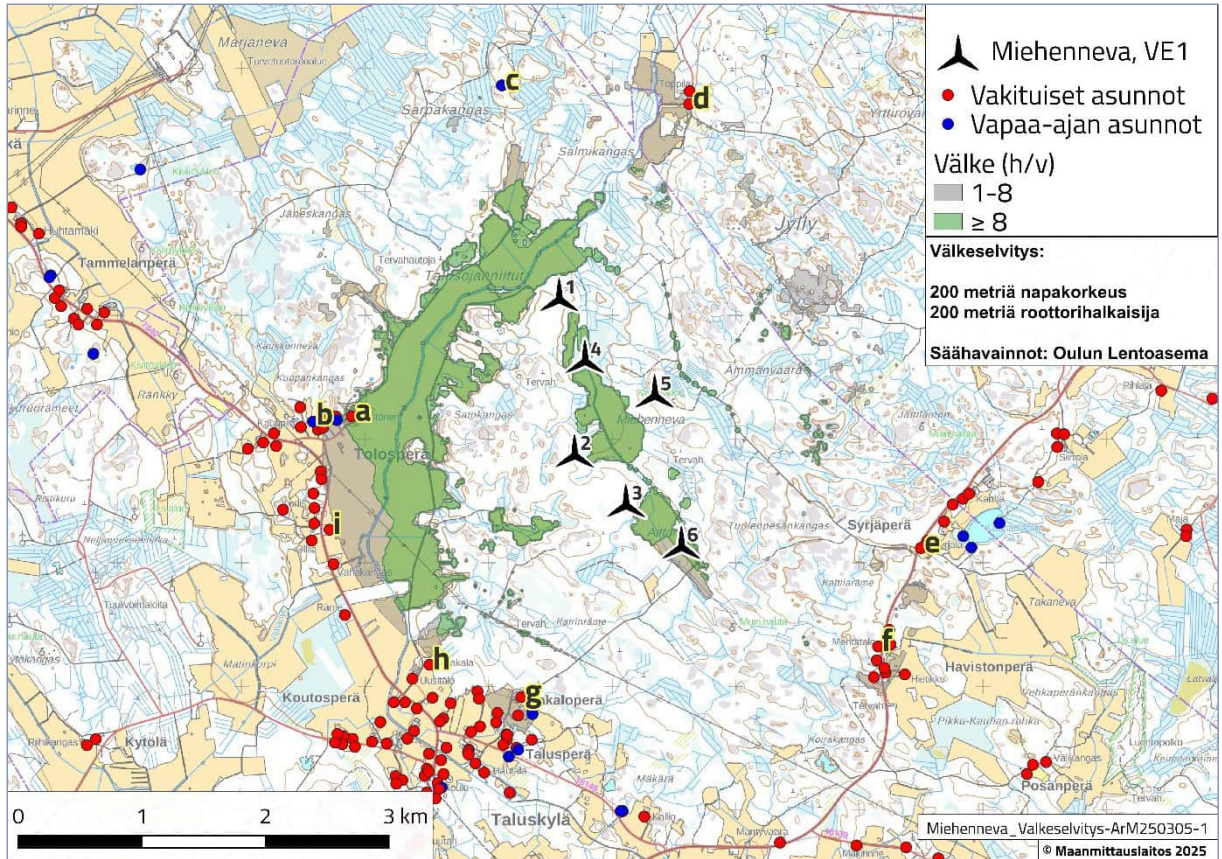
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus- arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	367893	7129185	7:12	30:24	0:24	Osittain
b	Vapaa-ajan asunto	367771	7129154	1:30	7:37	0:22	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	369108	7131861	1:28	15:56	0:26	Ei
d	Vakituinen asunto	370624	7131711	1:21	11:22	0:24	Ei
e	Vakituinen asunto	372499	7128120	1:28	7:07	0:22	Ei
f	Vakituinen asunto	372152	7127323	2:57	11:51	0:25	Ei
g	Vakituinen asunto	369265	7126914	5:24	19:55	0:26	Ei
h	Vakituinen asunto	368522	7127175	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	367713	7128268	0:00	0:00	0:00	Ei

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

4.3 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 Luonnonvarakeskuksen latauspalvelusta (LUKE, 2021). Seuraavassa kuvassa on esitetty välkemallinnuksen tulokset kasvillisuuden korkeus huomioon ottaen ja jäljempänä tulokset on kuvailtu sanallisesti.

4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Miehennevan alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 9.

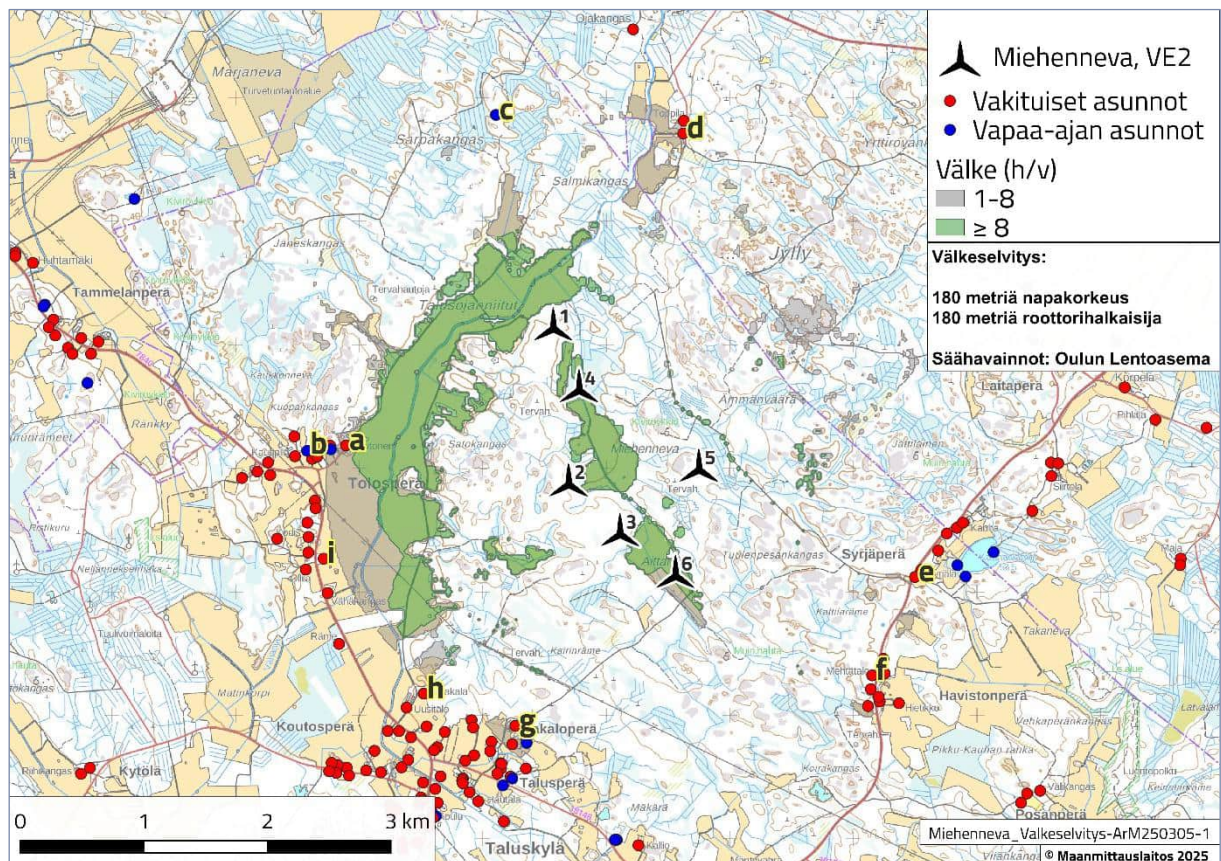
Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välkeaika on pienempi kahdessa havainnointipisteessä. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vakituinen asunto a). Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään myös samassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä.

Miehennevan väkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 9.

Taulukko 9. Varjoväkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden (VE1)

Havainnointi piste	Asunnon 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)	Suositus-arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	367893	7129185	9:32	39:52	0:26	Kyllä
b	Vapaa-ajan asunto	367771	7129154	1:55	9:37	0:24	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	369108	7131861	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	370624	7131711	1:44	13:55	0:26	Ei
e	Vakituinen asunto	372499	7128120	1:57	9:21	0:25	Ei
f	Vakituinen asunto	372152	7127323	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	369265	7126914	5:24	19:57	0:28	Ei
h	Vakituinen asunto	368522	7127175	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	367713	7128268	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3.2. VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Miehennevan alueella puuston suojaava vaikutus huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 10.

Kasvillisuuden suojaava vaikutus huomioitaessa välkeaika on pienempi kahdessa havainnointipisteessä. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä. Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä. Miehennevan välkelaskennan tulokset, kun kasvillisuus on otettu huomioon, on raportoitu taulukossa 10.

Taulukko 10. Varjovälkelaskennan tulokset, puuston vaikutus huomioiden (VE2)

Havainnointi piste	Asunnon 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)	Suositus- arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	367893	7129185	7:12	30:24	0:24	Osittain
b	Vapaa-ajan asunto	367771	7129154	1:30	7:37	0:22	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	369108	7131861	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vakituinen asunto	370624	7131711	1:21	11:22	0:24	Ei
e	Vakituinen asunto	372499	7128120	1:28	7:07	0:22	Ei
f	Vakituinen asunto	372152	7127323	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	369265	7126914	5:24	19:55	0:26	Ei
h	Vakituinen asunto	368522	7127175	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	367713	7128268	0:00	0:00	0:00	Ei

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

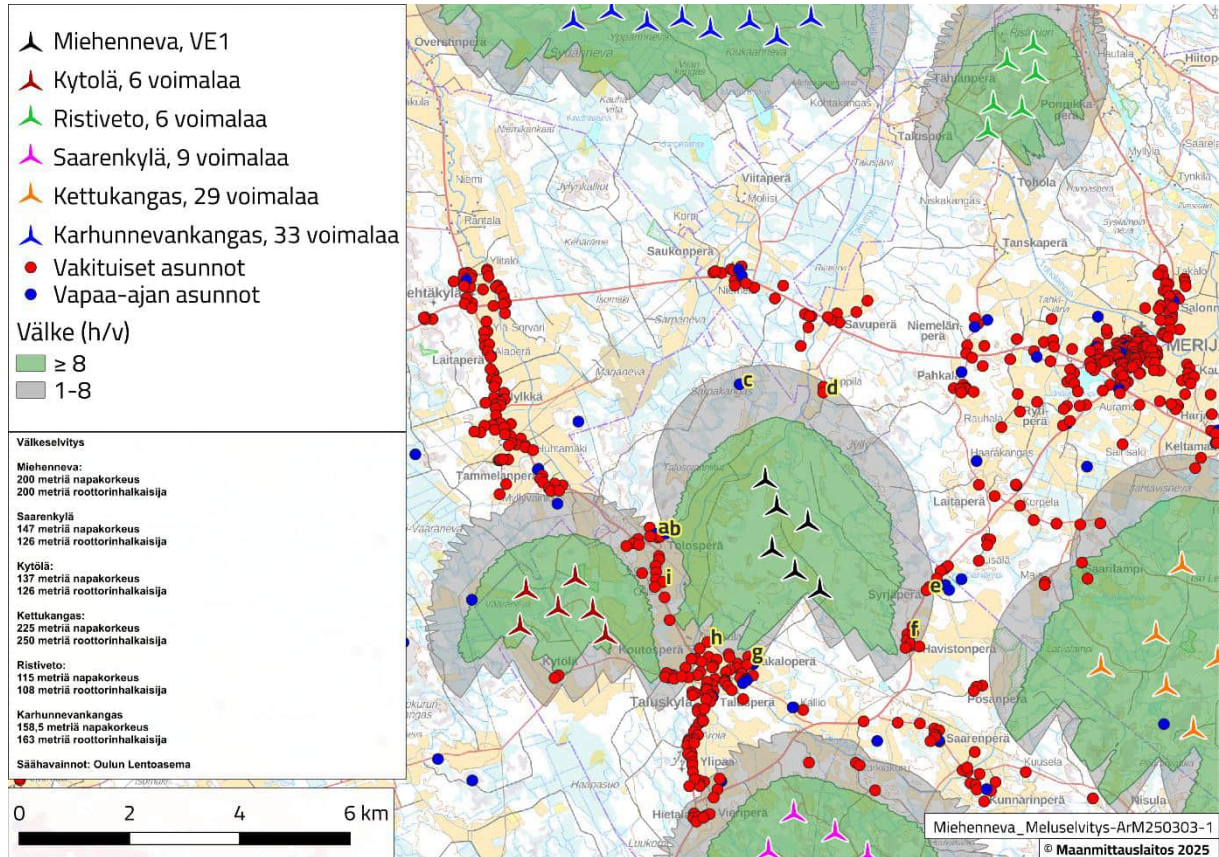
4.4 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

4.4.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Miehennevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Miehennevan 6 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1).

Saarenkylä on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 126 metriä ja napakorkeus 147 metriä. Kytölä on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 126 metriä ja napakorkeus 137 metriä. Karhunnevan kangas on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 163 metriä

ja napakorkeus 159 metriä. Ristiveto on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 108 metriä ja napakorkeus 115 metriä. Kettukangas on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 250 metriä ja napakorkeus 225 metriä.



Kuva 6. Varjovälkkeen muodostuminen Miehennevan alueella (VE1), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 11.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettu maksimisuositus kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä (vakituinen asunto a). Vertailuarvo 8 h/v ylitetään 1:30 tunnin verran mainitussa havainnointipisteessä. Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään myös samassa havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 11.

Taulukko 11. Varjoväkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset

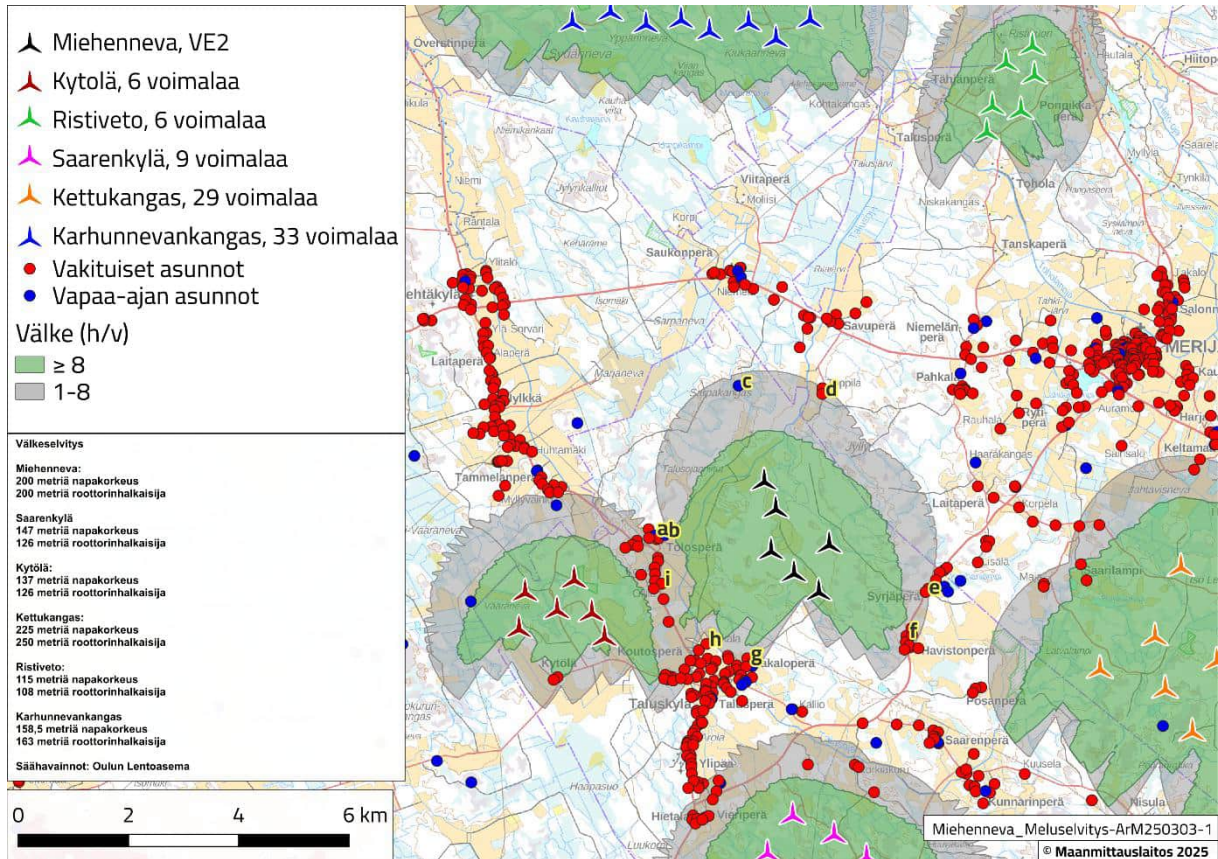
Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Vilkkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Vilkkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositusarvon ylitys
a	Vakituinen asunto	367893	7129185	9:30	39:52	0:26	Kyllä
b	Vapaa-ajan asunto	367771	7129154	1:55	9:37	0:24	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	369108	7131861	1:50	18:56	0:28	Ei
d	Vakituinen asunto	370624	7131711	1:44	13:55	0:26	Ei
e	Vakituinen asunto	372499	7128120	1:57	9:21	0:25	Ei
f	Vakituinen asunto	372152	7127323	3:56	15:45	0:27	Ei
g	Vakituinen asunto	369265	7126914	5:23	19:57	0:28	Ei
h	Vakituinen asunto	368522	7127175	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	367713	7128268	3:51	22:17	0:22	Ei

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

4.4.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Miehennevan ja naapuripuistojen yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Miehennevan 6 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE2).

Saarenkylä on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 126 metriä ja napakorkeus 147 metriä. Kytölä on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 126 metriä ja napakorkeus 137 metriä. Karhunnevan kangas on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 163 metriä ja napakorkeus 159 metriä. Ristiveto on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 108 metriä ja napakorkeus 115 metriä. Kettukangas on mallinnettu voimalalla, jonka roottorin halkaisija on 250 metriä ja napakorkeus 225 metriä.



Kuva 7. Varjovälkkeen muodostuminen Miehennevan alueella (VE2), naapuripuistot huomioiden. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 12.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettinen maksimisuositus (30h/v) ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 min/pv ei ylitetä.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuistot huomioiden on raportoitu taulukossa 12.

Taulukko 12. Varjovälkelaskennan tulokset, yhteisvaikutukset.

Havainnointi piste	Asunnon luokka	Itäinen koord. (ETRS TM35FIN)	Pohjoinen koord. (ETRS TM35FIN)	Viikkumisen määrä (todellinen tilanne, h/v)	Viikkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/v)	Viikkumisen määrä (teoreettinen maksimi, h/pv)	Suositus-arvon ylitys
a	Vakituinen asunto	367893	7129185	7:10	30:24	0:24	Osittain
b	Vapaa-ajan asunto	367771	7129154	1:30	7:37	0:22	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	369108	7131861	1:27	15:56	0:26	Ei
d	Vakituinen asunto	370624	7131711	1:21	11:22	0:24	Ei

e	Vakituinen asunto	372499	7128120	1:28	7:07	0:22	Ei
f	Vakituinen asunto	372152	7127323	2:56	11:51	0:25	Ei
g	Vakituinen asunto	369265	7126914	5:22	19:55	0:26	Ei
h	Vakituinen asunto	368522	7127175	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	367713	7128268	3:51	22:17	0:22	Ei

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

4.5 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.

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.

4.6 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 roottoreita, 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

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

Etha Wind Oy (2022). *02_Flicker_Checklist_ArM220711-1*. Internal work description.

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

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

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

LIITE 1: SJOITUSSUUNNITELMA

Taulukko 6. Miehenneva, voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (6 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	369570	7130172	200/200/300
2	369694	7128910	200/200/300
3	370110	7128507	200/200/300
4	369779	7129672	200/200/300
5	370343	7129393	200/200/300
6	370559	7128169	200/200/300

Taulukko 7. Miehenneva, voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (6 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	369570	7130172	180/180/270
2	369694	7128910	180/180/270
3	370110	7128507	180/180/270
4	369779	7129672	180/180/270
5	370748	7129029	180/180/270
6	370559	7128169	180/180/270

Taulukko 8. Saarenkylä, voimaloiden sijaintitiedot, (14 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	371391	7122710	147/126/210
2	370705	7122815	147/126/210
3	370119	7123109	147/126/210
4	371430	7123291	147/126/210
5	370841	7123697	147/126/210
6	369124	7122816	147/126/210
7	370089	7124047	147/126/210
8	369630	7123362	147/126/210
9	371993	7123124	147/126/210

Taulukko 9. Kytölä, voimaloiden sijaintitiedot, (6 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	365118	7127498	137/126/200
2	365810	7127839	137/126/200
3	366670	7127340	137/126/200
4	366120	7128391	137/126/200
5	366440	7127790	137/126/200
6	365229	7128158	137/126/200

Taulukko 10. Karhunnevan kangas, voimaloiden sijaintitiedot, (33 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	364908	7139376	159/163/240
2	365514	7138812	159/163/240
3	366086	7138496	159/163/240
4	364958	7140000	159/163/240
5	365647	7139790	159/163/240
6	366212	7139210	159/163/240
7	366778	7138689	159/163/240
8	365637	7140390	159/163/240
9	366055	7140111	159/163/240
10	366637	7139741	159/163/240
11	366945	7139378	159/163/240
12	367423	7138465	159/163/240
13	366345	7140712	159/163/240
14	366803	7140521	159/163/240
15	367176	7140078	159/163/240
16	368060	7138549	159/163/240
17	368575	7138338	159/163/240

18	367220	7141296	159/163/240
19	367710	7140738	159/163/240
20	368365	7140052	159/163/240
21	368629	7139576	159/163/240
22	368684	7138906	159/163/240
23	369285	7138495	159/163/240
24	369782	7138200	159/163/240
25	368383	7140683	159/163/240
26	369279	7139496	159/163/240
27	369654	7139196	159/163/240
28	370402	7138553	159/163/240
29	368024	7141785	159/163/240
30	368431	7141392	159/163/240
31	369017	7141198	159/163/240
32	369098	7140736	159/163/240
33	369405	7140053	159/163/240

Taulukko 11. Ristiveto, voimaloiden sijaintitiedot, (6 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	373611	7136445	115/108/169
2	373713	7136916	115/108/169
3	374439	7138006	115/108/169
4	374231	7136835	115/108/169
5	374477	7137477	115/108/169
6	373960	7137697	115/108/169

Taulukko 12. Kettukankaan, voimaloiden sijaintitiedot, (29 voimalaa).

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	377136	7128551	225/250/350
2	377842	7128035	225/250/350
3	378840	7127677	225/250/350
4	379739	7127540	225/250/350
5	380458	7127146	225/250/350
6	381121	7126765	225/250/350
7	376665	7127292	225/250/350
8	377787	7126847	225/250/350
9	378322	7126340	225/250/350
10	379152	7126261	225/250/350

11	375667	7126700	225/250/350
12	376851	7126338	225/250/350
13	377345	7125560	225/250/350
14	378797	7125020	225/250/350
15	379602	7124569	225/250/350
16	380381	7124192	225/250/350
17	381095	7123904	225/250/350
18	382124	7123718	225/250/350
19	380584	7122644	225/250/350
20	381349	7122299	225/250/350
21	382229	7122880	225/250/350
22	382491	7121725	225/250/350
23	382360	7120681	225/250/350
24	383115	7122875	225/250/350
25	384004	7123455	225/250/350
26	383630	7122000	225/250/350
27	384800	7122710	225/250/350
28	384448	7121802	225/250/350
29	385393	7122127	225/250/350