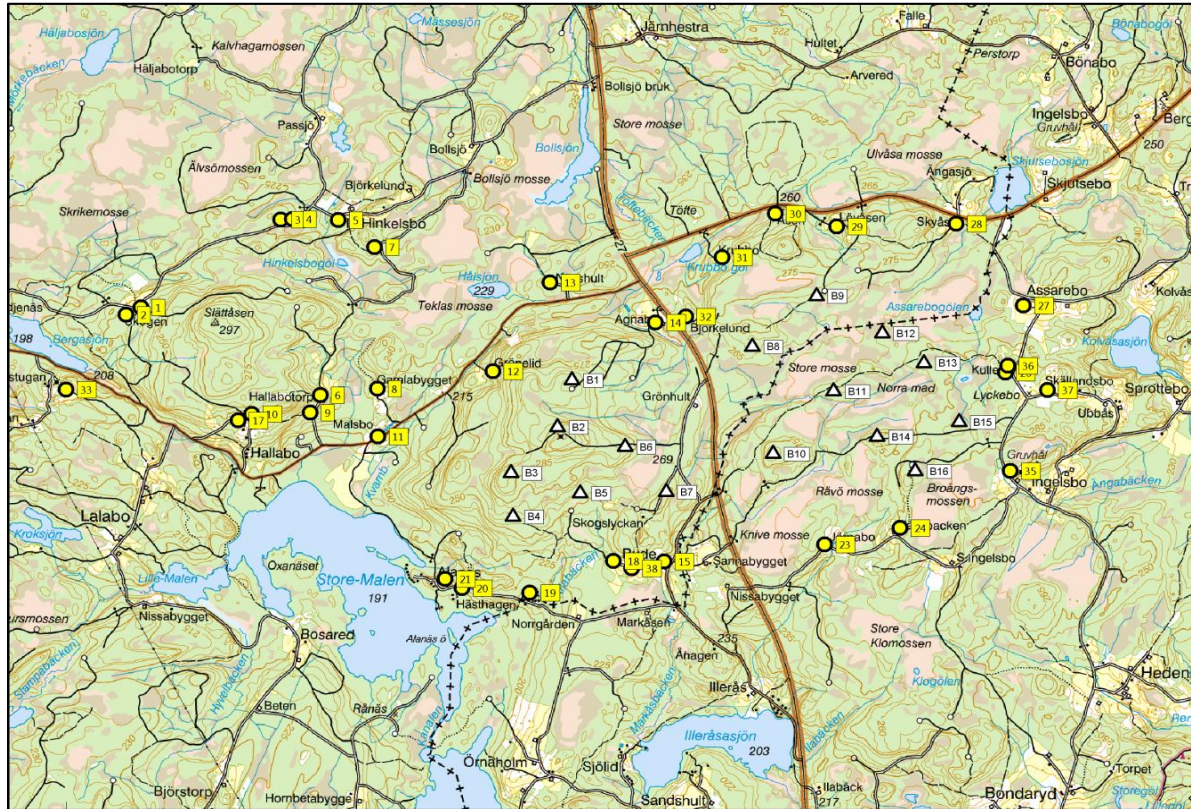


Lågfrekvensberäkning av ljud från vindkraft

Bilaga D03-D04 - Gamesa G128 4,5 MW - Layout B

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 D03	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 D04	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 B	Gamesa G128 4,5 MW	16	86	150	102,5-104,5
Grönhult	Layout B	Gamesa G128 4,5 MW	16	136	200	102,5-104,5

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
Gamesa G128 4,5 MW	2	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
Gamesa G128 4,5 MW	3	102,5	63,1	65,3	68,1	71,5	75,8	79,7	83,1	85,7	88,1
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz
			90,1	91,7	92,8	93,3	93,3	92,7	91,6	90,2	88,9
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz
			87,7	86,7	85,5	84,1	82,8	81,9	81,2	81,1	81,0
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz						
			80,3	78,9	76,8						

Referens ljuddata: För totalhöjd 150 m har frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) 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 tillgängliga reglerinställning är reglerinställning 4 med ljudeffektnivån 101,6 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
Gamesa G128 4,5 MW	2	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
Gamesa G128 4,5 MW	3	102,5	63,1	65,3	68,1	71,5	75,8	79,7	83,1	85,7	88,1
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz
			90,1	91,7	92,8	93,3	93,3	92,7	91,6	90,2	88,9
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz
			87,7	86,7	85,5	84,1	82,8	81,9	81,2	81,1	81,0
			12.5 kHz	16 kHz	20 kHz						
			80,3	78,9	76,8						

Referens ljuddata: För totalhöjd 200 m har frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) 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 tillgängliga reglerinställning är reglerinställning 4 med ljudeffektnivån 101,6 dBA. Frekvensspektrumet har skalats linjärt för att motsvara garanterad ljudeffektnivå för respektive reglerinställning.

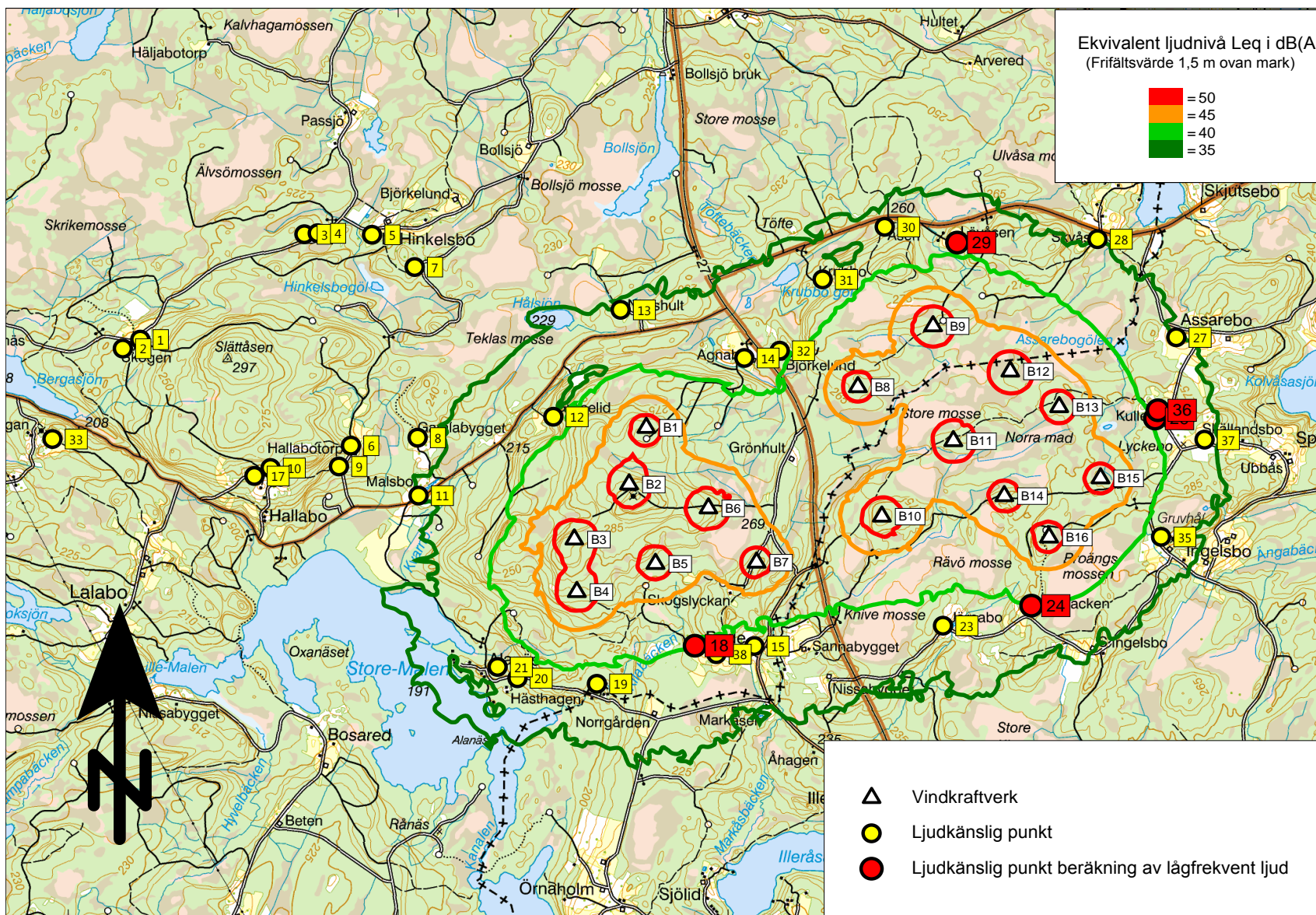
Beräkningarna gäller för den angivna ljudeffektnivån. ÅF ger ingen garanti för att ljudeffektnivån stämmer med verkens faktiska ljudeffektnivåer.

Verksdata



Namn	X [m]	Y [m]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Ljudeffekt beräkning [dBA]	Ytterligare marginal [dBA]	Reglerinställning
Grönhult - Layout B - Totalhöjd 150 m								
B1	1358386	6365230	86	379	293	102,5	0,9	3
B2	1358252	6364777	86	392	306	104,5	2,9	2
B3	1357824	6364337	86	381	295	104,5	2,9	2
B4	1357844	6363917	86	353	267	104,5	2,9	2
B5	1358458	6364142	86	346	260	102,5	0,9	3
B6	1358871	6364586	86	368	282	104,5	2,9	2
B7	1359246	6364152	86	364	278	102,5	0,9	3
B8	1360036	6365555	86	356	270	102,5	0,9	3
B9	1360623	6366042	86	356	270	104,5	2,9	2
B10	1360224	6364520	86	368	282	104,5	2,9	2
B11	1360781	6365123	86	355	269	104,5	2,9	2
B12	1361225	6365680	86	356	270	104,5	2,9	2
B13	1361607	6365395	86	357	271	102,5	0,9	3
B14	1361178	6364684	86	362	276	102,5	0,9	3
B15	1361929	6364826	86	364	278	102,5	0,9	3
B16	1361528	6364353	86	368	282	102,5	0,9	3
Grönhult - Layout B - Totalhöjd 200 m								
B1	1358386	6365230	136	429	293	102,5	0,9	3
B2	1358252	6364777	136	442	306	104,5	2,9	2
B3	1357824	6364337	136	431	295	104,5	2,9	2
B4	1357844	6363917	136	403	267	104,5	2,9	2
B5	1358458	6364142	136	396	260	102,5	0,9	3
B6	1358871	6364586	136	418	282	104,5	2,9	2
B7	1359246	6364152	136	414	278	102,5	0,9	3
B8	1360036	6365555	136	406	270	102,5	0,9	3
B9	1360623	6366042	136	406	270	104,5	2,9	2
B10	1360224	6364520	136	418	282	104,5	2,9	2
B11	1360781	6365123	136	405	269	104,5	2,9	2
B12	1361225	6365680	136	406	270	104,5	2,9	2
B13	1361607	6365395	136	407	271	102,5	0,9	3
B14	1361178	6364684	136	412	276	102,5	0,9	3
B15	1361929	6364826	136	414	278	102,5	0,9	3
B16	1361528	6364353	136	418	282	102,5	0,9	3

Bilaga D03 - Indexering



Bilaga D03- 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⁾
18	1358766	6363488	54	40	14
24	1361391	6363808	54	40	14
26	1362356	6365303	54	40	14
36	1362377	6365370	53	39	14
29	1360812	6366711	53	39	14

¹⁾De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga D01-D02 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 D03 - 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
18	48	46	45	44	44	44	42	39	37
24	49	46	45	44	44	43	41	37	36
26	48	45	44	44	44	43	42	39	35
36	47	45	44	44	44	43	41	38	36
29	48	45	44	43	43	42	40	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
18	42	39	34	30	27	25	24	21	14
24	42	39	35	30	26	24	23	19	14
26	41	38	34	30	26	25	24	20	13
36	40	37	34	30	26	24	24	20	14
29	41	38	33	29	25	23	23	19	13

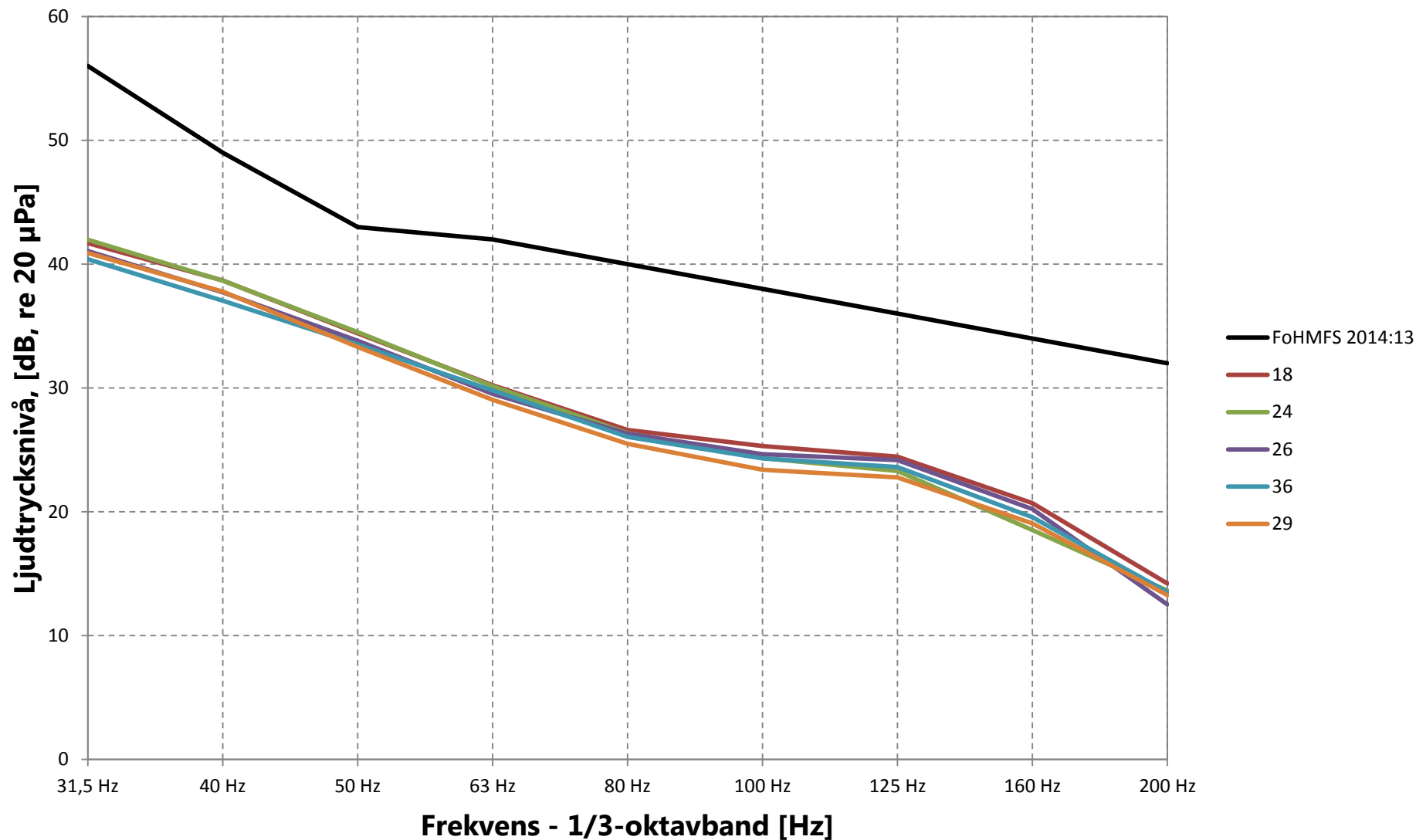
Jämförelse med Folkhälsomyndighetens riktvärden, 1/3-oktavband [dB] ²⁾									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18	-14	-10	-9	-12	-13	-13	-12	-13	-18
24	-14	-10	-8	-12	-14	-14	-13	-15	-18
26	-15	-11	-9	-12	-14	-13	-12	-14	-19
36	-16	-12	-9	-12	-14	-14	-12	-14	-18
29	-15	-11	-10	-13	-15	-15	-13	-15	-19

¹⁾Riktvärdena enligt Folkhälsomyndighetens rekommendation för lågfrekvent ljud inomhus

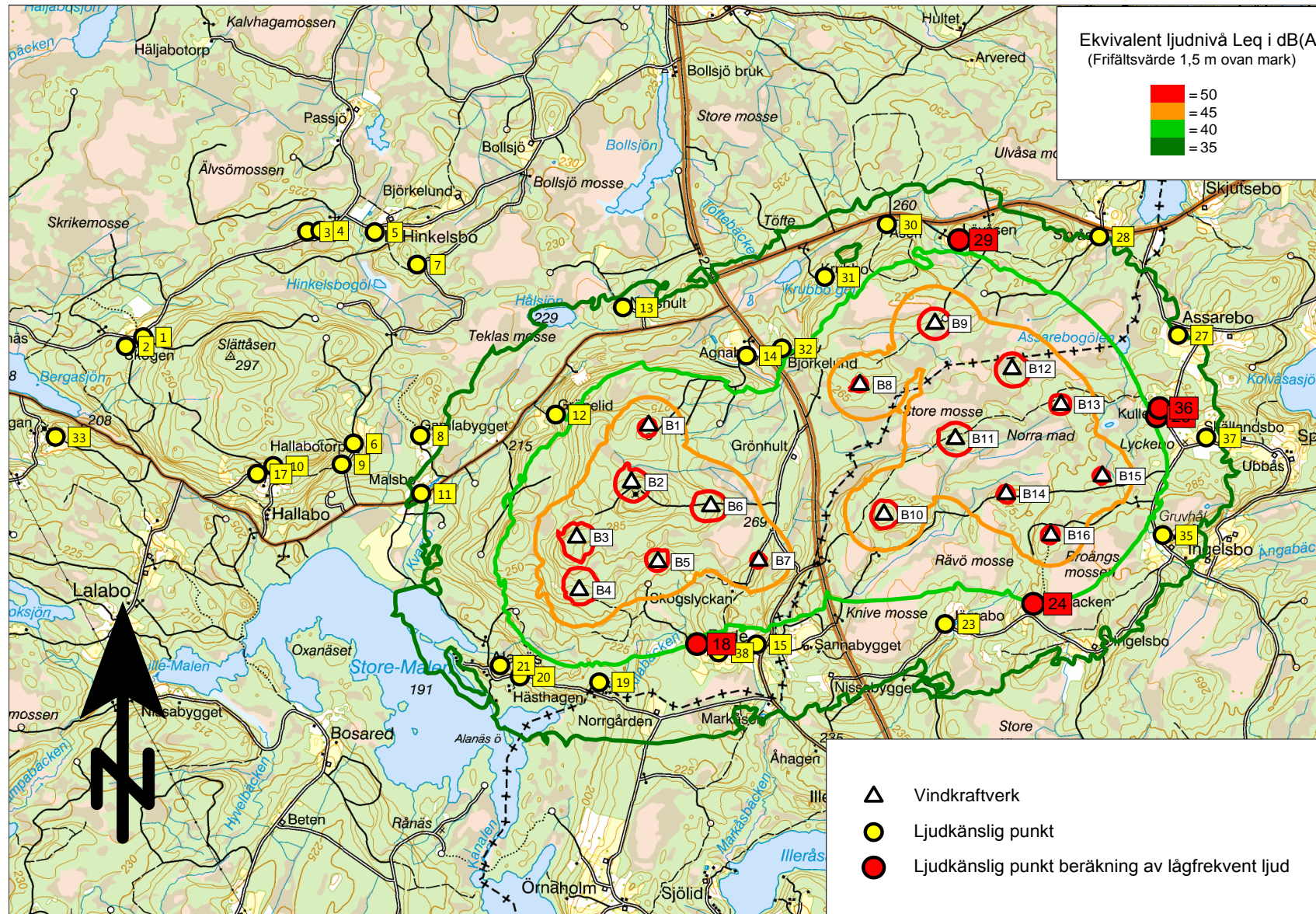
²⁾Ett negativt värde indikerar att Folkhälsomyndighetens riktvärde innehålls.



Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter



Bilaga D04 - Indexering



Bilaga D04- 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⁾
18	1358766	6363488	54	40	14
24	1361391	6363808	54	40	14
26	1362356	6365303	53	40	13
36	1362377	6365370	53	39	14
29	1360812	6366711	53	39	14

¹⁾De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga D01-D02 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 D04 - 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
18	48	46	45	45	44	44	41	38	36
24	48	46	45	44	44	42	39	35	38
26	48	45	44	44	44	43	40	34	36
36	47	45	44	44	44	43	40	35	35
29	48	45	44	44	43	42	40	36	35

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
18	42	38	34	30	27	25	23	19	14
24	41	38	34	30	26	24	21	16	15
26	41	38	34	30	26	25	23	16	13
36	40	38	34	30	26	24	22	17	13
29	41	38	33	29	26	23	22	17	13

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
18	-14	-11	-9	-11	-13	-13	-13	-15	-18
24	-15	-11	-9	-11	-14	-14	-15	-18	-17
26	-15	-11	-9	-11	-14	-13	-13	-18	-19
36	-16	-11	-9	-12	-14	-14	-14	-17	-19
29	-15	-11	-10	-12	-14	-15	-14	-17	-19

¹⁾Riktvärdena enligt Folkhälsomyndighetens rekommendation för lågfrekvent ljud inomhus

²⁾Ett negativt värde indikerar att Folkhälsomyndighetens riktvärde innehålls.

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter

