

**Bilaga 4d – Lågfrequens ljud REpower M114 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 – REpower 3.2M114, 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 14 vindkraftverk av verktyp REpower 3.2M114, för två totalhöjder 150 m respektive 200 m. Därutöver görs samma beräkning för verktyp Vestas V90 2MW, 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 14 vindkraftverk av verktyg REpower 3.2M114 med navhöjd 93 m respektive 143 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 verktyget. I mät rapporten fanns dock inga frekvensdata under 50 Hz. Uppmätt frekvensspektrum har därefter skalats linjärt till 104.2 dBA för att motsvara den för verktyget 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 1.7 decibel som skyddsåtgärd, för båda totalhöjderna.

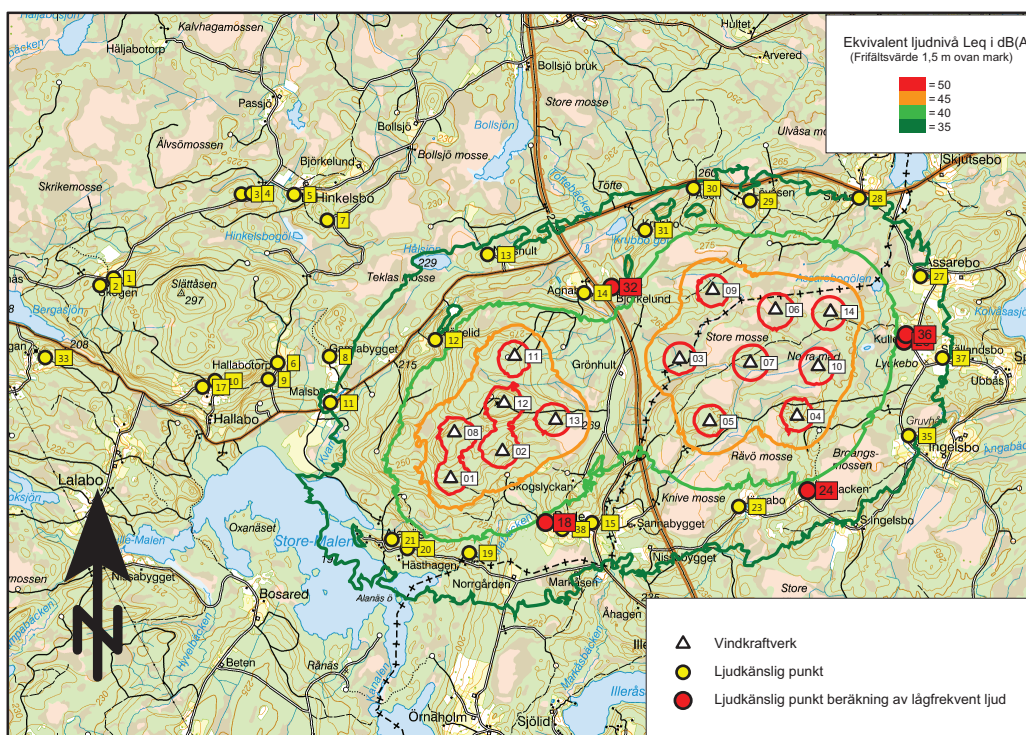
Beräkning av A-vägda och C-vägda ljudnivåer för samtliga ljudkänsliga punkter redovisas i [8]. De visar att skillnaden  $L_{C,eq} - L_{A,eq}$  är mindre än 20 decibel för alla ljudkänsliga punkter. Det ska noteras att det inte finns något riktvärde kopplat till ekvivalent ljudnivå i dBC eller skillnaden  $L_{C,eq} - L_{A,eq}$ . Det riktvärde som Naturvårdsverket rekommenderar för lågfrekvent ljud från vindkraft, och som föreskrivits i aktuellt kompletteringsföreläggande, är Socialstyrelsens riktvärde för lågfrekvent ljud inomhus enligt [5].

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
18	53	39	14
26	53	39	14
24	53	39	14
36	53	39	14
32	53	39	14

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
18	-	-	49	47	46	45	41	37	36
26	-	-	48	47	45	45	41	36	35
24	-	-	49	46	45	44	40	34	36
36	-	-	49	47	45	45	40	36	36
32	-	-	49	47	45	44	41	37	38

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.

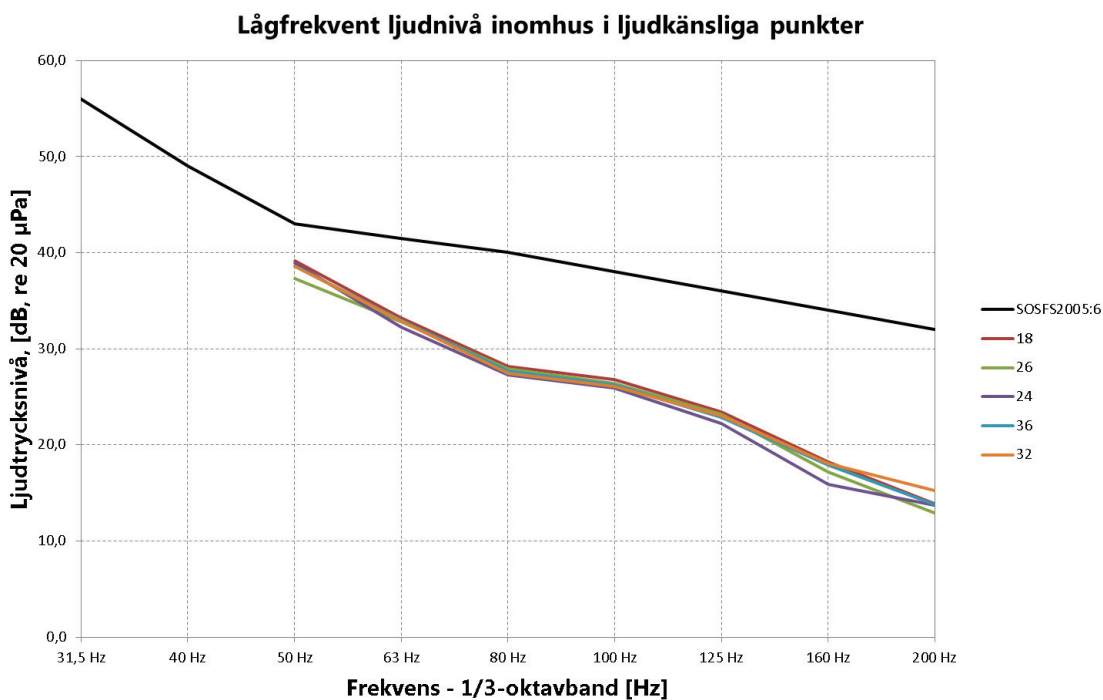
Punkter som ej klarar riktvärderna markeras med **rött**. Det finns inga sådana punkter. I Figur 2 redovisas även ett diagram med beräknad ljudnivå inomhus och Socialstyrelsens riktvärde.

**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
18	-	-	-4	-8	-12	-11	-13	-16	-18
26	-	-	-6	-9	-12	-12	-13	-17	-19
24	-	-	-4	-9	-13	-12	-14	-18	-18
36	-	-	-4	-9	-12	-12	-13	-16	-18
32	-	-	-4	-9	-13	-12	-13	-16	-17

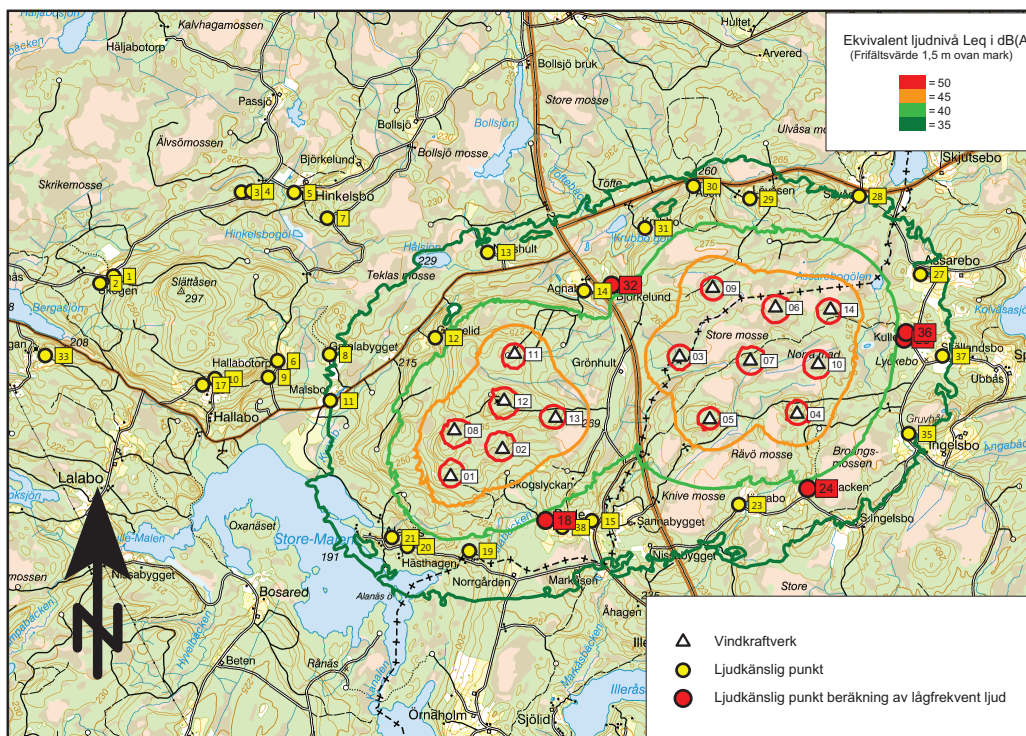
För att säkerställa att riktvärderna innehålls för alla ljudkänsliga punkter, trots att den ekvivalenta ljudnivån i dBA är klart under riktvärdet 40 dBA för merparten av dessa, görs en översiktlig analys av frekvensinnehållet för samtliga ljudkänsliga punkter. Av denna kontroll framgår att riktvärderna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





Figur 2. Jämförelse mellan beräknad övägd 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
<b>18</b>	53	39	14
<b>26</b>	53	39	14
<b>24</b>	53	39	14
<b>36</b>	53	39	14
<b>32</b>	53	39	14

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. Övägt.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
<b>18</b>	-	-	49	48	46	45	40	34	36
<b>26</b>	-	-	49	48	45	45	39	32	36
<b>24</b>	-	-	49	47	45	44	38	33	37
<b>36</b>	-	-	49	47	45	44	39	33	36
<b>32</b>	-	-	49	47	45	45	40	36	36

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.

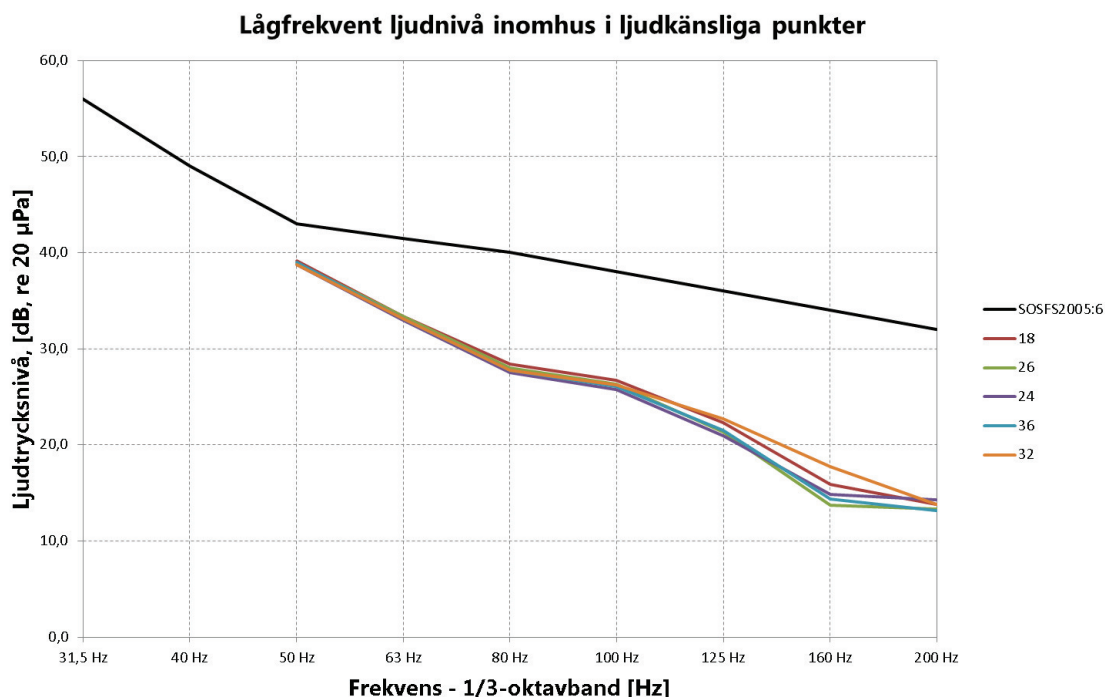
Punkter som ej klarar riktvärdena markeras med **rött**. Det finns inga sådana punkter. I Figur 4 redovisas även ett diagram med beräknad ljudnivå inomhus och Socialstyrelsens riktvärde.

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

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
<b>18</b>	-	-	-4	-8	-12	-11	-14	-18	-18
<b>26</b>	-	-	-4	-8	-12	-12	-15	-20	-19
<b>24</b>	-	-	-4	-8	-12	-12	-15	-19	-18
<b>36</b>	-	-	-4	-8	-12	-12	-14	-20	-19
<b>32</b>	-	-	-4	-8	-12	-12	-13	-16	-18

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 verktyg. Generellt garanterar inga leverantörer frekvensdata utan endast A-vägd total ljudeffektnivå, enligt vår erfarenhet. I aktuellt fall fanns ej heller frekvensdata under tersband 50 Hz varvid inga beräkningar för frekvenser under 50 Hz har kunnat göras.

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

Utförda beräkningar konstateras att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ljudnivå är mindre än 20 dB för alla ljudkänsliga punkter.

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 större och nyare vindkraftverket REpower 3.2M114, med givna förutsättningar, ger lägre lågfrekvent ljud i de flesta frekvenser i jämförelse med det mindre och äldre vindkraftverket Vestas V90 2 MW 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 1.7 decibel.

## 7 Referenser

[1] 571154 PM01 Utredning lågfrekvent ljud Grönhult Vestas V90 2MW 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 5<sup>th</sup> 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 B01-B02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult 131023

[9] 571154 Bilaga B03-B04 Lågfrekvensberäkning Grönhult 131023

ÅF-Infrastructure AB  
Ljud & Vibrationer  
Stockholm

Granskad av

Paul Appelqvist

Manne Friman

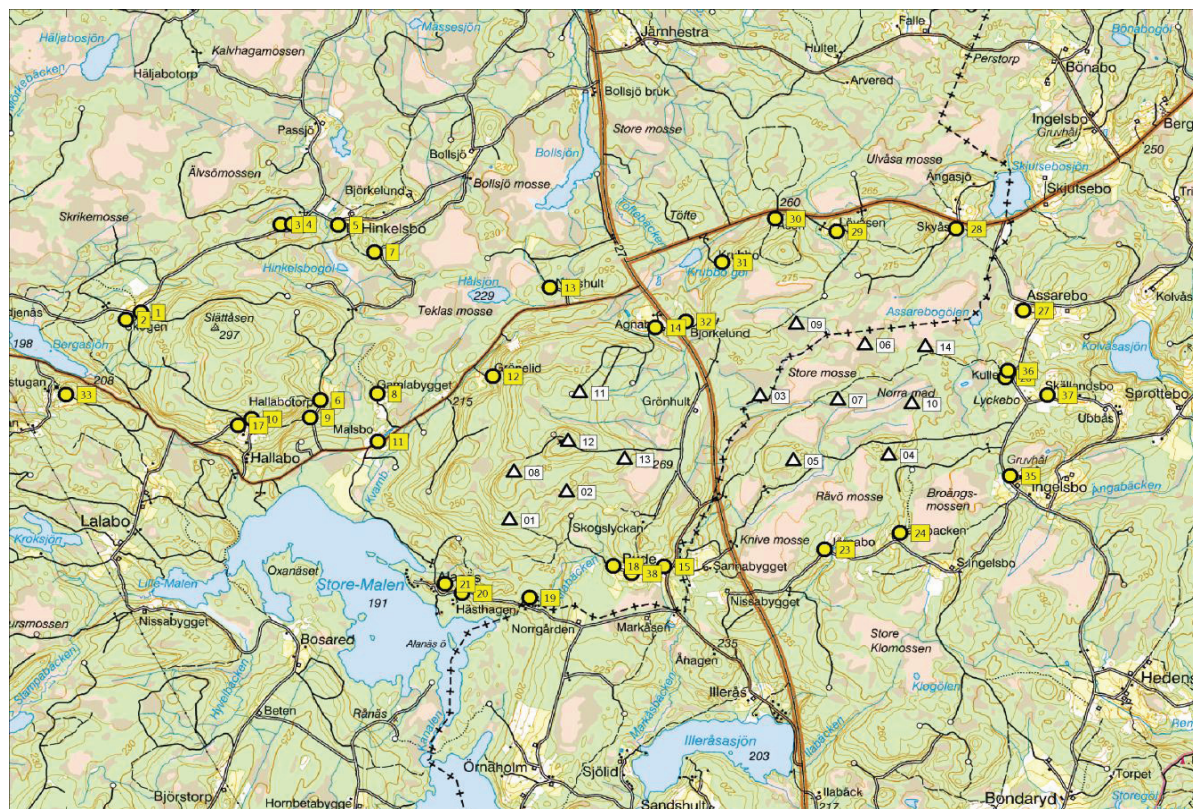
## **Beräkningar lågfrekvent ljud REpower M114 totalhöjd 150 och 200 meter**

# Lågfrekvensberäkning av ljud från vindkraft

Nytänkande med erfarenhet



## Bilaga B03-B04 - REpower 3.2M114 - 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	<b>Verk- och beräkningsdata</b> Sida 3 - Beräkningsförutsättningar Sida 4 - Ljuddata Sida 5 - Verksdata
6-9	Bilaga B03	<b>Resultat lågfrekvent ljud - Totalhöjd 150 m</b> 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 B04	<b>Resultat lågfrekvent ljud - Totalhöjd 200 m</b> 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	REpower 3.2M114	14	93	150	104,2
Grönhult	Totalhöjd 200 m	REpower 3.2M114	14	143	200	104,2

## 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 <sup>4</sup> /3/s <sup>2</sup>
Turbulenta temperaturfluktuationer	0,008 K/s <sup>2</sup>
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	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz
REpower 3.2M114	3170 kW	104,2	78,5	81,0	83,3	86,9	86,9	88,1	92,4	94,4	95,1
			<b>400 Hz</b>	<b>500 Hz</b>	<b>630 Hz</b>	<b>800 Hz</b>	<b>1 kHz</b>	<b>1,25k Hz</b>	<b>1,6 kHz</b>	<b>2 kHz</b>	<b>2,5 kHz</b>
			94,3	95,4	93,0	92,6	92,1	91,7	90,6	89,0	87,0
			<b>3,15 kHz</b>	<b>4 kHz</b>	<b>5 kHz</b>	<b>6,3 kHz</b>	<b>8 kHz</b>	<b>10 kHz</b>			
			85,6	83,9	81,2	78,3	75,5	72,9			

**Referens ljuddata:** Frekvensspektrum i 1/3-oktavband (tersband) har erhållits från leverantörens mät rapport *GLGH-4286 12 09620 258-S-0002-A daterad 2012-07-19*. Frekvensspektrum för 7 m/s används i beräkningarna vilket motsvarar frekvensspektrum för högsta uppmätta ljudeffektnivå. Ljudeffektnivån har erhållits från leverantörens dokument *SD-3 2-WT PC-00-B-C-EN daterad 2013-07-10*. Den ansatta ljudeffektnivån 104,2 dBA motsvarar leverantörens garanterade ljudeffektnivå för verktypen och aktuell reglerinställningen 3170 kW. Frekvensspektrumet har skalats linjärt för att motsvara garanterad ljudeffektnivå. Inga frekvenser under 50 Hz fanns angivna i mät rapporten.

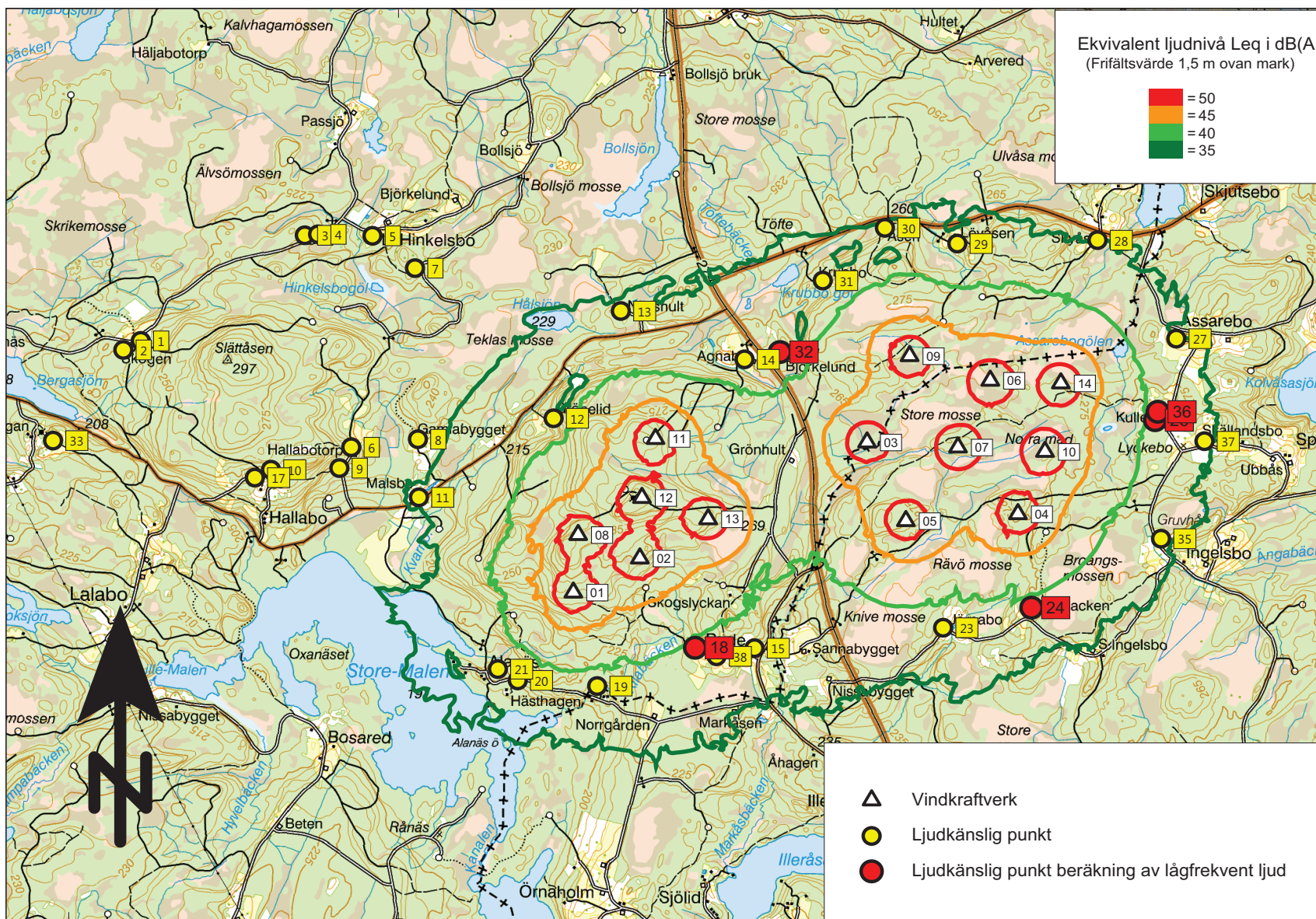
Beräkningarna gäller för den angivna ljudeffektnivån. ÅF ger ingen garanti för att ljudeffektnivån stämmer med verkens faktiska ljudeffektnivåer. Noterbart är dock att ansatta ljudeffektnivåer motsvarar leverantörens garanterade värde vilket har viss marginal om de deklarerats på korrekt sätt. Därutöver finns marginal att reglera ner samtliga verk som skyddsåtgärd. Samtliga vindkraftverk i beräkningarna har således minst 1,7 dB i marginal.

## Verksdata



Namn	X [m]	Y [m]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Ljudeffekt beräkning [dBA]	Ytterligare marginal [dBA]	Reglerinställning
<b>Grönhult - Totalhöjd 150 m</b>								
1	1357815	6363928	93	359	266	104,2	1,7	3170 kW
2	1358334	6364200	93	368	275	104,2	1,7	3170 kW
3	1360107	6365125	93	350	257	104,2	1,7	3170 kW
4	1361285	6364553	93	369	276	104,2	1,7	3170 kW
5	1360410	6364498	93	369	276	104,2	1,7	3170 kW
6	1361069	6365617	93	355	262	104,2	1,7	3170 kW
7	1360817	6365085	93	360	267	104,2	1,7	3170 kW
8	1357852	6364387	93	386	293	104,2	1,7	3170 kW
9	1360439	6365813	93	359	266	104,2	1,7	3170 kW
10	1361496	6365050	93	361	268	104,2	1,7	3170 kW
11	1358456	6365153	93	386	293	104,2	1,7	3170 kW
12	1358350	6364683	93	406	313	104,2	1,7	3170 kW
13	1358867	6364513	93	375	282	104,2	1,7	3170 kW
14	1361620	6365596	93	365	272	104,2	1,7	3170 kW
<b>Grönhult - Totalhöjd 200 m</b>								
1	1357815	6363928	143	409	266	104,2	1,7	3170 kW
2	1358334	6364200	143	418	275	104,2	1,7	3170 kW
3	1360107	6365125	143	400	257	104,2	1,7	3170 kW
4	1361285	6364553	143	419	276	104,2	1,7	3170 kW
5	1360410	6364498	143	419	276	104,2	1,7	3170 kW
6	1361069	6365617	143	405	262	104,2	1,7	3170 kW
7	1360817	6365085	143	410	267	104,2	1,7	3170 kW
8	1357852	6364387	143	436	293	104,2	1,7	3170 kW
9	1360439	6365813	143	409	266	104,2	1,7	3170 kW
10	1361496	6365050	143	411	268	104,2	1,7	3170 kW
11	1358456	6365153	143	436	293	104,2	1,7	3170 kW
12	1358350	6364683	143	456	313	104,2	1,7	3170 kW
13	1358867	6364513	143	425	282	104,2	1,7	3170 kW
14	1361620	6365596	143	415	272	104,2	1,7	3170 kW

# Bilaga B03 - Indexering



## Bilaga B03- Skillnad dBC-dBA



Skillnad mellan dBC och dBA					
Ljudkänslig punkt <sup>1)</sup>	X [m]	Y [m]	L <sub>C,eq</sub> [dBC]	L <sub>A,eq</sub> [dBA]	L <sub>C,eq</sub> -L <sub>A,eq</sub> [dB] <sup>2)</sup>
18	1355329	6364845	53	39	14
26	1362356	6365303	53	39	14
24	1361391	6363808	53	39	14
36	1362377	6365370	53	39	14
32	1359427	6365846	53	39	14

<sup>1)</sup>De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga B01-B02 Ljudmissionsberäkning Grönhult 131023 har kontrollerats noggrannare. Det ska noteras att samtliga ljudkänsliga punkters frekvensinnehåll kontrollerats översiktligt för att säkerställa att de innehåller riktvärdena.

<sup>2)</sup>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 B03 - 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
<b>Fasaddämpning</b>	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
<b>SOSFS2005:6</b>	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 <sup>2)</sup>	40 Hz <sup>2)</sup>	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18			49	47	46	45	41	37	36
26			48	47	45	45	41	36	35
24			49	46	45	44	40	34	36
36			49	47	45	45	40	36	36
32			49	47	45	44	41	37	38

### 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			39	33	28	27	23	18	14
26			37	33	28	26	23	17	13
24			39	32	27	26	22	16	14
36			39	33	28	26	23	18	14
32			39	33	27	26	23	18	15

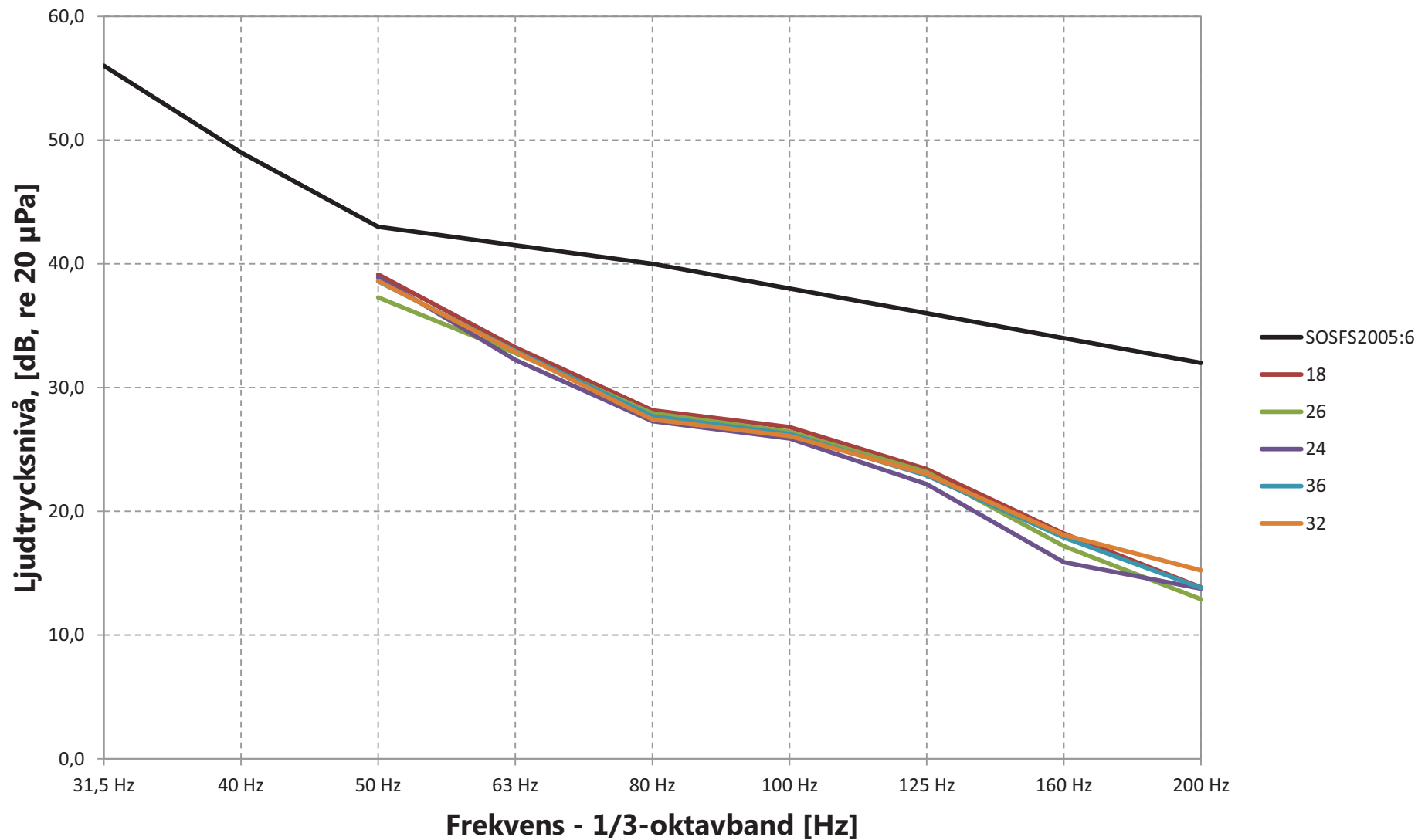
### Jämförelse med Socialstyrelsens riktvärden, 1/3-oktavband [dB]<sup>1)</sup>

Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18			-4	-8	-12	-11	-13	-16	-18
26			-6	-9	-12	-12	-13	-17	-19
24			-4	-9	-13	-12	-14	-18	-18
36			-4	-9	-12	-12	-13	-16	-18
32			-4	-9	-13	-12	-13	-16	-17

<sup>1)</sup>Ett negativt värde indikerar att Socialstyrelsens riktvärde innehålls.

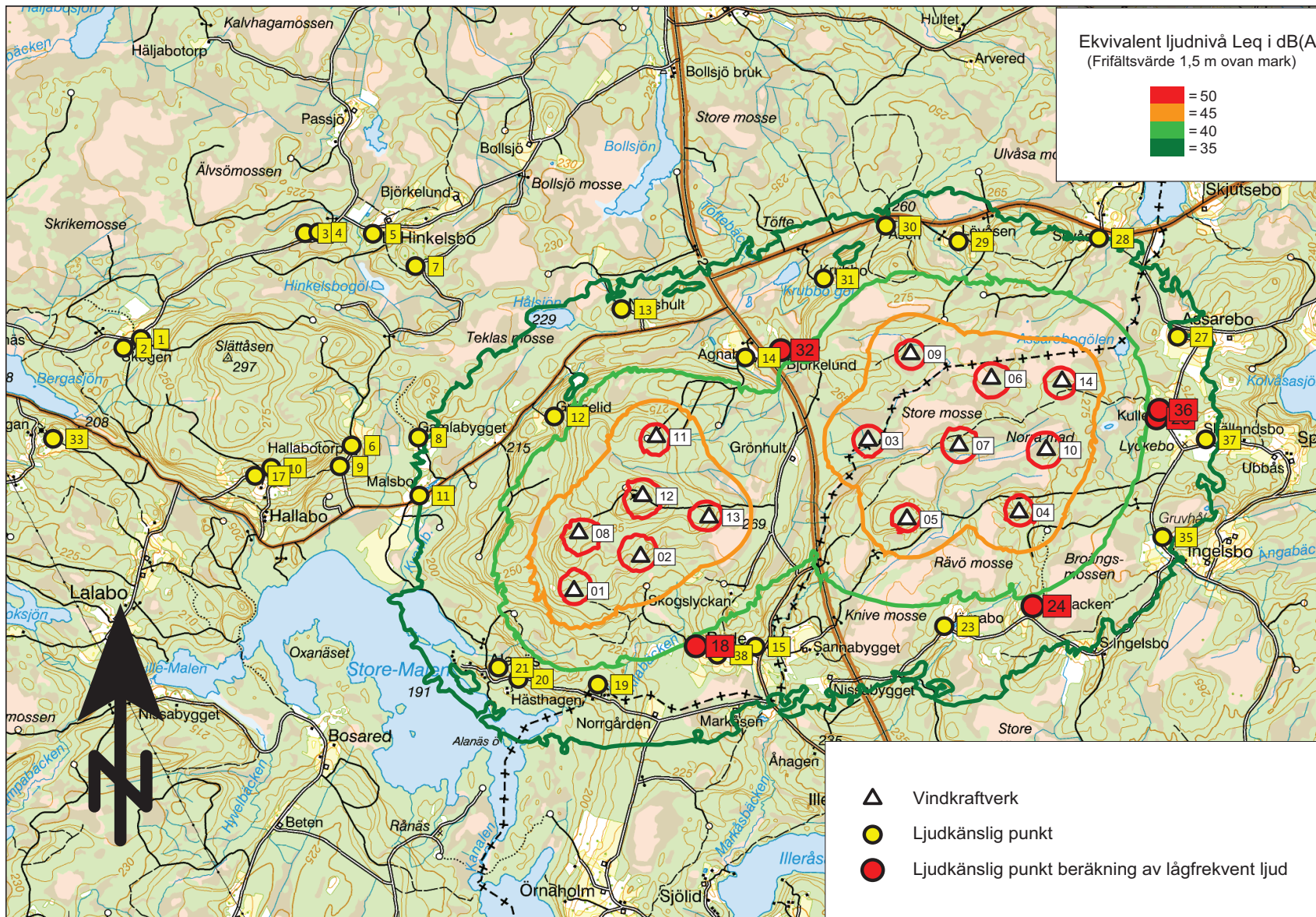
<sup>2)</sup>Inga frekvensdata under 50 Hz fanns att tillgå.

## Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter





# Bilaga B04 - Indexering



## Bilaga B04- Skillnad dBC-dB



Skillnad mellan dBC och dBA					
Ljudkänslig punkt <sup>1)</sup>	X [m]	Y [m]	L <sub>C,eq</sub> [dBC]	L <sub>A,eq</sub> [dBA]	L <sub>C,eq</sub> -L <sub>A,eq</sub> [dB] <sup>2)</sup>
18	1355329	6364845	53	39	14
26	1362356	6365303	53	39	14
24	1361391	6363808	53	39	14
36	1362377	6365370	53	39	14
32	1359427	6365846	53	39	14

<sup>1)</sup>De fem ljudkänsliga punkter som har högst A-vägd ekvivalent ljudnivå enligt dokument 571154 Bilaga B01-B02 Ljudmissionsberäkning Grönhult 131023 har kontrollerats noggrannare. Det ska noteras att samtliga ljudkänsliga punkters frekvensinnehåll kontrollerats översiktligt för att säkerställa att de innehåller riktvärdena.

<sup>2)</sup>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 B04 - 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
<b>Fasaddämpning</b>	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
<b>SOSFS2005:6</b>	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 <sup>2)</sup>	40 Hz <sup>2)</sup>	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18			49	48	46	45	40	34	36
26			49	48	45	45	39	32	36
24			49	47	45	44	38	33	37
36			49	47	45	44	39	33	36
32			49	47	45	45	40	36	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			39	33	28	27	22	16	14
26			39	33	28	26	21	14	13
24			39	33	28	26	21	15	14
36			39	33	28	26	22	14	13
32			39	33	28	26	23	18	14

### Jämförelse med Socialstyrelsens riktvärden, 1/3-oktavband [dB]<sup>1)</sup>

Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18			-4	-8	-12	-11	-14	-18	-18
26			-4	-8	-12	-12	-15	-20	-19
24			-4	-8	-12	-12	-15	-19	-18
36			-4	-8	-12	-12	-14	-20	-19
32			-4	-8	-12	-12	-13	-16	-18

<sup>1)</sup>Ett negativt värde indikerar att Socialstyrelsens riktvärde innehålls.

<sup>2)</sup>Inga frekvensdata under 50 Hz fanns att tillgå.

## Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter

