

Kivijärvi tuulivoimahanke,
Laitila
Välkemallinnus



Miikka Saranpää
14.04.2026

Sisällys

1.	Tavoite ja hankekuvaus	3
2.	Tuulivoimaloiden välke	3
2.1	Tuulivoimaloiden välkkeen muodostuminen	3
2.2	Välkkeen mallintaminen	3
2.2.1	Välkemallinnus	3
2.3	Raja- ja ohjeavot	4
2.4	Välkkeen hallinta	4
2.5	Arvioinnin epävarmuudet	4
3.	Välkemallinnuksen tulokset	5
3.1	Mallinnuksen lähtötiedot	5
3.2	Varjostusvälkkeen vaikutuksen laskentatulokset	7
3.2.1	Varjostusvälkkeen laskentatulokset ilman metsän vaikutusta	7
3.2.2	Varjostusvälkkeen laskentatulokset metsän vaikutukset huomioiden	8
3.2.3	Varjostusvälkkeen hallintajärjestelmä ja voimaloiden pysäytysajat	9
3.3	Lieventävät toimenpiteet ja Natura-alueen huomioiminen	13
4.	Viittaukset	15

1. Tavoite ja hankekuvaus

Axpo Renewable Finland Oy suunnittelee Kivijärven tuulivoimahanketta Laitilan kaupungin alueelle. Selvityksessä arvioidaan Kivijärven tuulivoimahankkeen kolmen suunnitellun tuulivoimalan aiheuttamaa varjostusvälkettä. Mallinnustuloksista selviää varjostuksen ulottuvuus tuulivoimaloiden ympärillä sekä varjostusvälkkeen vuotuinen muodostuminen lähimpänä olevien asuin- ja vapaa-ajan rakennusten pihapiiriin. Mallinnettuja varjostusvälkkeen vaikutuksia verrataan ympäristöministeriön suositusten mukaisesti muiden maiden ohjearvoihin [1].

Kivijärven hankkeen välkemallinnus on laadittu kaavoitusvaiheen selvityksiä varten voimaloiden sijoitus-suunnitelman mukaisesti (Taulukko 1) voimalamallilla, jonka napakorkeus on 199 metriä ja siiven halkaisija 172 metriä, jolloin voimalan kokonaiskorkeus on 285 metriä.

Varjostusmallinnuksen on laatinut ympäristötekniikan insinööri (AMK) Miikka Saranpää Axpo Renewable Finland Oy:stä.

Taulukko 1. Kivijärven hankkeen suunniteltujen tuulivoimaloiden sijainnit koordinaattijärjestelmässä ETRS-TM35FIN, sekä maaston korkeus voimalan kohdalla.

Voimala	ETRS89-TM35 Itä (E)	ETRS89-TM35 Pohjoinen (N)	Z (m)
1	224706	6767771	40,8
2	225398	6767798	47,5
3	224082	6767236	41,8

2. Tuulivoimaloiden välke

2.1 Tuulivoimaloiden välkkeen muodostuminen

Välkevaikutuksella tarkoitetaan ilmiötä, jossa auringonvalo kulkee tuulivoimalan pyörivän roottorin läpi ja aiheuttaa välkehtivää varjoa tarkastelukohteessa. Välkkeen laajuuteen ja kestoon vaikuttavat useat tekijät, kuten voimalan korkeus, roottorin halkaisija, siipiprofiili, vuodenaika, kellonaika, sääolosuhteet, maaston muodot sekä näkyvyyttä rajoittavat elementit, kuten puusto.

Tuulivoimaloiden maantieteellinen sijainti vaikuttaa siihen, mihin suuntaan välke useimmiten kohdistuu. Päivisin välkevaikutus näkyy pääasiassa voimalan pohjoispuolella, kun taas aamu- ja iltapäivä-aikaan se suuntautuu lounais- ja kaakkoispuolelle. Eteläpuolelle välke ulottuu harvemmin, mutta se on mahdollista erityisesti talviaikaan, kun aurinko on matalalla horisontissa.

2.2 Välkkeen mallintaminen

2.2.1 Välkemallinnus

Välkevaikutus voidaan arvioida kahdella eri laskentamallilla, joita ovat teoreettisen maksimivälkkeen laskentamalli sekä todennäköisen välkkeen laskentamalli. Tässä selvityksessä arviointi toteutetaan todennäköisen välkevaikutuksen "Real case" laskentamallilla.

Teoreettinen maksimivälke "Worst case" perustuu oletuksiin, että:

- aurinko paistaa jatkuvasti.
- roottori pyörii tauotta.
- roottorin projektiopinta-ala aurinkoon nähden on maksimaalinen.

Todennäköinen välke "Real case" puolestaan huomioi:

- paikalliset sää- ja tuulitilatot, kuten auringonpaisteen määrän sekä tuulen suunnan ja nopeuden vaihtelut.
- tuulivoimalan tuotannon (sektorikohtaiset käyttötunnit).

2.3 Raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole virallisia määriteltyjä raja-arvoja tuulivoimaloiden aiheuttamalle varjovälkkeelle. Ympäristöministeriön ohjeistus tuulivoimahankkeiden suunnitteluun suosittelee kuitenkin hyödyntämään muiden maiden käytäntöjä välkemäärien arvioinnissa.

Välkevaikutuksen arviointi kohdistuu pääasiassa asuinalueisiin, sillä elämistöön tai luonnonympäristöön liittyviä ohjearvoja ei ole olemassa. Tanskassa suositellaan, että todennäköinen vuotuinen välkeaika ei ylitä 10 tuntia. Ruotsissa vastaava suositus on enintään 8 tuntia vuodessa ja korkeintaan 30 minuuttia päivässä. Saksassa puolestaan teoreettisen maksimivälkkeen raja-arvot ovat 30 tuntia vuodessa ja enintään 30 minuuttia päivässä. Tässä hankkeessa arvioinnin pääasiallisena vertailurajana käytetään 8 tuntia vuodessa todennäköiselle välkkeelle.

2.4 Välkkeen hallinta

Tuulivoimaloiden aiheuttamaa välkevaikutusta voidaan hallita järjestelmillä, jotka on suunniteltu vähentämään tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta. Näihin järjestelmiin kuuluu esimerkiksi valoanturiin perustuva hallintamekanismi sekä ohjelmisto, joka ohjaa voimalan toimintaa. Tällaisen järjestelmän avulla voimala voidaan pysäyttää automaattisesti silloin, kun auringonpaiste aiheuttaisi välkettä, tai ennalta määriteltyinä ajankohtina vuoden ja vuorokauden mukaan. Voimalan ollessa pysäytettynä, se ei aiheuta välkevaikutusta.

2.5 Arvioinnin epävarmuudet

Mallinnuksessa tuulivoimaloiden välkevaikutusta arvioitiin auringonpaistetta ja tuulen voimakkuutta koskevan tilastoaineiston perusteella. On kuitenkin tärkeää huomioida, että yksittäisen vuoden sääolosuhteet voivat poiketa huomattavasti tavanomaisesta, mikä saattaa vaikuttaa vuotuisen välkevaikutukseen verrattuna mallinnuksen keskiarvoon. Auringonpaistetiedot on kerätty Jokioisten sääasemalta, joka sijaitsee noin 85 kilometrin päässä idässä hankealueelta.

Laskenta on suoritettu tilanteelle, mikä ei ota huomioon puuston vaikutusta sekä tilanteelle mikä huomioi sen, kuinka paikallinen puusto voi peittää näkyvyyttä tuulivoimaloihin ja siten vähentää välkkeen määrää. Puusto saattaa merkittävästi rajoittaa turbiinien näkymistä ja sitä kautta madaltaa välkevaikutusta, mutta puuston peittävä vaikutus vaihtelee sekä vuosittain että eri vuodenaikoina. Tästä syystä puuston tarkkaa vaikutusta välkkeeseen ei voida yksiselitteisesti arvioida.

Kun lasketaan rakennuksiin kohdistuvaa välkettä, käytetään ns. "greenhouse mode" -asetusta, jossa rakennuksen oletetaan altistuvan välkkeelle suunnasta riippumatta. Tämä konservatiivinen laskenta kuvaa rakennuksen sijainnissa esiintyvää ulkotiloihin kohdistuvaa välkettä. Rakennusten sisätiloissa todellinen välkevaikutus on yleensä pienempi, koska se syntyy vain niiden ikkunoiden kautta, joihin välke tosiasiallisesti suuntautuu.

3. Välkemallinnuksen tulokset

3.1 Mallinnuksen lähtötiedot

Taulukko 2. Välkemallinnuksessa käytetyt laskentaparametrit.

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT												
Mallinnus ohjelma: windPRO, versio 4.2.285							Moduuli: Shadow (flicker)					
Laskenta korkeus: 1 m							Laskentaikkunan koko 5 m x 5 m					
Maastomallin lähde: MML maastotietokanta							Vaakaresoluutio:2,0 m			Pystyresoluutio:0,3 m		
Auringon keskimääräiset paistetunnit päivässä: Jokioinen												
tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	
1,16	2,41	4,65	6,33	8,35	8,63	8,52	6,90	4,67	2,48	0,93	0,71	
Sääolosuhteiden huomiointi; laskennassa käytetty tuulen suunnat ja nopeus												
Operointi ajat: MERRA-2 N61,00 E021,875												
N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
610	493	463	481	600	731	1010	1178	847	636	748	694	8492
VOIMALAN LÄHTÖTIEDOT												
V172-7.2 MW							Kokonaiskorkeus: 285 m					
Roottorin halkaisija: 172 m							Napakorkeus: 199 m					
Lapojen maksimileveys: 4,35 m							Lapojen leveys 90 % säteellä: 1,26 m					

Varjostusvälkkeen vaikutusten arvioinnissa käytettiin WindPRO-ohjelman Shadow-moduulia. Laskelmissa huomioitiin varjostusvälke vain silloin, kun aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella. Varjostusvälkkeeksi määriteltiin tilanne, jossa tuulivoimalan siipi peittää vähintään 20 % auringonvalosta. Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Jokioisen sääaseman mittaustietoihin vuosilta 1991–2020. Tuulen suuntaa ja nopeusjakaumaa koskevat tiedot saatiin NASA:n MERRA-datasta (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications), joka kattaa hankealueen läheisyyden. Varjostusmallinnuksessa otettiin huomioon hankealueen korkeussuhteet, tuulivoimaloiden sijainnit, voimaloiden napakorkeudet ja roottorien halkaisijat sekä alueen aikavyöhyke. Lisäksi mallinnuksessa huomioitiin auringon asema eri vuorokauden- ja vuodenaikoina, kuukausittainen pilvisuus sekä tuulivoimaloiden arvioitu vuotuinen käyttöaika.

Varjostusvälkkeen laskentatulosten tarkastelukorkeus asetettiin alkamaan 1,0 metrin korkeudelta lähimpänä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Laskentaikkunan koko määriteltiin 5,0 x 5,0 metriksi, ja ne suunnattiin voimaloita kohti niin sanotulla "greenhouse mode" -asetuksella. Mallinnus suoritettiin kahdelle erilaiselle ympäristön huomioivalle tilanteelle:

1. Tilanne, jossa puuston vaikutusta ei ole huomioitu (real case, ilman metsää).
2. Tilanne, jossa puuston vaikutus on huomioitu (real case, metsällä).

Tilanteelle 1. suoritettiin välkkeen hallintaa varten laskenta, missä hallintatyökalun avulla todennäköinen vuotuinen välkevaikutus saadaan rajoitettua alle 8 tuntiin vuodessa. Laskennan tuloksista selviää myös välkkeen määrä laskentakohteissa hallinta toimenpiteiden jälkeen.

Puustoa huomioivassa mallinnuksessa käytettiin Luonnonvarakeskuksen vuoden 2021 aineistoa, joka sisältää tiedot puuston keskipituudesta ja peittävydestä.

Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjostus ilmiö heikkenee vähitellen, kun etäisyys voimalasta kasvaa, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjoa enää havaita paljaalla silmällä. Tämä etäisyys riippuu lavan leveydestä. Ruotsin ja Saksan tuulivoiman suunnitteluohjeissa on määritely, että varjostusvälke vaikutusta tarkastellaan, kun lapa peittää vähintään 20 % auringon pinta-alasta. Tämä johtaa käytännössä siihen, että

lavan leveys määrittää enimmäisetäisyyden, jolla yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus otetaan huomioon - tämän rajan takana välkevaikutusta ei enää ole.

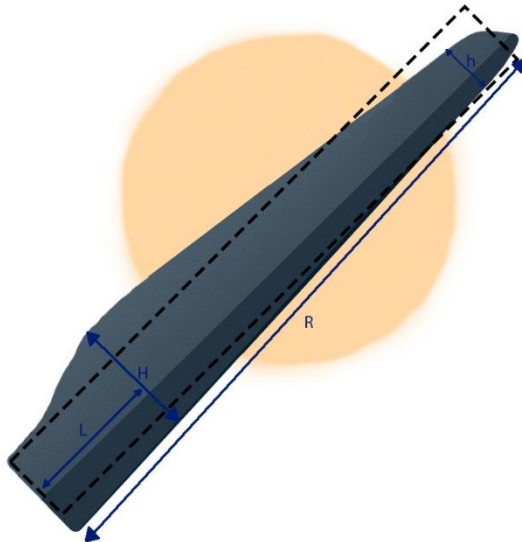
Kun lavan leveys on w metriä, voidaan 20 % Auringon peittoon perustuva varjostusvaikutuksen enimmäisetäisyys laskea seuraavalla kaavalla:

$$\text{maksimietäisyys} = \frac{(5 * d * w)}{1\,097\,780}$$

missä d on etäisyys Aurinkoon (150 000 000 km).

Varjostusvälkevaikutuksen laskennassa käytetään lavan keskimääräistä leveyttä, joka määrittää vaikutuksen maksimietäisyyden. Lavan leveys ei todellisuudessa ole vakio, vaan se on suurimmillaan lähellä napaa ja kapenee voimakkaasti kärkeä kohti. Tämä tarkoittaa, että lavan tyven kohdalla välkevaikutus ulottuu pidemmälle kuin kärjen kohdalla, jos vaikutusta arvioidaan auringon peittoasteen perusteella.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 1) on esitetty periaatepiirros tuulivoimalan lapaprofiilista. Siinä lavan maksimileveys on H etäisyydellä L lavan tyvestä. Lavan kokonaispituus on R ja lapaleveys 90 % etäisyydellä tyvestä on h . Välkelaskennassa lavan keskimääräinen leveys määritetään parametrien H ja h keskiarvona.



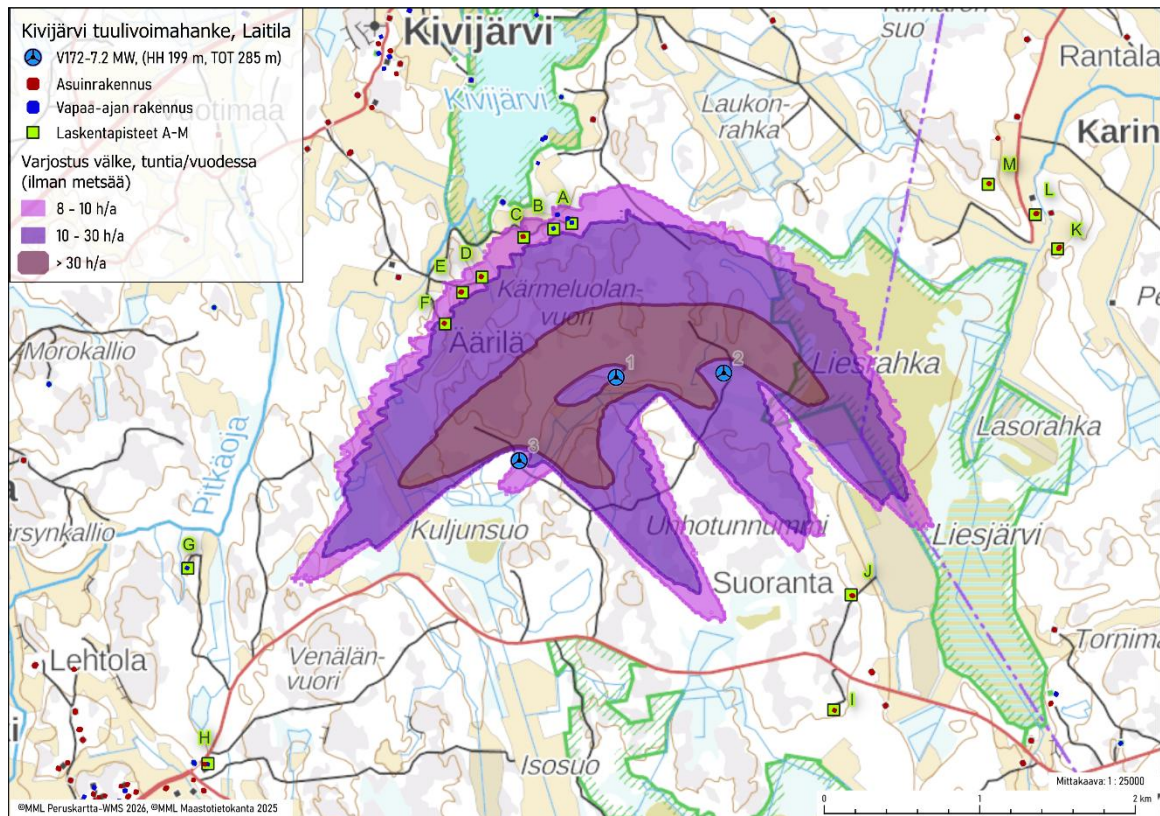
Kuva 1. Tuulivoimalan lapaprofiilin laskentaperusteet.

3.2 Varjostusvälkkeen vaikutuksen laskentatulokset

3.2.1 Varjostusvälkkeen laskentatulokset ilman metsän vaikutusta

Kivijärven tuulivoimaloiden aiheuttamaa arvioitua välkevaikutusta on havainnollistettu kartalla (Kuva 2). Mallinnuksessa ei ole otettu huomioon paikallisen puuston vaikutusta turbiinien näkyvyyteen tai välkkeeseen. Kartalla esitetään alueet, joilla välkettä voi esiintyä yli 8, 10 tai 30 tuntia vuodessa, sekä tuulivoimaloiden lähistöllä sijaitsevat välkkeelle altistuvat asuin- ja vapaa-ajan rakennukset. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan. Välkemallinnuksen laskentatulokset on esitetty lähimmille välkkeelle altistuville asuin- ja vapaa-ajan rakennuksille (laskentapistee A-M) taulukossa 3.

Varjostusmallinnuksen tulosten perusteella 8 tunnin vuotuinen välkerajasuositus ylittyy kahdeksassa (8) välkkeelle altistuvassa kohteessa. Mallinnus on tehty hankkeen suunnitelman mukaisella voimalasijoittelulla sekä voimalan napakorkeudella 199 metriä ja roottorin halkaisijalla 172 metriä. Välkevaikutukset kohdistuvat hankkeen luoteispuolella sijaitseviin rakennuksiin. Näistä 4 vapaa-ajan rakennusta sekä 2 asuinrakennusta sijoittuvat yli 8 tuntia vuodessa -alueelle, ja 2 asuinrakennusta sijoittuu yli 10 tuntia vuodessa -alueelle. Suurin mallinnettu vuotuinen varjostusvälkevaikutuksen kertymä on 11 tuntia ja 10 minuuttia vuodessa, laskentakohteessa F, joka on asuinrakennus.



Kuva 2. Välkemallinnus esitettyä kartalla, ilman metsän peitteistä vaikutusta.

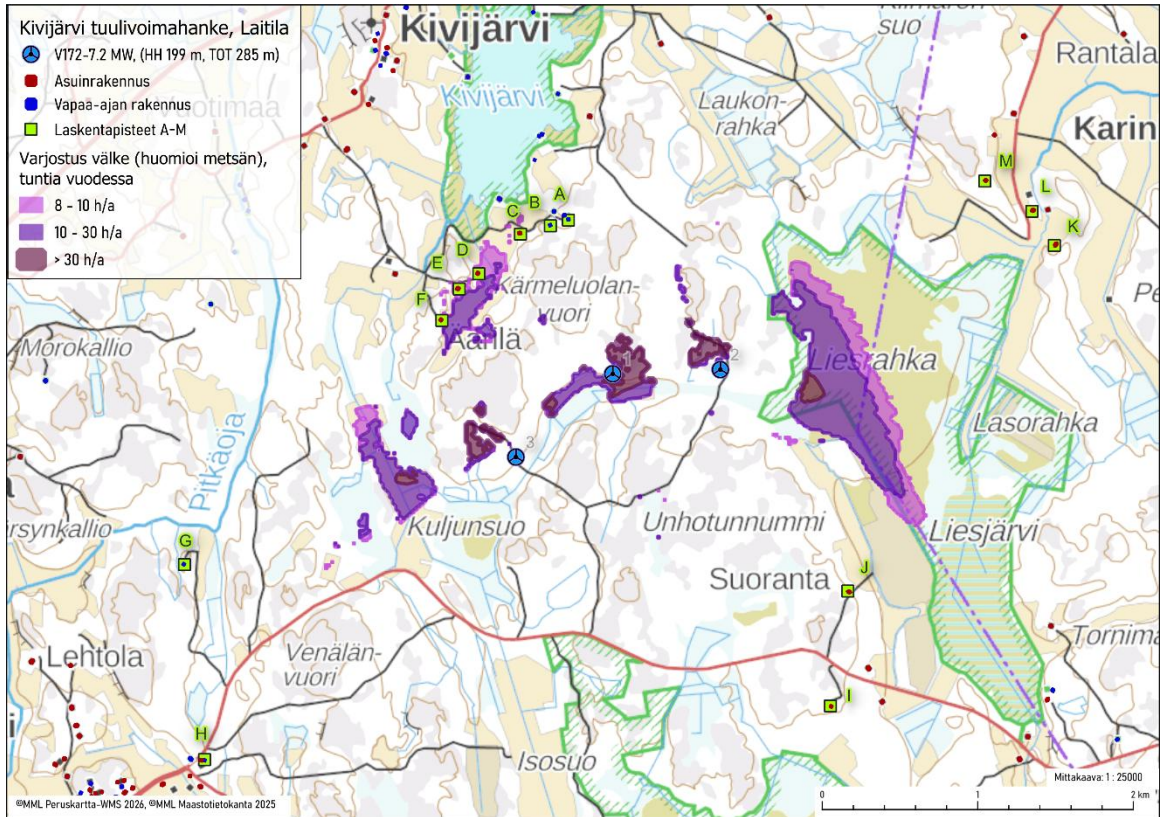
Taulukko 3. Välkemallinnuslaskennan tulokset laskentakohteissa

Laskentapisteen A-M	ETRS89- TM35 Itä E	ETRS89- TM35 Pohjoinen N	Maan- pinnan korkeus Z (m)	Laskenta- ikkuna (m x m)	Välke t/v
A. Vapaa-ajan rakennus	224 420	6 768 760	40,6	5,0 x 5,0	9:47
B. Vapaa-ajan rakennus	224 304	6 768 724	41,5	5,0 x 5,0	9:48
C. Asuinrakennus	224 112	6 768 671	37,5	5,0 x 5,0	9:30
D. Asuinrakennus	223 843	6 768 415	37,9	5,0 x 5,0	10:00
E. Asuinrakennus	223 717	6 768 317	40,0	5,0 x 5,0	9:59
F. Asuinrakennus	223 606	6 768 115	40,9	5,0 x 5,0	11:10
G. Vapaa-ajan rakennus	221 949	6 766 544	40,0	5,0 x 5,0	0:00
H. Vapaa-ajan rakennus	222 079	6 765 289	40,0	5,0 x 5,0	0:00
I. Asuinrakennus	226 106	6 765 634	52,4	5,0 x 5,0	0:00
J. Asuinrakennus	226 218	6 766 373	50,4	5,0 x 5,0	0:00
K. Asuinrakennus	227 547	6 768 597	38,3	5,0 x 5,0	0:00
L. Asuinrakennus	227 403	6 768 817	37,5	5,0 x 5,0	0:00
M. Asuinrakennus	227 100	6 769 012	45,3	5,0 x 5,0	0:00

3.2.2 Varjostusvälkkeen laskentatulokset metsän vaikutukset huomioiden

Kivijärven tuulivoimaloiden aiheuttamaa arvioitua välkevaikutusta on mallinnettu myös tilanteessa, mikä huomioi paikallisen puuston vaikutuksen näkyvyyteen tai välkkeeseen. Kartalla (Kuva 3) esitetään alueet, joilla välkettä voi esiintyä yli 8, 10 tai 30 tuntia vuodessa, sekä tuulivoimaloiden lähistöllä sijaitsevat välkkeelle altistuvat asuin- ja vapaa-ajan rakennukset. Rakennustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan. Välkemallinnuksen laskentatulokset on esitetty lähimmille välkkeelle altistuville asuin- ja vapaa-ajan rakennuksille (laskentapisteen A-M) taulukossa 4.

Varjostusmallinnuksen tulosten perusteella 8 tunnin vuotuinen välkerajasuositus ylittyy kolmessa (3) välkkeelle altistuvassa kohteessa. Mallinnus on tehty hankkeen suunnitelman mukaisella voimalasijoittelulla sekä voimalan napakorkeudella 199 metriä ja roottorin halkaisijalla 172 metriä. Välkevaikutukset kohdistuvat hankkeen luoteispuolella sijaitseviin rakennuksiin. Joista 2 asuinrakennusta sijoittuu yli 10 tuntia vuodessa -alueelle ja yksi asuinrakennus yli 8 tuntia vuodessa -alueelle. Suurin mallinnettu vuotuinen varjostusvälkevaikutuksen kertymä on 11 tuntia ja 10 minuuttia vuodessa, laskentakohteessa F, joka on asuinrakennus. Kohteen F osalta puuston ei katsota estävän näkyvyyttä voimaloihin, minkä vuoksi välkkeen määrä säilyy samana molemmissa tarkasteluissa.



Kuva 3. Vätkemallinnus esitettyä kartalla, metsän peitteinen vaikutus huomioiden.

Taulukko 4. Vätkemallinnuslaskennan tulokset laskentakohteissa.

Laskentapisteeet A-M	ETRS89-TM35 Itä E	ETRS89-TM35 Pohjoinen N	Maanpinnan korkeus Z (m)	Laskentakkuuna (m x m)	Välke h:min
A. Vapaa-ajan rakennus	224 420	6 768 760	40,6	5,0 x 5,0	4:25
B. Vapaa-ajan rakennus	224 304	6 768 724	41,5	5,0 x 5,0	0:00
C. Asuinrakennus	224 112	6 768 671	37,5	5,0 x 5,0	7:21
D. Asuinrakennus	223 843	6 768 415	37,9	5,0 x 5,0	10:00
E. Asuinrakennus	223 717	6 768 317	40,0	5,0 x 5,0	9:59
F. Asuinrakennus	223 606	6 768 115	40,9	5,0 x 5,0	11:10
G. Vapaa-ajan rakennus	221 949	6 766 544	40,0	5,0 x 5,0	0:00
H. Vapaa-ajan rakennus	222 079	6 765 289	40,0	5,0 x 5,0	0:00
I. Asuinrakennus	226 106	6 765 634	52,4	5,0 x 5,0	0:00
J. Asuinrakennus	226 218	6 766 373	50,4	5,0 x 5,0	0:00
K. Asuinrakennus	227 547	6 768 597	38,3	5,0 x 5,0	0:00
L. Asuinrakennus	227 403	6 768 817	37,5	5,0 x 5,0	0:00
M. Asuinrakennus	227 100	6 769 012	45,3	5,0 x 5,0	0:00

3.2.3 Varjostusvälkkeen hallintajärjestelmä ja voimaloiden pysäytysajat

Varjostusvälkkeen hallinta on suunniteltu toteutettavaksi voimaloiden ohjauksella siten, että välkkeen ohjeavrot eivät ylitä häiriintyvien kohteiden kohdalla. Taulukossa 5 on esitetty vuotuinen välkeaika laskentapisteeille A–M tilanteessa, jossa välkkeen hallintajärjestelmä on käytössä. Hallintajärjestelmän avulla todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää kaikilla laskentapisteeillä alle kahdeksan tunnin suositusrajan, mukaan lukien voimaloita ja laskentapisteeitä kauempina sijaitsevat asuin- ja vapaa-ajan rakennukset.

Mallinnuksen perusteella on määritetty päiväkohtaiset pysäytysikkunat, joiden aikana yksittäiset voimalat voidaan pysäyttää varjostusvälkkeen estämiseksi silloin, kun aurinkoasento ja voimalan pyöriminen voisivat aiheuttaa välkettä laskentakohteille. Pysäytysikkunat (Taulukko 6) on määritelty kullekin päivälle yhteinäisinä aikaväleinä. Päivät, joille pysäytysikkunaa ei ole määritelty, eivät lisää vuotuista sulkemisaikaa.

Laskennan perusteella voimaloiden varjostusvälkkeen hallinnasta aiheutuva yhteenlaskettu sulkemisikkuna on noin 74 tuntia vuodessa, josta voimalan 1 osuus on noin 20 tuntia ja voimala 2 osuus on noin 44 tuntia. Voimalaa 3 ei tässä laskennassa tarvinnut huomioida hallintajärjestelmällä. Sulkemisikkuna tarkoittaa kalenteriaikaa, jolloin voimala on tarvittaessa pysäytetty varjostusvälkkeen estämiseksi, eikä se vastaa suoraan tuotantomenetystä, joka riippuu vallitsevista tuuliolosuhteista pysäytyshetkellä. Useiden laskentakohteiden samanaikaiset vaikutukset on huomioitu siten, ettei päällekkäisiä pysäytysaikoja ole laskettu useaan kertaan.

Taulukko 5. Välkemallinnuslaskennan tulokset laskentakohteissa, kun välkkeen hallintajärjestelmä rajoittaa välkkeen syntymistä.

Laskentapiste A-M	Vuotuinen välkeaika [h:min]	Estetty välke vuodessa [h:min]
A. Vapaa-ajan rakennus	7:11	2:35
B. Vapaa-ajan rakennus	7:23	2:24
C. Asuinrakennus	7:21	2:08
D. Asuinrakennus	7:58	2:01
E. Asuinrakennus	8:00	1:56
F. Asuinrakennus	6:39	4:31
G. Vapaa-ajan rakennus	0:00	
H. Vapaa-ajan rakennus	0:00	
I. Asuinrakennus	0:00	
J. Asuinrakennus	0:00	
K. Asuinrakennus	0:00	
L. Asuinrakennus	0:00	
M. Asuinrakennus	0:00	

Taulukko 6. Mallinnuksen perusteella määritetyt päiväkohtaiset pysäytysikkunat koko vuodelle.

Päivä	Tam- mikuu	Helmikuu [h:min]	Maaliskuu [h:min]	Huhtikuu [h:min]	Tou- ko- kuu	Ke- sä- kuu	Hei- nä- kuu	Elo- kuu	Syyskuu [h:min]	Lokakuu [h:min]	Mar- raskuu	Joulu- kuu
1			08.31-09.32 (2)	08.24-08.54 (1)						08.23-08.46 (2) 08.16-08.20 (2)		
2			08.30-09.29 (2)	08.25-08.53 (1)						08.24-08.45 (2)		
3			08.30-09.17 (2)	08.26-08.51 (1)						09.17-09.24 (2) 08.25-08.44 (2)		
4			08.57-09.15 (2) 08.31-08.56 (2)	08.28-08.49 (1)						09.12-09.26 (2) 08.26-08.42 (2)		
5			08.59-09.13 (2) 08.31-08.56 (2)	08.30-08.46 (1)						09.11-09.29 (2) 08.29-08.40 (2)		
6			09.04-09.07 (2) 08.32-08.55 (2)	08.33-08.42 (1)					08.30-08.38 (1)	09.08-09.29 (2)		
7			08.31-08.53 (2)						08.25-08.41 (1)	09.07-09.30 (2)		
8			08.32-08.52 (2) 07.53-08.01 (2)						08.23-08.44 (1)	09.37-09.46 (2) 09.07-09.31 (2)		
9			08.34-08.50 (2) 07.50-08.04 (2)						08.21-08.45 (1)	09.33-09.49 (2) 09.05-09.31 (2)		
10			08.36-08.47 (2) 07.48-08.05 (2)						08.19-08.46 (1)	09.05-09.51 (2)		
11		09.21-09.29 (2)	07.46-08.07 (2)						08.18-08.47 (1)	09.53-10.01 (2) 09.05-09.52 (2)		
12		09.18-09.33 (2)	07.45-08.07 (2)						08.16-08.47 (1)	09.04-10.04 (2)		
13		09.16-09.35 (2)	07.34-08.07 (2)						08.15-08.47 (1)	09.04-10.06 (2)		
14		09.13-09.35 (2)	07.31-08.07 (2)						08.15-08.48 (1)	09.05-10.08 (2)		

15		09.12-09.36 (2)	07.30-08.07 (2)					08.13-08.48 (1)	09.04-10.08 (2)		
16		09.02-09.37 (2)	07.39-07.52 (1) 07.30-08.07 (2)					08.13-08.48 (1)	09.05-10.09 (2)		
17		09.00-09.38 (2)	07.35-07.55 (1) 07.28-08.07 (2)					08.13-08.48 (1) 07.29-07.40 (2)	09.07-10.10 (2)		
18		08.58-09.39 (2)	07.32-07.55 (1) 07.26-08.05 (2)					08.12-08.47 (1) 08.15-08.30 (2)	09.08-10.10 (2)		
19		08.57-09.39 (2)	07.30-07.57 (1) 07.26-08.04 (2)					08.12-08.47 (1) 08.14-08.32 (2)	09.25-10.11 (2) 09.11-09.22 (2)		
20		08.56-09.39 (2)	07.29-07.58 (1) 07.26-08.03 (2)					08.12-08.46 (1) 08.12-08.32 (2)	09.25-10.10 (2)		
21		08.55-09.40 (2)	07.28-07.59 (1) 07.26-08.01 (2)					08.13-08.45 (1) 08.34-08.43 (2) 08.12-08.33 (2)	09.25-10.10 (2)		
22		08.55-09.40 (2) 08.42-08.49 (2)	07.27-07.59 (1) 07.26-07.59 (2)					08.12-08.44 (1) 08.10-08.45 (2)	09.26-10.10 (2)		
23		08.53-09.38 (2) 08.38-08.51 (2)	07.26-08.00 (1) 07.26-07.47 (2)					08.14-08.43 (1) 08.09-08.46 (2)	09.27-10.09 (2)		
24		08.36-09.38 (2)	07.25-07.59 (1) 07.26-07.45 (2)					08.14-08.41 (1) 08.10-08.48 (2)	09.29-10.09 (2)		
25		08.34-09.38 (2)	07.24-07.59 (1) 07.27-07.43 (2)					08.15-08.39 (1) 08.09-08.48 (2)	08.30-09.08 (2)		
26		08.33-09.37 (2)	07.24-07.59 (1) 07.29-07.40 (2)					08.17-08.37 (1) 08.09-08.49 (2)	08.33-09.07 (2)		
27		08.32-09.36 (2)	07.24-07.59 (1)					08.18-08.34 (1) 08.09-08.48 (2)	08.43-09.06 (2)		
28		08.32-09.34 (2)	07.24-07.58 (1)					08.23-08.30 (1) 08.10-08.48 (2)	08.44-09.05 (2)		
29			08.24-08.58 (1)					08.11-08.47 (2)	08.46-09.04 (2)		
30			08.24-08.57 (1)					08.13-08.47 (2)	08.48-09.01 (2)		
31			08.25-08.56 (1)								

(1) = Voimala numero

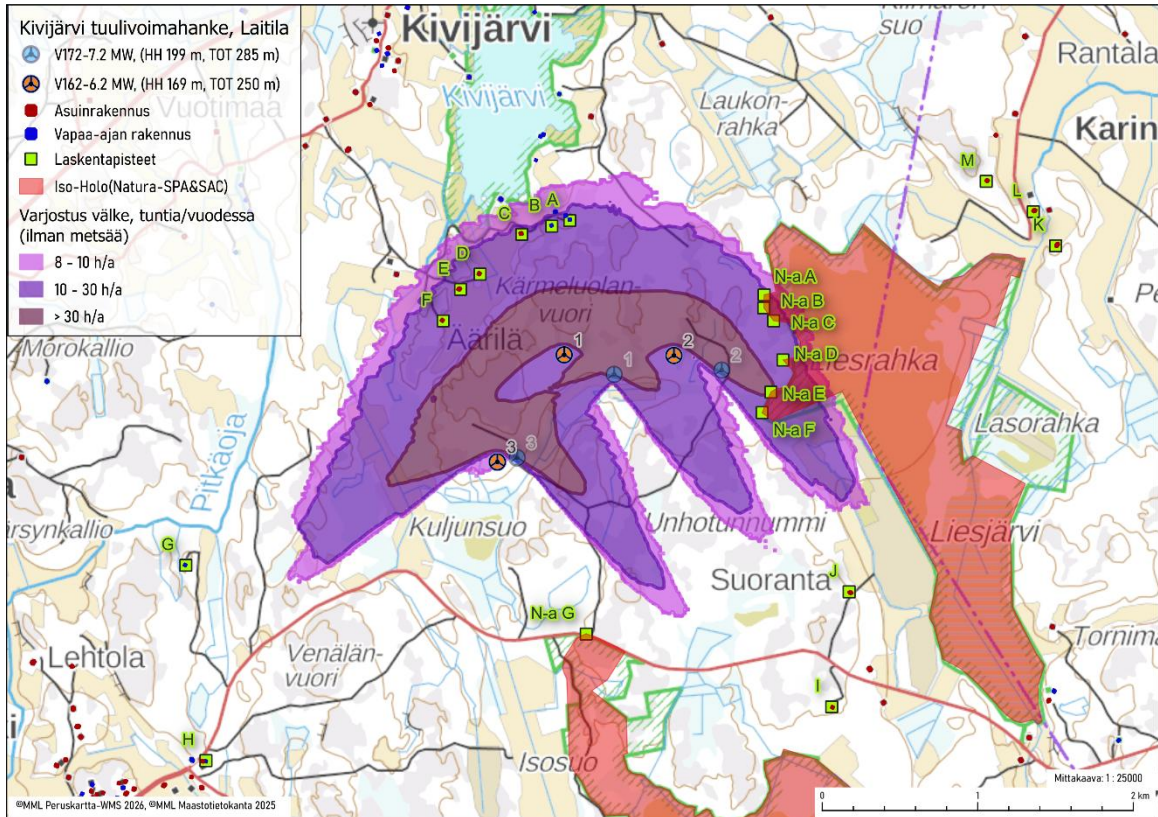
3.3 Lieventävät toimenpiteet ja Natura-alueen huomioiminen

Kivijärven tuulivoimahankkeen vieressä sijaitsee Iso-Hölön Natura-alue, johon suunnitelman mukaiset voimat aiheuttavat varjostusvälkettä. Natura-alueisiin ei ole numeerista raja-arvoa, jolla välkevaikutus voitaisiin suoraan poissulkea, joten sen merkitys suojeluperusteisille lajeille arvioidaan tapauskohtaisesti.

Välkevaikutusta voidaan tarvittaessa lieventää useilla keinoilla, kuten rajoittamalla voimaloiden käyntiaikaa tai siirtämällä voimat kauemmaksi altistuvasta kohteesta. Myös meluvaikutusten vuoksi tehdyt lieventävät toimenpiteet vähentävät välkevaikutuksia. Kivijärven tuulivoimahankkeen meluselvityksessä (26.2.2026) on esitetty Iso-Hölön Natura-alueelle kohdistuvien meluvaikutusten lieventämistoimenpiteitä. Melumallinnuksessa on käytetty pienempiä voimaloita, joita on siirretty länteen kaavoitettavan alueen sallimissa rajoissa. Nämä muutokset pienentävät merkittävästi myös varjostusvälkkeen vaikutusalueetta Natura-alueella mutta lisäävät välkettä hieman koillispuolella olevilla rakennuksilla.

Kuvassa 4 on esitetty lieventämistoimenpiteitä kuvaava välkemallinnus kartalla. Mallinnus ei huomioi puuston suojaavaa vaikutusta. Taulukossa 7 on esitetty välkkeen vuotuiset laskentatulokset ennen käyntiajanrajoituksia sekä niiden jälkeen, kun välkettä hallitaan asuin- ja lomarakennusten sekä Natura-alueen rajausten perusteella välkkeenhallintajärjestelmällä. Laskentakohteina ovat lähimmät asuin- ja lomarakennukset sekä Natura-alueen lähimmät rajaukset. Laskentatulosten mukaan, jos käyntiajan rajoitustoimet kohdistetaan vain hankkeen länsipuolelle, itäpuolen varjostus ei vähene. Tarvittaessa käyntirajoituksia voidaan kohdistaa myös itäpuolelle Natura-arvioinnissa tunnistettujen suojeluperusteisten lajien perusteella.

Suurin välkeaika ennen käyntiaikojenrajausta kohdistuu laskentakohteeseen N-a E, ollen 31 tuntia 16 minuuttia. Välkkeen määrä kuitenkin vähenee voimakkaasti liikuttaessa ulkoreunalta syvemmälle Natura-alueelle. Laskentakohteesta N-a E liikuttaessa 300 metriä syvemmälle, välkevaikutus jää alle 10 tuntia vuodessa ja liikuttaessa 370 metriä välke vaikutus jää alle 8 tuntia vuodessa.



Kuva 3. Välikemallinnus esitettyä kartalla, ilman metsän peitteistä vaikutusta.

Taulukko 7. Välikkeen vuotuiset laskentatulokset ennen käyttöajanrajoituksia sekä niiden jälkeen.

Laskentapiste A-M	Ennen välikkeen hallintaa [h:min/vuosi]	Välikkeen hallinta rak. [h:min/vuosi]	Välikkeen hallinta rak+Natura [h:min/vuosi]
A. Vapaa-ajan rakennus	12:03	5:42	5:42
B. Vapaa-ajan rakennus	11:56	5:37	5:37
C. Asuinrakennus	11:43	5:31	5:31
D. Asuinrakennus	14:45	6:35	6:35
E. Asuinrakennus	14:36	6:30	6:30
F. Asuinrakennus	15:25	6:58	6:58
G. Vapaa-ajan rakennus	0:00	0:00	0:00
H. Vapaa-ajan rakennus	0:00	0:00	0:00
I. Asuinrakennus	0:00	0:00	0:00
J. Asuinrakennus	0:00	0:00	0:00
K. Asuinrakennus	0:00	0:00	0:00
L. Asuinrakennus	0:00	0:00	0:00
M. Asuinrakennus	0:00	0:00	0:00
N-a A. Natura-alue	12:57	12:57	8:00
N-a B. Natura-alue	15:16	15:16	3:55
N-a C. Natura-alue	14:43	14:43	3:41
N-a D. Natura-alue	16:33	16:33	3:59
N-a E. Natura-alue	31:16	31:16	5:00
N-a F. Natura-alue	21:42	21:42	5:48
N-a G. Natura-alue	0:00	0:00	0:00

4. Viittaukset

[1] Ympäristöhallinnon ohjeita 5. Päivitys 2016. *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Ympäristöministeriö, Helsinki, Suomi.

[2] P. Jokinen et al.: Tilastoja Suomen ivälkevaikutukset lieventyvät, Ilmatieteen laitos, Raportteja 2021:8.

[3] Danish Energy Agency; Danish Wind Industry Association, 2010. Shadow flicker and wind turbines – guidance. Kööpenhamina, Tanska.

[4] EMD International A/S. WindPRO – Shadow Module Documentation. Aalborg, Tanska.

[5] Fehily Timoney & Company, 2023. EIAR Shadow Flicker Methodology. Irlanti.

[7] Vestas Wind Systems A/S. Shadow flicker mitigation and operational control of wind turbines. Tanska.