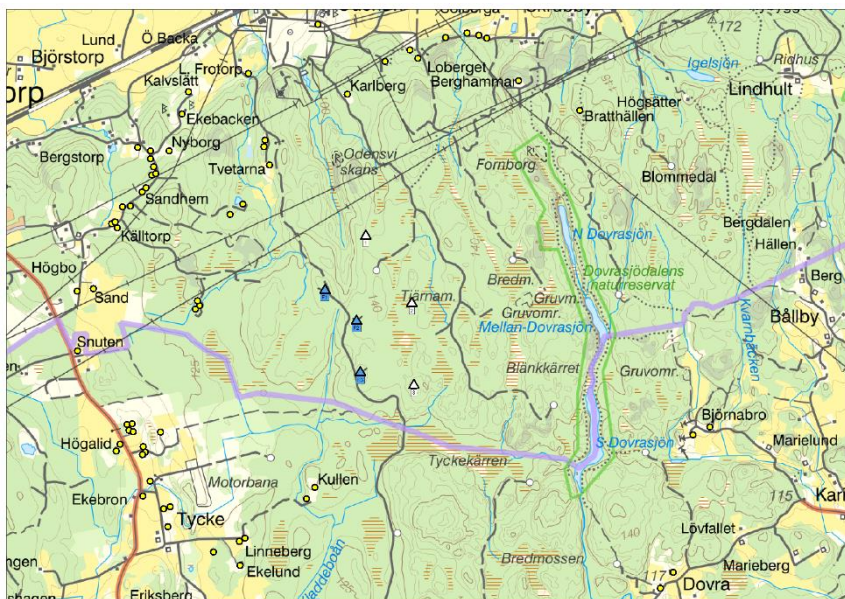


Ljudimmissionsberäkning av ljud från vindkraft

Vindpark Odensvi - 3 vindkraftverk med totalhöjd 270 m



Kundinformation

Projekt: Vindpark Odensvi
Kund: Stena Renewable AB
Kundreferens: Hanna Rydhed

Projektinformation

Dokument-ID: 10-20209-A01
Projekt nr: 10-20209
Datum: 2021-03-16

Bolagsinformation

Namn: Akustikkonsulten i Sverige AB
Adress: Ringvägen 45B, 11863 Stockholm
Telefon: +46(0)8-29 89 00
E-post: info@akustikkonsulten.se

Sammanfattning av utförda beräkningar

Stena Renewable AB (Stena) kommer ansöka om tillstånd enligt miljöbalken för en vindpark, vindpark Odensvi, i Hallsbergs kommun. I samband med tillståndsansökan ska beräkningar av ljud utföras, A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5 -200 Hz. I denna beräkningsrapport redovisas resultat inklusive kumulativt ljudbidrag från en närliggande befintlig vindpark, vindpark Frotorp, med 3 vindkraftverk.

Beräkning av A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus utförs för vindpark Odensvi, 3 vindkraftverk av verkstyp Vestas V162-5.6 MW med navhöjd 189 m och totalhöjd 270 m, med den nordiska beräkningsmetoden Nord2000 i enlighet med praxis. Praxis innebär att beräkningarna utförts för medvind 8 m/s på 10 m höjd. Naturvårdsverket rekommenderar i sin vägledning, *Vägledning om buller från vindkraftverk* (2020-12-01), beräkningsmetoden Nord2000 för beräkning av ljud från vindkraftverk. Därutöver beräknas lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz, baserat på beräknad ljudnivå i samma frekvensband utomhus och en antagen konservativ fasaddämpning. Kumulativt ljudbidrag från vindpark Frotorp, 3 vindkraftverk av verkstyp Vestas V90 2.0 MW med navhöjd 105 m och totalhöjd 150 m, ingår i beräkningarna. Underlag och förutsättningar för vindpark Frotorp har erhållits av Stena. Lågfrekvent ljud inomhus beräknas endast med kumulativt ljudbidrag från vindpark Frotorp, lågfrekvent ljud från endast vindpark Odensvi är lägre än detta resultat.

Beräkningarna redovisas som A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz i 64 ljudkänsliga punkter. Därutöver redovisas ljudkartor med A-vägd ekvivalent ljudnivå med ISO-linjer i steg om 5 dB. Enligt Naturvårdsverkets vägledning ska ingen hänsyn tas till osäkerheter vid redovisning av ekvivalenta ljudnivåer, *"Enligt praxis ska osäkerheten inte läggas på resultatet som en marginal vid jämförelse med begränsningsvärden i bullervillkor. Inte heller ska bullervillkor genomgående skärpas för att ta hänsyn till osäkerheten."*

Resultatet vid bostadhus jämförs mot riktvärdet enligt praxis för A-vägd ekvivalent ljudnivå, 40 dBA. För lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz görs jämförelsen mot riktvärdena i *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13*. Folkhälsomyndighetens riktvärden redovisas i detalj på sida 4. Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus utgår från Akustikkonsultens metod beskriven på sida 5. Resultatet kan sammanfattas enligt nedan:

Jämförelse mot riktvärde - Ekvivalent ljudnivå

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus, 40 dBA, **inhålls** i samtliga ljudkänsliga punkter för vindpark Odensvi, både enskilt samt kumulativt med ljudbidrag från vindpark Frotorp. Det finns ytterligare reglerinställningar med en lägre ljudeffektnivå ner till 98,0 dBA för vindkraftverken i vindpark Odensvi, vilket gör att vindkraftverken har ytterligare möjlighet till ljudreglering med 4,0-6,0 dBA. Det är genom beräkningarna visat att det finns faktiska och tekniska möjligheter att innehålla riktvärdet på ekvivalent ljudnivå med givna förutsättningar.

Jämförelse mot riktvärden - Lågfrekvent ljud

Riktvärdena inomhus i 1/3-oktavband mellan 31,5-200 Hz, motsvarande Folkhälsomyndighetens riktvärden i FoHMFS 2014:13, **inhålls** för alla frekvenser i alla ljudkänsliga punkter, både enskilt samt kumulativt med ljudbidrag från vindpark Frotorp.

Innehållsförteckning

Sida	Innehåll
4	Riktvärden lågfrekvent ljud
5	Metod lågfrekvent ljud
6	Beräkningsförutsättningar
7	Ljuddata
8-9	Verksdata
10-12	Resultat - Ljudkartor
13-16	Resultat - Ekvivalent ljudnivå
17-26	Resultat - Lågfrekvent ljud

Riktvärden lågfrekvent ljud

För riktvärden och bedömning av lågfrekvent ljud hänvisar Naturvårdsverket i sin vägledning till *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13*. Riktvärdena redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Riktvärden för lågfrekvent ljud enligt FoHMFS 2014:13.

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
31,5	56
40	49
50	43
63	42
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

I Naturvårdsverkets vägledning anges även:

"Målsättningen inför en vindkraftsetablering bör vara att Folkhälsomyndighetens riktvärden för buller inomhus alltid ska klaras. Om det i efterhand visar sig att riktvärdena överskrids i någon bostad bör man utreda om det är möjligt att åtgärda bullret från vindkraftverket. Om det inte är möjligt eller rimligt att göra sådana åtgärder kan verksamhetsutövaren i stället utföra ljudisolerande åtgärder på den berörda bostaden.

Mark- och miljööverdomstolen har bedömt att ett åtgärdsinriktat villkor utifrån de riktvärden som anges i Folkhälsomyndighetens allmänna råd är den lämpligaste regleringen för att säkerställa att bostäder inte utsätts för oacceptabla nivåer inomhus (se MÖD 2016:4, MÖD 2016:31 och Mark- och miljööverdomstolens avgöranden den 14 december 2016 i mål nr M 4596-15 och M 1344-16)."

Enligt Naturvårdsverket bör således villkor på lågfrekvent ljud konstrueras som ett åtgärdsinriktat villkor, i likhet med de hänvisade domarna.

Metodbeskrivning - Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus

Det finns ingen av Naturvårdsverket anvisad metod för beräkning av lågfrekvent ljud inomhus för jämförelse mot Folkhälsomyndighetens riktvärden. Den metod som används i aktuella beräkningar är baserad på Akustikkonsultens erfarenhet, från ett stort antal liknande utredningar, och bedöms ge ett bra underlag för bedömning mot aktuella riktvärden. Metoden redovisas enligt nedan.

Utredningen baseras på beräkning av ljudnivåer utomhus i 1/3-oktavband, mellan 31,5-200 Hz, med den nordiska beräkningsmetoden Nord2000. Därefter beräknas ljudnivåer inomhus i 1/3-oktavband utifrån en antagen konservativ fasaddämpning, för jämförelse mot riktvärdena enligt Tabell 1.

Den fasaddämpning som antas, se Tabell 2, är från en artikel om ljudisolering i bostäder vid låga frekvenser av Hoffmeyer och Jakobsen, *Sound insulation of dwellings at low frequencies, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol 29, no 1, pp 15-23. 2010*. Enligt studien har 80 - 90 % av typiska danska bostäder bättre fasaddämpning. Noterbart är också att fasaddämpningen är uppmätt på hus i Danmark och normalt har bostadshus i Sverige fasader med bättre isolering som dämpar ljudet bättre. Det kan dock också finnas hus med sämre fasaddämpning. Akustikkonsultens bedömning är att dessa värden på fasaddämpningen utgör en rimlig skattning för svenska förhållanden, så länge inga andra rekommendationer finns att tillgå från Naturvårdsverket.

Beräkningsgång för beräkning av lågfrekvent ljud inomhus kan sammanfattas i punktform enligt punkt A-D:

A. Beräkning av ljudnivå mellan 31,5-200 Hz utomhus med Nord2000

B. Antagande av fasaddämpning enligt Tabell 2

C. Beräkning av ljudnivå inomhus mellan 31,5-200 Hz, Punkt A – Punkt B

D. De beräknade ljudnivåerna inomhus i punkt C jämförs mot riktvärden i Tabell 1

Tabell 2. Antagen fasaddämpning enligt Hoffmeyer och Jakobsen.

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
31,5	6,7
40	7,6
50	10,3
63	14,2
80	17,5
100	18,4
125	17,5
160	18,6
200	22,4

Vindpark	Vindparksägare	Verkstyp	Antal vindkraftverk	Totalhöjd [m]	Ljudeffektnivå [dBA]
Odensvi	Stena	Vestas V162-5.6 MW	3	270	104,0/102,0
Frotorp	-	Vestas V90 2.0 MW	3	150	104,0

Beräkningsparametrar i programvara	
Beräkningsprogram	SoundPLAN 8.2
Beräkningsstandard	Nord2000
Sökradie	30 000 m
Beräkningshöjd	1,5 m
Lufttryck	1013,25 mbar
Relativ luftfuktighet	70 %
Temperatur	15 °C
Temperaturgradient	0,05 °C/m
Råhetslängd enligt NV Rapport 6241	0,3 m
Höjd anemometer	10 m
Vindhastighet	8 m/s
Standardavvikelse vindhastighet	0,5 m/s
Vindriktning	Medvind åt alla håll
Turbulenta vindhastighetsfluktuationer	0,12 m4/3/s2
Turbulenta temperaturfluktuationer	0,008 K/s2
Effektiv flödesresistans mark	Klass D
Effektiv flödesresistans vatten	Klass H
Koordinatsystem	Sweref99 TM
Höjddata	Höjdlinjer 2,5 m ekvidistans

Information om beräkningsparametrar

Eftersom vädret under ett normalår är högst varierande i Sverige väljs värden på vädret enligt praxis, vilket även motsvarar värden enligt ISA-Standarden (International Standard Atmosphere) för lufttryck och temperatur. Lufttrycket ska då vara 1013,25 mbar och temperaturen 15°C. Luftfuktigheten 70% och temperaturen 15°C rekommenderas även i de nya finska riktlinjerna för beräkning av ljud från vindkraft med Nord2000 liksom i de danska industribullerföreskrifterna. I beräkningsmetoden för externt industribuller, rapport DAL-32, som brukar användas i Sverige för industribullerberäkningar rekommenderas luftfuktigheten 70% och temperaturen 15°C för planeringsändamål.

Noterbart är också att beräkningarna är utförda för positiv temperaturgradient vilket motsvarar svag inversion. Värdet 0,05 °C/m är det högsta värdet som är godkänt enligt mätmetoden för ljudimmission av vindkraft enligt den av Naturvårdsverket rekommenderade mätmetoden Elforsk 98:24. Ljudnivån vid positiv temperaturgradient blir i regel högre än vid negativ temperaturgradient. I Naturvårdsverkets vägledning förtydligas vilka förhållanden som ska gälla för ljud från vindkraftverk enligt Elforsk 98:24, "*De meteorologiska förhållandena som anges i standarden avseende vind- och temperaturprofil bör dock alltid följas vilket innebär exempelvis att kvällar med mycket kraftig inversion ska undvikas.*", samt vid jämförelse mot riktvärden, "*Det kan dock uppstå för platsen ovanliga väderförhållanden då ljudnivån blir högre än vad standardförhållanden ger upphov till, exempelvis vid kraftig inversion. Högre ljudnivåer som uppstår vid enstaka tillfällen bör inte ses som överskridanden av villkor.*".

Markens "hårdhet" eller impedans anges i Nord2000 som effektiv flödesresistans. Det finns totalt 8 klasser, A-H, där A är väldigt mjuk mark och H är väldigt hård mark. Klass D klassas som normal mark. I aktuella beräkningar används klass D för normal mark och klass H för vattenytor.

Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffektnivå, L_{WA} [dBA]
Vestas V162-5.6 MW	Mode 0 STE*	104,0
	SO2 STE*	102,0

Referens ljuddata: Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband har tagits från leverantörens dokument 0079-5298_01 daterat 2019-01-23. Då dokumentet är sekretessbelagt av Vestas Wind Systems A/S kan frekvensdata ej redovisas. Redovisad ljudeffektnivå motsvarar den högsta angivna ljudeffektnivån för samtliga vindhastigheter för använda reglerinställningar "Mode 0" och "SO2". Det finns ytterligare reglerinställningar med en lägre ljudeffektnivå ner till 98,0 dBA, vilket gör att vindkraftverken har ytterligare möjlighet till ljudreglering med 4,0-6,0 dBA. .

*STE-Blades with serrated trailing edges

Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffektnivå, L_{WA} [dBA]
Vestas V90 2.0 MW	Mode 0	104,0

Referens ljuddata: Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband har tagits från data erhållen av leverantören per e-post. Då data är sekretessbelagt av Vestas Wind Systems A/S kan frekvensdata ej redovisas. Redovisad ljudeffektnivå motsvarar den högsta angivna ljudeffektnivån för samtliga vindhastigheter och reglerinställning "Mode 0".

Information om ljuddata

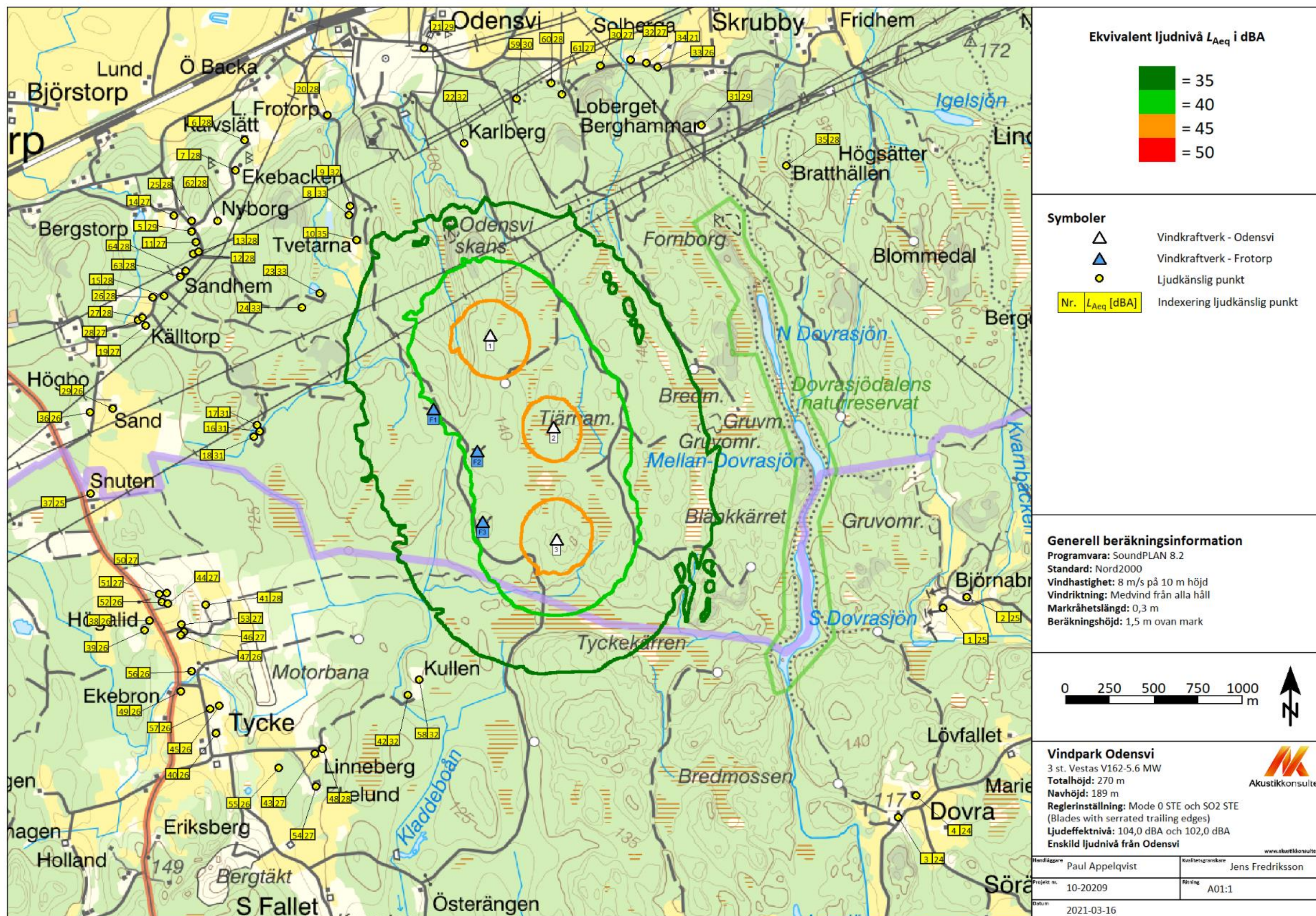
Beräkningarna gäller utifrån de använda ljuddata, ljudeffekt samt frekvensspektrum. Ljuddata garanteras inte av Akustikkonsulten i Sverige AB.

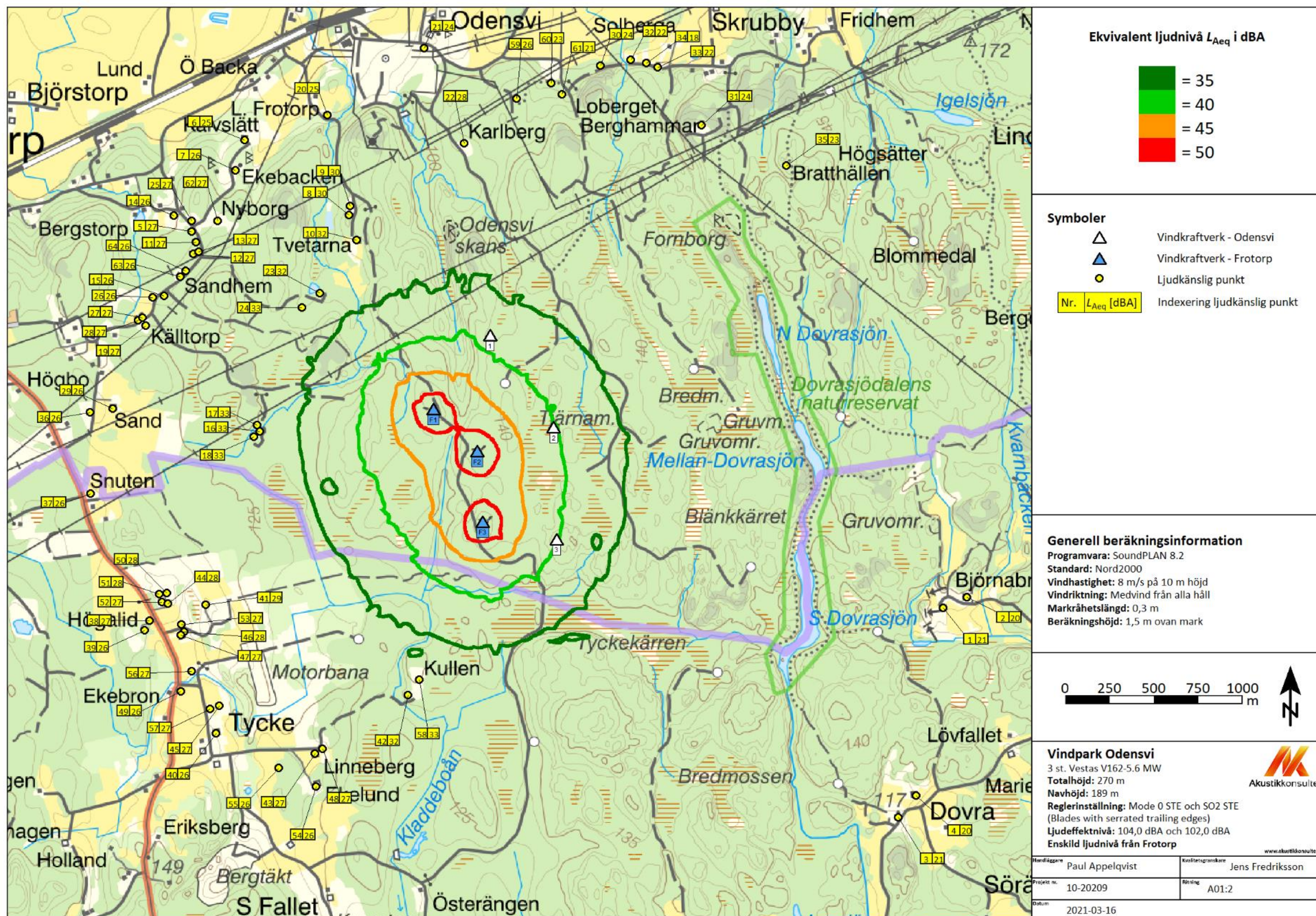
Vindpark Odensvi								
Vindkraftverk	Verkstyp	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
1	Vestas V162-5.6 MW	495869	6541988	Mode 0 STE	104,0	189	322	133
2	Vestas V162-5.6 MW	496228	6541460	SO2 STE	102,0	189	328	139
3	Vestas V162-5.6 MW	496244	6540819	Mode 0 STE	104,0	189	339	150

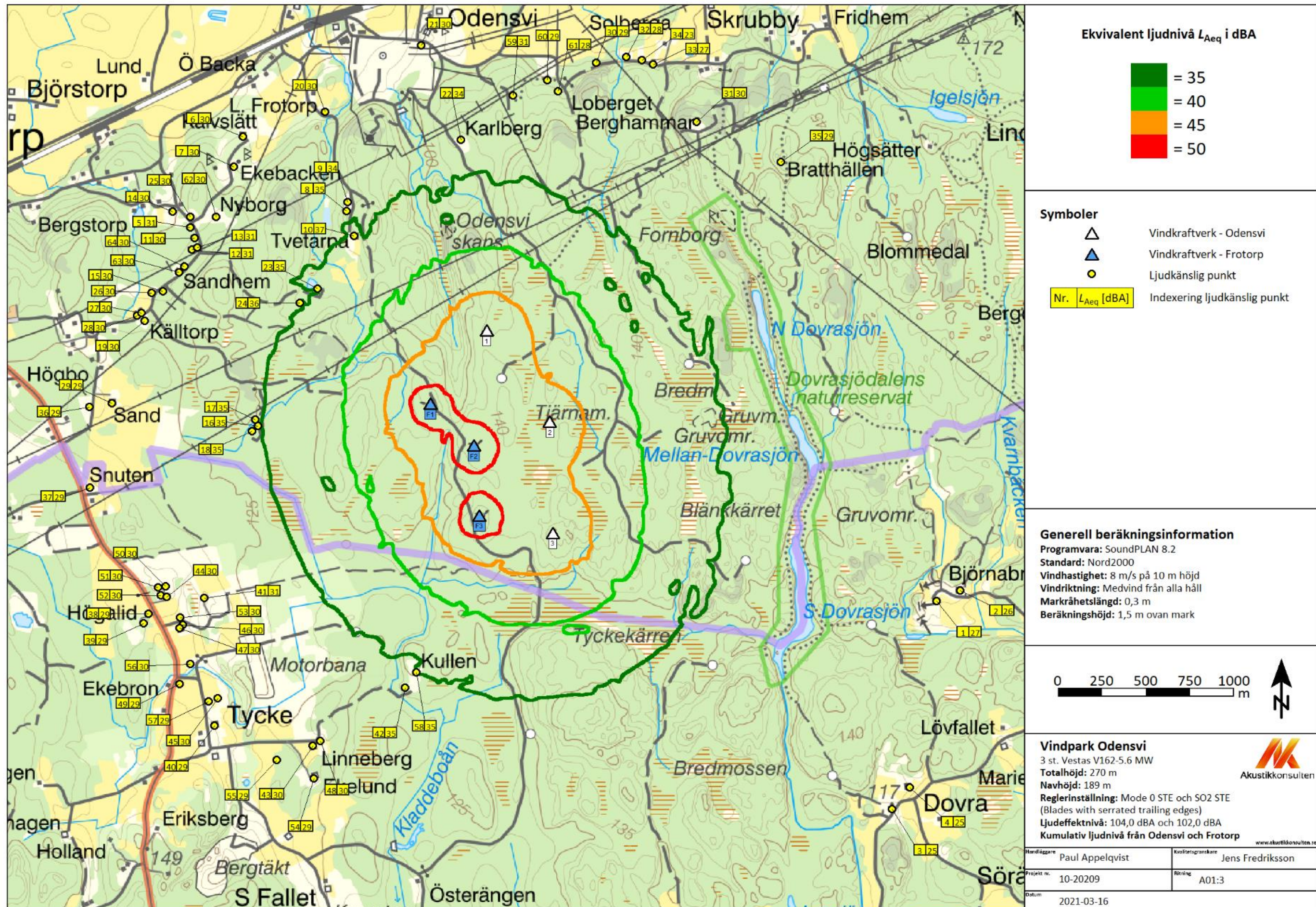
Vindpark Frotorp								
Vindkraftverk	Verkstyp	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
F1	Vestas V90 2.0 MW	495549	6541564	Mode 0	104,0	105	244	139
F2	Vestas V90 2.0 MW	495796	6541323	Mode 0	104,0	105	243	138
F3	Vestas V90 2.0 MW	495827	6540919	Mode 0	104,0	105	248	143

Information om verksdata

Verksdata för vindpark Frotorp har erhållits av Stena.







Ljudkänslig punkt	Fastighet	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Marknivå [möh]	Enskilt bidrag [dBA]		Kumulativt [dBA]	Innehålls 40 dBA
					Odensvi	Frotorp	Odensvi + Frotorp	JA/NEJ
1	BJÖRNABRO 1:2	498425	6540434	122	25	21	27	JA
2	BJÖRNABRO 1:3	498558	6540496	125	25	20	26	JA
3	DOVRA 1:5	498171	6539233	118	24	21	25	JA
4	DOVRA 1:7	498273	6539358	115	24	20	25	JA
5	GATAN 1:4	494189	6542593	103	29	27	31	JA
6	KALVSLÄTT 1:4	494486	6543116	90	28	25	30	JA
7	KALVSLÄTT 1:5	494435	6542943	93	28	26	30	JA
8	KALVSLÄTT 1:6	495074	6542687	112	33	30	35	JA
9	KALVSLÄTT 1:7	495082	6542738	110	32	30	34	JA
10	KALVSLÄTT 1:9	495118	6542545	114	35	32	37	JA
11	MARKATORP 4:6	494212	6542531	104	27	27	30	JA
12	MARKATORP 4:7	494198	6542464	105	28	27	31	JA
13	MARKATORP 4:7	494227	6542477	106	28	27	31	JA
14	MARKATORP 4:9	494087	6542682	98	27	26	30	JA
15	MARKATORP 4:10	494033	6542223	110	28	26	30	JA
16	MARKATORP 4:11	494572	6541445	123	31	33	35	JA
17	MARKATORP 4:12	494556	6541481	126	31	33	35	JA
18	MARKATORP 4:13	494540	6541416	125	31	33	35	JA
19	MARKATORP 8:1	493929	6542053	114	27	27	30	JA
20	ODENSVI 2:7	494954	6543259	84	28	25	30	JA
21	ODENSVI 10:1	495497	6543644	95	29	24	30	JA
22	ODENSVI 12:1	495725	6543098	113	32	28	34	JA
23	SALSBRO 1:1	494910	6542238	108	33	32	35	JA
24	SALSBRO 1:1	494810	6542157	115	33	33	36	JA
25	SALSBRO 2:6	494189	6542653	103	28	27	30	JA
26	SALSBRO 4:5	493969	6542215	110	28	26	30	JA
27	SALSBRO 4:15	493912	6542098	113	28	27	30	JA
28	SALSBRO 4:17	493886	6542084	113	27	27	30	JA
29	SAND 1:1	493742	6541577	130	26	26	29	JA

Ljudkänslig punkt	Fastighet	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Marknivå [möh]	Enskilt bidrag [dBA]		Kumulativt [dBA]	Innehålls 40 dBA
					Odensvi	Frotorp	Odensvi + Frotorp	JA/NEJ
30	SKRUBBY 1:3	496493	6543542	97	27	24	29	JA
31	SKRUBBY 1:3	497064	6543202	148	29	24	30	JA
32	SKRUBBY 1:9	496662	6543576	97	27	22	28	JA
33	SKRUBBY 1:17	496814	6543535	103	26	22	27	JA
34	SKRUBBY 1:21	496753	6543558	100	21	18	23	JA
35	SKRUBBY 2:17	497541	6542971	159	28	23	29	JA
36	SKÄVI 3:23	493616	6541556	133	26	26	29	JA
37	TYCKE 1:18	493618	6541090	143	25	26	29	JA
38	TYCKE 1:26	493950	6540360	138	26	27	29	JA
39	TYCKE 1:27	493922	6540306	138	26	26	29	JA
40	TYCKE 1:29	494323	6539714	135	26	26	29	JA
41	TYCKE 3:7	494268	6540454	136	28	29	31	JA
42	TYCKE 3:14	495407	6539934	123	32	32	35	JA
43	TYCKE 3:15	494884	6539600	130	27	27	30	JA
44	TYCKE 3:16	494053	6540457	140	27	28	30	JA
45	TYCKE 3:18	494343	6539872	135	26	27	30	JA
46	TYCKE 3:19	494146	6540298	133	27	28	30	JA
47	TYCKE 3:19	494127	6540279	133	26	27	30	JA
48	TYCKE 3:20	494925	6539626	131	28	27	30	JA
49	TYCKE 3:21	494128	6539956	133	26	26	29	JA
50	TYCKE 3:22	494046	6540521	140	27	28	30	JA
51	TYCKE 3:23	494005	6540514	140	27	28	30	JA
52	TYCKE 3:24	494021	6540468	140	26	27	30	JA
53	TYCKE 3:25	494131	6540341	134	27	27	30	JA
54	TYCKE 4:2	494888	6539412	133	27	26	29	JA
55	TYCKE 4:19	494679	6539518	135	26	26	29	JA
56	TYCKE 6:2	494187	6540071	133	26	27	30	JA
57	TYCKE 6:3	494292	6539856	135	26	27	29	JA
58	TYCKE 10:1	495472	6540022	125	32	33	35	JA

Ljudkänslig punkt	Fastighet	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Marknivå [möh]	Enskilt bidrag [dBA]		Kumulativt [dBA]	Innehålls 40 dBA
					Odensvi	Frotorp	Odensvi + Frotorp	JA/NEJ
59	YBBY 1:1	496019	6543353	120	30	26	31	JA
60	YBBY 1:1	496215	6543443	99	28	23	29	JA
61	YBBY 2:4	496277	6543379	104	27	21	28	JA
62	ÖSTRA BACKA 1:2	494334	6542653	104	28	27	30	JA
63	ÖSTRA BACKA 1:6	494124	6542333	108	28	26	30	JA
64	ÖSTRA BACKA 1:14	494153	6542365	108	28	26	30	JA

Information om resultat

Resultatet är redovisat för 1,5 m höjd över mark.

Se ljudkartorna för indexering av ljudkänsliga punkter.

Det är punktberäkningen enligt ovan som ger det exakta resultatet. Om resultatet i ljudkartan samt punktberäkningen skiljer åt är det punktberäkningen som ska användas.

Beräkning av ekvivalent ljudnivå har utförts enligt följande:

1. Ljudbidrag från vindpark Odensvi (kolumn **Odensvi**) och vindpark Frotorp (kolumn **Frotorp**) redovisas enskilt under rubrik **Enskilt bidrag**.
2. Den kumulativa ljudnivån med ljudbidrag från både vindpark Odensvi och vindpark Frotorp redovisas under rubrik **Kumulativt** och kolumn **Odensvi + Frotorp**.

Avrundning har utförts i enlighet Naturvårdsverkets vägledning där det anges att avrundning ska göras enligt nedan:

"Beräknade ljudnivåer ska aldrig redovisas med decimaler då beräkningarna inte har en sådan noggrannhet. Värdena bör istället avrundas till närmaste heltal så att exempelvis 38,49 dBA avrundas nedåt till 38 dBA och 38,50 dBA avrundas uppåt till 39 dBA."

Riktvärdet 40 dBA **innehålls** i samtliga ljudkänsliga punkter både för vindpark Odensvi enskilt och kumulativt med ljudbidrag från vindpark Frotorp.

1) **Punkt A:** Beräknade ljudnivåer utomhus mellan 31,5-200 Hz. Beräkningarna har utförts med den nordiska beräkningsmodellen Nord2000 enligt praxis, vilket innebär att det blåser medvind 8 m/s på 10 m höjd. Beräkningarna är utförda med kumulativt ljudbidrag från vindpark Odensvi och vindpark Frotoorp.

	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] ¹⁾								
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	39	38	36	34	33	32	31	29	26
2	38	38	37	36	35	32	31	25	25
3	38	38	36	35	35	30	24	25	26
4	37	37	34	34	33	31	29	28	26
5	37	39	40	39	37	34	35	33	29
6	42	42	40	38	38	35	31	27	28
7	42	42	40	38	38	35	32	31	28
8	45	45	43	42	41	39	36	34	30
9	44	44	42	41	40	37	36	34	30
10	47	46	45	43	43	41	38	33	31
11	39	39	37	33	35	36	35	33	30
12	39	39	37	34	33	35	34	35	31
13	41	40	38	37	36	33	33	35	31
14	41	40	38	38	37	34	33	31	29
15	39	40	39	36	37	34	32	33	29
16	45	45	43	42	42	39	37	35	29
17	46	45	43	42	42	37	33	30	31
18	45	46	43	42	42	39	36	33	30
19	41	41	39	37	36	34	32	31	28
20	39	38	35	34	35	34	33	33	29
21	42	41	40	38	37	35	33	30	27
22	45	44	42	41	41	38	34	29	30
23	45	45	43	41	41	38	37	36	31
24	46	46	44	43	42	40	37	33	29
25	41	41	39	38	38	34	34	32	29

Resultat - Lågfrekvent ljud

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] ¹⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
26	41	41	39	37	37	34	32	32	27
27	41	41	39	38	37	35	33	31	28
28	41	41	39	37	37	35	33	31	28
29	40	40	38	37	37	34	32	29	28
30	38	37	35	33	33	31	31	32	30
31	41	41	39	38	37	35	32	31	27
32	40	39	37	36	35	33	31	29	26
33	37	36	34	33	33	31	30	30	27
34	37	37	34	33	32	28	27	26	22
35	41	41	39	38	37	33	29	26	28
36	40	40	38	37	37	34	31	29	28
37	40	40	38	37	37	34	31	31	27
38	40	40	37	35	35	34	33	32	28
39	40	40	38	37	37	34	31	30	27
40	41	41	39	38	37	33	28	27	27
41	42	43	40	39	39	35	32	28	28
42	45	45	43	41	41	38	36	35	30
43	41	41	38	37	38	35	34	31	27
44	41	41	39	38	37	35	33	32	27
45	41	41	39	38	38	34	32	28	28
46	41	42	39	38	38	34	33	29	27
47	41	41	39	38	37	35	33	31	28
48	42	42	40	38	38	35	33	32	29
49	40	40	38	37	37	33	32	30	28
50	41	41	39	38	37	35	33	33	27
51	41	41	39	37	37	35	32	33	27
52	41	41	39	37	37	35	32	32	27
53	42	41	39	37	37	35	33	31	27
54	41	41	39	37	37	33	31	30	28

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] ¹⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
55	41	41	39	38	37	34	30	26	27
56	41	41	39	37	37	34	33	28	28
57	41	41	39	37	37	34	31	29	27
58	45	45	43	42	42	39	36	35	31
59	43	42	41	39	39	36	33	29	28
60	39	38	35	34	33	32	32	31	28
61	39	38	36	34	33	31	30	30	27
62	41	40	38	37	35	34	34	33	30
63	39	37	34	32	34	34	34	34	30
64	39	38	35	32	33	34	34	34	30

2) **Punkt B:** Fasaddämpning enligt artikeln *Sound insulation of dwellings at low frequencies, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol 29, no 1, pp 15-23. 2010* av Hoffmeyer och Jakobsen.

3) **Punkt C:** Ljudnivån inomhus fås genom att subtrahera ljudnivån utomhus i varje 1/3-oktavband med motsvarande frekvensband för fasaddämpningen, **Punkt A – Punkt B.**

	Fasaddämpning [dB] enligt Hoffmeyer och Jakobsen ²⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	6,7	7,6	10,3	14,2	17,5	18,4	17,5	18,6	22,4
	Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] ³⁾								
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	33	31	26	20	16	14	14	10	4
2	31	30	26	22	17	13	13	7	3
3	32	31	26	21	17	12	7	6	3
4	30	30	24	20	16	13	12	9	4
5	30	32	29	25	20	16	17	14	6
6	35	34	29	24	20	16	14	9	6
7	35	34	29	24	20	17	14	12	5
8	38	37	33	28	24	20	19	15	8
9	37	36	32	27	22	19	18	16	8
10	40	39	34	29	26	22	20	14	9
11	33	32	27	19	18	17	18	14	7
12	32	32	27	20	16	16	16	17	9
13	34	33	28	23	18	14	15	16	8
14	35	33	28	23	19	16	16	13	7
15	32	32	28	22	19	16	15	15	6
16	38	38	33	28	24	20	19	17	6
17	39	38	32	28	24	19	15	11	9
18	39	38	33	28	24	20	19	15	7
19	34	33	28	23	19	16	14	12	5
20	32	30	24	20	18	16	16	14	7

Resultat - Lågfrekvent ljud

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] ³⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
21	35	34	29	24	20	17	15	12	5
22	38	37	32	27	23	19	16	10	7
23	38	37	33	27	23	20	19	17	9
24	39	38	34	28	25	21	20	14	7
25	34	33	28	24	20	16	16	13	6
26	35	33	28	23	19	16	15	13	5
27	35	33	29	23	19	16	15	13	6
28	34	33	28	23	19	16	15	13	5
29	33	33	28	23	19	16	14	10	5
30	31	30	24	19	15	13	13	13	7
31	34	33	29	24	20	17	15	12	4
32	33	32	27	22	17	15	13	10	4
33	30	29	24	19	15	12	12	11	5
34	30	29	24	18	14	10	9	7	0
35	34	33	29	24	19	14	11	7	5
36	33	32	28	23	19	15	14	10	5
37	34	33	28	23	19	15	13	12	4
38	34	32	27	21	18	15	15	14	5
39	33	32	28	23	19	15	13	12	5
40	34	33	29	23	20	15	11	8	5
41	36	35	30	25	21	17	15	9	6
42	38	37	32	27	24	20	18	17	7
43	34	33	28	23	20	17	16	12	5
44	34	33	29	23	20	16	15	13	5
45	34	33	29	24	20	16	14	9	5
46	35	34	29	24	20	16	15	11	5
47	34	34	28	23	20	16	15	12	5
48	36	35	30	24	20	16	16	14	6
49	33	32	28	23	19	15	14	12	5

Resultat - Lågfrekvent ljud

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] ³⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
50	35	34	29	23	20	16	15	14	5
51	34	33	28	23	20	16	15	14	5
52	34	33	28	23	20	16	15	14	4
53	35	34	29	23	20	16	15	12	5
54	34	33	29	23	19	15	13	11	5
55	34	33	29	23	20	16	13	8	4
56	34	33	28	23	20	16	15	9	6
57	34	33	28	23	20	16	14	10	5
58	39	38	33	28	24	20	19	17	8
59	36	35	30	25	21	18	16	10	6
60	32	30	25	20	16	13	14	13	6
61	32	30	25	20	16	13	13	11	5
62	34	32	27	23	18	15	17	15	8
63	32	30	23	18	16	15	16	16	8
64	33	30	24	18	16	15	17	16	8

4) Riktvärden enligt Folkhälsomyndighetens rekommendation för lågfrekvent ljud inomhus, FoHMFS 2014:13.

5) **Punkt D:** Tabellen visar skillnaden mellan ljudnivån inomhus i varje 1/3-oktavband och riktvärden enligt punkt 4) i motsvarande frekvensband. Ett negativt grönt värde indikerar att riktvärdet innehålls medan ett positivt rött värde indikerar ett överskridande.

Detta illustreras även i grafen där den röda streckade linjen utgör riktvärdena för lågfrekvent ljud och de övriga linjerna utgör beräknade ljudnivåer inomhus mellan 31,5-200 Hz. Om linjerna ligger under den röda streckade linjen innehålls riktvärdena.

Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 ⁴⁾									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	56	49	43	42	40	38	36	34	32
Jämförelse med riktvärden, 1/3-oktavband [dB] ⁵⁾									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	-23	-18	-17	-22	-24	-24	-22	-24	-28
2	-25	-19	-17	-20	-23	-25	-23	-27	-29
3	-24	-18	-17	-21	-23	-26	-29	-28	-29
4	-26	-19	-19	-22	-24	-25	-24	-25	-28
5	-26	-17	-14	-17	-20	-22	-19	-20	-26
6	-21	-15	-14	-18	-20	-22	-22	-25	-26
7	-21	-15	-14	-18	-20	-21	-22	-22	-27
8	-18	-12	-10	-14	-16	-18	-17	-19	-24
9	-19	-13	-11	-15	-18	-19	-18	-18	-24
10	-16	-10	-9	-13	-14	-16	-16	-20	-23
11	-23	-17	-16	-23	-22	-21	-18	-20	-25
12	-24	-17	-16	-22	-24	-22	-20	-17	-23
13	-22	-16	-15	-19	-22	-24	-21	-18	-24
14	-21	-16	-15	-19	-21	-22	-20	-21	-25
15	-24	-17	-15	-20	-21	-22	-21	-19	-26
16	-18	-11	-10	-14	-16	-18	-17	-17	-26
17	-17	-11	-11	-14	-16	-19	-21	-23	-23
18	-17	-11	-10	-14	-16	-18	-17	-19	-25

Resultat - Lågfrekvent ljud

Ljudkänslig punkt	Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 ⁴⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
19	-22	-16	-15	-19	-21	-22	-22	-22	-27
20	-24	-19	-19	-22	-22	-22	-20	-20	-25
21	-21	-15	-14	-18	-20	-21	-21	-22	-27
22	-18	-12	-11	-15	-17	-19	-20	-24	-25
23	-18	-12	-10	-15	-17	-18	-17	-17	-23
24	-17	-11	-9	-14	-15	-17	-16	-20	-25
25	-22	-16	-15	-18	-20	-22	-20	-21	-26
26	-21	-16	-15	-19	-21	-22	-21	-21	-27
27	-21	-16	-14	-19	-21	-22	-21	-21	-26
28	-22	-16	-15	-19	-21	-22	-21	-21	-27
29	-23	-16	-15	-19	-21	-22	-22	-24	-27
30	-25	-19	-19	-23	-25	-25	-23	-21	-25
31	-22	-16	-14	-18	-20	-21	-21	-22	-28
32	-23	-17	-16	-20	-23	-23	-23	-24	-28
33	-26	-20	-19	-23	-25	-26	-24	-23	-27
34	-26	-20	-19	-24	-26	-28	-27	-27	-32
35	-22	-16	-14	-18	-21	-24	-25	-27	-27
39	-23	-17	-15	-19	-21	-23	-23	-22	-27
40	-22	-16	-14	-19	-20	-23	-25	-26	-27
41	-20	-14	-13	-17	-19	-21	-21	-25	-26
42	-18	-12	-11	-15	-16	-18	-18	-17	-25
43	-22	-16	-15	-19	-20	-21	-20	-22	-27
44	-22	-16	-14	-19	-20	-22	-21	-21	-27
45	-22	-16	-14	-18	-20	-22	-22	-25	-27
46	-21	-15	-14	-18	-20	-22	-21	-23	-27
47	-22	-15	-15	-19	-20	-22	-21	-22	-27
48	-20	-14	-13	-18	-20	-22	-20	-20	-26
49	-23	-17	-15	-19	-21	-23	-22	-22	-27
50	-21	-15	-14	-19	-20	-22	-21	-20	-27

Resultat - Lågfrekvent ljud

Ljudkänslig punkt	Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 ⁴⁾								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
51	-22	-16	-15	-19	-20	-22	-21	-20	-27
52	-22	-16	-15	-19	-20	-22	-21	-20	-28
53	-21	-15	-14	-19	-20	-22	-21	-22	-27
54	-22	-16	-14	-19	-21	-23	-23	-23	-27
55	-22	-16	-14	-19	-20	-22	-23	-26	-28
56	-22	-16	-15	-19	-20	-22	-21	-25	-26
57	-22	-16	-15	-19	-20	-22	-22	-24	-27
58	-17	-11	-10	-14	-16	-18	-17	-17	-24
59	-20	-14	-13	-17	-19	-20	-20	-24	-26
60	-24	-19	-18	-22	-24	-25	-22	-21	-26
61	-24	-19	-18	-22	-24	-25	-23	-23	-27
62	-22	-17	-16	-19	-22	-23	-19	-19	-24
63	-24	-19	-20	-24	-24	-23	-20	-18	-24
64	-23	-19	-19	-24	-24	-23	-19	-18	-24

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter

