

Liite 16
Välkemmaallinnus, Ramboll Finland Oy

Vastaanottaja
Abo Wind Oy

Asiakirjatyyppe
Raportti

Päivämäärä
6.9.2023

Viite
1510068828-011

MURSKEMÄEN TUULIVOIMAHANKE

VÄLKEMALLINNUS

Päivämäärä **6.9.2023**
Laatija **Maria Niemi**
Tarkastaja **Ville Virtanen**

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 5/2023 aineistoa.

Viite 1510068828-011

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Vertailuarvot	1
3.	Vaikutusmekanismit	1
4.	Mallinnusmenetelmä ja lähtötiedot	2
4.1	Mallinnusohjelma ja laskentamalli	2
4.2	Välkelaskenta	2
4.3	Maastomalli	3
4.4	Tuulivoimalatiedot	3
4.5	Laskentojen epävarmuus	3
5.	Mallinnustulokset	4
6.	Yhteenveto ja johtopäätökset	4
LÄHTEET	5	
LIITTEET	5	

1. YLEISTÄ

ABO Wind Oy suunnittelee tuulivoimapuiston rakentamista Murskemäen alueelle Ruovedelle. Tässä työssä tarkasteltiin Murskemäen tuulivoimapuiston välkevaikutuksia sekä välkkeen yhteisvaikutuksia lähimpien alueen muiden suunniteltujen ja olemassa olevien tuulivoimalaitosten kanssa ympäristövaikutusten arviointia varten. Ympäristöministeriön Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaan mukaisesti liikkuvasta varjosta puhutaan välkkeenä.

Työ on tehty ABO Wind Oy:n toimeksiannosta. Välkemallinnuksen ja raportoinnin on tehnyt Ramboll Finland Oy:stä suunnittelija ins.(AMK) Maria Niemi.

2. VERTAILUARVOT

Tuulivoimaloista aiheutuvalle välkkeelle ei ole määritelty Suomessa raja- tai ohjearvoja. Ympäristöministeriön julkistamassa Tuulivoimarakentamisen suunnittelu (Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016) oppaassa suositellaan käyttämään apuna muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta. ^[1]

Eri maissa on annettu suunnitteluarvoja tai raja-arvoja välkkeen määrälle asutukselle tai muille altistuville kohteille. Saksassa on annettu ohjeistus (WEA-Schattenwurf-Hinweise) mallintamiseen sekä raja-arvot maksimivälketilanteessa (Worst Case) sekä todellisessa tilanteessa (Real Case) ^[2]. Ruotsalaisessa suunnitteluohjeistuksessa viitataan saksalaiseen ohjeistukseen ja suositukset perustuvat pitkälti saksalaiseen ohjeistukseen ^[3]. Tanskassa on ohjeistuksena annettu, että vuotuisen todellinen välkemäärä tulee rajoittaa kymmeneen tuntiin vuodessa ^[4].

Taulukko 1. Esimerkkejä muiden maiden suosituksista ja raja-arvoista välkkeen esiintymisen osalta

Maa	Real Case	Worst Case
Saksa	8 tuntia/vuosi	30 tuntia/vuosi 30 min/päivä
Ruotsi	8 tuntia/vuosi 30 min/päivä	-
Tanska	10 tuntia/vuosi	-

3. VAIKUTUSMEKANISMIT

Toiminnassa olevat tuulivoimalat voivat aiheuttaa liikkuvaa varjoa eli välkettä ympäristöönsä, kun auringon säteet suuntautuvat tuulivoimalan lapojen takaa tiettyyn katselupisteeseen. Tällöin roottorin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon ja varjojen liikkumisnopeus riippuu roottorin pyörimisnopeudesta.

Välkevaikutus syntyy sääolojen, vuodenajan ja vuorokauden ajan mukaan, joten välkettä on havaittavissa tiettyssä katselupisteessä vain tiettyjen valaistusolosuhteiden täytyessä ja tiettyinä aikoina vuorokaudesta ja vuodesta. Välkettä ei esiinny, kun aurinko on pilvessä tai kun tuulivoimala ei ole käynnissä, tai auringon asema on välkkeen muodostumiselle epäedullinen. Myös tuulen suunnalla on vaikutusta varjon muodostukselle. Poikittain aurinkoon oleva voimala aiheuttaa erilaisen varjon kuin kohtisuoraan aurinkoon suuntautunut voimala.

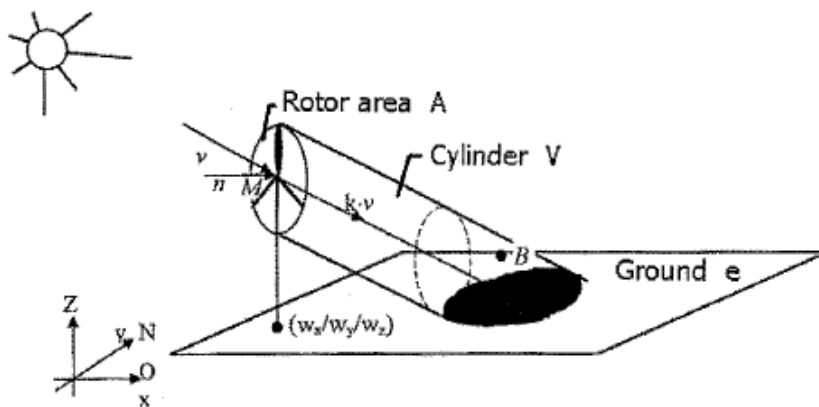
Laajimmalle varjo ulottuu, kun aurinko on matalalla. Toisaalta kun aurinko laskee riittävän matalalle, yhtenäistä varjoa ei enää muodostu. Tällöin valonsäteet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän läpi, jolloin säteily hajaantuu. Vaikutusalueen koko riippuu tuulivoimalamallin dimensioista ja lavan muodosta sekä alueellisista sääolosuhteista sekä maasto-olosuhteista (metsä, mäki jne.).

4. MALLINNUSMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

4.1 Mallinnusohjelma ja laskentamalli

Tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen esiintymisalue ja esiintymistiheys laskettiin EMD WindPRO 3.6 -ohjelman Shadow -moduulilla, joka laskee kuinka usein ja minkälaisina jaksoina tietty kohde on tuulivoimaloiden luoman liikkuvan varjon alaisena. Ohjelma on yleisesti käytössä tuulivoimaloiden aiheuttaman välkkeen mallinnuksessa. Lisätietoja ohjelmasta ja laskentamallin kuvauksen saa internet-osoitteesta <http://www.emd.dk/> löytyvästä ohjelman käyttöohjeesta [5].

Ohjelmalla voidaan tehdä kahdentyyppisiä laskentoja, ns. Pahin tilanne (*Worst Case*)- ja Todellinen tilanne (*Real Case*) -laskelmia. Välkevyöhykekartan lisäksi ohjelmalla voidaan laskea yksittäisiin reseptoripisteisiin kohdistuvaa välkevaikutusta.



Kuva 1. Tuulivoimalan aiheuttaman liikkuvan varjon alue [5]

4.2 Välkelaskenta

Laskentapisteen väliseksi etäisyydeksi määritettiin 10 metriä. Laskennan tarkastelukorkeutena käytettiin 1,5 metriä, eli noin ihmisen silmäkorkeutta. Laskennassa käytetyn saksalaisen ohjeistuksen (joka on yleisesti käytössä oleva laskentatapa) mukaan välkevaikutusta laskettaessa auringonpaistekulman raja horisontista on kolme astetta, jonka alle menevää auringon säteilyä ei oteta huomioon ja laskennassa roottorin lavan tulee peittää vähintään 20 % auringosta [2].

Mallinnuksessa ei huomioida puuston ja rakennusten aiheuttamaa peittovaikutusta, jotka voivat rajoittaa merkittävästi välkkeen esiintyvyyttä maanpinnan tasolla. Selvitystä on täydennetty erillisellä mallinnuksella, jossa on huomioitu puuston peittovaikutus laskemalla voimaloiden näkyvyysalueet WindPro 3.6 -ohjelman ZVI-moduulilla ja käyttämällä LUKE:n puuston keskipituus -aineistoa [8].

Worst Case -laskenta antaa teoreettisen maksimivälkemäärän. Laskenta olettaa auringon paistavan koko ajan (auringonnoususta auringonlaskuun) ja tuulivoimaloiden oletetaan käyvän koko ajan sekä tuulen suunnan seuraavan aurinkoa siten, että välkettä syntyy tarkastelupisteeseen aina maksimaalinen määrä. Worst Case -laskennan vuosiarvot eivät siten vastaa tulevaa todellista vuositteista välkevaikutusta tuulivoimaloiden ympäristössä.

Real Case -laskennoissa huomioidaan alueen tuulisuus- ja auringonpaistetiedot. Worst case -tuloksista tehdään vähennykset auringonpaistetietoihin ja käyttötuntitietoihin (tuulensuunta sektoreittain) perustuen, josta saadaan Real case -tulos. Auringonpaisteisuustietona käytettiin Ilmatieteen laitoksen Jyväskylän sääaseman keskiarvoisia auringonpaisteisuustietoja ilmastolliselta vertailukaudesta 1991–2020 [6]. Tuulivoimaloiden vuotuisiksi toiminta-ajaksi määritettiin Suomen Tuuliatlaksen tiedoista 96 %. Toiminta-ajat laskettiin 12 suuntasektorille olettaen, että tuulivoimalat toimivat tuulennopeuden ollessa napakorkeudella yli 3 m/s.

Taulukko 2 Real Case -laskennassa käytetyt keskimääräiset auringonpaisteisuustunnit eri kuukausina (tuntia päivässä)

Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
0,81	2,25	4,39	5,97	8,13	8,13	8,42	6,71	4,10	1,90	0,67	0,32

Taulukko 3. Real Case -laskennassa käytetty vuotuinen toiminnallinen aika (tuntia vuodessa) tuulen-suuntasektoreittain

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Sum
562	388	350	397	488	645	811	1204	1354	801	602	813	8415

Real Case -välkevyöhykelaskennan lisäksi laskentoja tehtiin myös yksittäisiin reseptoripisteisiin hankealueen ympäristössä.

4.3 Maastomalli

Maastomalli on laadittu Maanmittauslaitoksen korkeusmalli aineistosta. Maastomallissa ei huomioidu puustoa tai rakennuksia.

4.4 Tuulivoimalatiedot

Laskennoissa huomioitiin Murskemäen 5 tuulivoimalaa taulukon 4 mukaisilla sijainneilla. Lisäksi yhteismallinnuksessa huomioitiin lähialueen voimat.

Murskemäen voimaloiden napakorkeutena käytettiin 200 m ja roottorin halkaisija oli 200 metriä. Roottorikoon ja napakorkeuden lisäksi myös lavan muoto ja leveys vaikuttavat maksimivälke-etäisyyteen, joka mallinnusohjelman mukaan on tälle laitosmallille noin 2 188 metriä. Lavan leveys-tietoina käytettiin:

- Max blade width = 4,9 m
- Blade width for 90 % radius = 1,55 m

Taulukko 4. Tuulivoimalaitosten koordinaatit (ETRS-TM35FIN)

Tunnus	X	Y	Napa-korkeus	Kok.-korkeus
WTG01	350372	6869902	200	300
WTG02	350921	6869666	200	300
WTG03	351767	6869903	200	300
WTG04	352289	6869554	200	300
WTG05	352538	6868815	200	300

4.5 Laskentojen epävarmuus

Koska Worst Case -laskenta perustuu auringon asemaan suhteessa tuulivoimalaitokseen ja tarkastelupisteeseen, voidaan laskennan tarkkuutta pitää hyvinkin luotettavana, kun määritetään välkkeen mahdollisia esiintymisajankohtia. Kun tarkoituksena on ennustaa todellista välkkeen esiintyvyyttä alueella vuoden aikana, ei Worst Case -mallinnus vastaa todellisuutta.

Real Case -mallinnuksessa käytetään keskimääräisiä auringonpaisteisuustietoja ja Tuuliatlaksen mukaan määritettyjä tuulen suuntien toiminnallisia aikoja. Mallinnuksen mukainen Real case -tulos kuvaa tavanomaisen vuoden tilannetta. Välkevaikutusten todellinen tilanne siis vaihtelee eri vuosina, koska välkkeen esiintyminen tietyssä katselupisteessä tietyllä hetkellä edellyttää, että

- aurinko paistaa tuulivoimalaitosten roottorin takaa tarkastelupisteeseen
- tuulivoimala pyörii ja tuulivoimalan roottorin asento mahdollistaa liikkuvan varjon synty-
- ilman kirkkaus mahdollistaa varjon synty-

Real Case -mallinnuksessa tuotetaan paras mahdollinen ennuste tulevasta välketilanteesta alueella. Mallissa ei kuitenkaan huomioida rakennusten ja puuston peitevaikutusta. Jos tuulivoimalat eivät ole nähtävissä, eivät ne myöskään aiheuta välkevaikutuksia. Mallinnusta on täydennetty erillisellä välkemallinnuksella, jossa on otettu puusto huomioon.

5. MALLINNUSTULOKSET

Murskemäen tuulivoimahankkeen välkkeen esiintymiskartat on esitetty liitteissä 1 ja 3 sekä alueen muiden lähimpien voimaloiden kanssa tehdyn yhteismallinnuksen mukainen välkkeen esiintymiskartta liitteessä 5. Välkevyöhykelaskennan lisäksi tehtiin laskentoja 10 reseptoripisteeseen, joiden sijainnit on esitetty liitteinä olevissa välkekartoissa ja tulokset taulukossa 5.

Murskemäen tuulivoimaloista aiheutuvat vuotuiset välkemäärät ylittävät 8 tuntia vuodessa yhden asuintalon ja kahden loma-asunnon kohdalla (reseptoripisteet 1, 6 ja 9). Puusto huomioituna 8 h ei ylitä yhdenkään reseptoripisteen kohdalla. Yhteismallinnuksessa ei tullut muutoksia välkemääriin reseptoripisteissä.

Taulukko 5. Reseptoripistelaskentojen tulokset ilman puustoa ja puusto huomioituna.

Reseptori	Real Case, h/a*	Puusto huomioitu, Real Case, h/a*	Yhteismallinnus, Real Case, h/a*
1	9:13	4:35	9:13
2	3:03	3:03	3:03
3	6:21	6:21	6:21
4	6:17	6:17	6:17
5	5:41	0:00	5:41
6	8:27	7:16	8:27
7	6:39	0:00	6:39
8	7:26	7:26	7:26
9	12:06	0:00	12:06
10	2:26	0:00	2:26

*tuntia vuodessa

Potentiaaliset välkkeen esiintymisajankohdat reseptorissa on esitetty liitteessä 2, 4 ja 6.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mallinnuksella tarkasteltiin Ruoveden Murskemäen alueelle suunniteltujen tuulivoimaloiden välkevaikutuksia sekä yhteisvaikutuksia lähimpien alueen muiden suunniteltujen ja olemassa olevien tuulivoimalaitosten kanssa. Laitosmallin napakorkeutena käytettiin 200 m ja roottorin halkaisijana 200 m, josta yhteenlaskettuna tuulivoimalan kokonaiskorkeudeksi tulee enimmäiskokonaiskorkeus 300 m. Voimaladimensioista roottorin läpimitalla ja lavan paksuudella, on merkittävin vaikutus välkemääriin ympäristössä. Mikäli rakennettava tuulivoimalaitos on mitoiltaan pienempi, ovat välkevaikutukset mallinnettuja vähäisempiä.

Mallinnus tehtiin ilman puustoa ja puusto huomioituna. Mallinnuksen mukaan Murskemäen tuulivoimahankkeen ympäristössä jää yksi asuinrakennus ja kaksi lomarakennusta välkevaikutusalueelle, jossa vuotuinen välkemäärä ylittää 8 tuntia. Puusto huomioituna 8 h ei ylitä yhdenkään reseptoripisteen osalta. Yhteismallinnuksessa ei tullut muutoksia välkemääriin reseptoripisteissä.

Vuosittaiseen todelliseen välkevaikutukseen vaikuttaa, kuinka tarkkaan vuosittainen tuulivoimaloiden toiminta ja sääolosuhteet vastaavat mallinnuksessa käytettyjä arvoja, sekä lisäksi muun muassa voimaloiden näkyminen tai näkymisen estyminen esimerkiksi puuston tai rakennusten vuoksi. Rakennusten ohella myös puustovyöhykkeet rajoittavat välkevaikutuksia ympäristössä, mutta puuston on kuitenkin oltava riittävän tiheää ja korkeata sekä suojata altistuvaa kohdetta kattavasti. Myös vuodenajan vaihtelut on huomioitava puuston kyvyssä rajoittaa tuulivoimaloiden näkyvyyttä. Jos tuulivoimalat eivät näy häiriintyvään kohteeseen, ei myöskään välkettä aiheudu.

Suomen säädöksissä ei ole määritetty sitovia ohje- tai raja-arvoja tuulivoimaloiden aiheuttamalle välkkeelle. Mikäli tuulivoimaloiden todetaan aiheuttavan välkettä eniten altistuvien kohteiden luona puuston peitteisyyden vähäisyydestä johtuen yli sallitun rajan, tulisi hankealueella välkevaikutuksien vähentämiseksi tiettyjen voimaloiden toimintaa rajoittaa. Rajoitustoimet tulee kohdistaa voimaloihin, joilla on suurin vaikutus välkealueen ympäristön asuinrakennusten välkemäärään.

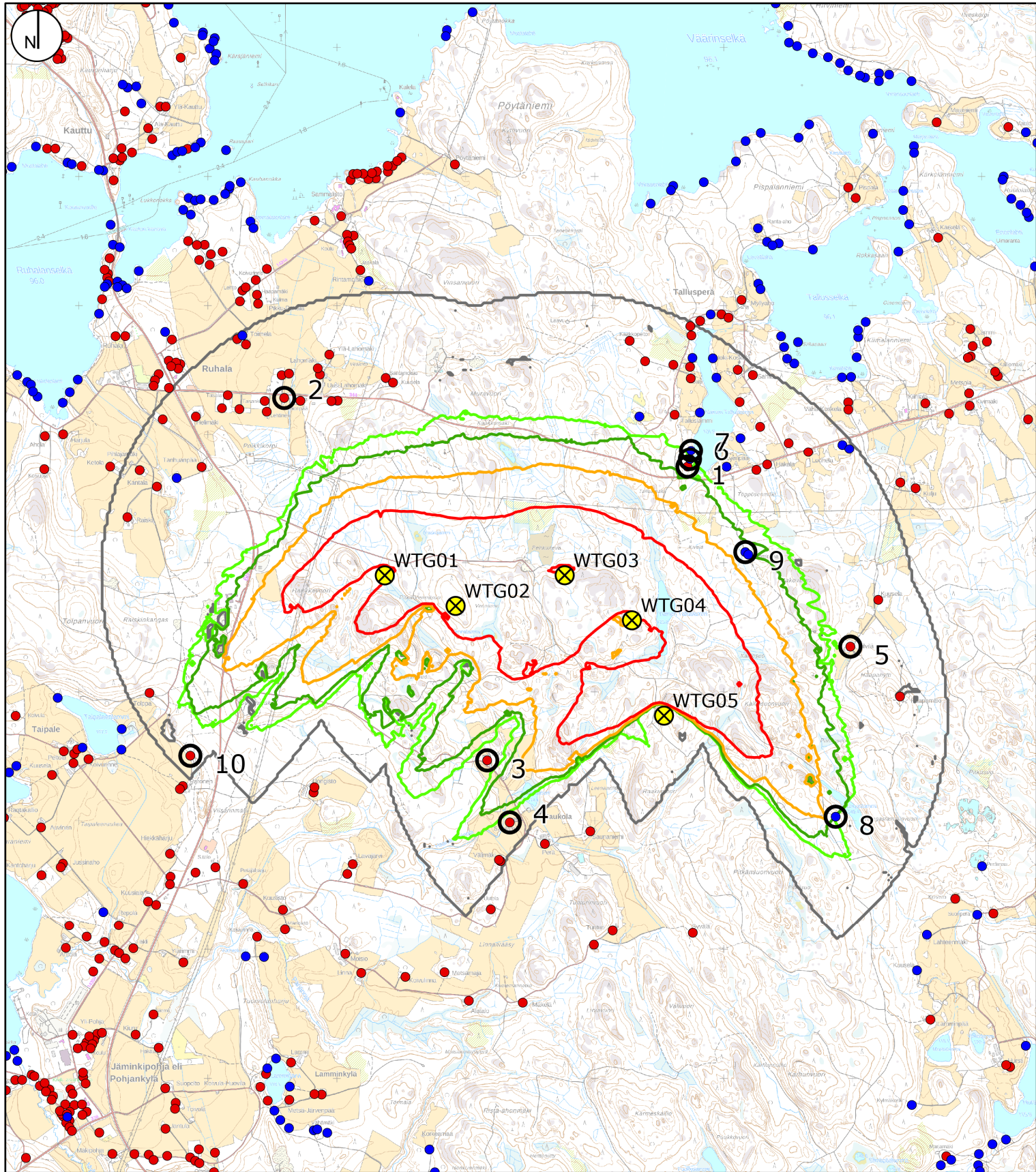
Välkkeen syntyyn voidaan vaikuttaa tuulivoimalaan liitettävällä teknisellä ohjauksella. Järjestelmä monitoroi jatkuvasti ja automaattisesti välkkeen muodostumista voimalan nasellin päälle tai runkoon asennettavilla valosensoreilla. Järjestelmä laskee muodostumisen mahdollisuutta tietyssä suunnassa valoisuuden ja roottorin asennon mukaan ja järjestelmä pysäyttää tuulivoimalan, kun ennalta asetettu välkemäärän raja saavutetaan. Ohjaustarve on vuositasolla ajallisesti vähäinen, eikä siten vaikutus voimalan vuotuisen sähkön tuottoon ole suuri.

LÄHTEET

1. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016
2. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen, WEA-Shattenwurf-Hinweise
3. Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, Boverket 2009
4. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, Naturstyrelsen, Miljøministeriet 2015
5. WindPRO 3.3 User Manual
6. Ilmatieteen laitos, Tilastoja Suomen ilmastosta 1991–2020, Raportteja 2021:8
7. Suomen Tuuliatlas
8. LUKE Luonnonvarakeskus, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, puuston keskipituus (dm) 2019

LIITTEET

- | | |
|---------|--|
| Liite 1 | Real Case -laskennan välkeyöhykkeet |
| Liite 2 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä |
| Liite 3 | Real Case -laskennan välkeyöhykkeet, puusto huomioitu |
| Liite 4 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, puusto huomioitu |
| Liite 5 | Real Case -laskennan välkeyöhykkeet, yhteismallinnus |
| Liite 6 | Kalenterit välkkeen mahdollisen esiintymisen ajankohdista reseptoripisteissä, yhteismallinnus |



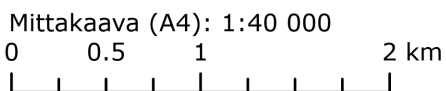
ABO Wind Oy
Murskemäen tuulivoimahanke

Välkemallinnus
(WindPro 3.6)

Layout 5WTG
vestas v172-7.2
Napakorkeus (HH) 200 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m
Kokonaiskorkeus (TH): 300 m

Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus

- 0
- 8
- 10
- 15
- 30
- X Tuulivoimala
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Reseptorit



30.5.2023 MN

Project:

Murskemaki_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

-

Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

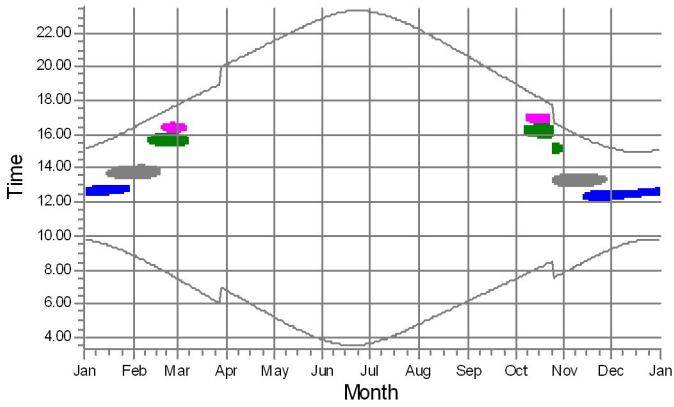
Calculated:

30.5.2023 8.35/3.6.355

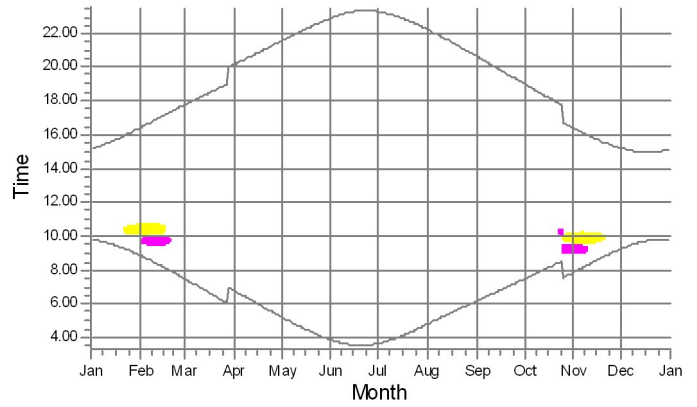
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_Layout24042023_V172_HH200_RD200_TH300

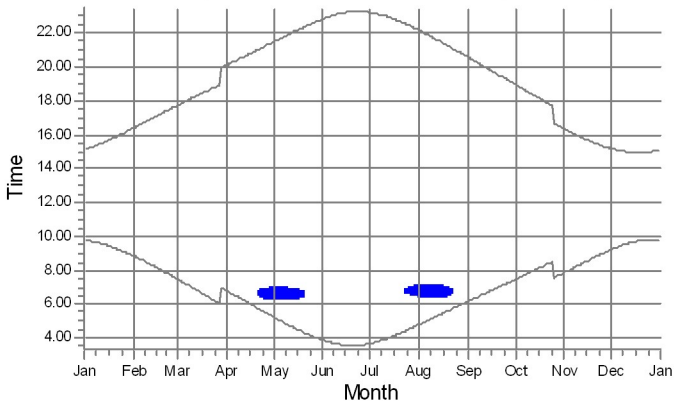
1: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (1)



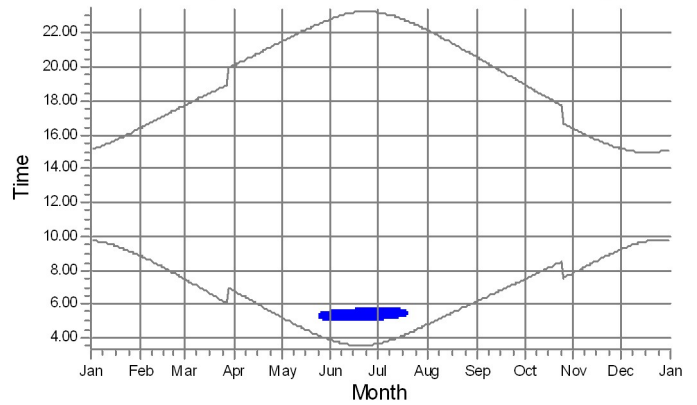
2: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (2)



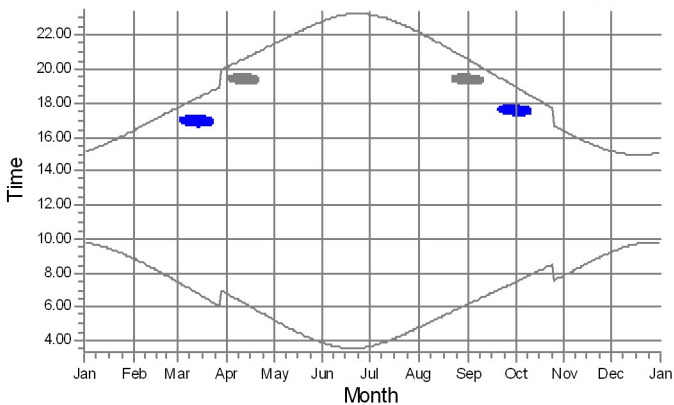
3: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (3)



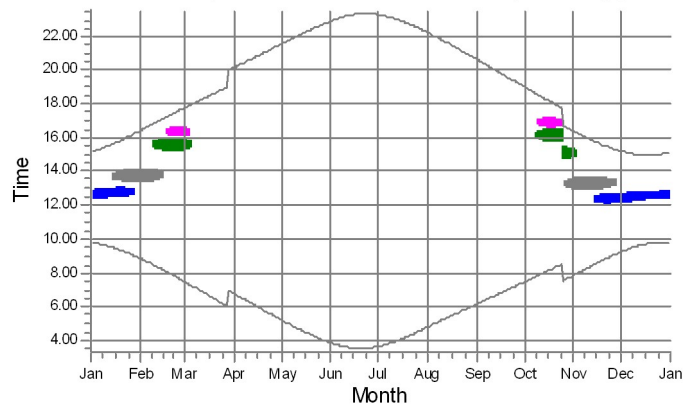
4: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (4)



5: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (5)



6: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (6)



WTGs

- WTG03: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (1)
- WTG01: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (2)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (3)
- WTG04: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (4)
- WTG02: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (5)

Project:

Murskemaki_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

-

Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

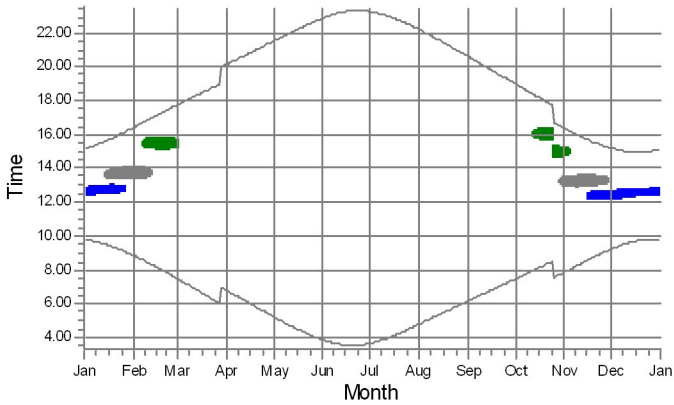
Calculated:

30.5.2023 8.35/3.6.355

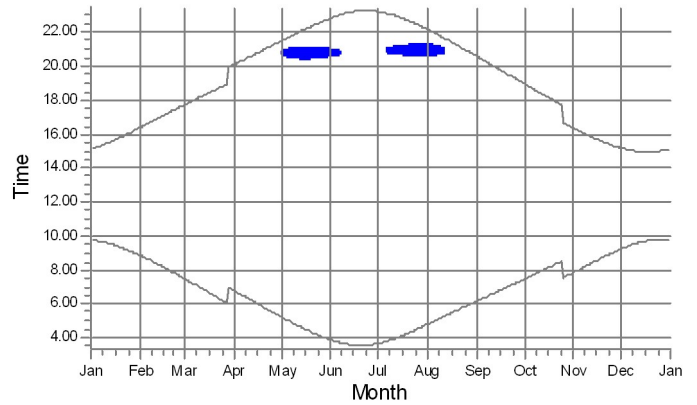
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_Layout24042023_V172_HH200_RD200_TH300

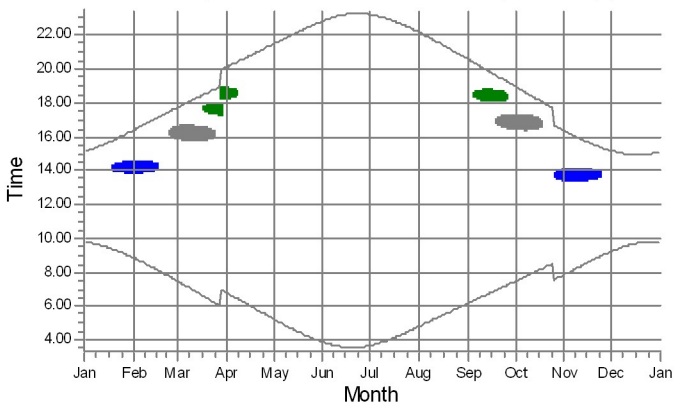
7: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (7)



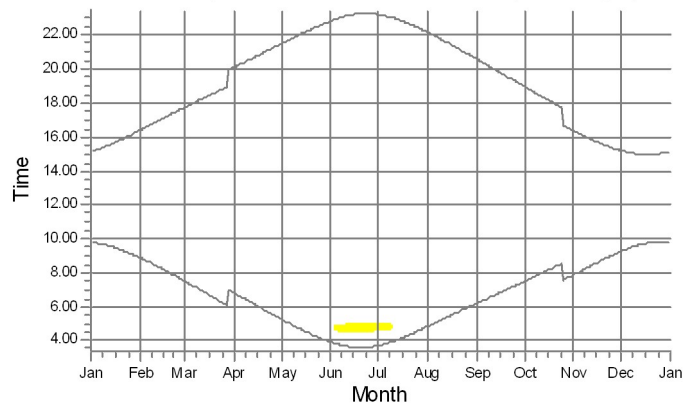
8: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (8)



9: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (9)

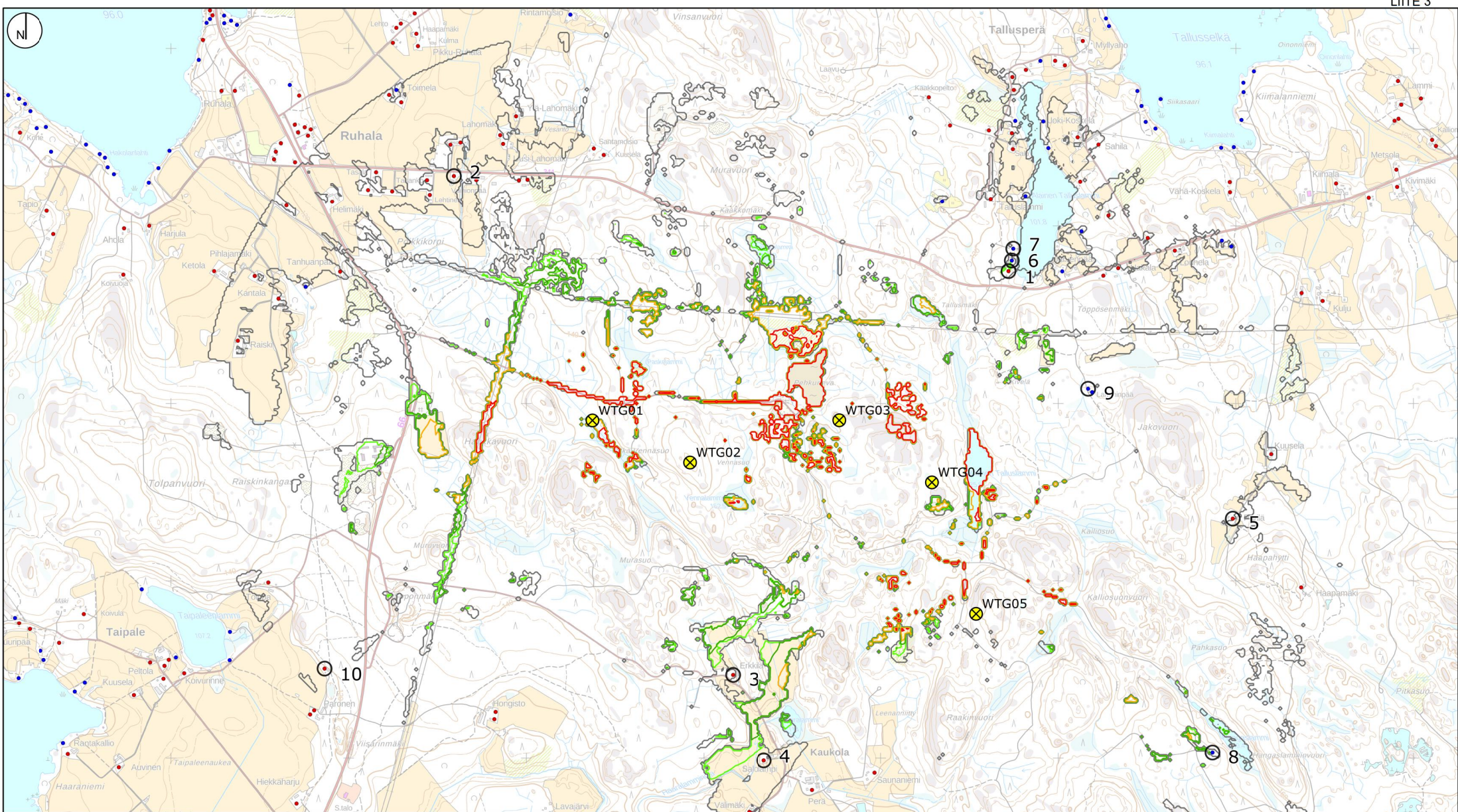


10: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (10)



WTGs

- WTG03: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (1)
- WTG01: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (2)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (3)
- WTG04: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (4)



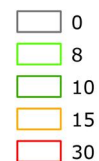
RAMBOLL

Välkemallinnus
(WindPro 3.6)

Puusto huomioitu

Layout 5WTG
vestas v172-7.2
Napakorkeus (HH) 200 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m
Kokonaiskorkeus (TH): 300 m

Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus



- Tuulivoimala
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Reseptorit

Mittakaava (A4): 1:20 000
0 0.25 0.5 1 km

3.8.2023 MN

Project:

Murskemaki_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

-

Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

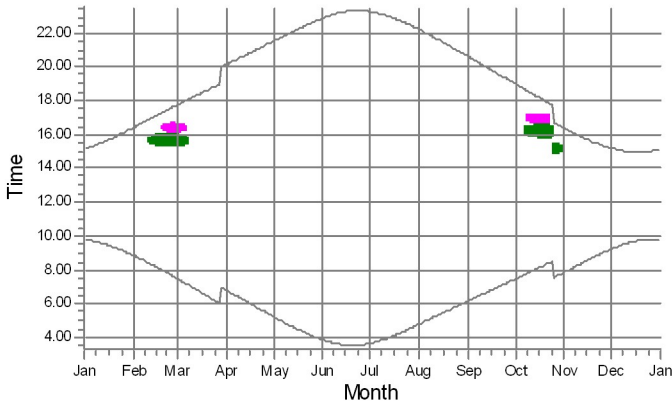
Calculated:

3.8.2023 13.24/3.5.584

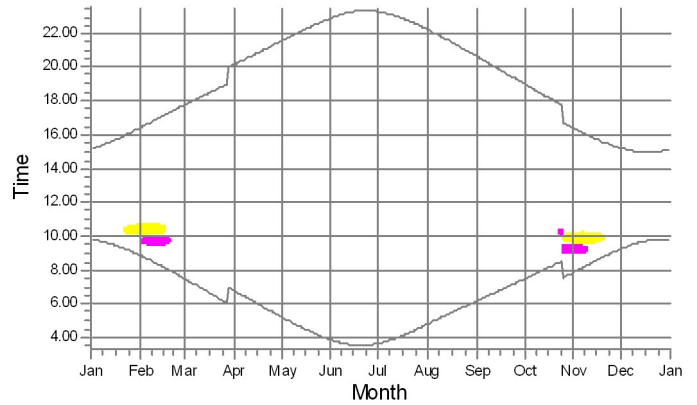
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_Layout24042023_V172_HH200_RD200_TH300_Puusto_huomioitu

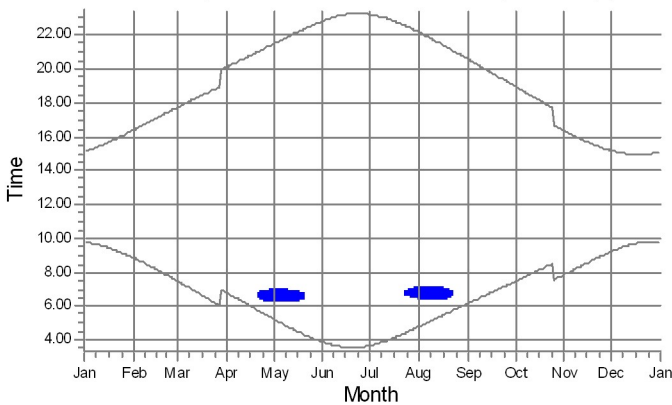
1: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (1)



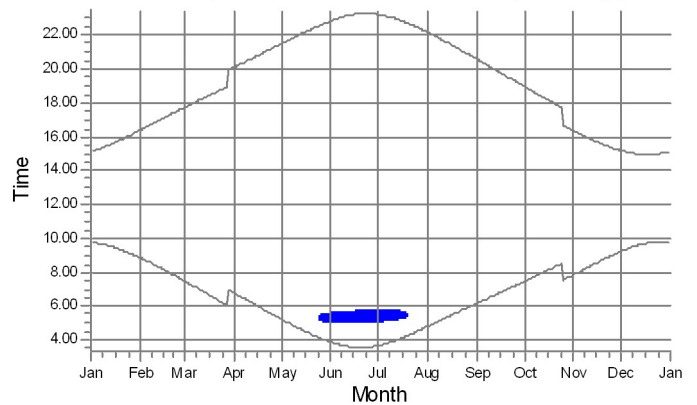
2: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (2)



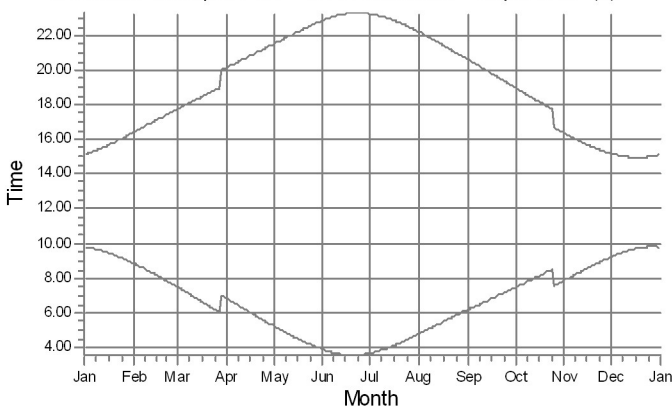
3: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (3)



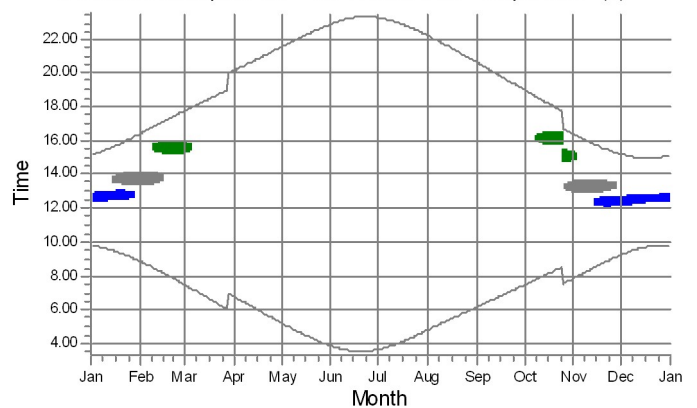
4: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (4)



5: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (5)



6: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (6)



WTGs

- WTG03: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (1)
- WTG01: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (2)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (3)
- WTG04: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (4)
- WTG02: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (5)

Project:

Murskemaki_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

-

Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

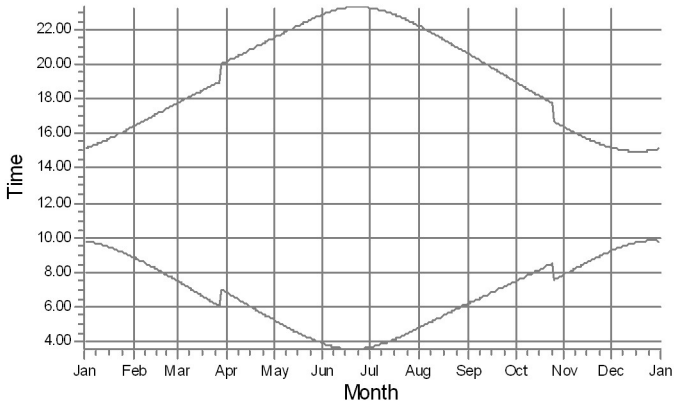
Calculated:

3.8.2023 13.24/3.5.584

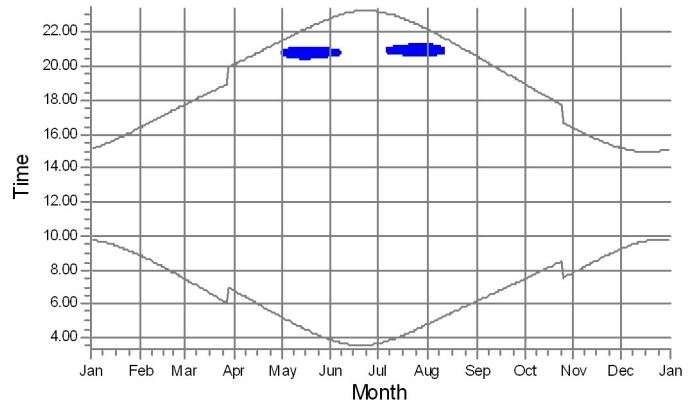
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_Layout24042023_V172_HH200_RD200_TH300_Puusto_huomioitu

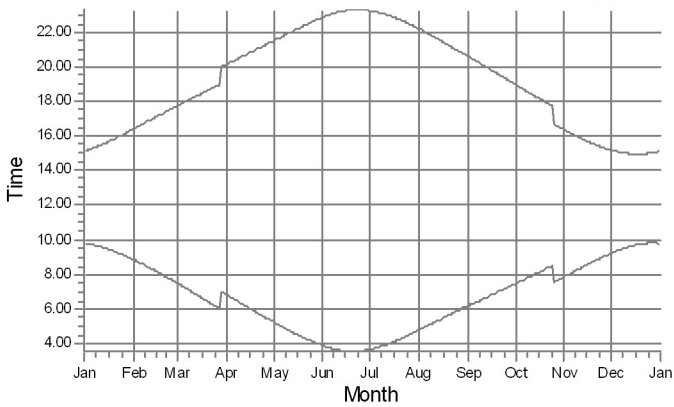
7: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (7)



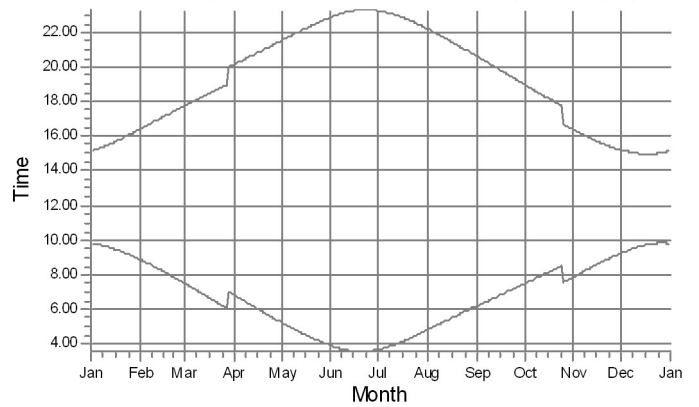
8: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (8)



9: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (9)

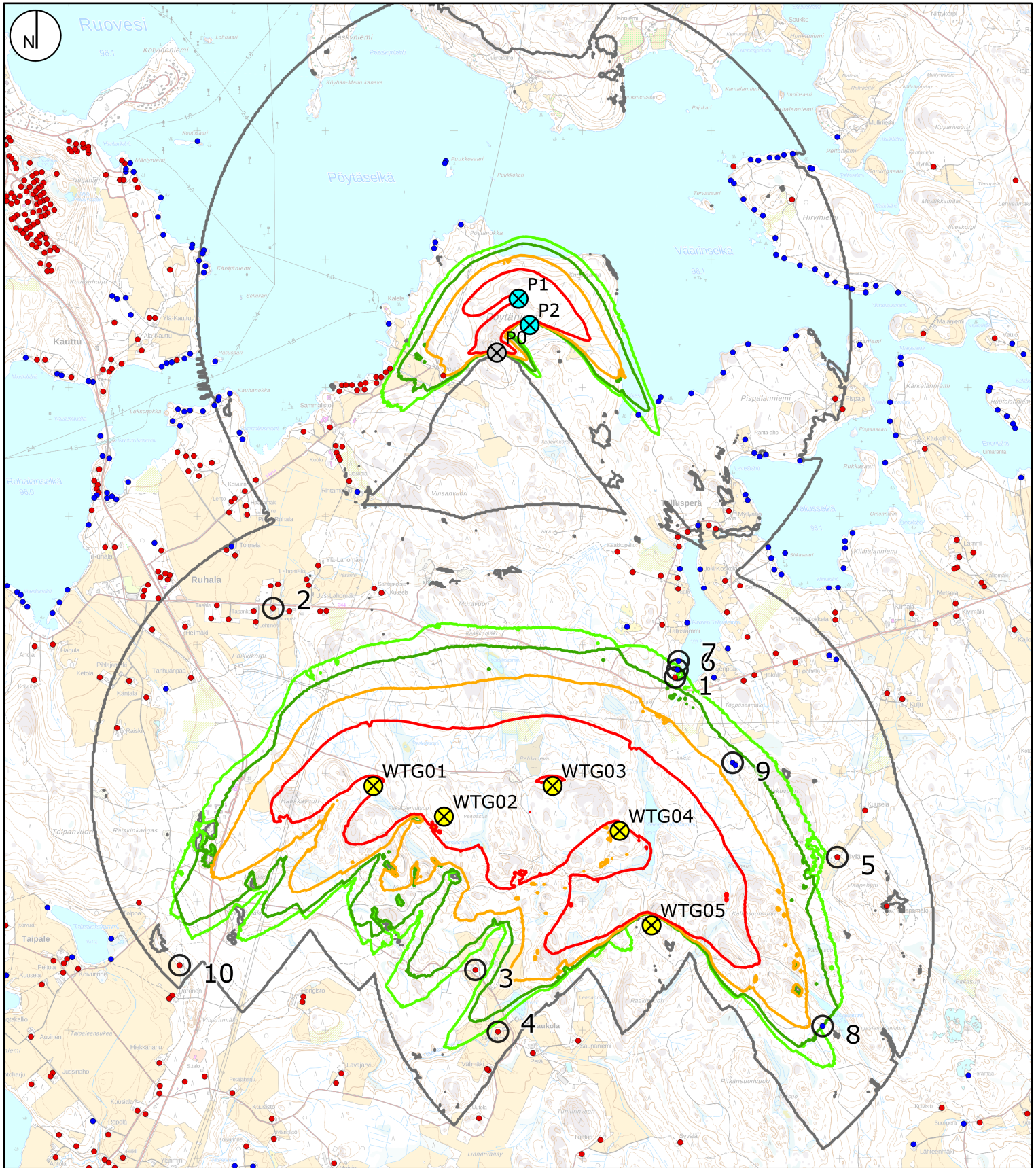


10: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (10)



WTGs

WTG05: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (3)

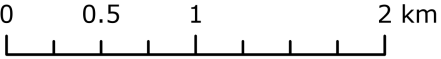


ABO Wind Oy
Murskemäen tuulivoimahanke

Huomioitu Kytövuoren
suunnitellut ja toiminnassa
olevat tuulivoimalat

6.9.2023 MN

Mittakaava (A4): 1:40 000



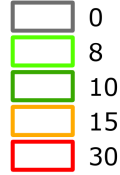
Yhteisvälkemallinnus
(WindPro 3.6)

Murskemäki layout 5WTG
Vestas V172-7.2
Napakorkeus (HH) 200 m
Roottorin halkaisija (RD) 200 m
Kokonaiskorkeus (TH): 300 m

Kytövuoren suunnitellut voimalat:
Suzlon S88-2.1
(HH 100 m, RD 100 m, TH 150 m)

Kytövuoren toiminnassa oleva voim.:
Bonus 600kW
(HH 50 m, RD 44 m, TH 72 m)

Välketuntia vuodessa
Real Case -mallinnus



- Murskemäen suunnitellut voimalat
- Asuinrakennus
- Lomarakennus
- Reseptorit
- Kytövuoren suunnitellut voimalat
- Kytövuoren toiminnassa oleva voimala

Project:

Murskemaki_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

-

Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

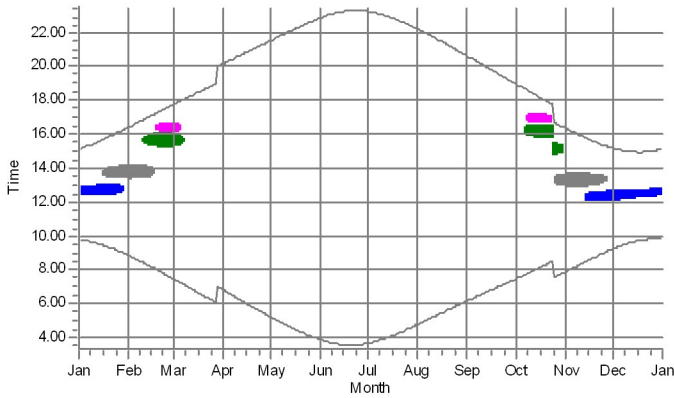
Calculated:

6.9.2023 13.42/3.6.355

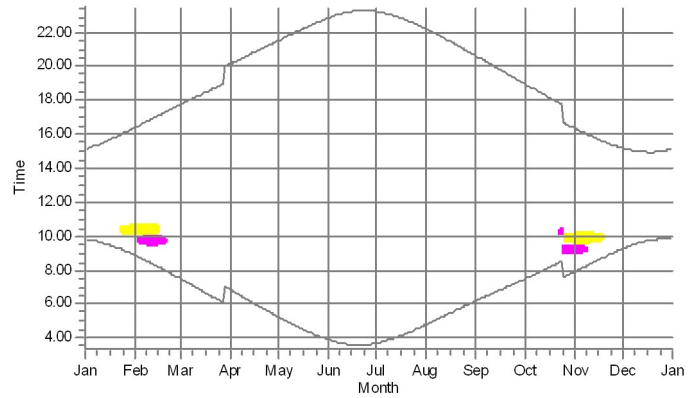
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_Layout24042023_V172_HH200_RD200_TH300_YHTEISMALLINNUS_06092023

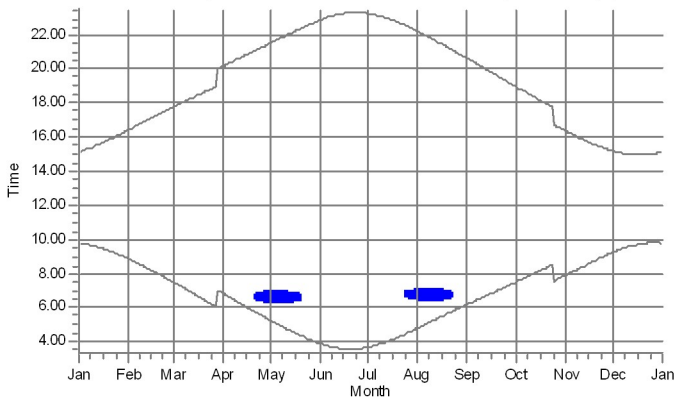
1: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (1)



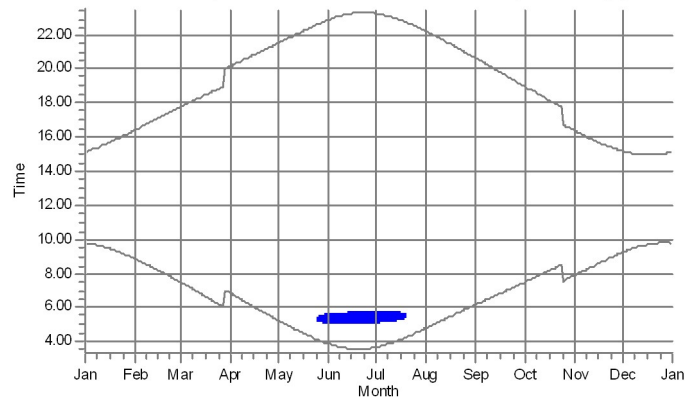
2: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (2)



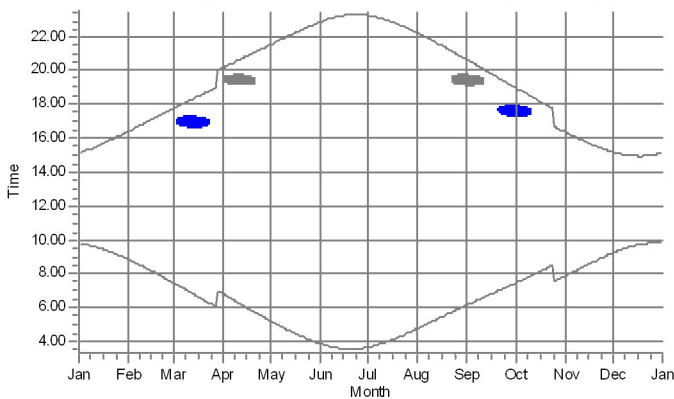
3: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (3)



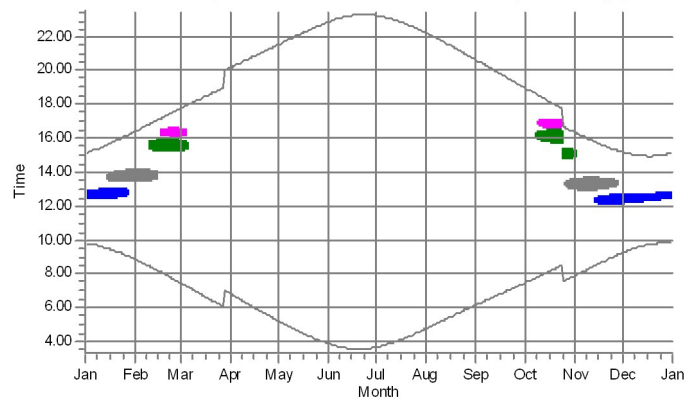
4: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (4)



5: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (5)



6: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (6)



WTGs

- WTG03: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (1)
- WTG01: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (2)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (3)
- WTG04: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (4)
- WTG02: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (5)

Project:

Murskemaki_valke

Licensed user:

Ramboll Deutschland GmbH

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

-

Maria Niemi / maria.niemi@ramboll.fi

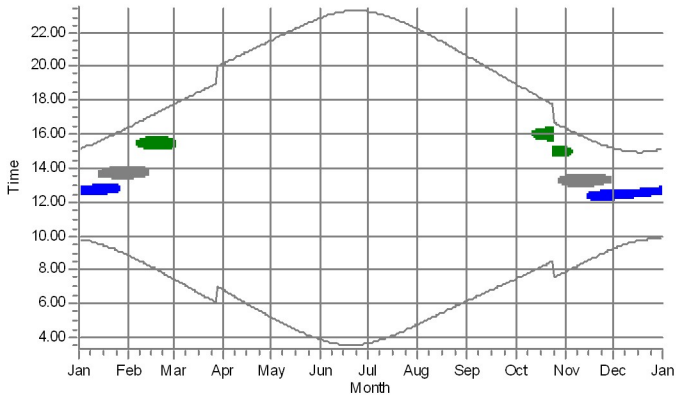
Calculated:

6.9.2023 13.42/3.6.355

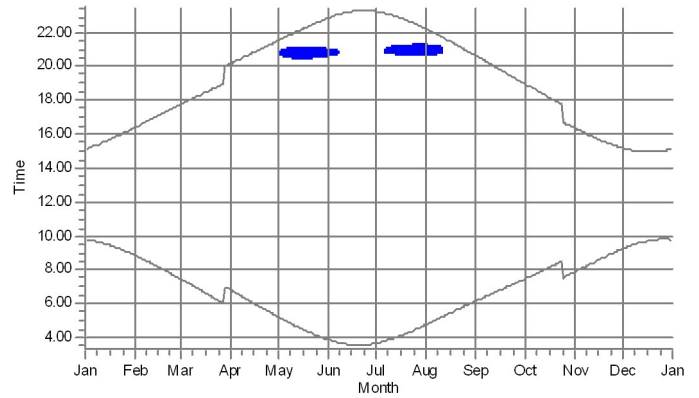
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Results_Layout24042023_V172_HH200_RD200_TH300_YHTEISMALLINNUS_06092023

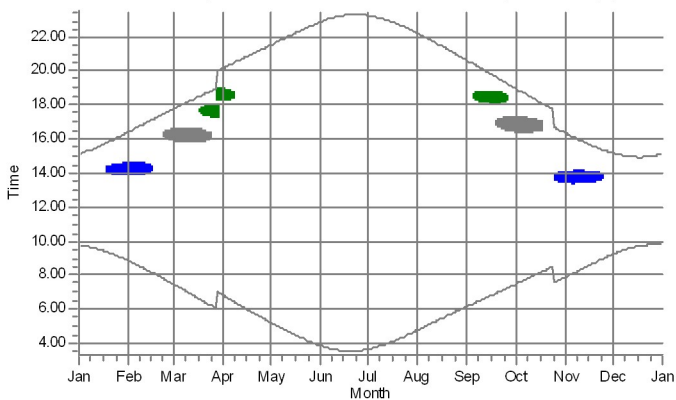
7: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (7)



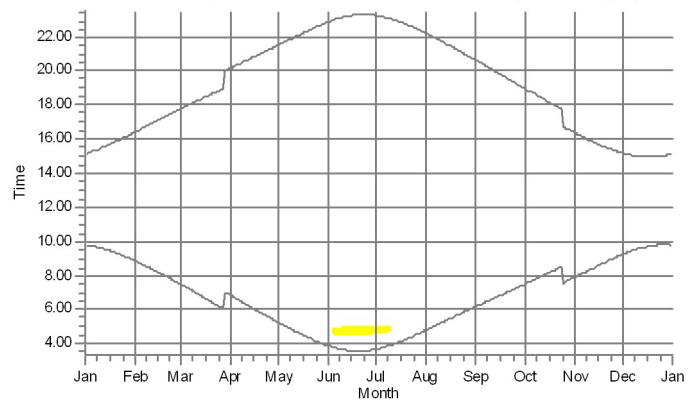
8: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (8)



9: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (9)



10: Shadow Receptor: 1.0 × 1.0 Azimuth: 0.0° Slope: 90.0° (10)



WTGs

- WTG03: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (1)
- WTG01: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (2)
- WTG05: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (3)
- WTG04: VESTAS V172-7.2 USER 7200 200.0 !O! hub: 200.0 m (TOT: 300.0 m) (4)