

TUULIVOIMAPUISTO VÖYRINKANGAS OY / MEGATUULI OY

Suolakankaan tuulivoimahanke, Kauhajoki

Varjostusmallinnukset "N170" x 9 x HH145-HH165

Sisällysluettelo

1	Varjostusmallinnuksen tavoitteet	1
1.1	Varjostusmallinnus	1
1.2	Raja- ja ohjeavot	3
1.3	Varjostusmallinnusten tulokset	4
1.3.1	N170 x 9 x HH145.....	4
1.3.2	N170 x 9 x HH155.....	7
1.3.3	N170 x 9 x HH165.....	10

Liitteet

- Liite 1: N170 x 9 x HH145 varjostusmallinnusten tulokset "real case, no forest"
 Liite 2: N170 x 9 x HH145 varjostusmallinnusten tulokset "real case, forest luke"
 Liite 3: N170 x 9 x HH155 varjostusmallinnusten tulokset "real case, no forest"
 Liite 4: N170 x 9 x HH155 varjostusmallinnusten tulokset "real case, forest luke"
 Liite 5: N170 x 9 x HH165 varjostusmallinnusten tulokset "real case, no forest"
 Liite 6: N170 x 9 x HH165 varjostusmallinnusten tulokset "real case, forest luke"

20.10.2017

Suolakankaan tuulivoimahanke, Kauhajoki

1 Varjostusmallinnuksen tavoitteet

Kauhajoen kaupungin alueelle suunnitteilla olevan Suolakankaan tuulivoimahankkeen aiheuttamia varjostusvaikutuksia on arvioitu laatimalla mallinnukset tuulivoimaloiden aiheuttamista varjostuksista.

Mallinnusten tavoitteena on osoittaa, kuinka laajalle alueelle kyseiset vaikutukset ulottuvat ja arvioida vaikutukset läheiselle asutukselle tai loma-asutukselle.

Tuulivoimaloiden aiheuttamat varjostusvaikutukset on mallinnettu WindPro-ohjelman SHADOW-moduulilla alustavien voimalanpaikkojen sijoitusten mukaisesti. Varjostusmallinnukset on laatinut FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy Ins. Hans Vadbäck.

1.1 Varjostusmallinnus

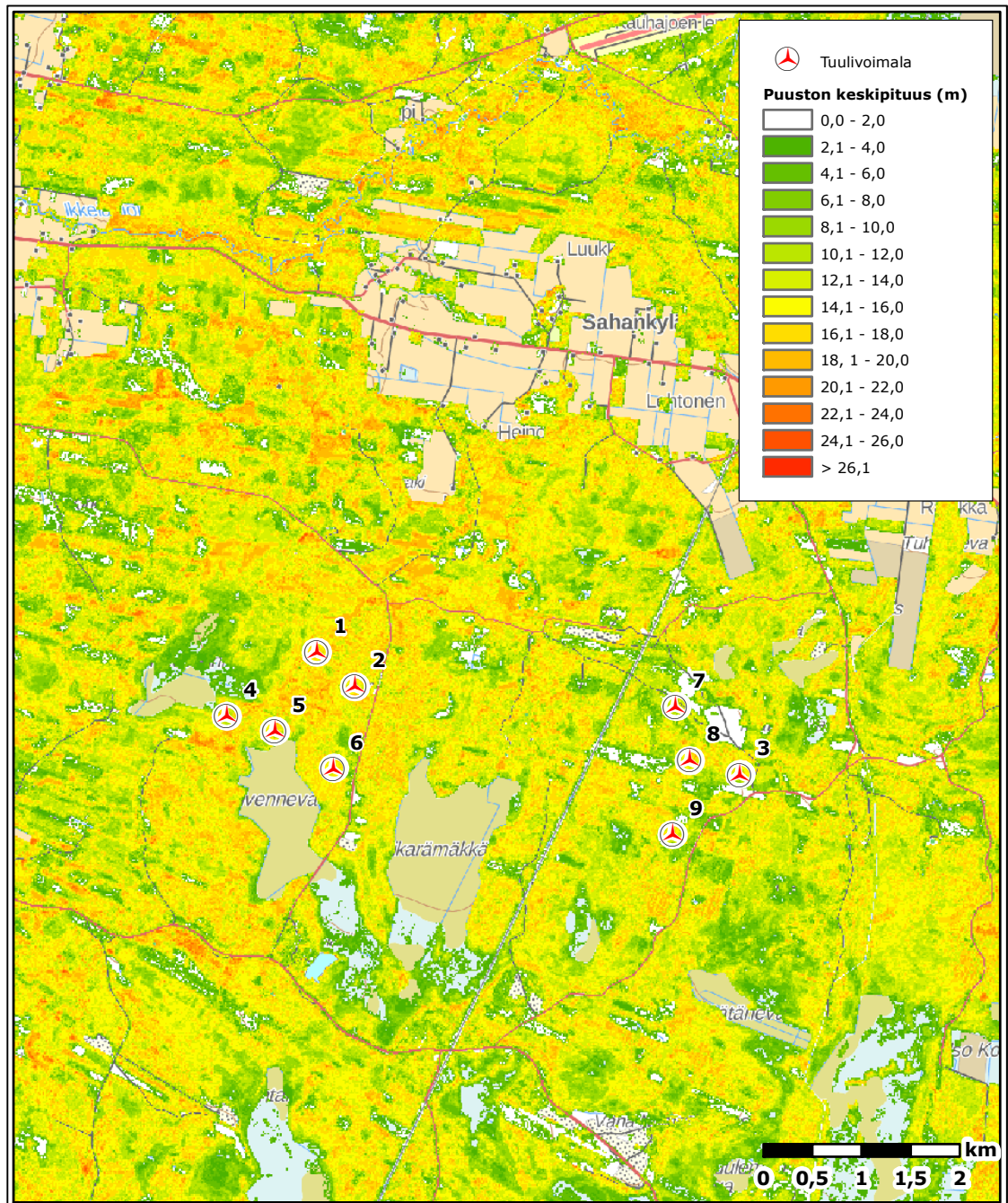
Tuulivoimaloiden varjostusvaikutuksia mallinnettiin WindPRO-ohjelman Shadow-moduulilla. Varjostulaskennassa hyödynnettiin Nordex delta4000 voimalaa. Voimalan Delta4000 roottorin halkaisija on 149 metriä, mutta tässä raportissa esitetyissä mallinuksissa siipien pituutta on pidennetty siten, että roottorin halkaisijaksi saadaan 170 metriä. Voimaloiden napakorkeutena on laskelmissa käytetty 145-165 metriä, jolloin voimaloiden kokonaiskorkeudeksi muodostuu 230-250 metriä.

Mallinnukset tehtiin niin sanotulle todelliselle tilanteelle (real case). Mallinuksissa tehtiin kaksi eri laskentatilannetta:

- 1) Todellinen tilanne, jossa puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioitu (real case, no forest) voimaloiden napakorkeus = 145-165 m (HH145/HH155/HH165)
- 2) Todellinen tilanne, jossa puuston suojaavaa vaikutusta on huomioitu (real case, forest luke) voimaloiden napakorkeus = 145-165 m (HH145/HH155/HH165). Puuston korkeustiedot perustuvat Luonnonvarakeskus (Luke) vuoden 2013 monilähteisestä valtakunnan metsien inventoinnista (MVMi), jossa käytetään Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) maastomittausten lisäksi satelliittikuvia ja muita tietolähteitä, kuten Maanmittauslaitoksen numeerista maastotietokantaa ja korkeusmallia. Vuoden 2013 metsävarakartoissa karttateemojen maastoelementin koko on nyt 16 x 16 metriä.

Varjostusmallinnuksessa puuston korkeustiedot perustuvat Luonnonvarakeskus (Luke) vuoden 2013 monilähteisestä valtakunnan metsien inventoinnista, (Kuva 1).

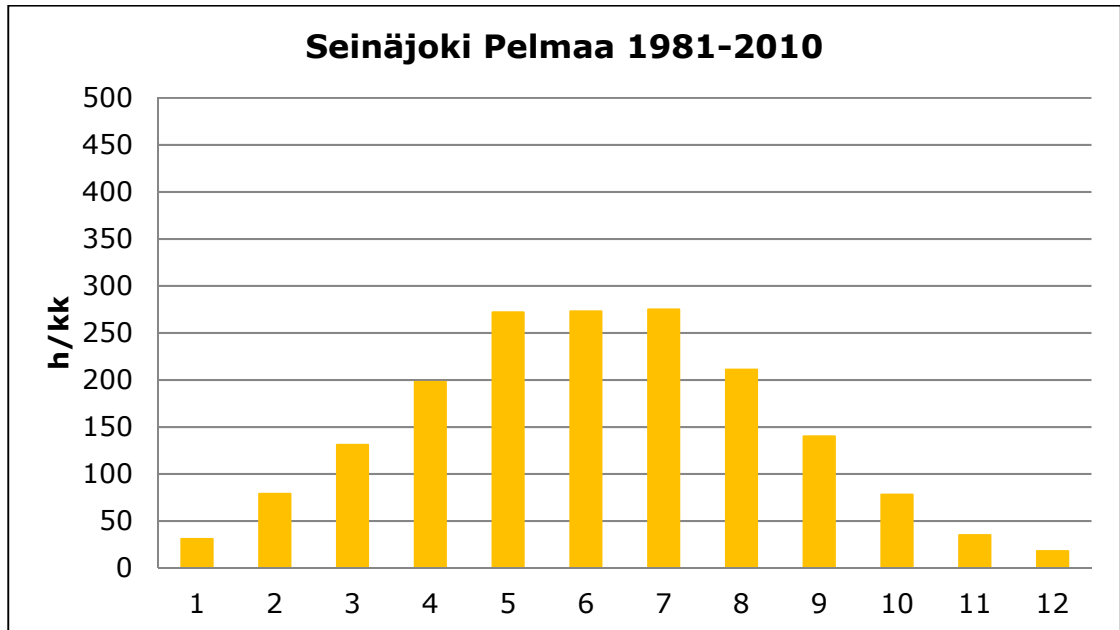
20.10.2017



Kuva 1. Varjostusmallinnuksessa käytetyt puuston korkeudet, perustuvat Luonnonvarakeskus (Luke) vuoden 2013 monilähteisestä valtakunnan metsien inventoinnista.

Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Seinäjoen Pelmaan sääaseman pitkäaikaisiin mitattuihin säätietoihin 1981-2010 (Kuva 2). Laskentojen tuulen suunta ja nopeusjakamana käytettiin NASA:n julkaisemaa MERRA-satelliittidataan perustuvaa tuulidataa (E22.668-N62.500).

20.10.2017



Kuva 2. Seinäjoen Pelmaan sääaseman kuukauden keskimääräiset auringonpaistetunnit vuosina 1981-2010 (Lähde: Ilmatieteenlaitos raportti 2012:1).

Varjostusmallinnuksen tuloksia on havainnollistettu kartan avulla. Kartalla esitetään varjostusvaikutuksen (1, 8, 10 ja 20 tuntia vuodessa) laajuus. Sen lisäksi mallinnuksessa on erikseen laskettu vaikutus tuulivoimapuistoalueen ympäristössä oleviin herkkiin kohteisiin.

Laskennoissa varjot huomioidaan, jos aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella ja varjoksi lasketaan, kun siipi peittää vähintään 20 % auringosta.

Varjostusmallin laskennassa on huomioitu hankealueen korkeustiedot, tuulivoimaloiden sijainnit esisuunnitelman mukaan, tuulivoimalan napakorkeudet ja roottorin halkaisija ja hankealueen aikavyöhyke. Mallinnuksessa otettiin huomioon auringon asema horisontissa eri kellon- ja vuodenaikoina, pilvisuus kuukausittain eli kuinka paljon aurinko paistaa ollessaan horisontin yläpuolella sekä tuulivoimalaitosten arvioitu vuotuinen käyntiaika.

Varjostuksen tarkastelukorkeutena lähialueen asuin- tai lomarakennusten pihapiirissä käytettiin 2,0 metriä ja laskenta-alueen kokoa 5,0 x 5,0 metriä.

1.2 Raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole viranomaisten antamia yleisiä määräyksiä tuulivoimaloiden muodostaman varjostuksen enimmäiskestoista eikä varjonmuodostuksen arviointiperusteista. Ympäristöministeriön tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa esitetään käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkkeen rajoittamisesta (Ympäristöministeriö, Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016).

Useissa maissa on annettu raja-arvoja tai suosituksia hyväksyttävän välkevaikutuksen määrästä. Esimerkiksi Tanskassa sovelletaan todellisen tilanteen raja-arvona enintään kymmenen tuntia vuodessa. Ruotsissa vastaava suositus on kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

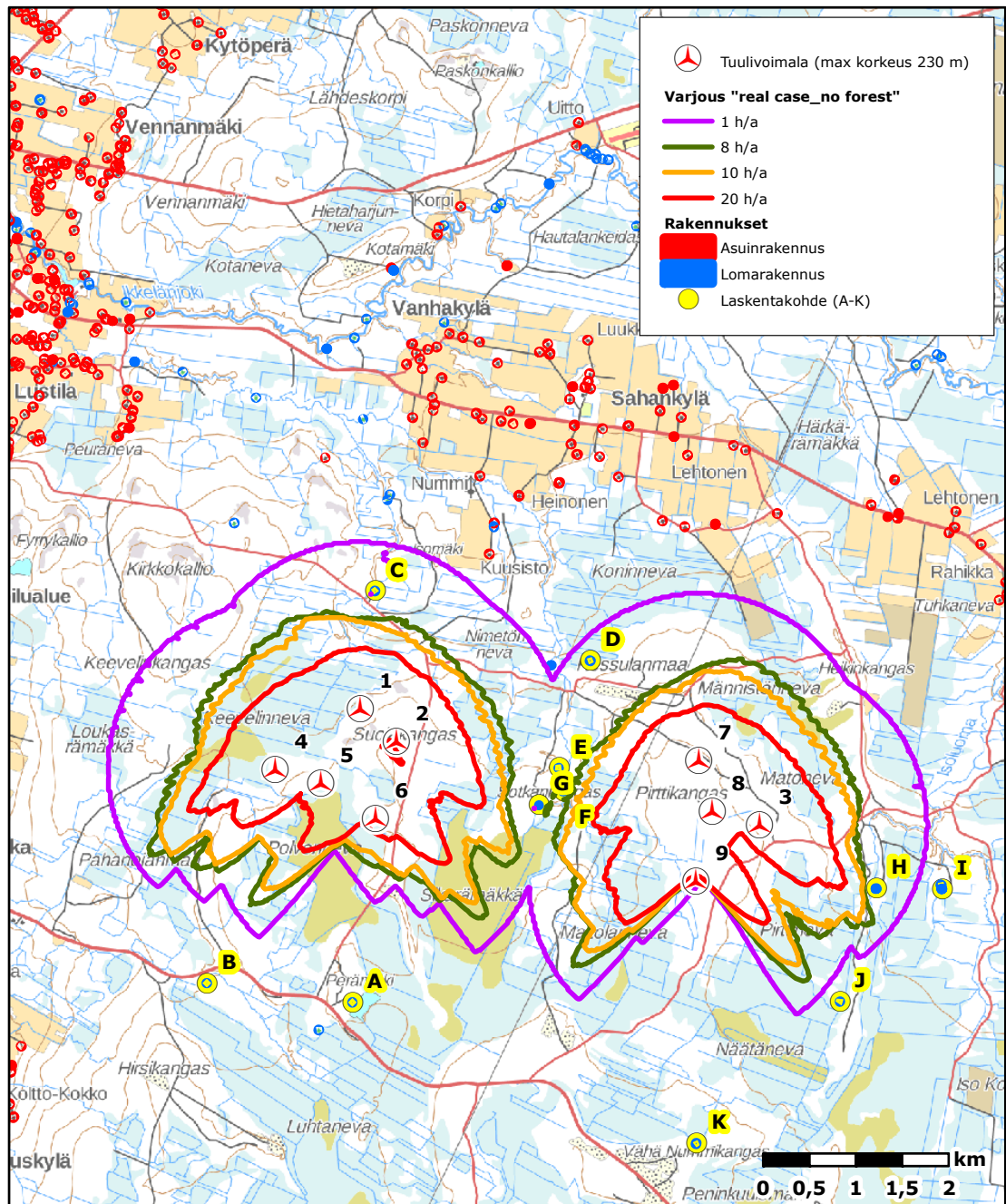
20.10.2017

1.3 Varjostusmallinnusten tulokset

1.3.1 N170 x 9 x HH145

Real case, no forest

Tuulivoimaloiden läheisyydessä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla varjostustunnit ovat "real case, no forest"-laskentatulosten perusteella alle 8 tuntia kaikissa tarkastelukohteissa (A-K). Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 1.



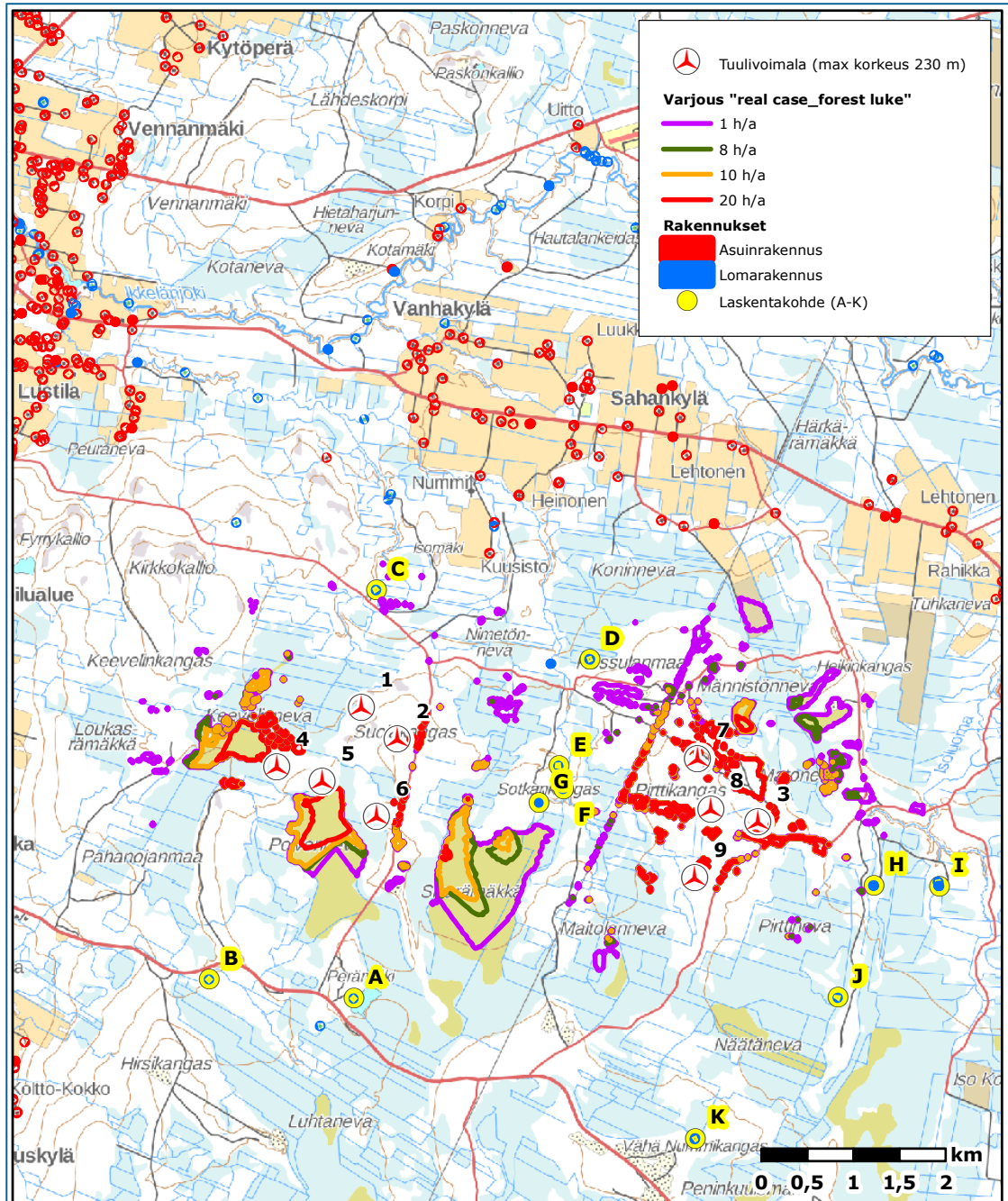
Kuva 3. Varjostusmallinnus "N170" x 9 x HH145, puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioitu.

20.10.2017

Real case, forest luke

Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, laskentatuloksista nähdään, että varjostusvaikutukset ovat merkittävästi lievemmät (Kuva 4).

Tuulivoimaloiden läheisyydessä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla varjostustunnit ovat "real case, forest luke"-laskentatulosten perusteella alle 1 tuntia vuodessa kaikissa tarkastelukohteissa (A-K). Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 2.



Kuva 4. Varjostusmallinnus "N170" x 9 x HH145, puuston suojaava vaikutus on huomioitu.

20.10.2017

Taulukko 1. Vaihtoehto N170 x 9 x HH145 laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaava vaikutus ei ole huomioitu "real case, no forest"

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta-ikkuna (m)	Varjostus (h/a)
A Lomarakennus (Perämäki)	258 941	6 924 744	171,2	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Nummikankaantie 218)	257 371	6 924 948	149,3	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Heikinkatu 25)	259 185	6 929 195	135,0	5 x 5	6:31
D Lomarakennus (Ressulanmaa)	261 505	6 928 439	146,0	5 x 5	2:01
E Lomarakennus (Sotkankangas I)	261 168	6 927 279	162,5	5 x 5	6:32
F Lomarakennus (Sotkankangas II)	261 217	6 927 029	160,0	5 x 5	7:21
G Lomarakennus (Sotkankangas III)	260 951	6 926 878	160,8	5 x 5	6:51
H Lomarakennus (Ruostetuoma)	264 587	6 925 975	157,5	5 x 5	5:20
I Lomarakennus (Heikinkankaantie 135)	265 298	6 925 969	153,1	5 x 5	0:00
J Lomarakennus (Pukiharju)	264 198	6 924 751	163,2	5 x 5	0:00
K Lomarakennus (Vähä Nummikangas)	262 649	6 923 216	187,5	5 x 5	0:00

Taulukko 2. Vaihtoehto N170 x 9 x HH145 laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaava vaikutus on huomioitu "real case, forest luke"

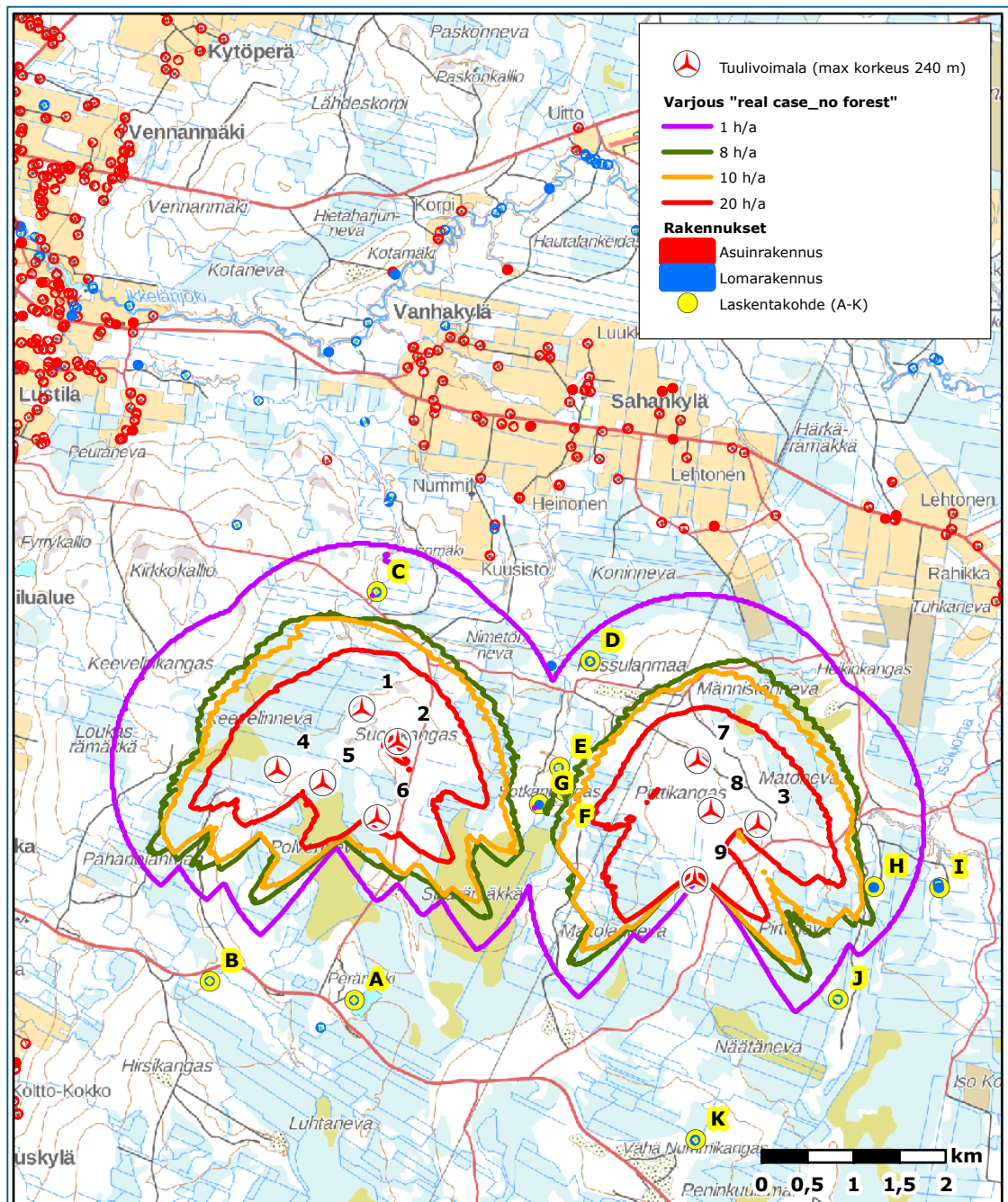
Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta-ikkuna (m)	Varjostus (h/a)
A Lomarakennus (Perämäki)	258 941	6 924 744	171,2	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Nummikankaantie 218)	257 371	6 924 948	149,3	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Heikinkatu 25)	259 185	6 929 195	135,0	5 x 5	0:00
D Lomarakennus (Ressulanmaa)	261 505	6 928 439	146,0	5 x 5	0:00
E Lomarakennus (Sotkankangas I)	261 168	6 927 279	162,5	5 x 5	0:00
F Lomarakennus (Sotkankangas II)	261 217	6 927 029	160,0	5 x 5	0:00
G Lomarakennus (Sotkankangas III)	260 951	6 926 878	160,8	5 x 5	0:00
H Lomarakennus (Ruostetuoma)	264 587	6 925 975	157,5	5 x 5	0:00
I Lomarakennus (Heikinkankaantie 135)	265 298	6 925 969	153,1	5 x 5	0:00
J Lomarakennus (Pukiharju)	264 198	6 924 751	163,2	5 x 5	0:00
K Lomarakennus (Vähä Nummikangas)	262 649	6 923 216	187,5	5 x 5	0:00

20.10.2017

1.3.2 N170 x 9 x HH155

Real case, no forest

Tuulivoimaloiden läheisyydessä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla varjostustunnit ovat "real case, no forest"-laskentatulosten perusteella alle 8 tuntia kaikissa tarkastelukohteissa (A-K). Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 3.



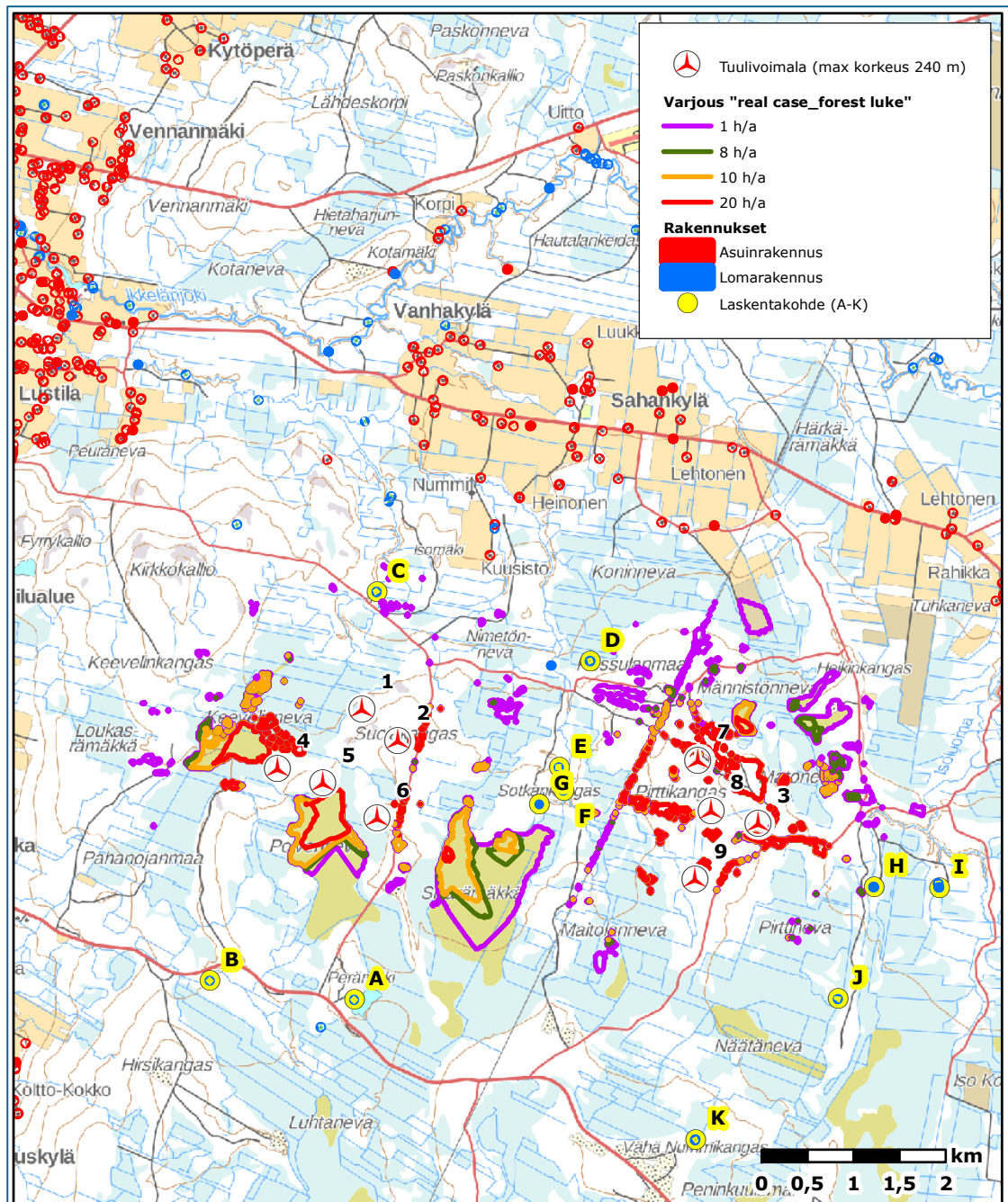
Kuva 5. Varjostusmallinnus "N170" x 9 x HH155, puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioitu.

20.10.2017

Real case, forest luke

Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, laskentatuloksista nähdään, että varjostusvaikutukset ovat merkittävästi lievemmät (Kuva 6).

Tuulivoimaloiden läheisyydessä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla varjostustunnit ovat "real case, forest luke"-laskentatulosten perusteella alle 1 tuntia vuodessa kaikissa tarkastelukohteissa (A-K). Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 4.



Kuva 6. Varjostusmallinnus "N170" x 9 x HH145, puuston suojaava vaikutus on huomioitu.

20.10.2017

Taulukko 3. Vaihtoehto N170 x 9 x HH155 laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaava vaikutus ei ole huomioitu "real case, no forest"

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta-ikkuna (m)	Varjostus (h/a)
A Lomarakennus (Perämäki)	258 941	6 924 744	171,2	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Nummikankaantie 218)	257 371	6 924 948	149,3	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Heikinkatu 25)	259 185	6 929 195	135,0	5 x 5	6:26
D Lomarakennus (Ressulanmaa)	261 505	6 928 439	146,0	5 x 5	2:01
E Lomarakennus (Sotkankangas I)	261 168	6 927 279	162,5	5 x 5	6:53
F Lomarakennus (Sotkankangas II)	261 217	6 927 029	160,0	5 x 5	7:44
G Lomarakennus (Sotkankangas III)	260 951	6 926 878	160,8	5 x 5	7:18
H Lomarakennus (Ruostetuoma)	264 587	6 925 975	157,5	5 x 5	5:38
I Lomarakennus (Heikinkankaantie 135)	265 298	6 925 969	153,1	5 x 5	0:00
J Lomarakennus (Pukiharju)	264 198	6 924 751	163,2	5 x 5	0:00
K Lomarakennus (Vähä Nummikangas)	262 649	6 923 216	187,5	5 x 5	0:00

Taulukko 4. Vaihtoehto N170 x 9 x HH155 laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaava vaikutus on huomioitu "real case, forest luke"

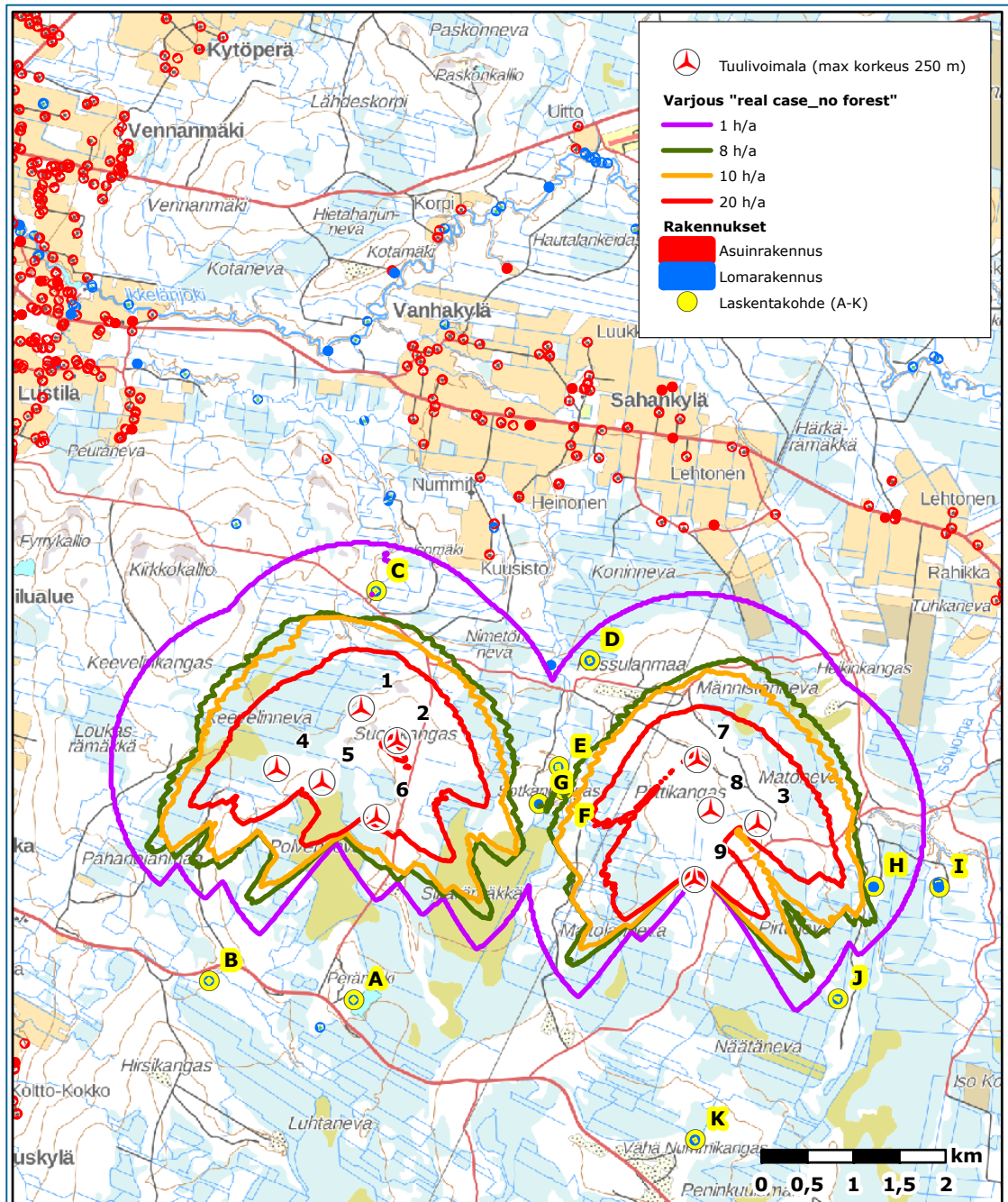
Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta-ikkuna (m)	Varjostus (h/a)
A Lomarakennus (Perämäki)	258 941	6 924 744	171,2	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Nummikankaantie 218)	257 371	6 924 948	149,3	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Heikinkatu 25)	259 185	6 929 195	135,0	5 x 5	0:00
D Lomarakennus (Ressulanmaa)	261 505	6 928 439	146,0	5 x 5	0:00
E Lomarakennus (Sotkankangas I)	261 168	6 927 279	162,5	5 x 5	0:00
F Lomarakennus (Sotkankangas II)	261 217	6 927 029	160,0	5 x 5	0:00
G Lomarakennus (Sotkankangas III)	260 951	6 926 878	160,8	5 x 5	0:00
H Lomarakennus (Ruostetuoma)	264 587	6 925 975	157,5	5 x 5	0:00
I Lomarakennus (Heikinkankaantie 135)	265 298	6 925 969	153,1	5 x 5	0:00
J Lomarakennus (Pukiharju)	264 198	6 924 751	163,2	5 x 5	0:00
K Lomarakennus (Vähä Nummikangas)	262 649	6 923 216	187,5	5 x 5	0:00

20.10.2017

1.3.3 N170 x 9 x HH165

Real case, no forest

Tuulivoimaloiden läheisyydessä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla varjostustunnit ovat "real case, no forest"-laskentatulosten perusteella alle 8 tuntia kaikissa tarkastelukohteissa (A-K). Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 5.



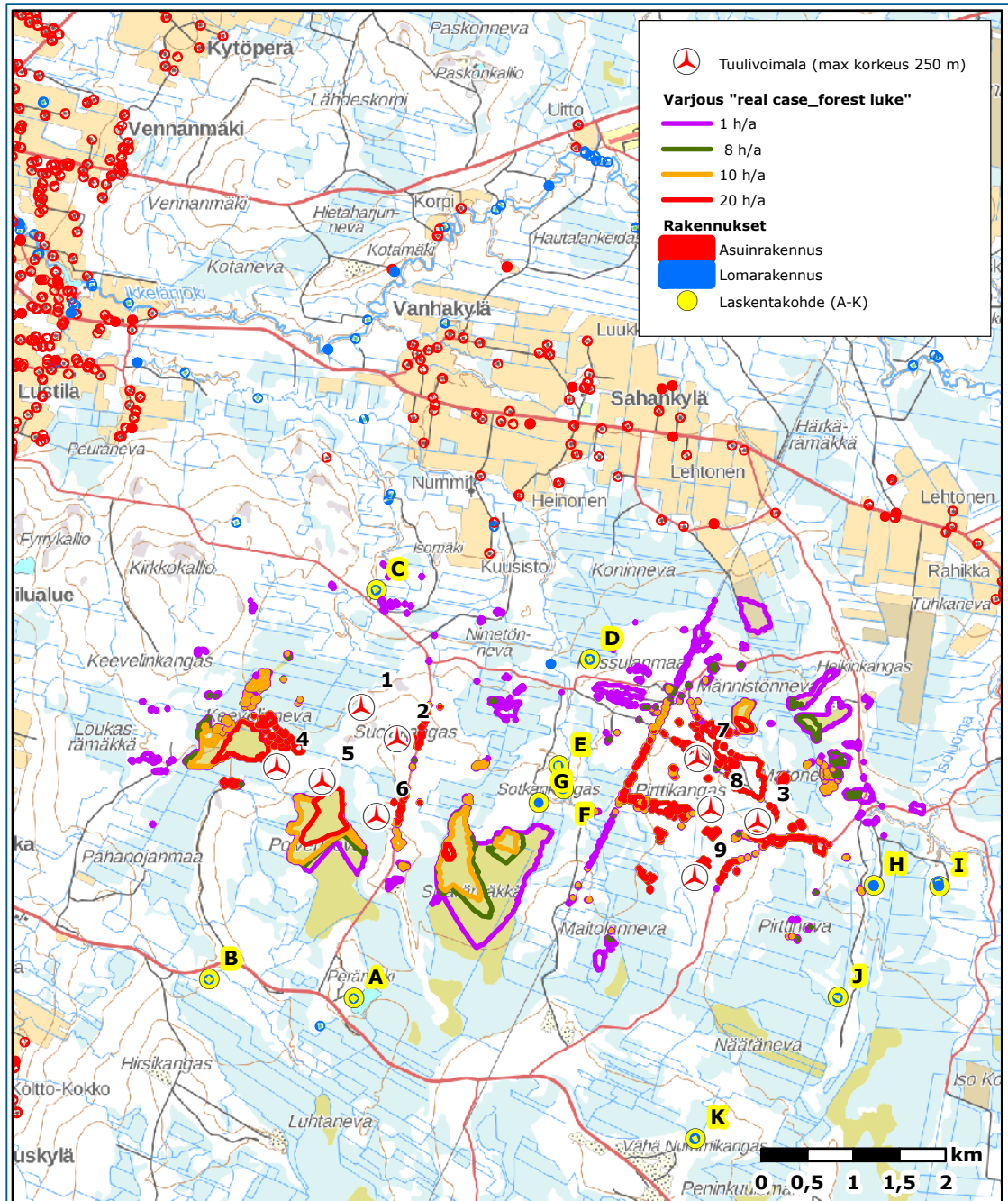
Kuva 7. Varjostusmallinnus "N170" x 9 x HH165, puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioitu.

20.10.2017

Real case, forest luke

Kun puuston suojaava vaikutus huomioidaan, laskentatuloksista nähdään, että varjostusvaikutukset ovat merkittävästi lievemmät (Kuva 8).

Tuulivoimaloiden läheisyydessä sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten kohdalla varjostustunnit ovat "real case, forest luke"-laskentatulosten perusteella alle 1 tuntia vuodessa kaikissa tarkastelukohteissa (A-K). Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 6.



Kuva 8. Varjostusmallinnus "N170" x 9 x HH165, puuston suojaava vaikutus on huomioitu.

20.10.2017

Taulukko 5. Vaihtoehto N170 x 9 x HH165 laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaava vaikutus ei ole huomioitu "real case, no forest"

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta-ikkuna (m)	Varjostus (h/a)
A Lomarakennus (Perämäki)	258 941	6 924 744	171,2	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Nummikankaantie 218)	257 371	6 924 948	149,3	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Heikinkatu 25)	259 185	6 929 195	135,0	5 x 5	6:01
D Lomarakennus (Ressulanmaa)	261 505	6 928 439	146,0	5 x 5	2:01
E Lomarakennus (Sotkankangas I)	261 168	6 927 279	162,5	5 x 5	7:09
F Lomarakennus (Sotkankangas II)	261 217	6 927 029	160,0	5 x 5	7:58
G Lomarakennus (Sotkankangas III)	260 951	6 926 878	160,8	5 x 5	7:42
H Lomarakennus (Ruostetuoma)	264 587	6 925 975	157,5	5 x 5	5:54
I Lomarakennus (Heikinkankaantie 135)	265 298	6 925 969	153,1	5 x 5	0:00
J Lomarakennus (Pukinharju)	264 198	6 924 751	163,2	5 x 5	0:00
K Lomarakennus (Vähä Nummikangas)	262 649	6 923 216	187,5	5 x 5	0:00

Taulukko 6. Vaihtoehto N170 x 9 x HH165 laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaava vaikutus on huomioitu "real case, forest luke"

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskenta-ikkuna (m)	Varjostus (h/a)
A Lomarakennus (Perämäki)	258 941	6 924 744	171,2	5 x 5	0:00
B Lomarakennus (Nummikankaantie 218)	257 371	6 924 948	149,3	5 x 5	0:00
C Lomarakennus (Heikinkatu 25)	259 185	6 929 195	135,0	5 x 5	0:00
D Lomarakennus (Ressulanmaa)	261 505	6 928 439	146,0	5 x 5	0:00
E Lomarakennus (Sotkankangas I)	261 168	6 927 279	162,5	5 x 5	0:00
F Lomarakennus (Sotkankangas II)	261 217	6 927 029	160,0	5 x 5	0:00
G Lomarakennus (Sotkankangas III)	260 951	6 926 878	160,8	5 x 5	0:00
H Lomarakennus (Ruostetuoma)	264 587	6 925 975	157,5	5 x 5	0:00
I Lomarakennus (Heikinkankaantie 135)	265 298	6 925 969	153,1	5 x 5	0:00
J Lomarakennus (Pukinharju)	264 198	6 924 751	163,2	5 x 5	0:00
K Lomarakennus (Vähä Nummikangas)	262 649	6 923 216	187,5	5 x 5	0:00

Varjostusmallinnustulosten perusteella tuulivoimaloista aiheutuvat varjostusvaikutukset eivät ulotu yhdellekään vapaa-ajan tai asuinrakennuksen kohdalle kun alueella kasvava puusto huomioidaan.

FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy

Hans Vadbäck
Ins. Projektipäällikkö/Laatija

Jakob Kjellman
MMT Laaduntarkistus/Hyväksyjä