

Bilaga 4c - Lågfrekvent ljud Vestas V90 totalhöjd 150 och 200 meter



PM01

1 (9)

Handläggare
Paul Appelqvist

Tel +46 10 505 60 24
Mobil +46 70 184 57 24
Fax +46 10 505 00 10
paul.appelqvist@afconsult.com

Datum
2013-10-24

Vattenfall Vindkraft AB
Att: Jenny Longworth

Uppdragsnr
571154

Vindkraftpark Grönhult
Utredning lågfrekvent ljud
Paul Appelqvist
Uppdragsansvarig

Utredning av lågfrekvent ljud från vindkraftpark Grönhult – Vestas V90 2 MW, Tranemo och Gislaveds kommuner

1 Bakgrund

Vattenfall Vindkraft AB har av Länsstyrelsen i Västra Götalands län fått en kompletteringsbegäran i tillståndsärendet för vindkraftpark Grönhult rörande utredning av lågfrekvent ljud, diarienummer 551-41713-2012 och punkt 4. ÅF Ljud & Vibrationer har uppdragits av bolaget att utföra en sådan utredning vilken redovisas i detta PM. Beräkningarna är utförda för 18 vindkraftverk av verktyp Vestas V90 2 MW, för två totalhöjder 150 m respektive 200 m. Därutöver görs samma beräkning för verktyp REpower 3.2M114, redovisat i ett separat PM [1].

2 Allmänt om lågfrekvent ljud från vindkraft

Infraljud och lågfrekvent ljud från vindkraft väcker ofta oro hos boende kring planerade och befintliga vindkraftparker. Infraljud brukar definieras som ljud mellan frekvenserna 1 och 20 Hz och lågfrekvent ljud som ljud mellan frekvenserna 20 och 200 Hz. Naturvårdsverket har låtit göra en kunskapsammansättning gällande infraljud och lågfrekventljud från vindkraftanläggningar [2], studien är sammanställd av några av Sveriges främsta forskare inom akustik och miljömedicin och finns i en reviderad slutversion daterad 2011-11-28 .

När det gäller infraljud säger denna rapport följande:

Infraljud (1–20 Hz) från vindkraftverk är inte hörbart på nära håll och än mindre på de avstånd där bostäder är belägna. Det finns inga belägg för att infraljud vid dessa nivåer bidrar till bullerstörning eller har andra hälsoeffekter.

Utifrån dagens kunskapsläge finns det således ingen forskning som tyder på att infraljud är ett problem kring vindparker.

När det gäller lågfrekvent ljud så finns det enligt rapporten inget som särskiljer ljud från vindkraft från andra ljudkällor i samhället. I Naturvårdsverkets rapport står:

ÅF-Infrastructure AB , Frösundaleden 2 (goods 2E), SE-169 99 Stockholm
Telefon +46 10 505 00 00. Fax +46 10 505 00 10. Säte i Stockholm. www.afconsult.com
Org.nr 556185-2103. VAT nr SE556185210301. Certifierat enligt SS-EN ISO 9001 och ISO 14001



Lågfrekvent ljud (20–200 Hz) från moderna vindkraftsverk är ofta hörbart vid gällande riktvärden för bostäder, men vindkraftsbullret har inte större innehåll av lågfrekvent ljud än andra vanliga bullerkällor vid deras riktvärden, till exempel buller från vägtrafik. Större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk, även med hänsyn taget till total ljudnivå. Med allt större vindkraftverk kommer därför andelen lågfrekvensljud i vindkraftsbullret att öka något. Förutsatt att riktvärdet utomhus vid bostadens fasad, 40 dBA, och Socialstyrelsens riktvärden för lågfrekvent buller inomhus är uppfyllda är det dock inte troligt att allvarliga störningar till följd av lågfrekvensbuller från vindkraft är att vänta i framtiden.

Enligt den forskning som finns tillgänglig idag kring lågfrekvent ljud föreligger således ingen risk för allvarliga störningar av lågfrekvent ljud från vindkraft, varken i nuläget eller i framtiden. Detta förutsatt att de föreskrivna riktvärdena efterföljs.

Slutsatsen från [2] att större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk har dock ifrågasatts i senare studier. I [3] redovisas en sammanställning av frekvensspektrum från flera hundra vindkraftverk och slutsatsen är att ljudnivån vid låga frekvenser från nya moderna vindkraftverk snarare har minskat de senaste åren.

This suggests that there is a development towards less low frequency noise, possibly because tonality in this frequency range is an area of focus for the developers.

Författaren spekulerar i om det kan ha att göra med att tillverkarna av vindkraftverk fokuserar på designen av nya vindkraftverk för att minimera lågfrekvent ljud, då det t.ex. i Danmark har införts krav på lågfrekvent ljud.

3 Metodbeskrivning

Det finns i dagsläget inget specifikt riktvärde gällande lågfrekvent ljud och vindkraft. I Naturvårdsverkets rekommendationer, vilka anges här [4], sägs att:

”Naturvårdsverket anser därför att man vid de större verken bör beakta och följa upp lågfrekvent ljud. Ett sätt att ganska enkelt bedöma om det förekommer lågfrekvent ljud, är att ta reda på skillnaden mellan A-vägt (se under Mer information) och C-vägt ljud. Det är sannolikt inget problem om den A-vägda nivån är klart under riktvärdet samtidigt som skillnaden mellan det C-vägda och A-vägda värdet är mindre än cirka 20 dB. Om det däremot skiljer mer bör man göra en mer noggrann mätning. Socialstyrelsen har gett ut allmänna råd som bland annat innehåller riktvärden för lågfrekvent buller inomhus.”

En bra utgångspunkt utifrån dessa rekommendationer är därvid att undersöka skillnaden mellan A-vägt och C-vägt ljud, vilket om vindparken ej är uppförd bör göras genom beräkningar. Detta kan i beräkningsmodellen Nord2000 utföras med beräkningar utgående från vindkraftverkets källljud i 1/3- oktavband, även kallat tersband. Om tersband ej finns tillgängligt för verktypen kan beräkning utföras för oktavband, där varje oktavband fördelas på tre tersband. Detta ger dock en större osäkerhet på resultatet. Om skillnaden mellan det beräknade A-vägda och C-vägda ljudet är större än 20 dB eller om skillnaden är nära 20 dB och den ekvivalenta ljudnivån är kring riktvärdet 40 dBA bör en vidare undersökning utföras.

I Sverige har Socialstyrelsen, i SOSFS 2005:6, angett riktvärden för lågfrekvent ljud inomhus [5], inget riktvärde finns i dagsläget utomhus. Riktvärdena anges som ljudnivån per tersband mellan frekvenserna 31,5 och 200 Hz, se Tabell 1. I den ovan nämnda rapport som Naturvårdsverket låtit sammanställa [2] sägs att det är dessa riktvärden som bör ligga till grund för om en vindpark



klaras det lågfrekventa ljudet vid bostäder eller ej. Bedömningen i detta PM görs utifrån dessa riktvärden.

Tabell 1. Riktvärden för lågfrekvent ljud enligt SOSFS 2005:6[5]

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
31,5	56
40	49
50	43
63	41,5
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

Ljudnivån inomhus beräknas i tersband genom antagandet av en fasaddämpning enligt Tabell 2. Dessa värden är från en artikel om ljudisolering i bostäder vid låga frekvenser enligt *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* [6]. De motsvarar ljudnivån i fritt fält ute minus ljudnivån inne som förväntas överskridas av 80 - 90% av typiska danska bostäder. Fasaddämpningen är uppmätt på hus i Danmark och normalt har bostadshus i Sverige fasader med bättre isolering som dämpar ljudet bättre. Noterbart är dock att det finns hus med sämre isolering där det oftast är fönstertypen som är dimensionerande.

Tabell 2. Antagen fasaddämpning utifrån Hoffmeyer o Jakobsen[6].

Frekvens (Hz)	Fasaddämpning dL i 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

Mätningarna som ligger till grund för Hoffmeyer och Jakobsens artikel har kritiserats för att ge för hög fasaddämpning, se Møller et al. i referens [7].

4 Resultat

Ljudutbredningsberäkningarna är gjorda med den nordiska beräkningsmodellen Nord2000, Delta, av 1719/01, 2002 med förutsättningar enligt Naturvårdsverkets praxis d.v.s. konstant medvind för vindhastigheten 8 m/s på 10 m höjd. Beräkningsresultatet och beräkningsförutsättningarna redovisas i dokument [8] och [9]. Programvara som använts är SoundPLAN 7.1. Totalt ingår bolagets 18 vindkraftverk av verktyg Vestas V90 2 MW med navhöjd 105 m respektive 155 m i beräkningarna, totalhöjd 150 m respektive 200 m..

Indata för ljudeffekt och frekvensspektrum till beräkningar framgår av [8] och [9]. Frekvensspektrum i tersband har tagits från en mät rapport för verktygen. Uppmätt frekvensspektrum har därefter skalats linjärt till 104 dBA för att motsvara den för verktygen garanterade A-vägda ljudeffektnivån. Garanterade ljudeffektnivåer innehåller normalt en marginal om de framtagits på korrekt sätt av tillverkaren. Därutöver finns marginal att reglera

samtliga vindkraftverk med ytterligare upp till 3 decibel som skyddsåtgärd, för båda totalhöjderna.

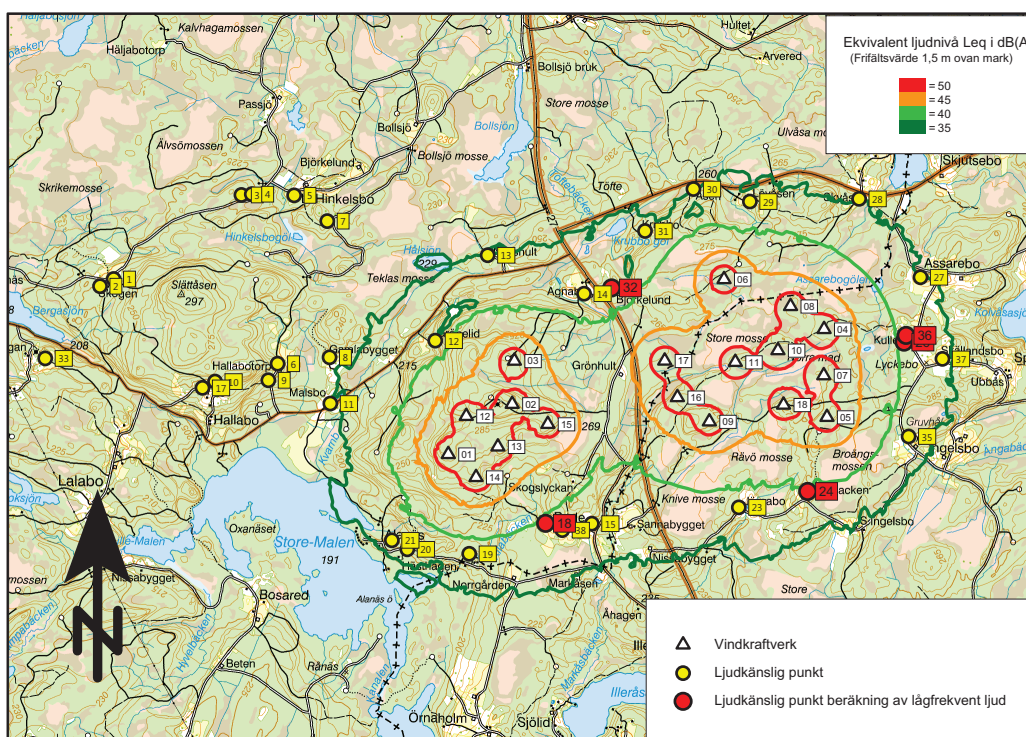
Beräkning av A-vägda och C-vägda ljudnivåer för samtliga ljudkänsliga punkter redovisas i [8]. De visar att skillnaden $L_{C,eq} - L_{A,eq}$ är större än 20 decibel för några ljudkänsliga punkter, upp till 2 decibel högre. Dessa ljudkänsliga punkter har dock låg ljudnivå, under 30 dBA, och är på ett stort avstånd från vindkraftparken. Det ska även konstateras att det inte finns något riktvärde kopplat till ekvivalent ljudnivå i dBC eller skillnaden $L_{C,eq} - L_{A,eq}$. Det riktvärde som Naturvårdsverket rekommenderar för lågfrekvent ljud från vindkraft, och som föreskrivits i aktuellt kompletteringsföreläggande, är Socialstyrelsens riktvärde för lågfrekvent ljud inomhus enligt [4].

En ökad skillnad i $L_{C,eq} - L_{A,eq}$ kan ofta inträffa på större avstånd från en vindkraftpark. Orsaken till detta är att låga frekvenser inte dämpas lika mycket som höga frekvenser, men det innebär inte att ljudnivån i låga frekvenser ökar varvid högst lågfrekvent ljud ofta uppträder vid högst A-vägd ekvivalent ljudnivå. Detta konstateras även i Naturvårdsverkets anvisningar i [4]:

Det är sannolikt inget problem om den A-vägda nivån är klart under riktvärdet samtidigt som skillnaden mellan det C-vägda och A-vägda värdet är mindre än cirka 20 dB

Utifrån dessa premisser görs den fortsatta detaljerade studien mot socialstyrelsens riktvärden [5] i de ljudkänsliga punkter som har högst beräknad A-vägd ekvivalent ljudnivå. Dessa presenteras för respektive totalhöjd, 150 m och 200 m, i avsnitt 4.1 och 4.2.

4.1 Resultat totalhöjd 150 m



Figur 1. Utvalda ljudkänsliga punkter (röda) med högst ekvivalent A-vägd ljudnivå [8] och [9].

**Tabell 3.** Skillnad mellan A-vägda och C-vägda ljudnivåer.

	Ekvivalent ljudnivå i dBC	Ekvivalent ljudnivå i dBA	Ekvivalent ljudnivå i dBC-dBA
24	58	39	19
18	58	39	19
26	57	39	18
36	57	39	18
32	57	38	19

Av Tabell 3 framgår att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus ej är större än 20 dB i de fem utvalda ljudkänsliga punkterna med högst A-vägd ekvivalent ljudnivå. Därefter utförs en detaljerad frekvensanalys av ljudnivån i tersband inomhus, Tabell 4, genom antagandet av en fasaddämpning enligt Tabell 2.

Tabell 4. Beräknad ljudnivå i tersband inomhus i dB. Ovägt.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	53	52	51	49	47	45	42	37	34
18	53	52	51	49	47	45	42	38	34
26	52	51	50	49	48	45	42	36	34
36	51	51	51	49	47	45	42	36	34
32	52	51	50	48	47	45	42	38	35

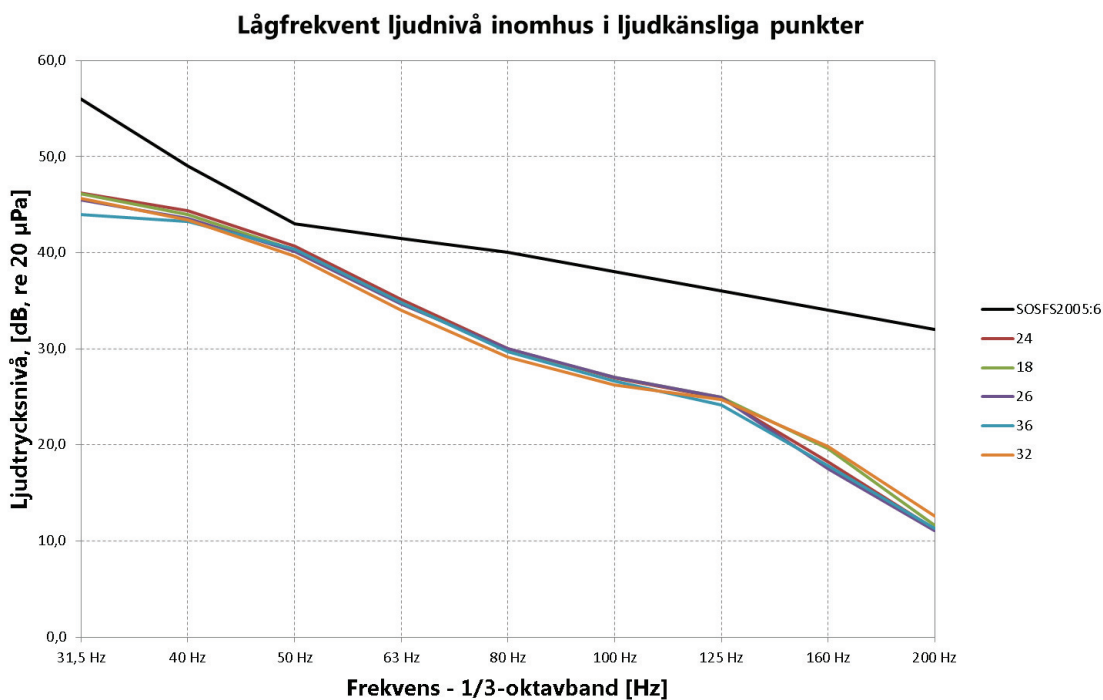
Resultatet av den detaljerade frekvensanalysen ges i Tabell 5, där skillnaden mellan Socialstyrelsens riktvärden och beräknad ljudnivå anges. Ett negativt värde innebär att riktvärderna innehålls vilket markeras med **grönt** i tabellen.

Punkter som ej klarar riktvärderna markeras med **rött**. Det finns inga sådana punkter. I Figur 2 redovisas även ett diagram med beräknad ljudnivå inomhus och Socialstyrelsens riktvärde.

Tabell 5. Skillnad mellan riktvärderna i SOSFS 2005:6 och beräknade ovägd ekvivalenta ljudnivåer dB.

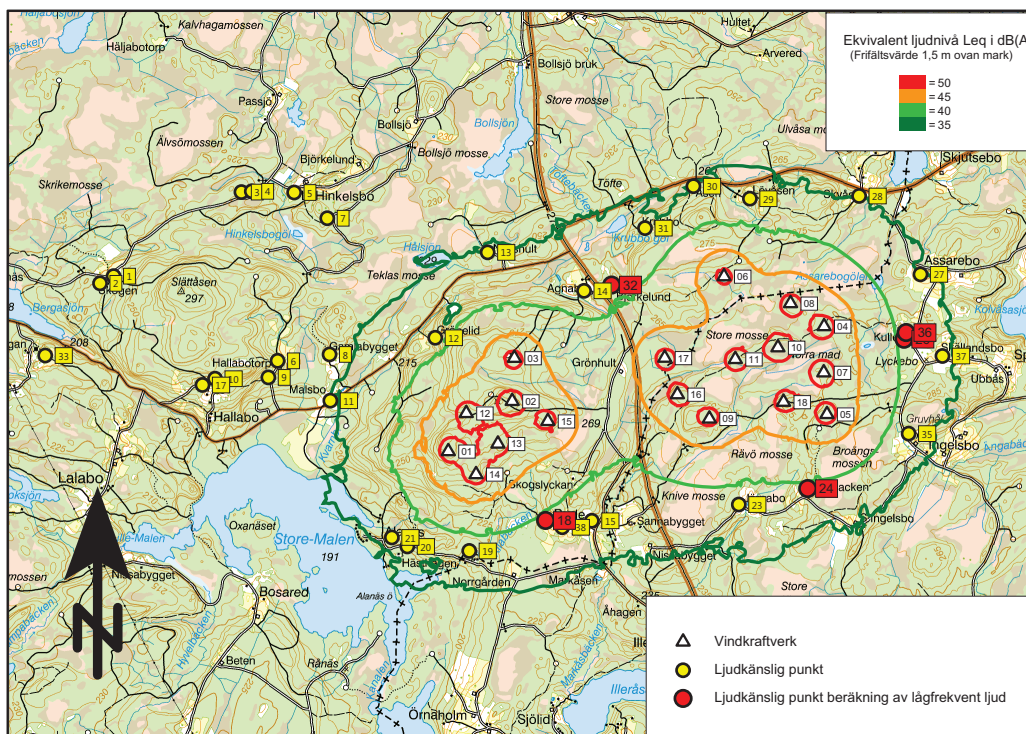
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	-10	-5	-2	-6	-10	-11	-11	-16	-21
18	-10	-5	-3	-7	-10	-11	-11	-14	-20
26	-11	-5	-3	-7	-10	-11	-11	-16	-21
36	-12	-6	-3	-7	-10	-11	-12	-16	-21
32	-10	-6	-3	-7	-11	-12	-11	-14	-19

För att säkerställa att riktvärderna innehålls för alla ljudkänsliga punkter, trots att den ekvivalenta ljudnivån i dBA är klart under riktvärdet 40 dBA för merparten av dessa, görs en översiktlig analys av frekvensinnehållet för samtliga ljudkänsliga punkter. Av denna kontroll framgår att riktvärderna enligt [5] innehålls för alla ljudkänsliga punkter.



Figur 2. Jämförelse mellan beräknad ovägd ekvivalent ljudnivå i beräkningspunkterna och riktvärdena i SOSFS 2005:6.

4.2 Resultat totalhöjd 200 m



Figur 3. Utvalda ljudkänsliga punkter (röda) med högst ekvivalent A-vägd ljudnivå [8] och [9].

**Tabell 6.** Skillnad mellan A-vägda och C-vägda ljudnivåer.

	Ekvivalent ljudnivå i dBC	Ekvivalent ljudnivå i dBA	Ekvivalent ljudnivå i dBC-dBA
24	58	39	19
18	57	39	18
26	57	39	18
36	57	39	18
32	57	39	18

Av Tabell 6 framgår att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus ej är större än 20 dB i de fem utvalda ljudkänsliga punkterna med högst A-vägd ekvivalent ljudnivå. Därefter utförs en detaljerad frekvensanalys av ljudnivån i tersband inomhus, Tabell 7, genom antagandet av en fasaddämpning enligt Tabell 2.

Tabell 7. Beräknad ljudnivå i tersband inomhus i dB. Ovägt.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	53	52	51	49	48	45	41	34	34
18	53	52	51	49	48	45	41	36	34
26	52	51	51	49	47	45	40	33	34
36	52	52	51	49	47	45	40	34	34
32	52	51	50	49	47	45	42	38	35

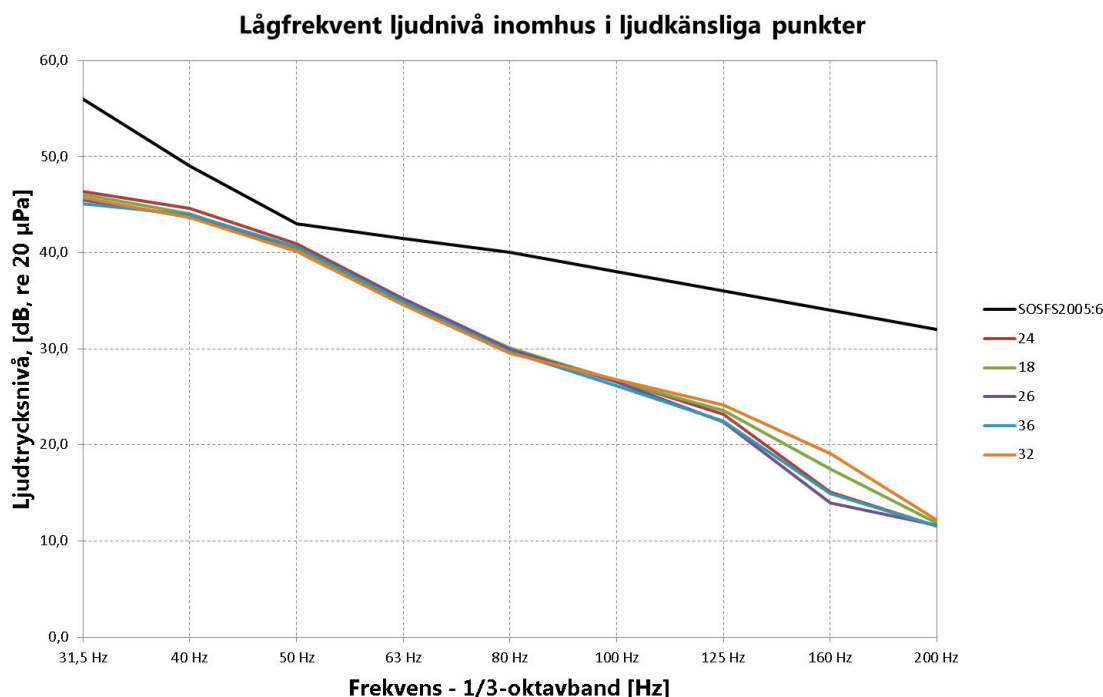
Resultatet av den detaljerade frekvensanalysen ges i Tabell 8, där skillnaden mellan Socialstyrelsens riktvärden och beräknad ljudnivå anges. Ett negativt värde innebär att riktvärdena innehålls vilket markeras med **grönt** i tabellen.

Punkter som ej klarar riktvärdena markeras med **rött**. Det finns inga sådana punkter. I Figur 4 redovisas även ett diagram med beräknad ljudnivå inomhus och Socialstyrelsens riktvärde.

Tabell 8. Skillnad mellan riktvärdena i SOSFS 2005:6 och beräknade ovägda ekvivalenta ljudnivåer dB.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	-10	-4	-2	-6	-10	-11	-13	-19	-20
18	-10	-5	-3	-7	-10	-11	-12	-16	-20
26	-11	-5	-2	-6	-10	-11	-14	-20	-20
36	-11	-5	-2	-7	-10	-12	-14	-19	-20
32	-10	-5	-3	-7	-10	-11	-12	-15	-20

För att säkerställa att riktvärdena innehålls för alla ljudkänsliga punkter, trots att den ekvivalenta ljudnivån i dBA är klart under riktvärdet 40 dBA för merparten av dessa, görs en översiktlig analys av frekvensinnehållet för samtliga ljudkänsliga punkter. Av denna kontroll framgår att riktvärdena enligt [5] innehålls för alla ljudkänsliga punkter.



Figur 4. Jämförelse mellan beräknad ovägd ekvivalent ljudnivå i beräkningspunkterna och riktvärdena i SOSFS 2005:6.

5 Kommentarer

Notera att det finns en viss beräkningsmarginal genom att beräkning skett för fallet att det blåser medvind från alla verk mot respektive bostad och att fasadisolering med låg ljuddämpning antagits.

Vindkraftverk av annan typ kan ha ett annat spektrum i lågfrekvensområdet, det kan vara lägre eller högre. Frekvensspektrum kan även skilja mellan olika exemplar av samma verktyp. Generellt garanterar inga leverantörer frekvensdata utan endast A-vägd total ljudeffektnivå, enligt vår erfarenhet.

För att få ett noggrannare resultat kan även ljudisoleringen på berörda fastigheter uppmätas och ansättas i beräkningarna. ÅF har föreslagit för Naturvårdsverket att ta fram schablonvärden för fasadisolering på svenska hus, detta har ännu inte gjorts.

6 Slutsatser

Utifrån utförda beräkningar konstateras att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ljudnivå är större än 20 dB för några ljudkänsliga punkter, dock punkter med låg beräknad A-vägd ekvivalent ljudnivå och på stort avstånd från vindkraftsparken.

Därutöver görs en mer detaljerad frekvensanalys av ljudnivåerna inomhus, genom en antagen fasaddämpning, i de fem punkter som har högst ekvivalent A-vägd ljudnivå utomhus. Vid jämförelse mot riktvärdena i SOSFS 2005:6 konstateras att dessa riktvärden innehålls för alla frekvenser för de fem ljudkänsliga punkterna, för båda totalhöjderna.



PM01

2013-10-24

9 (9)

Även övriga ljudkänsliga punkter klarar dessa riktvärden enligt analys av respektive frekvensspektrum. Baserat på [2] föreligger således ingen risk för allvarliga störningar till följd av lågfrekvent ljud från vindkraft för den planerade vindkraftsparken. För aktuell verktyp och totalhöjder.

Noterbart är också att det mindre och äldre vindkraftverket Vestas V90 2 MW, med givna förutsättningar, ger högre lågfrekvent ljud i de flesta frekvenser i jämförelse med det större och nyare vindkraftverket REpower 3.2M114 enligt [1]. Detta ligger i linje med det resultat som redovisats i [3].

Det ska även tilläggas att det i aktuella beräkningar finns en marginal då det som skyddsåtgärd går att reglera ner samtliga vindkraftverk med upp till 3 decibel.

7 Referenser

- [1] 571154 PM02 Utredning lågfrekvent ljud Grönhult REpower 32M114 131024
- [2] Nilsson M E, Bluhm G, Eriksson G & Bolin K, Kunskapssammanställning om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar: Exponering och hälsoeffekter, Slutrapport till Naturvårdsverket, 2011-11-28
- [3] Søndergaard, B, Low frequency noise from wind turbines: Do the Danish regulations have any impact?, Proceedings 5th International Conference on Wind Turbine Noise, Denver, 28-30 Augusti 2013.
- [4] <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/Buller/Buller-fran-vindkraft/>, Sidan uppdaterad 20 februari 2013 av Ingrid Johansson Horner. Sidan avläst 22 februari 2013
- [5] SOSFS 2005:6 [M] Allmänna råd - Buller inomhus
- [6] 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
- [7] Møller, H, Pedersen, S, Persson Wayne, K & Pedersen Ch S, , Comments to the article "Sound insulation of dwellings at low frequencies", Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol 30, no 3, 2011,
- [8] 571154 Bilaga A01-A02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 131023
- [9] 571154 Bilaga A03-A04 Lågfrekvensberäkning Grönhult 131023

ÅF-Infrastructure AB
Ljud & Vibrationer
Stockholm

Granskad av

Paul Appelqvist

Manne Friman

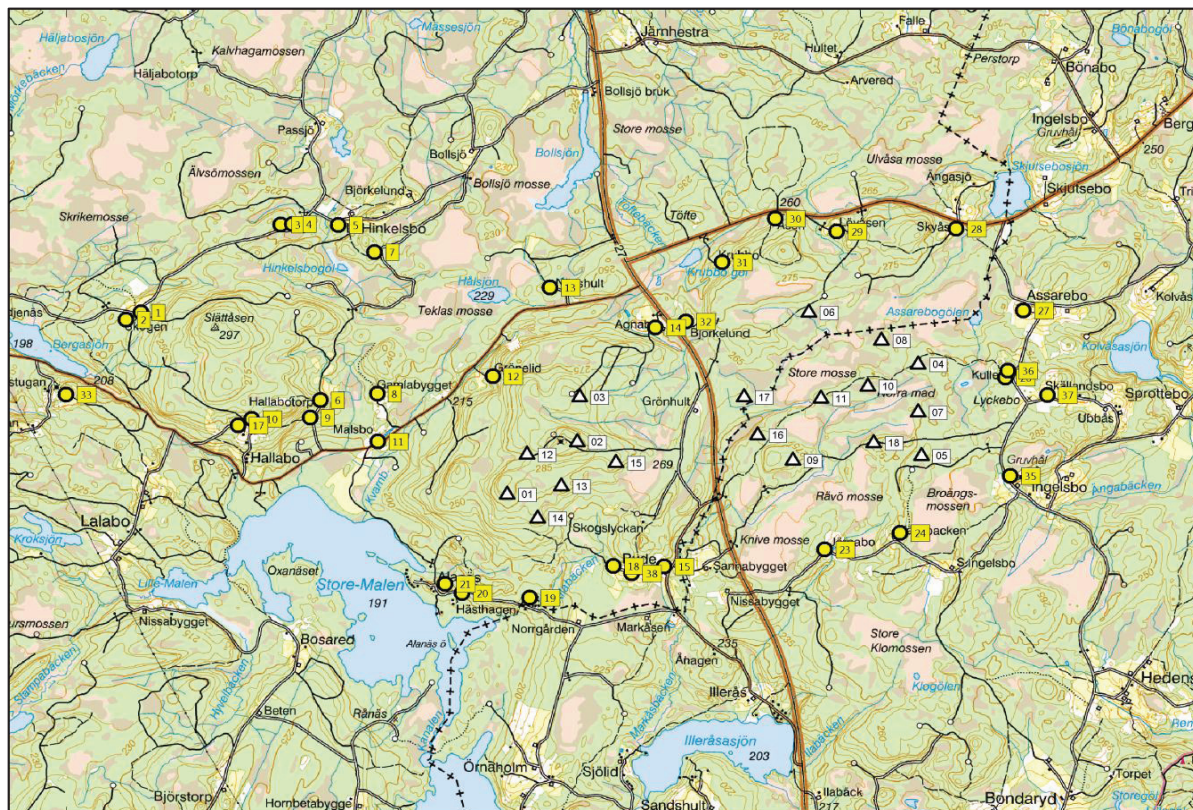
Beräkningar lågfrekvent ljud Vestas V90 totalhöjd 150 och 200 meter

Lågfrekvensberäkning av ljud från vindkraft

Nytänkande med erfarenhet



Bilaga A03-A04 - Vestas V90 2 MW - Totalhöjd 150 och 200 m



Projektnummer: 57115

Projekt: Vindkraftpark Grönhult

Beräkningsdatum: 2013-10-24

Beställare: Vattenfall Vindkraft AB

Er referens: Jenny Longworth

Vår handläggare: Paul Appelqvist

Vår kvalitetsgranskare: Martin Almgren



Sida	Titel	Innehåll
3-5	Allmänna förutsättningar	Verk- och beräkningsdata Sida 3 - Beräkningsförutsättningar Sida 4 - Ljuddata Sida 5 - Verksdata
6-9	Bilaga A03	Resultat lågfrekvent ljud - Totalhöjd 150 m Sida 6 - Ljudkänsliga punkter indexering Sida 7 - Skillnad dBC-dBA Sida 8 - Ljudnivå inomhus - SOSFS 2005:6 Sida 9 - Diagram - SOSFS 2005:6
10-13	Bilaga A04	Resultat lågfrekvent ljud - Totalhöjd 200 m Sida 10 - Ljudkänsliga punkter indexering Sida 11 - Skillnad dBC-dBA Sida 12 - Ljudnivå inomhus - SOSFS 2005:6 Sida 13 - Diagram - SOSFS 2005:6



Vindkraftpark	Parklayout	Verktyp	Antal verk	Navhöjd [m]	Totalhöjd [m]	Ljudeffekt L_{WA} [dBA]
Grönhult	Totalhöjd 150 m	Vestas V90 2 MW	18	105	150	104
Grönhult	Totalhöjd 200 m	Vestas V90 2 MW	18	155	200	104

Beräkningsparametrar i mjukvara

Beräkningsprogram	SoundPLAN 7.1
Beräkningsstandard	Nord2000
Sökradie	10 000 m
Beräkningshöjd	1,5 m
Lufftryck	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

Lufftryck, relativ luftfuktighet samt temperatur är standardiserade meteorologiska värden enligt ISA-standard, International Standard Atmosphere. Dessa värden används normalt i de flesta ljudberäkningar och rekommenderas bl.a. för ljudberäkningar av vindkraft i Nord2000 i den "good-practice-guide" som nyligen givits ut i Finland.

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
Vestas V90 2 MW	0	104,0	67,2	71,1	75,1	78,8	81,5	84,0	86,1	87,7	88,5
			200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25k Hz
			89,5	90,8	92,0	92,3	92,8	93,1	93,4	93,7	93,9
			1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz
			92,8	91,9	90,4	89,5	88,5	85,1	78,3	69,8	61,0

Referens ljuddata: Frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) har erhållits från leverantörens mät rapport 958475.R0 daterad 2005-03-11. Frekvensspektrum för 7 m/s används i beräkningarna vilket motsvarar frekvensspektrum för högsta uppmätta ljudeffektnivå. Ljudeffektnivån har erhållits från leverantörens dokument 0008-1572 V02 daterad 2012-01-08, där även ovan angivet dokument för frekvensdata refereras. Den ansatta ljudeffektnivån 104 dBA motsvarar leverantörens garanterade ljudeffektnivå för verktypen och aktuell reglerinställningen Mode 0 . Frekvensspektrumet har skalats linjärt för att motsvara garanterad ljudeffektnivå.

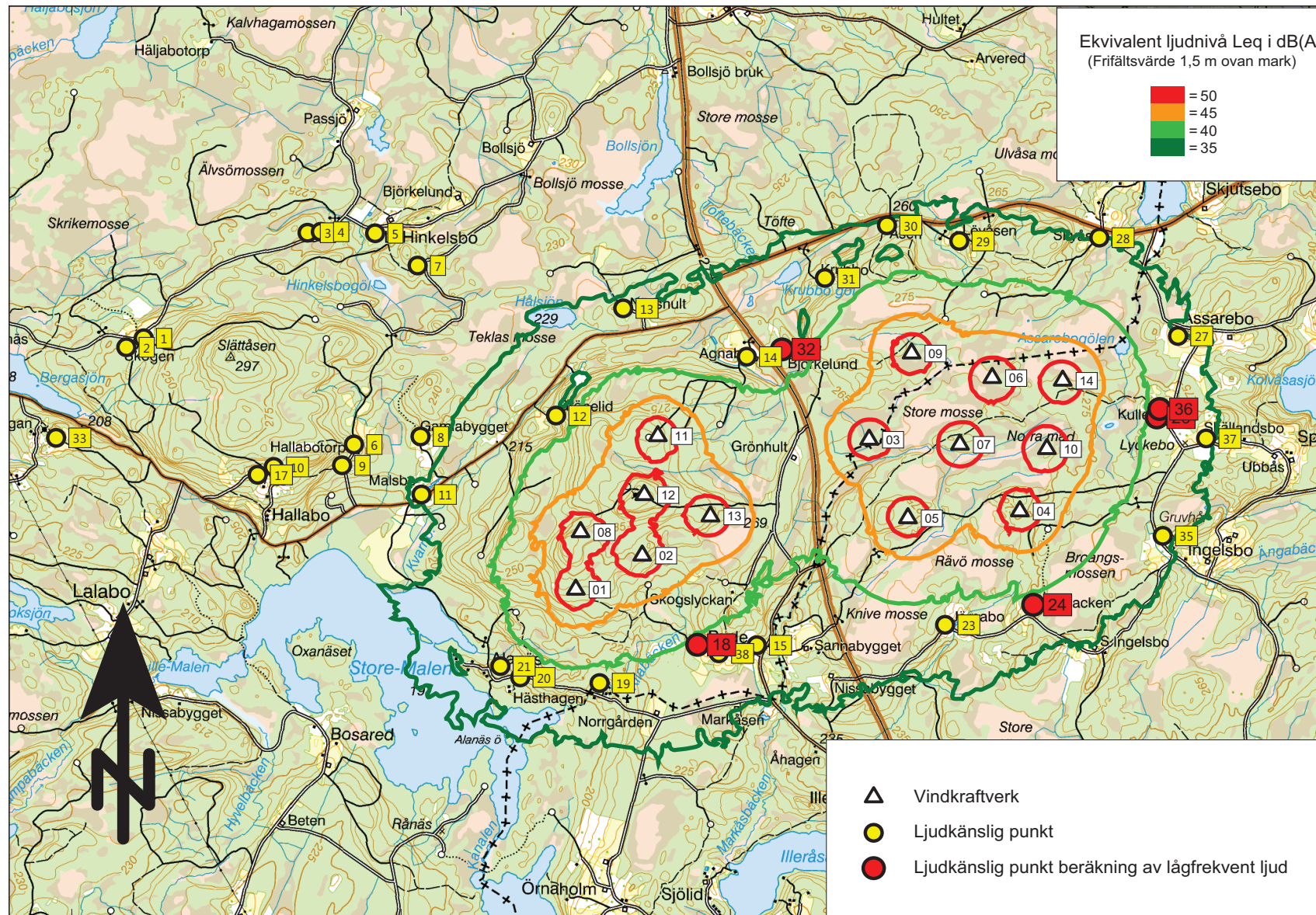
Beräkningarna gäller för den angivna ljudeffektnivån. ÅF ger ingen garanti för att ljudeffektnivån stämmer med verkens faktiska ljudeffektnivåer. Noterbart är dock att ansatta ljudeffektnivåer motsvarar leverantörens garanterade värde vilket har viss marginal om de deklarerats på korrekt sätt. Därutöver finns marginal att reglera ner samtliga verk som skyddsåtgärd. Samtliga vindkraftverk i beräkningarna har således minst 3 dB i marginal.

Verksdata



Namn	X [m]	Y [m]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Ljudeffekt beräkning [dBA]	Ytterligare marginal [dBA]	Reglerinställning
Grönhult - Totalhöjd 150 m								
1	1357791	6364178	105	395	290	104,0	3	0
2	1358431	6364681	105	414	309	104,0	3	0
3	1358453	6365113	105	398	293	104,0	3	0
4	1361555	6365430	105	377	272	104,0	3	0
5	1361584	6364550	105	387	282	104,0	3	0
6	1360553	6365930	105	369	264	104,0	3	0
7	1361552	6364967	105	377	272	104,0	3	0
8	1361219	6365660	105	375	270	104,0	3	0
9	1360406	6364505	105	381	276	104,0	3	0
10	1361093	6365218	105	373	268	104,0	3	0
11	1360666	6365101	105	372	267	104,0	3	0
12	1357971	6364560	105	392	287	104,0	3	0
13	1358288	6364254	105	383	278	104,0	3	0
14	1358069	6363948	105	370	265	104,0	3	0
15	1358788	6364480	105	391	286	104,0	3	0
16	1360086	6364748	105	371	266	104,0	3	0
17	1359959	6365114	105	363	258	104,0	3	0
18	1361149	6364673	105	380	275	104,0	3	0
Grönhult - Totalhöjd 200 m								
1	1357791	6364178	155	445	290	104,0	3	0
2	1358431	6364681	155	464	309	104,0	3	0
3	1358453	6365113	155	448	293	104,0	3	0
4	1361555	6365430	155	427	272	104,0	3	0
5	1361584	6364550	155	437	282	104,0	3	0
6	1360553	6365930	155	419	264	104,0	3	0
7	1361552	6364967	155	427	272	104,0	3	0
8	1361219	6365660	155	425	270	104,0	3	0
9	1360406	6364505	155	431	276	104,0	3	0
10	1361093	6365218	155	423	268	104,0	3	0
11	1360666	6365101	155	422	267	104,0	3	0
12	1357971	6364560	155	442	287	104,0	3	0
13	1358288	6364254	155	433	278	104,0	3	0
14	1358069	6363948	155	420	265	104,0	3	0
15	1358788	6364480	155	441	286	104,0	3	0
16	1360086	6364748	155	421	266	104,0	3	0
17	1359959	6365114	155	413	258	104,0	3	0
18	1361149	6364673	155	430	275	104,0	3	0

Bilaga A03 - Indexering



Bilaga A03- 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	58	39	19
18	1355329	6364845	58	39	19
26	1362356	6365303	57	39	18
36	1362377	6365370	57	39	18
32	1359427	6365846	57	38	19

¹⁾De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga A01-A02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 131023 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-vägda ekvivalenta ljudnivån samtidigt är klart under riktvärdet 40 dBA.

Bilaga A03 - 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

Socialstyrelsens riktvärden [dB] enligt SOSFS2005:6

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
SOSFS2005:6	56,0	49,0	43,0	41,5	40,0	38,0	36,0	34,0	32,0

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	53	52	51	49	47	45	42	37	34
18	53	52	51	49	47	45	42	38	34
26	52	51	50	49	48	45	42	36	34
36	51	51	51	49	47	45	42	36	34
32	52	51	50	48	47	45	42	38	35

Ljudnivå inomhus, 1/3-oktavband [dB]

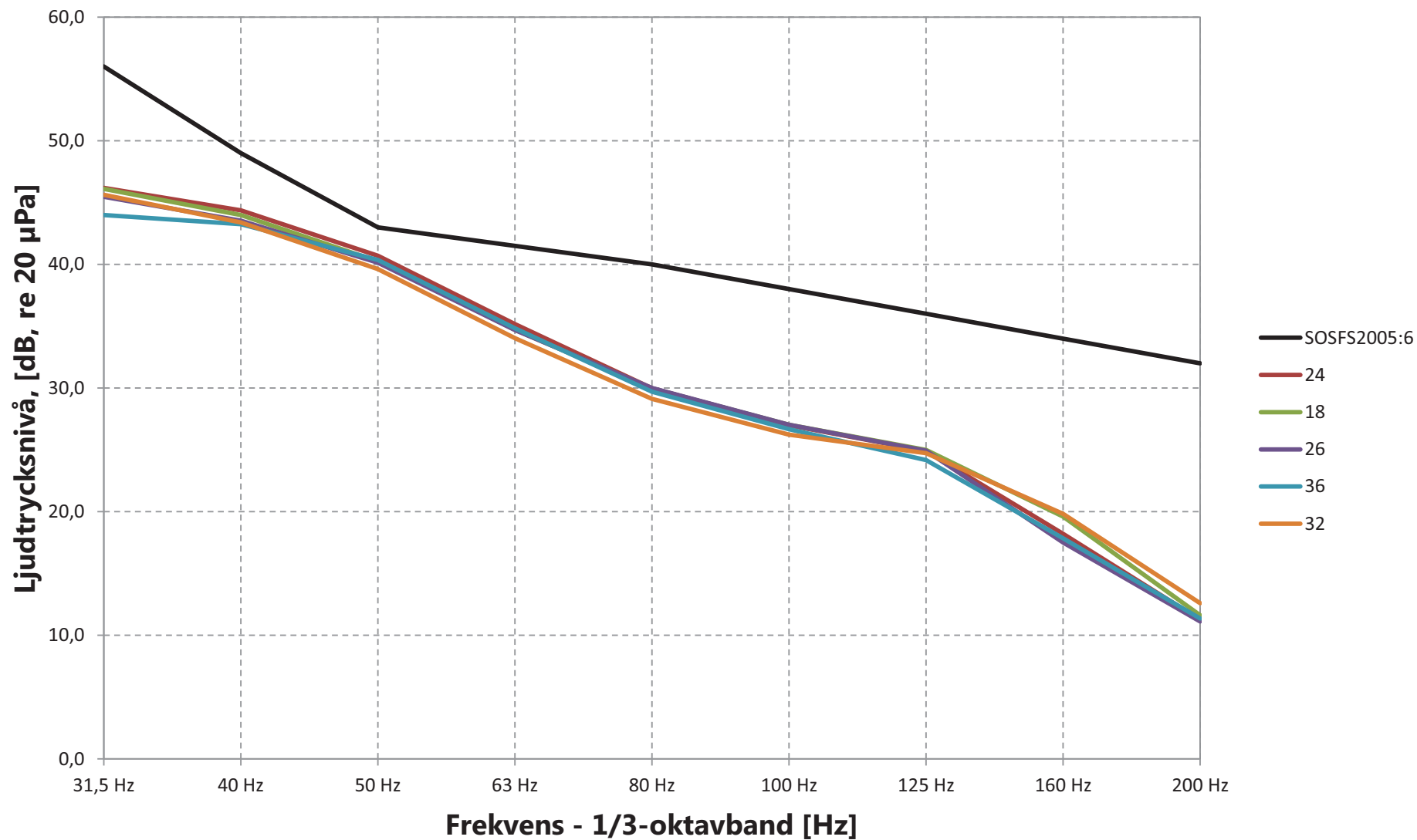
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	46	44	41	35	30	27	25	18	11
18	46	44	40	35	30	27	25	20	12
26	45	44	40	35	30	27	25	18	11
36	44	43	40	35	30	27	24	18	11
32	46	43	40	34	29	26	25	20	13

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

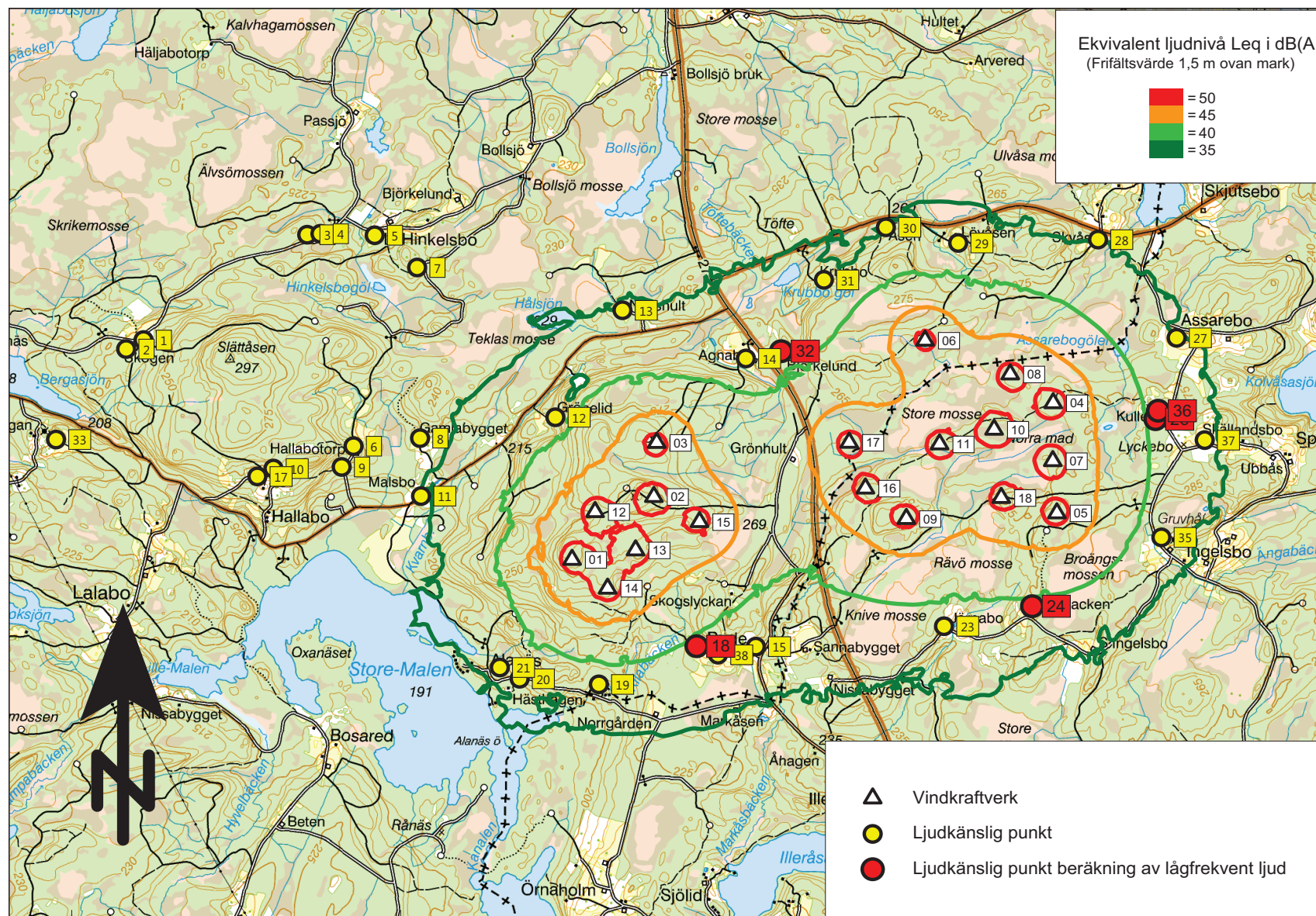
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
24	-10	-5	-2	-6	-10	-11	-11	-16	-21
18	-10	-5	-3	-7	-10	-11	-11	-14	-20
26	-11	-5	-3	-7	-10	-11	-11	-16	-21
36	-12	-6	-3	-7	-10	-11	-12	-16	-21
32	-10	-6	-3	-7	-11	-12	-11	-14	-19

¹⁾Ett negativt värde indikerar att Socialstyrelsens riktvärde innehålls.

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter



Bilaga A04 - Indexering



Bilaga A04- 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	58	39	19
18	1355329	6364845	57	39	18
26	1362356	6365303	57	39	18
36	1362377	6365370	57	39	18
32	1359427	6365846	57	39	18

¹⁾De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 564386 Bilaga B01-B06 Ljudimmissionsberäkning vindkraftpark Velinga 130924 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-vägda ekvivalenta ljudnivån samtidigt är klart under riktvärdet 40 dBA.

Bilaga A04 - 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

Socialstyrelsens riktvärden [dB] enligt SOSFS2005:6

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
SOSFS2005:6	56,0	49,0	43,0	41,5	40,0	38,0	36,0	34,0	32,0

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	53	52	51	49	48	45	41	34	34
18	53	52	51	49	48	45	41	36	34
26	52	51	51	49	47	45	40	33	34
36	52	52	51	49	47	45	40	34	34
32	52	51	50	49	47	45	42	38	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
24	46	45	41	35	30	27	23	15	12
18	46	44	40	35	30	27	24	18	12
26	45	44	41	35	30	27	22	14	12
36	45	44	41	35	30	26	22	15	12
32	46	44	40	35	30	27	24	19	12

Jämförelse med Socialstyrelsens riktvärden, 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
24	-10	-4	-2	-6	-10	-11	-13	-19	-20
18	-10	-5	-3	-7	-10	-11	-12	-16	-20
26	-11	-5	-2	-6	-10	-11	-14	-20	-20
36	-11	-5	-2	-7	-10	-12	-14	-19	-20
32	-10	-5	-3	-7	-10	-11	-12	-15	-20

¹⁾Ett negativt värde indikerar att Socialstyrelsens riktvärde innehålls.

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter

