



Asiakas: PROKON Wind Energy Finland Oy

Projekti: Alavieskan Hangaskurunkankaan tuulivoimapuiston väikeselvitys

Projektinumero: 101012920-001

Raportti

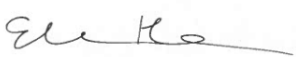
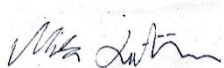
 Laatiija
 Mika Laitinen

 Päivämäärä
 27.4.2023
 Projektinumero
 101012920-001

 Työnumero
 101012920-001.15

PROKON Wind Energy Finland Oy

Alavieskan Hangaskurunkankaan tuulivoimapuiston välkeselvitys (rev. B)

Versio	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Muistiinpanot
Alkuperäinen	8.9.2021 Elina Heinilä, Välkeasiantuntija 	8.9.2021 Piia Heikkinen, Tuulivoima-asiantuntija 	
Revisio A	31.3.2022 Samu Rinne, Tekninen konsultti 	31.3.2022 Erkki Heikkola, Simulointiasiantuntija 	Päivitetty sisältämään erilliset välkemallinnukset, joissa puuston vaikutus on huomioitu.
Revisio B	12.4.2023 Mika Laitinen, Simulointiasiantuntija 	12.4.2023 Erkki Heikkola, Simulointiasiantuntija 	Voimaloiden koordinaatit muuttuneet

Sisältö

1	Yleistä	4
1.1	Välke	4
1.2	Sovellettavat raja- ja ohjearvot.....	5
2	Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet.....	6
2.1	Arviointimenetelmät	6
2.2	Arvioinnin epävarmuudet	7
3	Vaikutusten arviointi	7
4	Puuston vaikutuksen huomioiminen Hangaskurunkankaan välkevaikutuksissa	10
5	Välkkeen rajoittaminen.....	12
6	Yhteenveto	13
	Kirjallisuusviitteet	13

Esipuhe

Tämä raportti on AFRYn laatima Alavieskan Hangaskurunkankaan tuulipuiston välkeselvitys, jossa on selvitetty tuulipuiston aiheuttaman liikkuvan varjon vaikutukset sen lähiympäristöön. Välkeselvityksessä huomioidaan Alavieskan Hangaskurunkankaaseen suunnitellut yhdeksän tuulivoimalaa.

Raportissa arvioidaan ilmiötä, jossa tuulivoimalan takaa paistaa aurinko, ja voimala aiheuttaa vilkkuvan varjon. Ilmiöstä käytetään tässä raportissa nimitystä välke. Muissa lähteissä näkyy näiden termien lisäksi käytössä termiä varjostus tai varjon vilkunta.

Revisio A:ssa raportti on päivitetty sisältämään myös mallinnukset joissa puuston vaikutus on otettu huomioon teoreettisessa sekä realistisessa skenaariossa. Revisio B:ssä mallinnukset on tehty uudestaan muuttuneille voimalakoordinaateille.

1 Yleistä

Alavieskan kuntaan kehitteillä olevaan Hangaskurunkankaan tuulipuistoon suunnitellaan yhdeksää tuulivoimalaa. Alla olevassa taulukossa on esitetty suunniteltujen yhdeksän voimalan koordinaatit.

Taulukko 1-1. Mallinnuksessa käytetyt Hangaskurunkankaan voimaloiden sijainnit (ETRS-TM35FIN koordinaatistossa).

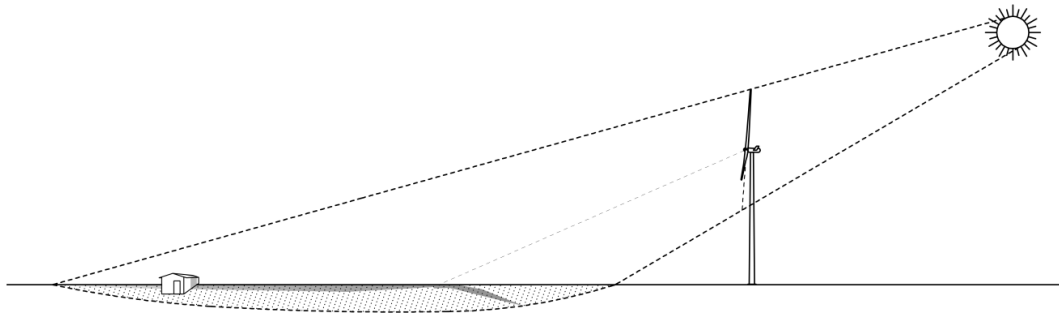
Voimala	Itä- koordinaatti	Pohjois-koordinaatti
	(m)	(m)
HK 1	362925	7116909
HK 2	363880	7115898
HK 3	364350	7115141
HK 4	364851	7116247
HK 5	365316	7115435
HK 6	365790	7114681
HK 7	365140	7113868
HK 8	366307	7114024
HK 9	366091	7113264

Alueen läheisyydessä sijaitsee asuin- ja lomarakennuksia, joihin tuulivoimalat mahdollisesti aiheuttavat välkettä. Tämän raportin tarkoituksena on esittää Hangaskurunkankaan tuulivoimapuiston yhdeksän voimalan välkevaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

Lähin tuulivoimahanke on noin 7 kilometrin päässä Hangaskurunkankaasta, joten välkkeen osalta hankkeella ei ole etäisyydestä johtuen yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa.

1.1 Välke

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 1–3 kilometrin päähän. Vilkkun kantama ja kesto riippuvat siitä, missä kulmassa auringon valo osuu lapoihin, lapojen pituudesta ja paksuudesta, tornin korkeudesta, maaston muodoista, ajankohdasta sekä näkyvyyttä vähentävistä tekijöistä kuten kasvillisuudesta ja pilvisyydestä. Tuulivoimapuistojen lähiympäristöön leviävä varjon vilkunta tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai auringonlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama välke saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



Kuva 1-1. Havainnollistus välkkeestä. Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriin lapoihin.

1.2 Sovellettavat raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (Ympäristöministeriö 2016) mukaan Suomessa välkevaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohteiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään vilkuntamääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. Välkevaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Saksassa, Ruotsissa ja Tanskassa käytössä olevia raja-arvoja, ohjeita ja suosituksia.

Ohjeistus Saksassa

Saksassa on annettu yksityiskohtaiset ohjeet välkevaikutuksen raja-arvoista ja mallinnuksesta (WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002). Saksan ohjeistuksessa annetaan kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulipuistosta syntyvälle välkevaikutukselle:

- korkeintaan 30 tuntia vuodessa niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- korkeintaan 30 minuuttia päivässä niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- mikäli voimalan automaattinen säätely on käytössä, niin sanottu realistinen välkevaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ohjeistus Ruotsissa

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja välkevaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (Vindlov 2015), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen välkevaikutus saa suositusten mukaan olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Viimeaikaisten oikeuden päätösten mukaan Ruotsissa 8 tunnin vuosittainen realistisen välkevaikutuksen ohje-arvo on muodostunut oikeuden päätöksissä sitovaksi.

Ohjeistus Tanskassa

Tanskassa on suositus (Danish Government), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

2 Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet

2.1 Arviointimenetelmät

Tuulivoimapuiston aiheuttaman välkkeen vaikutuksia arvioitiin laskennallisin menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä windPRO 3.6 -ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulivoimapuistoa ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- Hangaskurunkankaan yhdeksän voimalan sijoitussuunnitelma (Taulukko 1-1)
- Voimaloiden napakorkeus 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä (kokonaiskorkeus 300 metriä)
- Asiakkaan toimittama lapaprofiili

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma ja päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman välkkeen yhteisvaikutuksen, tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin halkaisija ja lapaprofiili), maaston korkeuskäyrät ja valitut laskentaparametrit (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1. WindPRO-ohjelmiston SHADOW-mallinnuksessa sovelletut laskentaparametrit.

Laskennan aikaresoluutio	1 minuutti
Laskentasäde tuulivoimalan ympärillä	Etäisyys, jolla vähintään 20 prosenttia auringosta on tuulivoimalan lavan peittämä huomioidulla minimikulmalla. Laskentasäde tarkasteltaville voimaloille on 2034 m.
Auringon korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma	3 astetta (Mikäli auringonpaistekulma on alle 3 astetta, auringon valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)
Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen	Huomioitu Välkettä ei voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, mikäli maaston korkeusvaihtelut estäisivät näköyhteyden tuulivoimalaan 1.5 m havaintokorkeudella.
Puuston vaikutus näkemiseen	Huomioitu vain kappaleessa 4. esitetyissä mallinuksissa. Kappaleen 3. alkuperäisessä vaikutusten arvioinnissa välkettä voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, vaikka puusto estäisi näköyhteyden tuulivoimalaan. Tässä revisioon lisätyssä kappaleessa 4. mallinuksissa on huomioitu puusto.

Määritellyillä laskentaparametreilla sekä oletuksella, että voimalan roottorin oletetaan pyörivän jatkuvasti ja olevan kohtisuorassa auringonsäteitä vastaan, saadaan arvio aiheutuvasta välkkeen teoreettisesta maksimimäärästä.

Laskentamenetelmä ei automaattisesti huomioi välkkeeseen vaikuttavia ylimääräisiä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin parempi kuva odotettavissa olevasta välkkeen todellisesta määrästä, on laskettu myös realistinen arvio välkkeen määrästä. Realistinen arvio ottaa huomioon paikallisen tuulijakauman sekä auringonpaistehavainnot (verrannollinen

alueen leveyspiiriin ja pilvisyyshavaintoihin). Tuulennopeusjakaumasta saadaan laskettua osuus ajasta, jolloin voimala ei pyöri, koska tuulennopeus on joko liian alhainen tai liian korkea suhteessa voimalatyyppin käyntiväliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma sen sijaan vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja edelleen mallinnuksen laskentasäteeseen valittujen laskentaparametrien mukaisesti (Taulukko 2-1). Tuulensuuntajakauma ja tuotantoaika on saatu EMD-WRF Europe+ (ERA5) –referenssidatasta vuosilta 2001–2021. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilat on saatu Luulajan sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1969–1993. Ruotsissa sijaitsevaa Luulajan sääasemaa on käytetty tässä analyysissä, sillä se sijaitsee suurin piirtein samalla leveyspiirillä Hangaskurunkankaan kanssa. Lisäksi etäisyydet Suomessa sijaitseville auringonpaistetuille mittaavilla sääasemille ovat huomattavasti pidempiä.

Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia loma- tai asuinrakennuksia), joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletettiin olevan ”kasvihuonetyyppisiä”, jolloin joka suunnasta tuleva välke otetaan huomioon. Reseptoripisteiden leveys on 2 m, korkeus 2 m ja korkeus maanpinnasta 1,5 m. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 10 kappaletta (nimetty R1–R10).

Välkemallinnuksen tuloksena saadaan välkkeen esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulivoimapuiston sijoitus suunnitelmalle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina sekä reseptoripistekohtaisina numeerisina arvoina.

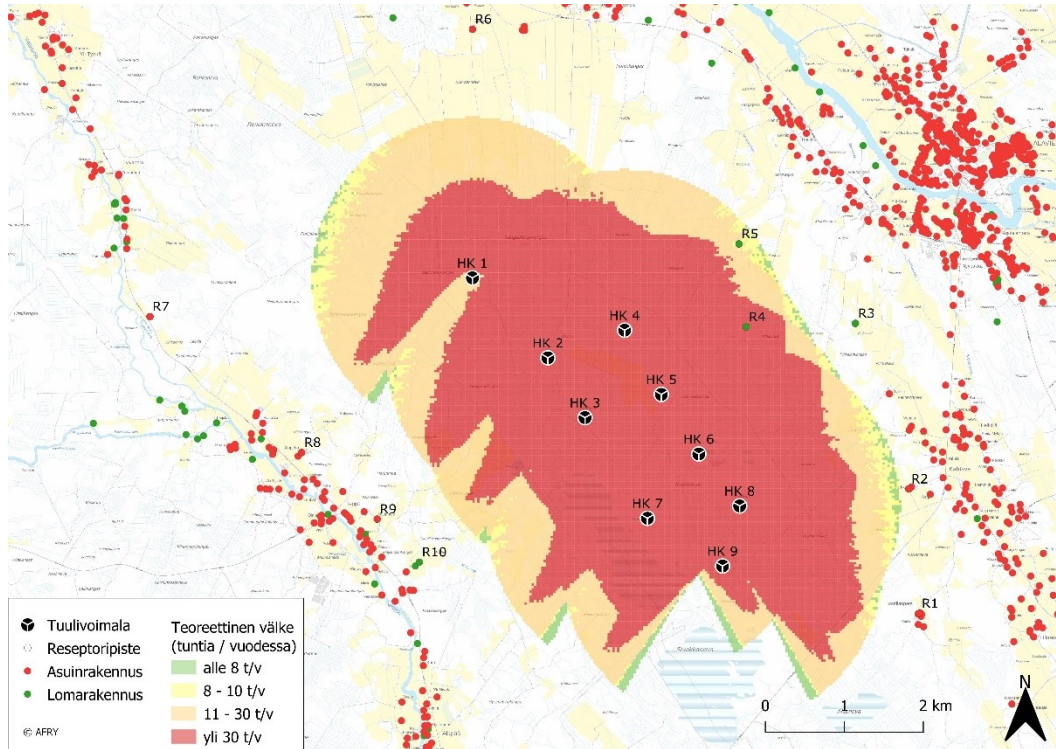
2.2 Arvioinnin epävarmuudet

Välkkeen teoreettista maksimimäärää mallinnettaessa lapojen oletetaan pyörivän jatkuvasti ja roottorin olevan kohtisuorassa aurinkoon nähden aiheuttaen maksimaalisen varjon. Todellisuudessa tuuliturbiineilla on tuulennopeudesta riippuvainen käyntiväli, jolloin liian alhaisilla tai korkeilla tuulennopeuksilla lavat eivät pyöri. Lisäksi roottorin suuntaus määräytyy todellisuudessa havaitun tuulensuunnan perusteella, eikä varjon muodostuminen ole näin ollen aina taattua (lavan on havaitusijasta nähden peitettävä auringosta yli 20 prosenttia, jotta havaittava varjo syntyy). Teoreettinen maksimimäärä edustaa siis selkeästi konservatiivista arviota tuulivoimaloiden aiheuttamasta vilkunnan määrästä.

Referenssidatan mallinnustarkkuus aiheuttaa epävarmuutta realistiseen arvioon tuulennopeus- ja -suuntajakauman käytön vuoksi. Auringonpaistehavaintojen käyttö lisää myös hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Luulajan sääasemalle on noin 186 kilometriä. Mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta välkkeen havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen välkkeen määrä yliarvioidaan.

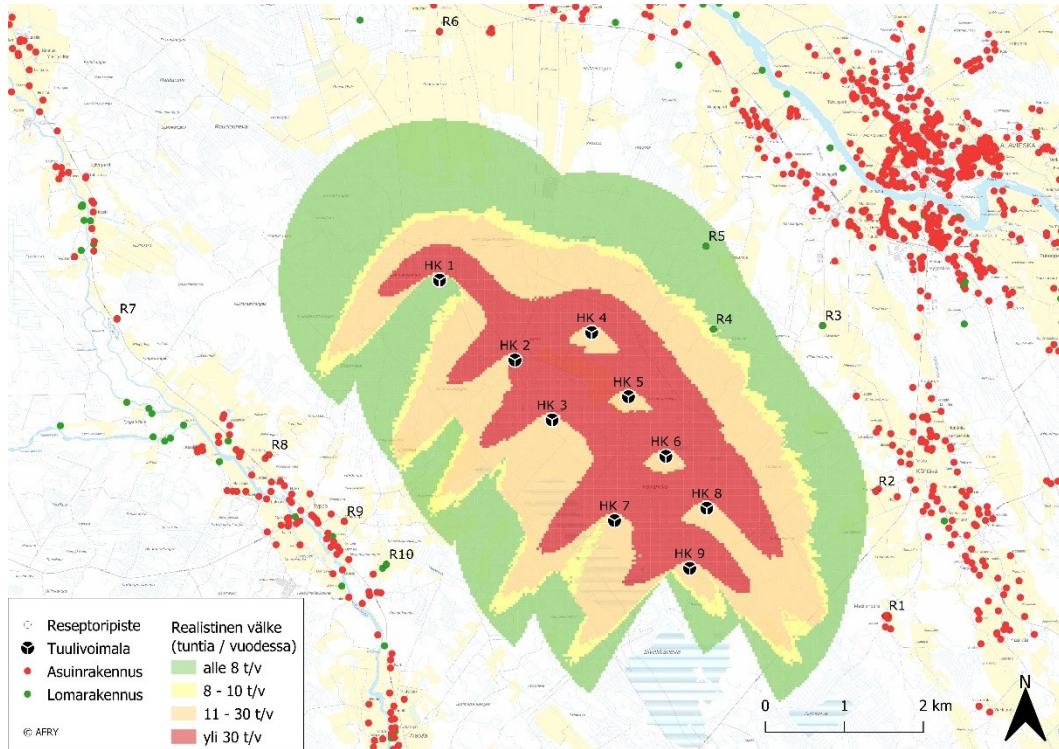
3 Vaikutusten arviointi

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat välkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja realistisille määrälle Hangaskurunkankaan tuulipuiston yhdeksän voimalan sijoitus suunnitelmalla on esitetty seuraavissa kuvissa (*Kuva 3-1 – Kuva 3-2*). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 200 m ja roottorin halkaisija 200 m. Kuvista nähdään, että välkkeen määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla asumattomilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



Kuva 3-1. Välkkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Hangaskurunkankaan yhdeksän voimalan sijoitusuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 200 m ja roottorin halkaisija 200 m.

Kuvasta 3-1 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Välkkeen määrä ylittää muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessä reseptoripisteessä. Eniten väkettä kohdistuu reseptoripisteeseen R4 (54 tuntia ja 14 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty myöhemmin (Taulukko 3-1).



Kuva 3-2. Väikkeen realistinen määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavainnot otettu huomioon) Hangaskurunkankaan yhdeksän voimalan sijoitusuunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 200 m ja roottorin halkaisija 200 m.

Kuten kuvasta 3-2 nähdään, myös realistisessa mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa väike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Väikkeen määrä ylittää muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä realistisia raja-arvoja yhdessä reseptoripisteessä. Eniten väikettä kohdistuu reseptoripisteeseen R4 (9 tuntia ja 21 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-1.

Taulukko 3-1. Mallinnusten mukaiset välkemäärät reseptoripisteittäin Hangaskurunkankaan yhdeksän voimalan sijoitus suunnitelmalla. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 200 m ja roottorin halkaisija 200 m. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

Reseptori-piste	Itä-koordinaatti	Pohjois-koordinaatti	Teoreettinen maksimitilanne		Realistinen maksimitilanne
	(m)	(m)	(h/a)	(h/d)	(h/a)
R1	368579	7112664	0:00	0:00	0:00
R2	368448	7114238	0:00	0:00	0:00
R3	367773	7116333	0:00	0:00	0:00
R4	366391	7116288	54:14	0:34	9:21
R5	366298	7117339	11:47	0:26	2:11
R6	362926	7120054	0:00	0:00	0:00
R7	358844	7116419	0:00	0:00	0:00
R8	360764	7114700	0:00	0:00	0:00
R9	361720	7113857	0:00	0:00	0:00
R10	362253	7113312	0:00	0:00	0:00

Taulukossa 3-1 on esitetty sekä välkkeen teoreettinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa ja vuorokaudessa että realistinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa. Realistisessa kokonaiskestossa on huomioitu auringonpaistetilastot ja tuulensuuntajakauma.

Tarkastellulla sijoitus suunnitelmalla (yhdeksän voimalaa) ja voimalamitoilla (napakorkeus 200 m, roottorin halkaisija 200 m) reseptoripisteisiin kohdistuva väлке ylittää aiemmin kappaleessa 1.2 esiteltyjä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia yhteensä yhdessä reseptoripisteessä teoreettisen arvon suhteen. Realistisen arvon suhteen raja-arvot ja suositukset ylittyvät myös yhdessä reseptoripisteessä (Taulukko 3-1). Mallinnuksen tulosten perusteella väлке on vähäistä hankealueen läheisyydessä sijaitsevilla asuin- ja lomarakennuksissa tarkastellulla sijoitus suunnitelmalla, roottorin halkaisijalla ja napakorkeudella mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

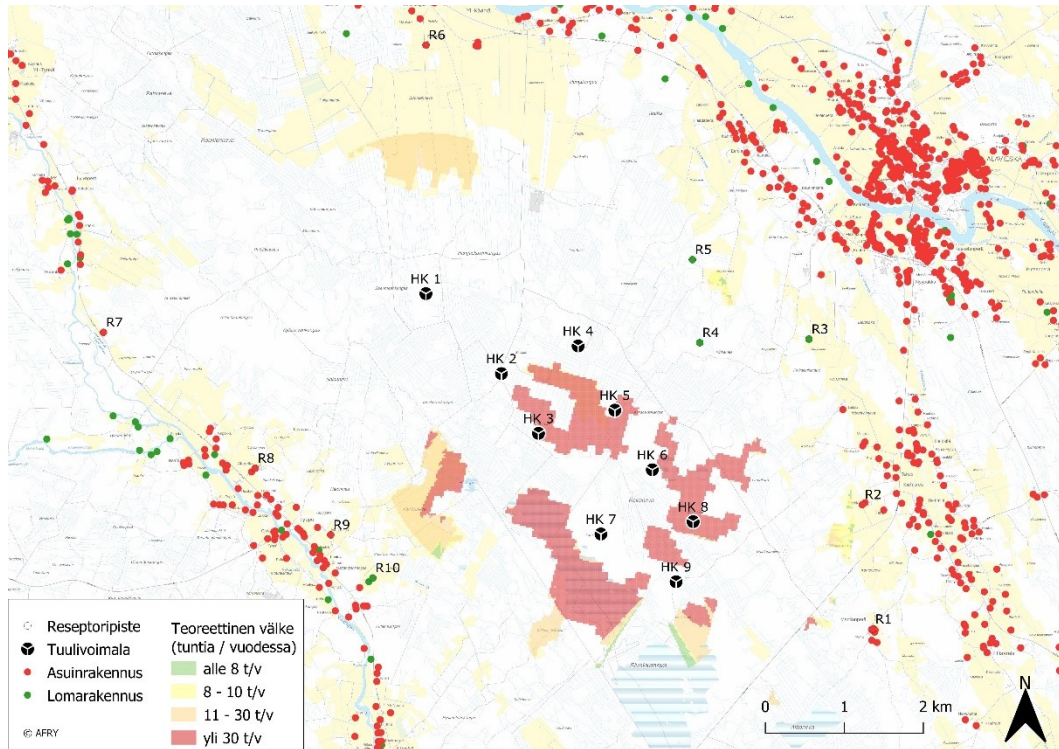
4 Puuston vaikutuksen huomioiminen Hangaskurunkankaan välkevaikutuksissa

Hangaskurunkankaan tuulipuuston välkevaikutuksia on arvioitu myös puuston välkettä vähentävä vaikutus huomioiden.

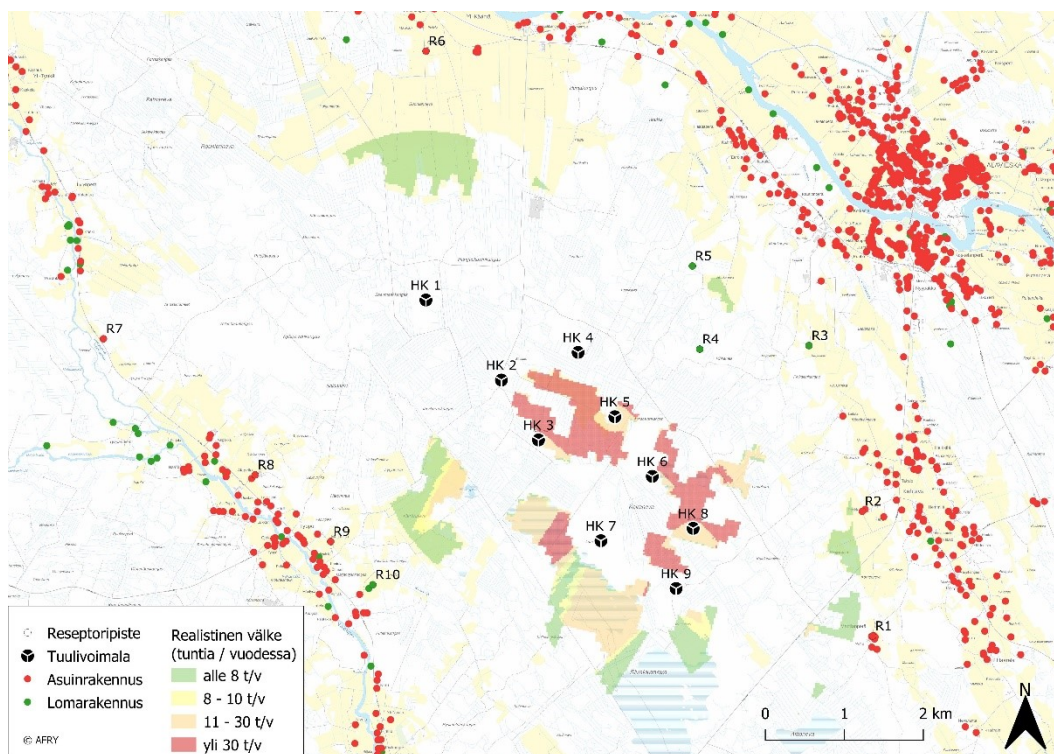
Puuston vaikutus on huomioitu lisäämällä puuston korkeusaineisto välkemallinnukseen windPRO 3.6 -ohjelmistossa. Puuston korkeusaineisto perustuu CORINE Land Cover 2018 ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) aineistoon. Mallinnusta varten eri metsäluokille asetettiin seuraavat korkeudet: sekametsä 10 metriä ja havumetsä 13 metriä. Puuston mallinnukseen ja vaikutusten arviointiin liittyy epävarmuuksia. Mallinnuksen tuloksiin vaikuttaa käytettävien tausta-aineistojen tarkkuus ja mallintamisessa on tehtävä yleistyksiä liittyen puuston tiheyteen ja korkeuteen. Lisäksi puusto muuntuu jatkuvasti ja nopeallakin aikataululla: metsän kasvu, hakkuut ja myrskytuhot vaikuttavat puustoon ja edelleen välkevaikutusalueiden laajuuteen. Välkevaikutuksia tulee tämän vuoksi arvioida myös niin, että puuston välkettä vähentävää vaikutusta ei huomioida.

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat välkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja realistiselle määrälle puuston vähentävä vaikutus huomioiden on esitetty seuraavissa kuvissa. Mallinnuksessa käytetyt parametrit ovat samat kuin alkuperäisessä, kappaleen 3. vaikutusten arvioinnissa.

Kun puuston vaikutus on huomioitu mallinnuksissa, reseptoripisteisiin kohdistuva välke jää annettujen raja-arvojen ja suositusten alapuolelle sekä teoreettisessa että realistisessa tapauksessa.



Kuva 4-1. Välkkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Hangaskurunkankaan yhdeksän voimalan sijoitus suunnitelmalla, kun puuston vähentävä vaikutus on huomioitu. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 200 m ja roottorin halkaisija 200 m.



Kuva 4-2. Välkkeen realistinen määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavainnot on huomioitu) Hangaskurunkankaan yhdeksän voimalan sijoitussuunnitelmalla, kun puuston vähentävä vaikutus on huomioitu. Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 200 m ja roottorin halkaisija 200 m.

5 Välkkeen rajoittaminen

Tässä välkeselvityksessä esitettyjen tulosten perusteella Hangaskurunkankaan läheisyydessä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin kohdistuva välike on vähäistä Suomessa sovellettavaksi suositeltavia muiden maiden suositusarvojen puitteissa. Puuston vähentävä vaikutus on huomioitu vain kappaleessa 4. esitetyissä mallinnuksissa.

Välkkeen rajoittaminen on teknisesti mahdollista, sillä voimaloiden sijoitussuunnitelman ja mittojen perusteella voidaan laskea ajat, jolloin välike on mahdollista tietyssä kohteessa. Välkevaikutuksia on mahdollista vähentää muun muassa pysäyttämällä välkettä aiheuttavat voimat välkkeen syntymisen kannalta kriittiseen aikaan. On kuitenkin huomioitava, että välkettä ei synny pilvisellä säällä tai jos kohteen ja voimalan välillä on suojaavaa puustoa.

Lisäksi osalla voimalavalmistajista on tarjolla välkkeen havaitsemisjärjestelmiä, jotka havaitsevat tietyn raja-arvon ylittävän välkkeen ja pysäyttävät voimat tarvittaessa. Esimerkiksi voimalavalmistaja Vestas esittelee kotisivuillaan kyseistä järjestelmää¹.

¹ https://www.vestas.com/en/products/options_and_solutions#!shadow-detection-system (linkki tarkastettu 3.9.2021)

6 Yhteenveto

Tämän raportin tarkoituksena on esittää Hangaskurunkankaan tuulivoimapuiston yhdeksän voimalan välkevaikutus sen lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

Välkemallinnuksen mukaan välkevaikutukset ovat vähäisiä hankealueen läheisyydessä sijaitsevilla asuin- ja lomarakennuksissa tarkastellulla sijoitus suunnitelmalla, roottorin halkaisijalla ja napakorkeudella. Sekä teoreettisessa maksimitilanteessa että realistisessa tilanteessa välkerajat ylittyvät yhdessä reseptoripisteessä.

Hankkeesta syntyvän välkkeen vaikutukset lähialueen asutuskohteisiin arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa. Kappaleessa 3. esitetyissä mallinnuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta, jolloin esitetty malli yliarvioi välkkeen määrän erityisesti kesäaikaan. Kappaleessa 4. esitetyissä mallinnuksissa puusto on otettu huomioon, mutta puuston mallinnukseen ja vaikutusten arviointiin liittyy epävarmuuksia joiden ansiosta välkevaikutuksia tulee arvioida myös niin, ettei puuston välkettä vähentävää vaikutusta huomioida. Välkettä voidaan tarvittaessa ehkäistä pysäyttämällä sitä aiheuttavat tuulivoimalat kriittiseen aikaan.

Kirjallisuusviitteet

Danish Government 2015. Miljöministeriet Naturstyrelsen. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.

Vindlov 2015. Skuggor, reflexer och ljud. [<http://www.vindlov.se/sv/steg-for-steg/stora-anlaggningar/inledande-skede/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljud/>] (haettu 30.11.2018)

Ympäristöministeriö 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016.

WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen.