

Teuvan Siltanevan tuulivoimapuisto

Välkeseelvitys



Muutosluettelo

Versio:	Päiväys:	Muutoksen kuvaus	Tarkastettu	Hyväksyjä
01	10.12.2024	Valmis	Juho Ali-Tolppa	Juho Ali-Tolppa

Projekti:

Työnumero:

Asiakas:

Päiväys:

Tekijä:

Teuvan Siltanevan YVA:n välkesselvitys

25011894

Winda Energy Oy

10.12.2024

Lassi Pirttinen

Sisältö

1.	JOHDANTO	4
2.	VÄLKE	6
3.	VÄLKKEEN OHJEARVOT	6
4.	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	7
4.1	Lähtötiedot	7
4.2	Menetelmät	9
5.	VÄLKEVAIKUTUKSET	9
5.1	Hankevaihtoehto VE1	9
5.2	Hankevaihtoehto VE2	12
5.3	Lisätarkastelu hankevaihtoehdolle VE1: Roottorin halkaisija 180 m ja napakorkeus 180 m	15
5.4	Epävarmuustekijät	18
6.	YHTEENVETO	18
7.	LÄHTEET	19
	LIITE 1. SILTANEVAN TUULIVOIMAPUISTON VÄLKEMALLINNUSTULOSTEITA	20

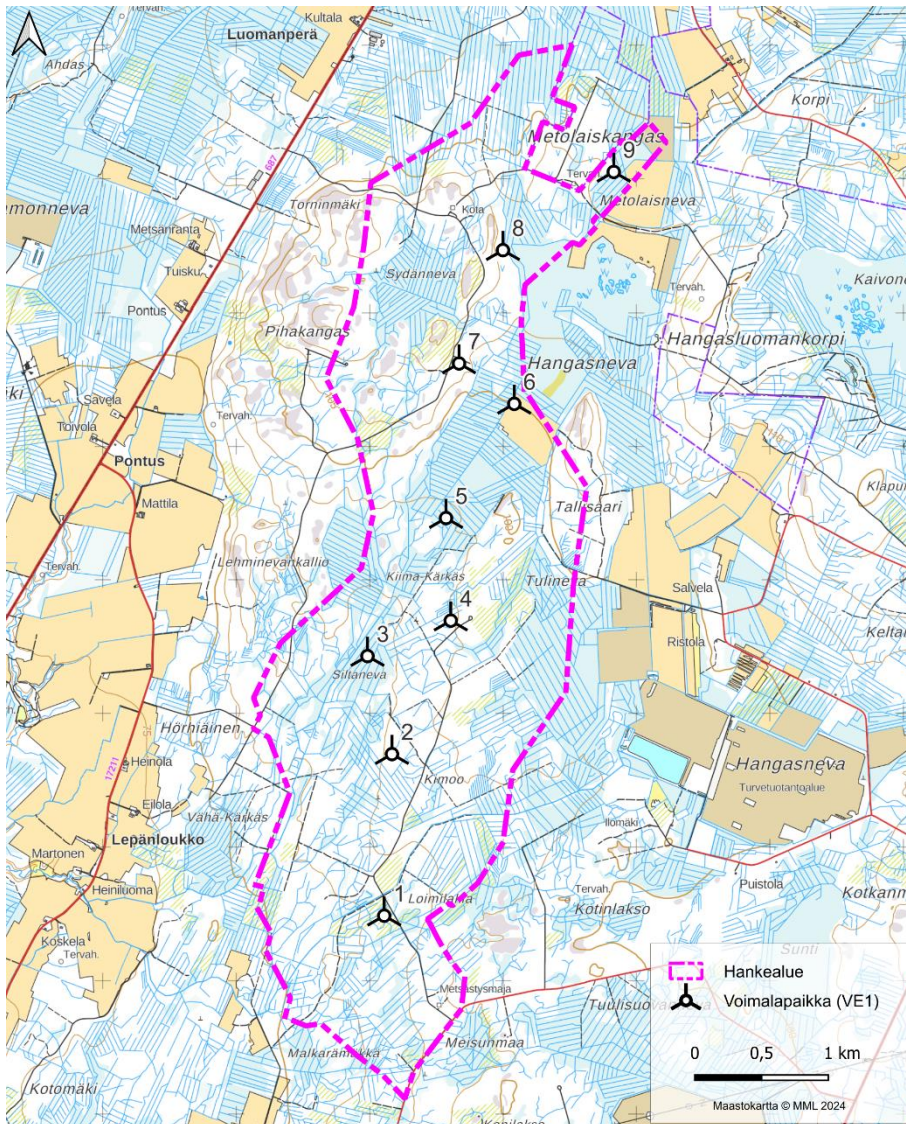
1. Johdanto

Tässä välkeselvityksessä on laskennallisten mallinnusten perusteella arvioitu Teuvan kuntaan suunnitellun Siltanevan tuulivoimapuiston voimaloiden aiheuttamia välkevaikutusaikoja. Suunnitellussa Siltanevan tuulivoimahankkeessa on kaksi tarkasteltavaa hankevaihtoehtoa. Tässä välkeselvityksessä Siltanevan tarkastellut hankevaihtoehdot ovat:

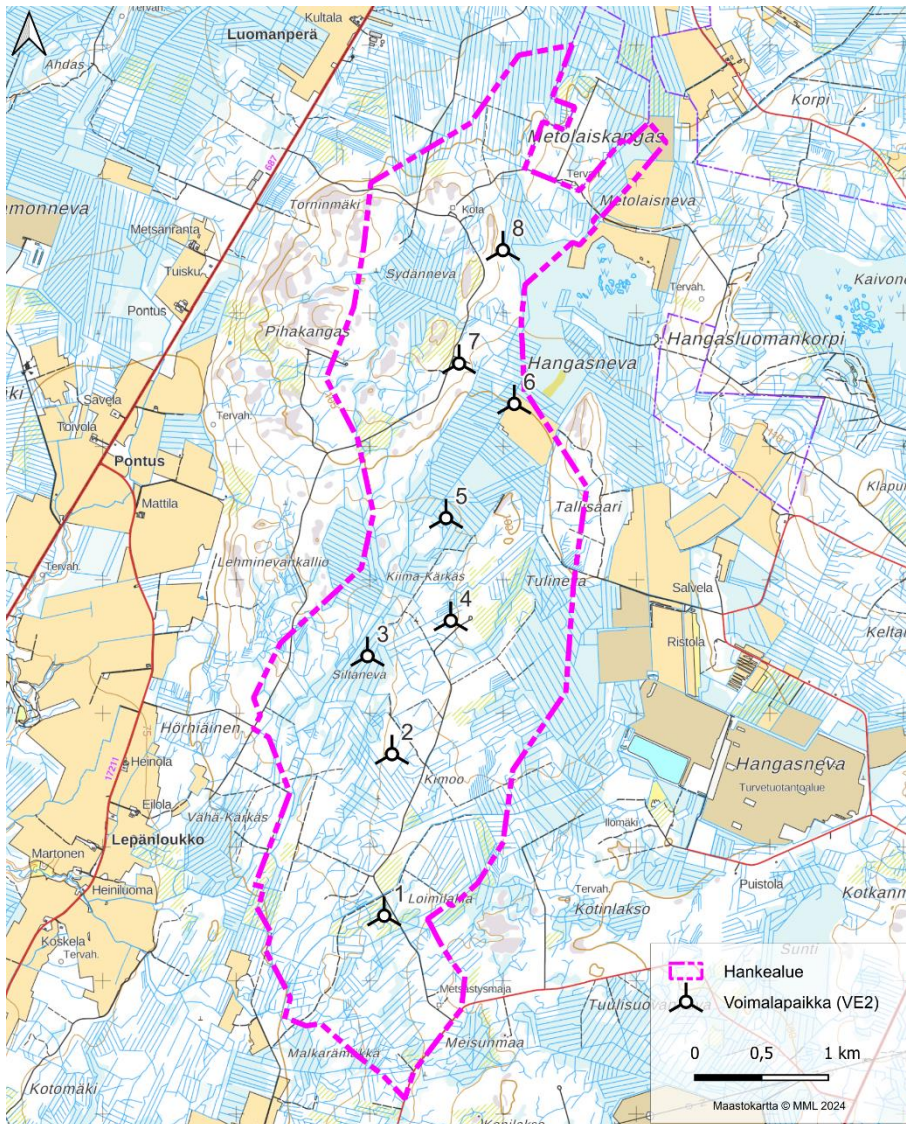
- VE1 (9 voimalaa)
- VE2 (8 voimalaa)

Välkemallinnus on tehty windPRO 4.0 -ohjelmiston SHADOW-moduulilla ja siinä on seurattu ympäristöministeriön ohjeistusta (Ympäristöministeriö, 2016). Välkevaikutukset on mallinnettu ilman puuston vaikutuksen huomioimista. Mallinnuksissa Siltanevan voimaloiden napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija 200 metriä. Välkemallinnuksessa on käytetty Siltanevan voimaloissa Siemens Gamesan SG 6.6-170 -voimalan lapaleveyslähtötietoja, joita on levennetty vastaamaan siiven pituutta 100 metriä. Selvityksessä on lisätarkasteluna arvioitu mallintaen Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 osalta välkeavaikutuksia napakorkeuden ollessa 180 metriä ja roottorin halkasijan 180 metriä.

Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 voimalasijoittelu on esitetty kuvassa 1 ja hankevaihtoehdon VE2 voimalasijoittelu on esitetty kuvassa 2. Voimaloiden sijaintikoordinaatit on esitetty liitteiden windPRO-tulosteissa.



Kuva 1. Siltanevan tuulivoimahankkeen voimaloiden sijainnit hankevaihtoehtoon VE1 tilanteessa.



Kuva 2. Siltanevan tuulivoimahankkeen voimaloiden sijainnit hankevaihtoehdon VE2 tilanteessa.

2. Välke

Välkettä eli valon ja varjon vilkkumista aiheuttaa auringon paistaessa tuulivoimalan takaa. Roottorin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi tuulivoimalan sijainnista, koosta ja auringon kulmasta riippuen ulottua jopa 1–3 kilometrin päähän tuulivoimalasta. (Ympäristöministeriö, 2016)

Välkevaikutus riippuu sääoloista. Välkettä on usein havaittavissa vain aurinkoisina päivinä ja tiettyinä aikoina vuorokaudesta. Vaikutuksen lieventämiseksi tuulivoimalat voidaan ohjelmoida pysähtymään välkkeen kannalta kriittisiksi ajoiksi. (Ympäristöministeriö, 2016)

3. Välkkeen ohjearvot

Suomessa ei ole määritelty välkevaikutuksille virallisia raja- tai ohjearvoja. Ympäristöhallinnon ohjeen (Ympäristöministeriö, 2016) mukaan on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia välkkeen

rajoittamisesta. Esimerkiksi Saksassa on rajoitettava maksimissaan kahdeksaan tuntiin vuodessa välkkeen määrä ns. todellisessa tilanteessa. Tanskassa sovelletaan tyypillisesti todellisen tilanteen raja-arvona kymmenentä tuntia vuodessa. Ruotsissa vastaava suositus on enintään 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. (Ympäristöministeriö, 2016) Niin sanotun todellisen tilanteen mallinnuksessa huomioidaan tilastoidut arvot auringonpaistetunneista sekä tuulen suunnan jakaumasta.

Lisäksi Saksassa on raja-arvo 30 minuuttia välkettä päivässä sekä 30 tuntia välkettä vuodessa teoreettisessa maksimitilanteessa (Ympäristöministeriö, 2016). Teoreettisella maksimitilanteen mallinnuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa oletetaan auringon paistavan aina (auringonnoususta auringonlaskuun), turbiinien olevan aina käynnissä ja roottorin olevan kohtisuorassa rakennuksia kohti.

Tässä välkeselvityksessä mallinnettiin ns. todellisen tilanteen vuotuinen välkeaika (h:min/v), ns. todellisen tilanteen päiväkohtainen maksimivälkeaika (min/pv), teoreettinen vuotuinen maksimivälkeaika (h:min/v) ja teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälkeaika (h:min/pv).

4. Lähtötiedot ja menetelmät

4.1 Lähtötiedot

Tuulivoimaloiden aiheuttamien välkevaikutusten laskennassa varjovälkettä huomioidaan, jos aurinko on vähintään yli 3 astetta horisontin yläpuolella. Tuulivoimalan lapaleveysmittojen (lavan maksimileveys ja lavan leveys 90 % etäisyydellä lavan tyvestä) keskiarvon avulla ohjelmisto laskee maksimietäisyyden voimalasta, jossa välkevaikutukset lasketaan. Maksimitarkasteluetäisyys määritetään niin, että voimalan lapa peittää vähintään 20 % auringosta.

Mallinnuksessa Siltanevan voimaloiden lavan mittojen lähtökohtana on hyödynnetty Siemens Gamesa voimalan SG6.6 -170:n lavan maksimileveyden sekä leveyden 90 % etäisyydellä tyvestä mittoja, jotka on esitetty windPRO:n voimalakatalogissa kyseiselle voimalatyypille. Näitä mittoja on arvioitu levantämällä vastaamaan mallinnuksessa käytetyn roottorin halkaisijaa. Lapamitat mallinnuksissa Siltanevan voimaloissa ovat:

- Lavan maksimileveys: 4,75 m
- Lavan leveys 90% etäisyydellä tyvestä: 1,75 m

Mallinnuksissa Siltanevan voimaloiden napakorkeus on 200 metriä ja roottorin halkaisija on 200 metriä.

Lisätarkastelussa on mallinnettu Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 välkevaikutuksia, kun voimaloiden napakorkeus on 180 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä. Lisätarkastelussa on myös hyödynnetty Siemens Gamesa SG6.6-170:n lapaleveysmittoja, joita on arvioitu levantämällä vastaamaan roottorin halkaisijaa 180 metriä. Lavan maksimileveys mallinnuksessa on 4,58 metriä ja lavan leveys 90% etäisyydellä tyvestä 1,58 metriä.

Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Pelmaan sääaseman pitkäaikaisiin säätietoihin 1991-2020 (Ilmatieteen laitos, 2021). Laskentojen tuulen suuntana ja nopeusjakamana käytettiin Ilmatieteen laitoksen Tuuliatlaksen dataa hankealueelta. Alla olevissa taulukoissa on esitetty ns. todellisen tilanteen välkevaikutusajan mallinnuksissa käytetyt auringonpaistetunnit (Taulukko 1) ja tuulisuusdata (Taulukko 2). Taulukossa 2 esitetyissä tuulisuusarvoissa on huomioitu aineistossa esitetty tuotantotappioarvio (5,6 %).

Taulukko 1. Auringopaistetunnit Pelmaan sääasemalla (Ilmatieteenlaitos, 2021)

Kuukausi	Auringonpaistetunnit/kk (keskiarvo)	Auringonpaistetunnit/pv (keskiarvo)
Tammikuu	30	0,97
Helmikuu	71	2,54
Maaliskuu	145	4,68
Huhtikuu	189	6,30
Toukokuu	267	8,61
Kesäkuu	276	9,20
Heinäkuu	268	8,65
Elokuu	207	6,68
Syyskuu	140	4,67
Lokakuu	80	2,58
Marraskuu	31	1,03
Joulukuu	17	0,55

Taulukko 2. Mallinnuksissa käytetty tuulisuusdata (Ilmatieteen laitos 2009). Tuulisuusdata haettu koordinaateista (ETRS-TM35FIN): Itä 237 813; Pohjoinen 6 946 901.

Ilmansuunta	Frekvenssi koko aineistolle (%)	Tuulisuus tuotantotappio huomioiden (h/v)
N	8,54	706
NNE	5,73	474
ENE	4,42	366
E	4,41	365
ESE	5,64	466
SSE	7,41	613
S	9,98	825
SSW	17,85	1476
WSW	13,73	1135
W	8,82	729
WNW	6,96	576
NNW	6,52	539

Voimaloista aiheutuvaa välkettä tarkasteltiin 13 reseptoripisteen (asuin- ja lomarakennukset) kohdalla Siltanevan tuulivoimaloiden lähistöllä yksityiskohtaisemmin. Selvityksessä tarkasteltujen reseptoripisteiden koordinaatit ja rakennusluokitus on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Välkeselvityksessä tarkastellut reseptoripisteet

Reseptoripiste	Rakennusluokitus	Itä (ETRS-TM35FIN)	Pohjoinen (ETRS-TM35FIN)
R01	Asuinrakennus	234 159,5	6 945 591,9
R02	Asuinrakennus	234 220,8	6 945 240,8
R03	Asuinrakennus	234 578,1	6 947 933,1
R04	Asuinrakennus	234 809,6	6 949 346,1
R05	Asuinrakennus	235 920,9	6 951 149,4
R06	Asuinrakennus	236 051,7	6 951 259,1
R07	Lomarakennus	236 548,8	6 943 843,4
R08	Lomarakennus	236 817,0	6 942 982,4
R09	Asuinrakennus	238 097,7	6 945 158,0
R10	Lomarakennus	238 178,7	6 948 810,5
R11	Asuinrakennus	238 600,1	6 946 540,4
R12	Asuinrakennus	238 604,9	6 947 020,6
R13	Lomarakennus	238 627,1	6 951 557,1

Asuin- ja lomarakennusten käyttötarkoitus- ja sijaintitietoina on käytetty Maanmittauslaitoksen maastotietokannassa esitettyjä tietoja (katsottu: 10.09.2024).

Hankealueen eteläpäädyssä sijaitsee metsästysmajana toimiva kiinteistö, jota ei ole maastotietokannssa. Teuvan kunnan päätöksellä kiinteistö luokitellaan lomarakennukseksi ja on näin ollen huomioitu välkevaikutusten arvioinnissa ja tämän välkeselvityksen välkemallinnuksissa (reseptoripiste R07).

4.2 Menetelmät

Tuulivoimaloiden aiheuttama välke on mallinnettu windPRO 4.0 -ohjelman SHADOW-moduulilla. Välkkeen havaintokorkeutena käytettiin 1,5 metriä. Välkevaikutuksen laskentaikkunan leveys on 2 metriä, korkeus 2 metriä ja ikkunan oletetaan sijaitsevan 1 metrin korkeudella maanpinnasta. Mallinnukset tehtiin reseptoripisteiden ollessa ns. kasvihuone-tilassa, jossa rakennukseen kohdistuvaa välkettä huomioidaan ilmansuunnasta riippumatta.

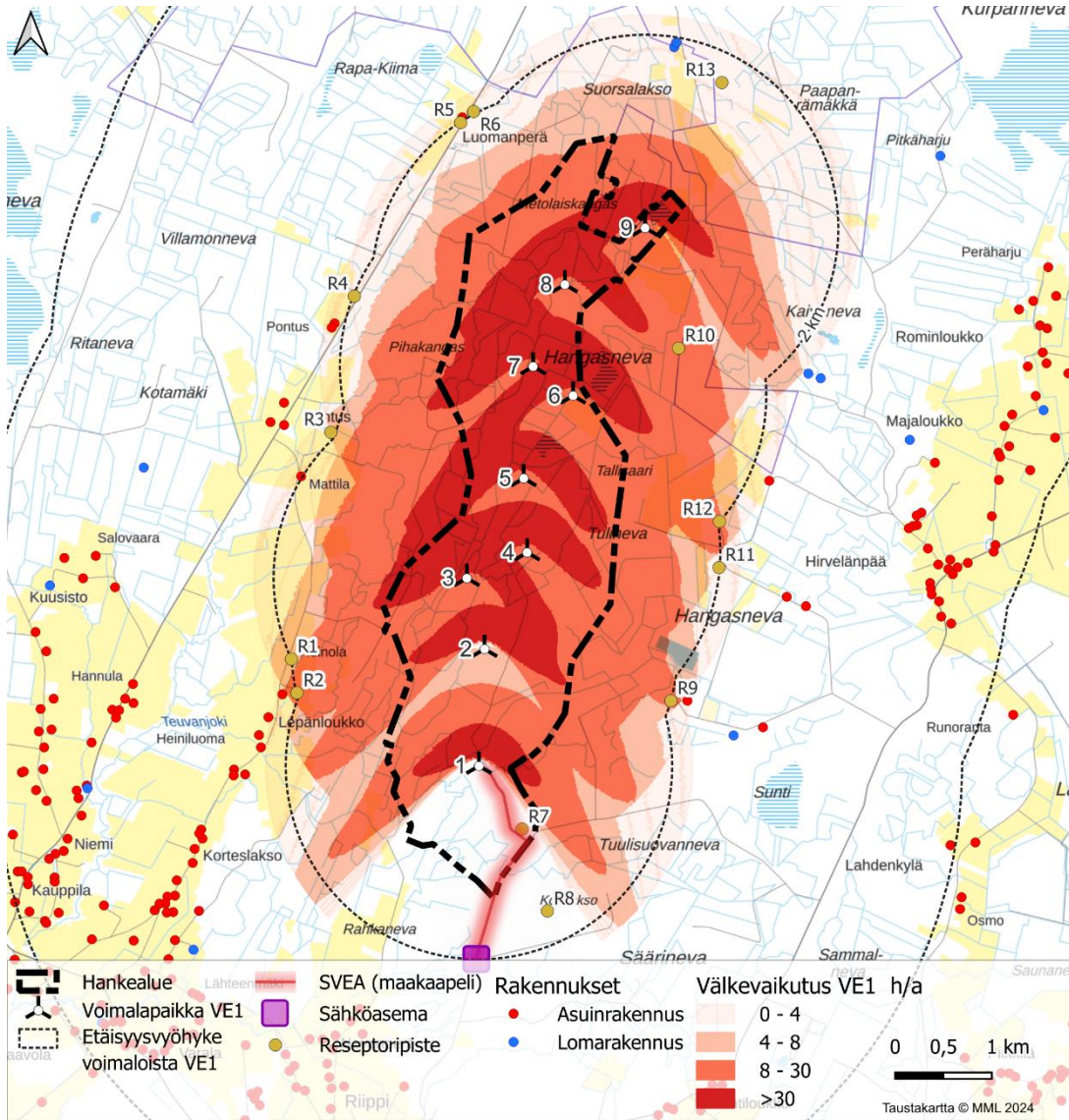
Maaston korkeusaineistona mallinnuksissa on käytetty Maanmittauslaitoksen kymmenen metrin korkeusmallia. Mallinnukset tehtiin ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.

5. Välkevaikutukset

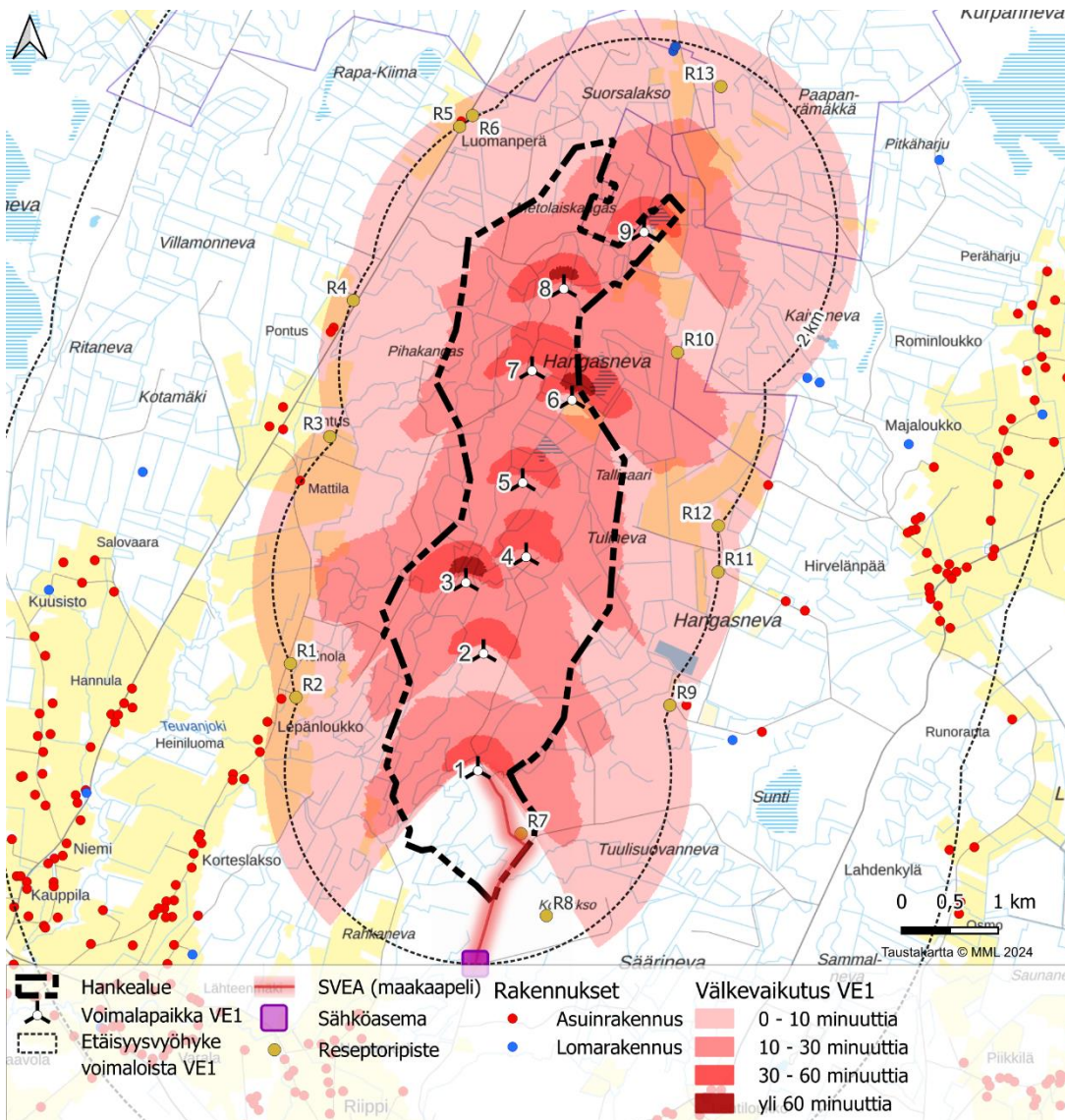
5.1 Hankevaihtoehto VE1

Siltanevan hankevaihtoehtoon VE1 välkemallinnuksen tulokset ns. todellisen tilanteen vuotuisille välkeajoille (h:min/v), teoreettisille vuotuisille maksimivälkeajoille (h:min/v) sekä teoreettisille maksimivälkkeen päiväkohtaisille maksimivälkeajoille (h:min/pv) reseptoripisteiden kohdilla on esitetty taulukossa 4. Hankevaihtoehtoon VE1 mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen vuotuiselle

välkeajalle on esitetty kuvassa 3 sekä ns. todellisen tilanteen päiväkohtaiselle maksimivälkeajalle (min/pv) kuvassa 4.



Kuva 3. Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen vuotuiselle välkeajalle. Mallinnus tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.



Kuva 4. Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen päiväkohtaiselle maksimivälkeajalle. Mallinnus tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.

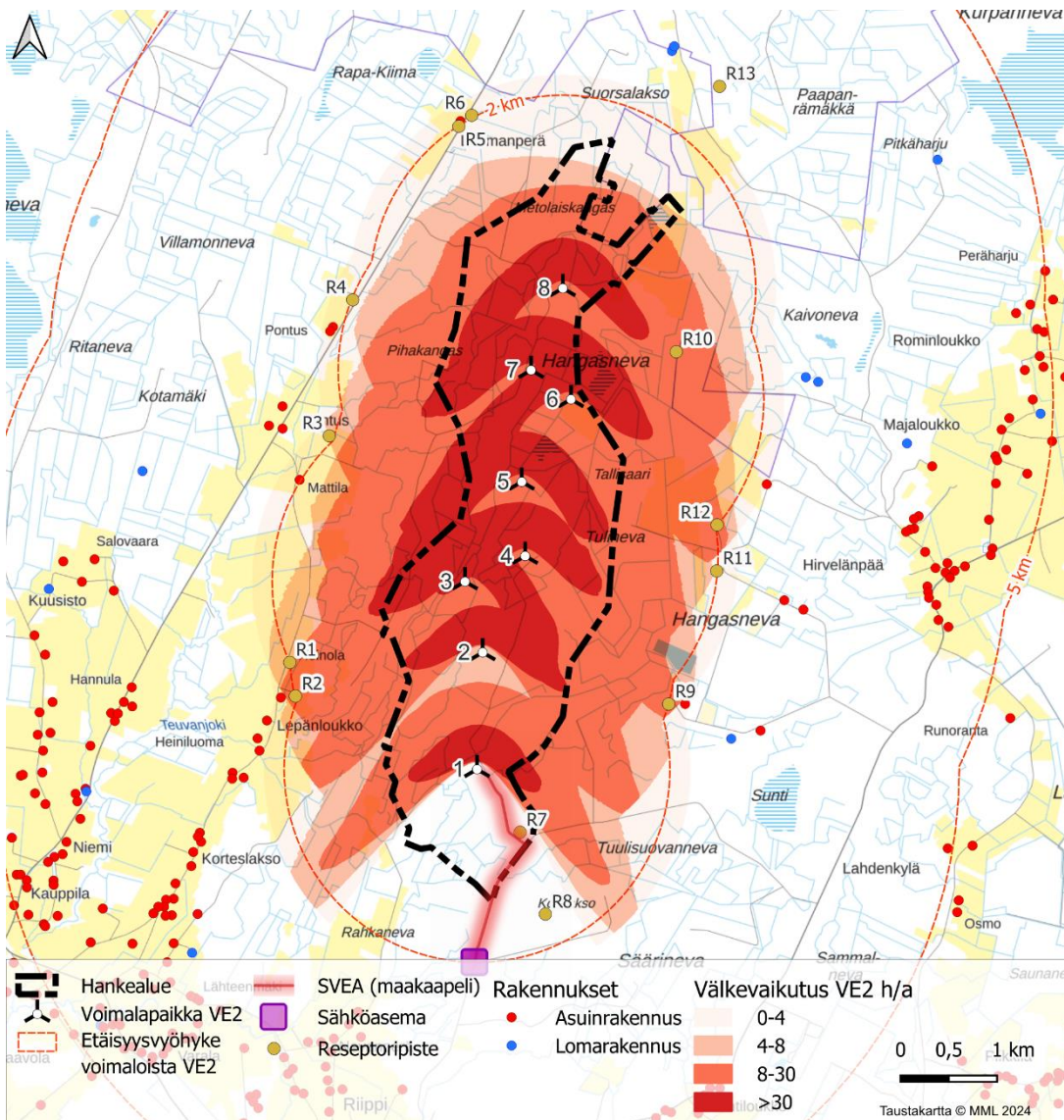
Hankevaihtoehdon VE1 mallinnustulosten perusteella ns. todellisen tilanteen vuotuinen välkeaika ylittää Saksan raja-arvon (8 h/v) ja Ruotsissa käytetyn suositusarvon (8 h/v) neljän reseptoripisteen (R02, R09, R10 ja R12) kohdalla. Mallinnustulosten perusteella teoreettinen vuotuinen maksimivälkeaika ylittää Saksan raja-arvon (30 h/v) samojen reseptoripisteiden kohdalla. Mallinnustulosten perusteella teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälkeaika ylittää Saksan raja-arvon (30 min/pv) yhden reseptoripisteen (R10) kohdalla. Ns. todellisen tilanteen päiväkohtainen maksimivälkeaika ei ylitä mallinnustulosten perusteella Ruotsissa käytettyä suositusarvoa (30 min/pv) yhtenkään reseptoripisteen kohdalla.

Taulukko 4. Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 välkemallinnuksen ns. todellisen tilanteen vuotuisen välkeajan (h:min/v), teoreettisen vuotuisen maksimivälkeajan (h:min/v) ja teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtaisen maksimivälkeajan (h:min/pv) mallinnustulokset reseptoripisteiden R01-R13 kohdilla. Saksan raja-arvojen ja Ruotsin suositusarvojen ylitykset on lihavoitu taulukossa.

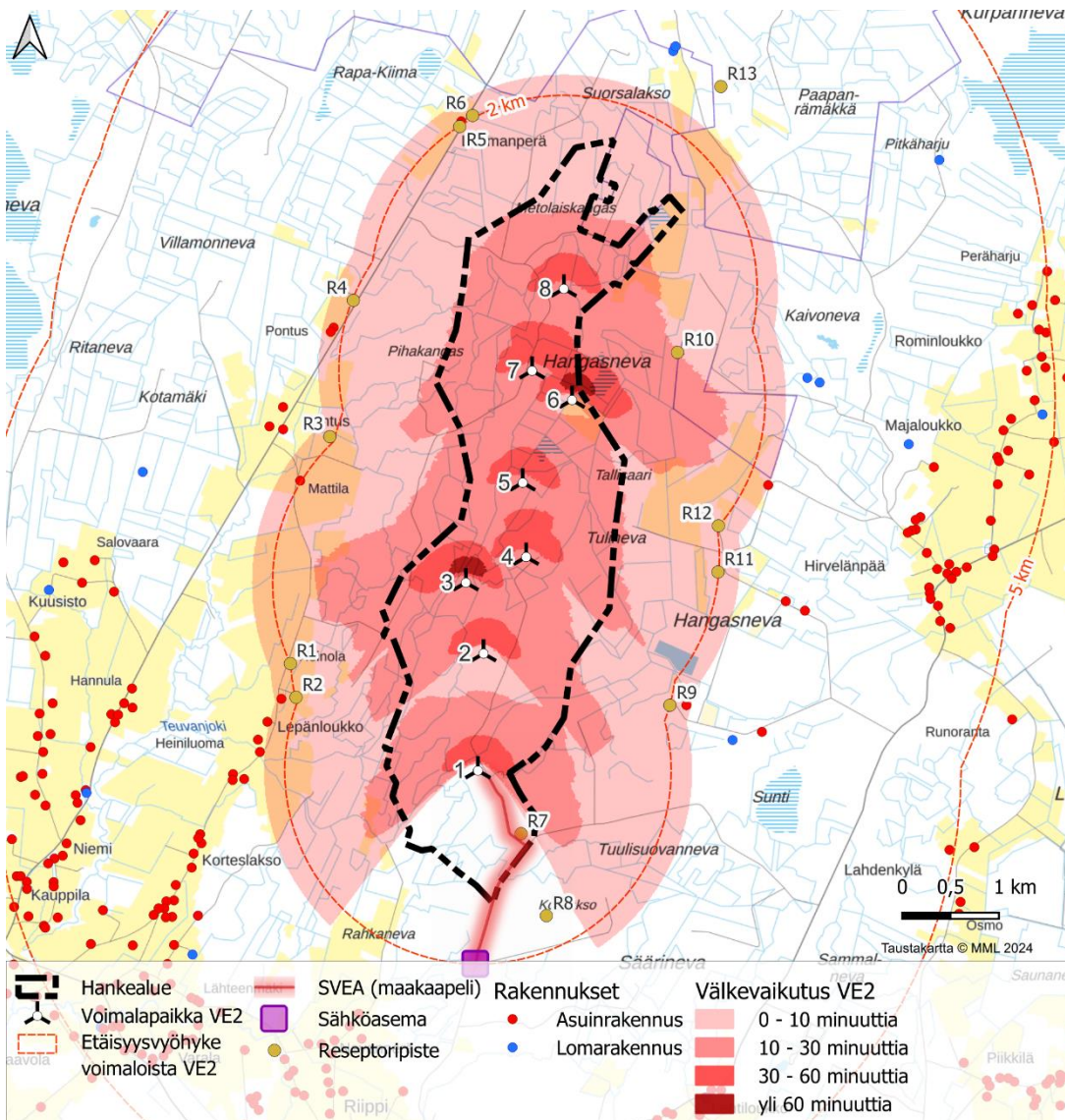
Reseptoripiste	Ns. todellisen tilanteen vuotuinen välke aika (h:min/v)	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke aika (h:min/v)	Teoreettisen maksimivälkeen päiväkohtainen maksimivälke aika (h:min/pv)
R01	6:30	24:58	0:25
R02	11:18	44:02	0:24
R03	5:50	28:39	0:23
R04	3:30	16:59	0:23
R05	2:49	19:26	0:24
R06	2:45	20:46	0:24
R07	0:00	0:00	0:00
R08	0:00	0:00	0:00
R09	9:19	39:13	0:24
R10	18:32	84:35	0:50
R11	1:54	8:55	0:23
R12	10:09	41:58	0:25
R13	2:16	20:20	0:29

5.2 Hankevaihtoehto VE2

Siltanevan hankevaihtoehdon VE2 välkemallinnuksen tulokset ns. todellisen tilanteen vuotuisille välkeajoille (h:min/v), teoreettisille vuotuisille maksimivälkeajoille (h:min/v) sekä teoreettisille maksimivälkkeen päiväkohtaisille maksimivälkeajoille (h:min/pv) reseptoripisteiden kohdilla on esitetty taulukossa 5. Hankevaihtoehdon VE2 mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen vuotuiselle välkeajalle on esitetty kuvassa 5 sekä ns. todellisen tilanteen päiväkohtaiselle maksimivälkeajalle (min/pv) kuvassa 6.



Kuva 5. Siltanevan hankevaihtoehdon VE2 mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen vuotuiselle välkeajalle. Mallinnus tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.



Kuva 6. Siltanevan hankevaihtoehdon VE2 mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen päiväkohtaiselle maksimivälkeajalle. Mallinnus tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.

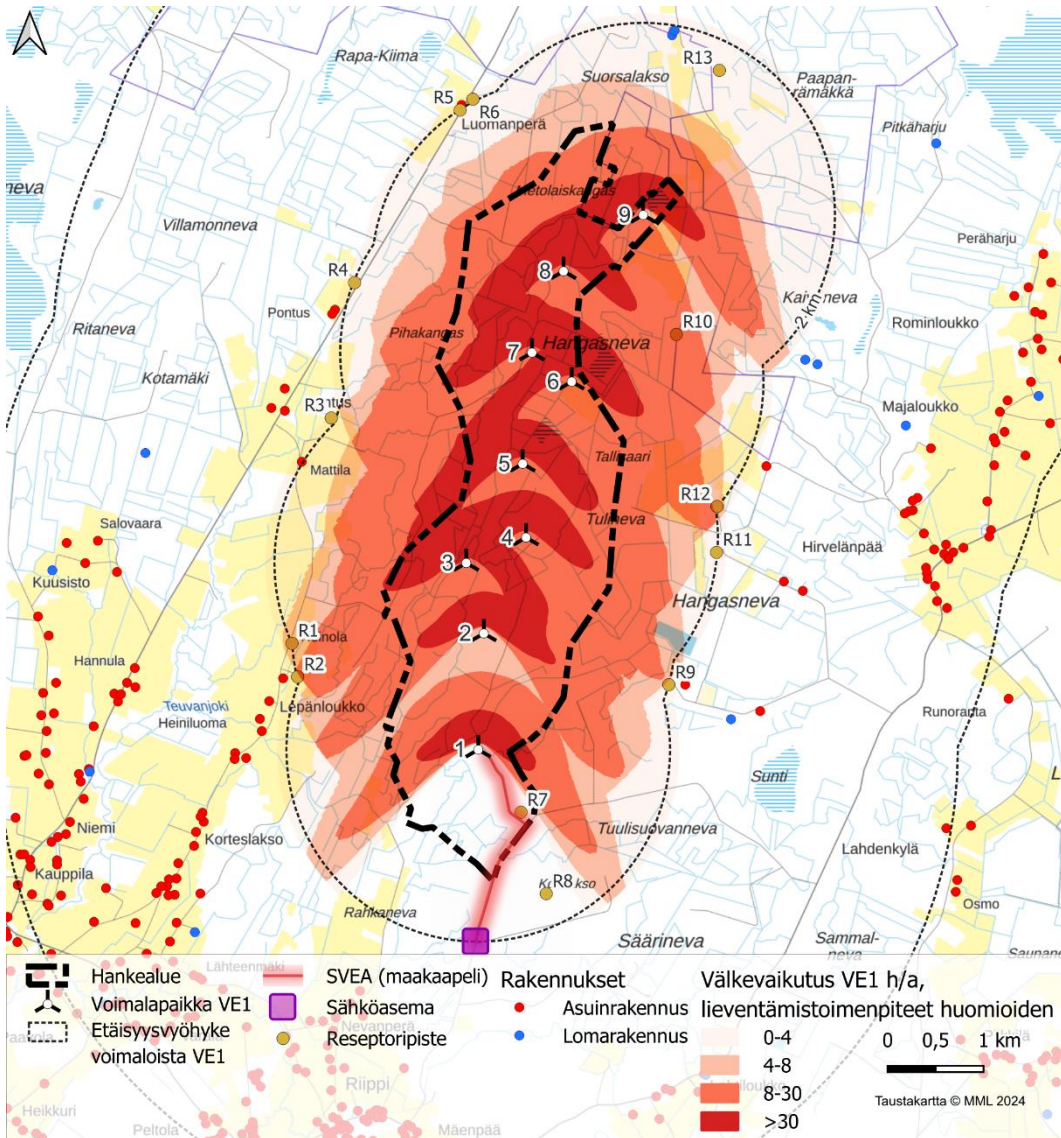
Hankevaihtoehdon VE2 mallinnustulosten perusteella ns. todellisen tilanteen vuotuinen välkeaika ylittää Saksan raja-arvon (8 h/v) ja Ruotsissa käytetyn suositusarvon (8 h/v) neljän reseptoripisteen (R02, R09, R10 ja R12) kohdalla. Mallinnustulosten perusteella teoreettinen vuotuinen maksimivälkeaika ylittää Saksan raja-arvon (30 h/v) samojen reseptoripisteiden kohdalla. Mallinnustulosten perusteella teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälkeaika ylittää Saksan raja-arvon (30 min/pv) yhden reseptoripisteen (R10) kohdalla. Ns. todellisen tilanteen päiväkohtainen maksimivälkeaika ei ylitä mallinnustulosten perusteella Ruotsissa käytettyä suositusarvoa (30 min/pv) yhtenkään reseptoripisteen kohdalla.

Taulukko 5. Siltanevan hankevaihtoehdon VE2 välkemallinnuksen ns. todellisen tilanteen vuotuisen välkeajan (h:min/v), teoreettisen vuotuisen maksimivälkeajan (h:min/v) ja teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtaisen maksimivälkeajan (h:min/pv) mallinnustulokset reseptoripisteiden R01-R13 kohdilla. Saksan raja-arvojen ja Ruotsin suositusarvojen ylitykset on lihavoitu taulukossa.

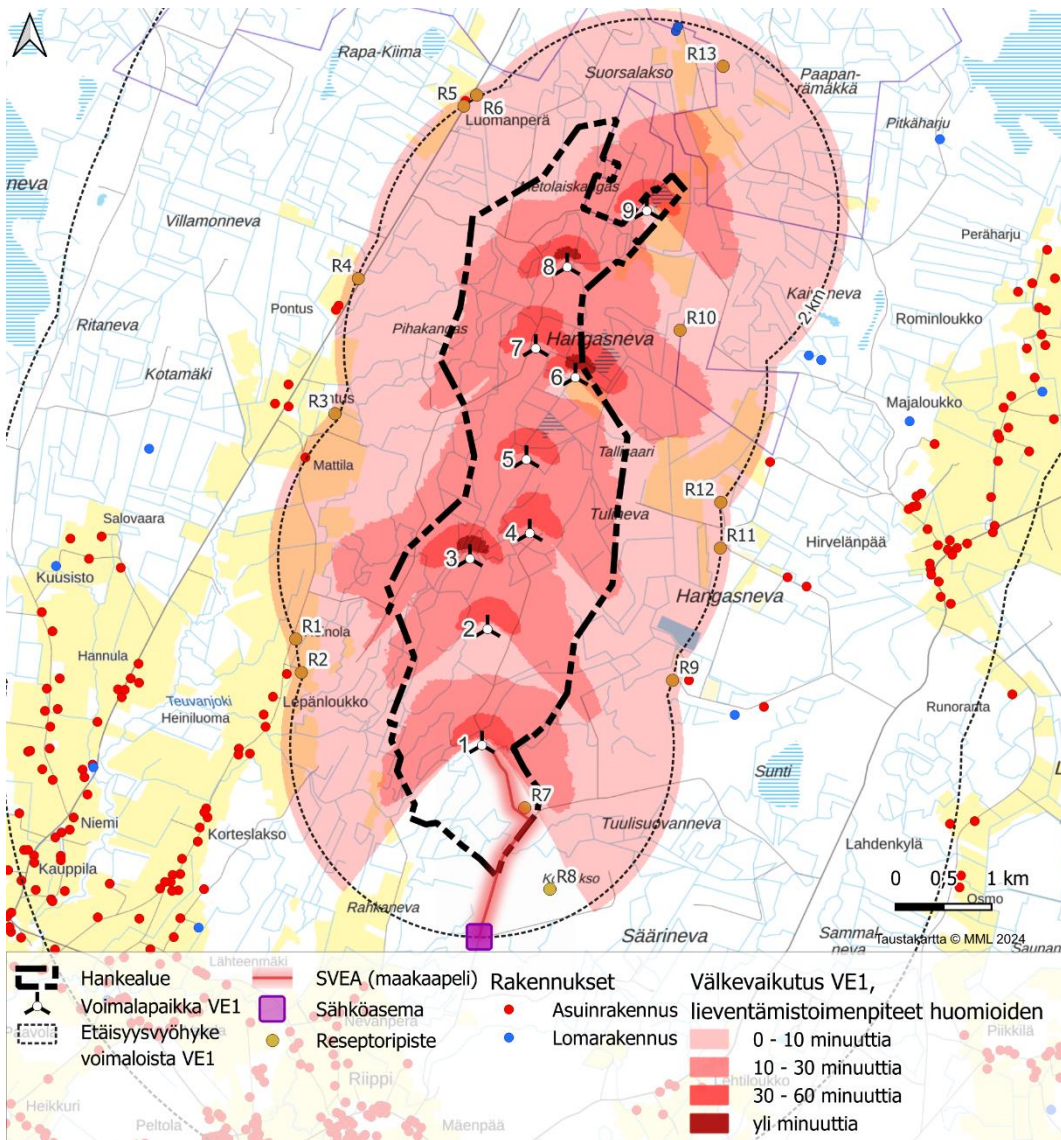
Reseptoripiste	Ns. todellisen tilanteen vuotuinen välke aika (h:min/v)	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke aika (h:min/v)	Teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälke aika (h:min/pv)
R01	6:30	24:58	0:25
R02	11:18	44:02	0:24
R03	5:50	28:39	0:23
R04	3:30	16:59	0:23
R05	1:31	11:57	0:24
R06	1:25	12:41	0:24
R07	0:00	0:00	0:00
R08	0:00	0:00	0:00
R09	9:19	39:13	0:24
R10	18:32	84:35	0:50
R11	1:54	8:55	0:23
R12	10:09	41:58	0:25
R13	0:00	0:00	0:00

5.3 Lisätarkastelu hankevaihtoehdolle VE1: Roottorin halkaisija 180 m ja napakorkeus 180 m

Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 välkevaikutuksia tarkasteltiin lisäksi pienentämällä voimaloiden napakorkeutta ja roottorin halkaisijaa niin, että niiden molempien mitat olivat mallinnuksessa 180 metriä. Lisätarkastelun mukaisen tilanteen mallinnustulokset ns. todellisen tilanteen vuotuisille välkeajoille (h:min/v), teoreettisille vuotuisille maksimivälkeajoille (h:min/v) sekä teoreettisille maksimivälkkeen päiväkohtaisille maksimivälkeajoille (h:min/pv) reseptoripisteiden kohdilla on esitetty taulukossa 6. Lisätarkastelun mallinnustulosten mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen vuotuiselle välkeajalle on esitetty kuvassa 7 sekä ns. todellisen tilanteen päiväkohtaiselle maksimivälkeajalle (min/pv) kuvassa 8.



Kuva 7. Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 lisätarkastelun mallinnuksen mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen vuotuiselle välkeajalle, kun roottorin halkaisija on 180 metriä ja napakorkeus 180 metriä. Mallinnus tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.



Kuva 8. Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 lisätarkastelun mallinnuksen mukainen välkevyöhykekartta ns. todellisen tilanteen päiväkohtaiselle maksimivälkeajalle, kun roottorin halkaisija on 180 metriä ja napakorkeus 180 metriä. Mallinnus tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.

Mallinnustuloksien perusteella ns. todellisen tilanteen vuotuinen välkeaika ylittää Saksan raja-arvon (8 h/v) ja Ruotsissa käytetyn suositusarvon (8 h/v) yhden reseptoripisteen (R10) kohdalla. Mallinnustulosten perusteella teoreettinen vuotuinen maksimivälkeaika ylittää Saksan raja-arvon (30 h/v) saman reseptoripisteen kohdalla. Mallinnustulosten perusteella teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälkeaika ylittää Saksan raja-arvon (30 min/pv) yhden reseptoripisteen (R10) kohdalla. Mallinnustulosten perusteella ns. todellisen tilanteen päiväkohtainen maksimivälkeaika ei ylitä Ruotsissa käytettyä suositusarvoa (30 min/pv) yhdessä reseptoripisteessä.

Taulukko 6. Siltanevan hankevaihtoehdon VE1 lisätarkastelun mallinnuksen ns. todellisen tilanteen vuotuisen välkeajan (h:min/v), teoreettisen vuotuisen maksimivälkeajan (h:min/v) ja teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtaisen maksimivälkeajan (h:min/pv) mallinnustulokset reseptoripisteiden R01-R13 kohdilla. Saksan raja-arvojen ja Ruotsin suositusarvojen ylitykset on lihavoitu taulukossa.

Reseptoripiste	Ns. todellisen tilanteen vuotuinen välke aika (h:min/v)	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke aika (h:min/v)	Teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälke aika (h:min/pv)
R01	5:04	19:39	0:22
R02	3:26	15:55	0:22
R03	2:33	14:48	0:21
R04	1:21	7:17	0:21
R05	1:11	9:59	0:22
R06	1:08	10:41	0:22
R07	0:00	0:00	0:00
R08	0:00	0:00	0:00
R09	1:37	7:22	0:22
R10	13:06	58:49	0:39
R11	1:27	6:48	0:21
R12	6:52	28:42	0:23
R13	1:51	17:34	0:26

5.4 Epävarmuustekijät

Niin sanotun todellisen tilanteen välkevaikutuksen mallinnustulos perustuu tuulisuuden ja auringonpaisteen tilastolliseen dataan, jolla pyritään kuvastamaan todennäköistä tilannetta. Välkkeen määrä saattaa poiketa mallinnetuista arvoista, mikäli sääolosuhteet eroavat merkittävästi mallinnuksessa käytetyistä tilastoiduista 30 vuoden keskiarvoista. Välkkeen muodostumiseen vaikuttaa tuulivoimaloiden käyttöaste, jonka pienentyessä välke yksittäisessä pisteessä saattaa pienentyä.

Mallinnuksissa reseptoripisteissä käytettiin niin sanottua kasvihuoneoletusta, jossa reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkettä tarkastellaan ilmansuunnasta riippumatta. Todellisessa tilanteessa välkevaikutusten suuruus rakennuksen sisällä riippuu ikkunoiden suunnasta ja koosta.

Välkemallinnukset on tehty ilman puuston vaikutuksen huomioimista. Puusto voi vähentää näkyvyyttä voimaloille huomattavasti ja vähentää välkevaikutusta, mutta puuston peittävyys vaihtelee vuodenaikojen ja vuosien välillä, minkä takia mallinnukset on tehty ilman puuston suojaavan vaikutuksen huomioimista.

6. Yhteenveto

Tässä välkeselvityksessä on mallinnusten avulla arvioitu suunnitellun Teuvan Siltanevan tuulivoimapaiston voimaloiden välkevaikutusaikoja. Välkemallinnukset tehtiin Siltanevan hankevaihtoehdoille VE1 (9 voimalaa) ja VE2 (8 voimalaa). Lisäksi tehtiin lisätarkastelu hankevaihtoehdolle VE1 pienentämällä voimaloiden napakorkeutta ja roottorin halkaisijaa. Välkemallinnukset tehtiin ilman puuston vaikutusten huomioimista. Mallinnuksissa Siltanevan hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 voimaloiden napakorkeus oli 200 metriä ja

roottorin halkaisija 200 metriä. Lisätarkastelun mallinnuksessa hankevaihtoehdon VE1 voimaloiden voimaloiden napakorkeus oli 180 metriä ja roottorin halkaisija 180 metriä.

Siltanevan hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 mallinnustulosten perusteella Siltanevan voimaloista aiheutuva ns. todellisen tilanteen vuotuinen välkeaika ylittää Saksan raja-arvon ja Ruotsin suositusarvon (8 h/v) neljän reseptoripisteenä käytetyn asuin- tai lomarakennuksen kohdalla. Samojen neljän reseptoripisteen kohdalla ylittyy molempien hankevaihtoehtojen mallinnustulosten perusteella myös Saksan raja-arvo (30 h/v) teoreettiselle vuotuiselle maksimivälkeajalle. Lisäksi teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtaisen maksimivälkeajan Saksan raja-arvo (30 min/pv) ylittyy molempien hankevaihtoehtojen osalta yhdessä reseptoripisteessä. Ns. todellisen tilanteen päiväkohtainen maksimivälkeaika ei ylitä mallinnustulosten perusteella Ruotsin suositusarvoa (30 min/pv) yhdenkään reseptoripisteen kohdalla kummankaan hankevaihtoehdon osalta.

Hankevaihtoehdon VE1 lisätarkastelun mallinnustulosten perusteella ns. todellisen tilanteen vuotuinen välkeaika, teoreettinen vuotuinen maksimivälkeaika ja teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen maksimivälkeaika ylittävät raja- ja suositusarvot yhden reseptoripisteenä käytetyn lomarakennuksen kohdalla. Lisätarkastelun mallinnustulosten perusteella ns. todellisen tilanteen päiväkohtainen maksimivälkeaika ei ylitä suositusarvoa yhdenkään reseptoripisteen kohdalla.

7. Lähteet

Ilmatieteen laitos, 2009. Suomen Tuuliatlas. Tuulisuustiedot koordinaattipisteessä (ETRS-TM35FIN): Itä 237 813, Pohjoinen 6 946 901. <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/> (Luettu 11.10.2024).

Ilmatieteen laitos, 2021. Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1991–2020. Raportteja 8/2021.

Ympäristöministeriö, 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu Päivitys 2016. Ympäristöministeriö, Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016, <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4634-3>.

LIITE 1. Siltanevan tuulivoimapuiston välkemallinnustulosteita

Project:

Siltaneva Teuva

Licensed user:

Sweco Finland Oy

Ilmalanportti 2

FI-00240 Helsinki

Lassi / lassi.pirttinen@sweco.fi

Calculated:

15.10.2024 11.27/4.0.552

SHADOW - Main Result

Calculation: Siltaneva VE1

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence

Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade

Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence

3 °

Day step for calculation

1 days

Time step for calculation

1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,97	2,54	4,68	6,30	8,61	9,20	8,65	6,68	4,67	2,58	1,03	0,55

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
706	474	366	365	466	613	825	1 476	1 135	729	576	539	8 270

Monthly aggregation of real case reduction

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

Height contours used: 10m_korkeusmalli_MML

Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

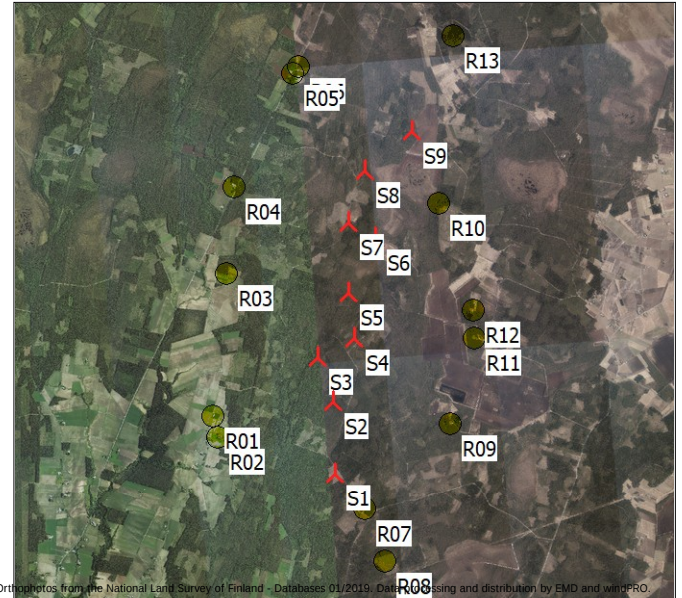
Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type		Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.					Calculation distance [m]	RPM [RPM]
			[m]									
S1	236 109,5	6 944 485,8	85,8	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S2	236 167,6	6 945 695,3	92,3	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S3	235 984,3	6 946 428,7	89,0	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S4	236 608,1	6 946 693,8	95,2	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S5	236 572,5	6 947 461,4	94,9	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S6	237 083,4	6 948 316,2	100,5	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S7	236 669,8	6 948 618,5	107,3	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S8	236 998,7	6 949 466,1	107,9	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S9	237 828,8	6 950 051,8	103,7	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8

Shadow receptor-Input

No.	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
R01	234 159,5	6 945 591,9	74,2	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R02	234 220,8	6 945 240,8	74,2	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R03	234 578,1	6 947 933,1	77,5	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R04	234 809,6	6 949 346,1	84,3	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R05	235 920,9	6 951 149,4	92,7	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R06	236 051,7	6 951 259,1	92,8	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R07	236 548,8	6 943 843,4	94,0	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R08	236 817,0	6 942 982,4	98,0	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R09	238 097,7	6 945 158,0	98,9	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R10	238 178,7	6 948 810,5	108,3	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R11	238 600,1	6 946 540,4	100,6	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R12	238 604,9	6 947 020,6	101,5	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R13	238 627,1	6 951 557,1	99,8	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0



SHADOW - Main Result

Calculation: Siltaneva VE1

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
	Shadow hours	Shadow days	Max shadow	Shadow hours
	per year	per year	hours per day	per year
	[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]
R01	24:58	81	0:25	6:30
R02	44:02	137	0:24	11:18
R03	28:39	97	0:23	5:50
R04	16:59	59	0:23	3:30
R05	19:26	65	0:24	2:49
R06	20:46	71	0:24	2:45
R07	0:00	0	0:00	0:00
R08	0:00	0	0:00	0:00
R09	39:13	124	0:24	9:19
R10	84:35	186	0:50	18:32
R11	8:55	30	0:23	1:54
R12	41:58	140	0:25	10:09
R13	20:20	55	0:29	2:16

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case	Expected
		[h/year]	[h/year]
S1	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (352)	16:11	3:03
S2	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (354)	30:25	7:01
S3	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (353)	49:33	12:46
S4	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (357)	39:15	9:22
S5	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (355)	26:07	4:59
S6	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (360)	49:42	11:34
S7	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (356)	34:21	7:31
S8	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (358)	67:24	13:36
S9	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (359)	35:06	4:46

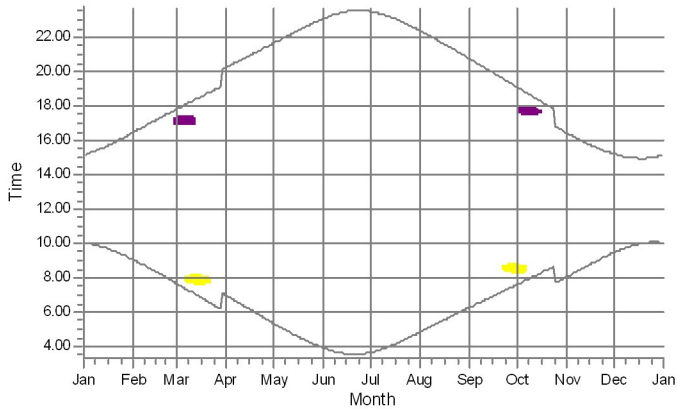
Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

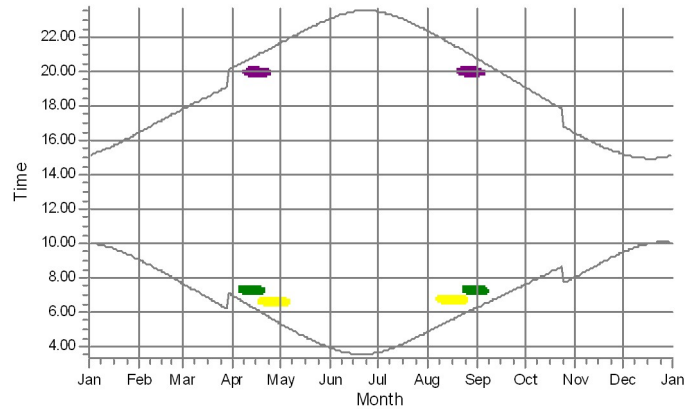
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Siltaneva VE1

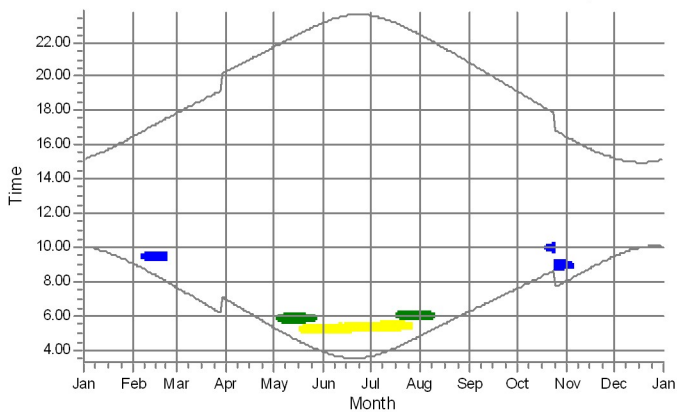
S1: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



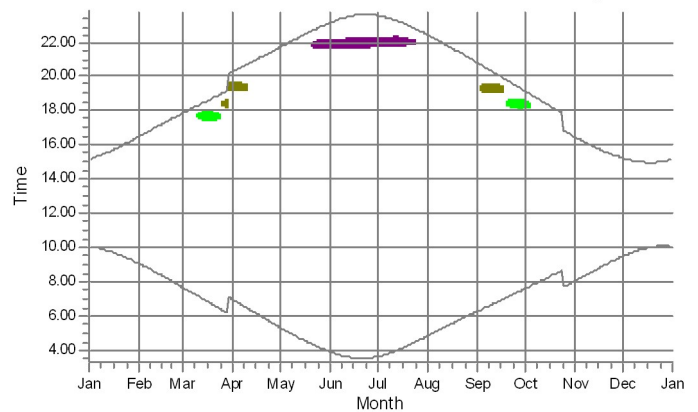
S2: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



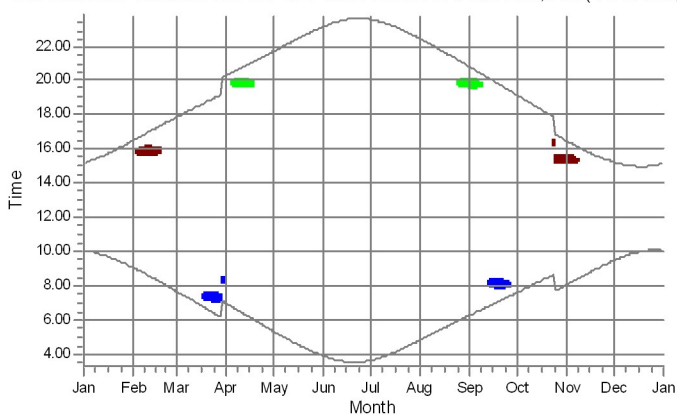
S3: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



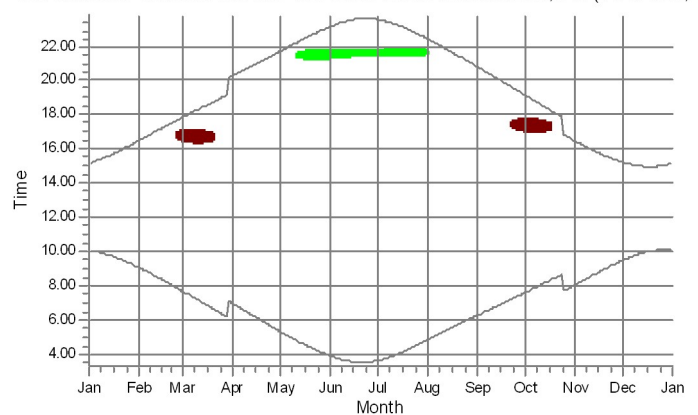
S4: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S5: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S6: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



Shadow receptors

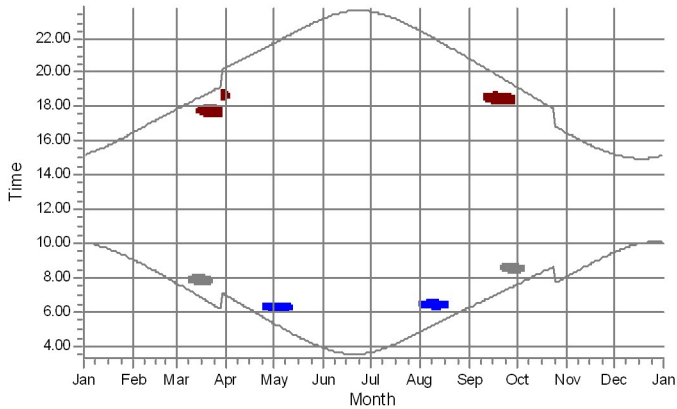
- R01: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)
- R02: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)
- R03: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)
- R10: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)

- R12: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)
- R11: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)
- R09: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)

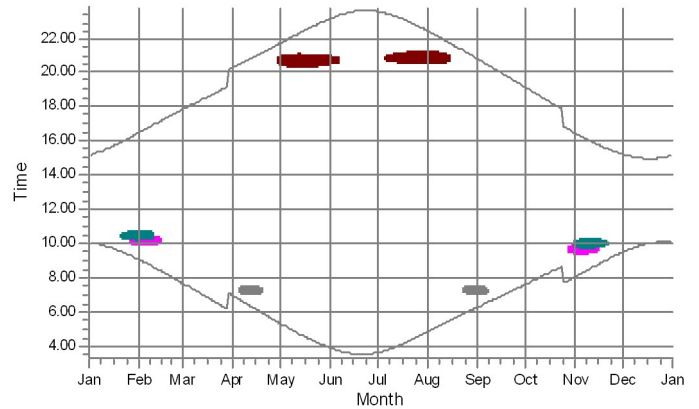
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Siltaneva VE1

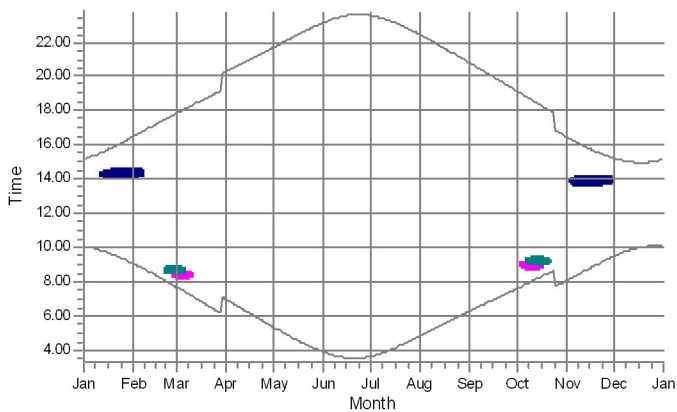
S7: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S8: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S9: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



Shadow receptors



R03: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)

R04: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)

R05: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



R06: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)

R13: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (7)

R10: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)

Project:

Siltaneva Teuva

Licensed user:

Sweco Finland Oy

Ilmalanportti 2

FI-00240 Helsinki

Lassi / lassi.pirttinen@sweco.fi

Calculated:

4.11.2024 9.17/4.0.552

SHADOW - Main Result

Calculation: Siltaneva VE2

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence

Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade

Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence

3 °

Day step for calculation

1 days

Time step for calculation

1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,97	2,54	4,68	6,30	8,61	9,20	8,65	6,68	4,67	2,58	1,03	0,55

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
706	474	366	365	466	613	825	1 476	1 135	729	576	539	8 270

Monthly aggregation of real case reduction

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

Height contours used: 10m_korkeusmalli_MML

Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

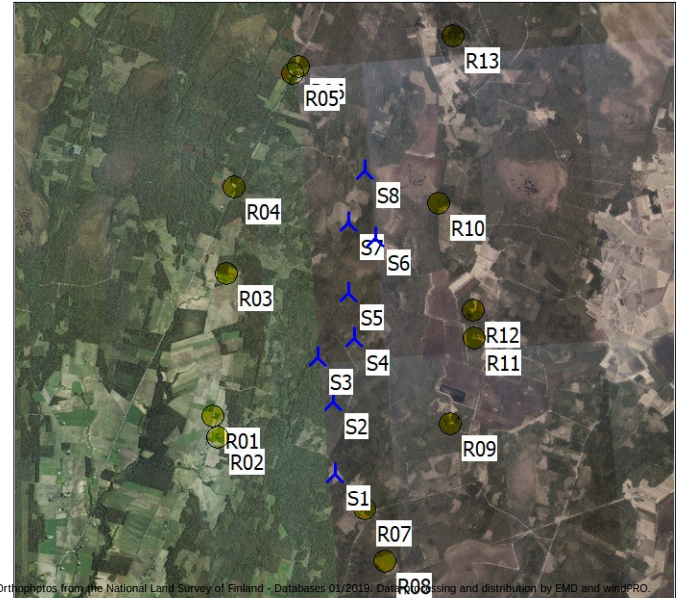
Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type		Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.					Calculation distance [m]	RPM [RPM]
			[m]									
S1	236 109,5	6 944 485,8	85,8	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S2	236 167,6	6 945 695,3	92,3	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S3	235 984,3	6 946 428,7	89,0	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S4	236 608,1	6 946 693,8	95,2	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S5	236 572,5	6 947 461,4	94,9	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S6	237 083,4	6 948 316,2	100,5	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S7	236 669,8	6 948 618,5	107,3	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8
S8	236 998,7	6 949 466,1	107,9	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	200,0	200,0	2 205	8,8

Shadow receptor-Input

No.	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
R01	234 159,5	6 945 591,9	74,2	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R02	234 220,8	6 945 240,8	74,2	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R03	234 578,1	6 947 933,1	77,5	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R04	234 809,6	6 949 346,1	84,3	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R05	235 920,9	6 951 149,4	92,7	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R06	236 051,7	6 951 259,1	92,8	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R07	236 548,8	6 943 843,4	94,0	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R08	236 817,0	6 942 982,4	98,0	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R09	238 097,7	6 945 158,0	98,9	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R10	238 178,7	6 948 810,5	108,3	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R11	238 600,1	6 946 540,4	100,6	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R12	238 604,9	6 947 020,6	101,5	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R13	238 627,1	6 951 557,1	99,8	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0



SHADOW - Main Result

Calculation: Siltaneva VE2

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
	Shadow hours	Shadow days	Max shadow	Shadow hours
	per year	per year	hours per day	per year
	[h/year]	[days/year]	[h/day]	[h/year]
R01	24:58	81	0:25	6:30
R02	44:02	137	0:24	11:18
R03	28:39	97	0:23	5:50
R04	16:59	59	0:23	3:30
R05	11:57	38	0:24	1:31
R06	12:41	42	0:24	1:25
R07	0:00	0	0:00	0:00
R08	0:00	0	0:00	0:00
R09	39:13	124	0:24	9:19
R10	84:35	186	0:50	18:32
R11	8:55	30	0:23	1:54
R12	41:58	140	0:25	10:09
R13	0:00	0	0:00	0:00

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case	Expected
		[h/year]	[h/year]
S1	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (363)	16:11	3:03
S2	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (365)	30:25	7:01
S3	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (364)	49:33	12:46
S4	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (368)	39:15	9:22
S5	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (366)	26:07	4:59
S6	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (371)	49:42	11:34
S7	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (367)	34:21	7:31
S8	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0 m) (369)	67:24	13:36

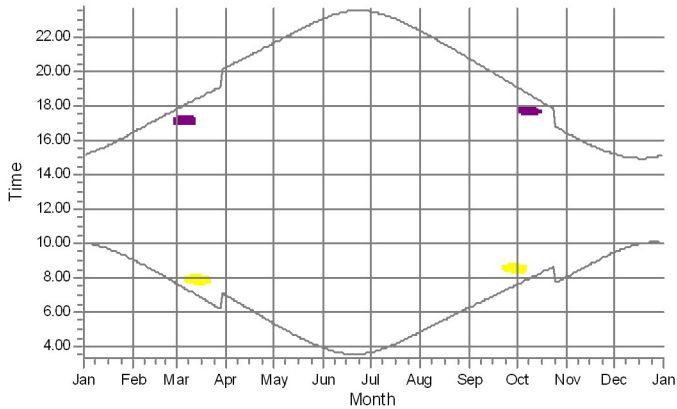
Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

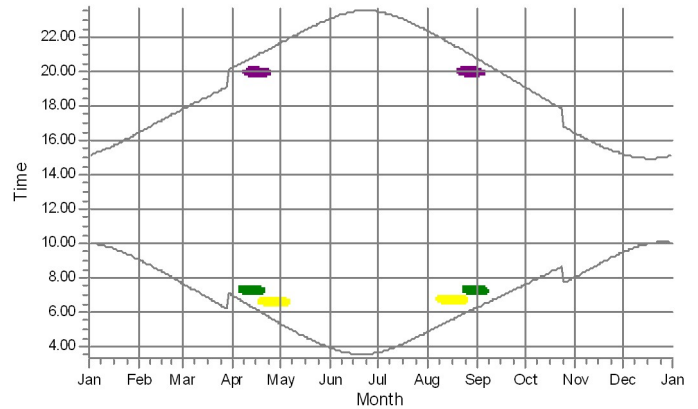
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Siltaneva VE2

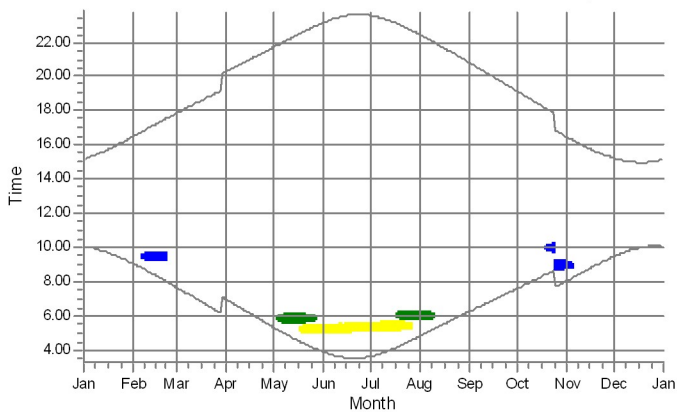
S1: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



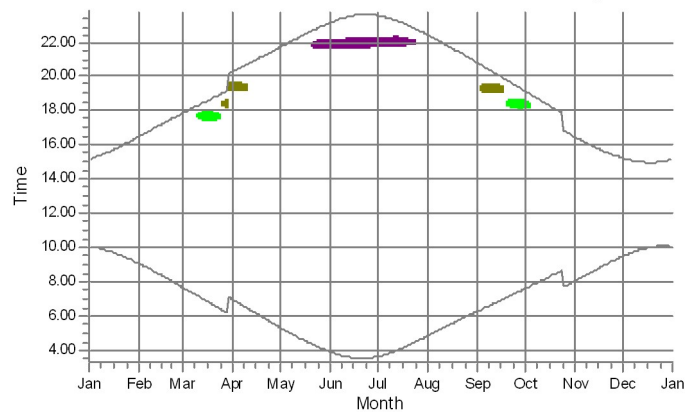
S2: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



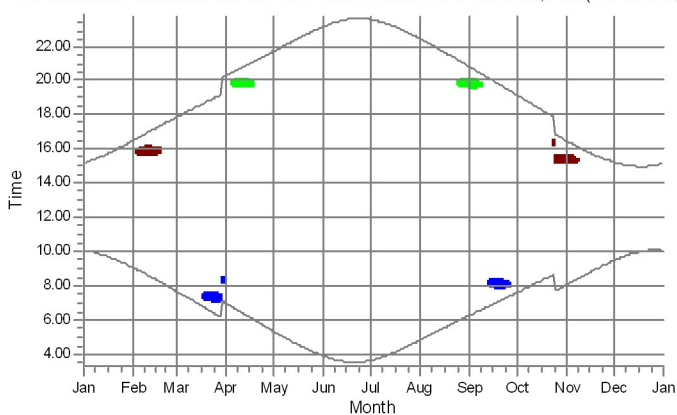
S3: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



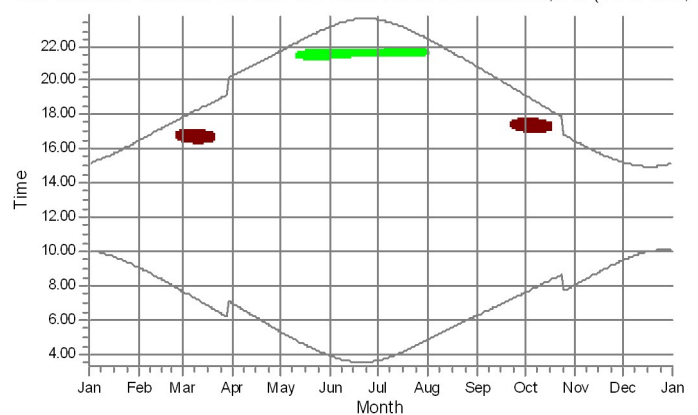
S4: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S5: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S6: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



Shadow receptors

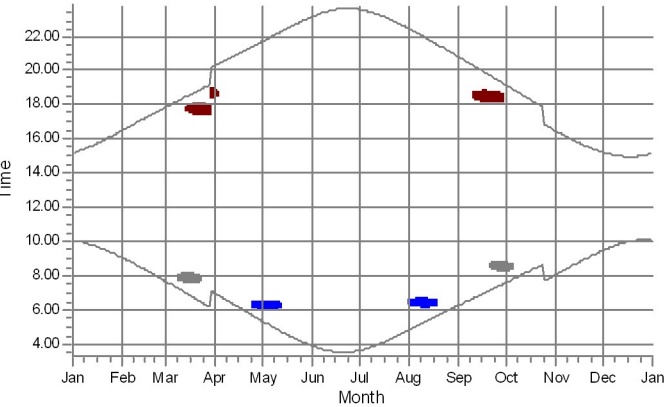
- R01: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)
- R02: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)
- R03: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)
- R10: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)

- R12: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)
- R11: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)
- R09: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)

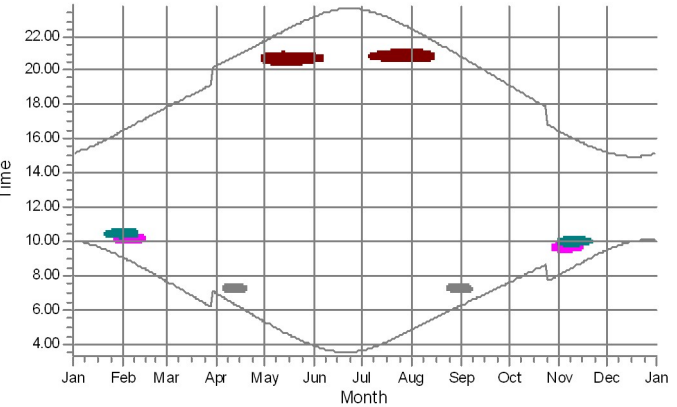
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Siltaneva VE2

S7: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



S8: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 200.0 !O! hub: 200,0 m (TOT: 300,0)



Shadow receptors

	R03: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)
	R04: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)
	R05: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)

	R06: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)
	R10: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)

Project:

Siltaneva Teuva

Licensed user:

Sweco Finland Oy

Ilmalanportti 2

FI-00240 Helsinki

Lassi / lassi.pirttinen@sweco.fi

Calculated:

4.11.2024 9.57/4.0.552

SHADOW - Main Result

Calculation: Siltaneva VE1, lisätarkastelu

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence

Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade

Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence

3 °

Day step for calculation

1 days

Time step for calculation

1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,97	2,54	4,68	6,30	8,61	9,20	8,65	6,68	4,67	2,58	1,03	0,55

Operational time

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
706	474	366	365	466	613	825	1 476	1 135	729	576	539	8 270

Monthly aggregation of real case reduction

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

Height contours used: 10m_korkeusmalli_MML

Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in

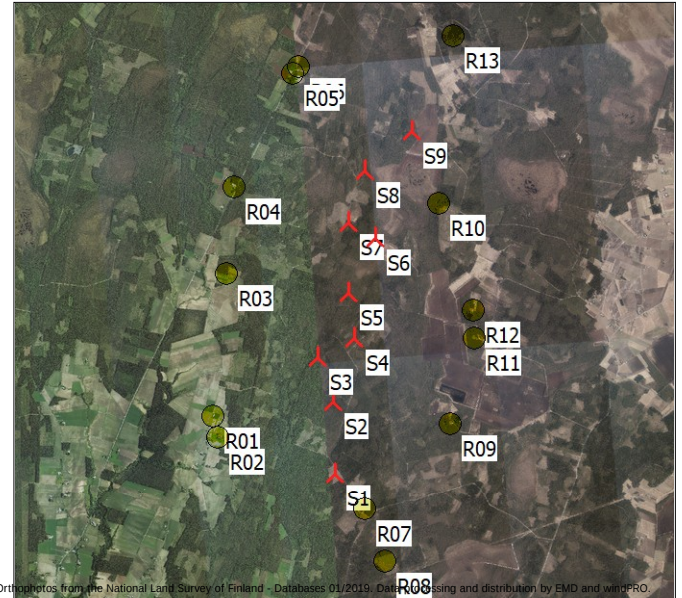
Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type		Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.					Calculation distance [m]	RPM [RPM]
			[m]									
S1	236 109,5	6 944 485,8	85,8	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S2	236 167,6	6 945 695,3	92,3	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S3	235 984,3	6 946 428,7	89,0	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S4	236 608,1	6 946 693,8	95,2	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S5	236 572,5	6 947 461,4	94,9	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S6	237 083,4	6 948 316,2	100,5	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S7	236 669,8	6 948 618,5	107,3	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S8	236 998,7	6 949 466,1	107,9	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8
S9	237 828,8	6 950 051,8	103,7	Siemens Gamesa SG...	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6 600	6 600	180,0	180,0	2 091	8,8

Shadow receptor-Input

No.	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
R01	234 159,5	6 945 591,9	74,2	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R02	234 220,8	6 945 240,8	74,2	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R03	234 578,1	6 947 933,1	77,5	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R04	234 809,6	6 949 346,1	84,3	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R05	235 920,9	6 951 149,4	92,7	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R06	236 051,7	6 951 259,1	92,8	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R07	236 548,8	6 943 843,4	94,0	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R08	236 817,0	6 942 982,4	98,0	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R09	238 097,7	6 945 158,0	98,9	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R10	238 178,7	6 948 810,5	108,3	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R11	238 600,1	6 946 540,4	100,6	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R12	238 604,9	6 947 020,6	101,5	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0
R13	238 627,1	6 951 557,1	99,8	2,0	2,0	1,0	90,0	"Green house mode"	3,0



SHADOW - Main Result

Calculation: Siltaneva VE1, lisätarkastelu

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
	Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
R01	19:39	70	0:22	5:04
R02	15:55	58	0:22	3:26
R03	14:48	56	0:21	2:33
R04	7:17	26	0:21	1:21
R05	9:59	36	0:22	1:11
R06	10:41	38	0:22	1:08
R07	0:00	0	0:00	0:00
R08	0:00	0	0:00	0:00
R09	7:22	28	0:22	1:37
R10	58:49	134	0:39	13:06
R11	6:48	27	0:21	1:27
R12	28:42	109	0:23	6:52
R13	17:34	52	0:26	1:51

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
S1	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (352)	6:53	1:15
S2	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (354)	24:12	5:33
S3	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (353)	19:48	4:28
S4	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (357)	13:12	2:45
S5	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (355)	13:17	2:47
S6	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (360)	36:01	8:08
S7	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (356)	19:44	3:58
S8	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (358)	46:36	8:50
S9	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0 m) (359)	17:34	1:51

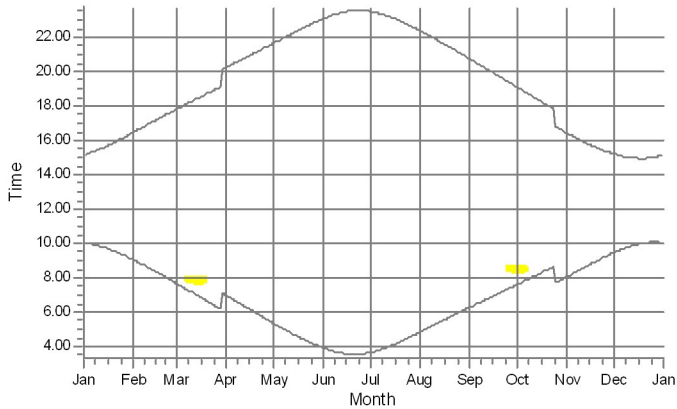
Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

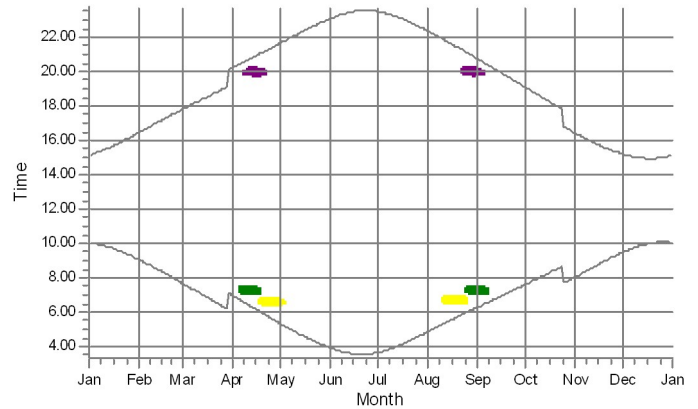
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Siltaneva VE1, lisätarkastelu

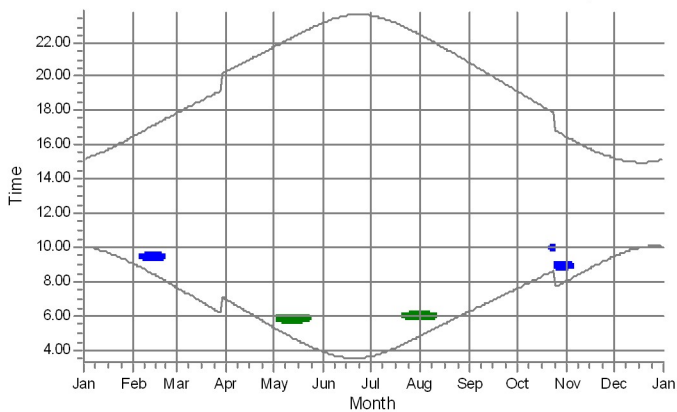
S1: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



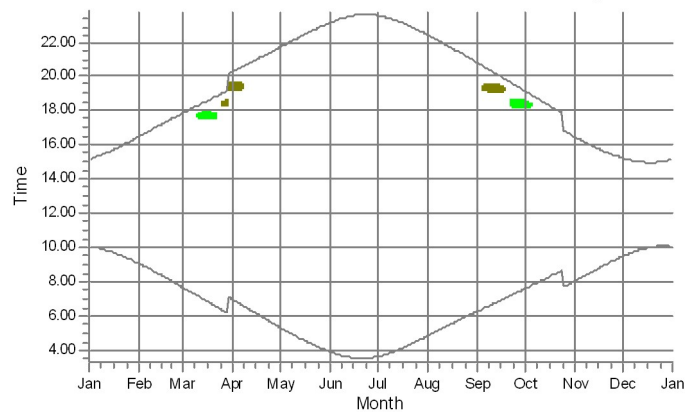
S2: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



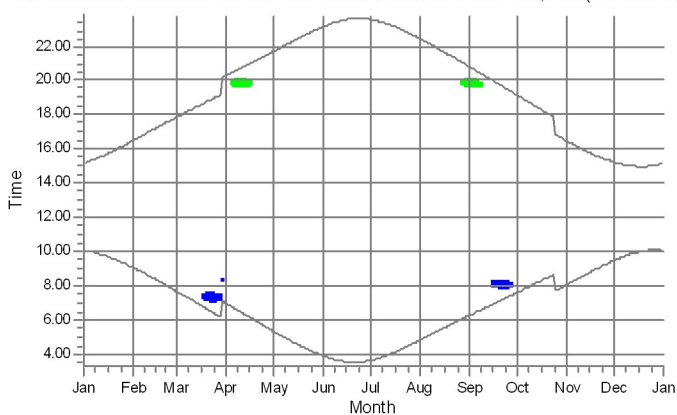
S3: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



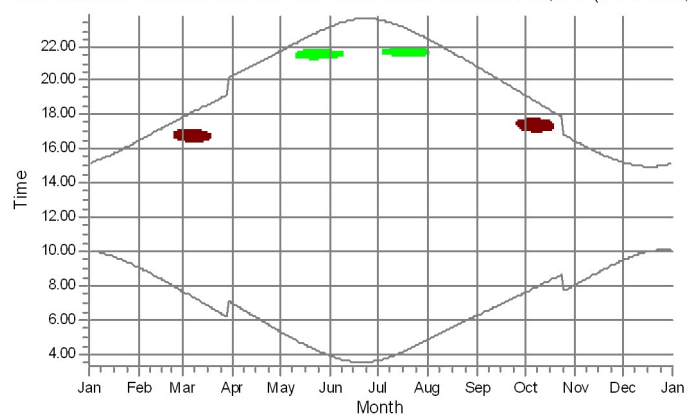
S4: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



S5: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



S6: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



Shadow receptors

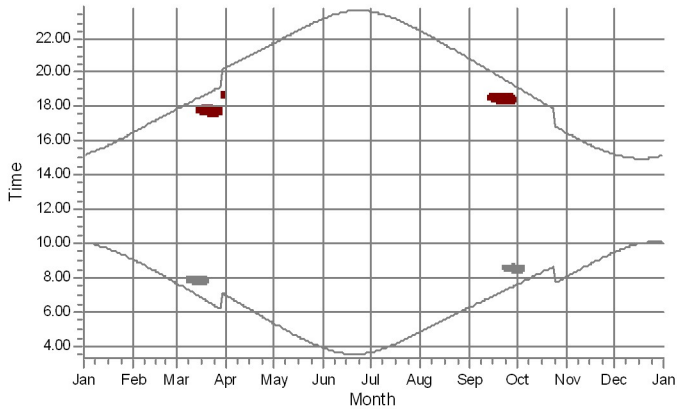
- R01: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)
- R02: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)
- R03: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)
- R10: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)

- R12: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)
- R11: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)
- R09: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)

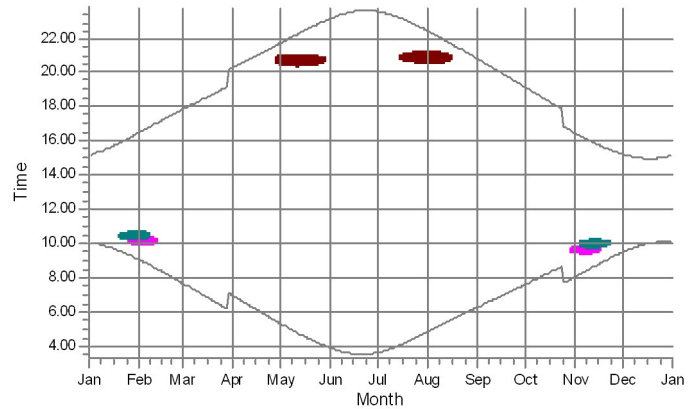
SHADOW - Calendar per WTG, graphical

Calculation: Siltaneva VE1, lisätarkastelu

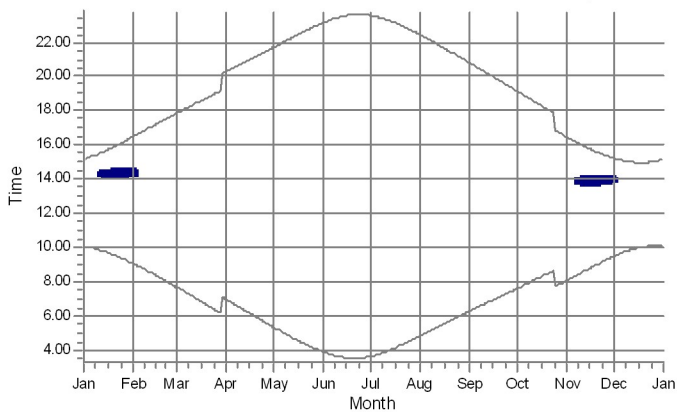
S7: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



S8: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



S9: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 180.0 !O! hub: 180,0 m (TOT: 270,0)



Shadow receptors



R04: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)

R05: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)

R06: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



R13: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (7)

R10: Shadow Receptor: 2,0 × 2,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)