VÄLKESELVITYS

TUULIVOIMAPUISTO KESONMÄKI

Etha Wind Oy
Kirkkopuistikko 4, 65100 Vaasa
FINLAND

Phone +358 44 3809 237
Fax +358 50 7800 0744
www.ethawind.com

VAT REG FI 17900187

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 Kesonmäen välkevaikutukset....7
4.2 Kesonmäen ja Hankilannevan yhteisvaikutukset....8
4.3 Vaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät 10
4.4 Haittojen ehkäiseminen ja seuranta 10
5 Lähteet....10
Liite 1: Sijoitussuunnitelma....11
Liite 2: Vaihtoehtoisen voimalamallin välkemallinnus 12

Versiohistoria

Versio, päivämäärä	Tekijä	Tarkastettu	Hyväksytty	Tiivistelmä
Ver 1, 2019-01-18	ArM	TLa	TLa	Kesonmäen tuulivoimapuiston välkeselvitys.

1 Yhteenveto

Tehtävä: Välkeselvitys Kesonmäen tuulivoimapuiston vaikutusalueella.

Työmenetelmät: Välkeselvitykseen 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: Ruotsissa ja Saksassa annettua suositusta enintään kahdeksan tunnin vuotuisesta varjon välkkeestä ei ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä. Teoreettisen maksimitilanteen mallinnuksessa suosituksia (30 h/v ja 30 min/p) ei myöskään ylitetä yhdessäkään havainnointipisteessä.

2 Tausta

Tämä välkemallinnus on tehty Kesonmäen alueelle suunnitellulle tuulivoimapuistolle Haapavedellä. Suunniteltu tuulivoimapuisto on kokonaisuudessaan seitsemän voimalan laajuinen. Mallinnuksessa on käytetty tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelmaa L3.1 (katso liite 1). Välkemallinnus on tehty voimalalla, jonka napakorkeus on 172.5 metriä ja roottorin halkaisija 175 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 260 metriä. Kyseinen voimala on valittu maksimivaikutusten arvioimiseksi.

Myös yhteisvaikutukset Hankilannenva kaavoitetun tuulivoimapuiston kanssa on mallinnettu. Hankilannevalla, Haapaveden alueella on käytetty voimalaa, jonka napakorkeus on 170 metriä ja roottorin halkaisija 160 metriä, jolloin kokonaiskorkeus on 250 metriä.

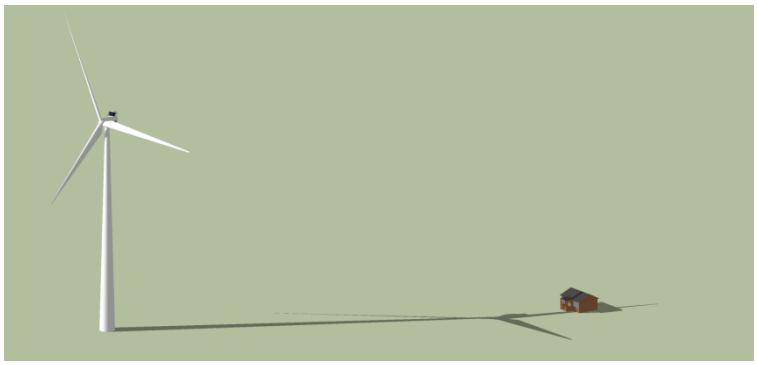
Välkeselvitys on tehty WindPRO 3.2 ohjelmiston SHADOW-moduulia käyttäen. Tulosten arvioinnissa on käytetty Saksan ja Ruotsin suositusarvoja (LAI, 2002; Boverket, 2009). Etha Wind Oy on tarkistanut lähtötietojen oikeellisuuden ja vastaa siitä, että laskenta on oikein suoritettu.

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 välkelähteeseen.

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

Suomessa ei ole määritelty välkevaikutukselle raja-arvoja tai suosituksia. Saksassa ja Ruotsissa on tuulivoimapuistojen viereiselle asutukselle annettu suositusarvo enintään kahdeksan tuntia välkettä vuodessa (nk. todellinen tilanne, jossa huomioidaan auringonpaisteajat ja tuuliolosuhteet) ja 30 minuuttia päivässä sekä 30 tuntia vuodessa (teoreettisessa maksimitilanteessa). Välkeselvityksen tuloksia on verrattu edellä mainittuihin suositusarvoihin. Tanskassa sovelletaan yleensä kymmenen tunnin vuotuisen välkkeen raja-arvoa todellisessa tilanteessa.

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 mitattuja mastomittaustietoja.

Maastotietokantana käytettiin Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia ja säähavaintotietoina käytettiin Oulun lentokentän säähavaintoja. Oulun lentokenttä sijaitsee noin 102 kilometrin päässä suunnitellusta tuulivoimapuistoalueesta. Laskelmissa oletetaan, että tuulivoimaloiden roottorit pyörivät vain tuulennopeuden ollessa sopiva. Varjovälkettä tarkasteltiin 1,5 metrin korkeudelta eli suunnilleen ihmisen havainnointikorkeudelta. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat sekä tuulivoimaloiden toiminta-aika on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 1. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaisteajat, Oulun lentokenttä

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 2.Tuulivoimaloiden toiminta-aika

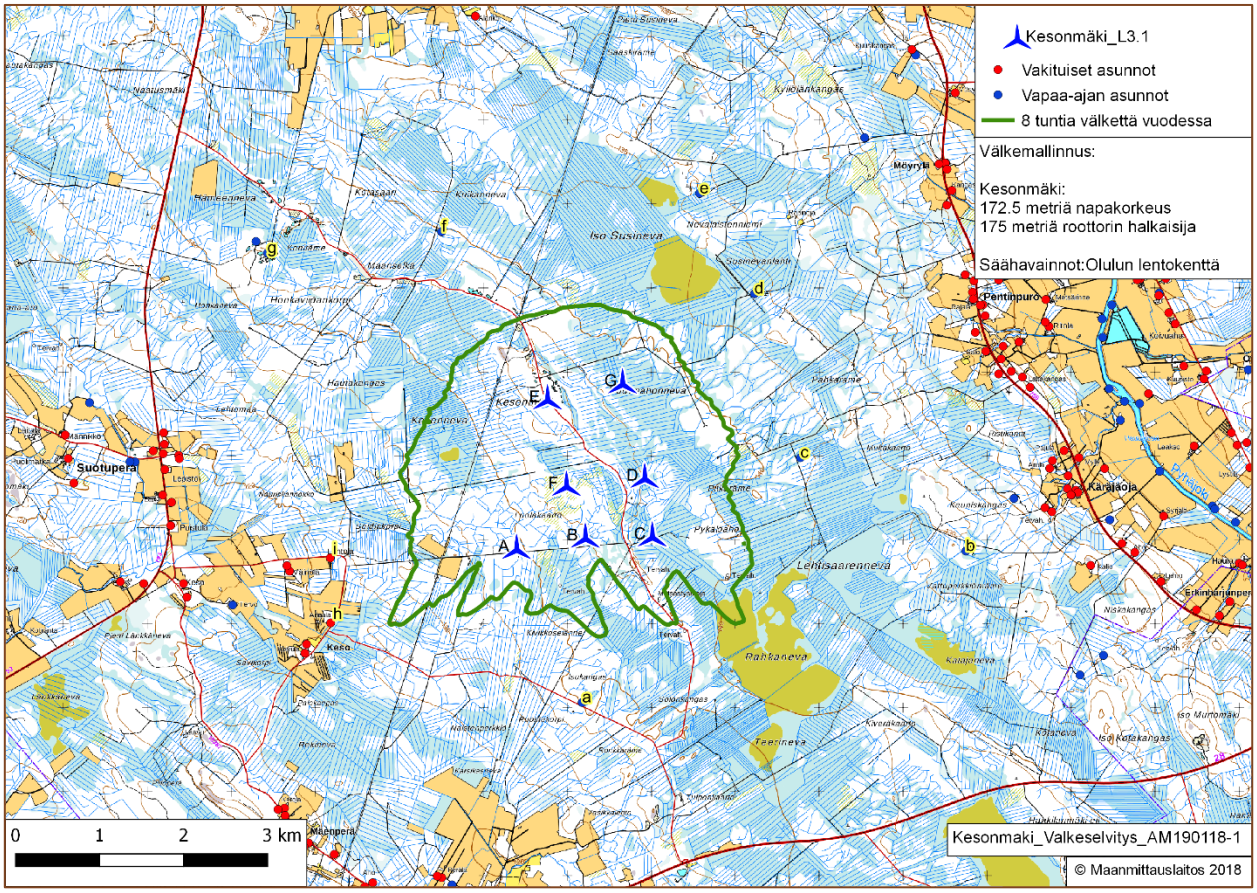
Tuulensuunta	Toiminta-aika (h/v)
Pohjoinen	587
Pohjoiskoillinen	392
Itäkoillinen	359
Itä	390
Itäkaakko	668
Eteläkaakko	862
Etelä	1123
Etelälounas	1084
Länsilounas	866
Länsi	675
Länsiluode	581
Pohjoisluode	474
Summa	8061

4 Välkevaikutukset

Välkemallinnukset on suoritettu LAI 2002 mukaisesti, ottaen huomioon voimalan lapojen keskimääräiset leveydet, joiden avulla lasketaan maksimitarkasteluetäisyys voimaloista. Maksimitarkasteluetäisyys määritetään siten, että havainnointipisteessä voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta.

4.1 Kesonmäen välkevaikutukset

Seuraavassa kuvassa on välkemallinnuksen tulokset esitettynä visuaalisesti ja sen jälkeen tuloksia on selostettu yksityiskohtaisesti sanallisesti.



Kuva 2. Varjovälkkeen muodostuminen Kesonmäen alueella. Havainnointipisteet on merkitty kuvaan (a-i) ja niiden välketasot on esitetty taulukossa 3.

Vihreän linjan ulkopuolella varjovälkettä esiintyy vuodessa alle kahdeksan tuntia. Kahdeksan tunnin vuotuinen välkeaika ei ylity yhdessäkään havainnointipisteessä.

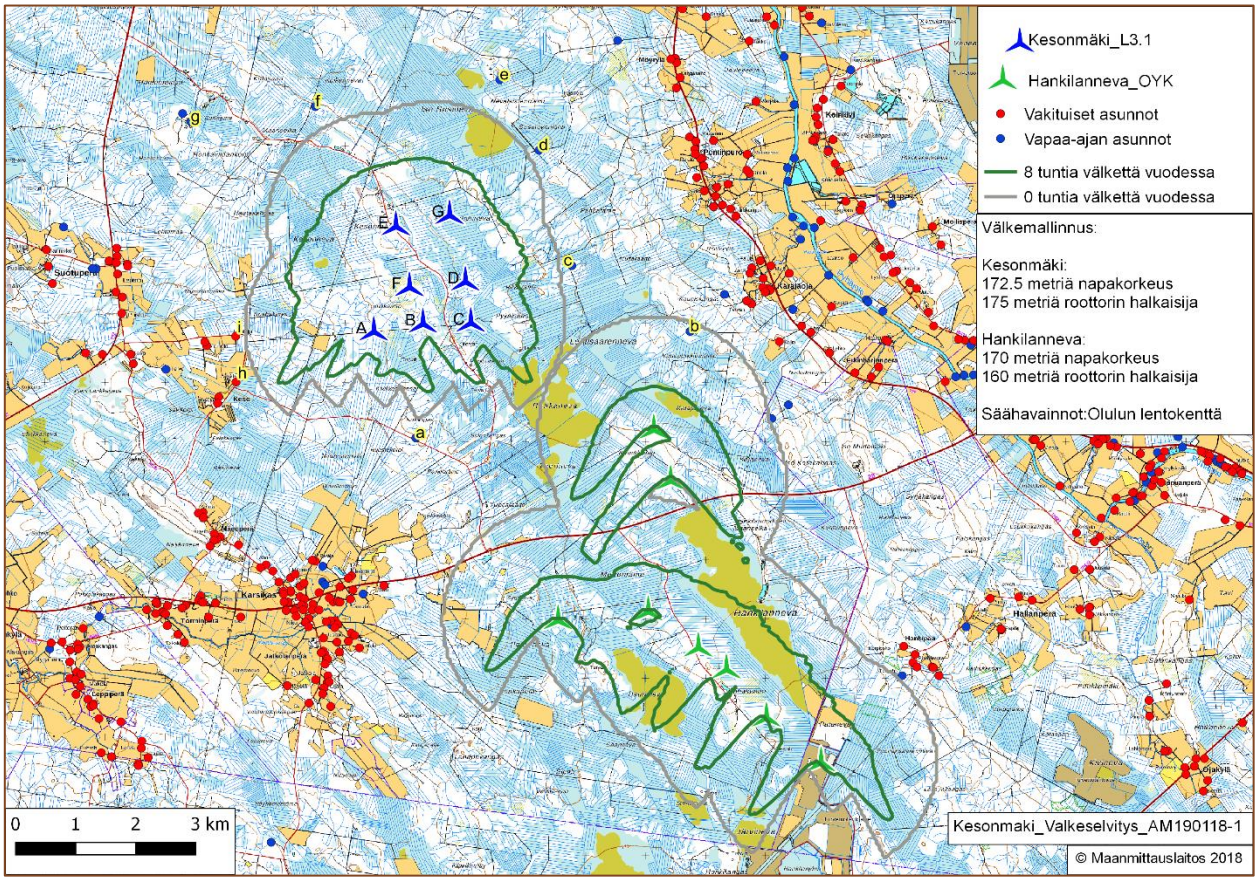
Seuraavassa taulukossa on laskennasta saadut tulokset havainnointipisteille.

Taulukko 3. Varjovälkelaskennan tulokset, Kesonmäki

Havainnointi -piste	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-arvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	422175	7096059	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	426746	7097862	0:00	0:00	0:00	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	424775	7098974	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	424227	7100927	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	423574	7102120	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	420501	7101663	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	418427	7101410	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	419180	7097006	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	419176	7097781	0:00	0:00	0:00	Ei

4.2 Kesonmäen ja Hankilannevan yhteisvaikutukset

Seuraavassa kuvassa on Kesonmäen ja Hankilannevan voimaloiden välkemallinnuksen yhteisvaikutusten tulokset. Kartalta voidaan havaita, että alueilta muodostuvan varjovälkkeen yhteisvaikutukset eivät ole merkittävät eikä havainnointipisteissä ylitetä kahdeksan tunnin vuotuista välkeaikaa.



Kuva 3. Varjovälkkeen muodostuminen Kesonmäen alueella, kun myös Hankilannevan voimalat on otettu huomioon.

Taulukko 4. Varjovälkelaskennan tulokset, Kesonmäki ja Hankilanneva

Havainnointi -piste	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-arvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	422175	7096059	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	426746	7097862	1:07	12:50	0:23	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	424775	7098974	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	424227	7100927	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	423574	7102120	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	420501	7101663	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	418427	7101410	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	419180	7097006	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	419176	7097781	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.

Mallinnus tehtiin ilman kasvillisuuden huomioimista, jolloin kasvillisuuden vaikutus tulokseen on epävarmaa. 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.

Mallinnuksessa on käytetty nk. kasvihuone-asetusta, eli välkettä lasketaan havaittavaksi aina, kun välkealue osuu rakennuksen kohdalle. Todellisuudessa välkettä esiintyy ainoastaan ikkunallisissa huoneissa, jotka ovat tuulivoimaloiden suuntaan.

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 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.

5 Lähteet

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 (2017). *02-Flicker and ZVI-CGYK150227-1-Rev8.* Internal work description.

Liite 1: Sijoitussuunnitelma

Tämä laskenta perustuu rakennuslupavaiheen sijoitussuunnitelmaan (7 voimalaa). Kesonmäen voimaloiden sijainnit on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 5. Kesonmäen voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
A	421193	7097921	172.5/175/260
B	422012	7098054	172.5/175/260
C	422809	7098069	172.5/175/260
D	422719	7098766	172.5/175/260
E	421561	7099701	172.5/175/260
F	421787	7098672	172.5/175/260
G	422455	7099891	172.5/175/260

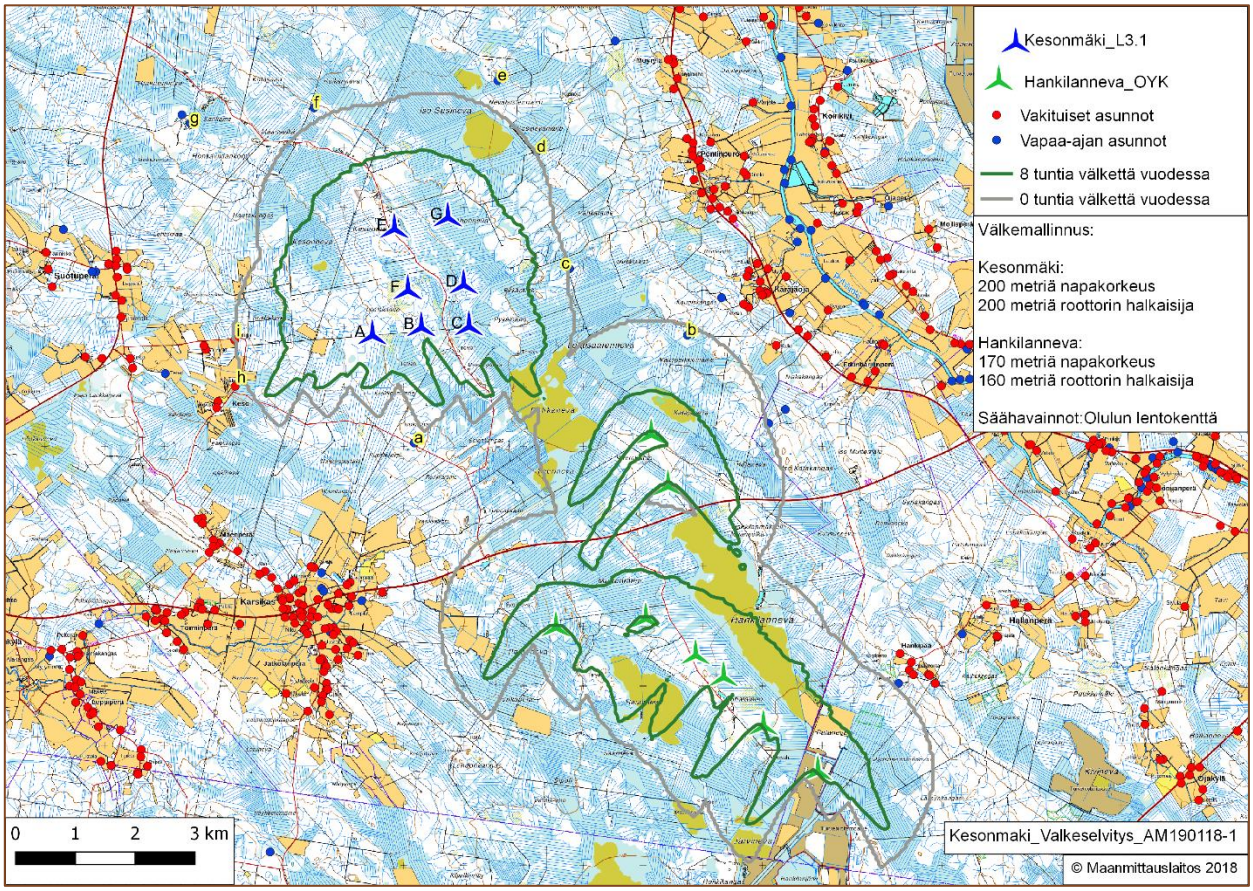
Taulukko 6. Hankilannevan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	428928	7090559	170/160/250
2	427351	7092133	170/160/250
3	428018	7091318	170/160/250
4	426883	7092500	170/160/250
5	426049	7093114	170/160/250
6	424547	7092965	170/160/250
7	426422	7095328	170/160/250
8	426141	7096191	170/160/250

Liite 2: Vaihtoehtoisen voimalamallin välkemallinnus

Selvitykseen sisällyttiin välkemallinnus tulevaisuuden entistä suurempia voimalamalleja silmällä pitäen. Mallinnuksessa on käytetty voimalaa, jonka roottorin halkaisija on 200 metriä, napakorkeus on 200 metriä ja kokonaiskorkeus 300 metriä. Voimalan ominaisuudet ovat arvioita, jotka perustuvat tällä hetkellä markkinoilla oleviin voimaloihin.

Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu Kesonmäen vaihtoehtoisen voimalamallin ja Hankilannevan voimaloiden välkemallinnuksen yhteisvaikutuksia ja taulukossa 7 tulokset on raportoitu havainnointipisteissä. Tuloksista havaitaan, että välkkeen suositusarvoja ei ylitetä vaikka voimalan kokonaiskorkeus Kesonmäellä olisi 300 metriä.



Kuva 4. Varjoväkkeen muodostuminen Kesonmäen alueella, kun myös Hankilannevan voimalat on otettu huomioon.

Taulukko 7. Varjovälkelaskennan tulokset, Kesonmäen vaihtoehtoiset voimalat ja Hankilanneva

Havain-nointi-piste	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-arvojen ylitys
a	Vapaa-ajan asunto	422175	7096059	0:00	0:00	0:00	Ei
b	Vapaa-ajan asunto	426746	7097862	1:08	12:50	0:23	Ei
c	Vapaa-ajan asunto	424775	7098974	0:00	0:00	0:00	Ei
d	Vapaa-ajan asunto	424227	7100927	0:00	0:00	0:00	Ei
e	Vapaa-ajan asunto	423574	7102120	0:00	0:00	0:00	Ei
f	Vapaa-ajan asunto	420501	7101663	0:00	0:00	0:00	Ei
g	Vapaa-ajan asunto	418427	7101410	0:00	0:00	0:00	Ei
h	Vakituinen asunto	419180	7097006	0:00	0:00	0:00	Ei
i	Vakituinen asunto	419176	7097781	0:00	0:00	0:00	Ei

Taulukko 8. Kesonmäen vaihtoehtoisten voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
A	421193	7097921	200/200/300
B	422012	7098054	200/200/300
C	422809	7098069	200/200/300
D	422719	7098766	200/200/300
E	421561	7099701	200/200/300
F	421787	7098672	200/200/300
G	422455	7099891	200/200/300

Taulukko 9. Hankilannevan voimaloiden sijaintitiedot

Voimala	Itäinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen Koord. (ETRS-TM35FIN)	Napakorkeus / Roottorin halkaisija / Kokonaiskorkeus (m)
1	428928	7090559	170/160/250
2	427351	7092133	170/160/250
3	428018	7091318	170/160/250
4	426883	7092500	170/160/250
5	426049	7093114	170/160/250
6	424547	7092965	170/160/250
7	426422	7095328	170/160/250
8	426141	7096191	170/160/250