



TUULIKOLMIO OY

MASTOKANKAAN TUULIPUISTOHANKKEEN KAAVALUONNOS, VÄLKEMALLINUS

AHMA YMPÄRISTÖ OY

Projektinro: 20255



TUULIKOLMIO OY**MASTOKANKAAN TUULIPUISTOHANKKEEN KAAVALUONNOS,
VÄLKEMALLINNUS**

29.5.2015
Olli-Pekka Vieltojärvi
Aki Nurkkala

Sisällysluettelo:

MASTOKANKAAN TUULIPUISTOHANKKEEN KAAVALUONNOS, VÄLKEMALLINNUS	1
1. JOHDANTO	1
2. PERUSTIETOA VÄLKKEESTÄ	3
3. SÄÄDÖKSET JA OHJEARVOT	4
4. VÄLKEMALLINNUS	5
4.1 LÄHTÖTIEDOT JA MALLINNUKSEN EPÄVARMUUSTEKIJÄT	5
4.2 MALLINNUKSEN TULOKSET	6
5. YHTEENVETO.....	10
LÄHDELUETTELO.....	11

LIITTEET

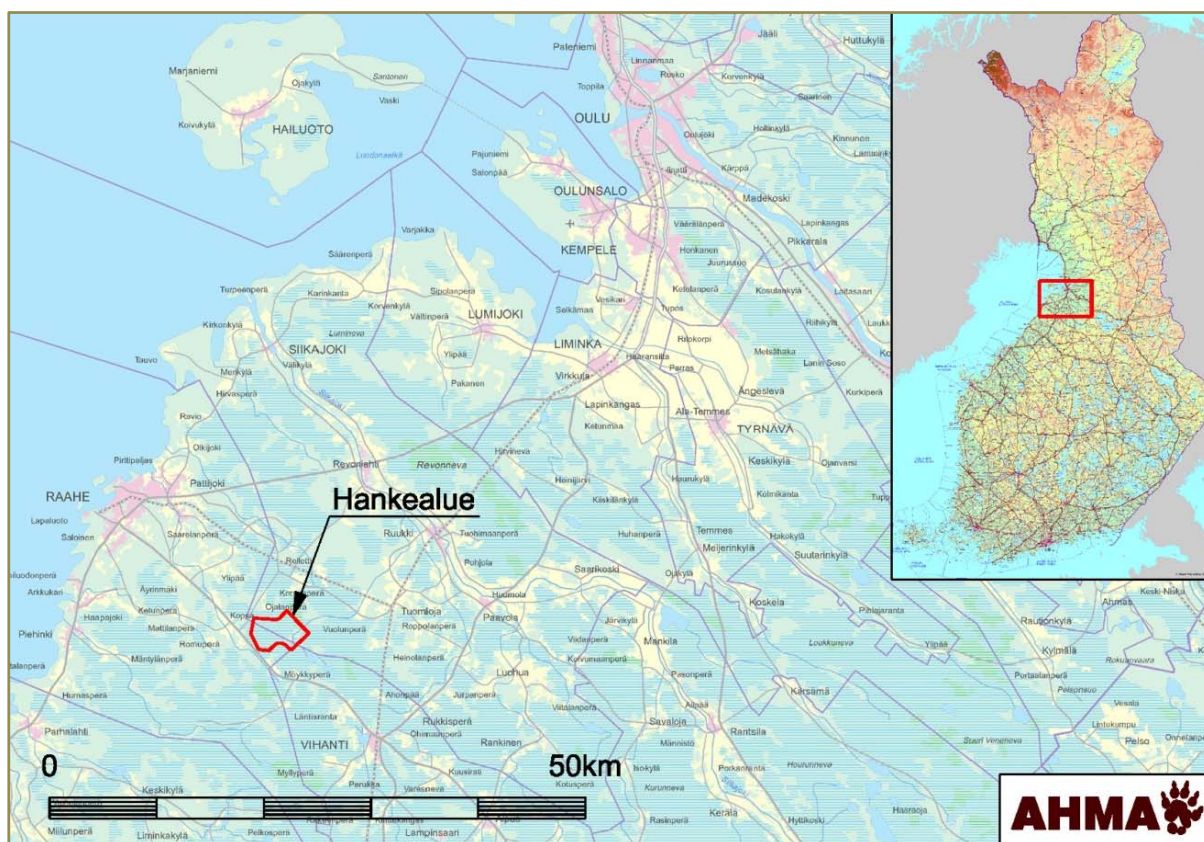
Liite 1	Välkevyöhykekartta (Shadow - Map)
Liite 2	Mallinnuksen tulokset (Shadow - Main Result)
Liite 3	Tarkastelupisteisiin kohdistuva välke graafisina kuvaajina (Shadow - Calendar graphical)

Copyright © Ahma ympäristö Oy

Teollisuustie 6
96320 ROVANIEMI
p. 040-1333 800 (vaihde)

1. JOHDANTO

Tuulikolmio Oy suunnittelee tuulivoimapuistoa Raahen ja Siikajoen kuntien alueelle sijoittuvalle Kopsan Mastokankaan hankealueelle, noin 18 kilometriä Raahen kaupungista kaakkoon (kuva 1). Tässä raportissa esitetään tiedot hankkeen välkevaikutusten arviointiin käytettävästä välkemallinnuksesta yleiskaavan luonnosvaiheessa esitettävän toteutusvaihtoehdon mukaisesti.



Kuva 1. Mastokankaan tuulipuistohankkeen sijainti.

Mastokankaan tuulipuiston yleiskaavan kaavaluonnoksessa tuulipuisto esitetään toteutettavaksi seuraavasti:

- Tuulivoimaloita rakennetaan yhteensä 14 kpl
- Tuulipuiston kokonaisteho 42 MW
- Voimaloiden yksikköteho 3,0 MW
- Tornin korkeus 140 metriä
- Turbiinin halkaisija 131 metriä.

Mallinnuksessa käytetyt koordinaatit voimaloiden sijainnille on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Voimaloiden sijainnit KKJ koordinaattijärjestelmässä

Voimala (numero)	N-koordinaatti	E-koordinaatti
1	7 163 972	2 538 844
2	7 163 952	2 538 073
3	7 164 161	2 537 384
4	7 164 662	2 537 114
5	7 164 732	2 537 598
6	7 164 711	2 538 277
7	7 164 906	2 538 904
8	7 164 441	2 539 514
9	7 164 092	2 540 447
10	7 163 527	2 540 261
11	7 163 083	2 539 907
12	7 163 412	2 539 311
13	7 164 368	2 538 620
14	7 163 801	2 539 774

2. PERUSTIETOA VÄLKKEESTÄ

Välkkeellä tarkoitetaan tilannetta, jossa auringon paistaessa tuulivoimalan takaa voimalan lavat ja niiden pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon tarkastelupisteessä. Tällainen tilanne voi esiintyä silloin, kun tarkastelupiste sijoittuu tuulivoimalan roottorin pyörimisliikkeen muodostaman ympyrän ja auringon välisen suoran jatkeelle. Väkettä voi esiintyä vain tiettyinä aikoina vuodessa ja tiettyinä kellonaikoina riippuen tarkkailupisteen sijoittumisesta tuulivoimaloihin nähden. Väkettä kohdistuu tavallisesti tuulipuiston pohjoispuolella oleville alueille, mutta pohjoisilla alueilla auringon paistaessa kesäaikana lähes läpi yön, tuulivoimaloista voi aiheutua väkettä myös puiston eteläpuolisille alueille.

3. SÄÄDÖKSET JA OHJEARVOT

Suomen lainsäädännössä ei ole määräyksiä tai rajoituksia tuulivoimalan aiheuttaman varjon muodostumiselle tai sen vaikutuksille asuinalueilla.

Kuitenkin useissa maissa on annettu raja-arvoja tai suosituksia hyväksyttävän välkevaikutuksen määrästä. Saksassa raja-arvot laskennallisille maksimitilanteille ilman auringonpaisteaikojen huomioonottamista ovat 30 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä ja niin sanotussa todellisessa tilanteessa välke on rajoitettava kahdeksaan tuntiin vuodessa. Tanskassa sovelletaan yleensä todellisen tilanteen raja-arvona enintään kymmenen tuntia vuodessa. Ruotsissa vastaava suositus on enintään kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. (Ympäristöministeriö 2012)

4. VÄLKEMALLINNUS

4.1 Lähtötiedot ja mallinnuksen epävarmuustekijät

Tuulivoimaloiden aiheuttamaa välkettä simuloitiin WindPRO -mallinnusohjelmalla kaavaluonnoksessa esitettävän toteutusvaihtoehdon mukaisessa tilanteessa. Ohjelmisto soveltuu melumallinnuksen lisäksi erityisen hyvin myös tähän tarkoitukseen. Mallinnuksessa huomioidaan voimaloiden sijainnit ja korkeudet suhteessa ympäröivään maastoon sekä auringon asema horisontissa eri vuorokauden aikoina ja vuodenaikoina. Välkkeen esiintymiseen vaikuttaa mm. turbiinin halkaisijan koko. Mallinnuksen tuloksena saadaan havainnollinen kartta, jossa esitetään vyöhykkeittäin tuulipuistosta aiheutuva välkkeen kesto eri alueilla. Tarkastelupisteen korkeus maanpinnasta voidaan määrittää haluttuun korkeuteen. Yleensä tarkastelupisteenä käytetään 1,5 metrin korkeutta, joka vastaa ihmisen katselukorkeutta. Mallinnuksissa käytettiin tätä nimenomaista korkeutta.

Välkkeen mallinnuksen oletuksena on että maanpinta on paljas eli kasvillisuuden vaikutusta ei huomioida. Karttatarkastelun pohjalta voidaan myös määrittää välkkeen muodostumisalueilla esiintyvien asuinrakennusten lukumäärä.

Välkkeen simuloinnin lähtötietoina käytetään 3D-maastomallia ja lisäksi tarvitaan tietoja päivittäisistä aurinkotunneista sekä tuulen suunnan jakautumisesta vuoden aikana. Välkemallinnuksen lähtötietoina käytetään Oulunsalon lentoasemalla mitattuja tuloksia vuosina 1981 - 2010 (Pirinen ym, 2012). Välkemallinnuksen lähtötiedot on esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Vuorokaudessa keskimäärin esiintyvät aurinkotunnit Oulunsalon lentokentällä

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
h/kk	24	69	137	208	273	296	283	212	133	69	28	8
h/vrk	0,77	2,46	4,42	6,93	8,81	9,87	9,13	6,84	4,43	2,23	0,90	0,26

Taulukko 3. Tuulen suunnan jakautuminen Oulunsalossa vuosina 1981-2010 (Pirinen ym, 2012).

Tuulen suunta	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	tyyni
h/vuosi	876	701	788	1752	1314	1051	1051	964	350
%	10	8	9	20	15	12	12	11	4

Välkkeen kesto voidaan esittää ns. ”worst case” -tilanteessa sekä ”real case” tilanteessa. Worst case tilanne kuvaa sellaista teoreettista tilannetta, jossa pilvisyyttä ei esiinny lainkaan ja missä tuuli käy jatkuvasti sellaisesta suunnasta, jonka vaikutuksesta turbiinit ovat välkkeen mahdollistavassa asennossa tarkkailupisteeseen nähden. ”Real case” tilanne kuvaa todellista tilannetta, jossa huomioidaan todelliset (keskimääräiset) aurinkotunnit ja tuulen suunnat ja niiden tilastolliset esiintymiset.

Tuulisuustietojen perusteella mallinnusohjelma olettaa, että tuulivoimalat ovat toiminnassa 96 % vuodesta eli noin 8400 tuntia vuodessa Käytännössä kuitenkin tuulivoimalat pyörivät ajallisesti tätä vähemmän, koska hyvin hiljaisten tuulten vallitessa voimaloiden lavat eivät pyöri. Mallinnusohjelma ei huomioi tuulen voimakkuutta, ainoastaan tuulen suunnan.

Aurinkoisuus vaihtelee eri vuosina, jonka seurauksena välkkeen kesto voi poiketa keskimääräisillä tiedoilla suoritettujen mallinnuksen tuloksista. Keskimääräistä aurinkoisempina vuosina välkettä aiheutuu tässä arvioitua enemmän ja keskimääräistä pilvisempinä vuosina välkevaikutus on vähäisempi.

Mastokankaan tuulipuiston välkkeen mallinnuksen tulokset esitetään karttapohjalla vyöhykkeinä 10h/vuosi, 5h/vuosi, ja 1h/vuosi. Voimalan tornin korkeus on 140 metriä ja turbiinin halkaisija 131 metriä.

4.2 Mallinnuksen tulokset

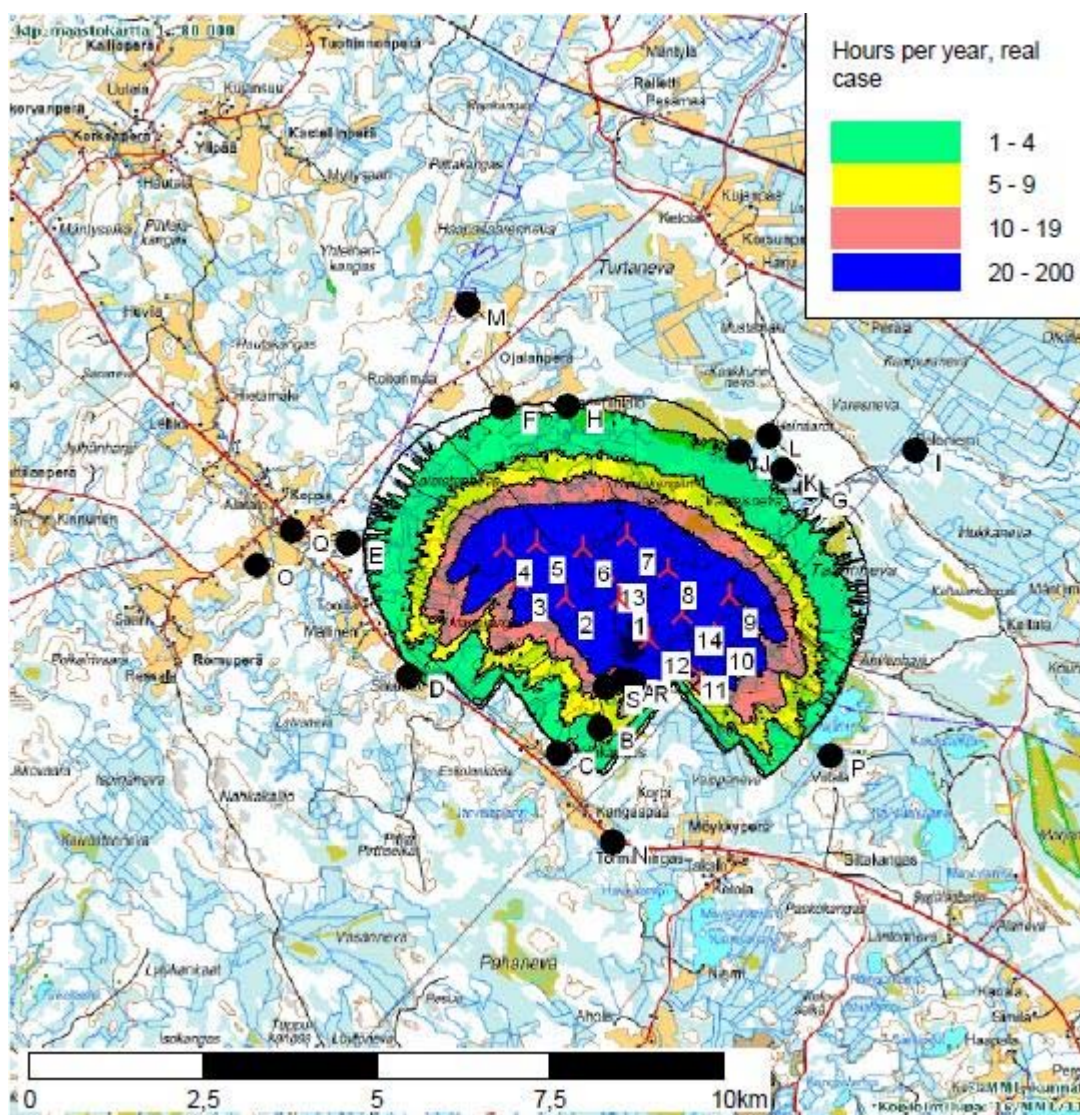
Välkkeen mallinnuksen tuloksena on muodostettu karttaesitys, jossa keskimääräisen tuulisuuden ja aurinkoisuuden toteutuessa on esitetty välkkeen kesto vyöhykkeittäin karttapohjalla. Vyöhykkeiden arvot on valittu siten, että ne kuvaavat tarkoituksenmukaisesti välkkeestä aiheutuvia vaikutuksia ja haittoja. Malliin on lisätty tarkastelupisteitä Mastokankaan hankealueen ympäristöön lähimpien loma-asuntojen ja pysyvien asuntojen kohdalle, joissa välkkeen esiintymisen ajankohdat on selvitetty yksityiskohtaisesti päivien ja kellonaikojen tarkkuudella. Tarkastelupisteistä on kaikkiaan 19 pistettä. Tarkastelupisteiden koordinaatit on esitetty **taulukossa 4**.

Taulukko 4. Tarkastelupisteiden sijainnit (KKJ-koordinaattijärjestelmä)

Tarkastelupiste	East	North
A: loma-asunto läntinen C	2 539 001	7 162 816
B: loma-asunto 2	2 538 716	7 162 134
C: asunto 1	2 538 160	7 161 726
D: asunto 2	2 535 905	7 162 742
E: asunto 3	2 534 912	7 164 653
F: asunto 4	2 537 005	7 166 633
G: asunto 6	2 541 482	7 165 678
H: asunto 5	2 537 871	7 166 687
I: asunto 7	2 542 969	7 166 292
J: loma-asunto 3	2 540 400	7 166 152
K: loma-asunto 4	2 541 067	7 165 916
L loma-asunto 5	2 540 831	7 166 407
M: asunto 8	2 536 405	7 168 094
N: asunto 9	2 539 019	7 160 492
O: asunto 10	2 533 602	7 164 258
P: loma-asunto 6	2 542 026	7 161 881
Q: kylätalo	2 534 077	7 164 778
R: loma-asunto läntinen E	2 539 153	7 162 808
S: loma-asunto läntinen W	2 538 769	7 162 711

Mastokankaan tuulipuistosta aiheutuvia välkevaikutuksia esittävät vyöhykkeet on valittu siten, että kartalla nähdään vyöhykkeet, joissa välkettä esiintyy 1 – 5 tuntia/vuosi (vihreä vyöhyke) ja 5 – 10 tuntia/vuosi (keltainen vyöhyke), 10-20 tuntia (punainen vyöhyke) ja yli 20 tuntia (sininen vyöhyke). Ulommainen raja osoittaa sen alueen, jossa välkevaikutusta voi esiintyä.

Välkemallinnuksen tulokset on esitetty **kuussa 2**. Välkkeen vaikutusalue ulottuu noin 1,8 km etäisyydelle tuulivoimaloista ja voimakkaimmin vaikutus kohdistuu tuulipuiston pohjoispuolelle.

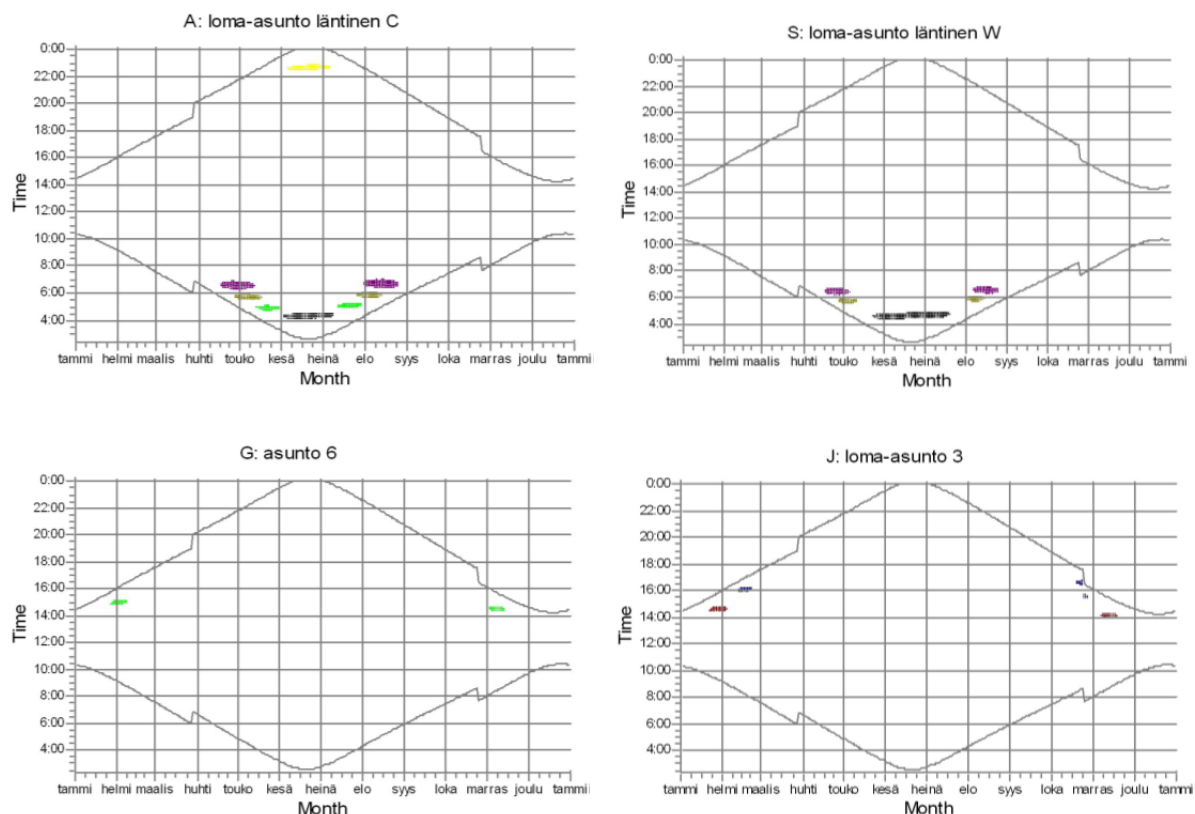


Kuva 2. Mastokankaan tuulivoimapuiston yleiskaavan kaavaluonnoksen mukaiset välkevyöhykkeet.

Kun tarkastellaan lähemmin tarkkailupisteessä esiintyvää välkettä, havaitaan että Läntisen rannalle sijoittuville loma-asunnoille välkettä aiheutuu voimaloista 9, 10, ja 11 huhti-toukokuussa ja heinä- elokuussa klo 5 - 7 välisenä aikana, voimalasta 14 kesä-heinäkuussa klo 4 – 5 välisenä aikana sekä voimalasta 2 kesä-heinäkuussa klo 22-23 välillä. Valkeisjärven

suunnalle välkettä voi aiheutua tammi-helmikuussa ja loka-marraskuussa iltapäivällä klo 14 – 17 välisenä aikana. Kopsan kylä ja Ojalanperä jäävät välkevaikutusalueen ulkopuolelle.

Kuvassa 3 on esitetty mahdolliset välkkeen ajankohdat ”real case” -tilanteessa tarkastelupisteissä A, S, G ja J.



Kuva 3. Tarkastelupisteille A ja S (Läntisen rannalla olevat loma-asunnot), G (hankealueen koillispuolella oleva talo) ja J (Pieni-Läntisen rannalla oleva loma-asunto) kohdistuva välke ja sen ajankohdat Mastokankaan tuulivoimapuiston yleiskaavan kaavaluonnoksen mukaisella toteutusvaihtoehdolla.

Taulukossa 5 on esitetty välkkeen kesto tarkkailupisteissä sekä ”worst case” -tilanteessa että ”real case” -tilanteessa. Kun tarkastellaan Mastokankaan tuulipuiston yleiskaavan kaavaluonnoksessa esitettävän toteuttamisvaihtoehdon mukaisia välkevaikutuksia, voidaan todeta että Läntisen rannalla olevissa tarkastelupisteissä A, R ja S välkkeen kesto ylittää 10 tuntia vuodessa. Suurimmillaan välkkeen kesto ”real case” -tilanteessa on vuosittain 20:46 tuntia.

Taulukko 5. Välkkeen kesto tarkkailupisteissä A-S tilanteissa ”worst case” ja ”real case”.

Tarkastelupiste	Välke, ”worst case”			Välke, ”real case”	
	välkkeen kokonaiskesto tuntia/vuosi	välkettä aiheutuu päivänä/vuosi	maksimi kesto tunti/päivä	välkkeen kesto, tuntia/vuosi	kesto, tuntia/vuosi
A loma-asunto läntinen C	54:52	124	0:49	15:01	
B loma-asunto 2	12:43	49	0:21	3:31	
C asunto 1	0:00	0	0:00	0:00	
D asunto 2	0:00	0	0:00	0:00	
E asunto 3	0:00	0	0:00	0:00	
F asunto 4	0:00	0	0:00	0:00	
G asunto 6	4:51	24	0:16	0:33	
H asunto 5	0:00	0	0:00	0:00	
I asunto 7	0:00	0	0:00	0:00	
J loma-asunto 3	8:30	45	0:16	0:58	
K loma-asunto 4	6:00	28	0:17	0:27	
L loma-asunto 5	0:00	0	0:00	0:00	
M asunto 8	0:00	0	0:00	0:00	
N asunto 9	0:00	0	0:00	0:00	
O asunto 10	0:00	0	0:00	0:00	
P loma-asunto 6	0:00	0	0:00	0:00	
Q kylätalo	0:00	0	0:00	0:00	
R loma-asunto läntinen E	74:40	118	1:00	20:46	
S loma-asunto läntinen W	37:25	106	0:39	10:03	

5. YHTEENVETO

Turbiinien aiheuttamaa välkettä esiintyy noin 1,8 km etäisyydellä tuulivoimaloista ja voimakkaimmin välke esiintyy tuulivoimapuiston pohjoispuolella.

Kolmessa malliin sijoitetuissa tarkastelupisteessä välkkeen kesto ylittää 10 tuntia vuodessa. Kyseiset pisteet sijoittuvat Läntisen rannalle tuulipuiston eteläpuolelle.

LÄHDELUETTELO

Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J.-P., Karlsson, P. & Ruuhela, R. (2012). Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010. Ilmatieteen laitoksen raportteja, 2012/1. Helsinki.

Ympäristöministeriö. (2012). Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Project:

Mastokangas kaavaluonnos

Description:

Mastokangas EIA

Printed/Page

9.4.2015 15:42 / 1

Licensed user:

LVT Environmental and Engineering Consul

Kairatie 56

FI-PL 96 96101 Rovaniemi

+358 16 3310800

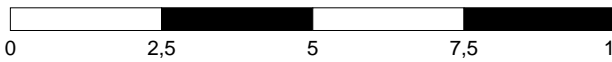
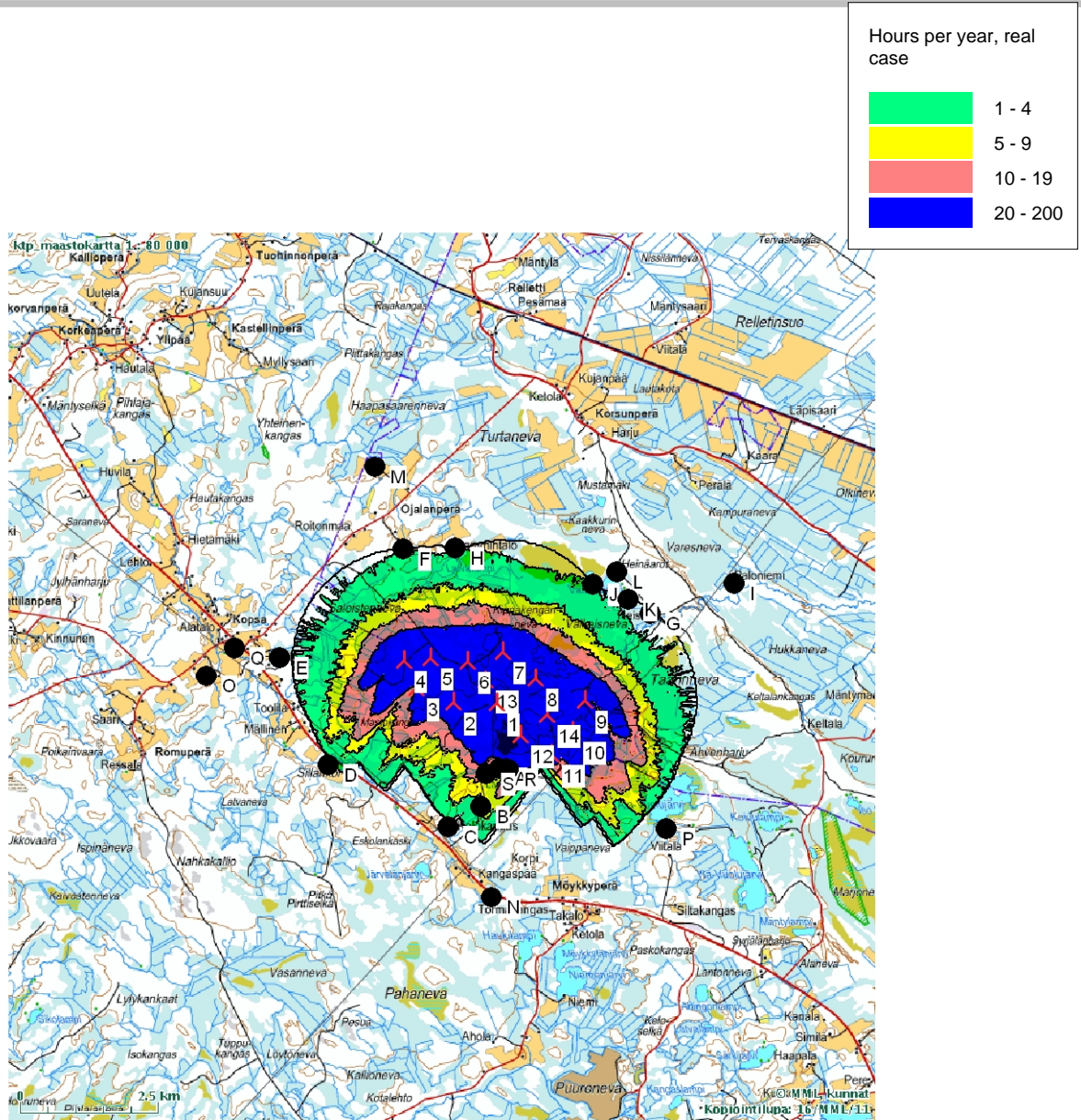
Olli-Pekka Vieltojärvi / olli-pekka.vieltojarvi@lvt.fi

Calculated:

9.4.2015 15:34/2.7.485

SHADOW - Map

Calculation: Mastokangas kaavaluonnos, - Nordex 131, 140m hh

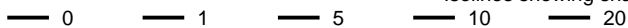


Map: Mastokangas 80000 , Print scale 1:125 000, Map center KKJ Finland Zone: 2 East: 2 537 969 North: 7 164 443

New WTG

Shadow receptor

Isolines showing shadow in Hours per year, real case



Project:

Mastokangas kavaluonnos

Description:

Mastokangas EIA

Printed/Page

9.4.2015 15:40 / 2

Licensed user:

LVT Environmental and Engineering Consul

Kairatie 56

FI-PL 96 96101 Rovaniemi

+358 16 3310800

Olli-Pekka Vieltojärvi / olli-pekka.vieltojarvi@lvt.fi

Calculated:

9.4.2015 15:34/2.7.485

SHADOW - Main Result**Calculation:** Mastokangas kavaluonnos, - Nordex 131, 140m hh

...continued from previous page

No.	Name	KKJ Zone: 2				Height [m]	Height a.g.l. [m]	Degrees from south cw [°]	Slope of window [°]	Direction mode
		East	North	Z	Width					
M asunto 8	2 536 368	7 168 126	47,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
N asunto 9	2 538 984	7 160 456	72,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
O asunto 10	2 533 567	7 164 218	47,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
P loma-asunto 6	2 542 064	7 161 851	67,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
Q kylätalo	2 534 043	7 164 742	47,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
R loma-asunto läntinen E	2 539 129	7 162 784	72,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	
S loma-asunto läntinen W	2 538 746	7 162 685	72,2	1,0	1,0	1,0	-180,0	90,0	"Green house mode"	

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	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]
A	loma-asunto läntinen C	54:52	124	0:49	15:01
B	loma-asunto 2	12:43	49	0:21	3:31
C	asunto 1	0:00	0	0:00	0:00
D	asunto 2	0:00	0	0:00	0:00
E	asunto 3	0:00	0	0:00	0:00
F	asunto 4	0:00	0	0:00	0:00
G	asunto 6	4:51	24	0:16	0:33
H	asunto 5	0:00	0	0:00	0:00
I	asunto 7	0:00	0	0:00	0:00
J	loma-asunto 3	8:30	45	0:16	0:58
K	loma-asunto 4	6:00	28	0:17	0:27
L	loma-asunto 5	0:00	0	0:00	0:00
M	asunto 8	0:00	0	0:00	0:00
N	asunto 9	0:00	0	0:00	0:00
O	asunto 10	0:00	0	0:00	0:00
P	loma-asunto 6	0:00	0	0:00	0:00
Q	kylätalo	0:00	0	0:00	0:00
R	loma-asunto läntinen E	74:40	118	1:00	20:46
S	loma-asunto läntinen W	37:25	106	0:39	10:03

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

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	K1	0:00	0:00
2	K2	21:16	6:18
3	K3	0:00	0:00
4	K4	0:00	0:00
5	K5	0:00	0:00
6	K6	0:00	0:00
7	K7	3:22	0:31
8	K8	5:05	0:27
9	K9	27:49	5:50
10	K10	22:34	6:04
11	K11	57:55	15:36
12	K12	0:00	0:00
13	K13	0:00	0:00
14	K14	27:22	7:38

Project:

Mastokangas kaavaluonnos

Description:

Mastokangas EIA

Printed/Page

9.4.2015 15:41 / 1

Licensed user:

LVT Environmental and Engineering Consul

Kairatie 56

FI-PL 96 96101 Rovaniemi

+358 16 3310800

Olli-Pekka Vieltojärvi / olli-pekka.vieltojarvi@lvt.fi

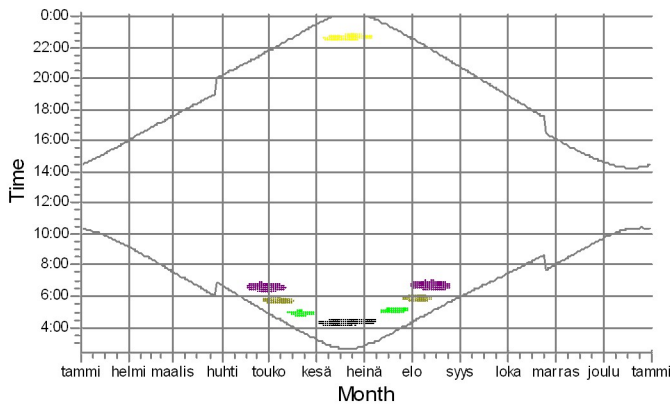
Calculated:

9.4.2015 15:34/2.7.485

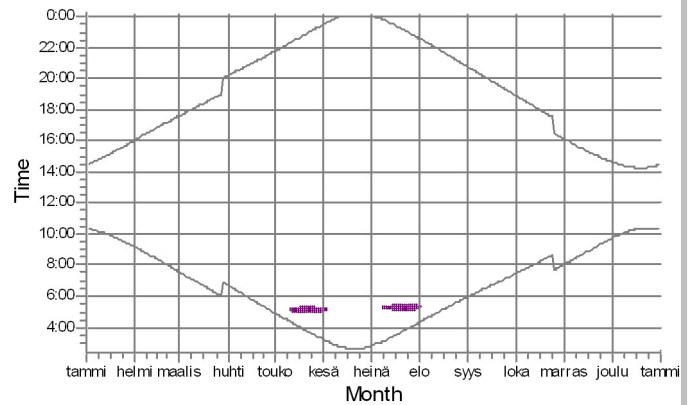
SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Mastokangas kaavaluonnos, - Nordex 131, 140m hh

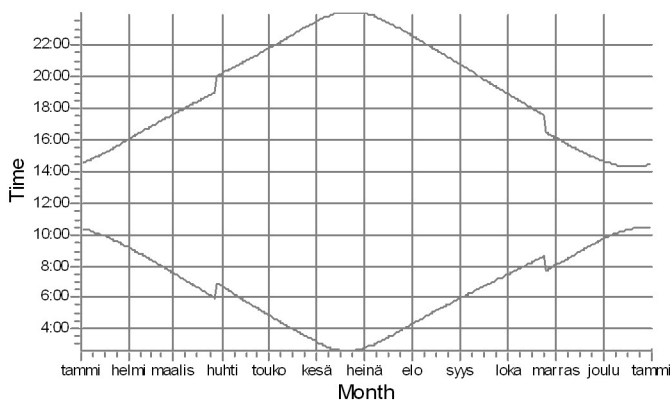
A: loma-asunto läntinen C



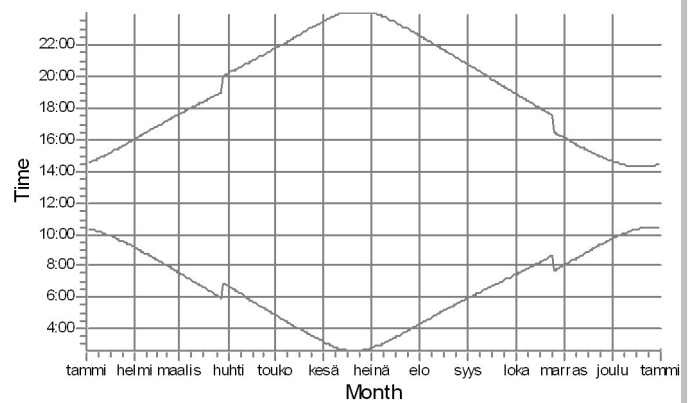
B: loma-asunto 2



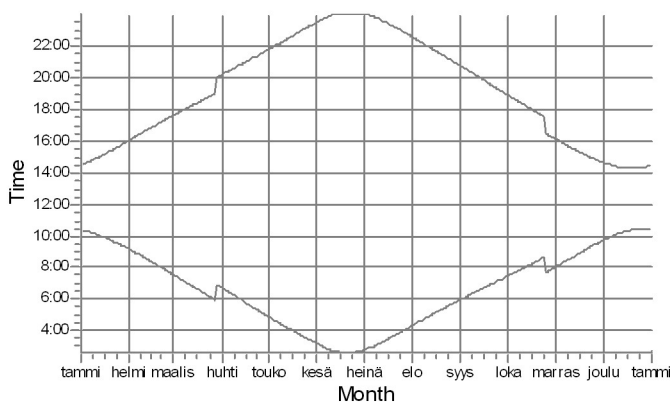
C: asunto 1



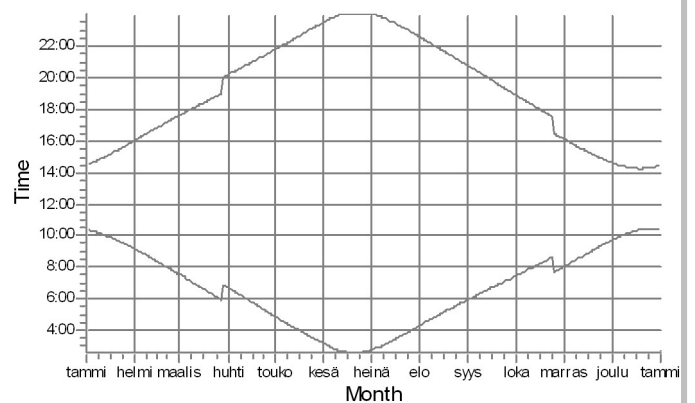
D: asunto 2



E: asunto 3



F: asunto 4



WTGs



Project:

Mastokangas kaavaluonnos

Description:

Mastokangas EIA

Printed/Page

9.4.2015 15:41 / 2

Licensed user:

LVT Environmental and Engineering Consul

Kairatie 56

FI-PL 96 96101 Rovaniemi

+358 16 3310800

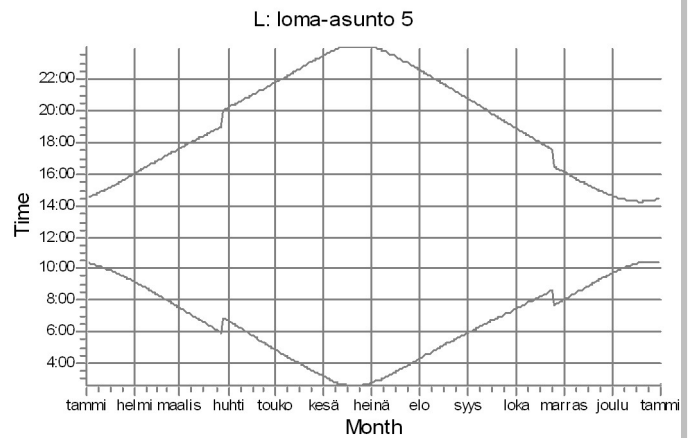
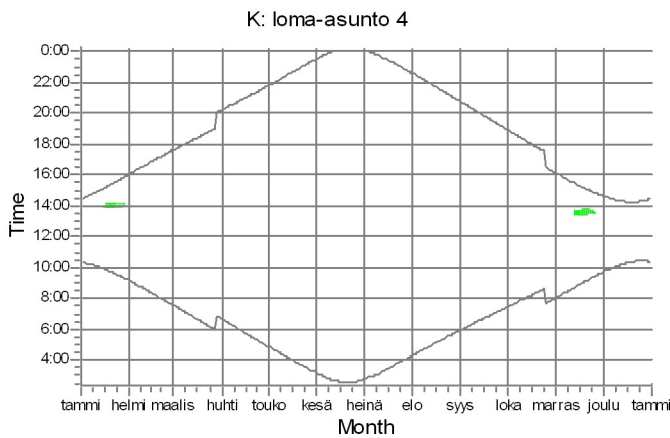
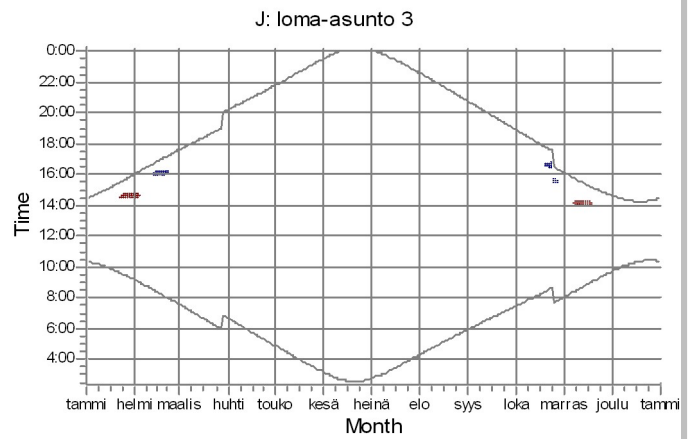
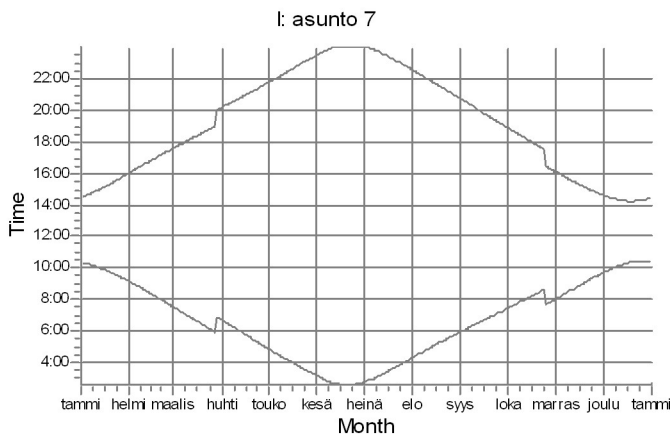
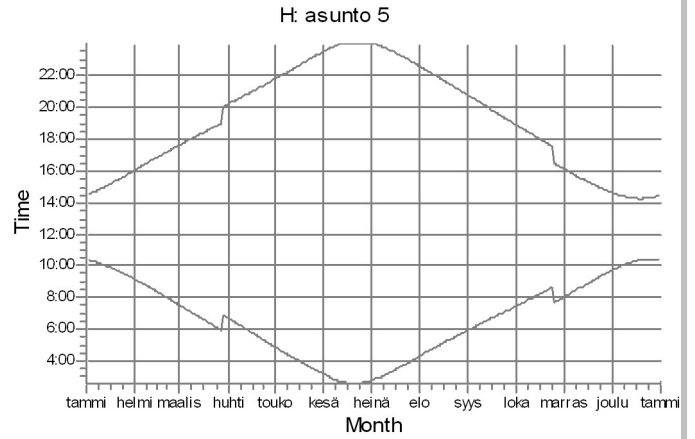
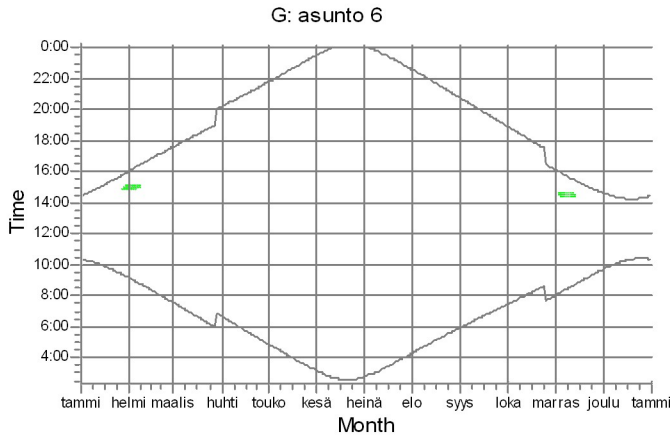
Olli-Pekka Vieltojärvi / olli-pekka.vieltojarvi@lvt.fi

Calculated:

9.4.2015 15:34/2.7.485

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Mastokangas kaavaluonnos, - Nordex 131, 140m hh



WTGs



Project:

Mastokangas kaavaluonnos

Description:

Mastokangas EIA

Printed/Page

9.4.2015 15:41 / 3

Licensed user:

LVT Environmental and Engineering Consul

Kairatie 56

FI-PL 96 96101 Rovaniemi

+358 16 3310800

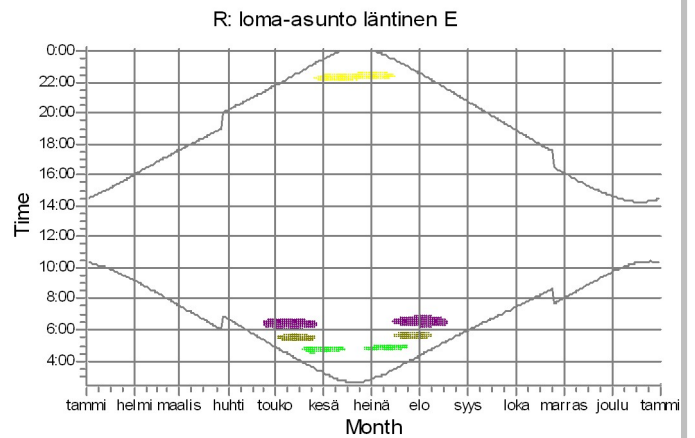
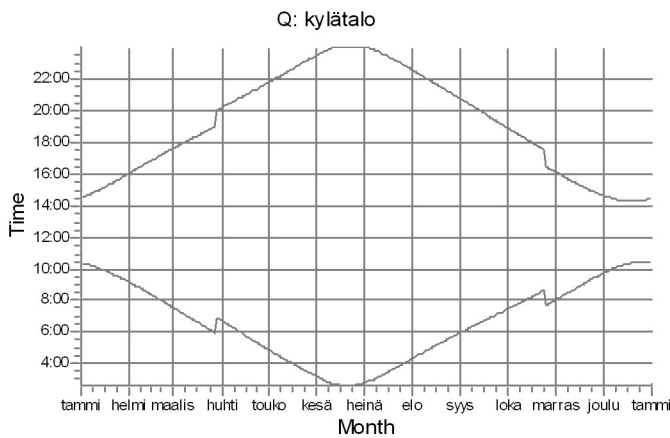
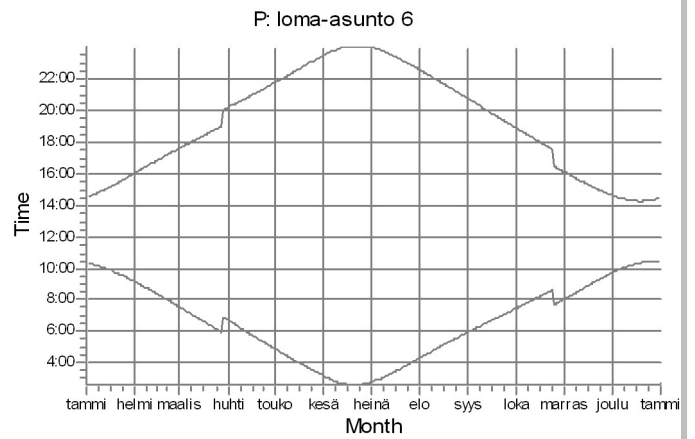
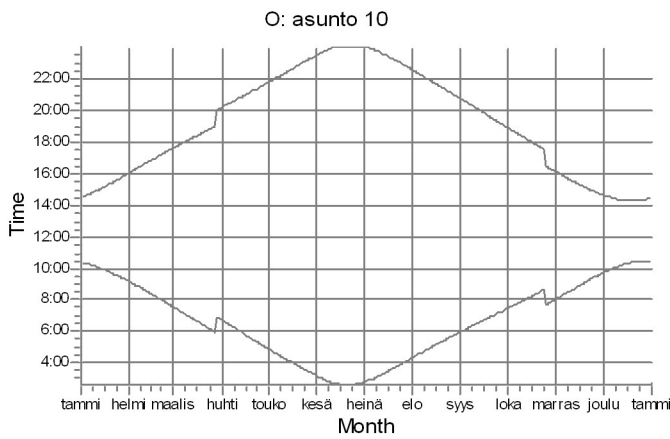
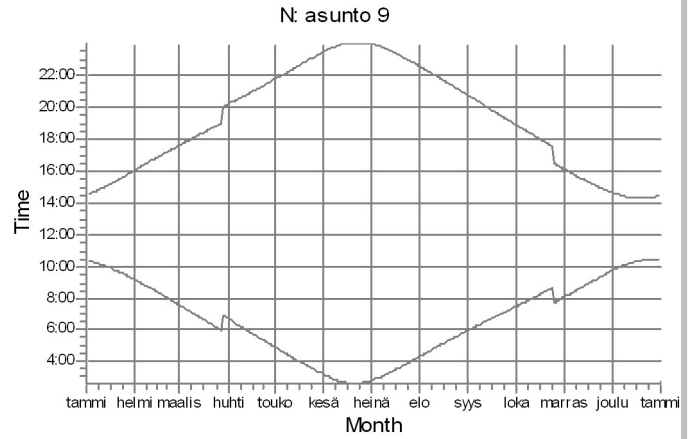
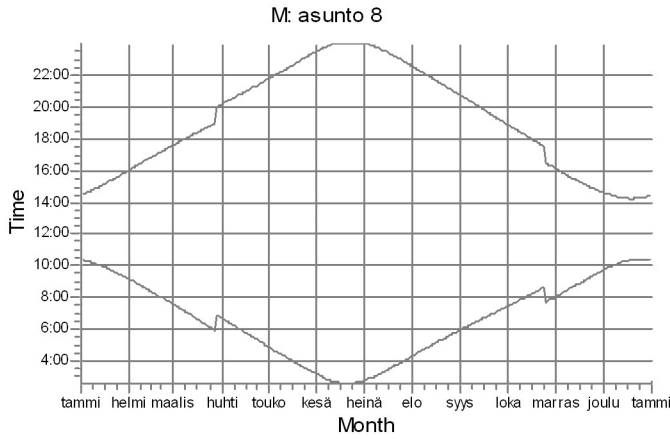
Olli-Pekka Vieltojärvi / olli-pekka.vieltojarvi@lvt.fi

Calculated:

9.4.2015 15:34/2.7.485

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Mastokangas kaavaluonnos, - Nordex 131, 140m hh



WTGs



2: K2



9: K9



10: K10



11: K11

Project:

Mastokangas kaavaluonnos

Description:

Mastokangas EIA

Printed/Page

9.4.2015 15:41 / 4

Licensed user:

LVT Environmental and Engineering Consul

Kairatie 56

FI-PL 96 96101 Rovaniemi

+358 16 3310800

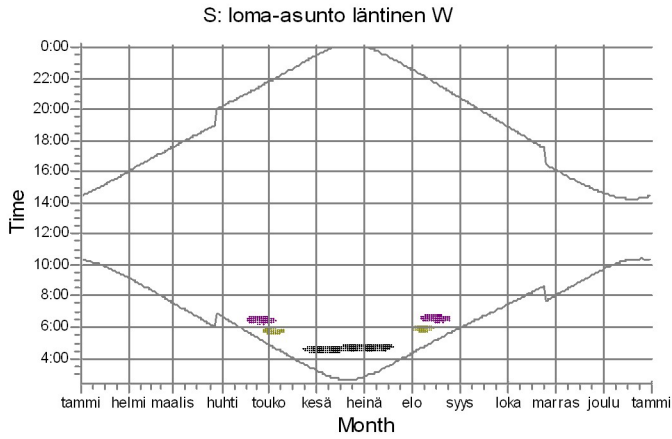
Olli-Pekka Vieltojärvi / olli-pekka.vieltojarvi@lvt.fi

Calculated:

9.4.2015 15:34/2.7.485

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Mastokangas kaavaluonnos, - Nordex 131, 140m hh



WTGs



10: K10



11: K11



14: K14