

The logo for FCG, consisting of the letters 'FCG' in a bold, dark teal font, followed by a small orange circle.

Finnish
Consulting
Group

Oy Ölands Vind Ab

Ölandin tuulivoimahanke, Vöyri

Melu- ja varjostusmallinnusraportti

Henri Korhonen

16.10.2023

P42530

Sisällysluettelo

1	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET	3
2	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	3
2.1	Melu.....	3
2.1.1	Melumallinnus ISO 9613-2	3
2.1.2	Matalataajuinen melu	6
2.2	Varjostusmallinnus	7
2.3	Raja- ja ohjearvot	8
2.3.1	Melu	8
2.3.2	Varjostus.....	8
3	MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET	10
3.1	Melun laskentatulokset (ISO 9613-2)	10
3.2	Matalataajuiset melutasot.....	12
3.3	Varjostusmallinnuksen tulokset	13

16.10.2023

Liitteet

Liite 1: Melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2

Liite 2: Matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot

Liite 3: Varjostusmallinnusten tulokset "real case, no forest"

Ölandin tuulivoimahanke, Vöyri

1 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUKSEN TAVOITTEET

Vöyriin kunnan alueelle suunnitellaan olevan Ölandin tuulivoimahankeen aiheuttamia melu- ja varjostusvaikutuksia on arvioitu laatimalla mallinnukset tuulivoimaloiden aiheuttamista äänenpainetasoista ja varjostuksista. Mallinnusten tavoitteena on osoittaa, kuinka laajalle alueelle kyseiset vaikutukset ulottuvat ja arvioida vaikutukset lähiseudun ympärivuotiselle ja vapaa-ajan asutukselle. Ölandin tuulivoima-alueelle on suunnitellaan kuusi tuulivoimalaitosta, joiden napakorkeus ja roottorin halkaisija on 200 m. Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeudeksi muodostuu näin ollen 300 m.

Tuulivoimaloiden aiheuttamia melu- ja varjostusvaikutuksia on mallinnettu WindPro-ohjelmalla voimalapaikkojen alustavien sijoituspaikkojen mukaisesti. Melu- ja varjostusmallinnukset on laatinut Henri Korhonen FCG Finnish Consulting Group Oy:stä. Laaduntarkistuksen on suorittanut Johanna Harju (Ins. AMK).

2 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

2.1 Melu

2.1.1 Melumallinnus ISO 9613-2

Tuulivoimaloiden aiheuttamat äänenpainetasot on mallinnettu WindPRO-laskentaohjelman Decibel-moduulilla ISO 9613-2 standardin mukaisesti. Ympäristöhallinnon tuulivoimaloiden melun mallintamista koskevan ohjeen 2/2014 mukaisesti tuulen nopeutena käytettiin 10 m korkeudella mitattuna 8 m/s, ilman lämpötilana 15 °C, ilmanpaineena 101,325 kPa, ilman suhteellisenä kosteutena 70 % ja maanpinnan kovuutena arvoa 0,4. Laskenta on tehty 4,0 m maan pinnan tasosta (Taulukko 3).

Melumallinnuksessa on käytetty Vestaksen V172-7.2 MW (PO7200-0S-06-2022) voimalan melupäästöarvoja (taulukko 1). Laitosmallista on johdettu Generic RD 200-voimalaitos, jonka roottorin halkaisija on 200 metriä, napakorkeus 200 metriä ja kokonaiskorkeus 300 metriä. V172-7,2 MW voimalaitoksen valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottama äänitehotaso on 110,1 dB(A) ja siihen on lisätty 2 dB(A) varmuusarvoksi.

Melumallinnuksessa on huomioitu Ölandin suunniteltujen tuulivoimaloiden lisäksi toiminnassa olevat Storbackenin (7 kpl) tuulivoimalat. Storbackenin tuulivoimalat ovat napakorkeuksiltaan 145 m korkeita V150 (STE) voimalaitoja, joiden roottorin halkaisija on noin 150 metriä. Voimalaitoksen äänitehotasona (LWA) on käytetty 104,9 dB dB(A). Storbackenin tuulivoimaloiden äänitehotasot on esitetty taulukossa 2.

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

16.10.2023

Taulukko 1. Ölandin tuulivoimahankkeen mallinnusohjelma ja tuulivoimaloiden äänitehotasot voimalaitoksella Generic RD 200 sekä melun erityispiirteet

MALLINNUSOHJELMANTIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO version 3.6				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Generic				Tyyppi: RD 200 HH 200		Sarjanumero/t:-	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorinhalkaisija: 200 m		Tornin tyyppi: teräs/hybridi	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä: PO7200-0S			
Kyllä	dB	Kyllä	dB	Noise mode säätö: Mode 0, no STE		Kyllä	
Ei		Ei		Noise mode, lähtömelutaso		110,1 dB(A) + 2 dB (A)	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNA LÄHTÖTIEDOT							
Third octave noise emission V172-7.2MW 50/60 Hz Document no 0128-4336_00 Lähtömelutasoon on lisätty varmuusarvoksi 2 dB(A).							
Oktaaveittain [Hz], dB(A)		1/3-oktaaveittain [Hz], dB(A)					
		12,5	50,6	125,0	97,2	1250,0	99,8
62,5	93,5	16,0	56,7	160,0	99,2	1600,0	98,3
125	102,2	20	62,4	200,0	100,6	2000,0	96,3
250	106,1	25	68,1	250,0	101,5	2500,0	94,0
500	107	31,5	73,5	315,0	101,9	3150,0	91,3
1000	105,7	40	78,7	400,0	102,2	4000,0	88,2
2000	101,3	50,0	83,5	500,0	102,2	5000,0	84,8
4000	93,6	63,0	87,8	630,0	102,2	6300,0	81,0
8000	82,8	80,0	91,5	800,0	101,8	8000,0	76,7
112,1 dB(A)		100,0	94,6	1000,0	101,0	10000	72,1
Melun erityispiirteiden mittaus ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	Ei	kyllä	Ei	kyllä	Ei	kyllä	Ei

16.10.2023

Taulukko 2. Storbackenin tuulivoimaloiden V150-HH145 äänitehotasot sekä melun erityispiirteet

MALLINNUSOHJELMANTIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO version 3.6				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V150-4.2 MW (STE)		Sarjanumero/t:-	
Nimellisteho: 4,2 MW		Napakorkeus: 145 m		Roottorinhalkaisija: 150 m		Tornin tyyppi: teräs/hybridi	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä: serrated trailing edge			
Kyllä	dB	Kyllä	dB	Noise mode säätö:		Mode PO1	
Ei		Ei		Noise mode, lähtömelutaso		104,9 dB(A)	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNA LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot perustuvat dokumenttiin ” DMS 0067-4767_V03_V150-4.0/4.2 MW- Third Octave noise emission. Valmistajan ilmoittama tuulivoimalan tuottaman äänitehotaso perustuu todellisiin mittaustuloksiin ja vastaa ylemmää luottamusväliä 95%.							
Oktaaveittain [Hz], dB(A)		1/3-oktaaveittain [Hz], dB(A)					
		12,5	52,4	125,0	88,7	1250,0	93,2
62,5	86,6	16,0	57,8	160,0	90,7	1600,0	91,8
125	93,7	20	62,4	200,0	92,2	2000,0	90,2
250	98,2	25	66,7	250,0	93,4	2500,0	88,4
500	99,9	31,5	70,8	315,0	94,3	3150,0	86,1
1000	98,9	40	74,7	400,0	94,9	4000,0	83,4
2000	95,1	50,0	78,1	500,0	95,2	5000,0	80,6
4000	88,7	63,0	81,2	630,0	95,2	6300,0	77,4
8000	79,6	80,0	84,1	800,0	94,8	8000,0	73,8
104,9 dB(A)		100,0	86,5	1000,0	94,2	10000	70,1
Melun erityispiirteiden mittaustulos ja havainnot:							
Kapeakaistaisuus / Tonaalisuus		Impulssimaisuus		Merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)		Muu, Mikä:	
kyllä	Ei	kyllä	Ei	kyllä	Ei	kyllä	Ei

16.10.2023

Taulukko 3. Käytetyt mallinnusparametrit ISO 9613-2 laskelmissa

AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Laskenta korkeus		Laskentaruudun koko [m·m]	
ISO 9613-2: 4,0 m		25x25 m	
Suhteellinen kosteus		Lämpötila	
70 %	Muu, mikä ja miksi:	ISO 9613-2: 15 C°	
Maastomallin lähde ja tarkkuus			
Maastomallin lähde: MML maastotietokanta		Vaakaresoluutio:1,0	Pystyresoluutio:0,5
Maan- ja vedenpinnan absorption ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet			
ISO 9613-2	0,4 / vesialueilla 0		HUOM
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus			
Neutraali, (0): Neutraali		Muu, mikä ja miksi:	
Sääolosuhteiden huomiointi; laskennassa käytetty tuulen suunnat ja nopeus			
Tuulen suunta: 0-360°		Tuulen nopeus: 10 metrin korkeudella mitattuna 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 voimalavalmistajalta saatuja arvioita niiden äänitehotasoista.

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 Turun AMK:n (Keränen, Hakala ja Hongisto, 2019) julkistamien Anojanssi projektin tulosten mukaisten ääneneristävyysarvoin ja tuloksia verrattiin toimenpiderajoihin.

Anojanssi projektissa mitattiin ilmaääneneristävyys standardin ISO 16283-3:2016 mukaan. Projektissa valittiin 13 pientaloa ja 26 julkisivurakennetta niin, että edustettuina oli kevyitä, raskaita, uusia ja vanhoja julkisivurakenteita. Tuloksista johdettiin 84 % persentiili, joka kertoo arvon, joka ylittyi 84 % mitatuista suomalaisista pientaloista.

Taulukko 4. Suomalaisen pientalon julkisivun äänitasoeron alalikiarvo Anojanssi projektin tulosten mukaisesti

f [Hz]	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL _o [dB]	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13.0	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

Matalataajuisen melun laskelmassa huomioitiin maanpinnan muodon vaikutus ohjeen 4/2014 mukaisesti. Tulokset on esitetty taajuuskohtaisena taulukkona hankealuetta ympäröiville asuin- ja lomarakennuksille.

16.10.2023

2.2 Varjostusmallinnus

Tuulivoimaloiden varjostusvaikutukset on mallinnettu hankevaihtoehdossa käyttäen roottorinhalkaisijaltaan 200 metristä voimalaitosta, jonka napakorkeus on 200 metriä. Kokonaiskorkeudeltaan voimalat ovat tällöin 300 metriä korkeita. Varjostusmallinnuksessa on huomioitu Ölandin suunniteltujen tuulivoimaloiden lisäksi tuotannossa olevat Storbackenin (7 kpl) tuulivoimalat, joiden napakorkeus on 145 metriä, roottorin halkaisija 150 metriä ja kokonaiskorkeus 220 metriä.

Taulukko 5. Ölandin tuulivoimahankkeen mallinnusohjelma ja tuulivoimaloiden koko varjostusmallinnuksissa

MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT			
Mallinnusohjelma ja versio: WindPRO versiot 3.6		Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2	
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN TIEDOT)			
Tuulivoimalan valmistaja: Generic		Tyyppi: Generic RD200xHH200	Sarjanumero/t:-
Nimellisteho: -	Napakorkeus: 200 m	Roottorin halkaisija: 200 m	Tornin tyyppi: teräs/hybridi
		Maksimivälke-etäisyys 2034 m	

Varjostusvaikutuksia mallinnettiin WindPRO-ohjelman Shadow-moduulilla. Laskennassa varjot huomioidaan, kun aurinko on yli 3 astetta horisontin yläpuolella. Varjoksi lasketaan tilanne, jossa siipi peittää vähintään 20 % auringosta.

Auringon keskimääräiset paistetunnit perustuvat Seinäjoen sääaseman mitattuihin säätietoihin 1991–2020. Laskentojen tuulen suunta ja nopeusjakamana käytettiin NASA:n MERRA-dataa (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) (1993-2023) hankealueen läheisyydestä (Lon: 26,88, Lat: 63,50).

Varjostusmallin laskennassa on huomioitu hankealueen korkeustiedot, tuulivoimaloiden sijainnit, tuulivoimalan napakorkeudet ja roottorin halkaisija sekä hankealueen aikavyöhyke. Lisäksi myös laivan muoto ja leveys vaikuttavat maksimivälke-etäisyyteen, joka mallinnusohjelman mukaan on tälle laitosmallille noin 2034 metriä. 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". Mallinnus tehtiin niin sanotulle todelliselle tilanteelle (Real Case), jossa puuston suojaavaa vaikutusta ei huomioitu (Real Case, No forest).

Varjostusmallinnusten tuloksia on havainnollistettu karttojen avulla. Kartoilla esitetään varjostusvaikutuksen (1, 8 ja 20 tuntia vuodessa) laajuus. Sen lisäksi mallinnuksessa on erikseen laskettu vaikutus tuulivoimahankealueen ympäristössä oleviin herkkiin kohteisiin.

16.10.2023

2.3 Raja- ja ohjearvot

2.3.1 Melu

Valtioneuvoston asetuksessa (1107/2015) tuulivoimaloille on määritelty ohjearvot päivä- ja yöajan keskiäänitasojen maksimiarvolle. Jos tuulivoimalan melu sisältää tonaalisia, kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja, mallinnustuloksiin tulee asetuksen 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 6. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden melutason ohjearvot (Valtioneuvoston asetus 27.8.2015)

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 terveystieteiden ministeriön asetuksessa (545/2015) on annettu matalataajuiselle melulle toimenpiderajoja. Toimenpiderajat koskevat asuinhuoneita ja ne on annettu taajuuspainottomina yhden tunnin keskiäänitasoina tersseittäin. Toimenpiderajat koskevat yöaikaa ja päivällä sallitaan 5 dB suuremmat arvot.

Taulukko 7. Matalataajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa

Terssikaista Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Keskiäänitaso L _{Zeq} ,1h, dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Edellisestä laskettu keski-äänitaso A-painotettuna L _{Aeq} ,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 L_{Aeq}, 1h mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

2.3.2 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 2016).

16.10.2023

Useissa maissa on annettu raja-arvoja tai suosituksia hyväksyttävän välkevaikutuksen määrästä. Esimerkiksi Tanskassa sovelletaan yleensä enintään 10 tunnin vuotuista todellisentilanteen raja-arvoa. Ruotsissa todellisen tilanteen raja-arvon suositus on kahdeksan tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Suomessa välkevaikutukselle ei ole määritelty omia suosituksia tai raja-arvoja.

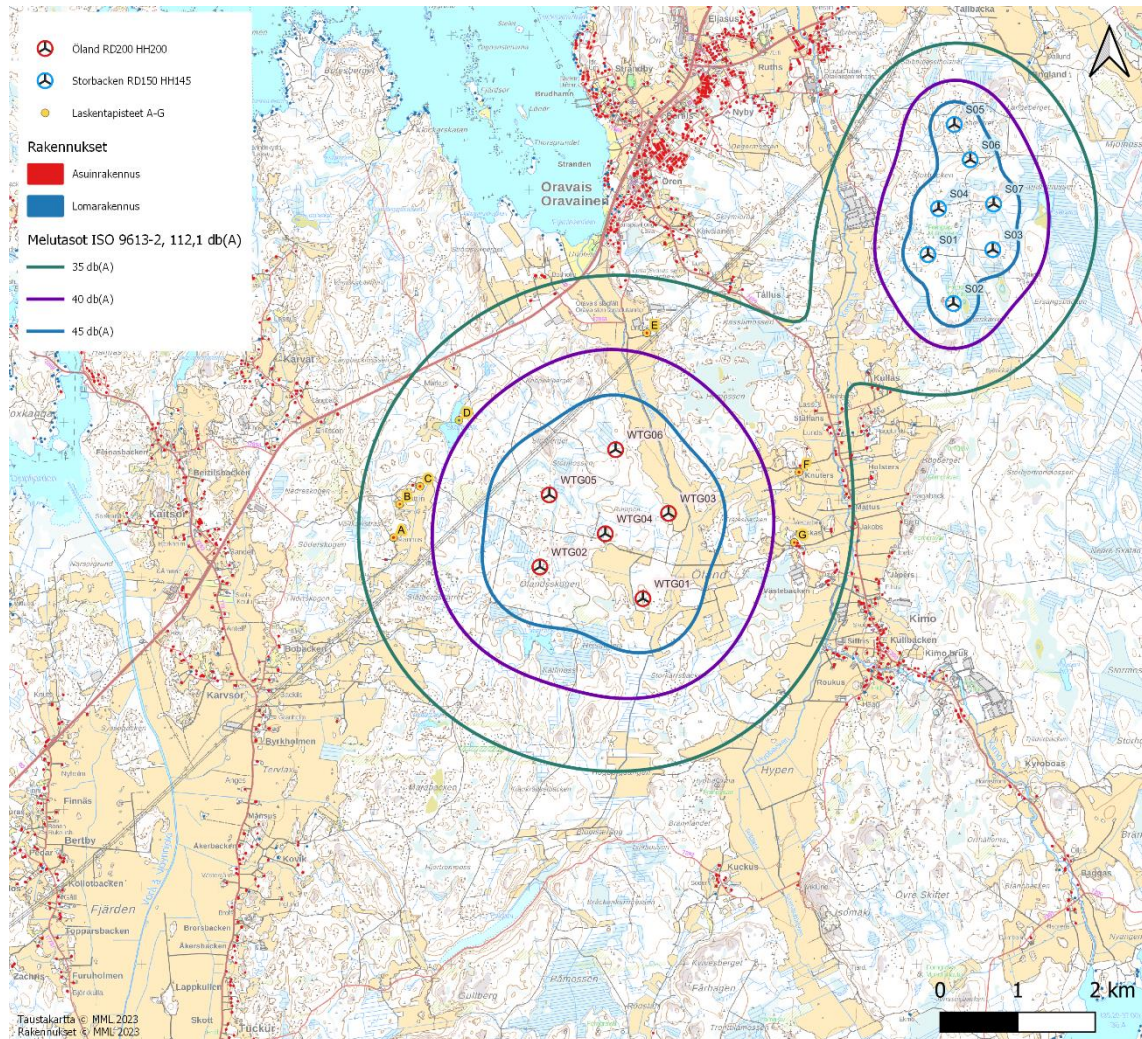
Arvioinnissa on tarkasteltu vaikutuksia alueella, jossa varjoja tai välkettä mallinnuksen mukaisessa todellisessa tilanteessa ("Real Case") esiintyy yli tunti vuodessa.

16.10.2023

3 MELU- JA VARJOSTUSMALLINNUSTEN TULOKSET

3.1 Melun laskentatulokset (ISO 9613-2)

Ölandin hankkeen melumallinnuksen tulosten mukaan melutaso 40 dB(A) ei ylitä lähimmillä asuin- ja lomarakennuksilla (Kuva 1, Taulukko 8). Storbackenin tuulivoimapuiston aiheuttama melu on huomioitu mallinnuksessa. Katso tarkemmat laskentatulokset liitteestä 1.



Kuva 1. Laskennalliset tuulivoimatuotannosta aiheutuvat melutasot Ölandin tuulivoimapuiston läheisyydessä standardin ISO 9613-2 mukaisesti, kun Storbackenin tuulivoimapuisto huomioidaan mallinnuksessa

16.10.2023

Taulukko 8. Laskennalliset tuulivoimatuotannosta aiheutuvat melutasot Ölandin hankealueen ympäristössä standardin ISO 9613-2 mukaisesti

Laskentapiste	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskentakorkeus (m)	Melutaso dB(A)
Asuinrakennus A	265 256	7 022 510	12,3	4	37,1
Asuinrakennus B	265 334	7 022 941	10	4	37,4
Lomarakennus C	265 598	7 023 171	12,5	4	38,6
Lomarakennus D	266 101	7 024 025	10	4	39,2
Lomarakennus E	268 525	7 025 153	7,7	4	38,4
Lomarakennus F	270 490	7 023 355	20	4	37,7
Lomarakennus G	270 429	7 022 446	20	4	38,4

16.10.2023

3.2 Matalataajuiset melutasot

Sisätilojen laskennallisia tuloksia on verrattu Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) Asumisterveysasetuksessa (545/2015) annettuihin toimenpiderajoihin. Nämä ovat enimmäisarvoja, jotka on laadittu yöaikaiselle melulle nukkumiseen tarkoitettuihin tiloihin.

Ölandin tuulivoimahankkeen aiheuttama matalataajuinen melu ei hankevaihtoehdoissa ylitä Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjearvoa laskentapisteiden sisätiloissa. Taulukoissa näkyy toimenpiderajan alitus (negatiivinen arvo) tai ylitys (positiivinen arvo). Myös Storbackenin tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen melu on huomioitu mallinnuksessa.

Tarkemmat matalataajuisen melun rakennuskohtaiset laskentatulokset on esitetty kuvaajilla liitteessä 2.

Taulukko 9. Matalataajuisen melun mallinnustulokset herkissä kohteissa verrattuna Sosiaali- ja terveysministeriön toimenpiderajaan

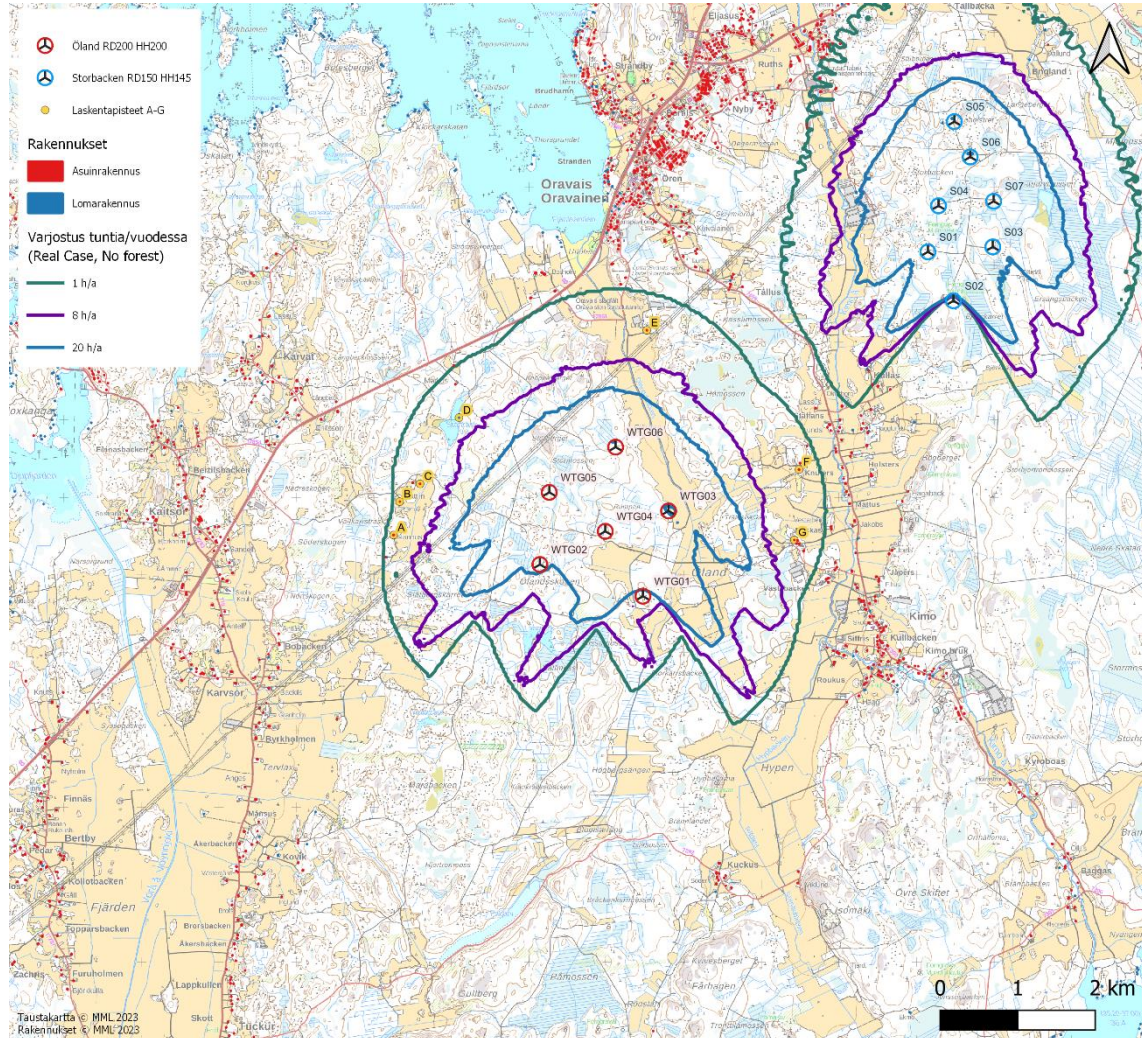
Laskentapiste	Äänitaso ulkona		Äänitaso sisällä	
	L eq,1h – Asumisterveys ohje sisällä	Hz	L eq,1h – Asumisterveys ohje sisällä	Hz
A - Lomarakennus	5,0	100	-9,1	50
B - Asuinrakennus	5,2	100	-8,9	50
C - Asuinrakennus	6,1	100	-8,1	50
D - Asuinrakennus	6,5	100	-7,6	50
E - Asuinrakennus	6,0	100	-8,0	50
F - Asuinrakennus	5,6	100	-8,3	50
G - Asuinrakennus	6,0	100	-8,0	50

16.10.2023

3.3 Varjostusmallinnuksen tulokset

Tehdyn varjostusmallinnuksen mukaan >8 h/a varjostusalueelle ei Ölandin hankealueen läheisyydessä sijoitu asuin- tai lomarakennuksia (Kuva 2, Taulukko 10). Storbackenin tuulivoimapuiston aiheuttama varjostus on huomioitu mallinnuksessa.

Tarkemmat tulokset varjostusmallinnuksesta on esitetty liitteessä 3.



Kuva 2. Laskennalliset varjostusmallinnuksen tulokset

16.10.2023

Taulukko 10. Varjostusmallinnuksen tulos, kun puuston suojaavaa vaikutusta ei ole huomioitu "real case, no forest"

Rakennus	ETRS89-TM35 Itä	ETRS89-TM35 Pohjoinen	Z (m)	Laskentaikuna (m)	Varjostus (h/a)
Asuinrakennus A	265 256	7 022 510	12,3	5,0 x 5,0	2:00
Asuinrakennus B	265 334	7 022 941	10	5,0 x 5,0	4:15
Lomarakennus C	265 598	7 023 171	12,5	5,0 x 5,0	5:04
Lomarakennus D	266 101	7 024 025	10	5,0 x 5,0	3:00
Lomarakennus E	268 525	7 025 153	7,7	5,0 x 5,0	3:25
Lomarakennus F	270 490	7 023 355	20	5,0 x 5,0	2:14
Lomarakennus G	270 429	7 022 446	20	5,0 x 5,0	3:29

FCG Finnish Consulting Group Oy

Henri Korhonen, YTM

Laatija

Johanna Harju, ins. AMK

Tarkastaja

Liite 1: Melun leviämismallinnuksen tulokset ISO 9613-2

DECIBEL - Main Result

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken

Noise calculation model:

ISO 9613-2 General

Wind speed (in 10 m height):

8,0 m/s

Ground attenuation:

General, Ground factor: 0,4

Meteorological coefficient, CO:

0,0 dB

Type of demand in calculation:

1: WTG noise is compared to demand (DK, DE, SE, NL etc.)

Noise values in calculation:

All noise values are mean values (Lwa) (Normal)

Pure tones:

Fixed penalty added to source noise of WTGs with pure tones

WTG catalogue

Height above ground level, when no value in NSA object:

4,0 m; Don't allow override of model height with height from NSA object

Uncertainty margin:

0,0 dB; Uncertainty margin in NSA has priority

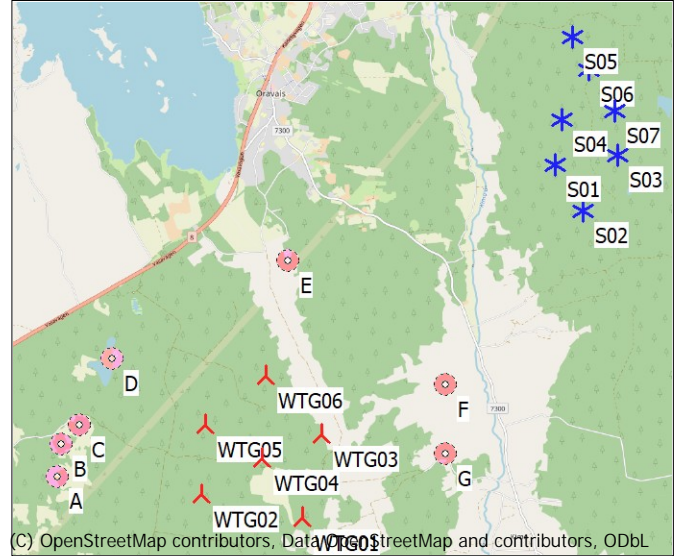
Deviation from "official" noise demands. Negative is more

restrictive, positive is less restrictive.:

0,0 dB(A)

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89



Scale 1:100 000
New WTG Existing WTG Noise sensitive area

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Noise data		Wind speed [m/s]	LwA,ref [dB(A)]
					Valid	Manufact.	Type-generator				Creator	Name		
S01	272 153	7 026 165	30,0	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
S02	272 483	7 025 533	30,3	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
S03	272 991	7 026 229	30,0	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
S04	272 290	7 026 759	26,1	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
S05	272 494	7 027 846	25,1	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
S06	272 700	7 027 390	30,0	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
S07	273 002	7 026 818	30,0	VESTAS V150-4.0 HH145 40...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	USER	Level 0 - - Mode 0 - 10-2019	8,0	104,9
WTG01	268 475	7 021 720	21,2	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	USER	V172 - 7,2 MW PO7200 OS + 2dB	8,0	112,1
WTG02	267 145	7 022 129	27,6	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	USER	V172 - 7,2 MW PO7200 OS + 2dB	8,0	112,1
WTG03	268 805	7 022 822	15,0	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	USER	V172 - 7,2 MW PO7200 OS + 2dB	8,0	112,1
WTG04	267 989	7 022 558	20,0	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	USER	V172 - 7,2 MW PO7200 OS + 2dB	8,0	112,1
WTG05	267 266	7 023 061	30,0	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	USER	V172 - 7,2 MW PO7200 OS + 2dB	8,0	112,1
WTG06	268 123	7 023 645	20,5	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	USER	V172 - 7,2 MW PO7200 OS + 2dB	8,0	112,1

Calculation Results

Sound level

Noise sensitive area

No.	Name	East	North	Z	Immission height [m]	Demands Noise [dB(A)]	Sound level		Distance to noise demand [m]
							From WTGs [dB(A)]		
A	Asuinrakennus A	265 256	7 022 510	12,3	4,0	40,0	37,1		500
B	Asuinrakennus B	265 334	7 022 941	10,0	4,0	40,0	37,4		451
C	Asuinrakennus C	265 598	7 023 171	12,5	4,0	40,0	38,6		233
D	Lomarakennus D	266 101	7 024 025	10,0	4,0	40,0	39,2		132
E	Asuinrakennus E	268 525	7 025 153	7,7	4,0	40,0	38,4		267
F	Asuinrakennus F	270 490	7 023 355	20,0	4,0	40,0	37,7		411
G	Asuinrakennus G	270 429	7 022 446	20,0	4,0	40,0	38,4		279

Distances (m)

WTG	A	B	C	D	E	F	G
S01	7801	7538	7202	6415	3764	3263	4097
S02	7829	7600	7275	6554	3974	2950	3706
S03	8577	8328	7996	7230	4591	3808	4566
S04	8213	7930	7589	6762	4091	3849	4695
S05	8987	8674	8326	7443	4794	4915	5778
S06	8896	8600	8256	7403	4734	4598	5437
S07	8858	8587	8249	7440	4774	4276	5070
WTG01	3312	3368	3220	3307	3431	2594	2084
WTG02	1926	1984	1864	2163	3322	3560	3297

To be continued on next page...

Project: Öland_2021
Description: Öland tuulivoimahanke

Licensed user:
FCG Finnish Consulting Group Oy
Osmontie 34, PO Box 950
FI-00601 Helsinki
+358104095666
Henri Korhonen / henri.korhonen@fcg.fi
Calculated:
24.10.2023 10.47/3.6.355

DECIBEL - Main Result

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken

...continued from previous page

WTG	A	B	C	D	E	F	G
WTG03	3561	3471	3225	2958	2347	1766	1665
WTG04	2732	2681	2467	2390	2648	2623	2441
WTG05	2083	1935	1671	1511	2440	3235	3220
WTG06	3081	2874	2567	2056	1560	2384	2598

Project: Öland_2021
Description: Öland tuulivoimahanke

Licensed user:
FCG Finnish Consulting Group Oy
Osmontie 34, PO Box 950
FI-00601 Helsinki
+358104095666
Henri Korhonen / henri.korhonen@fcg.fi
Calculated:
24.10.2023 10.47/3.6.355

DECIBEL - Assumptions for noise calculation

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken

Noise calculation model:

ISO 9613-2 General

Wind speed (in 10 m height):

8,0 m/s

Ground attenuation:

General, Ground factor: 0,4

Meteorological coefficient, CO:

0,0 dB

Type of demand in calculation:

1: WTG noise is compared to demand (DK, DE, SE, NL etc.)

Noise values in calculation:

All noise values are mean values (Lwa) (Normal)

Pure tones:

Fixed penalty added to source noise of WTGs with pure tones

WTG catalogue

Height above ground level, when no value in NSA object:

4,0 m; Don't allow override of model height with height from NSA object

Uncertainty margin:

0,0 dB; Uncertainty margin in NSA has priority

Deviation from "official" noise demands. Negative is more restrictive, positive is less restrictive.:

0,0 dB(A)

Octave data required

Frequency dependent air absorption

63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]	[dB/km]
0,10	0,38	1,12	2,36	4,08	8,78	26,60	95,00

All coordinates are in

Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89

WTG: VESTAS V172-7.2 7200 200.0 IO!

Noise: V172 - 7,2 MW PO7200 0S + 2dB

Source	Source/Date	Creator	Edited
Manufacturer	11.9.2023	USER	11.10.2023 13.45

Status	Hub height [m]	Wind speed [m/s]	LwA,ref [dB(A)]	Pure tones	Octave data								
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
					[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
From Windcat	200,0	8,0	112,1	No	93,5	102,2	106,1	107,0	105,7	101,3	93,6	82,8	

WTG: VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 IO!

Noise: Level 0 - - Mode 0 - 10-2019

Source	Source/Date	Creator	Edited
Manufacturer	2.10.2019	USER	11.2.2021 12.47

Status	Hub height [m]	Wind speed [m/s]	LwA,ref [dB(A)]	Pure tones	Octave data							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
					[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
From Windcat	145,0	8,0	104,9	No	86,6	93,7	98,2	99,9	98,9	95,1	88,7	79,6

Noise sensitive area: A Asuinrakennus A

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Noise sensitive area: B Asuinrakennus B

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Project: Öland_2021
Description: Öland tuulivoimahanke

Licensed user:
FCG Finnish Consulting Group Oy
Osmontie 34, PO Box 950
FI-00601 Helsinki
+358104095666
Henri Korhonen / henri.korhonen@fcg.fi
Calculated:
24.10.2023 10.47/3.6.355

DECIBEL - Assumptions for noise calculation

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken

Noise sensitive area: C Asuinrakennus C

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Noise sensitive area: D Lomarakennus D

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Noise sensitive area: E Asuinrakennus E

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Noise sensitive area: F Asuinrakennus F

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

Noise sensitive area: G Asuinrakennus G

Predefined calculation standard:

Immission height(a.g.l.): Use standard value from calculation model

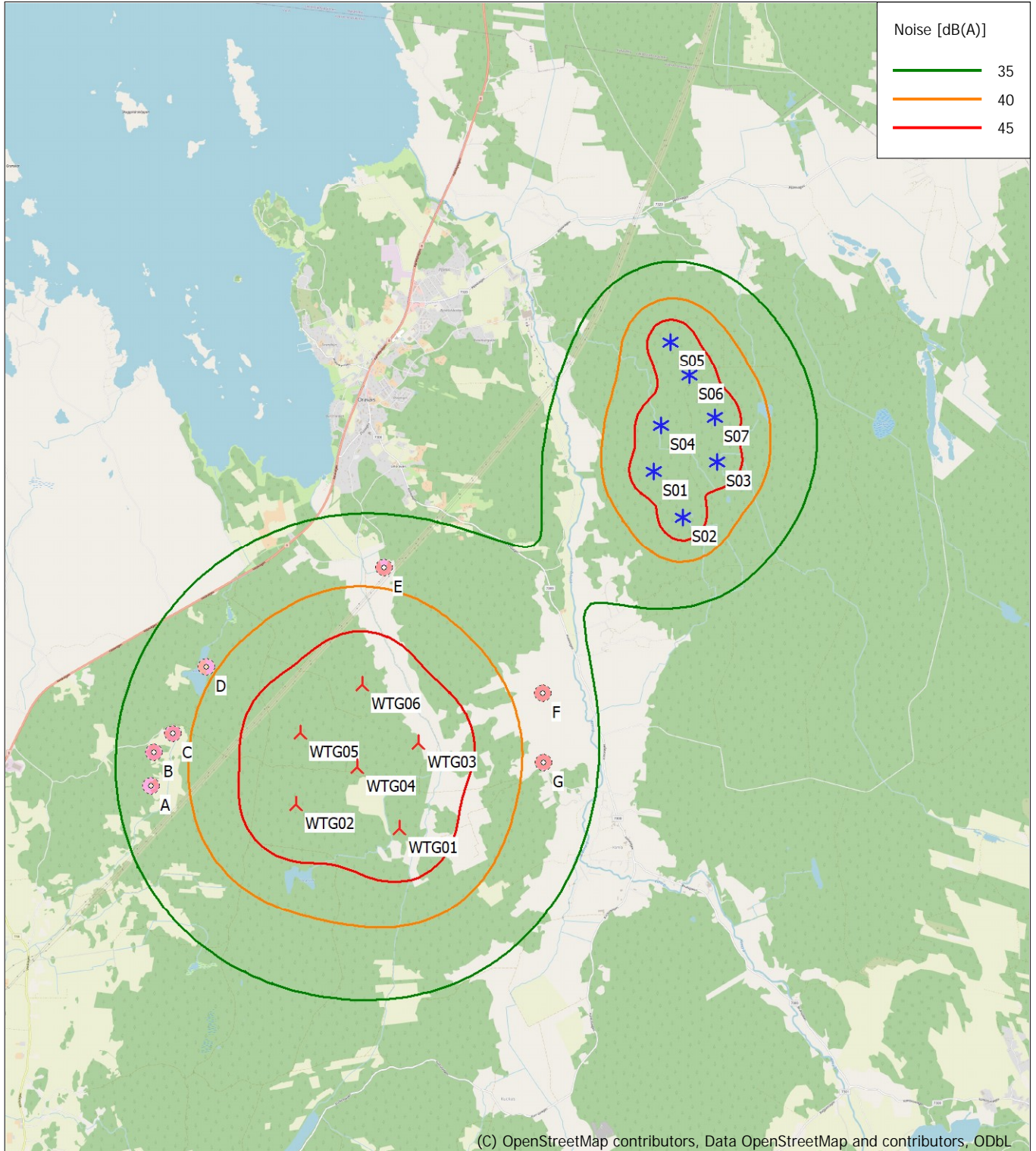
Uncertainty margin: Use default value from calculation model

Noise demand: 40,0 dB(A)

No distance demand

DECIBEL - Map 8,0 m/s

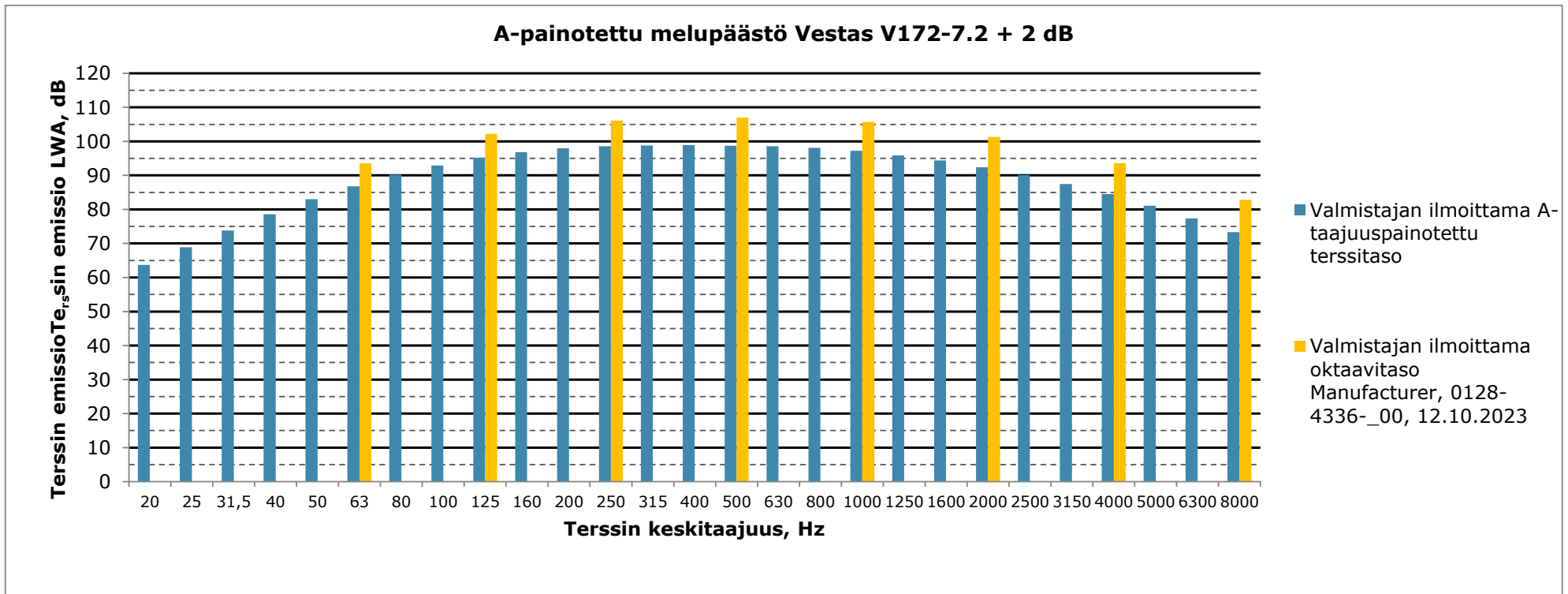
Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken

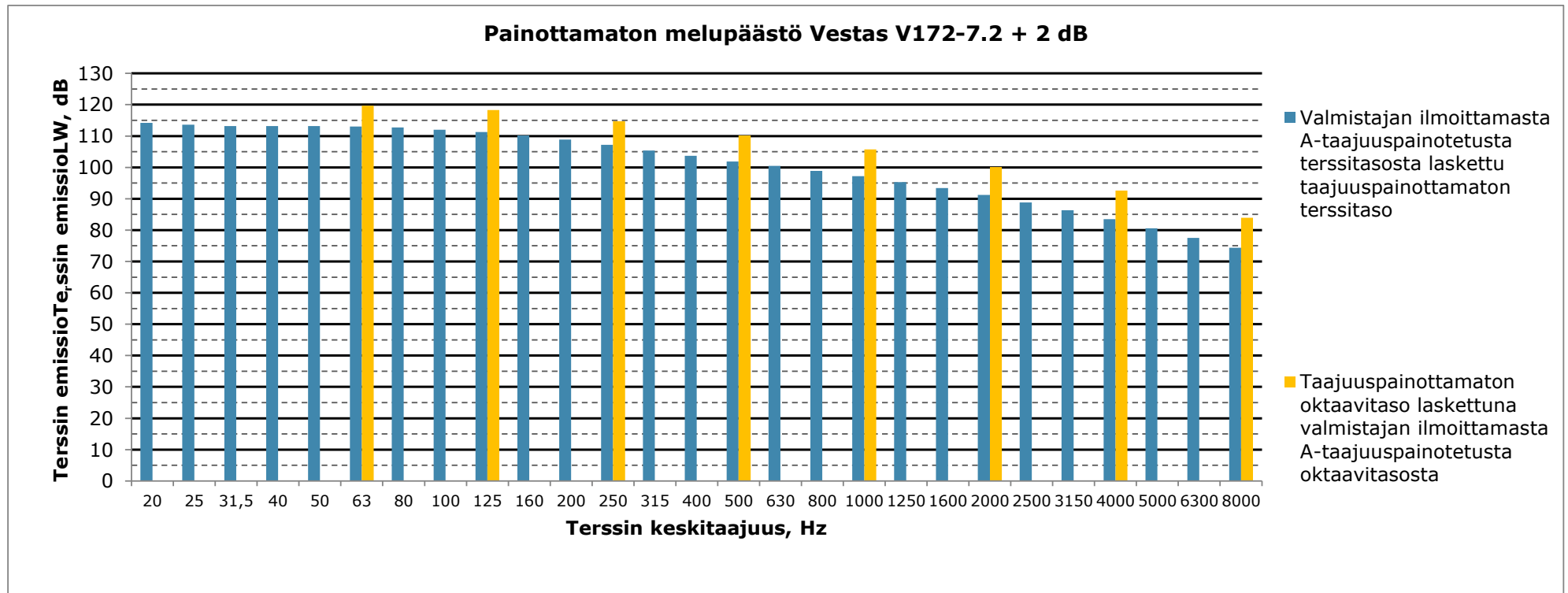


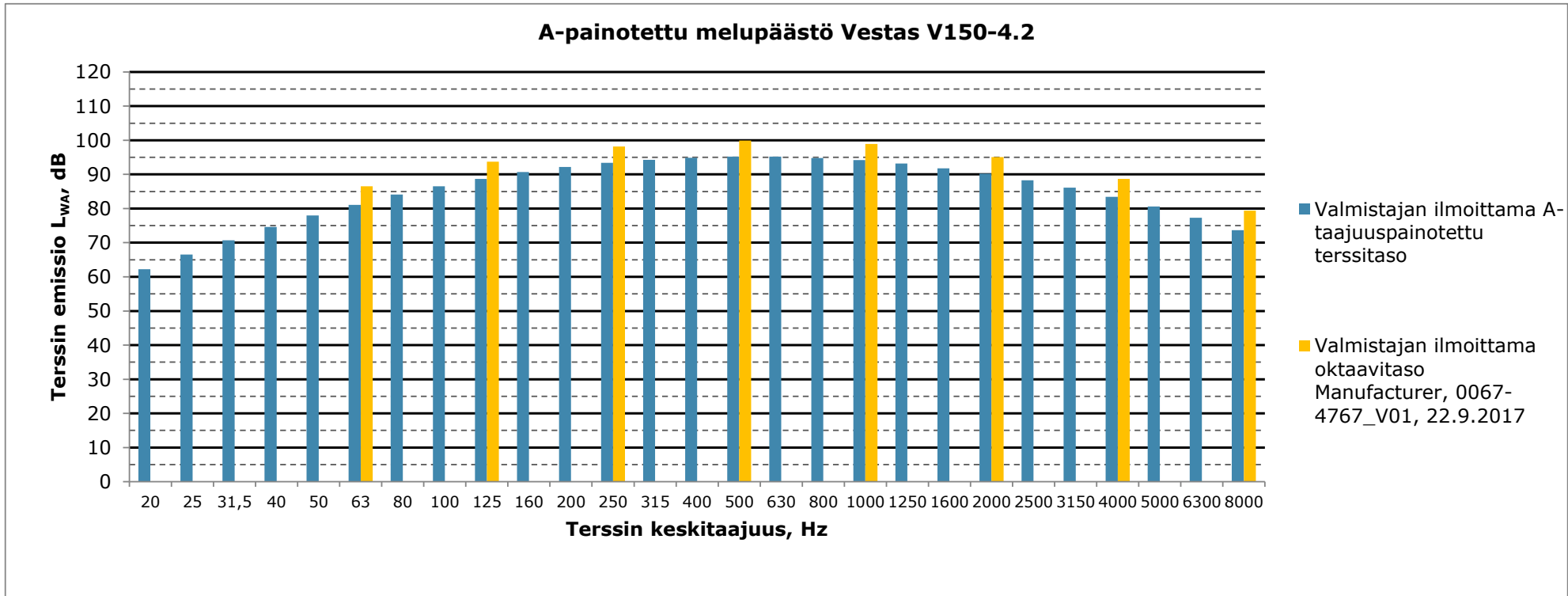
Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:75 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 270 074 North: 7 024 783
 New WTG (red triangle) Existing WTG (blue asterisk) Noise sensitive area (brown square)
 Noise calculation model: ISO 9613-2 General. Wind speed: 8,0 m/s
 Height above sea level from active line object

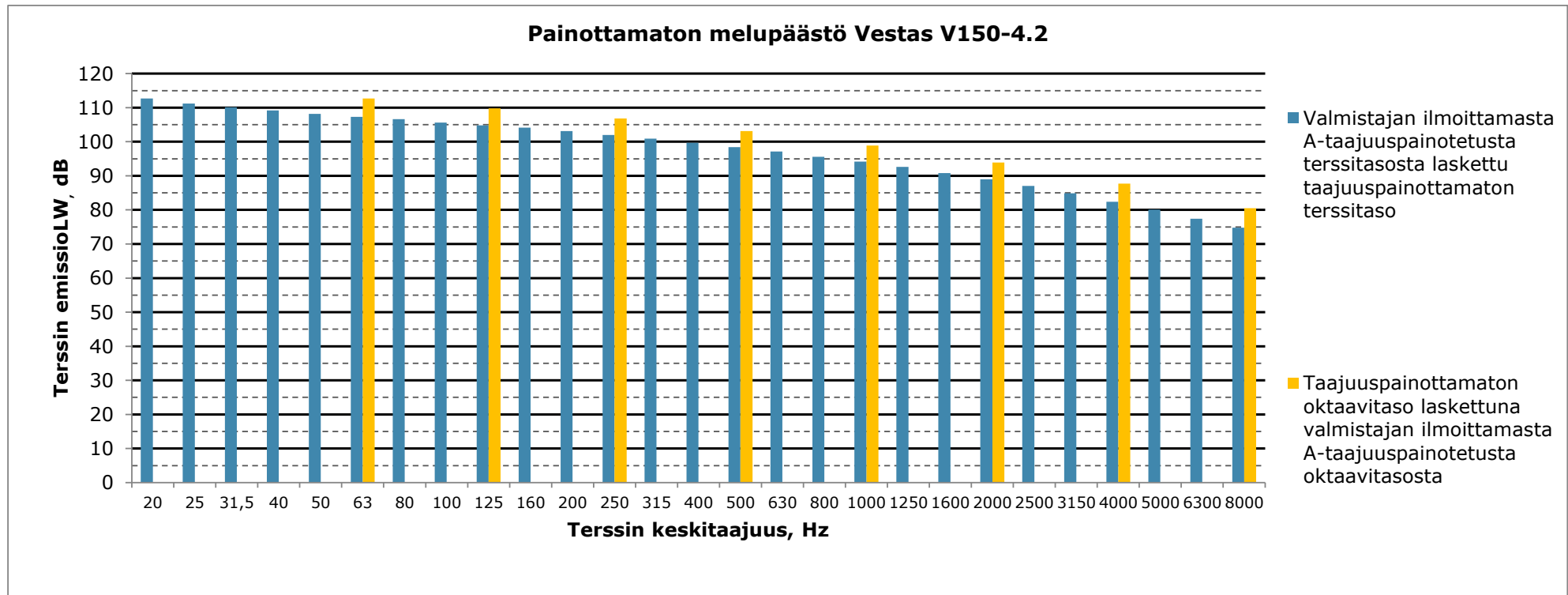
16.10.2023

Liite 2: Matalataajuisen melun rakennuskohtaiset arvot

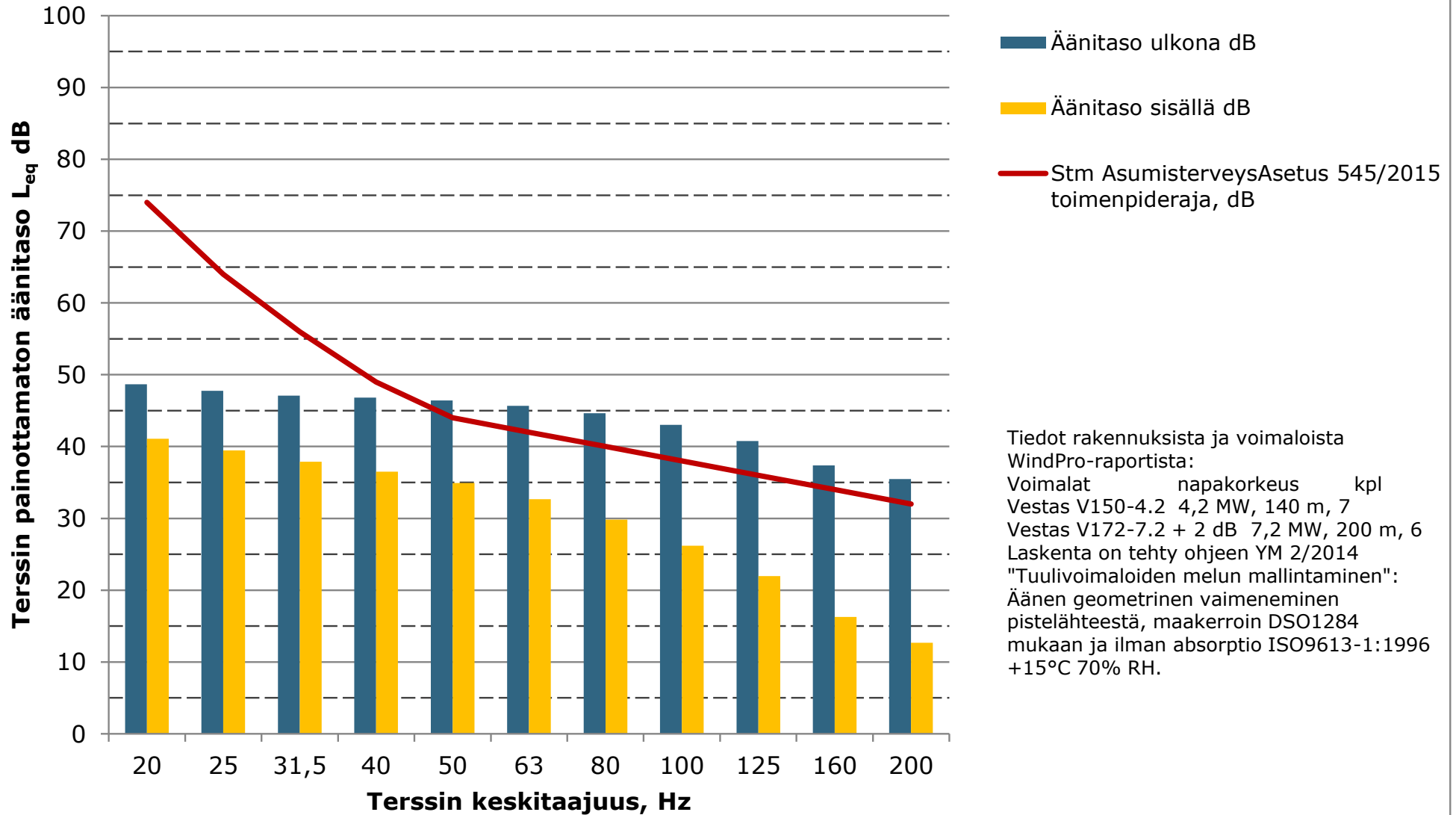




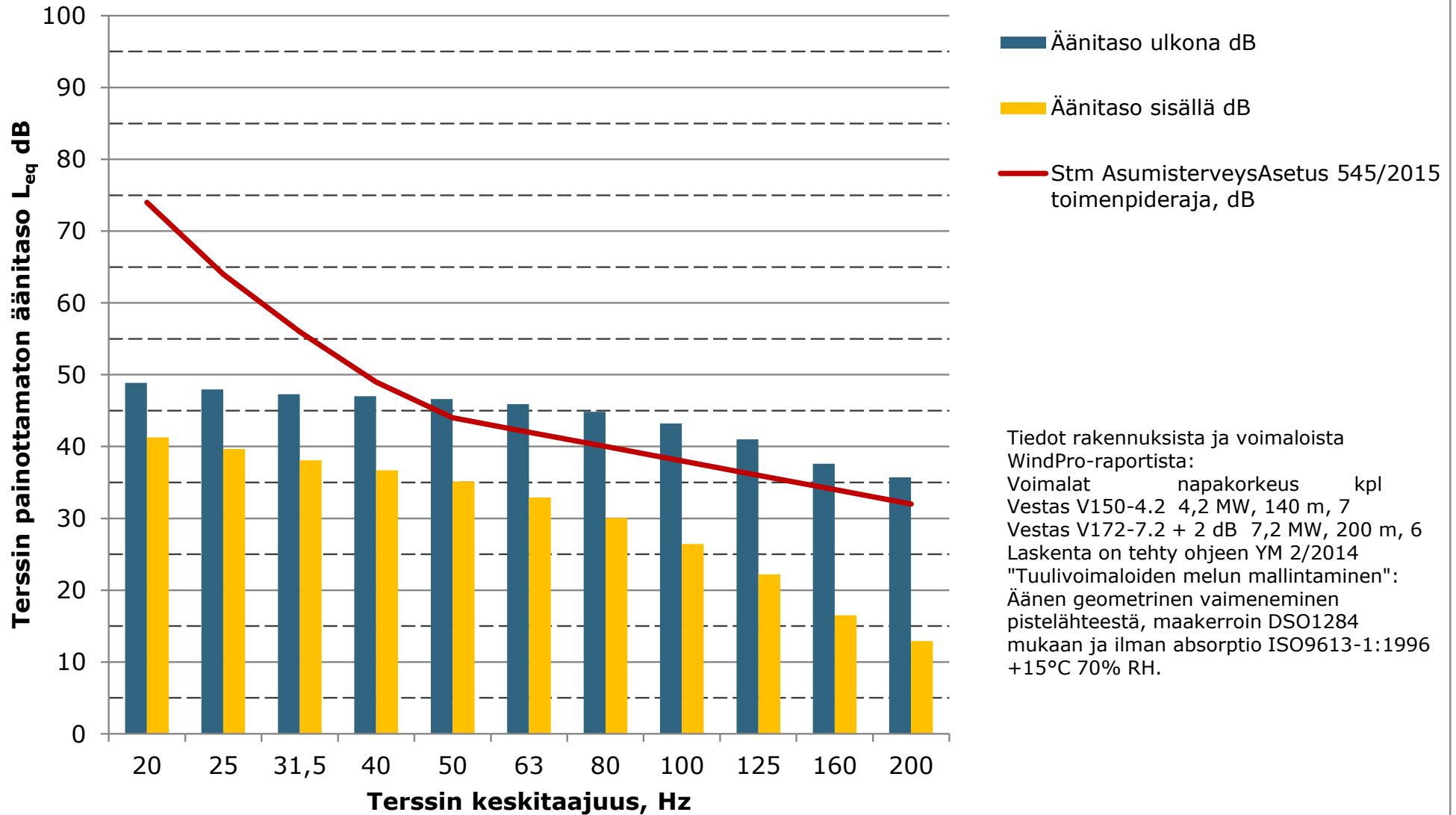




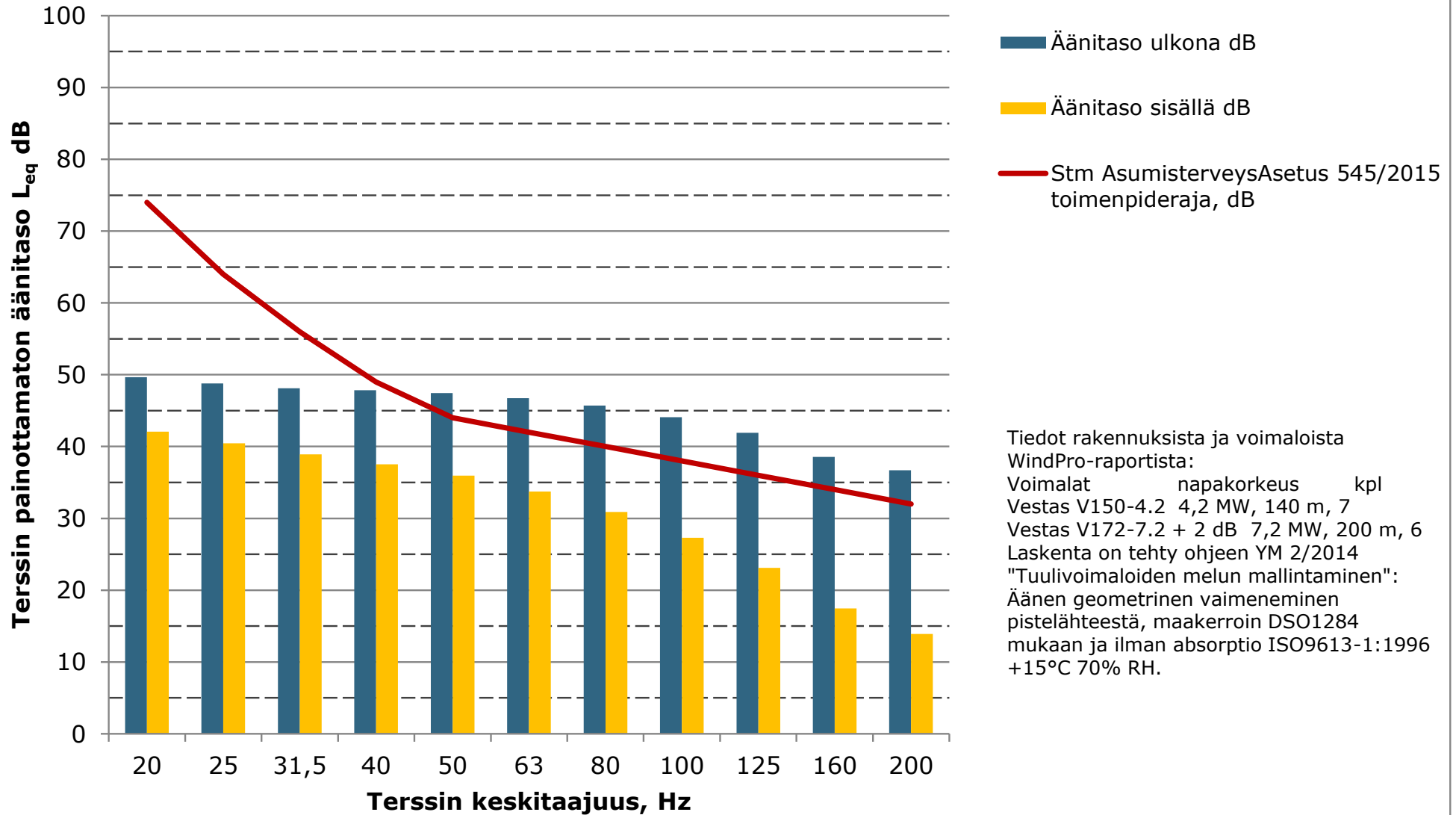
Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus A, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



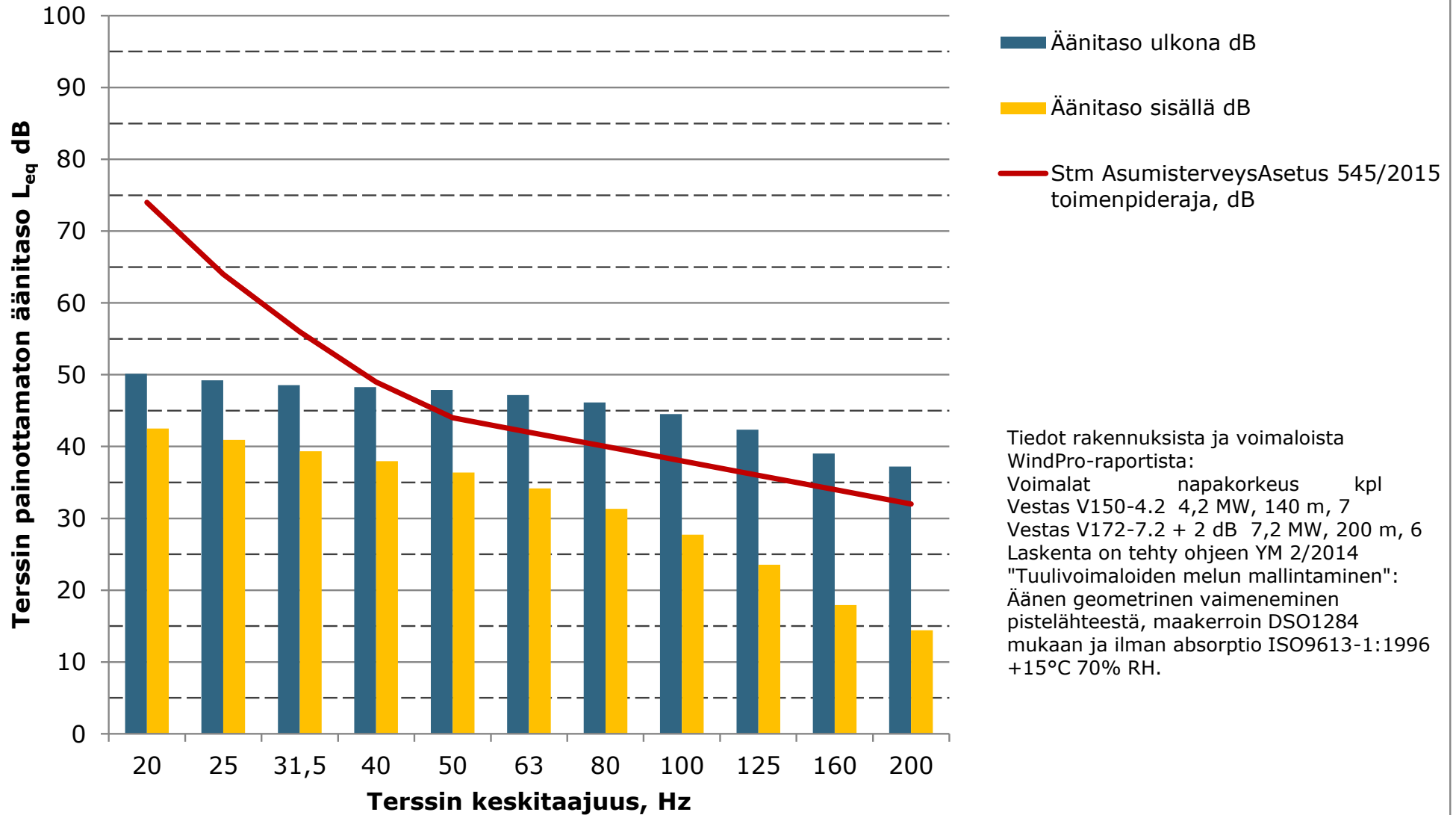
Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus B, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



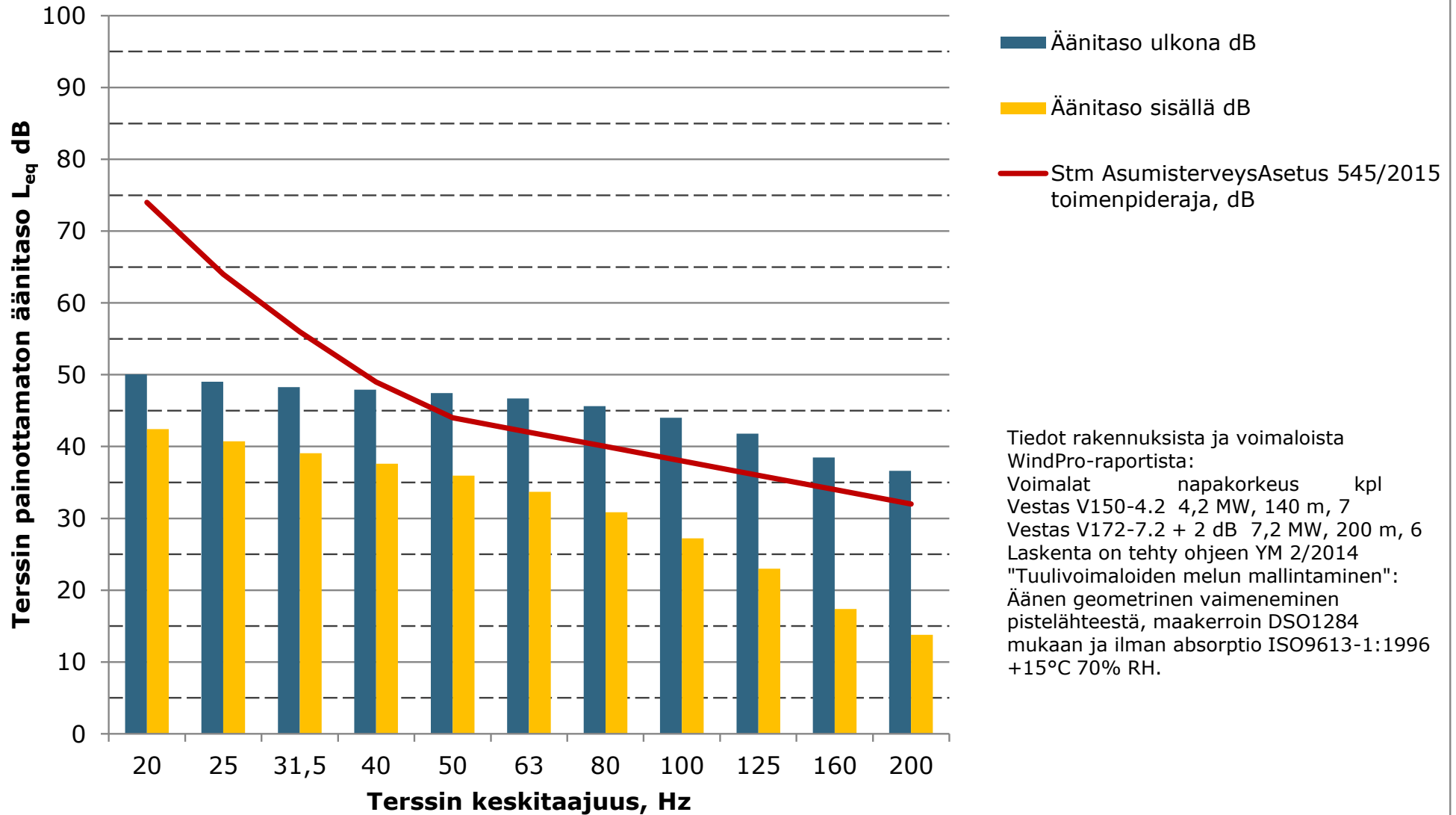
Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus C, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



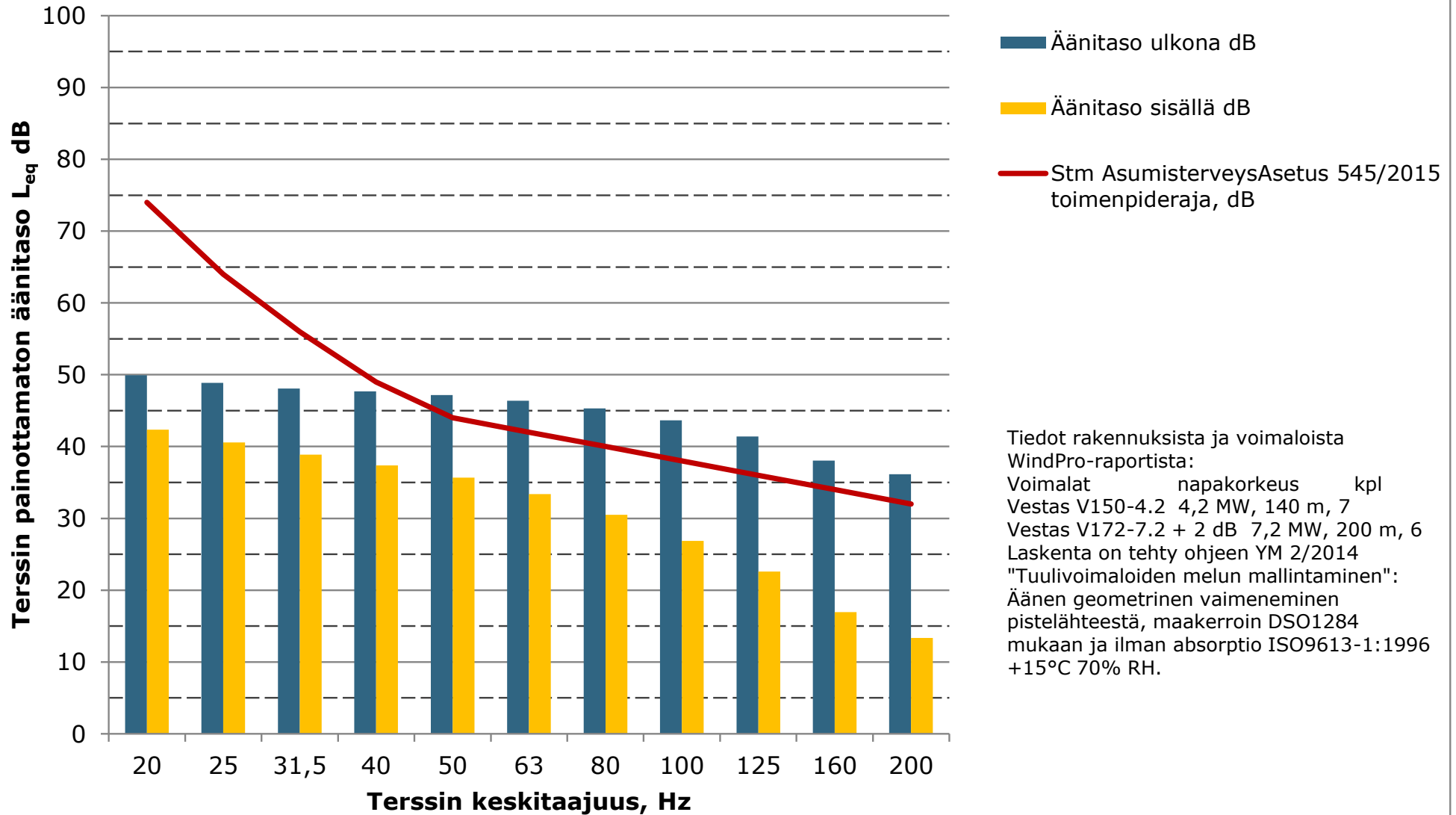
Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Lomarakennus D, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



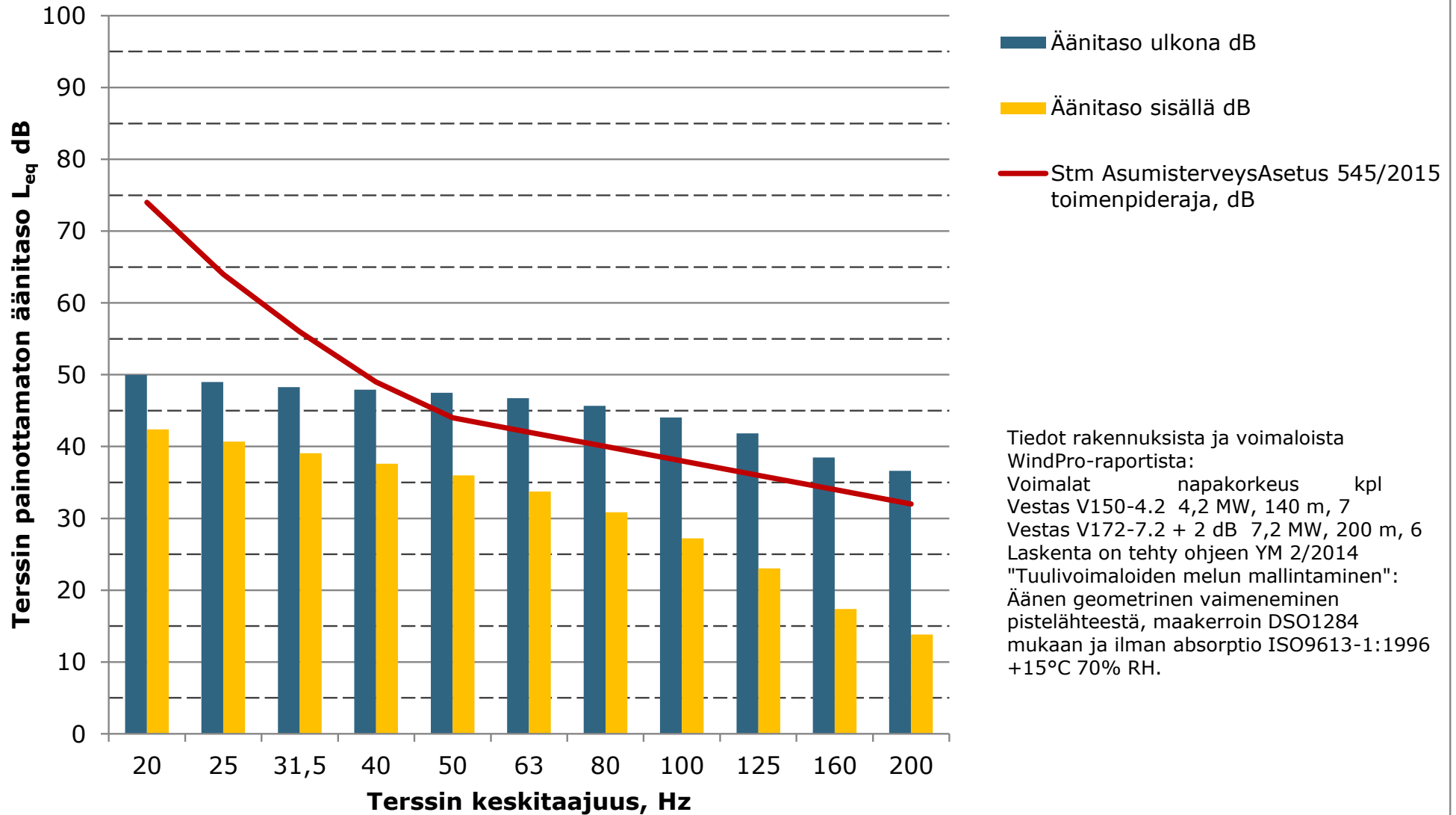
Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus E, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus F, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



Matalien taajuuksien äänitasot ulkona ja sisällä, Asuinrakennus G, ääneneristävyys Keränen,Hakala,Hongisto 2019, 84% persenttiili mukaan



16.10.2023

Liite 3: Varjostusmallinnusten tulokset "real case"

SHADOW - Main Result

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken_No_Forest
 Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
 Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
 Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
 Day step for calculation 1 days
 Time step for calculation 1 minutes

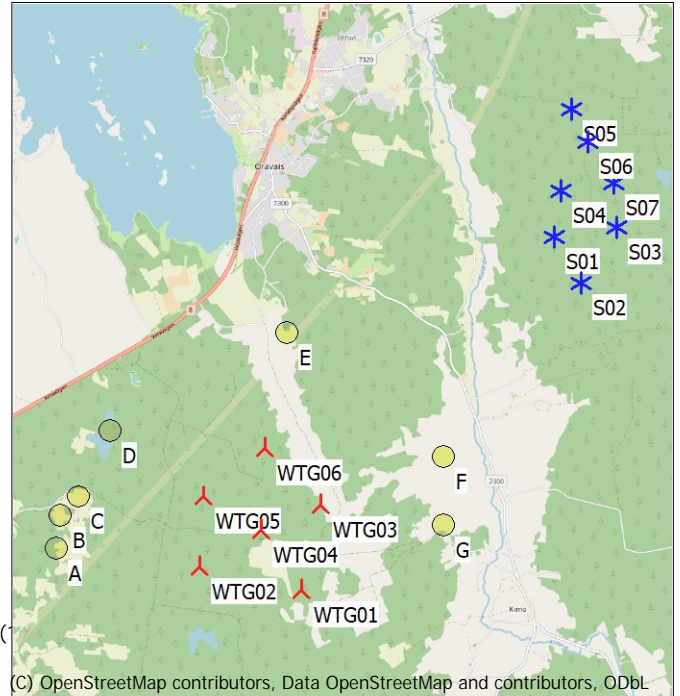
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) []
 Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
 1,00 2,82 4,23 6,60 8,77 9,10 8,87 6,80 4,67 2,52 1,17 0,58

Operational hours are calculated from WTGs in calculation and wind distribution:
 MERRA2_N63.500_E022.500 (2)

Operational time
 N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
 792 721 468 387 476 739 1 080 1 354 929 654 521 552 8 673
 Idle start wind speed: Cut in wind speed from power curve

A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:
 Height contours used: Height Contours: CONTOURLINE_Öland_2021_0.wpo (2)
 Receptor grid resolution: 1,0 m

All coordinates are in
 Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89



Scale 1:100 000
 ▲ New WTG ★ Existing WTG ● Shadow receptor

WTGs

	East	North	Z	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM [RPM]
S01	272 153	7 026 165	30,0	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
S02	272 483	7 025 533	30,3	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
S03	272 991	7 026 229	30,0	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
S04	272 290	7 026 759	26,1	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
S05	272 494	7 027 846	25,1	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
S06	272 700	7 027 390	30,0	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
S07	273 002	7 026 818	30,0	VESTAS V150-4.0 HH14...	Yes	VESTAS	V150-4.0 HH145-4 000	4 000	150,0	145,0	1 902	10,4
WTG01	268 475	7 021 720	21,2	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	2 034	10,5
WTG02	267 145	7 022 129	27,6	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	2 034	10,5
WTG03	268 805	7 022 822	15,0	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	2 034	10,5
WTG04	267 989	7 022 558	20,0	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	2 034	10,5
WTG05	267 266	7 023 061	30,0	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	2 034	10,5
WTG06	268 123	7 023 645	20,5	Generic RD200xHH200	Yes	VESTAS	V172-7.2-7 200	7 200	200,0	200,0	2 034	10,5

Shadow receptor-Input

No.	Name	East	North	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	Asuinrakennus A	265 256	7 022 510	12,3	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
B	Asuinrakennus B	265 334	7 022 941	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
C	Asuinrakennus C	265 598	7 023 171	12,5	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
D	Lomarakennus D	266 101	7 024 025	10,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
E	Asuinrakennus E	268 525	7 025 153	7,7	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
F	Asuinrakennus F	270 490	7 023 355	20,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0
G	Asuinrakennus G	270 429	7 022 446	20,0	5,0	5,0	1,0	90,0	"Green house mode"	6,0

SHADOW - Main Result

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken_No_Forest

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, expected values Shadow hours per year [h/year]
A	Asuinrakennus A	2:00
B	Asuinrakennus B	4:15
C	Asuinrakennus C	5:04
D	Lomarakennus D	3:00
E	Asuinrakennus E	3:25
F	Asuinrakennus F	2:14
G	Asuinrakennus G	3:29

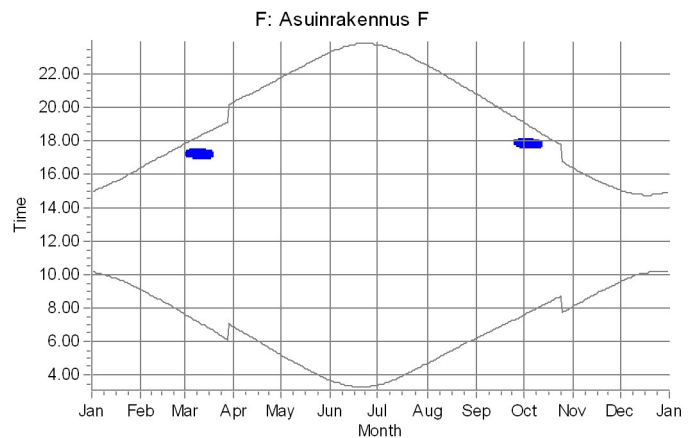
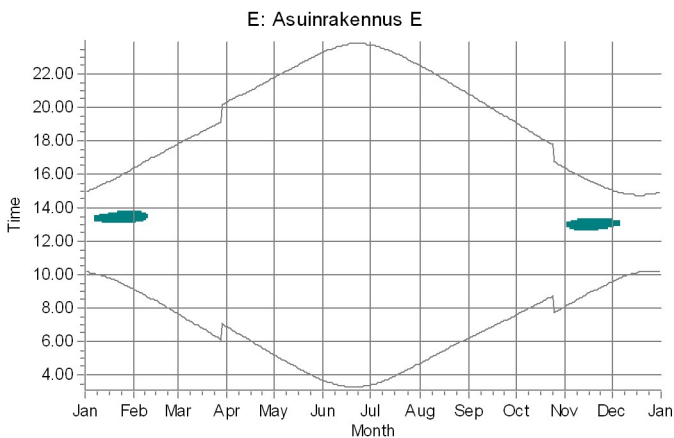
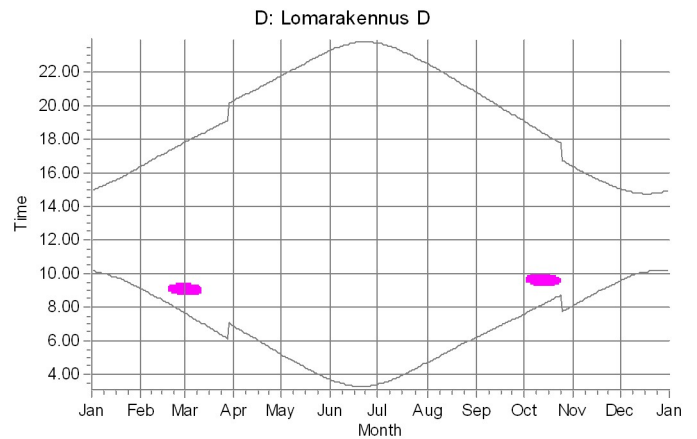
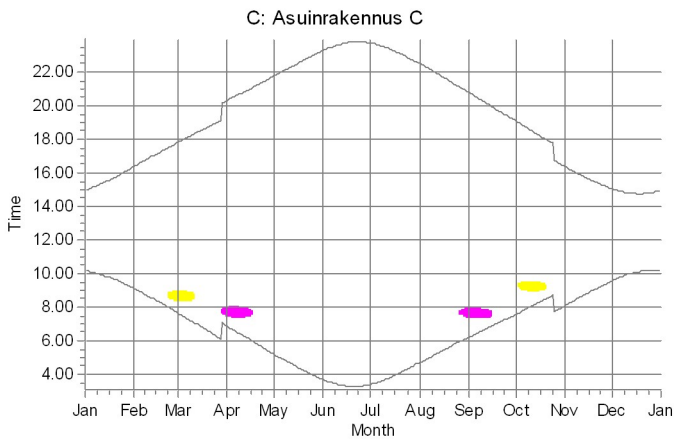
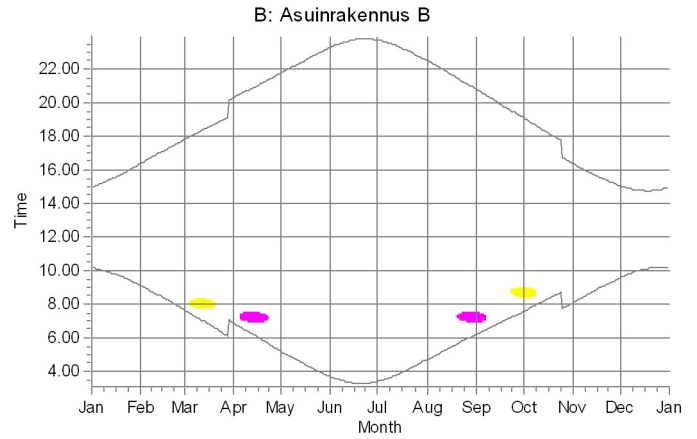
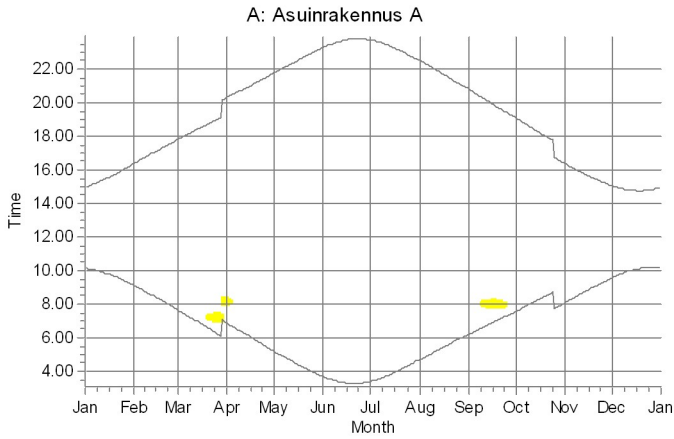
Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Expected [h/year]
S01	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (1)	0:00
S02	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (2)	0:00
S03	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (3)	0:00
S04	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (4)	0:00
S05	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (5)	0:00
S06	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (6)	0:00
S07	VESTAS V150-4.0 HH145 4000 150.0 !O! hub: 145,0 m (TOT: 220,0 m) (7)	0:00
WTG01	Generic RD200xHH200	0:00
WTG02	Generic RD200xHH200	5:39
WTG03	Generic RD200xHH200	5:43
WTG04	Generic RD200xHH200	0:00
WTG05	Generic RD200xHH200	8:41
WTG06	Generic RD200xHH200	3:25

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

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken_No_Forest



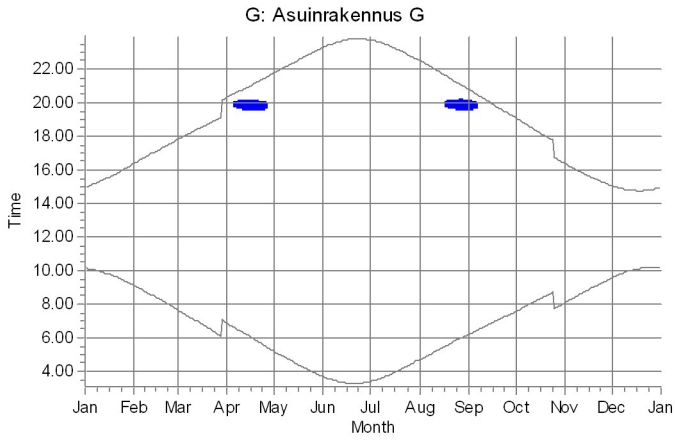
WTGs

WTG02: Generic RD200xHH200
 WTG03: Generic RD200xHH200

WTG05: Generic RD200xHH200
 WTG06: Generic RD200xHH200

SHADOW - Calendar, graphical

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken_No_Forest

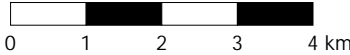
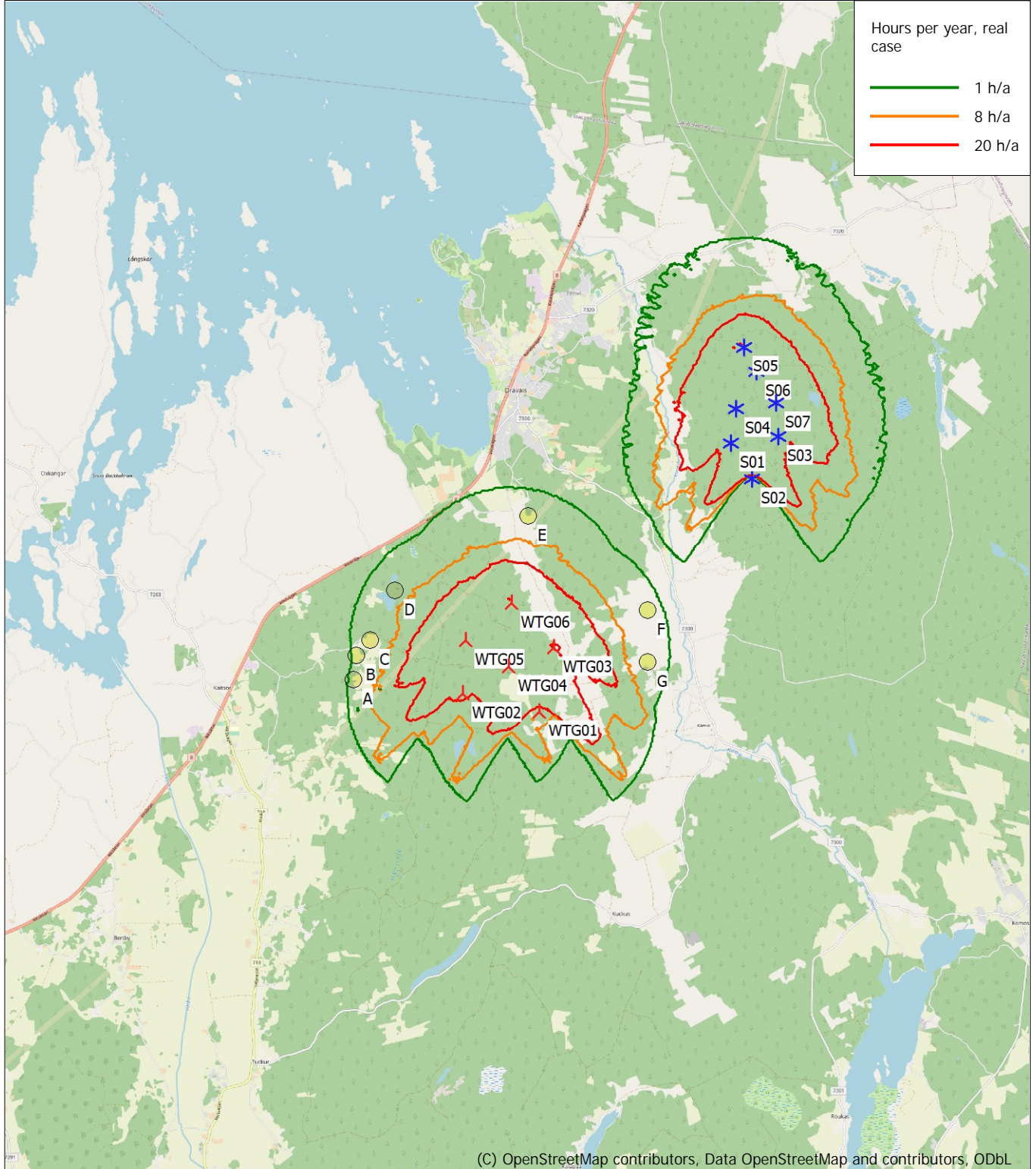


WTGs

WTG03: Generic RD200xHH200

SHADOW - Map

Calculation: Öland_Generic_RD200x6xHH200+Storbacken_No_Forest



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:100 000, Map center Finish TM ETRS-TM35FIN-ETRS89 East: 267 990 North: 7 023 810

▲ New WTG * Existing WTG ● Shadow receptor

Flicker map level: Height Contours: CONTOURLINE_Öland_2021_0.wpo (1)

Time step: 4 minutes, Day step: 14 days, Map resolution: 30 m, Visibility resolution: 15 m, Eye height: 1,5 m