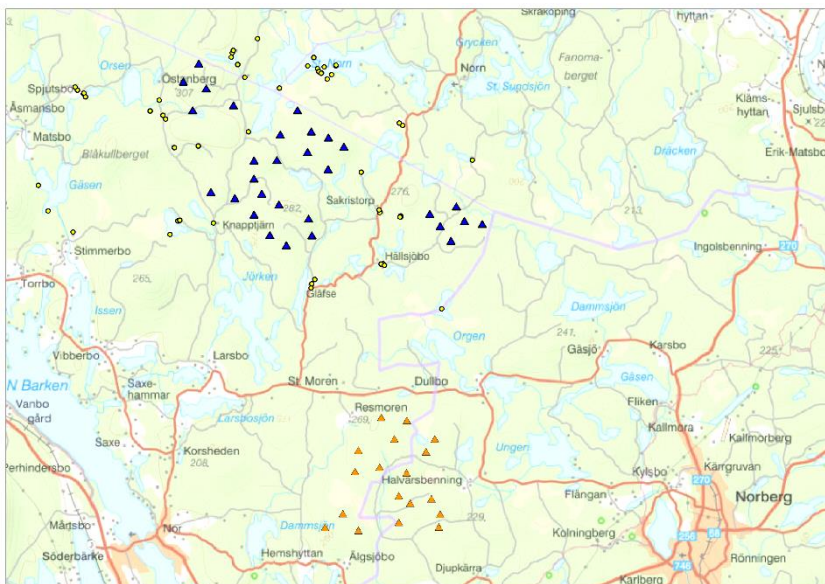


# Ljudimmissionsberäkning av ljud från vindkraft

Vindpark Trollugnsberget - 30 vindkraftverk med totalhöjd 295 m



## Kundinformation

**Projekt:** Vindpark Trollugnsberget

**Kund:** OX2

**Kundreferens:** Theodoros Kolonas

## Projektinformation

**Dokument-ID:** 10-23069 A01

**Projekt nr:** 10-23069

**Datum:** 2023-04-17

## 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

OX2 planerar att söka tillstånd för att bygga en vindpark vid Smedjebacken, vindpark Trollugnsberget, Smedjebackens kommun. I samband med tillståndsansökan ska beräkningar av ljud utföras, A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5 -200 Hz. I denna beräkningsrapport redovisas resultat inklusive kumulativt ljudbidrag från en närliggande planerad vindpark, vindpark Styggjärnsberget.

Beräkning av A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus utförs för en layout med 30 vindkraftverk. I beräkningarna antas ljuddata för verkstyp Siemens Gamesa SG 6.6-170 med totalhöjd 295 m, rotordiameter 170 m och navhöjd 210 m. Beräkningarna utförs 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. Kumulativt ljudbidrag från vindpark Styggjärnsberget, 18 vindkraftverk av verkstyp Siemens Gamesa SG 6.6-170 med navhöjd 195 m ingår i beräkningarna. Samtidigt underlag och förutsättningar om närliggande vindpark har erhållits av OX2. Lågfrekvent ljud inomhus beräknas endast med kumulativt ljudbidrag från närliggande vindpark Styggjärnsberget, lågfrekvent ljud från endast vindpark Trollugnsberget är dock lägre.

Beräkningarna redovisas som A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz i 55 ljudkänsliga punkter. 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 för A-vägd ekvivalent ljudnivå, 40 dBA. 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 4. Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus utgår från Akustikkonsultens metod beskriven på sida 5. Resultatet kan sammanfattas enligt nedan:

#### Jämförelse mot riktvärde - Ekvivalent ljudnivå

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus, 40 dBA, **inhålls** i samtliga ljudkänsliga punkter för vindpark Trollugnsberget, både enskilt samt kumulativt med ljudbidrag från närliggande vindpark Styggjärnsberget.

#### Jämförelse mot riktvärden - Lågfrekvent ljud

Riktvärdena inomhus i 1/3-oktavband mellan 31,5-200 Hz, motsvarande Folkhälsomyndighetens riktvärden i FoHMFS 2014:13, **inhålls** för alla frekvenser i alla ljudkänsliga punkter för vindpark Trollugnsberget, både enskilt samt kumulativt med ljudbidrag från närliggande vindpark Styggjärnsberget.

Sida	Innehåll
4	Riktvärden lågfrekvent ljud
5	Metod lågfrekvent ljud
6	Beräkningsförutsättningar
7	Ljuddata
8-10	Verksdata
11-13	Resultat - Ekvivalent ljudnivå (Ljudkarta)
14-16	Resultat - Ekvivalent ljudnivå (Punktberäkning)
20-26	Resultat - Lågfrekvent ljud

**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

Vindpark	Verkstyp	Reglerinställning	Antal vindkraftverk	Totalhöjd [m]	Ljudeffektnivå [dBA]
Trollugnsberget	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	30	295	106,0
Styggjärnsberget	Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	18	280	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	Grid 1+

#### 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 förhållandena 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, $L_{WA}$ [dBA]
Siemens Gamesa SG 6.6-170	AM 0	106,0

**Referens ljuddata:** Ljudeffektnivå, frekvensspektrum i 1/3-oktavband mellan 25-10 000 Hz har tagits från leverantörens dokument nummer SG-F18.16-TR-00862\_R00, daterat 2022-09-15. Då dokumentet är sekretessbelagt av Siemens Gamesa Renewable Energy kan frekvensdata ej redovisas. Redovisad ljudeffektnivå motsvarar den högsta angivna ljudeffektnivån oavsett vindhastighet och reglerinställning "AM 0".

#### Information om ljuddata

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

Vindpark Trollugnsberget							
Vindkraftverk	Verkstyp	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]
TRO.1280	Siemens Gamesa SG 6.6-170	536060	6672269	AM 0	106,0	210	464
TRO.1290	Siemens Gamesa SG 6.6-170	537350	6675296	AM 0	106,0	210	424
TRO.1300	Siemens Gamesa SG 6.6-170	537848	6674536	AM 0	106,0	210	468
TRO.1310	Siemens Gamesa SG 6.6-170	536684	6671881	AM 0	106,0	210	473
TRO.1320	Siemens Gamesa SG 6.6-170	535777	6673480	AM 0	106,0	210	465
TRO.1330	Siemens Gamesa SG 6.6-170	535777	6672827	AM 0	106,0	210	431
TRO.1340	Siemens Gamesa SG 6.6-170	536606	6673494	AM 0	106,0	210	432
TRO.1350	Siemens Gamesa SG 6.6-170	538470	6674312	AM 0	106,0	210	469
TRO.1360	Siemens Gamesa SG 6.6-170	535079	6672121	AM 0	106,0	210	397
TRO.1370	Siemens Gamesa SG 6.6-170	535773	6671521	AM 0	106,0	210	404
TRO.1380	Siemens Gamesa SG 6.6-170	539036	6673981	AM 0	106,0	210	469
TRO.1390	Siemens Gamesa SG 6.6-170	537873	6670761	AM 0	106,0	210	403
TRO.1400	Siemens Gamesa SG 6.6-170	537717	6673785	AM 0	106,0	210	449
TRO.1410	Siemens Gamesa SG 6.6-170	538456	6673170	AM 0	106,0	210	416
TRO.1420	Siemens Gamesa SG 6.6-170	536356	6670770	AM 0	106,0	210	438
TRO.1430	Siemens Gamesa SG 6.6-170	536951	6670409	AM 0	106,0	210	409
TRO.1440	Siemens Gamesa SG 6.6-170	543397	6671289	AM 0	106,0	210	427
TRO.1450	Siemens Gamesa SG 6.6-170	544051	6671182	AM 0	106,0	210	413
TRO.1460	Siemens Gamesa SG 6.6-170	536728	6674417	AM 0	106,0	210	439
TRO.1470	Siemens Gamesa SG 6.6-170	533556	6675295	AM 0	106,0	210	467
TRO.1480	Siemens Gamesa SG 6.6-170	535036	6675486	AM 0	106,0	210	452
TRO.1490	Siemens Gamesa SG 6.6-170	534221	6672332	AM 0	106,0	210	427
TRO.1500	Siemens Gamesa SG 6.6-170	543112	6671815	AM 0	106,0	210	421
TRO.1510	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542518	6671110	AM 0	106,0	210	431
TRO.1520	Siemens Gamesa SG 6.6-170	533781	6676995	AM 0	106,0	210	483
TRO.1530	Siemens Gamesa SG 6.6-170	534043	6676092	AM 0	106,0	210	482
TRO.1540	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542138	6671543	AM 0	106,0	210	460
TRO.1550	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542908	6670568	AM 0	106,0	210	432
TRO.1560	Siemens Gamesa SG 6.6-170	533217	6676332	AM 0	106,0	210	499



Vindpark Trollugnsberget							
Vindkraftverk	Verkstyp	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]
TRO.1570	Siemens Gamesa SG 6.6-170	537753	6671371	AM 0	106,0	210	461

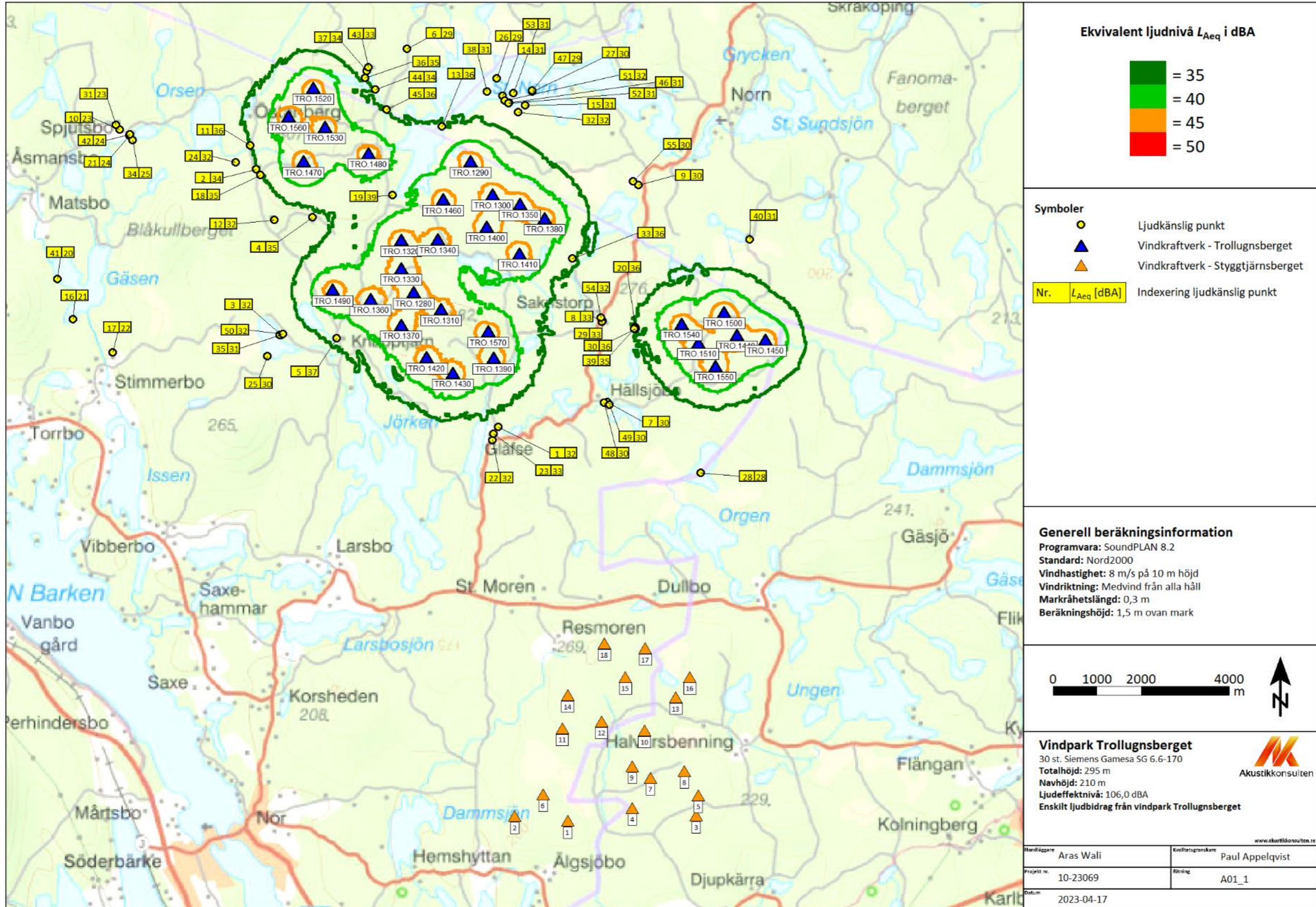
**Information om verksdata**

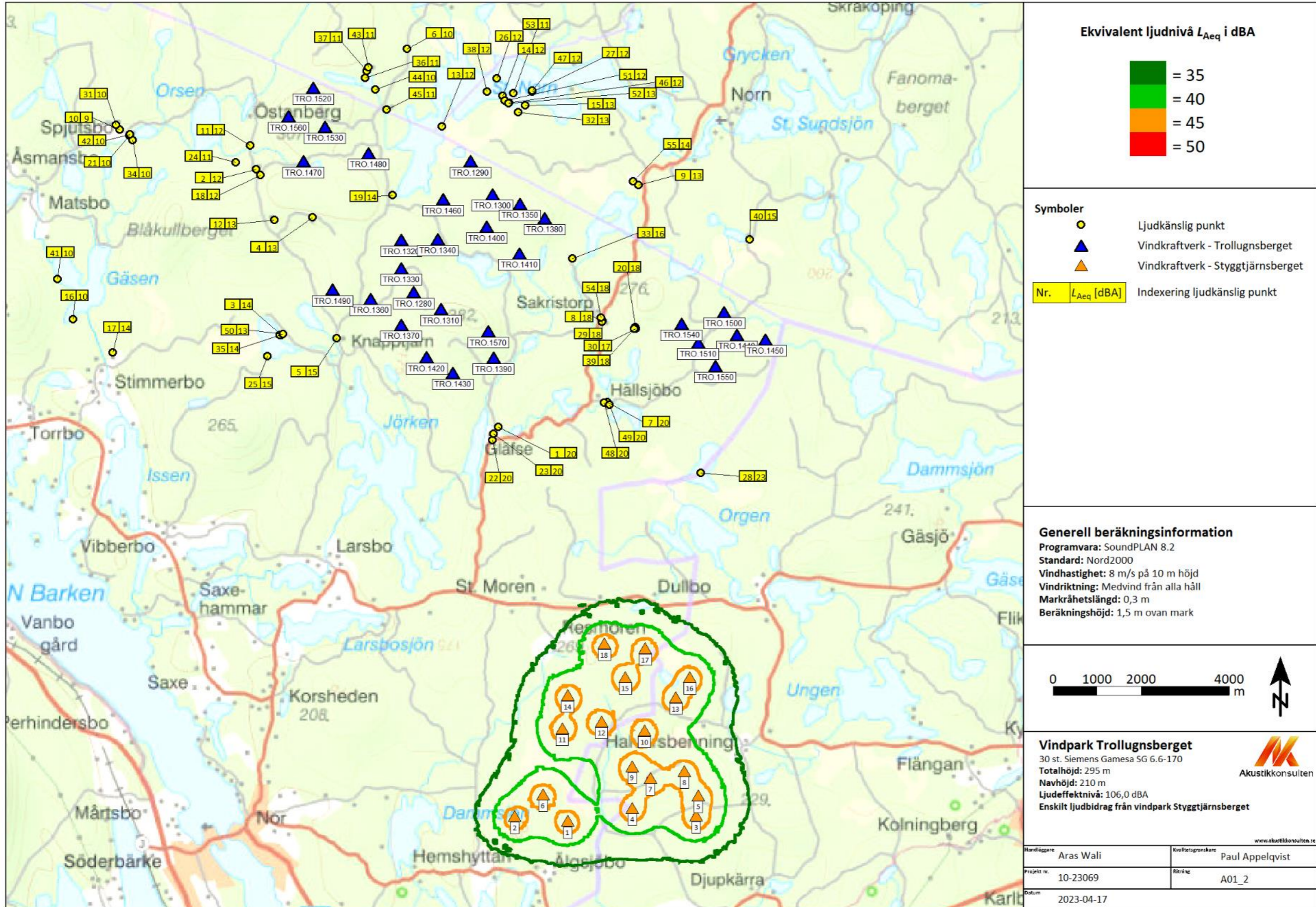
Verksdata för vindpark Trollugnsberget har erhållits av OX2.

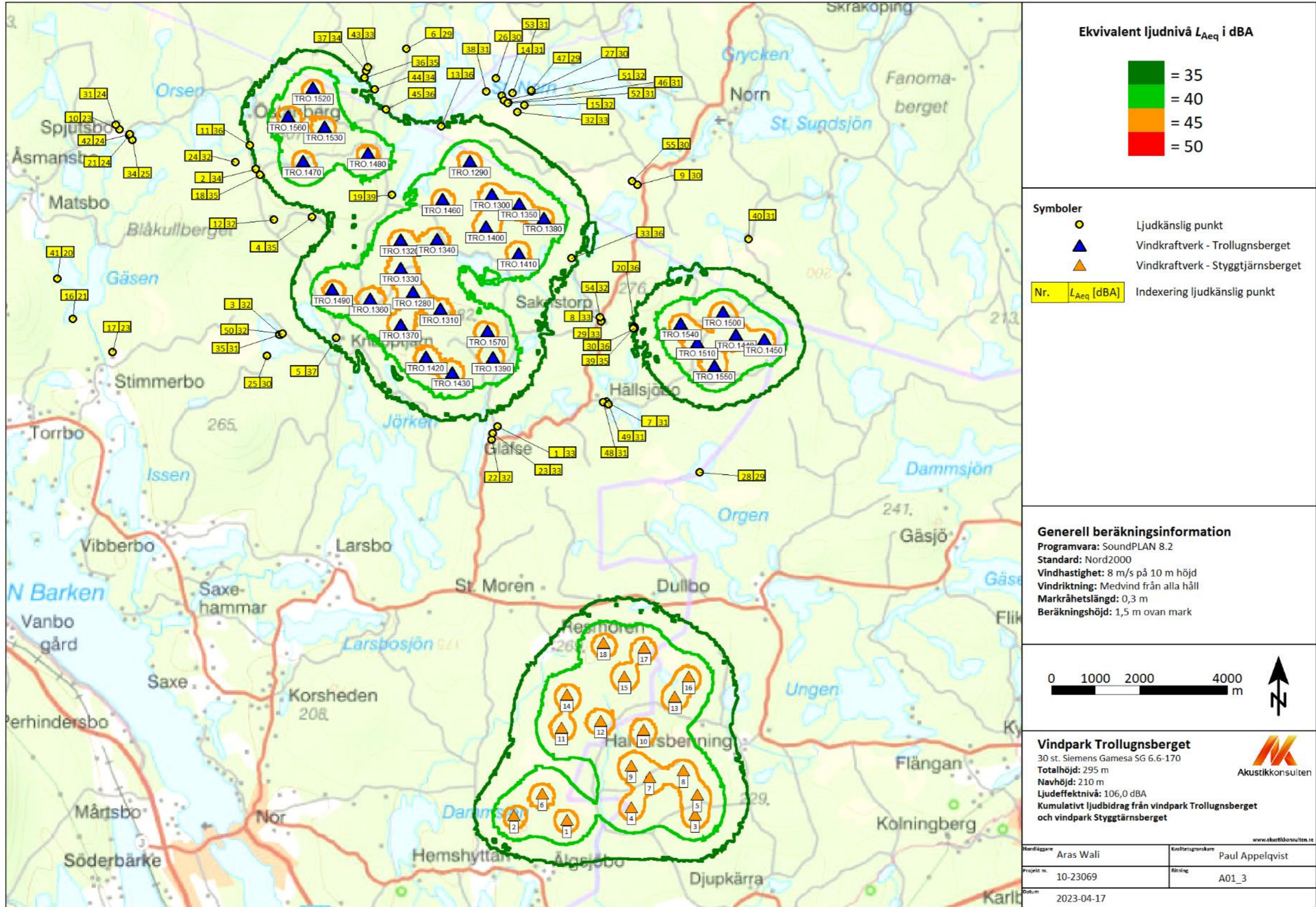
Vindpark Styggjärnsberget							
Vindkraftverk	Verkstyp	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]
1	Siemens Gamesa SG 6.6-170	539557	6660067	AM 0	106,0	195	391
2	Siemens Gamesa SG 6.6-170	538355	6660176	AM 0	106,0	195	393
3	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542477	6660187	AM 0	106,0	195	401
4	Siemens Gamesa SG 6.6-170	541026	6660368	AM 0	106,0	195	400
5	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542528	6660660	AM 0	106,0	195	412
6	Siemens Gamesa SG 6.6-170	538998	6660685	AM 0	106,0	195	397
7	Siemens Gamesa SG 6.6-170	541435	6661060	AM 0	106,0	195	411
8	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542211	6661219	AM 0	106,0	195	418
9	Siemens Gamesa SG 6.6-170	541017	6661327	AM 0	106,0	195	432
10	Siemens Gamesa SG 6.6-170	541301	6662153	AM 0	106,0	195	437
11	Siemens Gamesa SG 6.6-170	539432	6662203	AM 0	106,0	195	415
12	Siemens Gamesa SG 6.6-170	540325	6662362	AM 0	106,0	195	428
13	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542010	6662921	AM 0	106,0	195	421
14	Siemens Gamesa SG 6.6-170	539557	6662971	AM 0	106,0	195	423
15	Siemens Gamesa SG 6.6-170	540867	6663388	AM 0	106,0	195	422
16	Siemens Gamesa SG 6.6-170	542327	6663388	AM 0	106,0	195	419
17	Siemens Gamesa SG 6.6-170	541318	6664056	AM 0	106,0	195	425
18	Siemens Gamesa SG 6.6-170	540392	6664164	AM 0	106,0	195	444

**Information om verksdata**

Verksdata för vindpark Styggjärnsberget har erhållits av OX2.







Ljudkänslig punkt	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Marknivå [möh]	Enskilt bidrag [dBA]		Kumulativt [dBA]	Innehålls 40 dBA
				Trollugnsberget	Styggjtjärnsberget		JA/NEJ
1	537987	6669203	153	32	20	33	JA
2	532492	6675153	220	34	12	34	JA
3	533063	6671324	162	32	14	32	JA
4	533764	6674040	253	35	13	35	JA
5	534315	6671247	163	37	15	37	JA
6	535913	6677928	220	29	10	29	JA
7	540463	6669771	169	30	20	31	JA
8	540346	6671650	184	33	18	33	JA
9	541174	6674790	210	30	13	30	JA
10	529389	6676062	152	23	9	23	JA
11	532347	6675697	200	36	12	36	JA
12	532900	6673983	230	32	13	32	JA
13	536710	6676135	201	36	12	36	JA
14	538078	6676842	202	31	12	31	JA
15	538594	6676625	202	31	13	32	JA
16	528329	6671691	140	21	10	21	JA
17	529235	6670923	127	22	14	23	JA
18	532583	6675012	219	35	12	35	JA
19	535587	6674549	206	39	14	39	JA
20	541090	6671509	214	36	18	36	JA
21	529614	6675929	144	24	10	24	JA
22	537851	6668896	161	32	20	32	JA
23	537871	6669043	152	33	20	33	JA
24	532022	6675306	193	32	11	32	JA
25	532739	6670837	155	30	15	30	JA
26	537949	6677243	202	29	12	30	JA
27	538754	6676939	203	30	12	30	JA
28	542588	6668146	167	28	23	29	JA
29	540337	6671625	182	33	18	33	JA

Ljudkänslig punkt	X [m] (Öst)	Y [m] (Nord)	Marknivå [möh]	Enskilt bidrag [dBA]		Kumulativt [dBA]	Innehålls 40 dBA
				Trollugnsberget	Styggjärnsberget		JA/NEJ
30	541104	6671476	209	36	17	36	JA
31	529306	6676172	158	23	10	24	JA
32	538434	6676467	202	32	13	33	JA
33	539674	6673097	192	36	16	36	JA
34	529679	6675824	142	25	10	25	JA
35	533023	6671320	159	31	14	31	JA
36	534959	6677260	230	35	11	35	JA
37	535002	6677417	236	34	11	34	JA
38	537734	6676944	202	31	12	31	JA
39	541076	6671465	208	35	18	35	JA
40	543694	6673529	207	31	15	31	JA
41	527972	6672621	134	20	10	20	JA
42	529617	6675950	145	24	10	24	JA
43	535035	6677508	243	33	11	33	JA
44	535188	6676993	231	34	10	34	JA
45	535453	6676525	222	36	11	36	JA
46	538229	6676690	202	31	12	31	JA
47	538753	6676968	202	29	12	29	JA
48	540392	6669767	168	30	20	31	JA
49	540508	6669711	172	30	20	31	JA
50	533094	6671347	165	32	13	32	JA
51	538133	6676736	202	32	12	32	JA
52	538218	6676682	201	31	13	31	JA
53	538333	6676906	202	31	11	31	JA
54	540316	6671730	190	32	18	32	JA
55	541041	6674872	212	30	14	30	JA

## Information om resultat

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

Se ljudkartorna 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.

Beräkning av ekvivalent ljudnivå har utförts enligt följande:

1. Ljudbidrag från vindpark Trollugnsberget (kolumn **Trollugnsberget**) samt närliggande vindpark Styggjärnsberget (kolumn **Styggjärnsberget**) redovisas enskilt under rubrik **Enskilt bidrag**.
2. Den kumulativa ljudnivån med ljudbidrag från vindpark Trollugnsberget och Styggjärnsberget redovisas under rubrik **Kumulativt**.

Avrundning har utförts i enlighet 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."*

Riktvärdet 40 dBA **innehålls** i samtliga ljudkänsliga punkter både för vindpark Trollugnsberget enskilt och kumulativt med ljudbidrag från vindpark Styggjärnsberget.



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. Beräkningarna är utförda med kumulativt ljudbidrag från vindpark Trollugnsberget och närliggande vindpark Styggjärnsberget.

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>1)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	48	47	45	43	40	40	38	35	32
2	50	48	46	44	42	42	37	33	31
3	48	46	44	41	39	39	37	35	30
4	50	49	47	45	44	42	37	34	33
5	51	50	48	47	45	44	38	33	34
6	47	45	43	40	38	38	34	32	29
7	48	47	45	43	41	40	35	32	31
8	50	48	46	44	42	41	36	33	31
9	48	46	44	43	40	38	32	31	31
10	43	41	39	38	35	31	28	28	26
11	50	49	47	45	43	42	35	31	32
12	48	46	44	42	40	39	36	35	32
13	50	49	47	45	44	43	38	33	33
14	48	47	44	43	41	41	34	32	31
15	48	46	43	42	41	41	36	33	31
16	42	40	38	35	33	32	27	26	23
17	42	41	38	37	35	35	31	29	24
18	49	48	46	45	43	42	37	32	32
19	53	51	49	48	46	44	38	35	37
20	51	50	48	46	43	42	36	34	35
21	43	42	39	38	36	33	29	28	26
22	49	48	46	44	41	38	33	32	32
23	49	48	46	44	42	39	34	32	32
24	48	46	45	43	41	41	35	32	30
25	47	46	44	42	40	38	32	32	31

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>1)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
26	48	46	44	42	40	39	34	31	29
27	47	45	43	42	40	39	32	32	31
28	46	45	43	41	39	39	32	32	30
29	50	48	46	45	43	41	36	33	30
30	51	50	48	46	43	41	36	34	35
31	43	42	40	38	34	31	28	28	26
32	48	47	45	43	42	41	35	33	31
33	51	50	48	46	44	43	39	34	33
34	42	41	39	38	36	34	31	28	27
35	48	46	43	40	38	39	36	35	31
36	50	48	46	44	43	42	34	32	32
37	49	48	46	44	42	40	33	31	32
38	48	47	45	43	41	41	34	31	30
39	50	49	46	45	43	42	37	34	33
40	47	46	44	42	40	39	33	31	30
41	43	41	39	36	34	32	27	23	19
42	43	41	39	38	36	33	29	28	26
43	49	48	46	44	42	39	33	31	31
44	50	48	46	45	43	42	36	31	31
45	51	49	47	46	43	40	33	32	34
46	48	47	45	43	41	40	36	33	28
47	47	46	44	42	40	39	35	32	29
48	48	46	45	43	41	40	34	32	30
49	48	46	45	43	41	40	34	32	32
50	48	47	45	43	40	39	35	33	29
51	48	47	45	43	41	41	33	32	32
52	48	47	44	42	41	40	36	33	29
53	48	47	44	42	41	40	34	31	29
54	50	48	46	44	42	41	35	33	32

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>1)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
55	48	46	44	43	40	37	32	32	31

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.

3) **Punkt C:** Ljudnivå inomhus fås genom att subtrahera ljudnivå utomhus i varje 1/3-oktavband med motsvarande frekvensband för fasaddämpningen, **Punkt A – Punkt B.**

Fasaddämpning [dB] enligt Hoffmeyer och Jakobsen <sup>2)</sup>									
	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	22,4
Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>3)</sup>									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	41	39	34	28	23	22	20	16	9
2	43	41	36	30	25	23	20	15	8
3	41	39	34	27	21	21	19	16	8
4	43	41	36	31	26	24	20	16	11
5	44	42	38	32	27	25	21	15	11
6	40	37	32	26	21	20	17	13	7
7	41	39	34	28	24	22	17	14	9
8	43	41	36	30	25	23	19	14	9
9	41	39	34	28	23	20	15	13	9
10	36	33	29	23	17	13	11	10	4
11	43	41	36	31	26	23	17	13	10
12	41	38	34	27	22	20	19	16	10
13	44	42	37	31	26	25	20	14	10
14	41	39	34	29	24	22	16	13	8
15	41	38	33	27	23	22	18	14	9
16	35	33	27	21	15	13	9	8	1
17	35	33	28	22	17	17	14	10	2
18	42	40	36	30	26	24	19	14	10
19	46	43	39	33	28	25	20	17	14
20	44	43	38	32	26	23	18	16	13

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>3)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
21	36	34	29	24	18	15	11	9	4
22	42	40	36	30	24	20	15	13	10
23	43	40	36	30	24	21	16	14	10
24	41	39	34	28	24	22	18	13	8
25	40	38	33	28	23	20	14	13	9
26	41	39	34	28	22	21	17	13	7
27	40	38	33	27	23	21	14	13	9
28	39	37	32	27	22	20	14	13	8
29	43	41	36	30	25	23	19	15	8
30	44	42	37	31	26	23	18	16	13
31	36	34	29	24	17	13	11	10	4
32	42	39	35	29	24	23	18	14	9
33	45	42	38	32	27	25	21	16	11
34	35	34	29	24	19	16	13	10	4
35	41	38	33	26	20	20	19	16	8
36	43	41	36	30	25	23	17	14	10
37	43	40	36	30	25	21	16	13	10
38	42	39	35	29	24	22	16	13	8
39	43	41	36	30	25	23	20	16	11
40	41	38	33	28	23	21	15	13	8
41	36	33	28	22	16	14	10	4	-3
42	36	34	29	23	18	15	11	10	4
43	42	40	36	30	24	21	16	12	9
44	43	41	36	30	25	24	18	13	9
45	44	42	37	31	25	22	16	14	12
46	42	39	34	29	24	22	19	14	6
47	40	38	33	28	23	21	17	13	6
48	41	39	34	29	24	22	17	13	8
49	41	39	34	29	24	21	16	14	9

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>3)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
50	42	39	35	29	23	20	18	14	7
51	41	39	34	29	24	22	16	14	9
52	41	39	34	28	23	22	19	14	7
53	41	39	34	28	23	22	16	12	7
54	43	41	36	30	25	22	18	14	9
55	41	39	34	28	22	19	14	13	9

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.

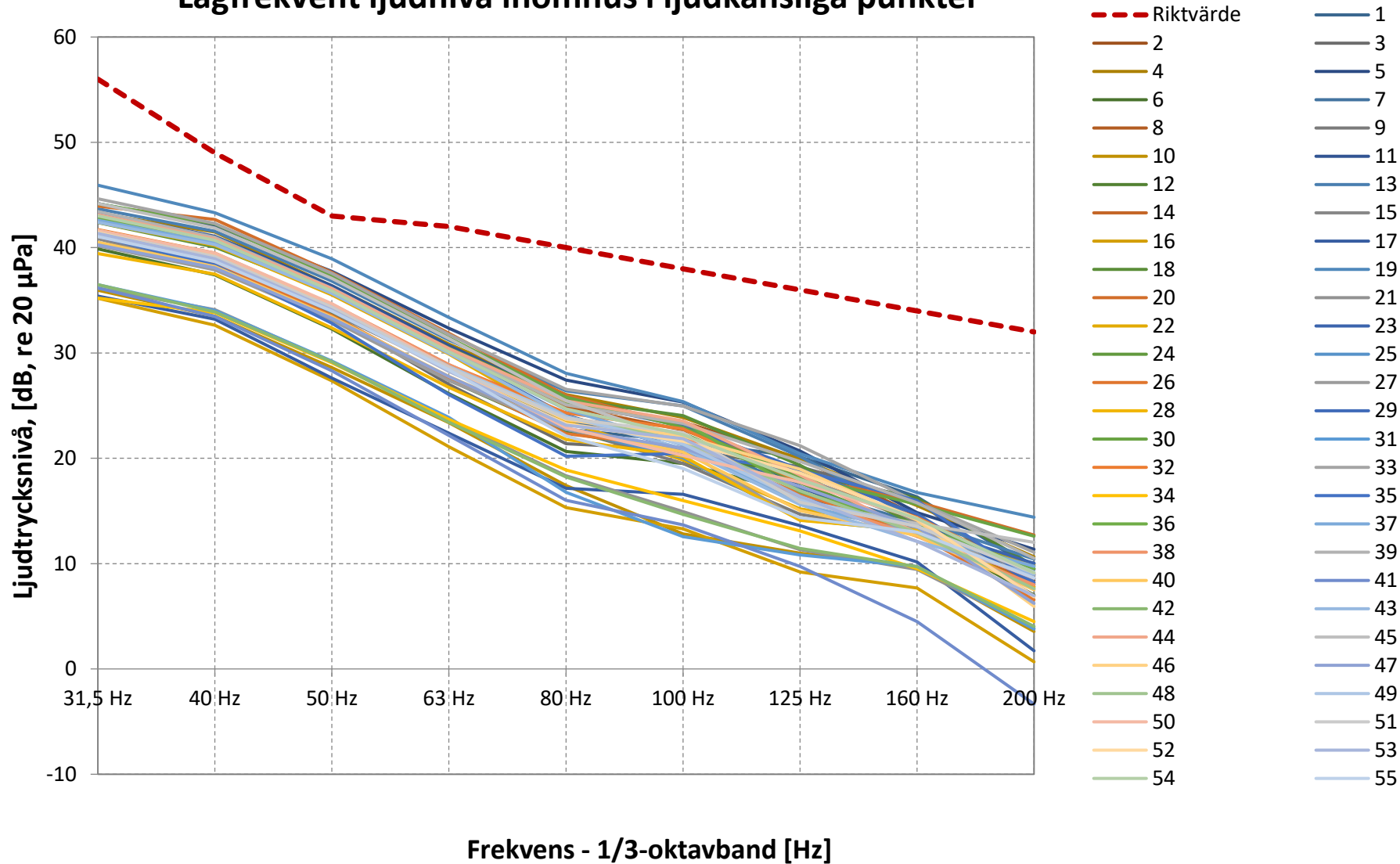
Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 <sup>4)</sup>									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	56	49	43	42	40	38	36	34	32
Jämförelse med riktvärden, 1/3-oktavband [dB] <sup>5)</sup>									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	-15	-10	-9	-14	-17	-16	-16	-18	-23
2	-13	-8	-7	-12	-15	-15	-16	-19	-24
3	-15	-10	-9	-15	-19	-17	-17	-18	-24
4	-13	-8	-7	-11	-14	-14	-16	-18	-21
5	-12	-7	-5	-10	-13	-13	-15	-19	-21
6	-16	-12	-11	-16	-19	-18	-19	-21	-25
7	-15	-10	-9	-14	-16	-16	-19	-20	-23
8	-13	-8	-7	-12	-15	-15	-17	-20	-23
9	-15	-10	-9	-14	-17	-18	-21	-21	-23
10	-20	-16	-14	-19	-23	-25	-25	-24	-28
11	-13	-8	-7	-11	-14	-15	-19	-21	-22
12	-15	-11	-9	-15	-18	-18	-17	-18	-22
13	-12	-7	-6	-11	-14	-13	-16	-20	-22
14	-15	-10	-9	-13	-16	-16	-20	-21	-24
15	-15	-11	-10	-15	-17	-16	-18	-20	-23
16	-21	-16	-16	-21	-25	-25	-27	-26	-31
17	-21	-16	-15	-20	-23	-21	-22	-24	-30
18	-14	-9	-7	-12	-14	-14	-17	-20	-22

Ljudkänslig punkt	Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 <sup>4)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
19	-10	-6	-4	-9	-12	-13	-16	-17	-18
20	-12	-6	-5	-10	-14	-15	-18	-18	-19
21	-20	-15	-14	-18	-22	-23	-25	-25	-28
22	-14	-9	-7	-12	-16	-18	-21	-21	-22
23	-13	-9	-7	-12	-16	-17	-20	-20	-22
24	-15	-10	-9	-14	-16	-16	-18	-21	-24
25	-16	-11	-10	-14	-17	-18	-22	-21	-23
26	-15	-10	-9	-14	-18	-17	-19	-21	-25
27	-16	-11	-10	-15	-17	-17	-22	-21	-23
28	-17	-12	-11	-15	-18	-18	-22	-21	-24
29	-13	-8	-7	-12	-15	-15	-17	-19	-24
30	-12	-7	-6	-11	-14	-15	-18	-18	-19
31	-20	-15	-14	-18	-23	-25	-25	-24	-28
32	-14	-10	-8	-13	-16	-15	-18	-20	-23
33	-11	-7	-5	-10	-13	-13	-15	-18	-21
34	-21	-15	-14	-18	-21	-22	-23	-24	-28
35	-15	-11	-10	-16	-20	-18	-17	-18	-24
39	-13	-8	-7	-12	-15	-15	-16	-18	-21
40	-15	-11	-10	-14	-17	-17	-21	-21	-24
41	-20	-16	-15	-20	-24	-24	-26	-30	-35
42	-20	-15	-14	-19	-22	-23	-25	-24	-28
43	-14	-9	-7	-12	-16	-17	-20	-22	-23
44	-13	-8	-7	-12	-15	-14	-18	-21	-23
45	-12	-7	-6	-11	-15	-16	-20	-20	-20
46	-14	-10	-9	-13	-16	-16	-17	-20	-26
47	-16	-11	-10	-14	-17	-17	-19	-21	-26
48	-15	-10	-9	-13	-16	-16	-19	-21	-24
49	-15	-10	-9	-13	-16	-17	-20	-20	-23
50	-14	-10	-8	-13	-17	-18	-18	-20	-25

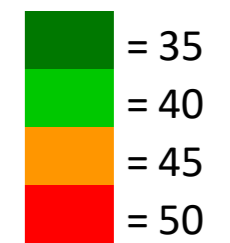


Ljudkänslig punkt	Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 <sup>4)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
51	-15	-10	-9	-13	-16	-16	-20	-20	-23
52	-15	-10	-9	-14	-17	-16	-17	-20	-25
53	-15	-10	-9	-14	-17	-16	-20	-22	-25
54	-13	-8	-7	-12	-15	-16	-18	-20	-23
55	-15	-10	-9	-14	-18	-19	-22	-21	-23

## Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter



Ekvivalent ljudnivå  $L_{Aeq}$  i dBA



Symboler

- Ljudkänslig punkt
- Vindkraftverk - Trollugnsberget
- Vindkraftverk - Stygtjärnsberget

Nr.	$L_{Aeq}$ [dBA]	Indexering ljudkänslig punkt
-----	-----------------	------------------------------

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



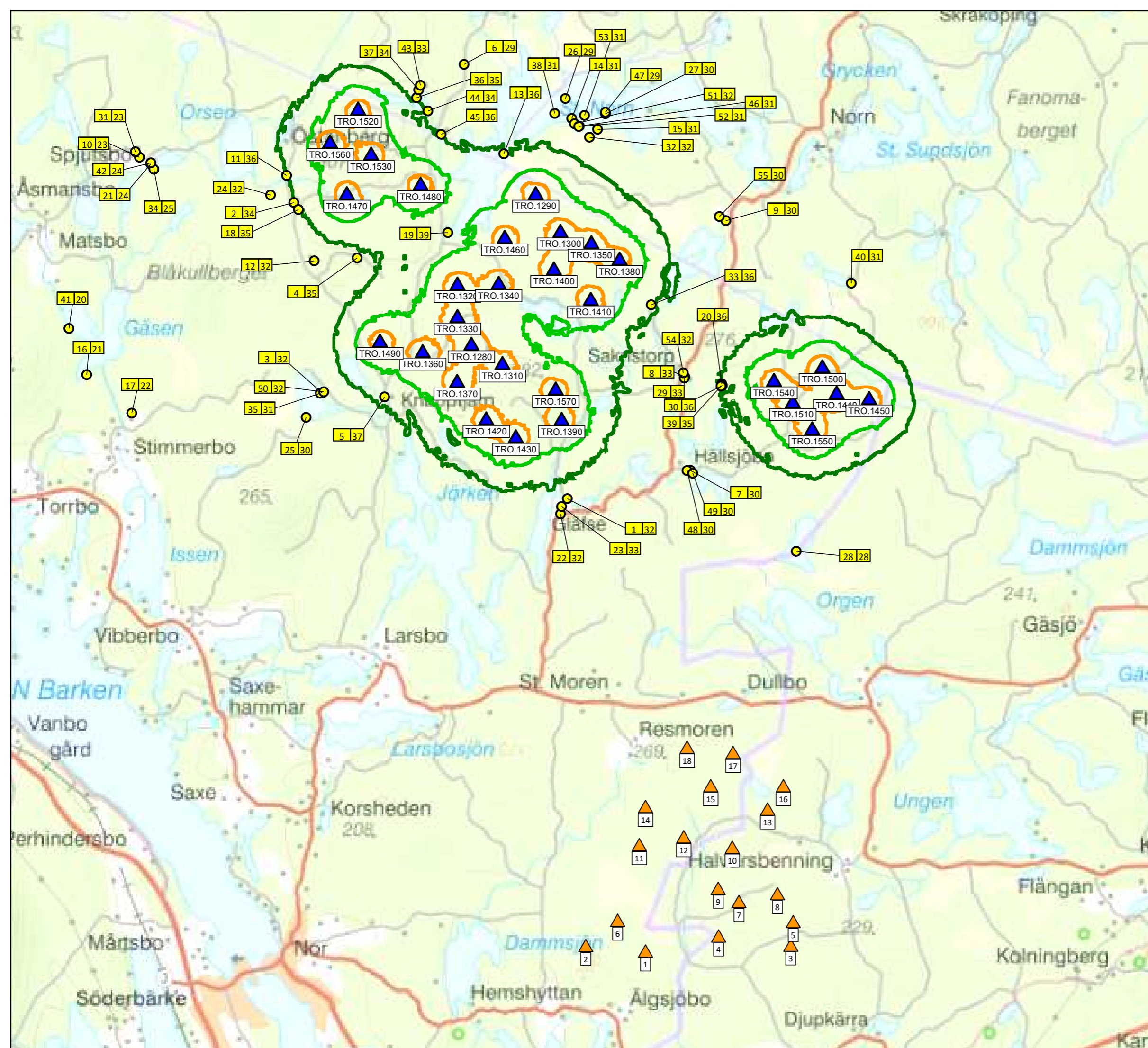
Vindpark Trollugnsberget

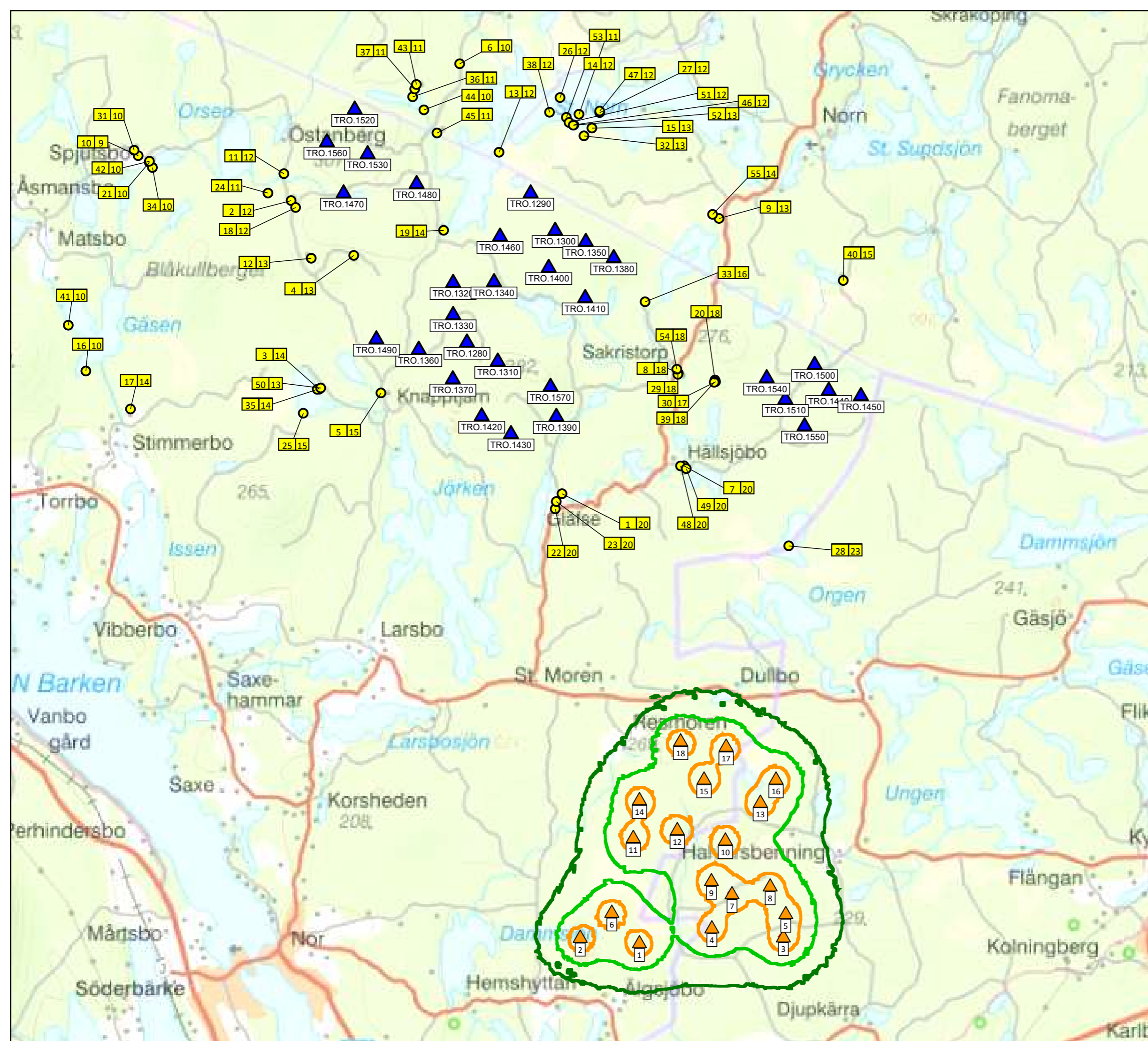
30 st. Siemens Gamesa SG 6.6-170  
 Totalhöjd: 295 m  
 Navhöjd: 210 m  
 Ljudeffektnivå: 106,0 dBA  
 Enskilt ljudbidrag från vindpark Trollugnsberget



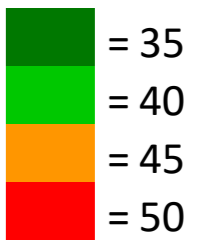
www.akustikkonsulten.se

Handläggare	Aras Wali	Kvalitetsgranskare	Paul Appelqvist
Projekt nr.	10-23069	Ritning	A01_1
Datum	2023-04-17		





Ekvivalent ljudnivå  $L_{Aeq}$  i dBA



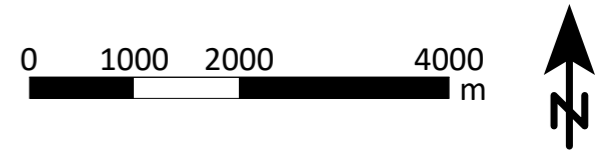
Symboler

- Ljudkänslig punkt
- ▲ Vindkraftverk - Trollugnsberget
- ▲ Vindkraftverk - Stygtjärnsberget

Nr.	$L_{Aeq}$ [dBA]	Indexering ljudkänslig punkt
-----	-----------------	------------------------------

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

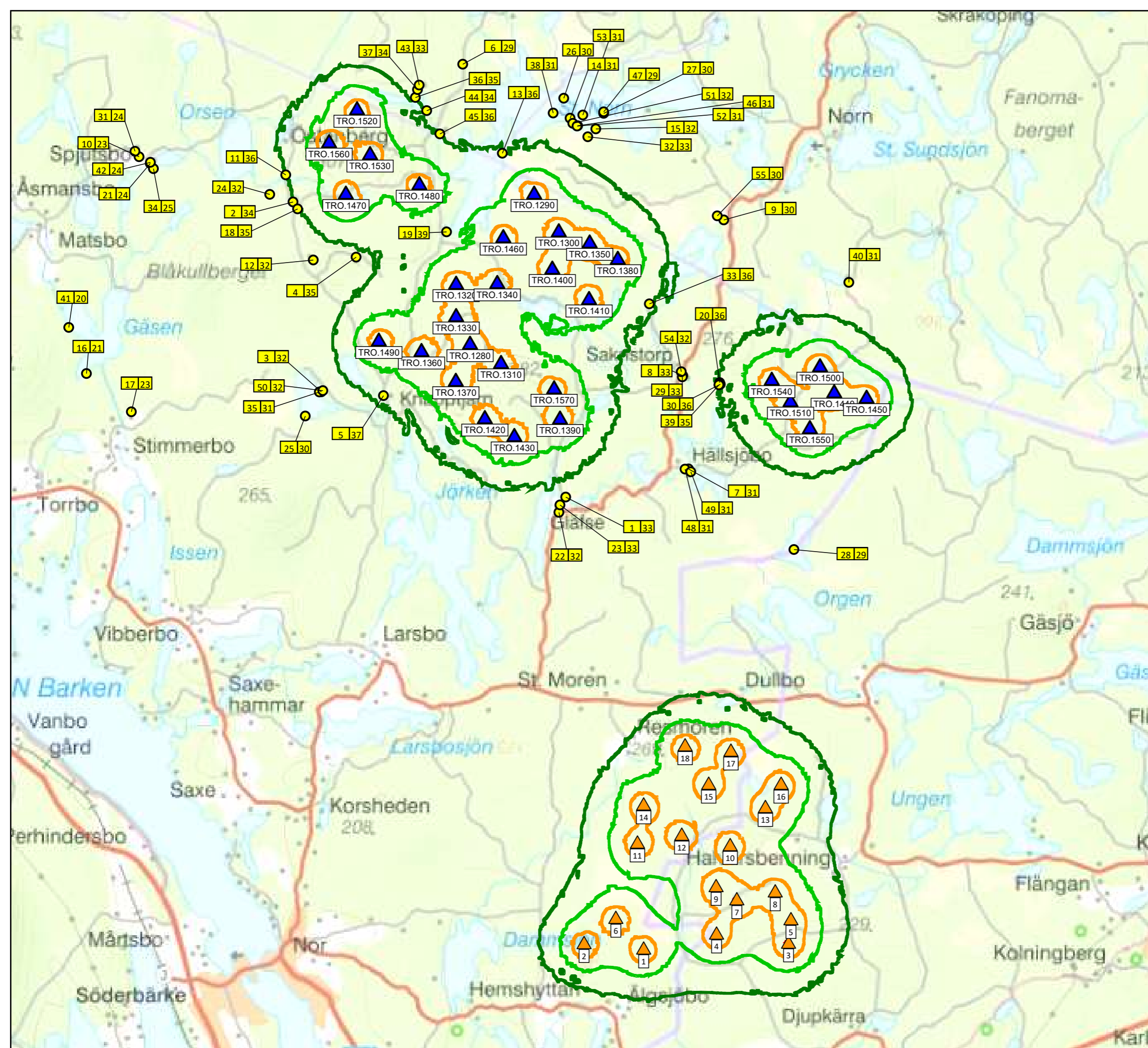


Vindpark Trollugnsberget

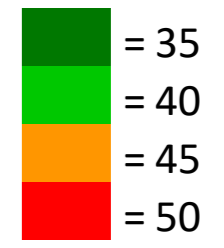
30 st. Siemens Gamesa SG 6.6-170  
 Totalhöjd: 295 m  
 Navhöjd: 210 m  
 Ljudeffektnivå: 106,0 dBA  
 Enskilt ljudbidrag från vindpark Stygtjärnsberget



Handläggare	Aras Wali	Kvalitetsgranskare	Paul Appelqvist
Projekt nr.	10-23069	Ritning	A01_2
Datum	2023-04-17		



Ekvivalent ljudnivå  $L_{Aeq}$  i dBA



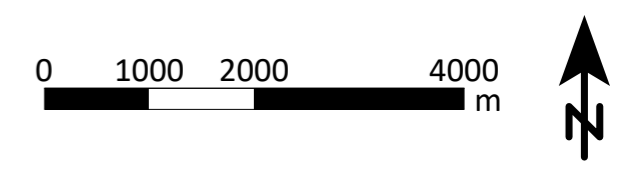
Symboler

- Ljudkänslig punkt
- ▲ Vindkraftverk - Trollugnsberget
- ▲ Vindkraftverk - Stygtjärnsberget

Nr.	$L_{Aeq}$ [dBA]	Indexering ljudkänslig punkt
-----	-----------------	------------------------------

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 Trollugnsberget

30 st. Siemens Gamesa SG 6.6-170  
 Totalhöjd: 295 m  
 Navhöjd: 210 m  
 Ljudeffektivnivå: 106,0 dBA  
 Kumulativt ljudbidrag från vindpark Trollugnsberget och vindpark Stygtjärnsberget



Handläggare	Aras Wali	Kvalitetsgranskare	Paul Appelqvist
Projekt nr.	10-23069	Ritning	A01_3
Datum	2023-04-17		