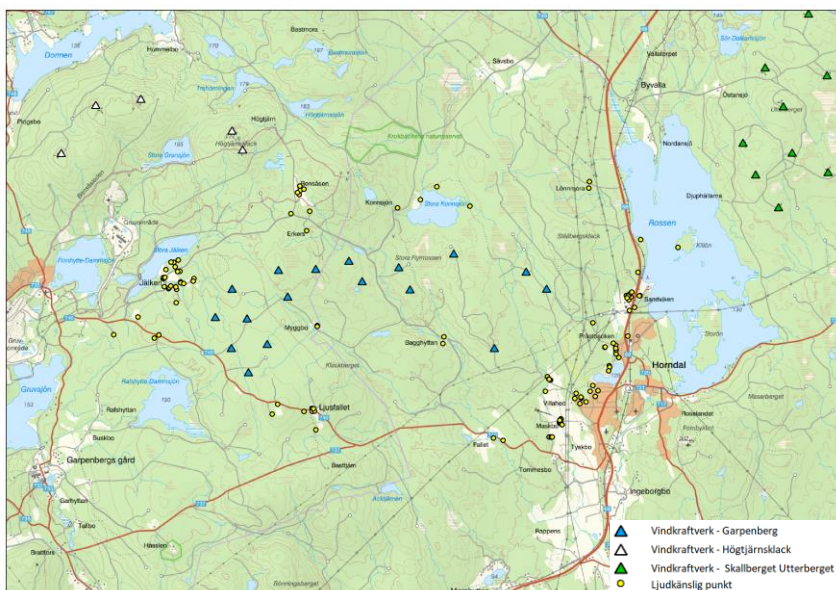


Ljudimmissionsberäkning - Garpenberg Vindkraftpark

För planerad vindkraftpark samt för kumulativa effekter från befintliga vindkraftparker



Kundinformation

Projekt: Vindpark Garpenberg
Kund: Fornybar by Eolus Hydro REIN AB
Kundreferens: Julia Lundkvist

Projektinformation

Dokument-ID: 10-24347 A01
Projekt nr: 10-24347
Datum: 2025-03-10

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

Fornybar by Eolus Hydro REIN AB (bolaget) projekterar för Garpenberg vindkraftpark, i Avesta och Hedemora kommun. I samband med detta ska beräkningar av ljud utföras, A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz. I denna beräkningsrapport redovisas resultat från dessa beräkningar utförda av Akustikkonsulten i Sverige AB (Akustikkonsulten) på uppdrag av bolaget.

Ljudnivåer anges i enheten decibel (dB) som är en logaritmisk skala. Den logaritmiska skalan gör att ljudnivån alltid blir 3 dB högre om två lika stora värden adderas. Att det är en logaritmisk skala spelar även in på ljudupplevelsen. För att ett ljud ska upplevas som dubbelt så högt ska ljudnivån öka med mellan 6-10 dB, beroende på ljudets frekvensinnehåll. En ökning av ljudnivån med 1 dB går normalt inte att uppfatta, utan det krävs en ökning med 2-3 dB för att normalt hörande människor ska kunna uppfatta att ljudnivån blivit högre.

Beräkning av A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus utförs för Garpenberg vindkraftpark med 17 vindkraftverk av verkstyp Vestas V162-6.2 MW med navhöjd 219 m och totalhöjd 300 m. Kumulativt ljudbidrag från vindpark Skallberget Utterberget, 12 vindkraftverk av verkstyp Siemens Gamesa SG 6.6-170 med navhöjd 115 m och vindpark Högtjärnsklack, 7 vindkraftverk av verkstyp Vestas V100-2,0 MW med navhöjd 95 m har även beräknats.

Beräkningarna är utförda 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. Lågfrekvent ljud inomhus beräknas med kumulativt ljudbidrag från de närliggande vindparkerna, lågfrekvent ljud från endast vindpark Garpenberg är dock samma eller lägre.

Beräkningarna redovisas som A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz i närliggande ljudkänsliga punkter vid bostadshus. 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 jämförs mot riktvärdet enligt praxis, A-vägd ekvivalent ljudnivå 40 dBA utomhus. 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 5. Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus utgår från Akustikkonsultens metod beskriven på sida 6.

Resultaten kan sammanfattas enligt nedan:

Jämförelse mot riktvärde - Ekvivalent ljudnivå

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus, 40 dBA, **klaras** i alla ljudkänsliga punkter. Både för Garpenberg vindkraftpark enskilt och med kumulativt bidrag från vindparkerna Högtjärnsklack och Skallberget Utterberget. Här ska tilläggas att beräkningarna är gjorda för medvind i alla riktningar samtidigt vilket inte kan inträffa i verkligheten. Detta kan ge överskattade ljudnivåer, särskilt kumulativa nivåer där beräkningspunkter har vindkraftverk i motsatta riktningar.

Aktuell modell av vindkraftverk har ytterligare 4 ljudreducerande inställningar att tillgå. Det finns därigenom ytterligare skyddsmarginal om 4-6,8 dBA. Ansökan för vindpark Garpenberg görs med en så kallad boxmodell, med flexibel verksplacering. Ytterligare ljudberäkningar kommer utföras vid detaljprojektering för att säkerställa att bullervillkor fortsatt uppnås.

Jämförelse mot riktvärden - Lågfrekvent ljud

Riktvärdena inomhus i 1/3-oktavband mellan 31,5-200 Hz, motsvarande Folkhälsomyndighetens riktvärden i FoHMFS 2014:13, **klaras** för alla frekvenser i alla ljudkänsliga punkter. Beräkningarna av lågfrekvent ljud är utförda med kumulativa nivåer från samtliga vindparker i området och medvindfall i alla riktningar.

Innehållsförteckning

Sida	Innehåll
5	Beräkningsförutsättningar
6	Ljuddata
7-9	Verksdata
10-12	Resultat - Ekvivalent ljudnivå - Ljudkarta
13-15	Resultat - Ekvivalent ljudnivå - Punktberäkning
16	Riktvärden lågfrekvent ljud
17	Metod lågfrekvent ljud
18-26	Resultat - Lågfrekvent ljud

Vindkraftpark	Verkstyp	Antal vindkraftverk	Navhöjd [m]	Totalhöjd [m]	Ljudeffektnivå, L_w [dBA]
Garpenberg	Vestas V162-6.2 MW	17	219	300	104,8
Högtjärnsklack	Vestas V100-2,0 MW	7	95	145	105,0
Skallberget Utterberget	Siemens Gamesa SG 6.6-170	12	115	200	106,0

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	LAS 1-2 punkter per m ²

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 förhållanden 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_w [dBA]
Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE*	104,8
Vestas V162-6.2 MW	SO2 STE*	102,0

Referens ljuddata: Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband mellan 25 Hz - 10 kHz har tagits från leverantörens dokument 0105-5200_01 daterat 2023-05-12. Redovisad ljudeffektnivå motsvarar den högsta angivna ljudeffektnivån för samtliga vindhastigheter och reglerinställningar. Ytterligare 4 reglerinställningar finns tillgängligt med total ljudeffektnivå ner till 98 dBA. Det finns därigenom en skyddsmarginal om 4-6,8 dBA.
*STE - Serrated trailing edge

Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffektnivå, L_w [dBA]
Vestas V100-2,0 MW	Mode 0 (full drift)	105,0

Referens ljuddata: Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband mellan 25 Hz - 10 kHz har tagits från leverantörens dokument 0062-4192 V01 daterat 2018-02-22. Redovisad ljudeffektnivå motsvarar den högsta angivna ljudeffektnivån för samtliga vindhastigheter och reglerinställning "Mode 0".

Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffektnivå, L_w [dBA]
Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0

Referens ljuddata: Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband mellan 25 Hz - 10 kHz har tagits från det högsta uppmätta resultatet från Akustikverkstans Rapport 3594-R2, 2024-10-10. Ljudeffektnivån har därefter höjts med 0,2 dB linjärt för att motsvara tillverkarens deklarerade ljudeffektnivå.

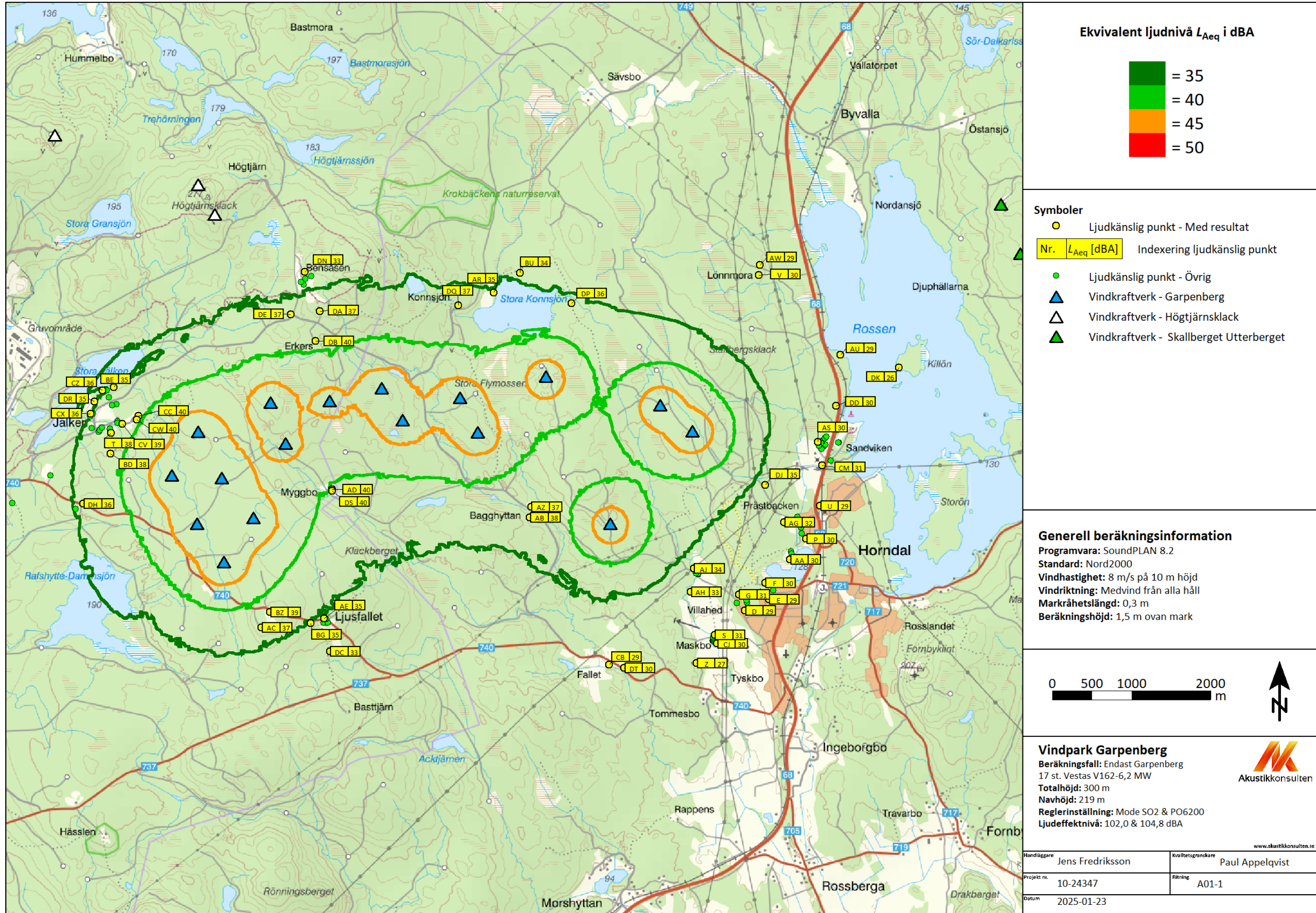
Information om ljuddata

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

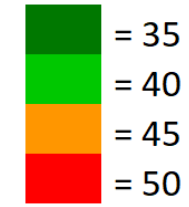
Vindkraftverk Garpenberg								
Vindkraftverk	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Verkstyp	Inställning	Ljudeffekt [dBA]
1	572807	6687353	219	399	180	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
2	569890	6686644	219	428	209	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
3	570220	6687202	219	419	200	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
4	570522	6686613	219	425	206	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
5	570548	6685539	219	438	219	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
6	571142	6687578	219	435	216	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
7	570206	6686026	219	433	214	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
8	570921	6686102	219	435	216	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
9	571887	6687597	219	422	203	Vestas V162-6.2 MW	SO2 STE	102,0
10	572545	6687761	219	404	185	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
11	574624	6687906	219	388	169	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
12	575437	6686026	219	368	149	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
13	576065	6687541	219	375	156	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
14	573535	6687633	219	392	173	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
15	576476	6687208	219	374	155	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
16	573759	6687192	219	395	176	Vestas V162-6.2 MW	PO6200 STE	104,8
17	571329	6687049	219	415	196	Vestas V162-6.2 MW	SO2 STE	102,0

Vindpark Skallberget Utterberget								
Vindkraftverk	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Verkstyp	Inställning	Ljudeffekt [dBA]
SU1	581680	6692680	115	289	174	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU2	582043	6691452	115	275	160	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU3	580816	6691606	115	277	162	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU4	581175	6690837	115	309	194	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU5	580375	6690107	115	299	184	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU6	581354	6689914	115	296	181	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU7	582067	6689525	115	283	168	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU8	580624	6689475	115	292	177	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU9	581084	6688825	115	275	160	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU11	584075	6686676	115	272	157	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU12	585083	6686756	115	271	156	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0
SU13	585771	6686821	115	263	148	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0


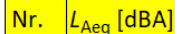




Vindpark Högtjärnsklack								
Vindkraftverk	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]	Verkstyp	Inställning	Ljudeffekt [dBA]
1	566825	6689907	95	356	261	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0
2	567515	6690865	95	354	259	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0
3	568413	6690986	95	362	267	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0
4	570220	6690357	95	351	256	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0
5	570434	6689975	95	349	254	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0
6	570855	6692884	95	326	231	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0
7	571818	6693071	95	349	254	Vestas V100-2,0 MW	Mode 0	105,0



Ekvivalent ljudnivå L_{Aeq} i dBA

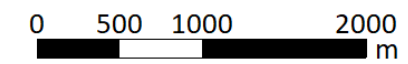


Symboler

-  Ljudkänslig punkt - Med resultat
-  Nr. L_{Aeq} [dBA] Indexering ljudkänslig punkt
-  Ljudkänslig punkt - Övrig
-  Vindkraftverk - Garpenberg
-  Vindkraftverk - Högjärnsklack
-  Vindkraftverk - Skallberget Utterberget

Generell beräkningsinformation

Programvara: SoundPLAN 8.2
 Standard: Nord2000
 Vindhastighet: 8 m/s på 10 m höjd
 Vindriktning: Medvind från alla håll
 Markrähetslängd: 0,3 m
 Beräkningshöjd: 1,5 m ovan mark

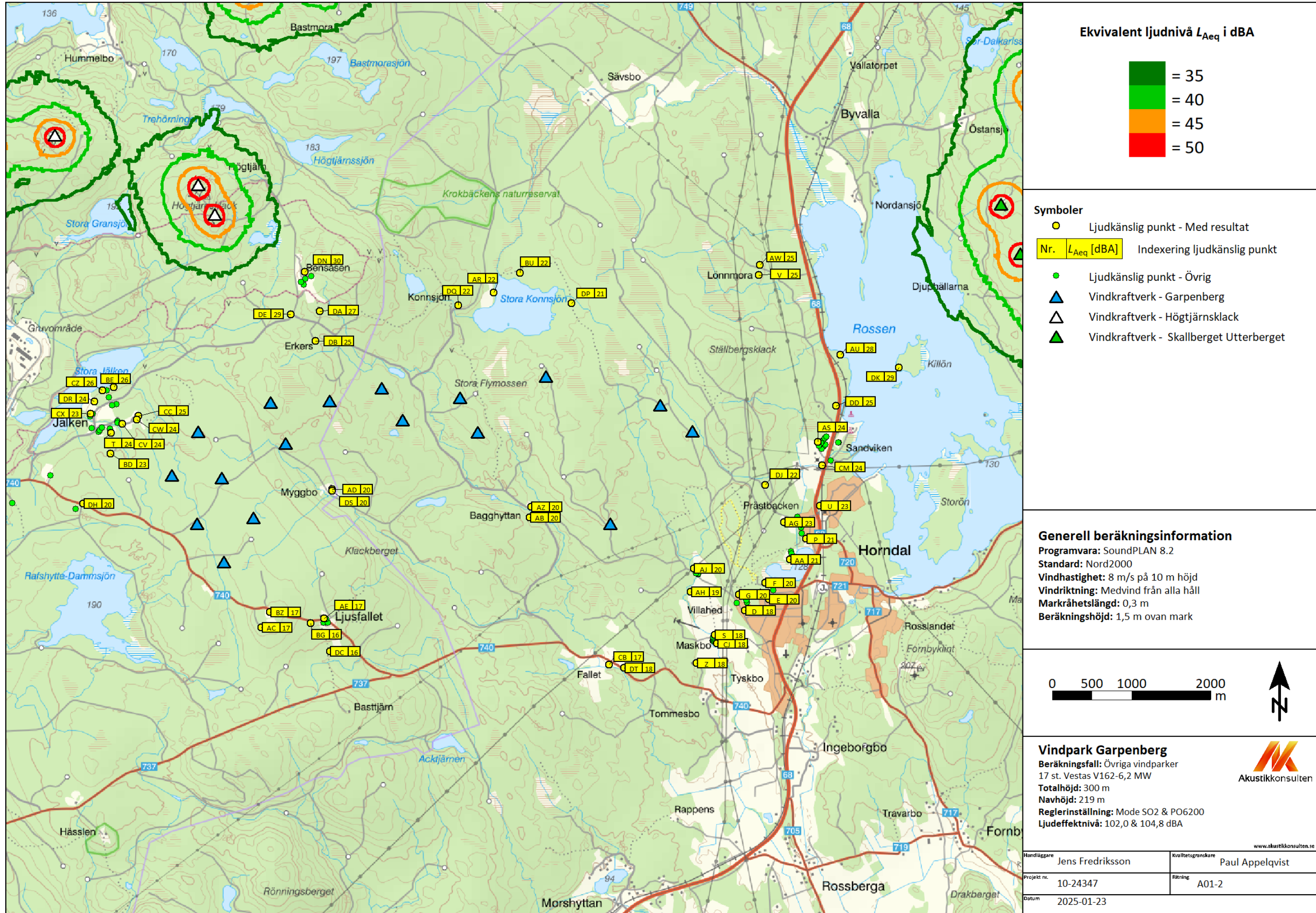


Vindpark Garpenberg

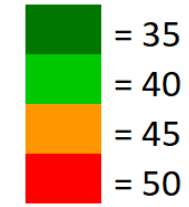
Beräkningsfall: Endast Garpenberg
 17 st. Vestas V162-6,2 MW
 Totalhöjd: 300 m
 Navhöjd: 219 m
 Reglerinställning: Mode SO2 & PO6200
 Ljudeffektnivå: 102,0 & 104,8 dBA




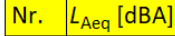




Handläggare	Jens Fredriksson	Kvalitetsgranskare	Paul Appelqvist
Projekt nr.	10-24347	Ritning	A01-1
Datum	2025-01-23		



Ekvivalent ljudnivå L_{Aeq} i dBA

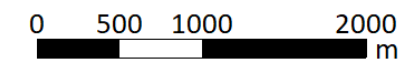


Symboler

-  Ljudkänslig punkt - Med resultat
-  Nr. L_{Aeq} [dBA] Indexering ljudkänslig punkt
-  Ljudkänslig punkt - Övrig
-  Vindkraftverk - Garpenberg
-  Vindkraftverk - Högtjärnsklack
-  Vindkraftverk - Skallberget Utterberget

Generell beräkningsinformation

Programvara: SoundPLAN 8.2
 Standard: Nord2000
 Vindhastighet: 8 m/s på 10 m höjd
 Vindriktning: Medvind från alla håll
 Markrähetslängd: 0,3 m
 Beräkningshöjd: 1,5 m ovan mark

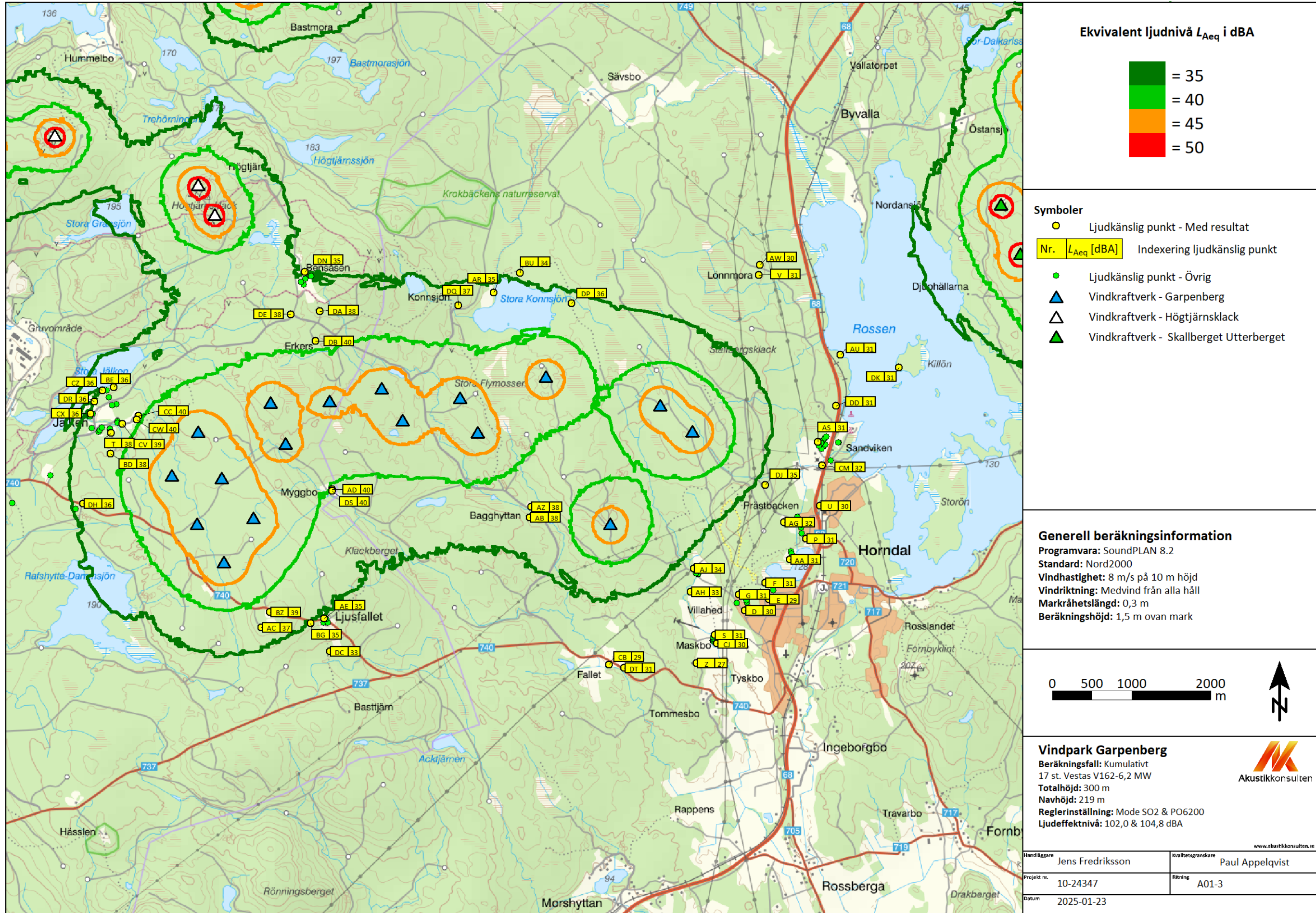


Vindpark Garpenberg

Beräkningsfall: Övriga vindparker
 17 st. Vestas V162-6,2 MW
 Totalhöjd: 300 m
 Navhöjd: 219 m
 Reglerinställning: Mode SO2 & PO6200
 Ljudeffektnivå: 102,0 & 104,8 dBA



Handläggare	Jens Fredriksson	Kvalitetsgranskare	Paul Appelqvist
Projekt nr.	10-24347	Ritning	A01-2
Datum	2025-01-23		



Ljudkänslig punkt	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Marknivå [möh]	Ekvivalent ljudnivå [dBA]			Riktvärde [dBA]	Innehålls riktvärdet? JA/NEJ
				Garpenberg	Övriga	Kumulativt		
AA	577711	6685591	130	30	21	31	40	JA
AB	574420	6686132	140	38	20	38	40	JA
AC	571026	6684727	238	37	17	37	40	JA
AD	571917	6686490	167	40	20	40	40	JA
AE	571818	6684840	213	35	17	35	40	JA
AG	577636	6686066	135	32	23	32	40	JA
AH	576456	6685180	115	33	19	33	40	JA
AJ	576494	6685477	116	34	20	34	40	JA
AR	573966	6688998	155	35	22	35	40	JA
AS	578062	6687090	138	30	24	31	40	JA
AU	578346	6688204	131	29	28	31	40	JA
AW	577331	6689354	143	29	25	30	40	JA
AZ	574438	6686266	138	37	20	38	40	JA
BD	569118	6686946	203	38	23	38	40	JA
BE	569155	6687793	173	35	26	36	40	JA
BG	571651	6684781	214	35	16	35	40	JA
BU	574294	6689254	157	34	22	34	40	JA
BZ	571134	6684923	235	39	17	39	40	JA
CB	575420	6684251	111	29	17	29	40	JA
CC	569469	6687428	199	40	25	40	40	JA
CJ	576788	6684519	106	30	18	30	40	JA
CM	578120	6686794	136	31	24	32	40	JA
CV	569267	6687327	198	39	24	39	40	JA
CW	569452	6687375	199	40	24	40	40	JA
CX	568867	6687451	185	36	23	36	40	JA
CZ	569013	6687753	175	36	26	36	40	JA
D	577140	6684941	123	29	18	30	40	JA
DA	571767	6688764	215	37	27	38	40	JA
DB	571711	6688381	205	40	25	40	40	JA

Ljudkänslig punkt	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Marknivå [möh]	Ekvivalent ljudnivå [dBA]			Riktvärde [dBA]	Innehålls riktvärdet? JA/NEJ
				Garpenberg	Övriga	Kumulativt		
DC	571891	6684418	192	33	16	33	40	JA
DD	578294	6687554	135	30	25	31	40	JA
DE	571398	6688720	213	37	29	38	40	JA
DH	568772	6686303	208	36	20	36	40	JA
DJ	577395	6686545	145	35	22	35	40	JA
DK	579086	6688043	138	26	29	31	40	JA
DN	571573	6689268	228	33	30	35	40	JA
DP	574950	6688866	157	36	21	36	40	JA
DQ	573514	6688835	174	37	22	37	40	JA
DR	568913	6687607	183	35	24	36	40	JA
DS	571920	6686471	167	40	20	40	40	JA
DT	575613	6684207	112	30	18	31	40	JA
E	577442	6685084	132	29	20	29	40	JA
F	577394	6685296	130	30	20	31	40	JA
G	577064	6685143	125	31	20	31	40	JA
P	577914	6685856	133	30	21	31	40	JA
S	576757	6684631	108	31	18	31	40	JA
T	569123	6687209	198	38	24	38	40	JA
U	578091	6686280	133	29	23	30	40	JA
V	577313	6689227	143	30	25	31	40	JA
Z	576530	6684270	110	27	18	27	40	JA

Information om resultat

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

Se ljudkartan 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.

Avrundning har utförts i enlighet med 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."

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.

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.

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

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

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.

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
AA	45	44	43	41	39	37	32	31	32
AB	48	48	47	46	44	41	37	36	38
AC	47	46	45	44	43	41	39	36	38
AD	50	49	49	49	47	45	40	35	38
AE	46	45	45	45	43	41	37	33	34
AG	46	45	44	42	40	39	35	32	32
AH	45	43	43	43	41	39	34	33	34
AJ	46	45	44	43	42	40	36	32	34
AR	47	46	46	45	43	41	39	35	34
AS	46	45	44	41	40	38	36	34	32
AU	48	46	45	42	41	38	35	33	32
AW	47	46	45	42	41	38	35	33	32
AZ	48	47	47	46	44	42	39	37	37
BD	48	47	47	47	45	44	40	35	37
BE	47	45	45	45	44	41	41	38	36
BG	45	45	45	44	43	42	39	35	35
BU	47	46	46	44	43	41	38	34	33
BZ	46	46	47	46	45	42	36	34	38
CB	43	42	42	41	39	36	34	32	31
CC	50	49	48	47	46	44	41	35	38
CJ	43	42	41	40	39	36	32	31	32
CM	46	45	44	42	40	38	34	32	32
CV	49	48	48	47	46	44	39	33	37
CW	50	49	49	48	47	44	39	35	38
CX	48	47	45	45	43	42	39	36	35

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
CZ	47	46	45	43	43	41	39	38	35
D	44	43	42	40	38	37	34	32	31
DA	50	49	48	47	45	42	37	34	37
DB	50	49	49	48	46	43	38	35	39
DC	43	42	42	41	41	39	37	36	34
DD	47	46	45	42	40	38	33	31	31
DE	49	48	48	47	45	43	40	35	36
DH	47	46	45	44	44	42	39	34	35
DJ	47	46	45	44	42	40	35	32	34
DK	49	48	47	43	41	37	32	31	31
DN	50	49	47	46	44	41	39	36	34
DP	47	46	47	45	44	42	38	33	35
DQ	48	48	47	46	44	41	36	34	37
DR	48	47	46	45	43	42	39	35	36
DS	49	49	49	49	47	45	40	35	38
DT	43	42	42	41	39	36	31	32	33
E	44	43	42	40	38	36	34	30	29
F	45	43	43	41	39	37	32	32	32
G	44	43	42	41	39	37	34	32	32
P	45	44	43	41	39	35	32	31	32
S	44	43	43	42	41	38	33	30	27
T	49	47	46	46	45	43	40	34	37
U	45	44	43	41	40	38	36	32	29
V	47	46	44	42	40	38	35	32	32
Z	43	41	41	39	37	36	33	31	29

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 (värdet vid 200 Hz har i en revidering korrigerats från 22,4 till 17,7 dB).

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	17,7
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
AA	38	36	32	26	22	19	15	12	14
AB	41	40	37	32	27	22	19	17	21
AC	40	38	35	30	26	23	22	18	20
AD	43	42	39	34	30	27	22	17	20
AE	39	38	35	30	25	22	20	15	16
AG	39	37	33	27	22	21	17	13	15
AH	38	36	33	28	24	20	16	14	16
AJ	39	37	34	29	24	22	19	14	16
AR	40	38	35	30	26	23	22	16	17
AS	39	37	33	27	23	20	18	15	14
AU	41	38	35	28	24	19	18	15	15
AW	40	38	35	28	23	20	18	14	14
AZ	41	39	36	31	27	24	22	18	19
BD	42	40	37	33	28	25	22	16	19
BE	40	37	35	31	26	23	23	19	18
BG	39	37	35	30	26	23	21	16	18
BU	41	39	35	30	25	22	21	16	15
BZ	40	38	36	32	28	23	18	16	20
CB	36	34	32	26	21	18	17	14	14
CC	43	41	38	33	29	26	23	16	20

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
CJ	36	34	31	26	21	18	14	13	14
CM	40	37	34	27	23	20	16	14	14
CV	42	41	37	33	28	25	22	15	19
CW	43	41	38	34	29	26	21	16	21
CX	42	39	35	31	26	23	21	17	17
CZ	40	38	35	29	26	23	22	20	17
D	37	35	32	26	21	18	17	14	14
DA	43	41	38	33	28	23	20	15	19
DB	43	41	39	34	29	25	21	17	21
DC	36	35	32	27	23	21	20	17	17
DD	40	38	34	28	23	19	16	12	14
DE	42	40	37	32	27	25	23	16	19
DH	40	38	35	30	26	24	22	16	17
DJ	40	38	35	30	25	21	17	14	16
DK	42	40	36	29	23	18	15	12	13
DN	44	41	37	32	26	23	21	17	16
DP	41	39	36	31	26	23	20	14	17
DQ	41	40	37	32	26	22	18	16	20
DR	42	39	36	31	26	23	22	17	18
DS	43	41	39	34	30	26	22	17	20
DT	37	35	31	27	22	18	14	13	15
E	37	35	32	26	21	18	16	11	11
F	38	36	32	27	22	19	15	13	14
G	38	36	32	27	22	19	16	13	15
P	38	36	33	27	22	17	14	12	14
S	37	36	33	28	23	20	15	11	10
T	42	40	36	32	28	25	22	16	19
U	39	36	33	27	22	19	18	14	12
V	40	38	34	28	23	20	17	13	15

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
Z	36	34	31	25	19	17	16	13	11

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
AA	-18	-13	-11	-16	-18	-19	-21	-22	-18
AB	-15	-9	-6	-10	-13	-16	-17	-17	-11
AC	-16	-11	-8	-12	-14	-15	-14	-16	-12
AD	-13	-7	-4	-8	-10	-11	-14	-17	-12
AE	-17	-11	-8	-12	-15	-16	-16	-19	-16
AG	-17	-12	-10	-15	-18	-17	-19	-21	-17
AH	-18	-13	-10	-14	-16	-18	-20	-20	-16
AJ	-17	-12	-9	-13	-16	-16	-17	-20	-16
AR	-16	-11	-8	-12	-14	-15	-14	-18	-15
AS	-17	-12	-10	-15	-17	-18	-18	-19	-18
AU	-15	-11	-8	-14	-16	-19	-18	-19	-17
AW	-16	-11	-8	-14	-17	-18	-18	-20	-18
AZ	-15	-10	-7	-11	-13	-14	-14	-16	-13
BD	-14	-9	-6	-9	-12	-13	-14	-18	-13
BE	-16	-12	-8	-11	-14	-15	-13	-15	-14
BG	-17	-12	-8	-12	-14	-15	-15	-18	-14
BU	-15	-10	-8	-12	-15	-16	-15	-18	-17
BZ	-16	-11	-7	-10	-12	-15	-18	-18	-12

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
CB	-20	-15	-11	-16	-19	-20	-19	-20	-18
CC	-13	-8	-5	-9	-11	-12	-13	-18	-12
CJ	-20	-15	-12	-16	-19	-20	-22	-21	-18
CM	-16	-12	-9	-15	-17	-18	-20	-20	-18
CV	-14	-8	-6	-9	-12	-13	-14	-19	-13
CW	-13	-8	-5	-8	-11	-12	-15	-18	-11
CX	-14	-10	-8	-11	-14	-15	-15	-17	-15
CZ	-16	-11	-8	-13	-14	-15	-14	-14	-15
D	-19	-14	-11	-16	-19	-20	-19	-20	-18
DA	-13	-8	-5	-9	-12	-15	-16	-19	-13
DB	-13	-8	-4	-8	-11	-13	-15	-17	-11
DC	-20	-14	-11	-15	-17	-17	-16	-17	-15
DD	-16	-11	-9	-14	-17	-19	-20	-22	-18
DE	-14	-9	-6	-10	-13	-13	-13	-18	-13
DH	-16	-11	-8	-12	-14	-14	-14	-18	-15
DJ	-16	-11	-8	-12	-15	-17	-19	-20	-16
DK	-14	-9	-7	-13	-17	-20	-21	-22	-19
DN	-12	-8	-6	-10	-14	-15	-15	-17	-16
DP	-15	-10	-7	-11	-14	-15	-16	-20	-15
DQ	-15	-9	-6	-10	-14	-16	-18	-18	-12
DR	-14	-10	-7	-11	-14	-15	-14	-17	-14
DS	-13	-8	-4	-8	-10	-12	-14	-17	-12
DT	-19	-14	-12	-15	-18	-20	-22	-21	-17
E	-19	-14	-11	-16	-19	-20	-20	-23	-21
F	-18	-13	-11	-15	-18	-19	-21	-21	-18
G	-18	-13	-11	-15	-18	-19	-20	-21	-17
P	-18	-13	-10	-15	-18	-21	-22	-22	-18
S	-19	-13	-10	-14	-17	-18	-21	-23	-22
T	-14	-9	-7	-10	-12	-13	-14	-18	-13

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
U	-17	-13	-10	-15	-18	-19	-18	-20	-20
V	-16	-11	-9	-14	-17	-18	-19	-21	-17
Z	-20	-15	-12	-17	-21	-21	-20	-21	-21

Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter

