



ETHA WIND



VÄLKESELVITYS

Savolan Tuulipuisto, 07.10.2022

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO	2
2	TAUSTA.....	3
3	VARJOVÄLKKEEN MUODOSTUMINEN	4
3.1	Ohje- ja raja-arvot.....	4
3.2	Varjovälkkeen lähtötiedot ja menetelmät	5
4	VÄLKEVAIKUTUKSET	8
4.1	Savolan välkevaikutukset.....	8
4.2	Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät	10
4.3	Haittojen ehkäiseminen ja seuranta	10
5	LÄHTEET	11
	Liite 1: Sijoitussuunnitelma	12

VERSIOHISTORIA

Versio	Tekijä, päivämäärä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1	Nina Nurmela, 2022-10-07	Alexander Ehres	Alexander Ehres	Savolan tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 YHTEENVETO

Tehtävä:

Välkeselvitys Savolan tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät:

Välkeselvitykseen on kerätty ajantasaista tietoa tuulivoimaloiden varjon välkkeen ominaispiirteistä, välkkeen ohjearvoista, paikallisista olosuhteista sekä mallinnusmenetelmistä. Pääasiallisena laskentatyökaluna on käytetty WindPRO Ver3.5 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 Savolan tuulivoimapuiston havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositus 30 h/v ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusta 30 min/pv ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä.

Kohtuuton haitta varjovälkkeestä pystytään ehkäisemään pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimalat kriittiseksi ajaksi. Voimalat 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
> 10 h/v, todellinen tilanne	0
> 8 h/v, todellinen tilanne	0
> 30 h/v, teoreettinen maksimi	1
> 30 min/pv, teoreettinen maksimi	0

2 TAUSTA

Tämä välkeselvitys on tehty Savolan tuulivoimapuistolle Lapinlahden kunnan alueella. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan 5 voimalan laajuinen. Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 170 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 250 metriä.

Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.5 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). 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 määriteltä väлкеvaikutukselle 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, mutta niitä ei ole laskennassa otettu huomioon eli todellisuudessa välkettä on paikoittain vähemmän kuin mallinnuksessa.

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 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 häiritsevän voimakkaita liikkuvia varjoja.

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

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Kuopion säähavaintoja. Kuopion havaintoasema sijaitsee noin 35 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	Kuopion sääaseman havainnot, Ilmatieteen laitos (taulukko 3)
Toiminta-aika	Laskettu tuulisuustietojen perusteella (taulukko 4)
Asuntojen asetus	Kasvihuone-asetus
Mallinnus	Välkemannus vakiintuneen menetelmän mukaisesti (LAI 2002)
Lapaparametrit	Voimalavalmistajien lapaparametrit 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	0,90
Helmikuu	2,32
Maaliskuu	3,90
Huhtikuu	6,47
Toukokuu	8,19
Kesäkuu	8,60
Heinäkuu	8,74
Elokuu	6,55
Syyskuu	3,87
Lokakuu	1,84
Marraskuu	0,73
Joulukuu	0,39
Keskiarvo	4,38

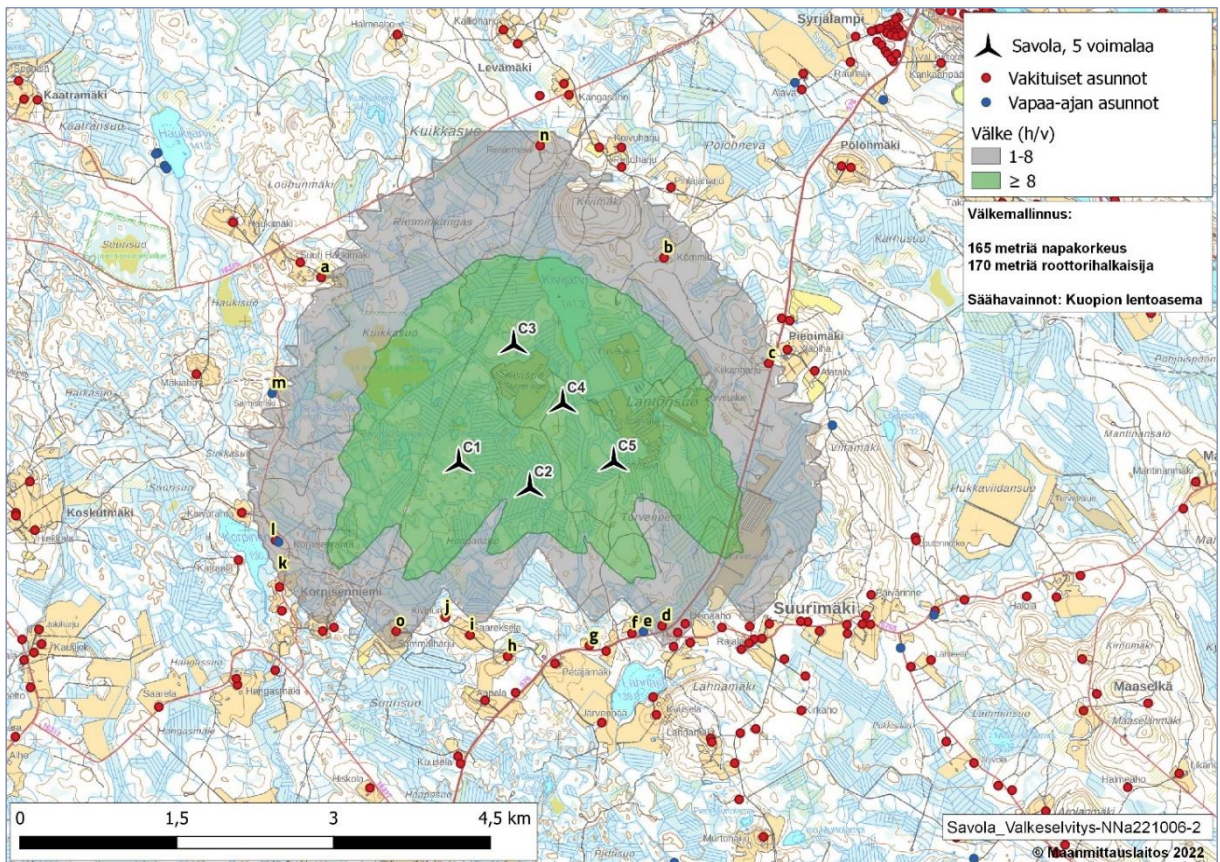
Taulukko 4. Tuulivoimaloiden toiminta-aika

Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	580
Pohjoiskoillinen	482
Itäkoillinen	481
Itä	462
Itäkaakko	493
Eteläkaakko	711
Etelä	957
Etelälounas	1056
Länsilounas	850
Länsi	697
Länsiluode	627
Pohjoisluode	623
Summa	8019

4 VÄLKEVAIKUTUKSET

4.1 SAVOLAN 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 Savolan alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-o) 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 ylitetään yhdessä havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen suositusta 30 min/pv ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä.

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

Taulukko 5. Varjovälkelaskennan tulokset, Savola

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	532728	7022419	0:51	5:46	0:21	Ei
b	Vakituinen asunto	536008	7022605	3:33	34:11	0:25	Osittain*
c	Vakituinen asunto	537009	7021598	1:55	12:47	0:23	Ei
d	Vakituinen asunto	535989	7019088	3:27	13:52	0:23	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	535813	7019034	0:03	0:15	0:02	Ei
f	Vakituinen asunto	535701	7019016	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vakituinen asunto	535295	7018899	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	534513	7018796	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	534153	7018999	0:00	0:00	0:00	Ei
j	Vakituinen asunto	533917	7019171	0:00	0:00	0:00	Ei
k	Vapaa-ajan asunto	532321	7019890	2:17	9:35	0:22	Ei
l	Vakituinen asunto	532291	7019906	2:11	9:10	0:22	Ei
m	Vapaa-ajan asunto	532259	7021311	0:55	6:20	0:22	Ei
n	Vakituinen asunto	534823	7023678	1:21	19:11	0:23	Ei
o	Vakituinen asunto	533446	7019036	3:34	14:15	0:23	Ei

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

4.2 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.

4.3 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).

Tämän välkeselvityksen perusteella Savolan tuulivoimaloiden muodostama varjovälke ei aiheuta kohtuutonta haittaa alueen loma- tai vakituisille asunnoille. Näin ollen välkkeen hallintajärjestelmälle ei nähdä tarvetta Savolan tuulivoimaloiden osalta.

5 LÄHTEET

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

Etha Wind Oy (2019). *02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev12* 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 olevassa taulukossa.

Taulukko 6. Savolan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen (ETRS-TM35-FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35-FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
C1	534043	7020675	165/170/250
C2	534723	7020443	165/170/250
C3	534569	7021810	165/170/250
C4	535038	7021246	165/170/250
C5	535526	7020691	165/170/250