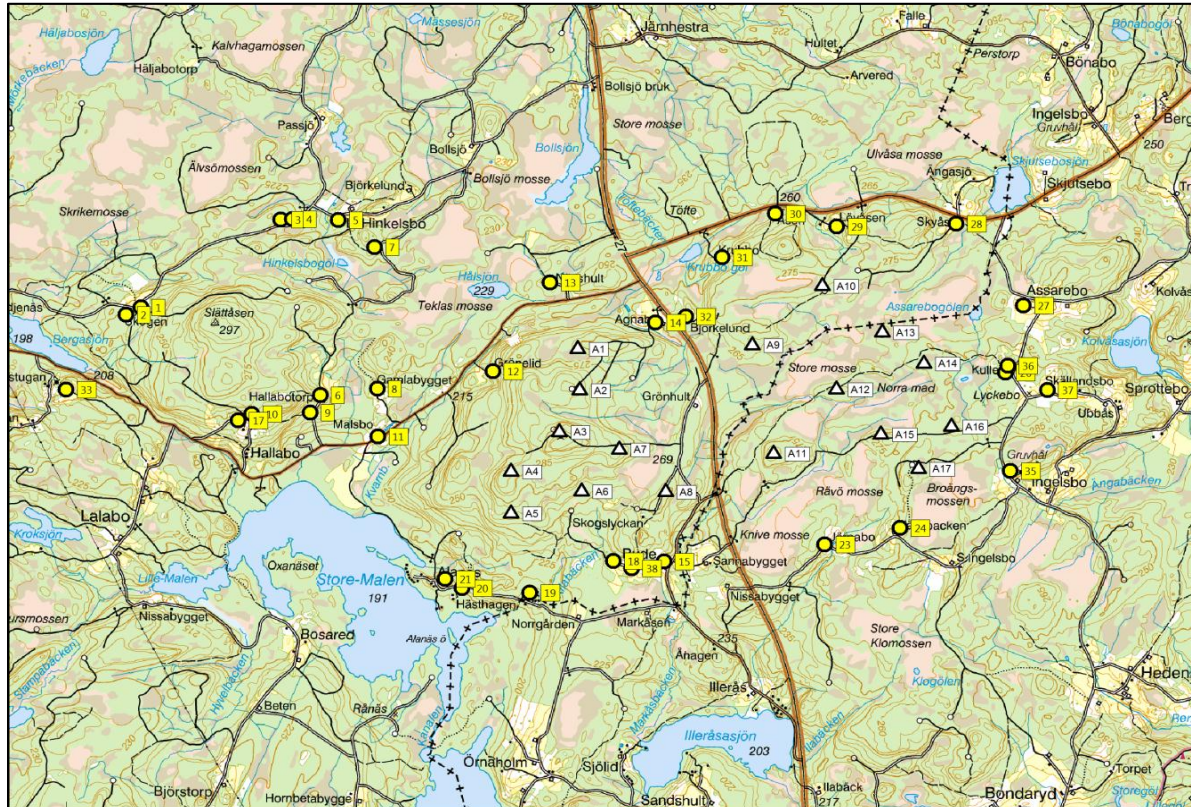


Lågfrekvensberäkning av ljud från vindkraft

Bilaga C03-C04 - Senvion M122 3 MW - Layout A

Nytänkande med erfarenhet



Projektnummer: 571154
Projekt: Vindkraftpark Grönhult
Beräkningsdatum: 2014-11-20
Beställare: Vattenfall Vindkraft AB
Er referens: Ivette Farias

Vår handläggare: Paul Appelqvist

Vår kvalitetsgranskare: Martin Almgren



Sida	Titel	Innehåll
3-6	Allmänna förutsättningar	Verk- och beräkningsdata Sida 3 - Beräkningsförutsättningar Sida 4-5 - Ljuddata Sida 6 - Verksdata
7-10	Bilaga C03	Resultat lågfrekvent ljud - Layout A - Totalhöjd 150 m Sida 7 - Ljudkänsliga punkter indexering Sida 8 - Skillnad dBC-dBA Sida 9 - Ljudnivå inomhus - FoHMFS 2014:13 Sida 10 - Diagram - FoHMFS 2014:13
11-14	Bilaga C04	Resultat lågfrekvent ljud - Layout A - Totalhöjd 200 m Sida 11 - Ljudkänsliga punkter indexering Sida 12 - Skillnad dBC-dBA Sida 13 - Ljudnivå inomhus - FoHMFS 2014:13 Sida 14 - Diagram - FoHMFS 2014:13



Vindkraftpark	Parklayout	Verktyp	Antal verk	Navhöjd [m]	Totalhöjd [m]	Ljudeffekt L_{WA} [dBA]
Grönhult	Layout A	Senvion M122 3 MW	17	89	150	101,7-104,5
Grönhult	Layout A	Senvion M122 3 MW	17	139	200	101,7-104,5

Beräkningsparametrar i mjukvara

Beräkningsprogram	SoundPLAN 7.1
Beräkningsstandard	Nord2000
Sökradie	10 000 m
Beräkningshöjd	1,5 m
Luftabsorption	ISO 9613-1
Luftryck	1013,25 mbar
Relativ luftfuktighet	70%
Temperatur	15 °C
Temperaturgradient	0,05 °C/m
Råhetslängd enligt NV Rapport 6241	0,3
Höjd anemometer	10 m
Vindhastighet	8 m/s
Standardavvikelse vindhastighet	1,2 m/s
Vindriktning	Medvind åt alla håll
Turbulenta vindhastighetsfluktuationer	0,12 m ⁴ /3/s ²
Turbulenta temperaturfluktuationer	0,008 K/s ²
Effektiv flödesresistans mark	Klass D
Effektiv flödesresistans vatten	Klass G
Koordinatsystem	RT90 2.5 gon V

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 luftryck och temperatur. Luftrycket 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.

Ljuddata



Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffekt	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	
Senvion M122 3 MW	0	104,5	65,1	67,3	70,1	73,5	77,8	81,7	85,1	87,7	90,1	
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz	
			92,1	93,7	94,8	95,3	95,3	94,7	93,6	92,2	90,9	
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz	
			89,7	88,7	87,5	86,1	84,8	83,9	83,2	83,1	83,0	
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz							
			82,3	80,9	78,8							
Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffekt	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	
Senvion M122 3 MW	1	103,0	63,6	65,8	68,6	72,0	76,3	80,2	83,6	86,2	88,6	
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz	
			90,6	92,2	93,3	93,8	93,8	93,2	92,1	90,7	89,4	
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz	
			88,2	87,2	86,0	84,6	83,3	82,4	81,7	81,6	81,5	
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz							
			80,8	79,4	77,3							
Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffekt	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	
Senvion M122 3 MW	2	101,7	62,3	64,5	67,3	70,7	75,0	78,9	82,3	84,9	87,3	
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz	
			89,3	90,9	92,0	92,5	92,5	91,9	90,8	89,4	88,1	
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz	
			86,9	85,9	84,7	83,3	82,0	81,1	80,4	80,3	80,2	
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz							
			79,5	78,1	76,0							

Referens ljuddata: För totalhöjd 150 m har frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) ej funnits att tillgå för verkstypen, därvid har frekvensspektrum för Gamesa G128 5 MW Standard Operation med 120 m navhöjd, enligt dokument *GD215846* daterat 2014-02-25, ansatts i beräkningarna enligt instruktion från Vattenfall Vindkraft AB. Ljudeffektnivåer för olika reglerinställningar har också erhållits av Vattenfall Vindkraft AB och ska enligt uppgift motsvara leverantörens garanterade ljudeffektnivåer för respektive reglerinställning. Lägsta möjliga reglerinställning har en ljudeffektnivå på 98,5 dBA. Frekvensspektrumet har skalats linjärt för att motsvara garanterad ljudeffektnivå för respektive reglerinställning.

Ljuddata



Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffekt	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz			
Senvion M122 3 MW	0	104,5	65,5	67,7	70,5	73,8	78,1	81,9	85,2	87,9	90,3			
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz			
			92,4	93,9	94,9	95,3	95,2	94,5	93,4	92,0	90,7			
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz			
			89,6	88,5	87,4	86,0	84,7	83,8	83,2	83,0	82,9			
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz									
			82,2	80,9	78,8									

Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffekt	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz			
Senvion M122 3 MW	1	103,0	64,0	66,2	69,0	72,3	76,6	80,4	83,7	86,4	88,8			
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz			
			90,9	92,4	93,4	93,8	93,7	93,0	91,9	90,5	89,2			
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz			
			88,1	87,0	85,9	84,5	83,2	82,3	81,7	81,5	81,4			
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz									
			80,7	79,4	77,3									

Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffekt	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz			
Senvion M122 3 MW	2	101,7	62,7	64,9	67,7	71,0	75,3	79,1	82,4	85,1	87,5			
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz			
			89,6	91,1	92,1	92,5	92,4	91,7	90,6	89,2	87,9			
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz			
			86,8	85,7	84,6	83,2	81,9	81,0	80,4	80,2	80,1			
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz									
			79,4	78,1	76,0									

Referens ljuddata: För totalhöjd 200 m har frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) ej funnits att tillgå för verkstypen, därvid har frekvensspektrum för Gamesa G128 5 MW Standard Operation med 140 m navhöjd, enligt dokument *GD215846* daterat 2014-02-25, ansatts i beräkningarna enligt instruktion från Vattenfall Vindkraft AB. Ljudeffektnivåer för olika reglerinställningar har också erhållits av Vattenfall Vindkraft AB och ska enligt uppgift motsvara leverantörens garanterade ljudeffektnivåer för respektive reglerinställning. Lägsta möjliga reglerinställning har en ljudeffektnivå på 98,5 dBA. Frekvensspektrumet har skalats linjärt för att motsvara garanterad ljudeffektnivå för respektive reglerinställning.

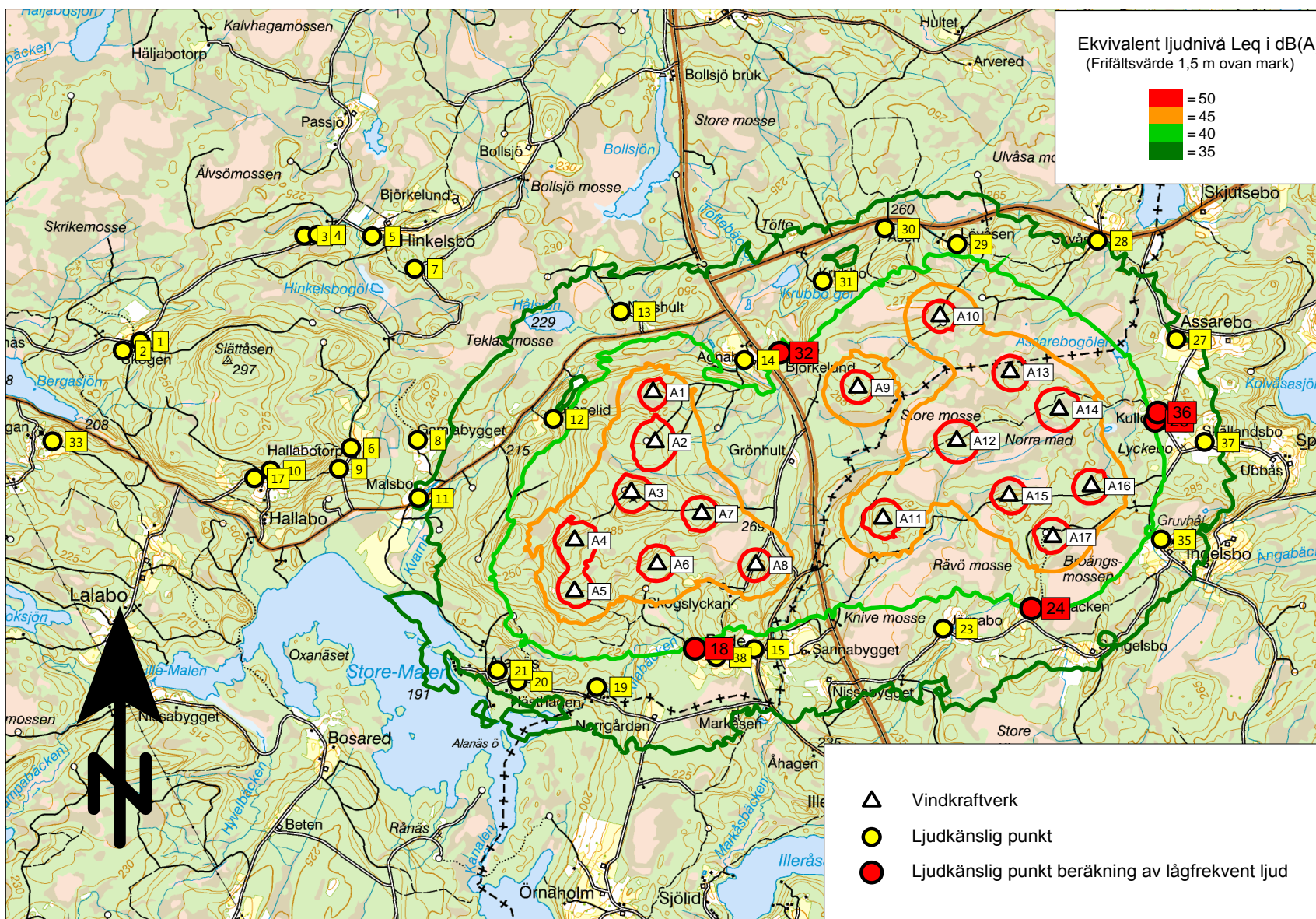
Beräkningarna gäller för den angivna ljudeffektnivån. ÅF ger ingen garanti för att ljudeffektnivån stämmer med verkens faktiska ljudeffektnivåer.

Verksdata



Namn	X [m]	Y [m]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Ljudeffekt beräkning [dBA]	Ytterligare marginal [dBA]	Reglerinställning
Grönhult - Layout A - Totalhöjd 150 m								
A1	1358439	6365530	89	362	273	101,7	3,2	2
A2	1358455	6365132	89	383	294	104,5	6,0	0
A3	1358269	6364731	89	400	311	103,0	4,5	1
A4	1357827	6364349	89	385	296	104,5	6,0	0
A5	1357826	6363944	89	357	268	103,0	4,5	1
A6	1358471	6364158	89	350	261	103,0	4,5	1
A7	1358818	6364562	89	376	287	103,0	4,5	1
A8	1359241	6364153	89	367	278	103,0	4,5	1
A9	1360036	6365568	89	359	270	103,0	4,5	1
A10	1360678	6366135	89	360	271	103,0	4,5	1
A11	1360231	6364523	89	371	282	104,5	6,0	0
A12	1360807	6365141	89	359	270	104,5	6,0	0
A13	1361225	6365690	89	359	270	103,0	4,5	1
A14	1361607	6365391	89	360	271	104,5	6,0	0
A15	1361214	6364706	89	366	277	103,0	4,5	1
A16	1361858	6364781	89	368	279	103,0	4,5	1
A17	1361557	6364376	89	371	282	103,0	4,5	1
Grönhult - Layout A - Totalhöjd 200 m								
A1	1358439	6365530	139	412	273	101,7	3,2	2
A2	1358455	6365132	139	433	294	104,5	6,0	0
A3	1358269	6364731	139	450	311	103,0	4,5	1
A4	1357827	6364349	139	435	296	104,5	6,0	0
A5	1357826	6363944	139	407	268	103,0	4,5	1
A6	1358471	6364158	139	400	261	103,0	4,5	1
A7	1358818	6364562	139	426	287	103,0	4,5	1
A8	1359241	6364153	139	417	278	103,0	4,5	1
A9	1360036	6365568	139	409	270	103,0	4,5	1
A10	1360678	6366135	139	410	271	103,0	4,5	1
A11	1360231	6364523	139	421	282	104,5	6,0	0
A12	1360807	6365141	139	409	270	104,5	6,0	0
A13	1361225	6365690	139	409	270	103,0	4,5	1
A14	1361607	6365391	139	409	271	104,5	6,0	0
A15	1361214	6364706	139	416	277	103,0	4,5	1
A16	1361858	6364781	139	418	279	103,0	4,5	1
A17	1361557	6364376	139	421	282	103,0	4,5	1

Bilaga C03 - Indexering



Bilaga C03 - Skillnad dBC-dBA



Skillnad mellan dBC och dBA					
Ljudkänslig punkt ¹⁾	X [m]	Y [m]	L _{C,eq} [dBC]	L _{A,eq} [dBA]	L _{C,eq} -L _{A,eq} [dB] ²⁾
24	1361391	6363808	54	40	14
26	1355329	6364845	54	40	14
18	1362356	6365303	54	40	14
36	1362377	6365370	54	40	14
32	1359427	6365846	54	39	15

¹⁾De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga C01-C02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 141113 har kontrollerats noggrannare. Det ska noteras att samtliga ljudkänsliga punkters frekvensinnehåll kontrollerats översiktligt för att säkerställa att de innehåller riktvärdena.

²⁾En skillnadsnivå (dBC-dBA) som understiger 20 dB indikerar att lågfrekvent ljud sannolikt inte är ett problem om den A-vägd ekvivalenta ljudnivån samtidigt är klart under riktvärdet 40 dBA.

Bilaga C03 - Ljudnivå inomhus



Fasaddämpning [dB] enligt dansk modell (Hoffmeyer o Jakobsen)									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Fasaddämpning	6,7	7,6	10,3	14,2	17,5	18,4	17,5	18,6	22,4

Folkhälsomyndighetens riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 ¹⁾									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
FoHMFS 2014:13	56	49	43	42	40	38	36	34	32

Ljudnivå utomhus, 1/3-oktavband [dB]									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	48	46	45	45	44	43	42	39	35
26	48	46	44	44	44	43	42	39	35
18	48	46	44	44	44	44	42	39	36
36	48	45	44	44	44	43	41	38	36
32	48	46	44	44	44	43	42	39	37

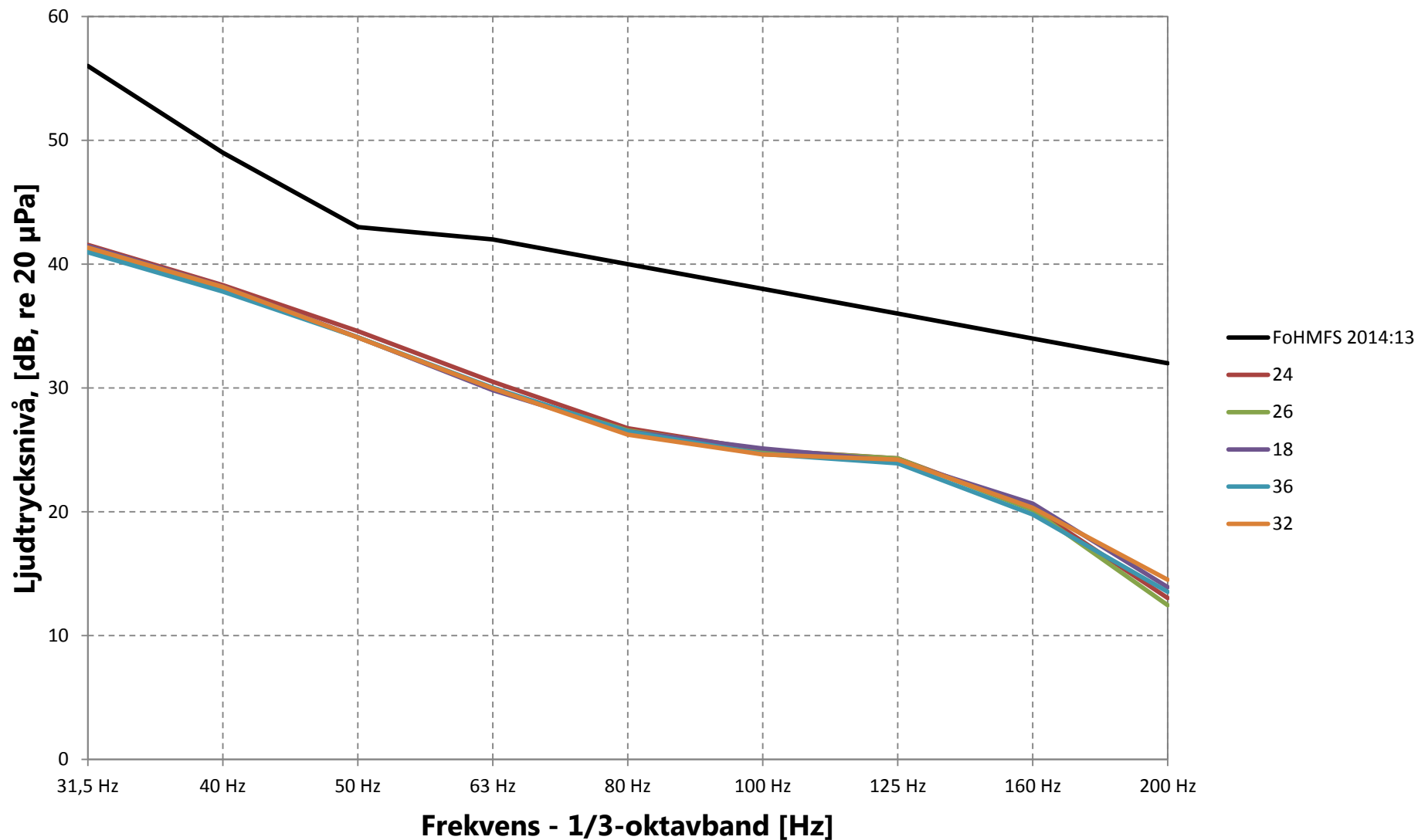
Ljudnivå inomhus, 1/3-oktavband [dB]									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	42	38	35	30	27	25	24	20	13
26	41	38	34	30	27	25	24	20	12
18	41	38	34	30	26	25	24	21	14
36	41	38	34	30	26	25	24	20	14
32	41	38	34	30	26	25	24	20	15

Jämförelse med Folkhälsomyndighetens riktvärden, 1/3-oktavband [dB] ²⁾									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	-14	-11	-8	-12	-13	-13	-12	-14	-19
26	-15	-11	-9	-12	-13	-13	-12	-14	-20
18	-15	-11	-9	-12	-14	-13	-12	-13	-18
36	-15	-11	-9	-12	-14	-13	-12	-14	-18
32	-15	-11	-9	-12	-14	-13	-12	-14	-17

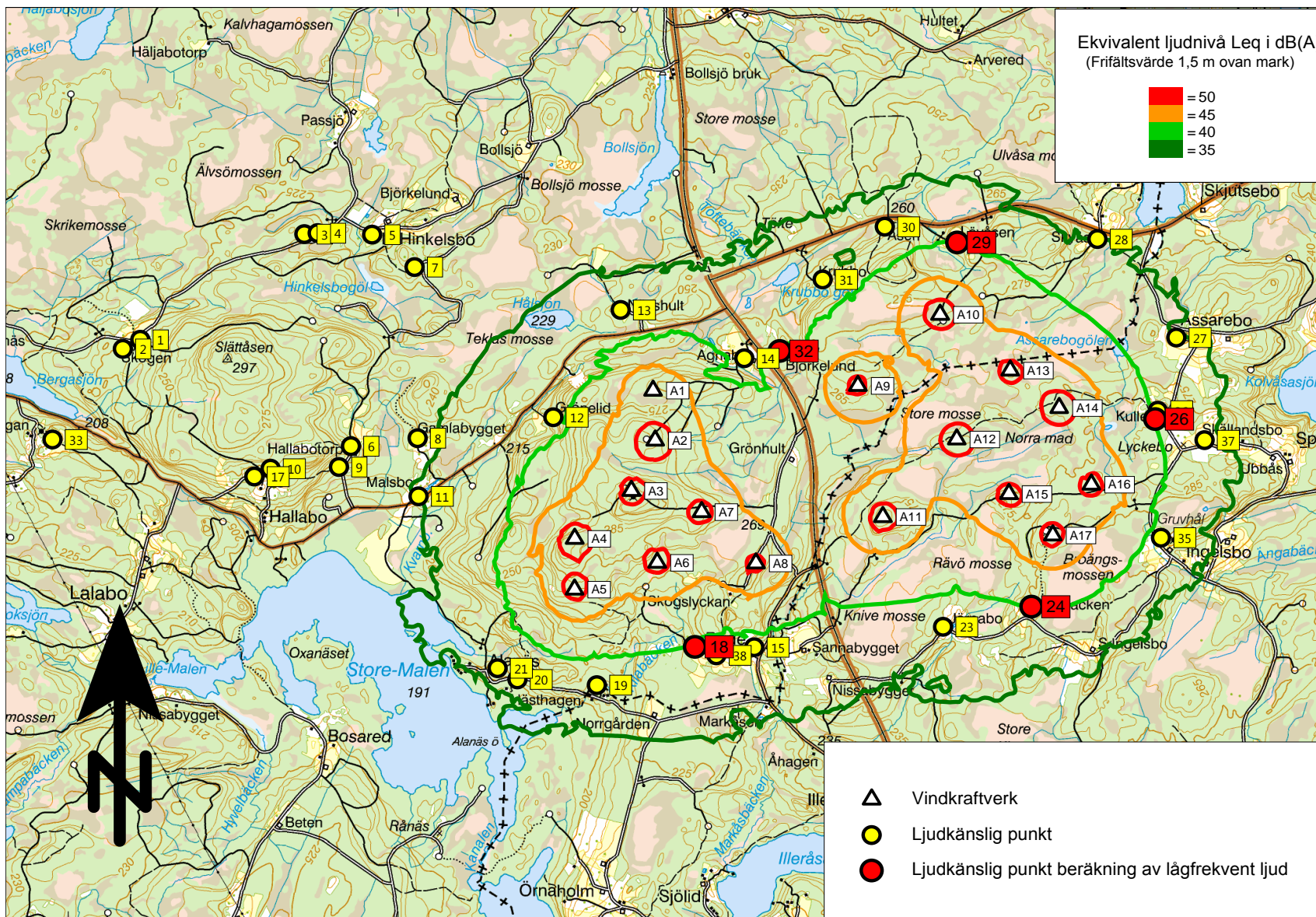
¹⁾Riktvärdena enligt Folkhälsomyndighetens rekommendation för lågfrekvent ljud inomhus

²⁾Ett negativt värde indikerar att Folkhälsomyndighetens riktvärde innehålls.

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter



Bilaga C04 - Indexering



Bilaga C04 - Skillnad dBC-dB



Skillnad mellan dBC och dBA					
Ljudkänslig punkt ¹⁾	X [m]	Y [m]	L _{C,eq} [dBC]	L _{A,eq} [dBA]	L _{C,eq} -L _{A,eq} [dB] ²⁾
24	1361391	6363808	54	40	14
29	1360812	6366711	54	40	14
26	1362356	6365303	54	40	14
18	1358766	6363488	54	40	14
32	1359427	6365846	54	40	14

¹⁾De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga C01-C02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 141113 har kontrollerats noggrannare. Det ska noteras att samtliga ljudkänsliga punkters frekvensinnehåll kontrollerats översiktligt för att säkerställa att de innehåller riktvärdena.

²⁾En skillnadsnivå (dBC-dBA) som understiger 20 dB indikerar att lågfrekvent ljud sannolikt inte är ett problem om den A-vägd ekvivalenta ljudnivån samtidigt är klart under riktvärdet 40 dBA.

Bilaga C04 - Ljudnivå inomhus



Fasaddämpning [dB] enligt dansk modell (Hoffmeyer o Jakobsen)

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Fasaddämpning	6,7	7,6	10,3	14,2	17,5	18,4	17,5	18,6	22,4

Folkhälsomyndighetens riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13¹⁾

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
FoHMFS 2014:13	56	49	43	42	40	38	36	34	32

Ljudnivå utomhus, 1/3-oktavband [dB]

Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	49	47	45	45	44	43	41	35	36
29	49	46	45	45	44	43	40	36	37
26	48	46	45	45	44	43	41	35	36
18	49	46	45	45	45	44	41	38	36
32	48	46	45	44	44	43	42	38	36

Ljudnivå inomhus, 1/3-oktavband [dB]

Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	42	39	35	31	27	25	23	17	14
29	42	39	34	30	27	24	23	17	14
26	42	39	35	31	27	25	23	16	14
18	42	39	35	31	27	25	23	19	14
32	42	39	34	30	26	25	24	19	14

Jämförelse med Folkhälsomyndighetens riktvärden, 1/3-oktavband [dB]²⁾

Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	-14	-10	-8	-11	-13	-13	-13	-17	-18
29	-14	-10	-9	-11	-13	-14	-13	-17	-18
26	-14	-10	-8	-11	-13	-13	-13	-18	-18
18	-14	-10	-8	-11	-13	-13	-13	-15	-18
32	-14	-10	-9	-11	-14	-13	-12	-15	-18

¹⁾Riktvärdena enligt Folkhälsomyndighetens rekommendation för lågfrekvent ljud inomhus

²⁾Ett negativt värde indikerar att Folkhälsomyndighetens riktvärde innehålls.

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter

