

OX2 WIND FINLAND OY

## Halsuan tuulivoimahanke

Melu- ja varjostusmallinnukset

Rintamäki, Henna-Riikka

12.11.2019

## Sisällysluettelo

1	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET.....	3
2	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT .....	4
2.1	Melu .....	4
2.1.1	Melumallinnus .....	4
2.1.2	Matalataajuinen melu .....	4
2.2	Varjostusmallinnus .....	5
2.3	Kartta-aineisto .....	5
2.4	Voimalat.....	5
2.5	Raja- ja ohjearvot.....	8
2.5.1	Melu.....	8
2.5.2	Varjostus .....	9
3	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET.....	10
3.1	Melun laskentatulokset ISO 9613-2.....	10
3.1.1	Vaihtoehto 1.....	10
3.1.2	Vaihtoehto 2.....	12
3.2	Matalataajuiset melutasot.....	15
3.2.1	Vaihtoehto 1.....	15
3.2.2	Vaihtoehto 2.....	16
3.3	Varjostusmallinnuksen tulokset .....	18
3.3.1	Vaihtoehto 1 (no forest).....	18
3.3.2	Vaihtoehto 1 (Luke forest) .....	19
3.3.3	Vaihtoehto 2 (no forest).....	20
3.3.4	Vaihtoehto 2 (Luke forest) .....	21

Rintämäki, Henna-Riikka

12.11.2019

## Liitteet

Liite 1: Halsuan tuulivoimahanke – VE1 melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2, YM 2/2014

Liite 2: Halsuan tuulivoimahanke – VE2 melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2, YM 2/2014:

Liite 3: Halsuan tuulivoimahanke – VE1 matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot

Liite 4: Halsuan tuulivoimahanke – VE2 matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot

Liite 5: Halsuan tuulivoimahanke – VE1 varjostusmallinnusten tulokset "real case, no forest"

Liite 6: Halsuan tuulivoimahanke – VE2 varjostusmallinnusten tulokset "real case, no forest"

Liite 7: Halsuan tuulivoimahanke – VE1 varjostusmallinnusten tulokset "real case, Luke forest"

Liite 8: Halsuan tuulivoimahanke – VE2 varjostusmallinnusten tulokset "real case, Luke forest"

12.11.2019

---

## Halsuan tuulivoimahanke

### 1 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET

Halsuan kunnassa sijaitsevan Halsuan tuulivoimahankkeessa hankeomistajat Halsuan Tuulivoima Oy ja OX2 Wind Finland Oy suunnittelevat vaihtoehdossa 1 (VE1) 54 voimalan rakentamista tai 33 voimalan rakentamista vaihtoehdossa 2 (VE2). Voimaloiden melupäästö on 106,0 dB(A) + 2,0 dB(A). Melumallinnuksissa voimalatornin napakorkeus on 200 metriä. Varjostusmallinnuksissa voimalan roottorin halkaisija on 200 metriä ja voimalan napakorkeus 200 metriä. Voimaloiden kokonaiskorkeus on 300 metriä.

Mallinnuksissa on otettu huomioon yhteisvaikutukset Lestijärvelle suunniteltujen tuulivoimapuistojen Hittisennevan ja Kosolankankaan osalta. Voimaloiden N131-3.0MW melupäästö on 104,5 dB(A) + 2 dB, voimaloiden napakorkeus on 165 metriä ja roottorin halkaisija 131 metriä.

Tuulivoimaloiden aiheuttama melu on arvioitu melun laskentamallin avulla, jonka mukaan on tehty melumallinnus WindPRO-ohjelmalla tuulivoimapuistosta DECIBEL-moduulilla. Tuulivoimaloiden aiheuttamat varjostukset on mallinnettu WindPro-ohjelman SHADOW-moduulilla YVA-selostuksen (Kirsi Koivunen 28.9.2019) sijoitusten mukaisesti.

Melu- ja varjostusmallinnukset on laatinut ins. Henna-Riikka Rintamäki FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:stä ja laaduntarkistuksen on tehnyt MMT Jakob Kjellman FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:stä.

12.11.2019

## 2 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

### 2.1 Melu

#### 2.1.1 Melumallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttamat äänenpainetasot on mallinnettu WindPRO-laskentaohjelmalla ISO 9613-2 standardin mukaisesti. Ympäristöhallinnon tuulivoimaloiden melun mallintamista koskevan ohjeen 2/2014 mukaisesti tuulen nopeutena käytettiin 8 m/s, ilman lämpötilana 15 °C, ilmanpaineena 101,325 kPa, ilman suhteellisenä kosteutena 70 %, maanpinnan kovuutena arvoa 0,4 ja järvien vesipinnan kovuutena arvoa 0,0. Laskenta on tehty 4,0 m maan pinnan tasosta. Laskennan pystysuora resoluutio on 1,0 m ja vaakasuora resoluutio on 1 m.

Melumallinnusten laskentatuloksia on havainnollistettu ns. keskiäänitasokarttojen avulla. Keskiäänitasokartoissa on melun keskiäänitaso- eli ekvivalenttiäänitasokäyrät (LAeq) 5 dB välein.

**Taulukko 1. Käytetyt mallinnusparametrit ISO 9613-2 laskelmissa sekä melulle altistuvat kohteet**

MALLINNUSOHJELMA JA VERSIO:			
WindPRO version 3.3.247		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m·m]	
4,0 m		25x25 m	
Suhteellinen kosteus		Lämpötila	
70 %	Muu, mikä ja miksi:	15 C°	
Maastomallin lähde ja tarkkuus			
Maastomallin lähde: MML maastotietokanta		Vaakaresoluutio: 1,0	Pystyresoluutio: 0,5
Maan- ja vedenpinnan absorptioon ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
Maa	0,4	HUOM	
Vesistöt	0,0		
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): Neutraali		Muu, mikä ja miksi:	
Sääolosuhteiden huomiointi; laskennassa käytetty tuulen suunnat ja nopeus			
Tuulen suunta: 0-360°		Tuulenoisuus: 8 m/s	
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen			
Vapaa avaruus: kyllä	Muu, mikä, miksi:		

#### 2.1.2 Matalataajuinen melu

Matalataajuinen melu laskettiin Ympäristöministeriön ohjeen 2/2014 mukaisin menetelmin käyttäen voimalavalmistajilta saatuja arvioita niiden äänitehotasoista.

12.11.2019

---

Ohje 2/2014 antaa menetelmän matalataajuisen melun laskentaan rakennusten ulkopuolelle. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysasetus 2015 antaa matalataajuiselle melulle toimenpiderajat asuinhuoneissa. Rakennusten sisälle kantautuva äänitaso arvioitiin tanskalaisen DSO1284 laskentaohjeen mukaisin ääneneristävyysarvoin ja tuloksia verrattiin toimenpiderajoihin.

Tulokset on esitetty taajuuskohtaisena taulukkona hankealuetta ympäröiville taloille.

## 2.2 Varjostusmallinnus

Tuulivoimaloiden varjostusvaikutuksia mallinnettiin WindPRO-ohjelman Shadow-moduulilla. 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, tuulivoimalan napakorkeudet ja roottorin halkaisija sekä 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 1,0 metriä ja laskenta-alueen kokoa 5,0 x 5,0 metriä. Laskentaikkunoiden suunnat asennettiin voimaloita kohti ns. "greenhouse mode".

Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Uumajan sääaseman tietoihin. Laskentojen tuulen suunta ja nopeusjakaumana käytettiin NASA:n MERRA-dataa (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) hankealueen läheisyydeltä.

Varjostusmallinuksissa (Luke forest) on huomioitu puuston peittävyys käyttämällä Luonnonvarakeskuksen vuoden 2017 puuston keskipituus aineistoa.

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

## 2.3 Kartta-aineisto

Korkeustiedot perustuvat Maanmittauslaitoksen (MML) maastotietokannan korkeuskäyrä aineistoon. Korkeusaseman intrapoloitimenetelmänä kohteille on käytetty WindPro TIN menetelmä.

Rakennusten käyttötarkoitus on arvoitu MML maastotietokannan asuin-, liike- tai julkisen-, loma- teollisen-, kirkollisen, tai muun rakennuksen mukaisesti.

Tulokset on esitetty taajuuskohtaisena taulukkona hankealueen ympäröidyille taloille.

## 2.4 Voimalat

Tuulivoimaloiden melumallinnuksen lähtöarvoina on käytetty valmistajan ilmoittamia tuulivoimaloiden melupäästön arvoja.

12.11.2019

Taulukko 2. Hankkeen tuulivoimaloiden tyyppitiedot ja äänitehotasot sekä melun erityispiirteet, VE1.

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: General Electric				Tyyppi: GE158 – 5.3MW		Sarjanumero/t: -	
Nimellisteho: 5,3 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 158 m		Tornin tyyppi: teräs	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	-	dB	Kyllä	-	dB	Noise mode säätö:	Level 0
Ei			Ei			Noise mode, lähtömelutaso	106,0 dB(A)
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot perustuvat dokumenttiin "Noise_Emission-NO_5.3-158-50Hz_IEC_EN_r01.docx".							
Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottama äänitehotaso vastaa keskiäänitasa, jolloin voimalan lähtöarvoihin lisätään +2 dB vastaamaan ylempää luottamusväliä 95%.							
Oktaaveittain [Hz], dB(A)		1/3-oktaaveittain [Hz], dB(A)					
31,5	-	20	63,1	200	90,8	2000	94,3
63	87,2	25	67,8	250	92,3	2500	92,3
125	92,6	31,5	72,2	315	93,6	3150	89,7
250	97,2	40	76,1	400	94,1	4000	85,9
500	99,6	50	79,4	500	94,9	5000	81,8
1000	101,3	63	82,2	630	95,5	6300	75,5
2000	99,1	80	84,4	800	96	8000	65,9
4000	91,7	100	86,1	1000	96,5	10000	53,3
8000	76	125	87,7	1250	97		
106,0 dB(A)		160	89,2	1600	95,7		
Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	Ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei

12.11.2019

Taulukko 3. Hankkeen lähellä sijaitsevien muiden tuulivoimapaistojen voimaloiden tyyppitiedot ja äänitehotasot sekä melun erityispiirteet yhteisvaikutusten laskentaa varten.

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi: N131-3000		Sarjanumero/t: -	
Nimellisteho: 3.0 MW		Napakorkeus: 165 m		Roottorin halkaisija: 131 m		Tornin tyyppi: teräs	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	- dB	Kyllä	- dB	Noise mode säätö:			Standard Mode
Ei		Ei		Noise mode, lähtömelutaso			104,5 dB(A)
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot perustuvat dokumenttiin "Technical Report Third octave sound power levels Nordex N131/3000, F008_246_A04_EN Revision 01 2014-03-11". Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottama äänitehotaso vastaa keskiäänitasa, jolloin voimalan lähtöarvoihin lisätään +2 dB vastaamaan ylempää luottamusväliä 95%.							
Oktaaveittain [Hz], dB(A)		1/3-oktaaveittain [Hz], dB(A)					
31,5	-	20	57,8	200	88,5	2000	92,9
63	82,9	25	63,5	250	89,7	2500	92,3
125	90	31,5	66,3	315	91,4	3150	91,9
250	94,8	40	71,5	400	90,7	4000	91,5
500	96,4	50	75	500	91,4	5000	89,3
1000	99,3	63	78,4	630	92,5	6300	84,6
2000	98,2	80	79,8	800	94,2	8000	78,6
4000	95,8	100	84	1000	94,8	10000	68,6
8000	85,7	125	84,7	1250	94,7		
104,5 dB(A)		160	86,5	1600	94,8		
Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	Ei	kyllä	ei	kyllä	ei	kyllä	ei

Taulukko 4. Hankkeen tuulivoimaloiden kokotiedot varjostusmallinnuksessa.

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)							
Tuulivoimalan valmistaja: -				Tyyppi: RD200 HH200		Sarjanumero/t: -	
Nimellisteho: -		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 200 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	- dB	Kyllä	- dB	Noise mode säätö:			-
Ei		Ei		Noise mode, lähtömelutaso			-



12.11.2019

## 2.5 Raja- ja ohjearvot

### 2.5.1 Melu

Valtioneuvoston asetuksessa (1107/2015) tuulivoimaloille on määritelty ohjearvot päivä- ja yöajan keskiäänitasojen maksimiarvolle. Asetus tuli voimaan 1.9.2015. Jos tuulivoimalan melu sisältää tonaalisia, kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja, tai se on selvästi amplitudimoduloitunutta, mallinnustuloksiin tulee ohjeen mukaan lisätä viisi desibeliä ennen ohjearvoon vertaamista. Koska ohjearvo sisältää jo tyypillisen tuulivoimamelun piirteet, edellä mainitut äänenpiirteiden tulee olla tuulivoimalalle epätyypillisen voimakkaita, jotta mallinnustuloksissa täytyy huomioida viiden desibelin lisä äänenvoimakkuuteen.

Taulukko 5. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden melutason ohjearvot (Valtioneuvoston asetus 1107/2015).

Vaikutuskohde	Päivä (7-22)	Yö (22-7)
Pysyvä asutus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	—
Virkistysalueet	45 dB	—
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015) on annettu matalataajuiselle melulle toimenpiderajoja. Asetus tuli voimaan 15.5.2015. Toimenpiderajat koskevat asuinhuoneita ja ne on annettu taajuuspainottamattomina yhden tunnin keskiäänitasoina tersseittäin. Toimenpiderajat koskevat yöaikaa ja päivällä sallitaan 5 dB suuremmat arvot.

Taulukko 6. Matalataajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa.

Terssikaista Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Keskiäänitaso LZeq,1h, dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Edellisestä laskettu keski- äänitaso A- painotettuna LAeq,1h, dB	24	19	17	14	14	16	18	19	20	21	21

Lisäksi yöaikainen mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona LAeq,1h mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

12.11.2019

---

## 2.5.2 Varjostus

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 2012).

Useissa maissa on annettu raja-arvoja tai suosituksia hyväksyttävän välkevaikutuksen määrästä. Esimerkiksi Ruotsissa suositus on kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

Arvioinnissa on tarkasteltu vaikutuksia alueella, jossa varjoja tai välkettä mallinnuksen mukaisessa todellisessa tilanteessa ("real case") esiintyy vähintään kahdeksan tuntia vuodessa.

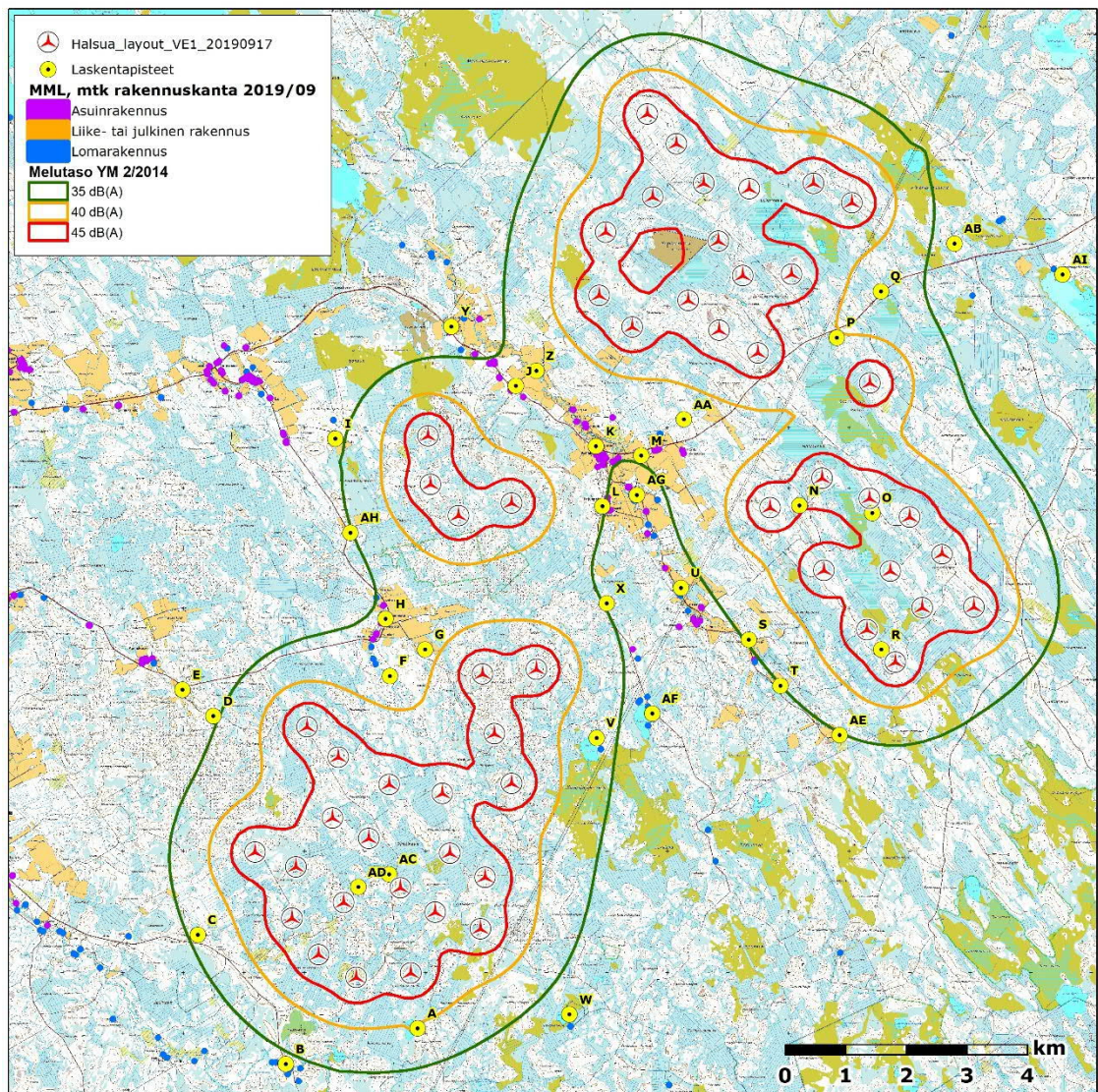
12.11.2019

### 3 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET

#### 3.1 Melun laskentatulokset ISO 9613-2

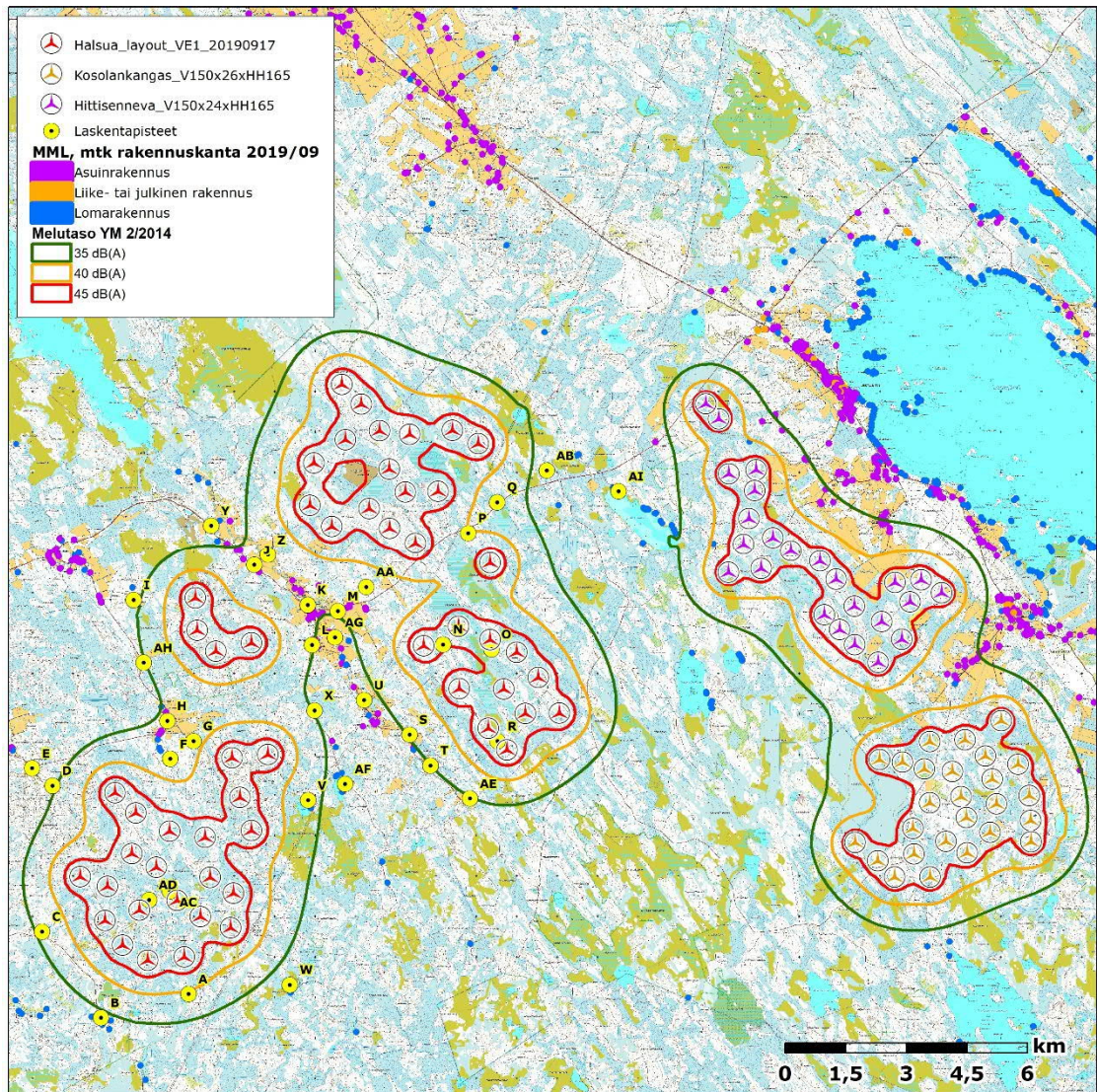
##### 3.1.1 Vaihtoehto 1

Tuulivoimaloiden melu ylittää 40 dB(A) tuulivoimahankkeen läheisyydessä sijaitsevilla seuraavilla kohteilla lomarakennus N (Hautaneva), lomarakennus O (Ärmätintie), lomarakennus P (Lestijärventie 1852), lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo), lomarakennus AC (Etelähaarantie 450) ja lomarakennus AD (Korteniittu) (Liite 1).



Kuva 1. VE1 laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 mukaisesti

12.11.2019

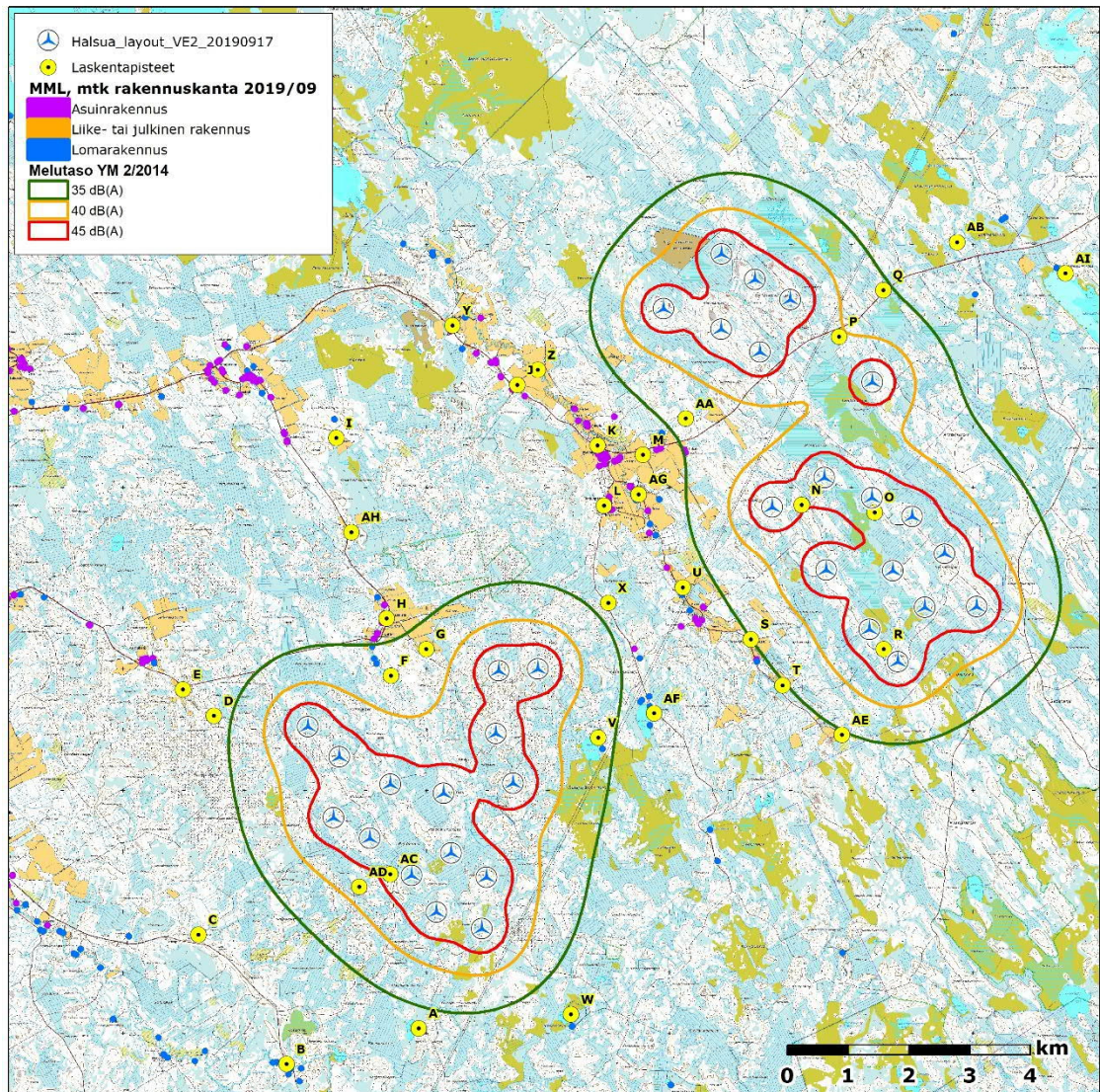


Kuva 2. VE1 laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 mukaisesti

12.11.2019

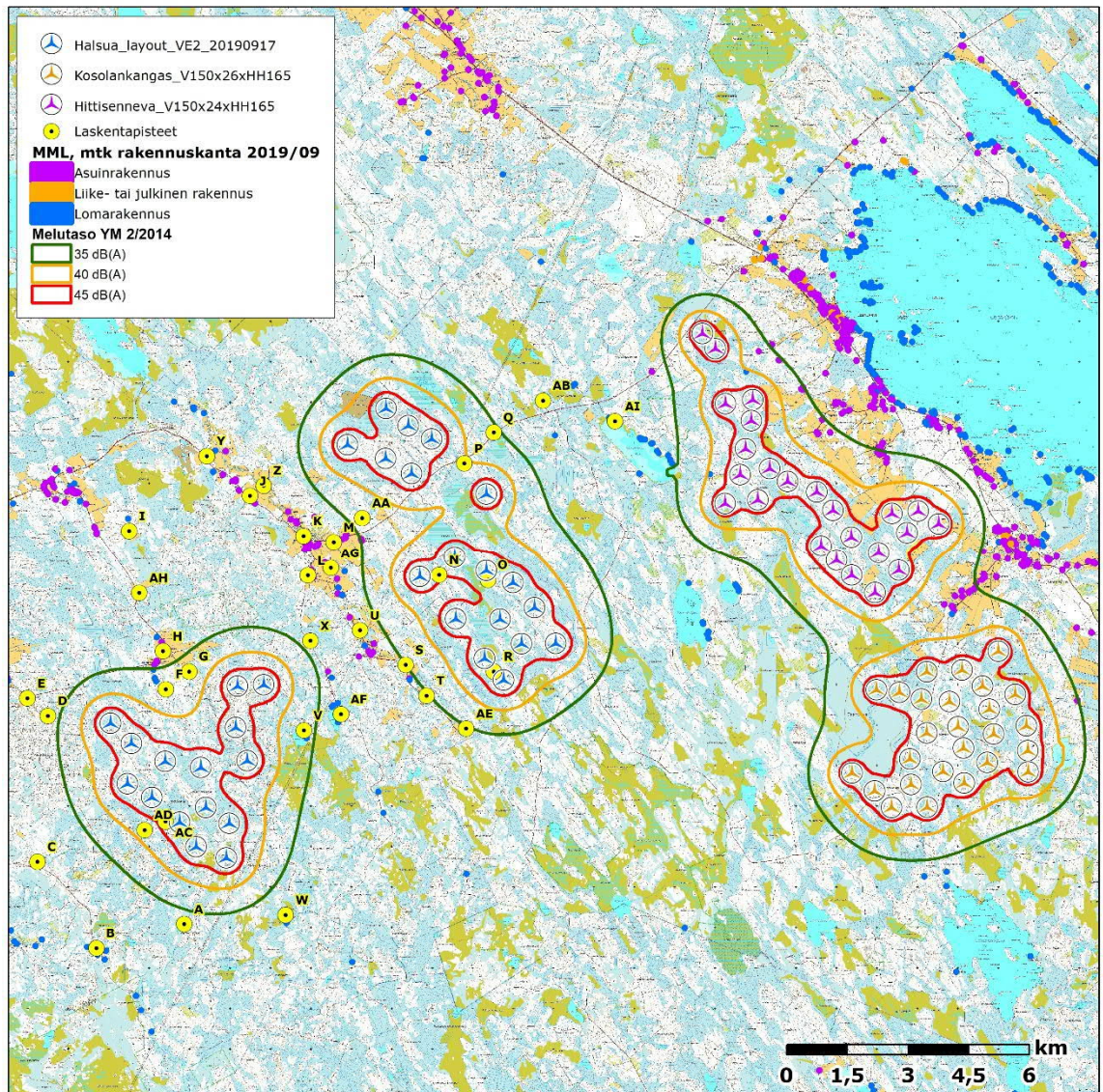
## 3.1.2 Vaihtoehto 2

Tuulivoimaloiden melu ylittää 40 dB(A) tuulivoimahankkeen läheisyydessä sijaitsevilla seuraavilla kohteilla lomarakennus N (Hautaneva), lomarakennus O (Ärmätintie), lomarakennus P (Lestijärventie 1852), lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo), lomarakennus AC (Etelähaarantie 450) ja lomarakennus AD (Korteniittu) (Liite 2).



Kuva 3. VE2 laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 mukaisesti.

12.11.2019



Kuva 4. VE2 laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 mukaisesti.

12.11.2019

Taulukko 7. Laskennalliset melutasot standardin ISO 9613-2 mukaisesti.

Laskentapiste	ETRS89- TM35 Itä	ETRS89- TM35 Pohjoine n	Z (m)	Laskenta- korkeus (m)	Melutaso VE1 dB(A)	Melutaso VE2 dB(A)
Lomarakennus A (Kuuslammentie)	367873	7031085	163	4,0	39,4	33,0
Lomarakennus B (Loukkukoskentie 700)	365699	7030495	158	4,0	34,0	27,4
Asuinrakennus C (Loukkukoskentie, Mäntylä)	364243	7032622	154	4,0	35,9	28,8
Lomarakennus D (Purola)	364501	7036228	143	4,0	34,5	33,2
Asuinrakennus E (Kannistontie 945)	363992	7036660	139	4,0	31,7	30,0
Lomarakennus F (Kannistontie 595)	367414	7036889	148	4,0	38,0	37,2
Asuinrakennus G (Katajajärventie 567)	367997	7037325	148	4,0	38,4	36,9
Asuinrakennus H (Kannistontie 557)	367345	7037828	141	4,0	35,6	33,6
Asuinrakennus I (Isomastokankaantie 90)	366512	7040818	140	4,0	34,0	25,5
Asuinrakennus J (Kuuselantie 4)	369496	7041688	140	4,0	35,8	28,9
Asuinrakennus K (Lestijärventie 1391)	370820	7040693	148	4,0	35,5	31,4
Asuinrakennus L (Harjunpääntie 42)	370928	7039703	148	4,0	35,1	31,3
Asuinrakennus M (Lestijärventie 1468)	371569	7040539	144	4,0	35,2	33,0
Lomarakennus N (Hautaneva)	374179	7039715	165	4,0	45,5	45,4
Lomarakennus O (Ärmätintie)	375383	7039593	163	4,0	48,8	48,8
Lomarakennus P (Lestijärventie 1852)	374799	7042488	160	4,0	40,2	40,4
Asuinrakennus Q (Lestijärventie 1957)	375525	7043252	160	4,0	37,5	35,7
Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo)	375534	7037325	168	4,0	48,5	48,4
Asuinrakennus S (Hautakoskentie 455)	373347	7037488	155	4,0	35,3	35,0
Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544)	373867	7036728	158	4,0	35,0	34,8
Asuinrakennus U (Hautakoskentie 289)	372224	7038341	150	4,0	34,1	33,3
Lomarakennus V (Katajajärventie 49)	370829	7035870	163	4,0	36,9	36,7
Lomarakennus W (Silostenlampi)	370383	7031311	170	4,0	32,6	31,2
Lomarakennus X (Harjunpääntie 215)	370996	7038086	153	4,0	34,8	33,8
Asuinrakennus Y (Korpojantie 9)	368433	7042671	139	4,0	33,3	26,4
Asuinrakennus Z (Kuuselantie 46)	369834	7041939	138	4,0	36,0	30,0
Lomarakennus AA (Lestijärventie 1567)	372275	7041137	148	4,0	37,5	36,2
Lomarakennus AB (Lestijärventie 2104)	376744	7044041	165	4,0	33,4	30,3
Lomarakennus AC (Etelähaarantie 450)	367405	7033621	160	4,0	48,5	47,1
Lomarakennus AD (Korteniittu)	366893	7033410	155	4,0	47,7	42,0
Lomarakennus AE (Hautakoski)	374845	7035914	163	4,0	34,8	34,6
Lomarakennus AF (Harjunpääntie 398)	371749	7036270	166	4,0	33,8	33,4
Asuinrakennus AG (Hautakoskentie 135)	371498	7039889	143	4,0	34,5	32,4
Asuinrakennus AH (Kannistontie 381)	366764	7039267	141	4,0	34,8	28,6
Lomarakennus AI (Lemmistönrannantie)	378528	7043527	160	4,0	31,4	30,6

12.11.2019

## 3.2 Matalataajuiset melutasot

### 3.2.1 Vaihtoehto 1

Mallinnettaessa voimalaitostyyppillä GE158 5.3MW, on matalataajuinen melu voimakkainta kohteen O Lomarakennus (Ärmätintie) ja AC Lomarakennus (Etelähaarantie 450) luona, joissa se ulkona enimmillään ylittää asuinhuoneiden ohjearvon kummankin osalta noin 14,2 dB taajuudella 63 Hz. Sisällä se ylittää asuinhuoneiden ohjearvon kummankin osalta enimmillään noin 0,8 dB taajuudella 50 Hz.

Lisäksi sisällä ohjearvo ylittyy seuraavissa kohteissa R Lomarakennus (Ärmätintie, Honkasalo) noin 0,4 dB taajuudella 50 Hz ja AD Lomarakennus (Korteniittu) 0,3 dB taajuudella 50 Hz.

Muissa tuulivoimahankkeen läheisyydessä sijaitsevilla herkissä kohteissa matalataajuinen tuulivoimamelu ei ylitä Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjearvoa. (Liite 3)

Taulukko 8. VE1 matalataajuisen melun mallinnustulokset herkissä kohteissa verrattuna Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjearvoon.

Rakennus	Äänitaso ulkona		Äänitaso sisällä	
	L eq,1h - Asumisterveys- ohje sisällä	Hz	L eq,1h - Asumisterveys- ohje sisällä	Hz
Lomarakennus A (Kuuslammentie)	7,6	63	-5,7	50
Lomarakennus B (Loukkukoskentie 700)	4,5	63	-8,8	50
Asuinrakennus C (Loukkukoskentie, Mäntylä)	5,7	63	-7,6	50
Lomarakennus D (Purola)	5,0	63	-8,2	50
Asuinrakennus E (Kannistontie 945)	3,5	63	-9,7	50
Lomarakennus F (Kannistontie 595)	7,5	63	-5,7	50
Asuinrakennus G (Katajajärventie 567)	7,6	63	-5,7	50
Asuinrakennus H (Kannistontie 557)	6,2	63	-7,1	50
Asuinrakennus I (Isomastokankaantie 90)	4,4	63	-8,8	50
Asuinrakennus J (Kuuselantie 4)	6,1	63	-7,1	50
Asuinrakennus K (Lestijärventie 1391)	6,3	63	-7,0	50
Asuinrakennus L (Harjunpaantie 42)	6,1	63	-7,2	50
Asuinrakennus M (Lestijärventie 1468)	6,3	63	-7,0	50
Lomarakennus N (Hautaneva)	11,8	63	-1,6	50
Lomarakennus O (Ärmätintie)	14,2	63	0,8	50
Lomarakennus P (Lestijärventie 1852)	8,7	63	-4,6	50
Asuinrakennus Q (Lestijärventie 1957)	7,1	63	-6,2	50
Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo)	13,7	63	0,4	50
Asuinrakennus S (Hautakoskentie 455)	6,0	63	-7,3	50
Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544)	5,7	63	-7,6	50
Asuinrakennus U (Hautakoskentie 289)	5,6	63	-7,6	50
Lomarakennus V (Katajajärventie 49)	6,5	63	-6,7	50
Lomarakennus W (Silostenlampi)	3,9	63	-9,3	50
Lomarakennus X (Harjunpääntie 215)	5,9	63	-7,4	50



12.11.2019

Asuinrakennus Y (Korpojantie 9)	4,5	63	-8,7	50
Asuinrakennus Z (Kuuselantie 46)	6,3	63	-6,9	50
Lomarakennus AA (Lestijärventie 1567)	7,4	63	-5,8	50
Lomarakennus AB (Lestijärventie 2104)	4,7	63	-8,6	50
Lomarakennus AC (Etelähaarantie 450)	14,2	63	0,8	50
Lomarakennus AD (Korteniittu)	13,7	63	0,3	50
Lomarakennus AE (Hautakoski)	5,2	63	-8,0	50
Lomarakennus AF (Harjunpaantie 398)	5,0	63	-8,2	50
Asuinrakennus AG (Hautakoskentie 135)	5,9	63	-7,3	50
Asuinrakennus AH (Kannistontie 381)	5,2	63	-8,0	50
Lomarakennus AI (Lemmistönrannantie)	3,3	63	-10,1	50

### 3.2.2 Vaihtoehto 2

Mallinnettaessa voimalaitostyyppillä GE158 5.3MW, on matalataajuinen melu voimakkainta kohteen O Lomarakennus (Ärmätintie) luona, jossa se ulkona enimmillään ylittää asuinhuoneiden ohjearvon noin 14,1 dB taajuudella 63 Hz. Sisällä se ylittää asuinhuoneiden ohjearvon enimmillään noin 0,7 dB taajuudella 50 Hz.

Lisäksi sisällä ohjearvo ylittyy kohteessa R Lomarakennus (Ärmätintie, Honkasalo) noin 0,3 dB taajuudella 50 Hz.

Muissa tuulivoimahankkeen läheisyydessä sijaitsevilla herkissä kohteissa matalataajuinen tuulivoimamelu ei ylitä Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjearvoa. (Liite 4)

Taulukko 9. VE2 matalataajuisen melun mallinnustulokset herkissä kohteissa verrattuna Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjearvoon.

Rakennus	Äänitaso ulkona		Äänitaso sisällä	
	L eq,1h - Asumisterveys- ohje sisällä	Hz	L eq,1h - Asumisterveys- ohje sisällä	Hz
Lomarakennus A (Kuuslammentie)	3,4	63	-9,8	50
Lomarakennus B (Loukkukoskentie 700)	0,2	63	-13,0	50
Asuinrakennus C (Loukkukoskentie, Mäntylä)	1,0	63	-12,2	50
Lomarakennus D (Purola)	3,3	63	-10,0	50
Asuinrakennus E (Kannistontie 945)	1,5	63	-11,7	50
Lomarakennus F (Kannistontie 595)	6,4	63	-6,9	50
Asuinrakennus G (Katajajärventie 567)	6,1	63	-7,2	50
Asuinrakennus H (Kannistontie 557)	4,2	63	-9,0	50
Asuinrakennus I (Isomastokankaantie 90)	-0,4	63	-13,6	50
Asuinrakennus J (Kuuselantie 4)	1,7	63	-11,5	50
Asuinrakennus K (Lestijärventie 1391)	3,3	63	-9,9	50
Asuinrakennus L (Harjunpaantie 42)	3,4	63	-9,8	50
Asuinrakennus M (Lestijärventie 1468)	4,3	63	-9,0	50
Lomarakennus N (Hautaneva)	11,6	63	-1,8	50
Lomarakennus O (Ärmätintie)	14,1	63	0,7	50

12.11.2019

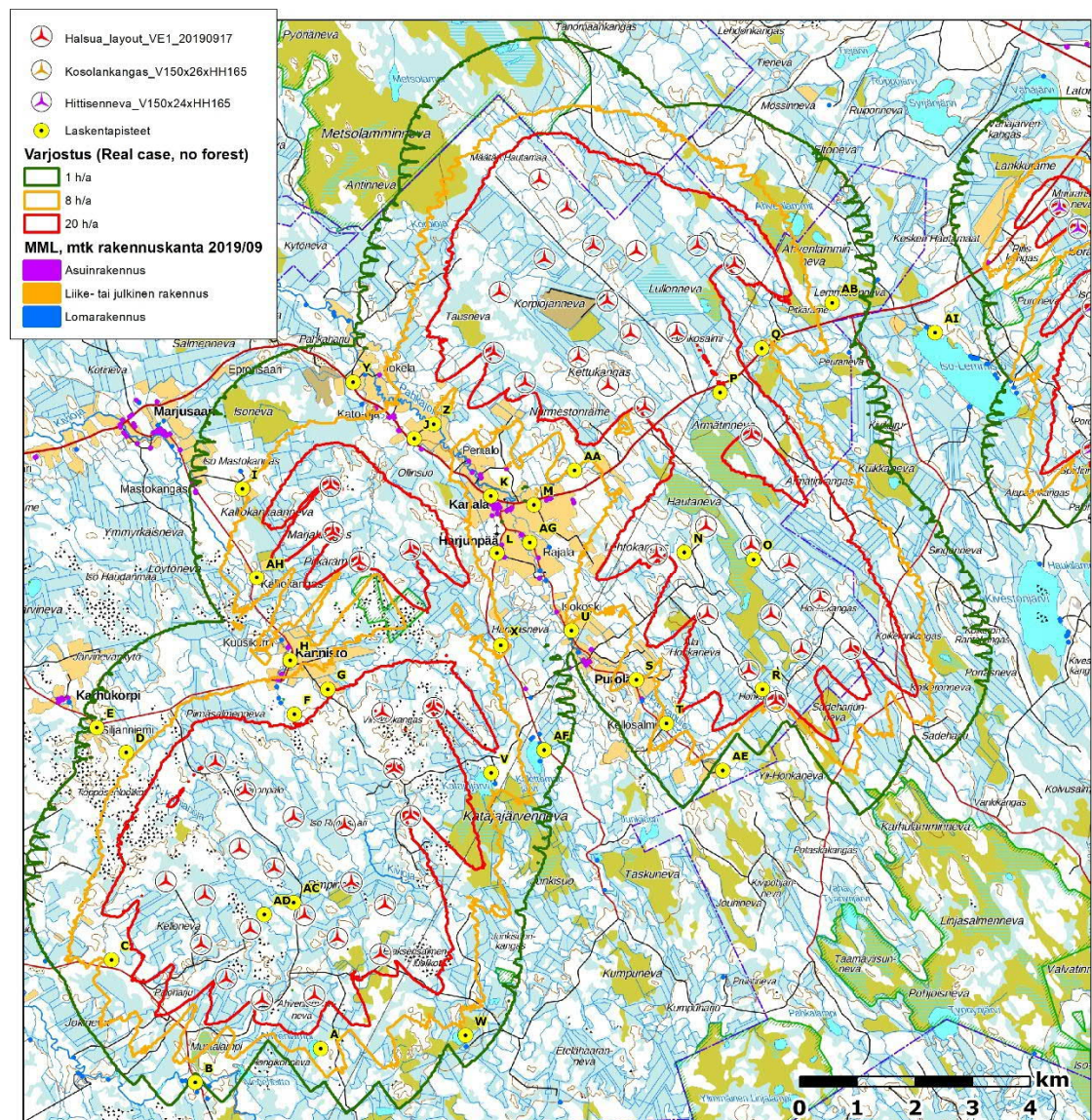
Lomarakennus P (Lestijärventie 1852)	8,2	63	-5,1	50
Asuinrakennus Q (Lestijärventie 1957)	5,3	63	-8,0	50
Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo)	13,7	63	0,3	50
Asuinrakennus S (Hautakoskentie 455)	5,4	63	-7,9	50
Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544)	5,1	63	-8,1	50
Asuinrakennus U (Hautakoskentie 289)	4,6	63	-8,7	50
Lomarakennus V (Katajajärventie 49)	5,9	63	-7,4	50
Lomarakennus W (Silostenlampi)	2,5	63	-10,8	50
Lomarakennus X (Harjunpääntie 215)	4,5	63	-8,7	50
Asuinrakennus Y (Korpojantie 9)	0,0	63	-13,1	50
Asuinrakennus Z (Kuuselantie 46)	2,1	63	-11,1	50
Lomarakennus AA (Lestijärventie 1567)	5,9	63	-7,4	50
Lomarakennus AB (Lestijärventie 2104)	2,5	63	-10,8	50
Lomarakennus AC (Etelähaarantie 450)	12,7	63	-0,6	50
Lomarakennus AD (Korteniittu)	9,3	63	-4,0	50
Lomarakennus AE (Hautakoski)	4,8	63	-8,5	50
Lomarakennus AF (Harjunpaantie 398)	4,2	63	-9,1	50
Asuinrakennus AG (Hautakoskentie 135)	4,0	63	-9,2	50
Asuinrakennus AH (Kannistontie 381)	1,4	63	-11,8	50
Lomarakennus AI (Lemmistönrannantie)	2,3	63	-11,2	50

12.11.2019

### 3.3 Varjostusmallinnuksen tulokset

#### 3.3.1 Vaihtoehto 1 (no forest)

Tuulivoimapuistoa lähimpien asuin- ja lomarakennusten pihapiirissä varjostusvaikutus on yli 8 h/a laskentapisteissä Lomarakennus A (Kuuslammentie) 13:26 h/a, Asuinrakennus C (Loukkukoskentie, Mäntylä) 13:01 h/a, Lomarakennus F (Kannistontie 595) 18:14 h/a, Asuinrakennus G (Katajajärventie 567) 18:57 h/a, Asuinrakennus J (Kuuselantie 4) 15:25 h/a, Lomarakennus N (Hautaneva) 71:39:00 h/a, Lomarakennus O (Ärmätintie) 73:18:00 h/a, Lomarakennus P (Lestijärventie 1852) 23:29, Asuinrakennus Q (Lestijärventie 1957) 10:46 h/a, Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo) 91:20:00 h/a, Asuinrakennus S (Hautakoskentie 455) 8:41 h/a, Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544) 12:01 h/a, Lomarakennus V (Katajajärventie 49) 13:26, Lomarakennus X (Harjunpääntie 215) 10:07 h/a, Asuinrakennus Z (Kuuselantie 46) 9:15 h/a, Lomarakennus AC (Etelähaarantie 450) 158:00:00 h/a, Lomarakennus AD (Korteniittu) 120:02:00 h/a ja Asuinrakennus AH (Kannistontie 381) 13:45 h/a (Liite 5).

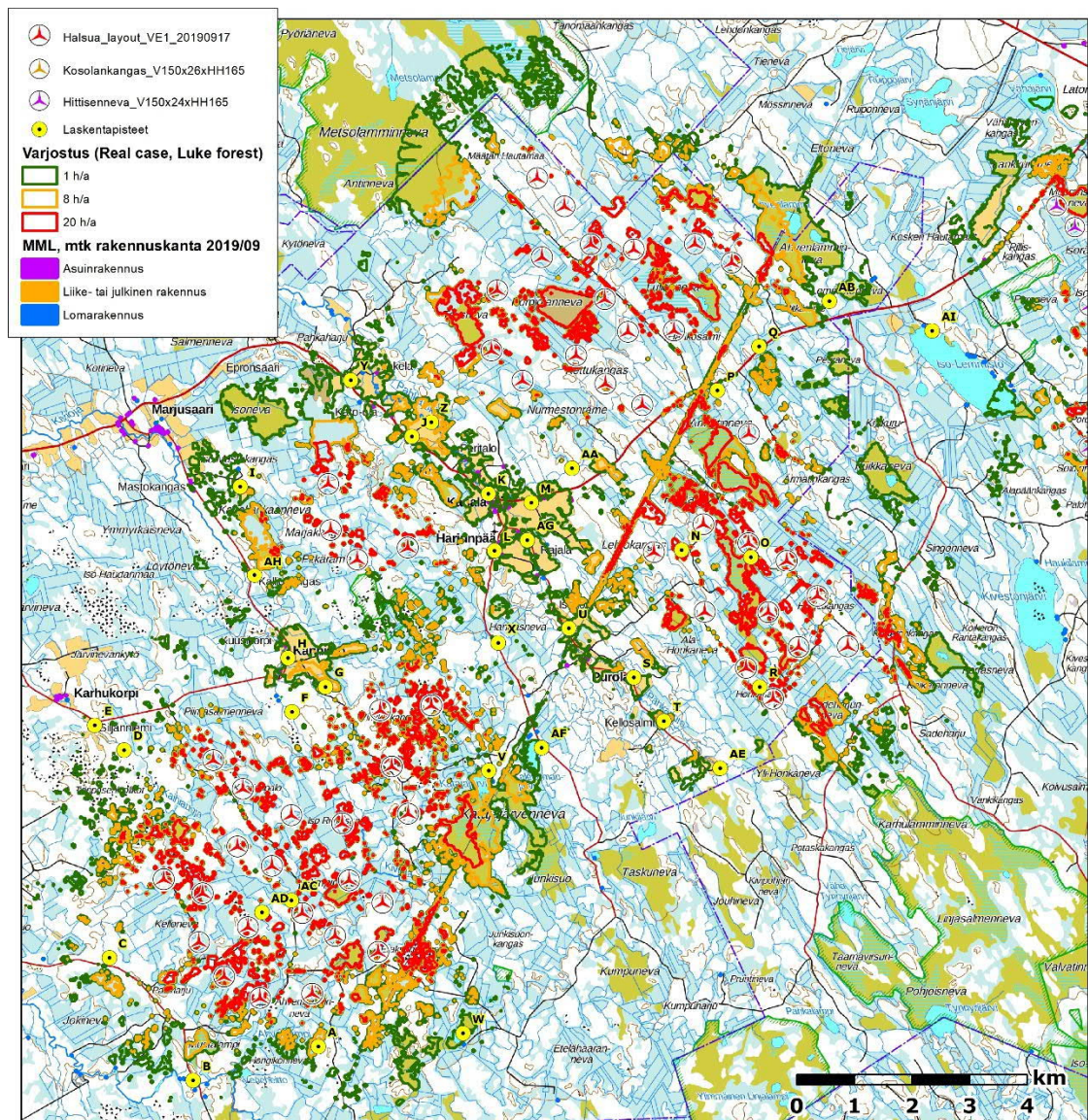


Kuva 5. VE1 laskennalliset varjostusmallinnuksen tulokset "real case, no forest".

12.11.2019

## 3.3.2 Vaihtoehto 1 (Luke forest)

Tuulivoimapuistoa lähimpien asuin- ja lomarakennusten pihapiirissä varjostusvaikutus on laskelmien mukaan yli 8 h/a laskentapisteeissä Lomarakennus A (Kuuslammentie) 11:19 h/a, Asuinrakennus G (Katajajärventie 567) 18:57 h/a, Asuinrakennus J (Kuuselantie 4) 12:02 h/a, Lomarakennus N (Hautaneva) 71:39:00 h/a, Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo) 85:28:00 h/a, Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544) 12:01 h/a, Lomarakennus V (Katajajärventie 49) 13:26 h/a, Lomarakennus X (Harjunpääntie 215) 8:45 h/a, Lomarakennus AD (Korteniittu) 76:37:00 h/a ja Asuinrakennus AH (Kannistontie 381) 13:45 h/a, kun huomioidaan puuston peittävä vaikutus. (Liite 6).



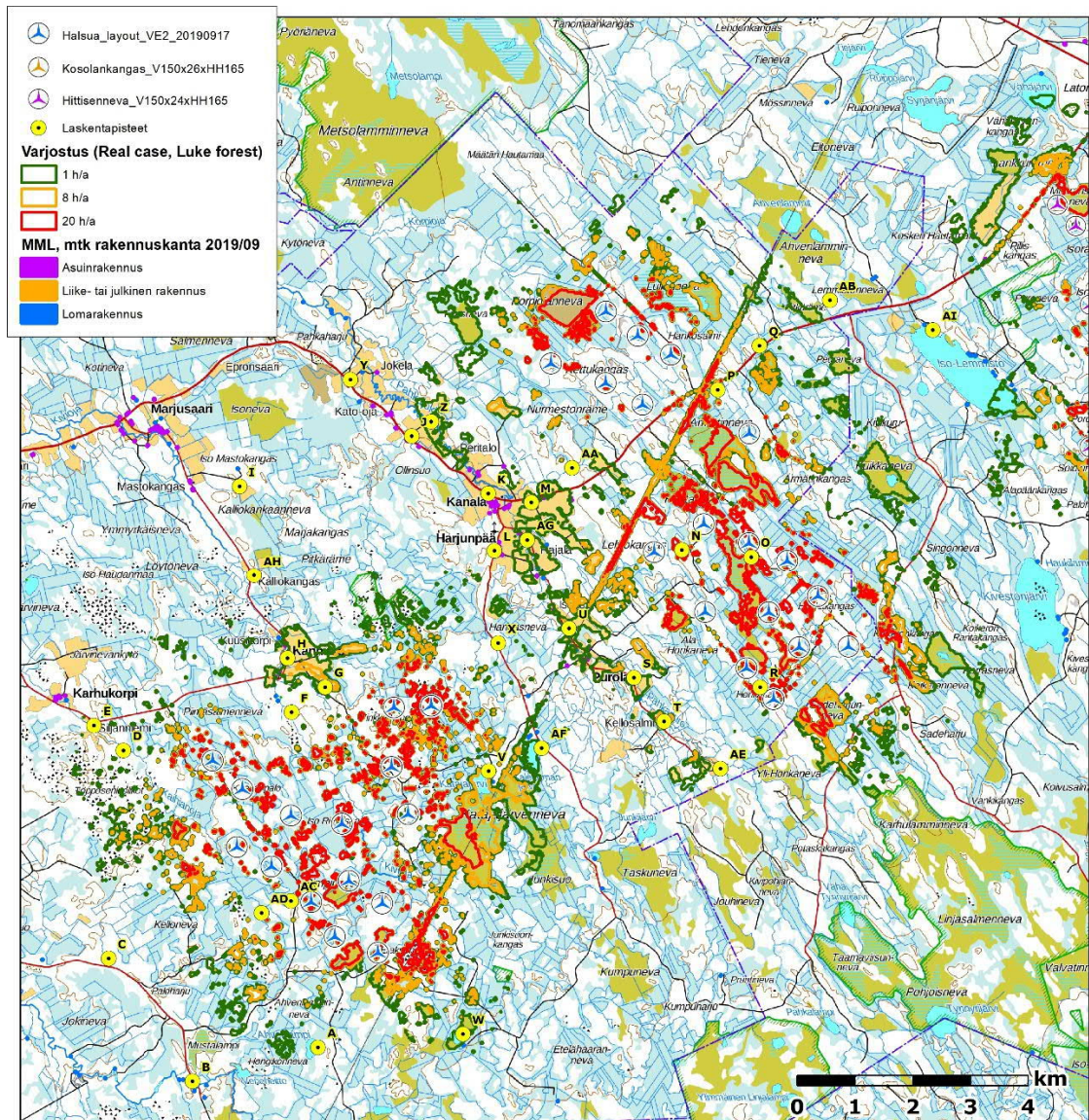
Kuva 6. VE1 laskennalliset varjostusmallinnuksen tulokset "real case, Luke forest".



12.11.2019

## 3.3.4 Vaihtoehto 2 (Luke forest)

Tuulivoimapuistoa lähimpien asuin- ja lomarakennusten pihapiirissä varjostusvaikutus on laskelmien mukaan yli 8 h/a laskentakohteissa Asuinrakennus G (Katajajärventie 567) 16:40 h/a, Lomarakennus N (Hautaneva) 71:35:00 h/a, Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo) 85:24:00 h/a, Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544) 12:00 h/a, Lomarakennus V (Katajajärventie 49) 15:01 h/a ja Lomarakennus AD (Korteniittu) 21:53 h/a, kun huomioidaan puuston peittävä vaikutus. (Liite 8).



Kuva 8. VE2 laskennalliset varjostusmallinnuksen tulokset "real case, Luke forest".

12.11.2019

Taulukko 10. Laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu "real case, no forest".

Laskentapiste	ETRS89 -TM35 Itä	ETRS89- TM35 Pohjoinen	Kohteen korkeus- asema (m)	Varjostus (h/a) VE1	Varjostus (h/a) VE2
Lomarakennus A (Kuuslammentie)	367873	7031085	163	13:26	0:00
Lomarakennus B (Loukkukoskentie 700)	365699	7030495	158	0:00	0:00
Asuinrakennus C (Loukkukoskentie,	364243	7032622	154	13:01	0:00
Lomarakennus D (Purola)	364501	7036228	143	6:33	4:50
Asuinrakennus E (Kannistontie 945)	363992	7036660	139	1:32	1:32
Lomarakennus F (Kannistontie 595)	367414	7036889	148	18:14	16:56
Asuinrakennus G (Katajajärventie 567)	367997	7037325	148	18:57	16:40
Asuinrakennus H (Kannistontie 557)	367345	7037828	141	5:40	5:11
Asuinrakennus I (Isomastokankaantie 90)	366512	7040818	140	7:37	0:00
Asuinrakennus J (Kuuselantie 4)	369496	7041688	140	15:25	0:00
Asuinrakennus K (Lestijärventie 1391)	370820	7040693	148	2:54	0:00
Asuinrakennus L (Harjunpääntie 42)	370928	7039703	148	4:51	0:00
Asuinrakennus M (Lestijärventie 1468)	371569	7040539	144	2:45	1:24
Lomarakennus N (Hautaneva)	374179	7039715	165	71:39:00	71:35:00
Lomarakennus O (Ärmätintie)	375383	7039593	163	73:18:00	73:15:00
Lomarakennus P (Lestijärventie 1852)	374799	7042488	160	23:29	35:42:00
Asuinrakennus Q (Lestijärventie 1957)	375525	7043252	160	10:46	10:34
Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo)	375534	7037325	168	91:20:00	91:15:00
Asuinrakennus S (Hautakoskentie 455)	373347	7037488	155	8:41	8:41
Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544)	373867	7036728	158	12:01	12:00
Asuinrakennus U (Hautakoskentie 289)	372224	7038341	150	7:00	7:00
Lomarakennus V (Katajajärventie 49)	370829	7035870	163	13:26	15:01
Lomarakennus W (Silostenlampi)	370383	7031311	170	6:59	6:59
Lomarakennus X (Harjunpääntie 215)	370996	7038086	153	10:07	5:09
Asuinrakennus Y (Korpojantie 9)	368433	7042671	139	2:59	0:00
Asuinrakennus Z (Kuuselantie 46)	369834	7041939	138	9:15	2:32
Lomarakennus AA (Lestijärventie 1567)	372275	7041137	148	7:27	7:27
Lomarakennus AB (Lestijärventie 2104)	376744	7044041	165	3:13	0:00
Lomarakennus AC (Etelähaarantie 450)	367405	7033621	160	158:00:00	98:41:00
Lomarakennus AD (Korteniittu)	366893	7033410	155	120:02:00	35:06:00
Lomarakennus AE (Hautakoski)	374845	7035914	163	0:00	0:00
Lomarakennus AF (Harjunpääntie 398)	371749	7036270	166	2:16	2:16
Asuinrakennus AG (Hautakoskentie 135)	371498	7039889	143	3:15	1:35
Asuinrakennus AH (Kannistontie 381)	366764	7039267	141	13:45	0:00
Lomarakennus AI (Lemmistönrannantie)	378528	7043527	160	0:00	0:00

12.11.2019

Taulukko 11. Laskennalliset varjostustunnit vuodessa lähialueen laskentapisteissä, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu "real case, Luke forest".

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Kohteen korkeus-asema (m)	Varjostus (h/a) VE1	Varjostus (h/a) VE2
Lomarakennus A (Kuuslammentie)	367873	7031085	163	11:19	0:00
Lomarakennus B (Loukkukoskentie 700)	365699	7030495	158	0:00	0:00
Asuinrakennus C (Loukkukoskentie,	364243	7032622	154	0:00	0:00
Lomarakennus D (Purola)	364501	7036228	143	1:39	0:00
Asuinrakennus E (Kannistontie 945)	363992	7036660	139	1:32	1:32
Lomarakennus F (Kannistontie 595)	367414	7036889	148	3:23	3:23
Asuinrakennus G (Katajajärventie 567)	367997	7037325	148	18:57	16:40
Asuinrakennus H (Kannistontie 557)	367345	7037828	141	5:40	5:11
Asuinrakennus I (Isomastokankaantie 90)	366512	7040818	140	3:46	0:00
Asuinrakennus J (Kuuselantie 4)	369496	7041688	140	12:02	0:00
Asuinrakennus K (Lestijärventie 1391)	370820	7040693	148	0:00	0:00
Asuinrakennus L (Harjunpääntie 42)	370928	7039703	148	4:51	0:00
Asuinrakennus M (Lestijärventie 1468)	371569	7040539	144	2:45	1:24
Lomarakennus N (Hautaneva)	374179	7039715	165	71:39:00	71:35:00
Lomarakennus O (Ärmätintie)	375383	7039593	163	0:00	0:00
Lomarakennus P (Lestijärventie 1852)	374799	7042488	160	0:00	0:00
Asuinrakennus Q (Lestijärventie 1957)	375525	7043252	160	4:07	4:07
Lomarakennus R (Ärmätintie, Honkasalo)	375534	7037325	168	85:28:00	85:24:00
Asuinrakennus S (Hautakoskentie 455)	373347	7037488	155	3:30	3:29
Asuinrakennus T (Hautakoskentie 544)	373867	7036728	158	12:01	12:00
Asuinrakennus U (Hautakoskentie 289)	372224	7038341	150	7:00	7:00
Lomarakennus V (Katajajärventie 49)	370829	7035870	163	13:26	15:01
Lomarakennus W (Silostenlampi)	370383	7031311	170	6:59	6:59
Lomarakennus X (Harjunpääntie 215)	370996	7038086	153	8:45	3:22
Asuinrakennus Y (Korpojantie 9)	368433	7042671	139	2:59	0:00
Asuinrakennus Z (Kuuselantie 46)	369834	7041939	138	4:13	0:00
Lomarakennus AA (Lestijärventie 1567)	372275	7041137	148	0:00	0:00
Lomarakennus AB (Lestijärventie 2104)	376744	7044041	165	0:00	0:00
Lomarakennus AC (Etelähaarantie 450)	367405	7033621	160	0:00	0:00
Lomarakennus AD (Korteniittu)	366893	7033410	155	76:37:00	21:53
Lomarakennus AE (Hautakoski)	374845	7035914	163	0:00	0:00
Lomarakennus AF (Harjunpääntie 398)	371749	7036270	166	2:16	2:16
Asuinrakennus AG (Hautakoskentie 135)	371498	7039889	143	3:15	1:35
Asuinrakennus AH (Kannistontie 381)	366764	7039267	141	13:45	0:00
Lomarakennus AI (Lemmistönrannantie)	378528	7043527	160	0:00	0:00



12.11.2019

---



Allekirjoittaja Henna-Riikka Rintamäki  
DN: cn=Henna-Riikka Rintamäki, c=FI,  
o=FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy,  
email=henna-riikka.rintamaki@fcg.fi  
Päivämäärä: 2019.11.12 14:35:28  
+02'00'

Laatija



Jakob Kjellman  
2019.11.13  
14:16:15 +02'00'

Tarkastaja