



VÄLKESELVITYS

Rokamo-Nälkämän Tuulipuisto

11.12.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA.....	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	3
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	9
4.3	Yhteisvaikutusten mallinnus.....	11
4.3.1	VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET	11
4.3.2	VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET	13
4.4	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	15
4.5	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	16
5	LÄHTEET	16
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	17

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, Päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Arina Makarova, 2024-12-12	Ilmari Katajamäki 2024-12-16	Ilmari Katajamäki 2024-12-16	Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston vaikutusalueella. Selvityksessä on otettu huomioon myös viereinen tuotannossa oleva tuulivoimapuisto Nuolivaara.

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. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuiston yhdessäkään havainnointipisteissä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä 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	VE1	VE2	Yhteisvaikutukset, VE1	Yhteisvaikutukset, VE2
> 10 h/v, todellinen tilanne	0	0	0	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0	0	0	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	0	0	0	0
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	1	1	1	1

2 TAUSTA

Välkeselvitys on tehty Rokamo-Nälkämän tuulivoimapuistolle Kemijärven kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 8 voimalan laajuinen. Molemmat sijoitussuunnitelmat VE1 ja VE2 koostuvat 8 tuulivoimalasta ja ainoa ero näiden välillä on voimalanumeron 3 sijainnissa. Välkeselvitys on osa hankkeen vaikutusten arviointia ympäristövaikutusten arviointi- ja kaavoitusmenettelyssä. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 300 metriä.

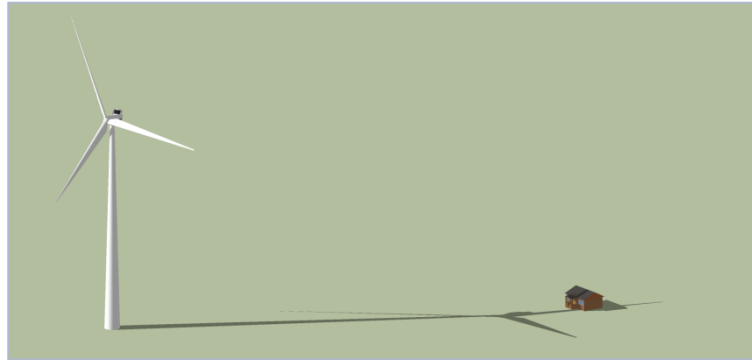
Välkeselvitys on tehty windPRO 4.1 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

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 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 mallinetaan 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. 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. Maksimivaikutusten arvioimiseksi Rokamo-Nälkämän mallinuksissa on käytetty nykyistä suurempaa voimalamallia, jonka lapojen paksuus on arvioitu nykyisten voimalamallien perusteella.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Sodankylän säähavaintoja. Sodankylän havaintoasema sijaitsee noin 84 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin

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

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt asetukset

Asetus	Kuvaus
Auringonpaisteajat	Sodankylän sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	EMD WRF Europe+ datan perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkემallinnus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrejä käytössä
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	0.39
Helmikuu	2.11
Maaliskuu	4.55
Huhtikuu	6.23
Toukokuu	7.23
Kesäkuu	8.17
Heinäkuu	8.10
Elokuu	5.61
Syyskuu	3.57
Lokakuu	1.84
Marraskuu	0.60
Joulukuu	0.03
Keskiarvo	4.06

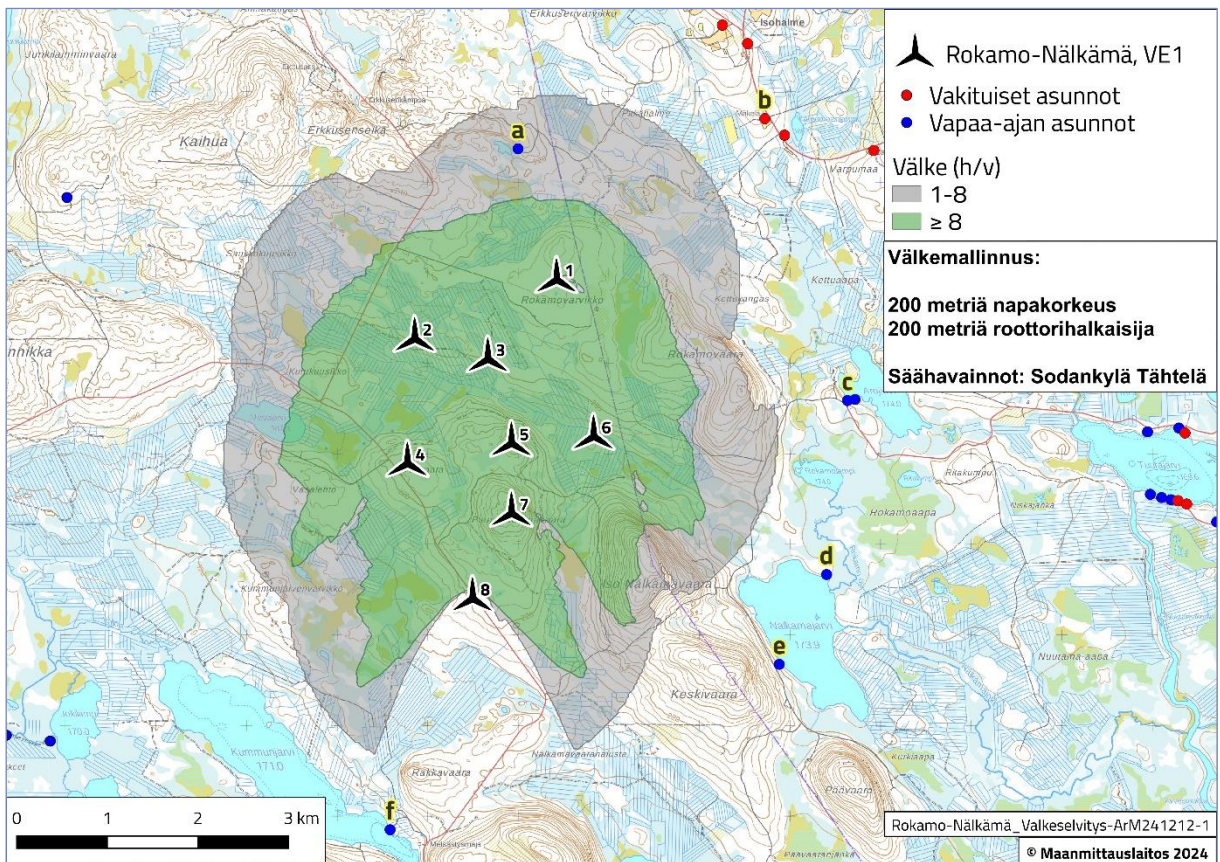
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	528
Pohjoiskoillinen	473
Itäkoillinen	470
Itä	491
Itäkaakko	599
Eteläkaakko	696
Etelä	789
Etelälounas	1161
Länsilounas	1060
Länsi	642
Länsiluode	534
Pohjoisluode	568
Summa	8011

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 mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) 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 ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

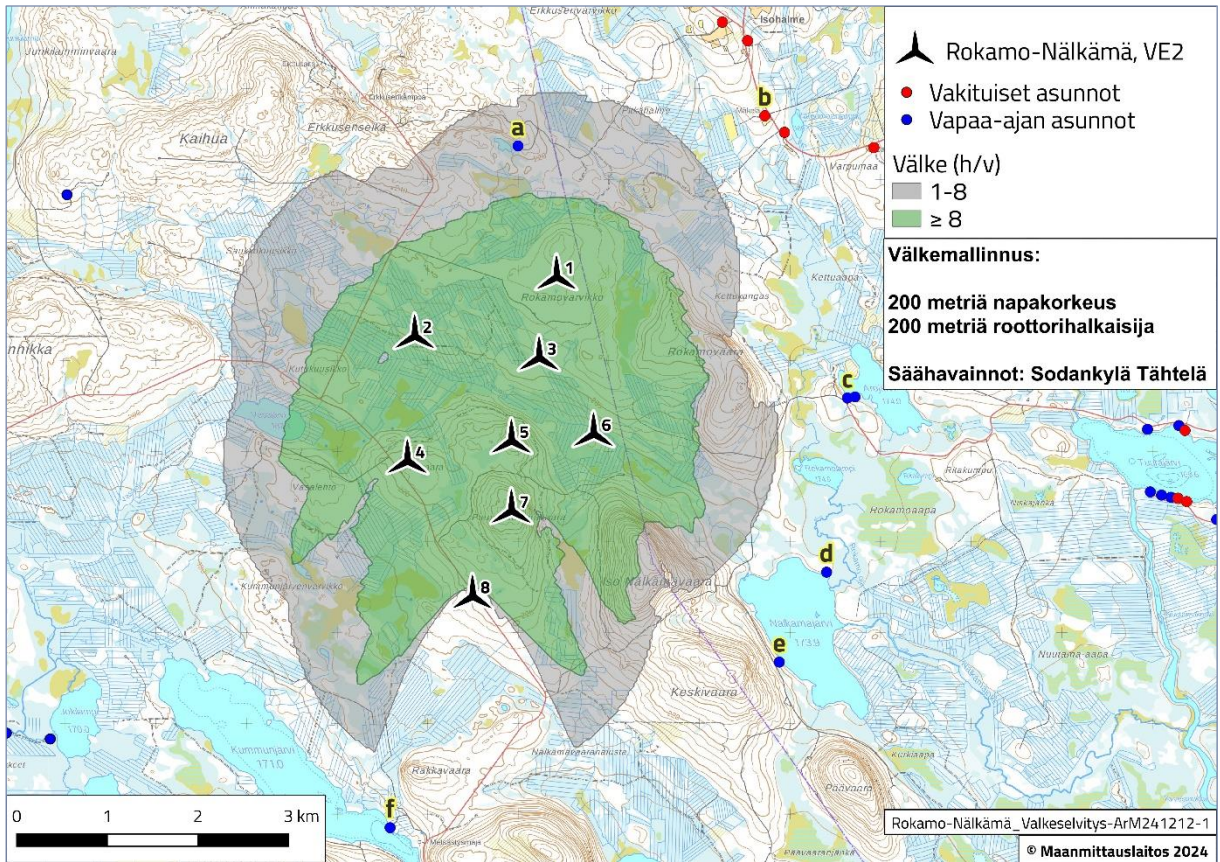
Laskennassa on tarkasteltu välkettä myös yksittäisissä havainnointipisteissä. Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Rokamo-Nälkämä (VE1). Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

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	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:21	0:32	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	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 mallinnuksessa puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 6.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

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

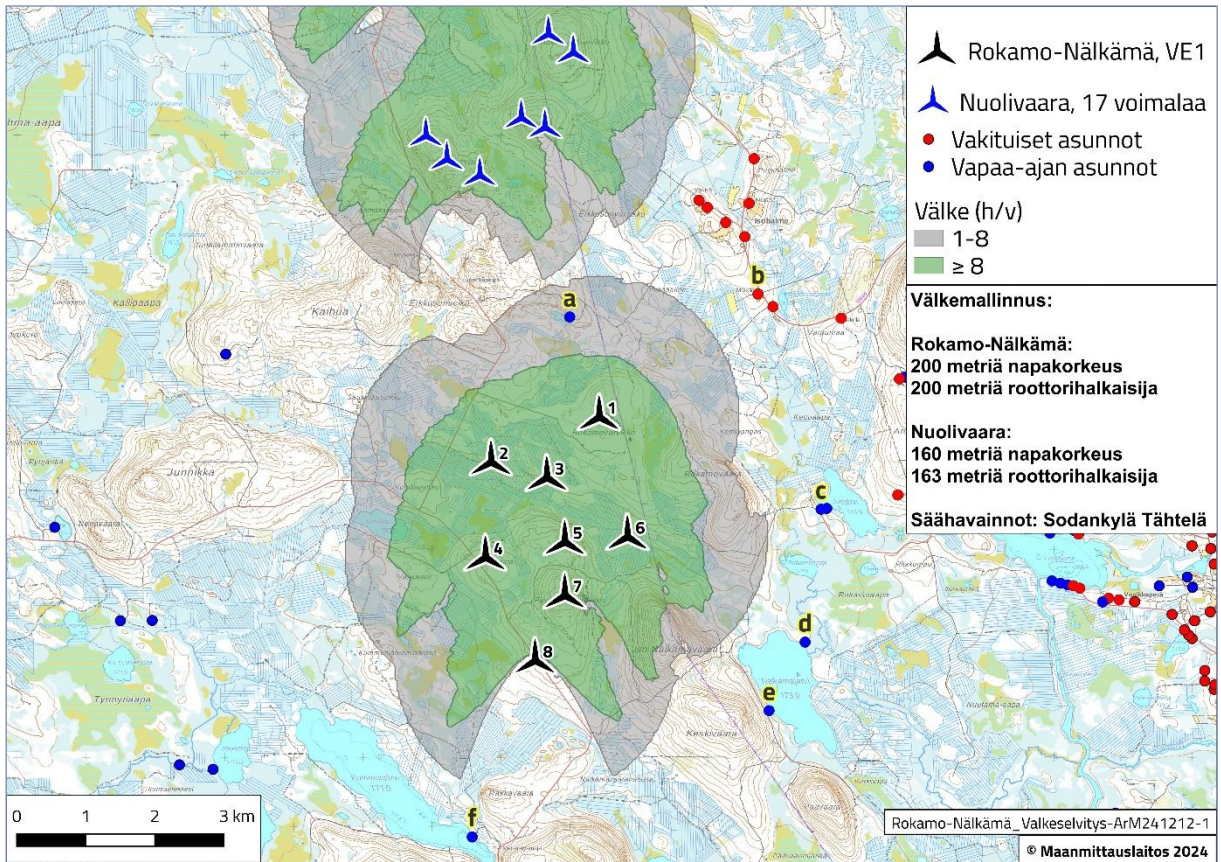
Taulukko 6. Varjovälkelaskennan tulokset, Rokamo-Nälkämä (VE2). Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

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	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:20	0:33	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3 YHTEISVAIKUTUSTEN MALLINNUS

4.3.1 VAIHTOEHDON VE1 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Rokamo-Nälkämän ja naapuripuisto Nuolivaaran yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Rokamo-Nälkämän 8 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Rokamo-Nälkämän mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on myös mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorihalkaisija 163 metriä. Naapurihankkeen tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 4. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 7.

Vihreän alueen ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Ruotsissa ja Saksassa annettua maksimisuositusta kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

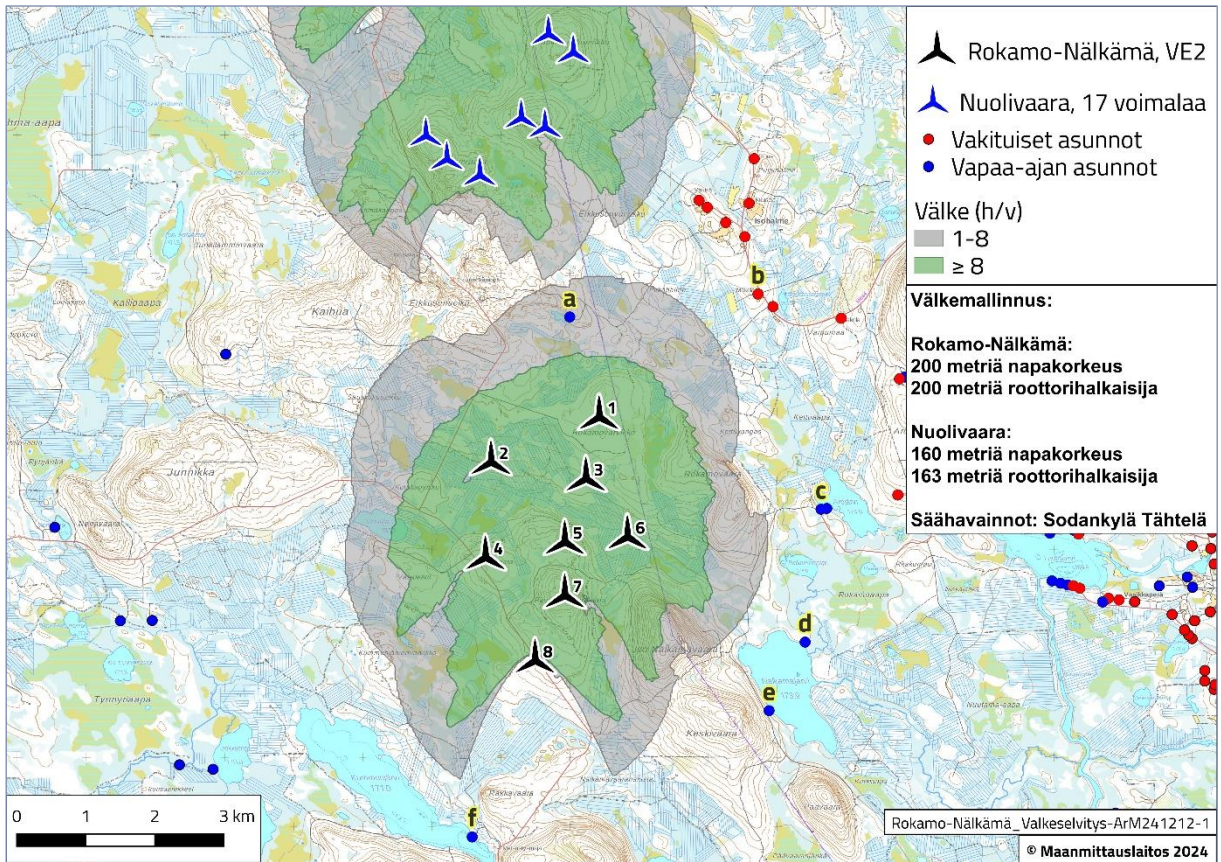
Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuisto huomioiden on raportoitu 6 havainnointipisteen osalta taulukossa 7.

Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, VE1 yhteisvaikutukset. Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

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	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:21	0:32	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.3.2 VAIHTOEHDON VE2 VÄLKEVAIKUTUKSET

Seuraavassa kuvassa on esitetty Rokamo-Nälkämän ja naapuripuisto Nuolivaaran yhteisvaikutusten tulokset. Välkemallinnuksessa on käytetty Rokamo-Nälkämän 8 voimalan sijoitussuunnitelmaa. Rokamo-Nälkämän mallinnus on toteutettu voimalalla, jonka napakorkeus on 200 metriä ja roottorihalkaisija 200 metriä. Nuolivaara (17 voimalaa) on myös mallinnettu voimalalla, jonka napakorkeus on 160 metriä ja roottorihalkaisija 163 metriä. Naapurihankkeen tiedot löytyvät liitteestä 1.



Kuva 5. Varjovälkkeen muodostuminen Rokamo-Nälkämän alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-f) 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 ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ei ylitetä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 minuuttia päivässä ylitetään yhdessä havainnointipisteessä.

Varjovälkelaskennan tulokset naapuripuisto huomioiden on raportoitu 6 havainnointipisteen osalta taulukossa 8.

Taulukko 8. Varjovälkelaskennan tulokset, VE2 yhteisvaikutukset. Suositusarvojen ylitys "Osittain" tarkoittaa tilannetta, jossa pelkästään teoreettisen maksimitilanteen vertailuarvoja ylitetään.

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	Vapaa-ajan asunto	539997	7411368	2:17	20:20	0:33	Osittain
b	Vakituinen asunto	542721	7411700	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	543633	7408589	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	543403	7406667	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	542881	7405676	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	538585	7403850	0:00	0:00	0:00	Ei

4.4 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 voimat pyörivät ja tuottavat sähköä, vaikuttaa merkittävästi välkkeen syntymiseen. Käyttöasteen pienentyessä saattaa välke yksittäisessä pisteessä vähentyä. Myös epävarmuus oletetuissa tuulensuunnissa voi vaikuttaa laskentatulokseen.

Yhteisvaikutusten välkemallinnuksessa (luku 4.3) ei otettu huomioon korkean kasvillisuuden mahdollista suojavaikutusta. Avoimilla alueilla sijaitseville rakennuksille välkemäärät ovat tässä mallinnuksessa samanlaiset, kuin mallinnettaessa kasvillisuuden kanssa. Rakennukset, jotka sijaitsevat lähellä metsäalueita, kokevat todellisuudessa vähemmän välkettä, kuin mallinnuksessa, koska metsä rajoittaa välkkeen syntymistä.

4.5 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

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

Etha Wind (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

Voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 9. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE1 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	540420	7409928	200/200/300
2	538854	7409276	200/200/300
3	539661	7409051	200/200/300
4	538774	7407899	200/200/300
5	539922	7408121	200/200/300
6	540829	7408196	200/200/300
7	539922	7407349	200/200/300
8	539492	7406406	200/200/300

Taulukko 10. Rokamo-Nälkämän voimaloiden sijaintitiedot, VE2 (8 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	540420	7409928	200/200/300
2	538854	7409276	200/200/300
3	540228	7409036	200/200/300
4	538774	7407899	200/200/300
5	539922	7408121	200/200/300
6	540829	7408196	200/200/300
7	539922	7407349	200/200/300
8	539492	7406406	200/200/300

Taulukko 11. Nuolivaaran voimaloiden sijaintitiedot (17 voimalaa).

Voimalan ID	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	537832	7418926	160/163/241,5
2	538576	7418493	160/163/241,5
3	537883	7418369	160/163/241,5
4	538100	7417762	160/163/241,5
5	537523	7418361	160/163/241,5
6	537411	7417374	160/163/241,5
7	537303	7416484	160/163/241,5
8	538713	7417702	160/163/241,5
9	537409	7415920	160/163/241,5
10	537912	7413993	160/163/241,5
11	538692	7413422	160/163/241,5
12	538215	7413653	160/163/241,5
13	540046	7415195	160/163/241,5
14	539053	7415897	160/163/241,5
15	539685	7415463	160/163/241,5
16	539292	7414253	160/163/241,5
17	539636	7414115	160/163/241,5