

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

Finnish
Consulting
Group

Oy Ölands Vind Ab

Ölands vindkraftsprojekt, Vörå

Rapport över buller- och skuggmodellering

Henri Korhonen

16.10.2023

P42530

Innehållsförteckning

1	BULLER- OCH SKUGGMODELLERINGENS MÅL	3
2	UTGÅNGSUPPGIFTER OCH METODER	3
2.1	Buller.....	3
2.1.1	Bullermodellering ISO 9613-2.....	3
2.1.2	Lågfrekvent buller	6
2.2	Skuggmodellering	7
2.3	Gräns- och riktvärden	8
2.3.1	Buller.....	8
2.3.2	Skuggeffekter.....	8
3	BULLER- OCH SKUGGNINGSMODELLERINGARNAS RESULTAT	10
3.1	Beräkningsresultat för buller (ISO 9613-2).....	10
3.2	Lågfrekventa bullernivåer.....	12
3.3	Resultat från skuggmodelleringen.....	13

16.10.2023

Bilagor

Bilaga 1: Resultat från modelleringen av spridningen av buller ISO 9613-2

Bilaga 2: Värden för lågfrekvent buller vid olika byggnader

Bilaga 3: Resultat av skuggmodellering "real case, no forest"

Ölands vindkraftsprojekt, Vörå

1 BULLER- OCH SKUGGMODELLERINGENS MÅL

De buller- och skuggkonsekvenser som det planerade vindkraftsprojektet i Öland i Vörå kommuns område orsakar har bedömts genom att utföra modelleringar av de ljudtrycksnivåer och skuggeffekter som vindkraftverken orsakar. Syftet med modelleringarna är att visa över hur stort område konsekvenserna i fråga sträcker sig och bedöma konsekvenserna för den fasta bebyggelsen och fritidsbebyggelsen i närheten. I Ölands vindkraftsområde planeras sex vindkraftverk med en navhöjd och rotordiameter på 200 meter. Vindkraftverkens totala höjd är således 300 meter.

De buller- och skuggkonsekvenser som orsakas av vindkraftverken har modellerats med WindPro-programmet baserat på kraftverksplatsernas lägen. Buller- och skuggmodelleringarna har gjorts av Henri Korhonen från Finnish Consulting Group Oy. Kvalitetskontrollen har gjorts av Johanna Harju (ing. YH).

2 UTGÅNGSUPPGIFTER OCH METODER

2.1 Buller

2.1.1 Bullermodellering ISO 9613-2

De ljudtrycksnivåer som vindkraftverken orsakar har modellerats med WindPRO-programmets Decibel-modul enligt standarden ISO 9613-2. I enlighet med miljöförvaltningens anvisning för modellering av buller från vindkraftverk användes en vindhastighet på 8 m/s mätt på 10 meters höjd, en lufttemperatur på 15 °C, ett lufttryck på 101,325 kPa, en relativ luftfuktighet på 70 procent och en markhårdhet på 0,4. Beräkningen har gjorts 4,0 meter över markytan (Tabell 3).

Vid bullermodelleringen användes bullerutsläppsvärden för kraftverket Vestas V172-7.2 MW (PO7200-0S-06-2022) (Tabell 1). Från modellen härleddes kraftverket Generic RD 2000 med en rotordiameter på 200 meter, en navhöjd på 200 meter och en total höjd på 300 meter. Den ljudeffektsnivå som tillverkaren uppgett för kraftverket V172-7,2 MW är 110,1 dB(A) och till det har en säkerhetsmarginal på 2 dB(A) lagts till.

Vid bullermodelleringen beaktades förutom de vindkraftverk som planerats i Öland även de vindkraftverk som är i drift i Storbacken (7 st.). Vindkraftverken i Storbacken är V150 (STE)-kraftverk med en navhöjd på 145 meter och en rotordiameter på cirka 150 meter. Som ljudeffektsnivå för kraftverken (LWA) användes 104,9 dB(A). I tabell 2 visas ljudeffektsnivåerna för vindkraftverken i Storbacken.

Beräkningsresultaten från bullermodelleringarna har åskådliggjorts med hjälp av så kallade kartor över medelljudnivåer. På kartorna över medelljudnivåer presenteras kurvor över bullrets medelljudnivå dvs. ekvivalensljudnivå (LAeq) med 5 dB:s mellanrum.

16.10.2023

Tabell 1. Modelleringsprogram och ljudeffektsnivåer för vindkraftverken samt bullrets särdrag för Ölands vindkraftsprojekt med kraftverket Generic RD 200 samt bullrets särdrag.

UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET							
Modelleringsprogram och version: WindPRO version 3.6				Modelleringsmetod: ISO 9613-2			
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKEN							
Vindkraftverkets tillverkare: Generic				Typ: RD 200 HH 200		Serienummer: -	
Nominell effekt: 7,2 MW		Navhöjd: 200 m		Rotorns diameter: 200 m		Torntyp: stål/hybrid	
Möjligheter att påverka vindkraftverkets bullerutsläpp under driften och dess inverkan på bullret							
Reglering av bladvinkeln		Rotationshastighet		Annat, vad: PO7200-0S			
Ja	dB	Ja	dB	Noise mode-reglering: Mode 0, no STE		Ja	
Nej		Nej		Noise mode, utgångsljudnivå		110,1 dB(A) + 2 dB (A)	
AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR KALKYLERINGEN							
Third octave noise emission V172-7.2MW 50/60 Hz Document no 0128-4336_00 En säkerhetsmarginal på 2 dB(A) har lagts till i utgångsbullernivån.							
Oktavvis [Hz], dB(A)		Per 1/3-oktav [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
Mätning och observationer av bullrets särdrag:							
Smalbandighet/Tonalitet		Impulsartat buller		Amplitudmodulation		Annat, vad:	
Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej

16.10.2023

Tabell 2. Ljudeffektsnivåer för vindkraftverken V150-HH145 samt bullrets särdrag för Storbackens vindkraftspark.

UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET							
Modelleringsprogram och version: WindPRO version 3.6				Modelleringsmetod: ISO 9613-2			
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKEN							
Vindkraftverkets tillverkare: Vestas				Typ: V150-4.2 MW (STE)		Serienummer: -	
Nominell effekt: 4,2 MW		Navhöjd: 145 m		Rotorns diameter: 150 m		Torntyp: stål/hybrid	
Möjligheter att påverka vindkraftverkets bullerutsläpp under driften och dess inverkan på bullret							
Reglering av bladvinkeln		Rotationshastighet		Annat, vad: serrated trailing edge			
Ja	dB	Ja	dB	Noise mode-reglering:		Mode PO1	
Nej		Nej		Noise mode, utgångsljudnivå		104,9 dB(A)	
AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR KALKYLERINGEN							
Uppgifterna om bullerutsläpp baserar sig på dokumentet DMS 0067-4767_V03_V150-4.0/4.2 MW- Third Octave noise emission. Den ljudeffektsnivå som tillverkaren meddelat för vindkraftverket baserar sig på verkliga mätresultat och motsvarar det övre konfidensintervallet 95 %.							
Oktavvis [Hz], dB(A)		Per 1/3-oktav [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
Mätning och observationer av bullrets särdrag:							
Smalbandighet/Tonalitet		Impulsartat buller		Amplitudmodulation		Annat, vad:	
Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej

16.10.2023

Tabell 3. Tillämpade modelleringsparametrar vid ISO 9613-2-kalkyler

AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR KALKYLERINGEN			
Beräkningshöjd		Beräkningsrutans storlek [m·m]	
ISO 9613-2: 4,0 m		25x25 m	
Relativ fuktighet		Temperatur	
70 %	Annat, vad och varför:	ISO 9613-2: 15 C°	
Terrängmodellens källa och noggrannhet			
Terrängmodellens källa: LMV terrängdatabas		Horisontell resolution: 1,0	Vertikal resolution: 0,5
Beaktande av mark- och vattenytans absorption och reflektion, använda koefficienter			
ISO 9613-2	0,4 / 0 i vattenområden		Obs
Atmosfärens stabilitet vid beräkningen/meteorologisk korrigering			
Neutral, (0): Neutral		Annat, vad och varför:	
Beaktande av väderförhållanden; vindriktningar och hastighet som använts vid beräkningen			
Vindens riktning: 0-360°		Vindhastighet: 8 m/s uppmätt på 10 meters höjd	
Riktning för kraftverkets ljud och dämpning			
Fri rymd: ja		Annat, vad och varför:	

2.1.2 Lågfrekvent buller

Det lågfrekventa bullret beräknades med metoder enligt Miljöministeriets anvisning 2/2014 och med uppskattningar av de ljudeffektsnivåer för kraftverken som erhållits från kraftverkstillverkaren.

Anvisningen 2/2014 erbjuder en metod för beräkning av lågfrekvent buller utanför byggnader. I social- och hälsoministeriets förordning om boendehälsa fastställs åtgärdsbegränsningar för lågfrekvent buller i bostadsrum. Ljudnivån som sprids till insidan av byggnaderna kalkylerades med hjälp av ljudisoleringsresultat från Åbo yrkeshögskolas Anojanssi-projekt (Keränen, Hakala och Hongisto 2019) och resultaten jämfördes med åtgärdsgränserna.

I Anojanssi-projektet mättes luftljudisoleringen enligt standarden ISO 16283-3:2016. I projektet valdes 13 småhus och 26 fasadkonstruktioner så att de representerade lätta, tunga, nya och gamla fasadkonstruktioner. Utifrån resultaten härleddes en percentil på 84 % som anger det värde som överstreds i 84 % av de finländska småhus där mätningar gjordes.

Tabell 4. Närmevärde för ljudnivåskillnad för fasaden till ett finländskt småhus i enlighet med resultaten från Anojanssi-projektet

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

Vid beräkningen av lågfrekvent buller beaktades effekten av markytans form enligt anvisningen 4/2014. Resultaten har presenterats i form av en tabell enligt frekvens vid bostads- och fritidsbyggnaderna i projektområdets omgivning.

16.10.2023

2.2 Skuggmodellering

Vindkraftverkens skuggeffekter har modellerats med ett kraftverk med en rotordiameter på 200 meter och en navhöjd på 200 meter. Den totala höjden för kraftverken är då 300 meter. I skuggmodelleringen beaktades förutom de vindkraftverk som planerats i Öland även de vindkraftverk (7 st.) som är i drift i Storbacken, som har en navhöjd på 145 meter, en rotordiameter på 150 meter och en total höjd på 220 meter.

Tabell 5. Modelleringsprogram och vindkraftverkens storlek i skuggmodelleringarna för Ölands vindkraftsprojekt.

UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET			
Modelleringsprogram och version: WindPRO versioner 3.6		Modelleringsmetod: ISO 9613-2	
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKET (VINDKRAFTVERKEN)			
Vindkraftverkets tillverkare: Generic		Typ: Generic RD200xHH200	Serienummer: -
Nominell effekt: -	Navhöjd: 200 m	Rotorns diameter: 200 m	Torntyp: stål/hybrid
		Maximalt skuggeffektsavstånd 2 034 m	

Skuggeffekterna modellerades med hjälp av WindPRO-programmets Shadow-modul. Vid beräkningen beaktas skuggor som bildas då solen ligger över 3 grader ovanför horisonten. Som skugga räknas en situation där bladet täcker minst 20 procent av solen.

De genomsnittliga soltimmarna baserar sig på långvariga väderuppgifter som uppmätts vid Seinäjoki väderstation under åren 1991–2020. Som vindriktning och hastighetsfördelning vid beräkningarna användes Nasas MERRA-data (Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications) (1993–2023) från närheten av projektområdet (Lon: 26,88, Lat: 63,50).

Vid beräkningen för skuggningsmodellen beaktades projektområdets höjduppgifter, vindkraftverkens lägen, vindkraftverkens navhöjd och rotordiameter samt projektområdets tidszon. Dessutom påverkas det maximala skuggbildningsavståndet även av rotorbladets form och bredd. Enligt modelleringsprogrammet är detta avstånd cirka 2 034 meter för denna kraftverksmodell. Vid modelleringen beaktades solens läge vid horisonten vid olika klockslag och årstider, molnighet per månad (med andra ord hur mycket solen lyser då den står ovanför horisonten) samt den uppskattade drifttiden för vindkraftverken per år.

Som granskningshöjd för skuggningen på gårdsplanen för bostads- eller fritidsbyggnaderna i närheten användes 1,0 meter. Beräkningsområdets storlek var 5,0 x 5,0 meter. Beräkningsfönstren riktades mot kraftverken i s.k. "greenhouse mode". Modelleringen gjordes för en så kallad verklig situation (Real Case) där den skyddande effekten från träd inte beaktades (Real Case, No Forest).

Resultaten av skuggmodelleringarna har åskådliggjorts med hjälp av kartor. Skuggningseffektens omfattning (1, 8 och 20 timmar i året) framgår av kartan. I modelleringen har också effekterna för känsliga objekt i omgivningen runt området för vindkraftsparken räknats ut separat.

16.10.2023

2.3 Gräns- och riktvärden

2.3.1 Buller

I Statsrådets förordning (1107/2015) fastställs riktvärden för maximalvärdet för medelljudnivåerna dag- och nattetid för vindkraftverk. Om bullret från vindkraftverket innehåller tonala, smalbandiga eller impulsliknande komponenter, bör det enligt förordningen läggas till fem decibel till modelleringsresultaten innan de jämförs med riktvärdet. Eftersom riktvärdet redan omfattar de typiska dragen för buller från vindkraftverk, bör de ovan nämnda typiska dragen för ljud vara ovanligt kraftiga för att fem decibels tillägg i ljudstyrkan skulle behöva beaktas i modelleringsresultaten.

Tabell 6. Riktvärden för buller från vindkraftverk enligt Statsrådets förordning 27.8.2015)

Konsekvensobjekt	Dagtid (7–22)	Nattetid (22–7)
Fast bebyggelse	45 dB	40 dB
Fritidsbebyggelse	45 dB	40 dB
Vårdanstalter	45 dB	40 dB
Läroanstalter	45 dB	—
Rekreationsområden	45 dB	—
Campingområden	45 dB	40 dB
Nationalparker	40 dB	40 dB

I social- och hälsoministeriets förordning (545/2015) fastställs åtgärdsgränser för lågfrekvent buller. Åtgärdsgränserna berör bostadsrum och de har fastställts som icke-frekvensvägda medelljudnivåer under en timme tersvis. Åtgärdsgränserna berör buller nattetid och under dagen tillåts 5 dB högre värden.

Tabell 7. Åtgärdsgränser för medelljudnivån under en timme för lågfrekvent inomhusbuller i sovutrymmen

Tersband Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Medelljudnivå LZeq,1h, dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32
Medelljudnivå beräknat utifrån föregående med A-vägning LAeq,1h, dB	24	19	17	14	14	16	18	19	20	21	21

Dessutom får buller under natten som eventuellt orsakar sömnstörningar och som tydligt skiljer sig från bakgrundsbuller inte överskrida 25 dB som medelljudnivå under en timme LAeq, 1 h uppmätt i sovutrymmen.

2.3.2 Skuggeffekter

I Finland finns inga allmänna myndighetsbestämmelser om den maximala varaktigheten för skuggning som orsakas av vindkraftverk eller bedömningsgrunder för skuggbildning. I miljöministeriets anvisningar för planering av vindkraftbyggande föreslås att man använder andra länders rekommendationer om begränsning av blänkeffekter (Miljöministeriet 2016).

I flera länder har det utfärdats riktvärden eller getts rekommendationer för den godkända mängden av skuggeffekter. I till exempel Danmark tillämpas vanligtvis högst tio timmar per år som gränsvärde

16.10.2023

i en verklig situation. I Sverige är motsvarande rekommendation åtta timmar per år och 30 minuter per dag. Gränsvärden eller rekommendationer för blänkeffekter har inte fastslagits i Finland.

Vid bedömningen granskades konsekvenserna i ett område där skuggor eller ljuseffekter i en verklig situation enligt modelleringen ("Real Case") förekommer under över en timme per år.

16.10.2023

3 BULLER- OCH SKUGGMODELLERINGARNAS RESULTAT

3.1 Beräkningsresultat för buller (ISO 9613-2)

Enligt bullermodelleringen för Ölandsprojektet överskrider inte en bullernivå på 40 dB(A) vid de närmaste bostads- och fritidsbyggnaderna (Bild 1, Tabell 8). Det buller som orsakas av Storbackens vindkraftspark har beaktats i modelleringen. Se noggrannare beräkningsresultat i bilaga 1.

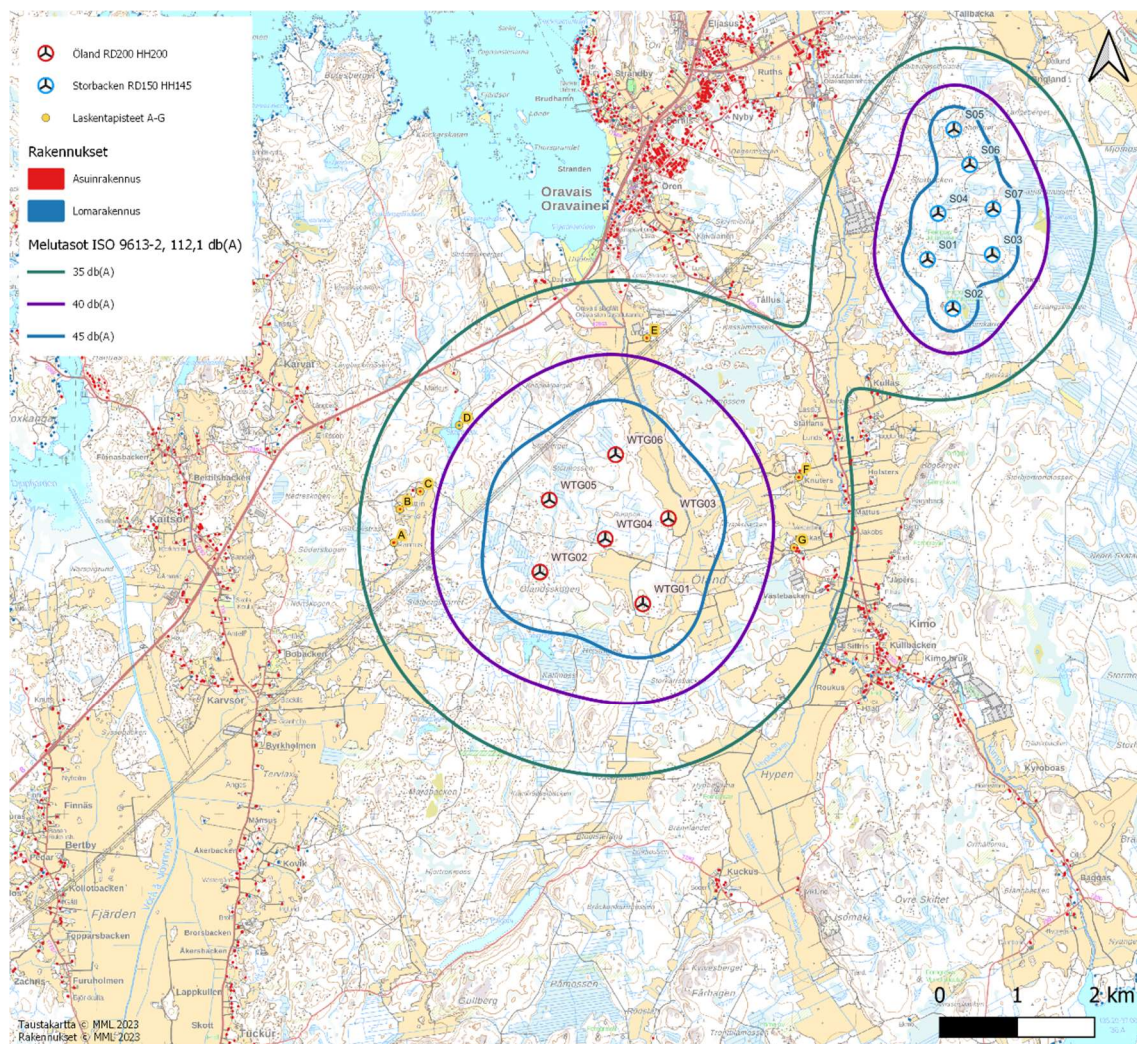


Bild 1. De kalkylerade bullernivåer som orsakas av vindkraftsproduktionen i närheten av Ölands vindkraftspark enligt standarden ISO 9613-2, när Storbackens vindkraftspark beaktas vid modelleringen.

16.10.2023

Tabell 8. De kalkylerade bullernivåer som orsakas av vindkraftsproduktionen i omgivningen av Ölands projektområde enligt standarden ISO 9613-2.

Beräkningspunkt	ETRS89- TM35 Öst	ETRS89- TM35 Norr	Z (m)	Kalkyle- ringshöjd (m)	Bullernivå dB(A)
Bostadsbyggnad A	265 256	7 022 510	12,3	4	37,1
Bostadsbyggnad B	265 334	7 022 941	10	4	37,4
Fritidsbyggnad C	265 598	7 023 171	12,5	4	38,6
Fritidsbyggnad D	266 101	7 024 025	10	4	39,2
Fritidsbyggnad E	268 525	7 025 153	7,7	4	38,4
Fritidsbyggnad F	270 490	7 023 355	20	4	37,7
Fritidsbyggnad G	270 429	7 022 446	20	4	38,4

16.10.2023

3.2 Lågfrekventa bullernivåer

De kalkylerade resultaten för buller inomhus har jämförts med åtgärdsgränser som fastställts i Social- och hälsovårdsministeriets förordning om boendehälsa (545/2015). Dessa är maximala värden som fastställts för buller nattetid i sovutrymmen.

Det lågfrekventa buller som orsakas av Ölands vindkraftsprojekt överskrider inte Social- och hälsovårdsministeriets riktvärde för boendehälsa inomhus vid beräkningspunkterna. I tabellerna framkommer i vilken mån åtgärdsgränsen har underskridits (negativt värde) eller överskridits (positivt värde). Det lågfrekventa buller som orsakas av Storbackens vindkraftsområde har beaktats i modelleringen.

Mer detaljerade beräkningsresultat för lågfrekvent buller vid olika byggnader presenteras i bilaga 2.

Tabell 9. Modelleringsresultat för lågfrekvent buller vid känsliga objekt jämfört med social- och hälsovårdsministeriets åtgärdsgräns

Beräkningspunkt	Ljudnivå utomhus		Ljudnivå inomhus	
	L _{eq,1h} – Anvisningar om boendehälsa inomhus	Hz	L _{eq,1h} – Anvisningar om boendehälsa inomhus	Hz
A - Fritidsbyggnad	5,0	100	-9,1	50
B - Bostadsbyggnad	5,2	100	-8,9	50
C - Bostadsbyggnad	6,1	100	-8,1	50
D - Bostadsbyggnad	6,5	100	-7,6	50
E - Bostadsbyggnad	6,0	100	-8,0	50
F - Bostadsbyggnad	5,6	100	-8,3	50
G - Bostadsbyggnad	6,0	100	-8,0	50

16.10.2023

3.3 Resultat från skuggmodelleringen

Enligt skuggmodelleringen finns det inga bostads- eller fritidsbyggnader i det skuggningsområde där det förekommer skuggning under fler än 8 timmar per år närheten av Ölands projektområde (Bild 2, Tabell 10). De skugg effekter som orsakas av Storbackens vindkraftspark har beaktats i modelleringen.

Noggrannare resultat för skuggmodelleringen presenteras i bilaga 3.

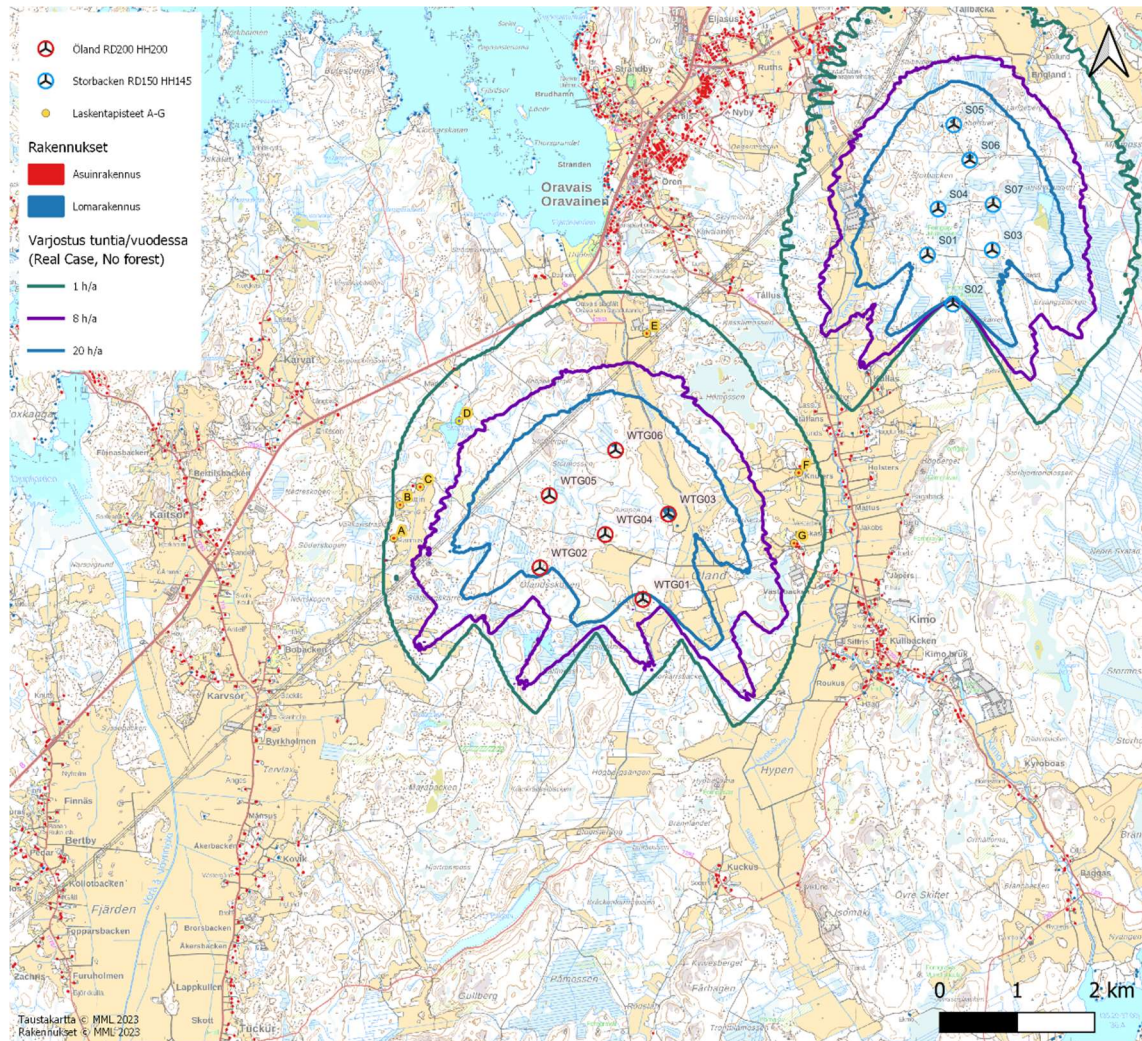


Bild 2. Kalkylerade resultat av skuggmodelleringen

16.10.2023

Tabell 10. Skuggmodelleringens resultat när den skyddande effekten från träd inte beaktas "real case, no forest"

Byggnad	ETRS89-TM35 Öst	ETRS89-TM35 Norr	Z (m)	Beräknings- fönster (m)	Skuggef- fekter (h/a)
Bostadsbyggnad A	265 256	7 022 510	12,3	5,0 x 5,0	2:00
Bostadsbyggnad B	265 334	7 022 941	10	5,0 x 5,0	4:15
Fritidsbyggnad C	265 598	7 023 171	12,5	5,0 x 5,0	5:04
Fritidsbyggnad D	266 101	7 024 025	10	5,0 x 5,0	3:00
Fritidsbyggnad E	268 525	7 025 153	7,7	5,0 x 5,0	3:25
Fritidsbyggnad F	270 490	7 023 355	20	5,0 x 5,0	2:14
Fritidsbyggnad G	270 429	7 022 446	20	5,0 x 5,0	3:29

FCG Finnish Consulting Group Oy

Henri Korhonen, SVM

Utarbetad av

Johanna Harju, ing. YH

Granskad av

16.10.2023

Bilaga 1

Bilaga 1: Resultat från modelleringen av spridningen av buller ISO 9613-2

16.10.2023

Bilaga 2: Värden för lågfrekvent buller vid olika byggnader

16.10.2023

Bilaga 3: Resultat av skuggmodellering "real case"