

Komplettering i ärende Dny. BR 2010-0260, MR 2010-0261

Begärda kompletteringar besvaras nedan.

1. Orienteringen för de sex vindkraftverken skiljer sig åt i ansökan och landskapsanalys på grund av att kommunens översiktsplan under ansökningsskedet genomgått förändringar där bland annat nya krav gällande avstånd till bostad specificerats. I samråd med kommunen gjordes därför en förändring i placering av vindkraftverken. Förändringen i sig är så lite avvikande från de placeringar vindkraftverken i analysen hade, så det påverkar inte analysens slutsats. Att vindkraftverken kommer något längre från E4, samt att grupperingen endast har två vindkraftverk nära E4, gör att de vindkraftverk som ansökan avser kommer synas mindre från E4 än vad fotomontagen åskådliggör. I övrigt är gruppen fortfarande sammanhållen och belägen inom det landskapsrum som analyserats av Atrio arkitekter.

Eftersom en landskapsanalys baseras på landskapsvärden och landskapsrum så utgör denna ringa avvikelse i placering inga större förändringar i värderingen av landskapet i sig. Slutsatserna av landskapsanalysen kan därför antas gälla även för den sökta placeringen.

Skugg- och ljudberäkningar för det sökta alternativet bifogas.

2. När det gäller utredning av lågfrekvent ljud från vindkraft, bifogas en ljudutredningsrapport som visar att lågfrekvent ljud inte är något problem för vindkraftsanläggningar.
3. Till anläggningen planeras väg enligt bifogad karta, Bild 1. (Bifogas även separat)

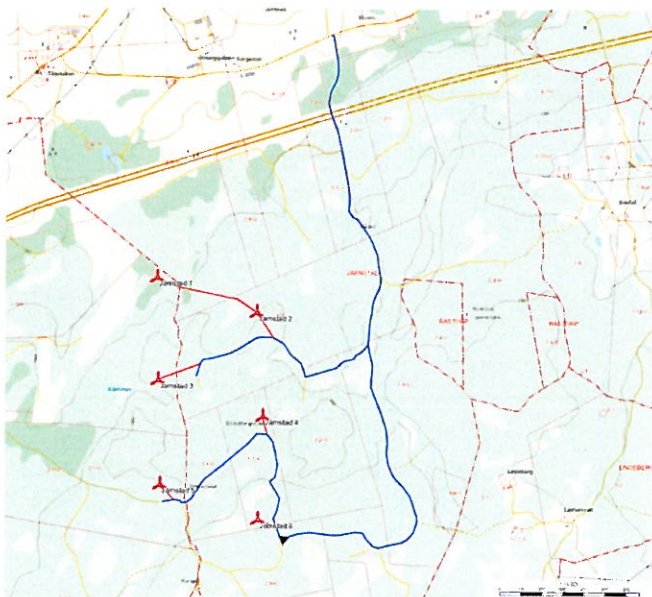


Bild 1 Karta över planerad vägdragning

Invid varje vindkraftverk krävs en permanent grusad hårdgjord yta för uppställning av kran och hjälpkran. Denna yta uppgår till ca 1 200 m² men varierar i storlek och utformning beroende på

storlek och tillverkare av vindkraftverksmodell. För att kunna transportera vindkraftverken till platsen krävs långa och tunga transporter, vilket ställer krav på vägarnas bärighet och utformning.

Normalt räcker en grusväg med cirka 5 meters vägyta exklusive diken, Befintliga vägar i området kommer att nyttjas i största möjliga mån, men det kommer även till viss del behövas anläggas ny väg fram till några av vindkraftverken. Vägarna motsvarar i regel den standard som skogsbolag bygger för transport av virke, se Bild 2.



Bild 2 Färdig väg till ett vindkraftverk, från Eolus Vind AB vindkraftpark Vettåsen, Sandvikens kommun.

De åtgärder som kan komma att krävas på befintliga vägar som ska användas är främst en förstärkning av vägens bärighet, breddning, uträtning av kurvor och krön, byte av trummor vid behov samt rensning av diken för att säkerställa vattenavrinningen från vägkroppen.

Den tänkta vägen kommer att ansluta från väg 506, jämsides med E4 och BK1 klassad, och kommer att passera över E4. Den väg som är markerad med blått i kartan (Bild 1) är den befintliga väg som kommer att förstärkas upp till BK1 klassning. De rödmarkerade vägarna avser nybyggnation av väg fram till vindkraftverken. Den vägsträcka som kommer att förstärkas är ungefär 5,5 km väg, och den väg som kommer att nyanläggas omfattar ungefär 1 km. Utöver detta anläggs de till varje vindkraftverk tillhörande kranuppställningsplatserna och fundamentplatserna.

Vägarna dimensioneras dels för planerade transporter under byggskedet och leveranser av vindkraftverken, dels långsiktigt som servicevägar till anläggningen.

Massbalans eftersträvas i området vilket bl.a. innebär att vägkroppen byggs av befintligt material som uppkommer i samband med anläggningsarbetet inom området. Vägkroppens tjocklek beror på den aktuella markens bärighet. Då marken utgörs av berg används sprängning eller utfyllnad för att skapa vägkroppen. Därefter görs vägens överbyggnad som består av finare material för att skapa en jämnare vägyta.

I första hand förädlas befintligt material som uppkommer i samband med anläggningsarbetet inom området. Om det befintliga materialet inte är tillräckligt kommer material köpas in från närliggande bergtäkter.

4. Kabeldragning planeras i samråd med det elbolag som innehar nätkoncession i området, och dragningen påverkas i hög grad av andra planerade arbeten i området, varför en karta över tänkt kabeldragning inte kan bifogas i detta initiala skede.

Kabeln kommer med stor sannolikhet att markförläggas och i den mån det är möjligt, följer man befintligt vägnät. (Se Bild 1)

5. De ovanstående punkterna 3 och 4 kommer att genomföras utan att påverka några i området befintliga fornlämningar och naturobjekt. I området finns ett antal fornlämningar i form av lägenhetsbebyggelse i anslutning till befintliga vägar som är planerade att breddas. Dessa lämningar kan undvikas och bedöms inte påverkas av etableringen. Det finns också kärrskog och sumpskog i anslutning till befintliga vägar, och de bedöms inte bli påverkade av etableringen.

Vid de planerade vindkraftverken och längs de befintliga och planerade vägsträckningen, finns inga av länsstyrelsen utpekade skyddsvärda områden, eller områden av riksintresse, varför etableringen bedöms ha ringa påverkan på skyddsvärda områden i det avseendet.

6. Det tilltänkta exploateringsområdet har utretts genom sökning i artportalen. Normalt krävs vidare inventeringar när observationer av rödlistade arter, eller andra arter där hänsynstagande gällande vindkraft krävs, i närheten indikerar att området kan hysa skyddsvärda fågelarter och fladdermusarter. Inga rödlistade arter finns i det direkta etableringsområdet, varför vi anser att vidare inventering ej krävs.

Observationer av rödlistade arter under 2011 och 2012 i ett när- och kringområde till etableringen, visar på rödlistade arter ibland annat Hästholmen, Ödeshögs tätort, Heda kyrka och Stora Lunds naturreservat. Under 2011 observerades en bivräk förbiflygande vid Järnstad samt en mindre hackspett vid kråkeryd.

Specifika sökningar på observationer av tjäder och orre, visar inga träffar på gjorda observationer av tjäder under 2011, och endast en observation av orre under 2011, i ett större kringområde, varför vi anser att vidare inventering inte ska behövas. Observation av orre gjordes 2,5-3 km från den södra delen av den aktuella etableringsplatsen.

I detta fall finns inga fynd i närområdet till etableringen som påvisar behov av vidare undersökningar gällande fåglar i etableringsområdet.

När det gäller fladdermöss, finns en inventering att tillgå på länsstyrelsens hemsida. Inventeringen är gjord mellan 1978 och 2004, med systematisk inventering från 1994 fram till 2004 och visar på fladdermusens utbredning i Östergötland avseende olika arter. En genomgång av rapporten och kartmaterialet visar inte på några fynd av fladdermöss i området. Det närmsta fyndet av fladdermus som omtalas i rapporten, är fynd av sju olika arter vid Orrnäs gård.

(http://www.lansstyrelsen.se/ostergotland/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/publicerad-e-publikationer/2004/fladdermoss_ostergotland.pdf)

Då inventeringarna är grundligen utförda, ser vi inte något som föranleder en närmare inventering av fladdermöss i det aktuella etableringsområdet.

7. Gällande Holavedens odlingslandskap borde även kommunen i sitt framtagande av översiktsplan ha tagit hänsyn därvid. Eftersom den till översiktsplanen bifogade vindbruksplanen redovisat det tilltänkta etableringsområdet som ett område lämpligt för uppförande av vindkraftverk, anser vi att området inte negativt kommer påverka odlingslandskapet och upplevelsen av detta.

Länsstyrelsen har under 2010 tagit fram en årsrapport för kulturmiljöarbete, (<http://www.lansstyrelsen.se/ostergotland/SiteCollectionDocuments/Sv/samhallsplanering-och-kulturmiljo/byggnadsvard/%C3%85rsbok%202010%20Kulturmilj%C3%B6.pdf>)

I Rättvis Vinds yttrande kan vidare utläsas att Holavedens odlingslandskap bör sparas från vindkraftsetablering. Ett yttrande från Ulla Baugner (20090812 till ödeshögs bygg och miljönämnd) pekar ut ett par områden som särskilt viktiga i Holaveden, då det är småskaliga odlingslandskap som inte anses tåliga för vindkraft. Detta har beaktats genom att den aktuella etableringen vi söker för, är belägen som minst 1,5 km norr om den del som anger norra gränsen för odlingslandskapet. Mellan etableringen och denna "gräns" (månsabola) finns skog som skymmer siktlinjerna. Detta har åskådliggjorts via flera av de fotomontage som bifogats ansökan, som då är tagna från platser där ändå siktlinjerna till etableringen är som mest öppna.

Med tanke på att holavedens småskaliga odlingslandskap områdesmässigt befinner sig 1,5-7 km bort från den tänkta etableringen, anser vi att etableringen inte kan påverka vistelsen i landskapet på ett negativt sätt.

Den aktuella etableringen planeras längs med Europaväg 4, en stor ledlinje genom det landskap som utgör Ödeshögs kommun. Ledlinjen E4 bryter mellan skogslandskapet och slättlandskapet, och den planerade etableringen ligger så beläget att den inte bryter något kringvarande landskap som inte dessförinnan är påverkat av Europavägen gällande både buller och föroreningar. Etableringen är därför ur vår synpunkt mycket lämpligt sammanhållen med befintlig bebyggelse och infrastruktur, för att inte störa upplevelsen av att vistas i odlingslandskapet och skogslandskapet som finns längre söderut.

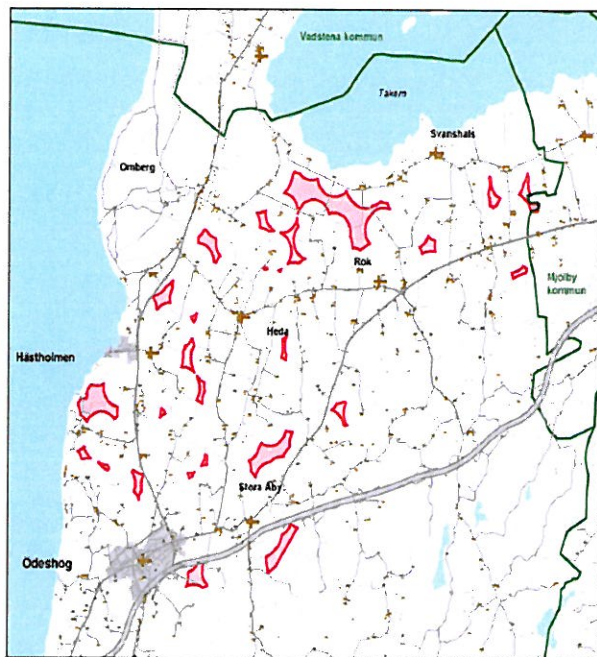
8. Den europeiska landskapskonventionen trädde i kraft i Sverige den 1 maj. Den lyfter fram landskapets sociala betydelse och understryker vikten av att människor kan delta aktivt i värdering och förvaltning av landskapet. I detta vindkraftsprojekt kommer många i bygden att kunna knytas samman i en gemenskap på olika sätt. Dels genom markägandeförhållanden och dels genom delägarskap i vindkraftsetableringen. Projektet kan gynna medborgare i

samhället på olika plan, dels genom möjligheter till delägarskap och investeringar vilket på sikt kan bidra till utveckling av verksamheter mm. Dels kommer kommunen att få tillskott av miljövänlig el, vilket kommunen själva i sin översiktsplanering, i delen "Planeringsförutsättningar + Vindkraftsprogram" uttrycker på detta sätt;

- Inga formella beslut är fattade men inom kommunen finns en vision att man i framtiden ska vara helt självförsörjande på el, dvs vindkraften ska producera motsvarande mängd el som förbrukas i kommunen. För att uppnå detta krävs en utbyggnad av vindkraften och att alla platser (inklusive skogsbygden) i kommunen undersöks för möjligheten att bygga kraftverk.
 - Antalet (nya) områden som är möjliga att bebygga i slättbygden är begränsade som tidigare nämnts.
 - Nya nationella miljömål och ökat allmänt ökat intresse för förnyelsebar energi gör att intresset för vindenergi hela tiden ökar.
 - Den tekniska utvecklingen för vindkraftverk går mycket fort. Utvecklingen går mot allt större, högre och effektiva vindkraftverk. Skogsbygder som för några år sedan inte ansågs tekniskt och ekonomiskt intressanta att bebygga med vindkraft, har omvärderats och därmed blivit föremål för vindkraftsintresse.
- Ovan ledde till att kommunstyrelsen i oktober 2007 beslutade sig för att ta fram en plan för utbyggnad av vindkraft i skogsbygden.

Ödeshögs kommuns egen översiktsplanering pekar även ut det aktuella området, där området i fråga pekas ut som ett område möjligt för vindenergi med låg konfliktrisk avseende buller och natur- och kulturmiljö. (Bild 3, bifogas även separat)

Karta 3 utgör en riktig analys av förutsättningarna att placera vindkraftverk i Ödeshögs kommun



Karta 3
Möjliga områden för vindenergi med låg konfliktrisk med
hänsyn till buller och natur- och kulturmiljö
Skala 1:100 000

Bild 3 Området söder om Stora Åby, utpekade som möjligt för vindenergi

Landskapet har en mångfald av värden och konventionen syftar till att de resurser som finns i landskapet ska kunna utvecklas och utnyttjas på lämpligt sätt.

Genom att informationsmöten har hållits och genom den mycket långvariga kontakt som hållits med kommunen genom detta projekt, har vi på många sätt aktivt tagit hänsyn till landskapskonventionen, dels genom demokratiska processer och dels genom hänsynstagande till de i området befintliga naturresurser som under projektets gång lyfts fram. Vi har även tagit stor hänsyn till den nu gällande översiktsplanen och etableringen har förändrats i både storlek och layout med hänsyn tagen till kommun, länsstyrelse och omgivningens inställning till var vindkraftverken lämpligen bör placeras.

- **kommunen har själva i sin översiktsplan en vision som kräver utbyggnad av vindkraften**
- **kommunen säger i sin översiktplan att skogsbygden är av intresse för vindkraftsutbyggnad**
- **översiktsplanen pekar ut det aktuella etableringsområdet som möjligt för vindkraftsutbyggnad**
- **kommunen pekar ut området som ett område med låg konfliktrisk gällande vindkraftsutbyggnad**

Med detta som grund ska byggnadsnämnden och miljönämnden kunna bevilja bygglov och acceptera miljöanmälan för den sökta etableringen.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Linda Wågström'.

Linda Wågström (Projektledare)

Eolus Vind AB

Tel: 010-199 88 74

Mob: 0703-44 75 45

E-post: linda.wagstrom@eolusvind.com

Projekt:

Ödeshög, Järnstad

ÖDESHÖGS KOMMUN

Miljö- och byggnämnden

Ankom 2012 -03- 12

Dnr:

Dpb:

WindPRO version 2.7.473 jun 2010

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:43 / 1

Användarlös:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

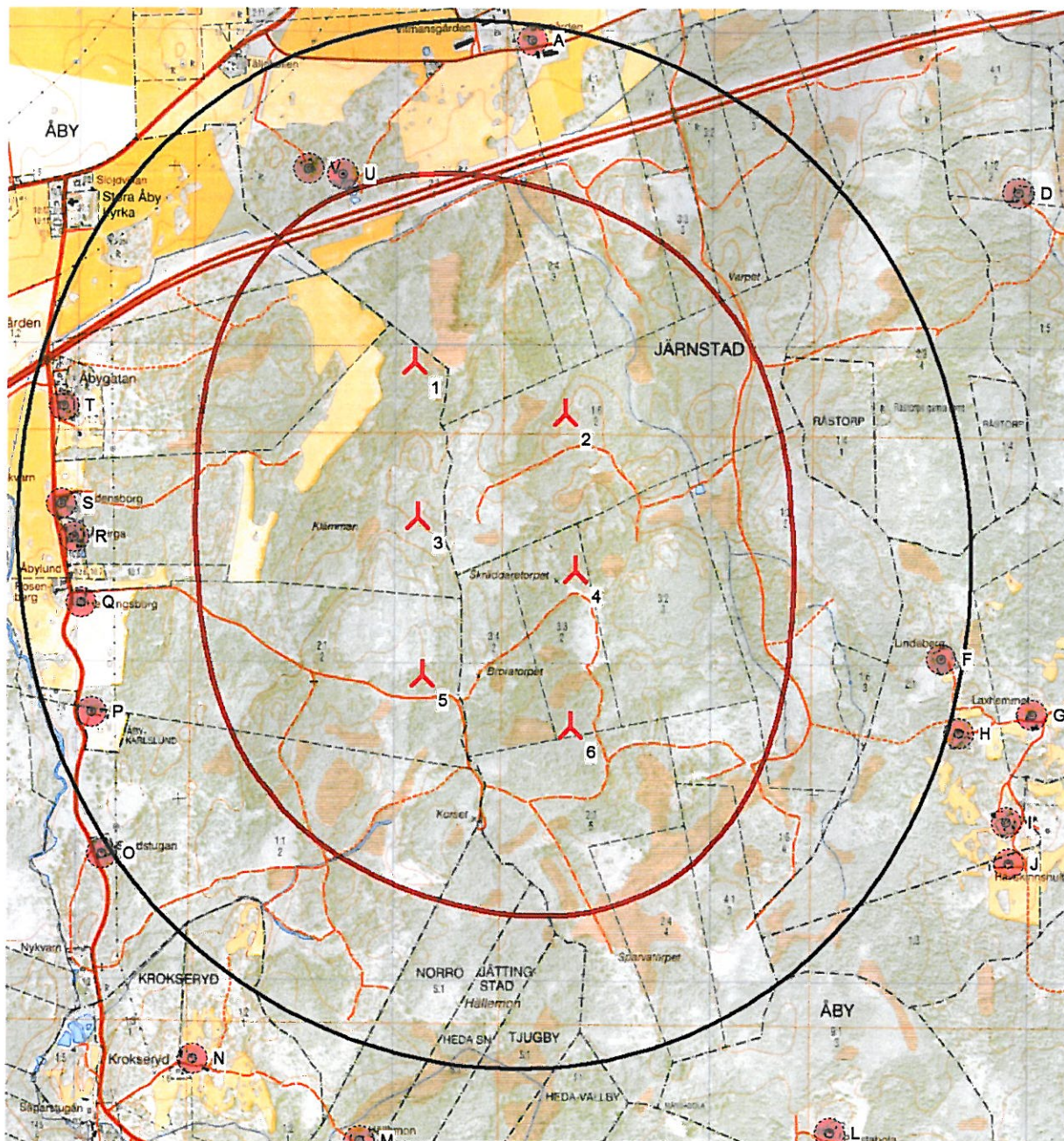
Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:29/2.7.473

DECIBEL - Karta 8,0 m/s

Beräkning: Ljud 6 VKV 1000m till hus



Karta: fastighet 1, Utskriftskala 1:20 000, Kartacentrum Rikets Net (SE) Öst: 1 437 007 Nord: 6 456 802
Ljudberäkningsmodell: Svensk, Jan 2002, Land. Vindhastighet: 8,0 m/s

▲ Nytt vindkraftverk ■ Ljudkänsligt område

— 35,0 dB(A)

— 40,0 dB(A)

Höjd över havet från aktivt linjeobjekt

Projekt

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:31 / 1

Användarlösens

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:29/2.7.473

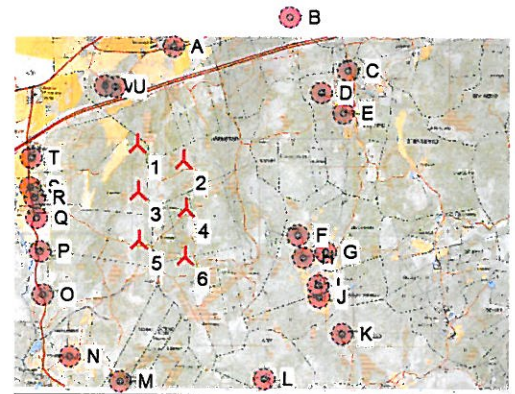
DECIBEL - Huvudresultat

Beräkning: Ljud 6 VKV 1000m till hus

SVENSKA BESTÄMMELSER FÖR EXTERNT BULLER FRÅN
LANDBASERADE VINDKRAFTVERK

Beräkningen är baserad på den av Statens Naturvårdsverk
rekommenderad metod "Ljud från landbaserade vindkraftverk", 2001
(ISBN 91-620-6249-2)

Råhetsklass: 1,5
Råhetslängd: 0,055
K: 1.0 dB/(m/s)



Skala 1:75 000

Nytt vindkraftverk

Ljudkänsligt område

VKV

RN	Öst	Nord	Z	Raddata/Beskrivning	Giltig	Tillverkare	Typ-generator	Effekt, nominell	Rotordiameter	Navhöjd	Ljuddata Gjort av	Namn	Vindhastighet	LwA,ref	Rena toner	Oktavdata
RN			[m]					[kW]	[m]	[m]			[m/s]	[dB(A)]		
1	1 436 754	6 457 378	145,1	VKV1	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	USER	"Mode 0" 104,0dBA V90-2,0MW	8,0	104,0	Nej	Ja
2	1 437 230	6 457 212	151,6	VKV2	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	USER	"Mode 0" 104,0dBA V90-2,0MW	8,0	104,0	Nej	Ja
3	1 436 759	6 456 890	155,0	VKV3	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	USER	"Mode 0" 104,0dBA V90-2,0MW	8,0	104,0	Nej	Ja
4	1 437 260	6 456 717	161,7	VKV4	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	USER	"Mode 0" 104,0dBA V90-2,0MW	8,0	104,0	Nej	Ja
5	1 436 770	6 456 392	160,5	VKV5	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	USER	"Mode 0" 104,0dBA V90-2,0MW	8,0	104,0	Nej	Ja
6	1 437 238	6 456 226	170,0	VKV6	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	USER	"Mode 0" 104,0dBA V90-2,0MW	8,0	104,0	Nej	Ja

Beräkning Resultat

Ljudnivå

Ljudkänsligt område

No.	Namn	RN	Öst	Nord	Z	Immissionshöjd	Krav Ljud	Avstånd	Ljudnivå Från VKV	Kraven uppfyllda ? Ljud	Avstånd	Alla
					[m]	[m]	[dB(A)]	[m]	[dB(A)]			
A	Sörgården	1 437 134	6 458 388	140,0		1,5	40,0	1 000	35,4	Ja	Ja	Ja
B	Sannalund	1 438 344	6 458 681	147,7		1,5	40,0	1 000	30,6	Ja	Ja	Ja
C	Hängslan nordväst	1 438 941	6 458 122	160,0		1,5	40,0	1 000	30,3	Ja	Ja	Ja
D	Boeryd väst	1 438 668	6 457 897	160,0		1,5	40,0	1 000	32,1	Ja	Ja	Ja
E	Boeryd	1 438 896	6 457 679	160,0		1,5	40,0	1 000	31,5	Ja	Ja	Ja
F	Lindeberg	1 438 412	6 456 429	170,0		1,5	40,0	1 000	35,5	Ja	Ja	Ja
G	Laxhemmet	1 438 699	6 456 252	170,0		1,5	40,0	1 000	33,3	Ja	Ja	Ja
H	Laxhemmet väst	1 438 466	6 456 195	170,0		1,5	40,0	1 000	34,7	Ja	Ja	Ja
I	Rävsinnshult nord	1 438 617	6 455 914	170,0		1,5	40,0	1 000	33,1	Ja	Ja	Ja
J	Rävsinnshult syd	1 438 624	6 455 784	170,0		1,5	40,0	1 000	32,8	Ja	Ja	Ja
K	Staffanstorps	1 438 860	6 455 401	170,0		1,5	40,0	1 000	30,6	Ja	Ja	Ja
L	Prästabola	1 438 051	6 454 939	170,0		1,5	40,0	1 000	31,8	Ja	Ja	Ja
M	Hällemön	1 436 564	6 454 926	170,0		1,5	40,0	1 000	33,0	Ja	Ja	Ja
N	Krokeryd	1 436 040	6 455 189	160,0		1,5	40,0	1 000	33,1	Ja	Ja	Ja
O	Sandstugan	1 435 757	6 455 837	147,0		1,5	40,0	1 000	34,8	Ja	Ja	Ja
P	Åby-Karlslund	1 435 729	6 456 285	140,0		1,5	40,0	1 000	36,0	Ja	Ja	Ja
Q	Henningsborg	1 435 699	6 456 632	140,0		1,5	40,0	1 000	36,4	Ja	Ja	Ja
R	Åberga	1 435 678	6 456 836	140,6		1,5	40,0	1 000	36,3	Ja	Ja	Ja
S	Fridensborg	1 435 636	6 456 941	140,0		1,5	40,0	1 000	36,0	Ja	Ja	Ja
T	Åbygatan	1 435 647	6 457 251	140,0		1,5	40,0	1 000	35,8	Ja	Ja	Ja
U	Noise sensitive point: Svensk - Användardefinierad (21)	1 436 533	6 457 972	145,8		1,5	40,0	500	39,2	Ja	Ja	Ja
V	Noise sensitive point: Svensk - Användardefinierad (22)	1 436 424	6 457 990	149,6		1,5	40,0	500	38,4	Ja	Ja	Ja

Projekt:

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:31 / 2

Användarlicens:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:29/2.7.473

DECIBEL - Huvudresultat

Beräkning: Ljud 6 VKV 1000m till hus

Avstånd (m)

	VKV					
LKO	1	2	3	4	5	6
A	1080	1180	1545	1676	2029	2165
B	2056	1844	2391	2243	2777	2692
C	2310	1938	2505	2190	2776	2548
D	1983	1593	2158	1837	2422	2199
E	2163	1730	2278	1898	2485	2205
F	1911	1419	1717	1188	1643	1192
G	2248	1756	2043	1513	1934	1462
H	2081	1600	1843	1314	1707	1228
I	2370	1900	2099	1577	1908	1414
J	2457	1996	2168	1653	1951	1455
K	2889	2437	2575	2072	2313	1820
L	2762	2416	2340	1946	1937	1522
M	2459	2381	1974	1922	1481	1465
N	2302	2347	1847	1956	1407	1585
O	1835	2015	1454	1742	1155	1531
P	1498	1764	1195	1591	1047	1510
Q	1292	1637	1091	1564	1098	1592
R	1204	1596	1082	1586	1179	1675
S	1200	1616	1124	1639	1260	1754
T	1114	1583	1169	1699	1414	1893
U	634	1031	1105	1450	1598	1883
V	696	1120	1150	1523	1636	1943

Projekt

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Slida

2010-12-03 14:01 / 1

Användarlicens:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

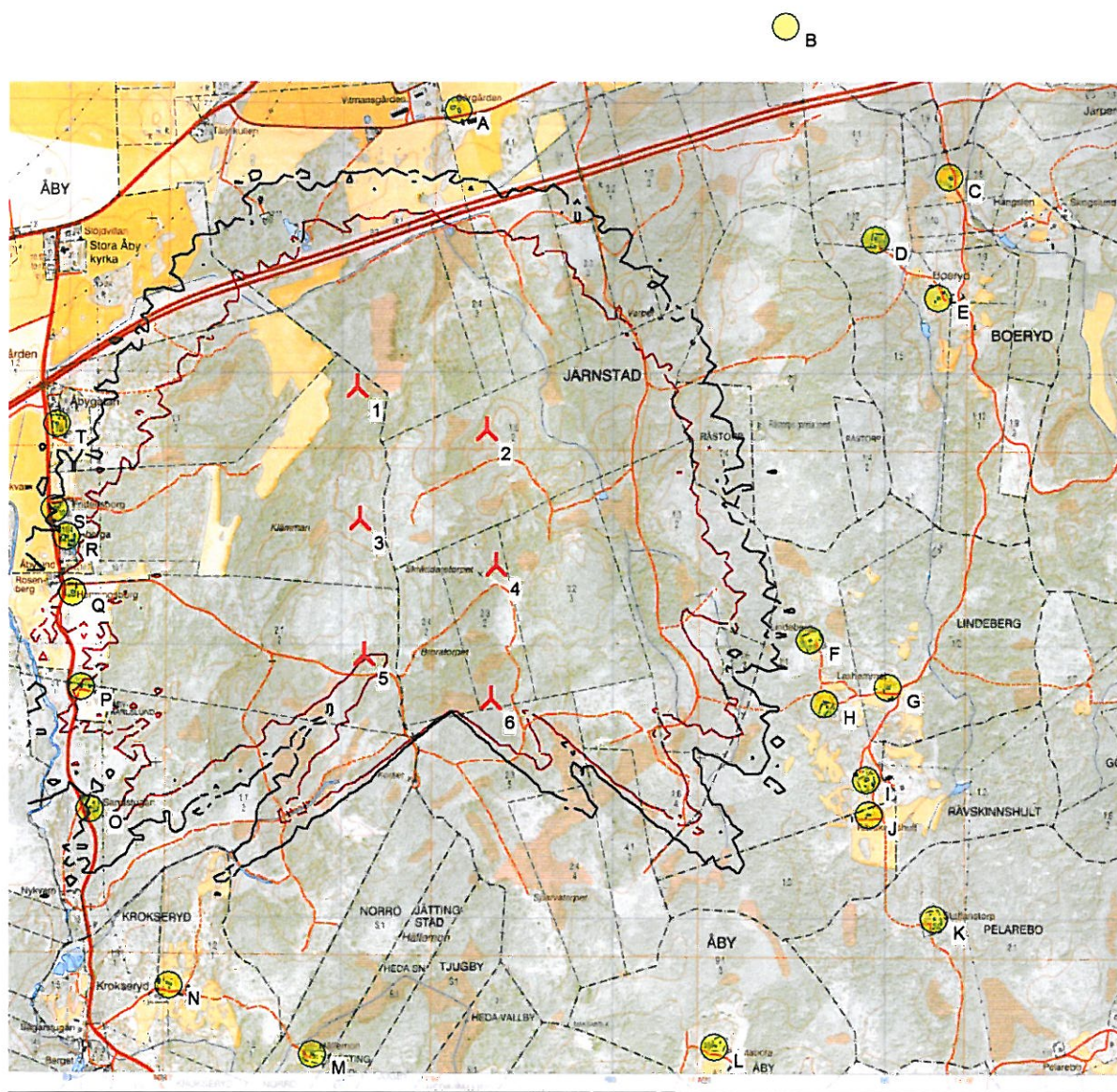
Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:49/2.7.473

SHADOW - Karta

Beräkning: Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus



0 250 500 750 1000m

Karta: fastighet 1, Utskriftskala 1:25 000, Kartacentrum Rikets Net (SE) Öst: 1 437 300 Nord: 6 456 810

▲ Nytt vindkraftverk ● Skuggmottagare

Isolinjer visar skugga i Timmar per år, verkligt fall

— 5 — 8

Projekt:

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:57 / 1

Användarlicens:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:49/2.7.473

SHADOW - Huvudresultat

Beräkning: Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus

Antaganden för skuggberäkningar

Maximalt avstånd för påverkan

Beräkna endast när mer än 20 % av solen skymms av rotorbladet

Titta i VKV tabell

Minsta solhöjd över horisonten för påverkan

3 °

Dag steg för beräkning

1 dagar

Tidsteg för beräkning

1 minuter

Solsken sannolikhet S (Medelvärde soltimmar per dag) [NORRKOPING]

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,92	2,22	3,42	6,16	9,78	8,52	7,67	6,33	5,05	3,02	1,57	1,25

Drifttimmar beräknas utifrån VKV i beräkningen och vindens frekvensfördelning:

Platsdata 12 sektorer; Radie: 20 000 m (1)

Drift tid

N	NNO	ONO	O	OSO	SSO	S	SSV	VSV	V	VNV	NNV	Totalt
379	475	601	564	528	490	558	826	1 036	1 067	673	510	7 706

Startvind för tomgång: Startvind från effektkurva

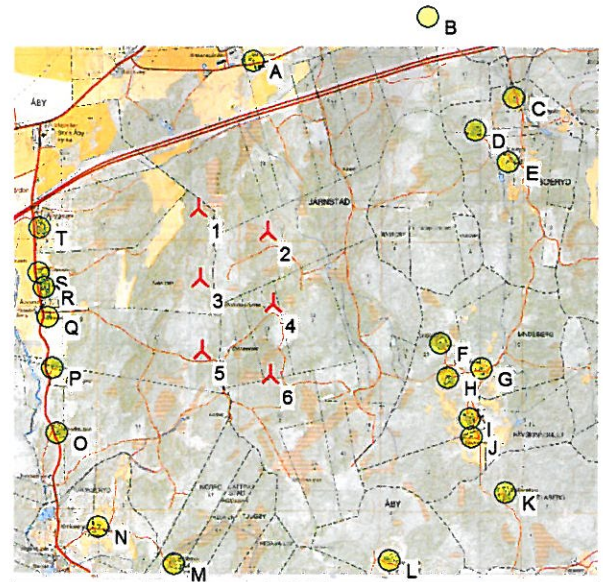
A ZVI (Zones of Visual Influence) calculation is performed before flicker calculation so non visible WTG do not contribute to calculated flicker values. A WTG will be visible if it is visible from any part of the receiver window. The ZVI calculation is based on the following assumptions:

Höjdkonturer används: Höjdlinjer: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)

Hinder som inte används i beräkningen

Ögonhöjd: 1,5 m

Nätupplösning: 10 m



Skala 1:50 000

Nytt vindkraftverk

Skuggmottagare

VKV

RN	Öst	Nord	Z	Raddata/Beskrivning	VKV typ		Effekt, nominell [kW]	Rotordiameter [m]	Navhöjd [m]	Skuggdata	
					Giltig	Tillverkare				Beräkning avstånd [m]	RPM [RPM]
1	1 436 754	6 457 378	145,1	VKV1	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	2 000 15,0
2	1 437 230	6 457 212	151,6	VKV2	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	2 000 15,0
3	1 436 759	6 456 890	155,0	VKV3	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	2 000 15,0
4	1 437 260	6 456 717	161,7	VKV4	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	2 000 15,0
5	1 436 770	6 456 392	160,5	VKV5	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	2 000 15,0
6	1 437 238	6 456 226	170,0	VKV6	Ja	VESTAS	V90-2,0MW Eolus-2 000	2 000	90,0	105,0	2 000 15,0

Skuggmottagare-Indata

No.	Namn	RN	Öst	Nord	Z	Bredd [m]	Höjd [m]	Höjd ö mark [m]	Grader från syd cw [°]	Lutning fönster [°]	Riktning	Riktning
A	Sörgården	1 437 134	6 458 388	140,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
B	Sannalund	1 438 344	6 458 681	147,8	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
C	Hängslan nordväst	1 438 941	6 458 122	160,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
D	Boeryd väst	1 438 668	6 457 897	160,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
E	Boeryd	1 438 896	6 457 679	160,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
F	Lindeberg	1 438 412	6 456 429	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
G	Laxhemmet	1 438 699	6 456 252	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
H	Laxhemmet väst	1 438 466	6 456 195	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
I	Rävsinnshult nord	1 438 617	6 455 914	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
J	Rävsinnshult syd	1 438 624	6 455 784	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
K	Staffanstorps	1 438 860	6 455 401	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
L	Prästabola	1 438 051	6 454 939	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
M	Hällemön	1 436 564	6 454 926	170,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
N	Krokseryd	1 436 040	6 455 189	160,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
O	Sandstugan	1 435 757	6 455 837	147,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	
P	Äby-Karlslund	1 435 729	6 456 285	140,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	"Växthusläge"	

Fortsättning på nästa sida...

Projekt:

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:57 / 2

Användarlös:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:49/2.7.473

SHADOW - Huvudresultat**Beräkning:** Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus

...fortsättning från föregående sida

No.	Namn	RN		Z	Bredd	Höjd	Höjd ö mark	Grader från syd cw	Lutning fönster	Riktning läge
		Öst	Nord							
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
Q	Henningsborg	1 435 699	6 456 632	140,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	"Växthusläge"
R	Åberga	1 435 678	6 456 836	140,6	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	"Växthusläge"
S	Fridensborg	1 435 636	6 456 941	140,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	"Växthusläge"
T	Åbygatan	1 435 647	6 457 251	140,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	"Växthusläge"

Beräkning Resultat

Skuggmottagare

No.	Namn	Skuggor, värsta fall		Max skugga	Skuggor, förväntade värden	
		Skuggtimmar per år [t/år]	Skuggdagar per år [dagar/år]		Skuggtimmar per år [t/år]	
A	Sörgården	12:34	42	0:21	1:29	
B	Sannalund	3:35	26	0:13	0:29	
C	Hängslen nordväst	0:54	10	0:08	0:08	
D	Boeryd väst	4:31	37	0:13	0:41	
E	Boeryd	2:48	24	0:11	0:28	
F	Lindeberg	18:17	100	0:23	4:17	
G	Laxhemmet	8:18	59	0:15	1:55	
H	Laxhemmet väst	18:32	107	0:21	4:28	
I	Rävsinnshult nord	8:59	67	0:20	2:14	
J	Rävsinnshult syd	7:11	46	0:15	1:47	
K	Staffanstorps	2:00	17	0:12	0:32	
L	Prästabola	0:00	0	0:00	0:00	
M	Hällemön	0:00	0	0:00	0:00	
N	Krokeryd	3:30	29	0:10	0:59	
O	Sandstugan	18:30	69	0:27	5:34	
P	Åby-Karlsund	30:04	119	0:25	8:16	
Q	Henningsborg	38:22	148	0:29	9:46	
R	Åberga	28:33	122	0:21	6:53	
S	Fridensborg	25:42	113	0:24	5:44	
T	Åbygatan	22:39	96	0:25	4:09	

Total skuggpåverkan hos skuggmottagare från enskilda vindkraftverk

No.	Namn	Värsta fall [t/år]	Förväntad [t/år]
1	VKV1	52:46	13:06
2	VKV2	36:47	8:42
3	VKV3	42:11	10:36
4	VKV4	42:41	10:06
5	VKV5	46:26	10:22
6	VKV6	42:29	9:03

Projekt

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:58 / 1

Användarlösens:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

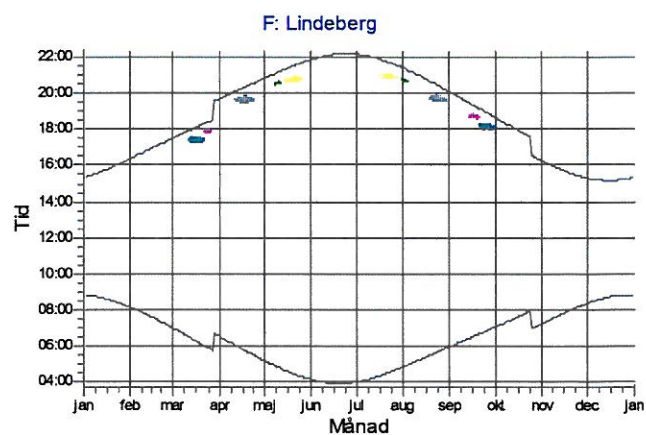
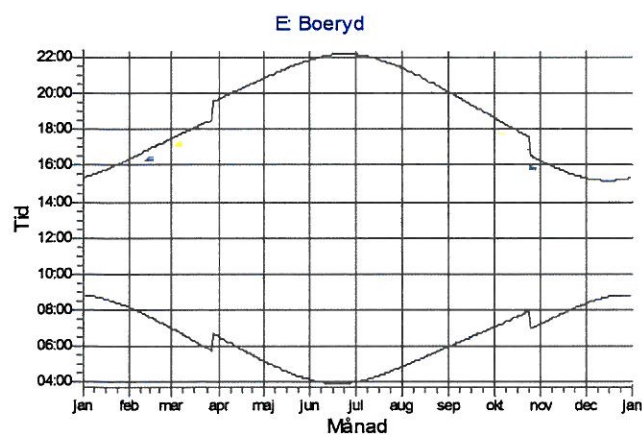
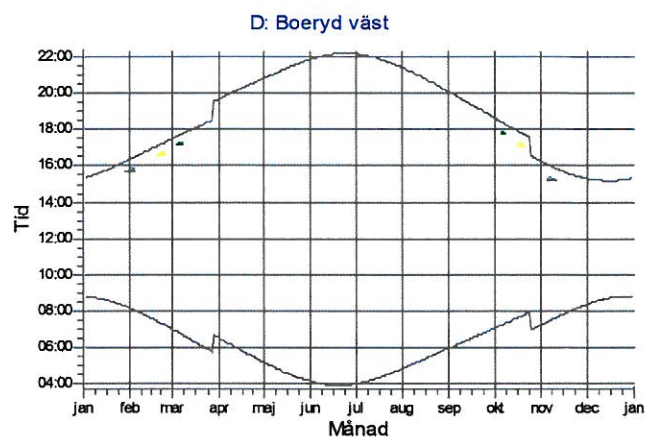
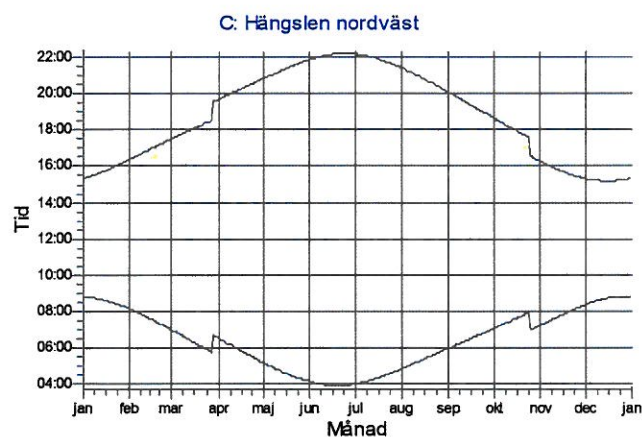
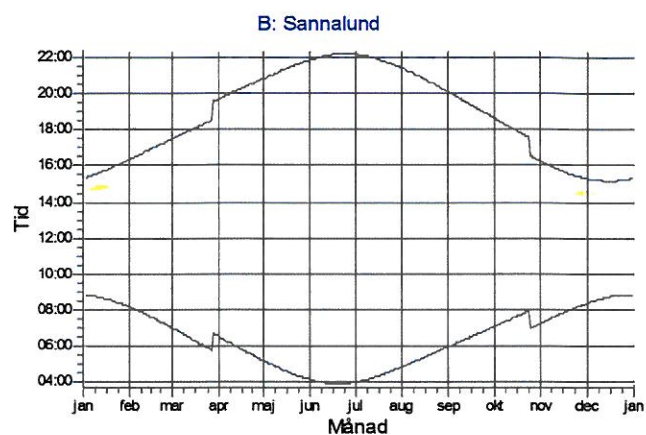
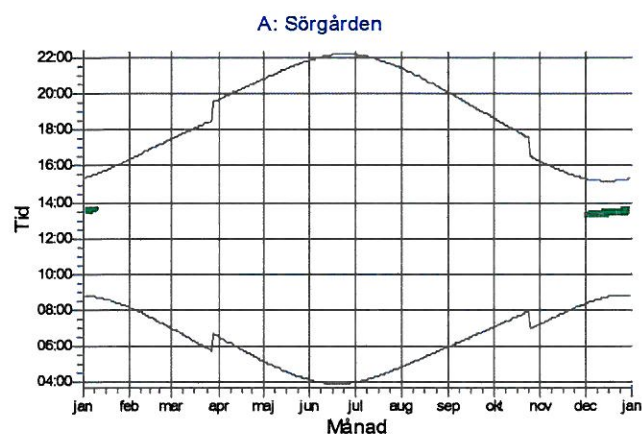
Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:49/2.7.473

SHADOW - Kalender, grafisk

Beräkning: Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus



VKV

1: VKV1
2: VKV2

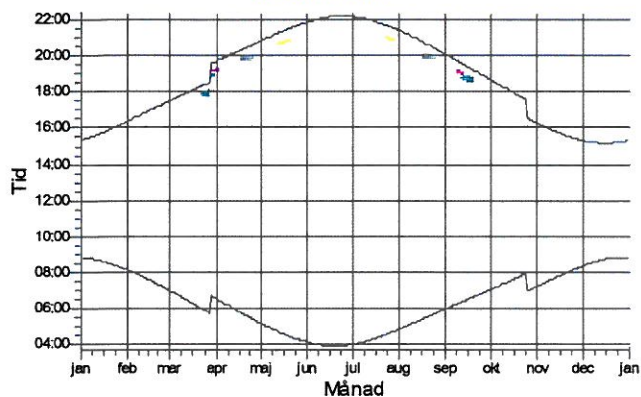
3: VKV3
4: VKV4

5: VKV5
6: VKV6

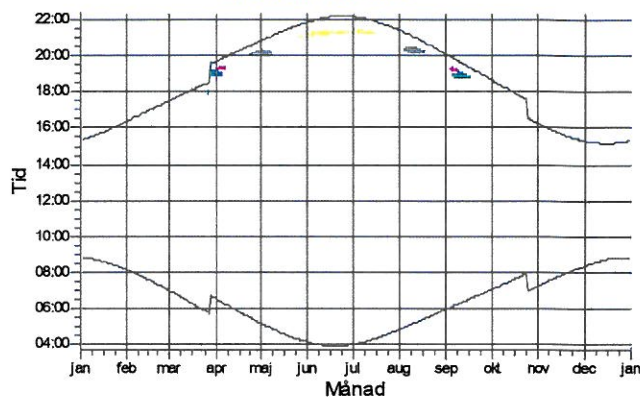
SHADOW - Kalender, grafisk

Beräkning: Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus

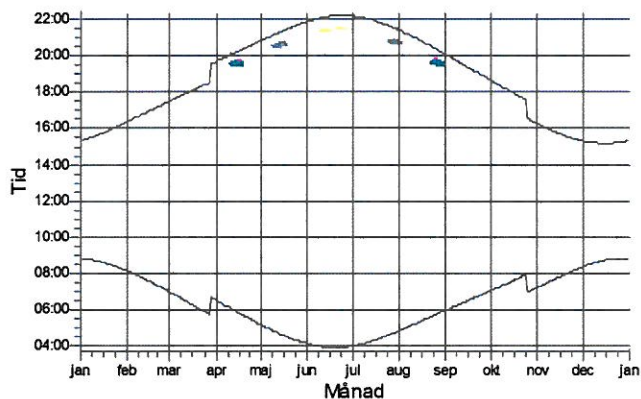
G: Laxhemmet



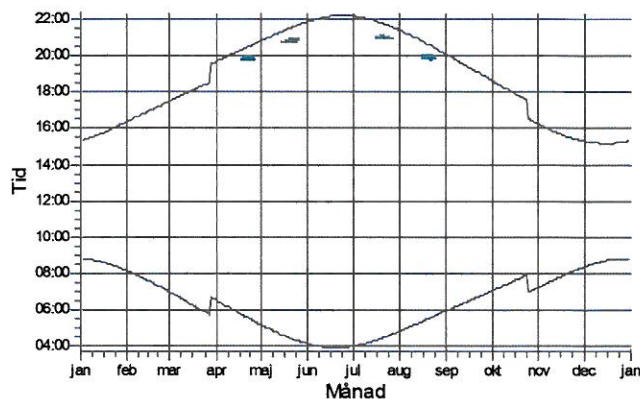
H: Laxhemmet väst



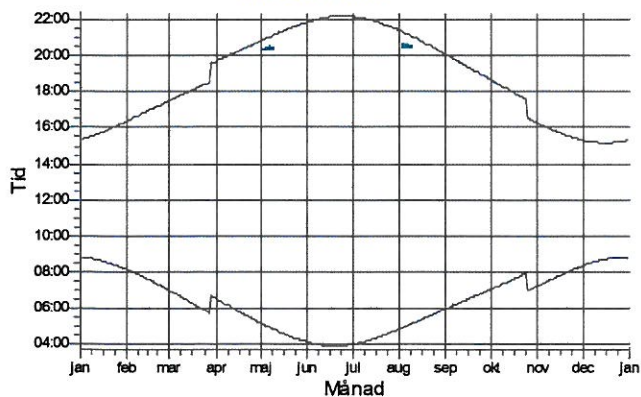
I: Rävskinnshult nord



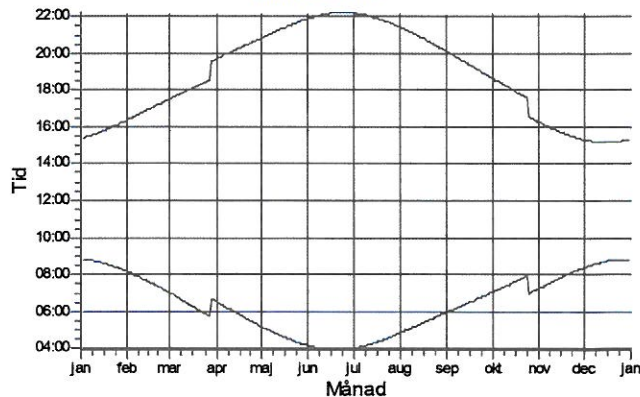
J: Rävskinnshult syd



K: Staffanstorp



L: Prästabola



VKV



2: VKV2



3: VKV3



4: VKV4



5: VKV5



6: VKV6

Projekt

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:58 / 3

Användarlösens

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

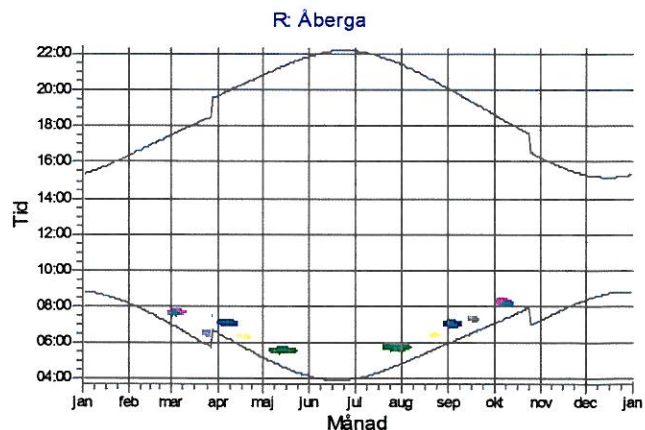
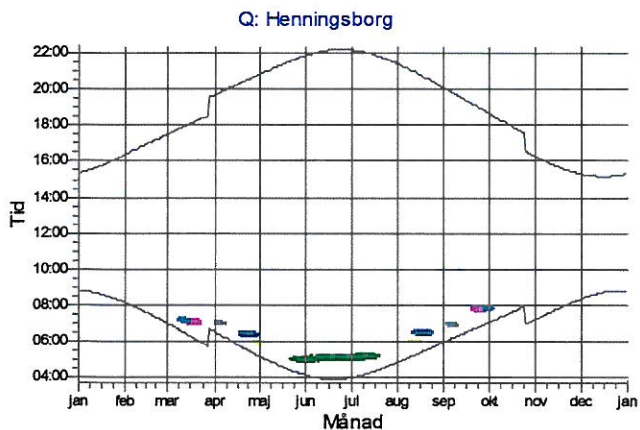
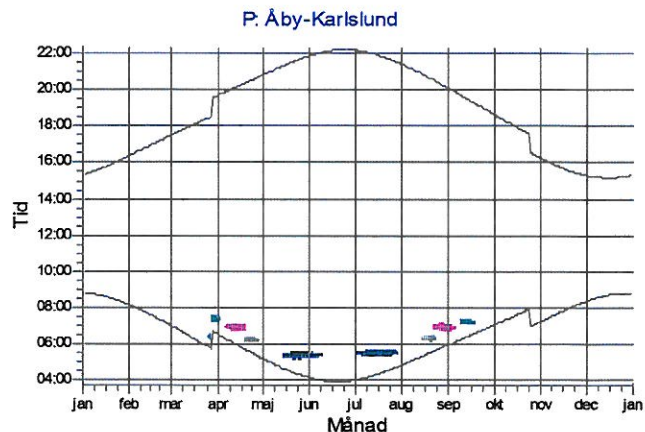
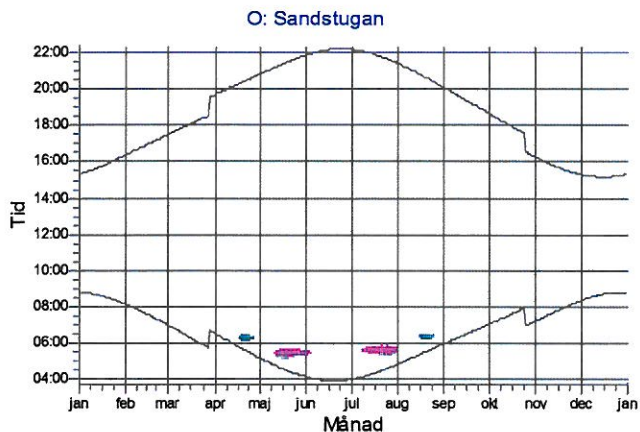
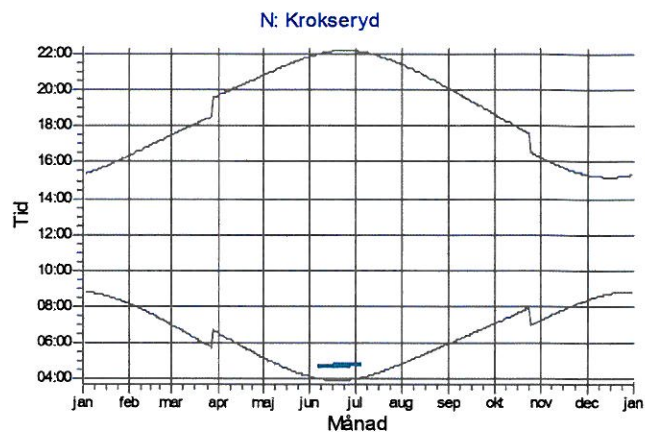
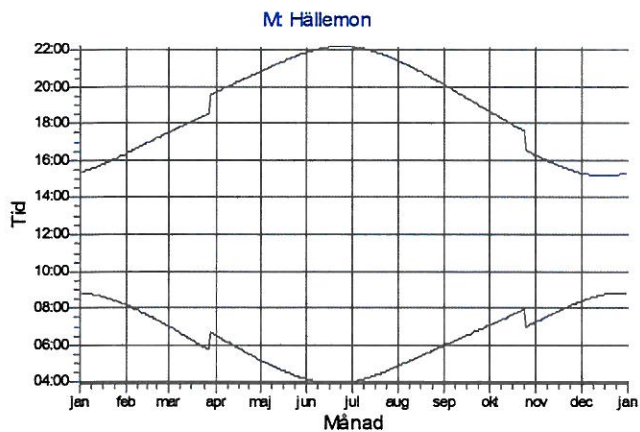
Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat

2010-12-03 13:49/2.7.473

SHADOW - Kalender, grafisk

Beräkning: Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus



VKV



1: VKV1



2: VKV2



3: VKV3



4: VKV4



5: VKV5



6: VKV6

Projekt

Ödeshög, Järnstad

Utskrift/Sida

2010-12-03 13:58 / 4

Användarlösens:

Eolus Vind AB

Väpnaregatan 17

SE-28150 Hässleholm

+46 0451-49150

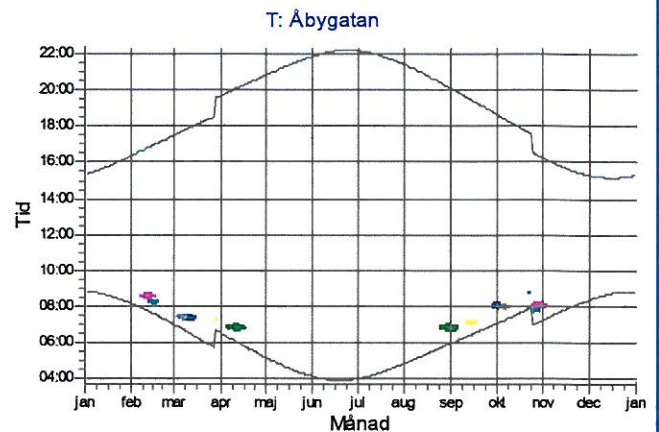
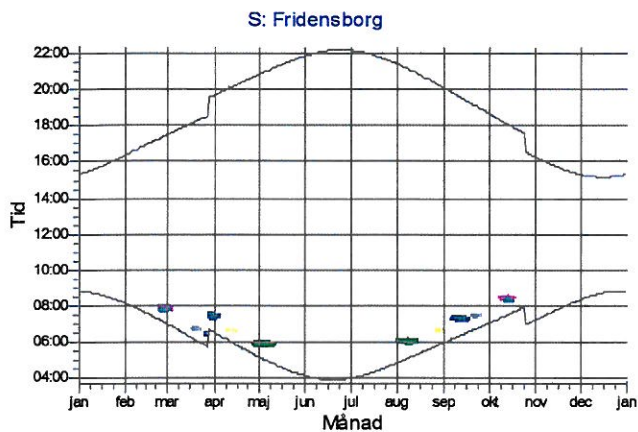
Linda Wågström / linda.wagstrom@eolusvind.com

Beräknat:

2010-12-03 13:49/2.7.473

SHADOW - Kalender, grafisk

Beräkning: Skugga Järnstad 6VKV 1000m till hus



VKV

1: VKV1
2: VKV2

3: VKV3
4: VKV4

5: VKV5
6: VKV6

Kunskapssammanställning om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar: Exponering och hälsoeffekter

Mats E. Nilsson, Gösta Bluhm
Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet

Gabriella Eriksson
Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) och Linköpings universitet

Karl Bolin
Marcus Wallenberg Laboratoriet, Kungliga tekniska högskolan

Förord

Naturvårdsverket har uppdragit åt Karolinska institutet, Institutet för miljömedicin (IMM) att göra en sammanställning av kunskapsläget vad gäller exponering och hälsoeffekter av infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar. Arbetet har utförts av docent Mats E. Nilsson (IMM), docent Gösta Bluhm (IMM), doktorand Gabriella Eriksson (IMM, nu vid Linköpings universitet) och Dr. Karl Bolin (KTH). Ebbe Adolfsson har varit kontaktperson vid Naturvårdsverket.

Innehåll

Sammanfattning	2
1. Inledning.....	3
Syfte	3
2. Metod	3
3. Akustik	3
Emission	3
Immision.....	5
Är dBA ett lämpligt mått på vindkraftsbuller?.....	7
4. Perception.....	8
Hörbarhet.....	8
Ljudkaraktär	10
5. Bullerstörning.....	10
6. Sömnstörning	13
7. Andra ohälsoeffekter	14
8. Slutsatser	15
9. Referenser.....	17

ÖDESHÖGS KOMMUN	
Miljö- och byggnämnden	
Ankom	2012 -03- 12
Dnr:	Dob:
Handlingsnr:	

Sammanfattning

Det finns ett starkt politiskt och samhälleligt stöd för utbyggnad av vindkraft. Miljöfördelarna på nationell och global nivå är uppenbara. Samtidigt finns farhågor om hälsoeffekter på lokal nivå för boende i verkens närhet. Inte minst har negativa effekter av lågfrekvent ljud och infraljud diskuterats. Syftet med denna litteraturstudie har därför varit att sammanställa forskningslitteraturen om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar.

Sammanställningen omfattar undersökningar av hur mycket infra- och lågfrekvent ljud som vindkraftverk genererar (emission), nivåer vid bostäder i närheten av vindkraftsanläggningar (immission), samt hälsoeffekter av infra- och lågfrekvent ljudimmission från vindkraft vid bostäder.

Litteratur om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftverk söktes i databaser för vetenskapliga artiklar och i artiklar från vetenskapliga konferenser. Dessutom har så kallad grå litteratur (myndighetsrapporter, konsultrapporter, och liknande) sökts med hjälp av sökmotor på internet och via kontakt med kollegor och myndigheter.

Följande slutsatser har dragits från genomgången av litteraturen på området:

1. 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.
2. 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.
3. Större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk, även med hänsyn taget till total ljudnivå. Med allt större vindkraftsverk 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.
4. Vindkraftsbuller orsakar bullerstörningar bland boende. Vid nivåer kring 35–40 dBA, det vill säga precis under riktvärdet 40 dBA, uppger 10–20 % av de boende att de är ganska eller mycket störda av vindkraftsbuller. Störningen beror i huvudsak på det pulserande svischande ljud som uppstår när rotorbladen passerar genom luften. Detta ljud är inte lågfrekvent, utan har sin huvudsakliga energi i frekvensområdet 500–1000 Hz.
5. Förutom besvärsupplevelser av buller har inga påtagliga ohälsoeffekter av vindkraftsbuller kunnat påvisas. Samband mellan vindkraftsbuller och självrapporterad sömnstörning har redovisats i vissa studier, medan andra studier inte funnit något sådant samband.
6. Det påstås ibland att infra- och lågfrekvent buller från vindkraft kan medföra risk för allvarliga hälsoeffekter i form av ”vibroakustisk sjukdom”, ”vindkraftssyndrom” eller skadlig infraljudspåverkan på innerörat. En genomgång av det vetenskapliga underlaget visar att dessa påståenden saknar belägg.

1. Inledning

Det finns ett starkt politiskt och samhälleligt stöd för utbyggnad av vindkraft. Miljöfördelarna på nationell och global nivå är uppenbara. Samtidigt finns farhågor om hälsoeffekter på lokal nivå för boende i verkens närhet. Inte minst har negativa effekter av lågfrekvent ljud och infraljud diskuterats. Olika åsikter har framförts, från att infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftverk är försumbart och inte alls påverkar människors hälsa (Leventhall, 2006) till att sådana ljud från vindkraftverk allvarligt kan skada människors hälsa (Pierpont, 2009). Det är därför angeläget att en kritisk sammanställning av forskningsläget genomförs, för att få en samlad bild av hur mycket infra- och lågfrekvent ljud som vindkraftsanläggningar genererar i människors boendemiljö och hur denna exponering kan påverka människors hälsa.

Syfte

Projektets syfte har varit att sammanställa forskningslitteraturen om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar. Sammanställningen omfattar undersökningar av:

- (1) Hur mycket infra- och lågfrekvent ljud som vindkraftverk genererar (emission) och vilka nivåer som uppstår vid bostäder i närheten av vindkraftsanläggningar, såväl inomhus som utomhus (immission).
- (2) Hälsoeffekter av infra- och lågfrekvent ljudimmission från vindkraft vid bostäder. Med "hälsoeffekter" menas såväl besvärsupplevelser och sömnstörningar, som eventuell risk för hjärt-kärlsjukdom och andra medicinska effekter.

2. Metod

Litteratur om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftverk söktes i databaser för vetenskapliga artiklar (Science Citation Index, PubMed, och PsychInfo) och i artiklar från vetenskapliga konferenser (bland annat Inter Noise och International Meeting on Wind Turbine Noise). Dessutom har så kallad grå litteratur (myndighetsrapporter, konsultrapporter, och liknande) sökts med hjälp av sökmotor på internet och via kontakt med kollegor och myndigheter.

3. Akustik

I denna rapport avser "infraljud" ljud i frekvensområdet 1–20 Hz och "lågfrekvent ljud" ljud i området 20–200 Hz. Detta följer gängse definitioner av infra- och lågfrekvent ljud (se t.ex. Berglund, Hassmén, & Job, 1996). Det bör dock påpekas att distinktionen mellan infraljud och lågfrekventljud är godtycklig och inte, som det ibland påstås, en skarp skillnad mellan hörbart och ohörbart ljud. Hörselsinnet kan uppfatta infraljud förutsatt att ljudnivån är tillräckligt hög (se avsnitt 4.1).

Emission

Vindkraftsljud uppstår när rotorbladen passerar genom luften (se figur 1, Oerlemans, Sijtsmaa, & Méndez López, 2007). Lågfrekvent ljud genereras framförallt av inkommande turbulens mot bladen. Turbulens från bladets bakkant (så kallat "trailing edge noise") genererar huvudsakligen ljud i frekvensområdet 200–2000 Hz och dominerar det ljud som människor uppfattar. Detta är alltså inte ett lågfrekvensproblem eftersom denna ljudkälla inte nämnvärt bidrar till frekvenser under 200 Hz.



Figur 1. Fotografi och ljudintensitet från en akustisk kamera visas tillsammans. Ljud genereras huvudsakligen på yttre delen av bladet samt till viss del vid rotorn. Figur från Oerleman *et al.* (2007)

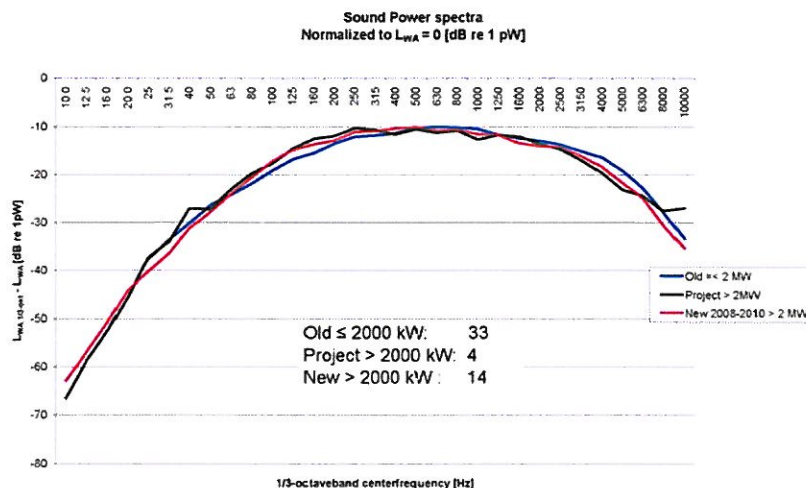
Lågfrekvent ljud genereras av turbulens och tryckfluktuationer vid bladen. Smalbandiga (tonala) ljudkomponenter genereras vid tryckkompressioner när bladet passerar tornet med grundfrekvens i bladpasseringsfrekvensen och övertoner upp till cirka 30 Hz (van den Berg, 2005). Inkommande turbulens orsakar lågfrekvent brus vilket dominerar ljudgenereringen från vindkraftverk i frekvenser med topp vid 10 Hz.

Suboptimala vinklar på bladen leder till ökad turbulens och ökad ljudgenerering. Van den Berg (2005) påpekar att om bladen är uppe (kl. 12) eller nere (kl. 6) kommer attackvinkeln variera och därmed ljudemissionen från bladen. (2005)

Pulserande fluktuationer av ljudet, så kallade amplitudmodulationer, förekommer från vindkraftverk. Mätningar visar dock inga nämnvärda amplitudmodulationer under 200 Hz (van den Berg, 2005). Detta gör det troligt att modulationerna uppkommer av "trailing edge noise" vilket innebär att problem kopplade till amplitudmodulation och lågfrekvensljud bör kunna behandlas oberoende av varandra.

I ett omfattande forskningsprojekt huvudsakligen utfört i Danmark har infra- och lågfrekvent buller från stora verk (>2 MW) jämförts med mindre verk (≤ 2 MW). I projektets slutrapport, som författades av Madsen och T. H. Pedersen (2010), inkluderades resultat från 18 större verk och 33 mindre verk. Dessa mätningar visade på en skillnad mellan små och stora verk, se Figur 2 som visar relativa nivåer av ljud för de mindre verken (blå linje), fyra större

prototyp-turbiner (> 2 MW, svart linje) samt 14 större verk (röd linje). Som framgår av figuren är medelvärdet (vägt med fördelningen av den installerade effekten i Danmark 2010) högre för de större verken i frekvensområdet 63-250 Hz.



Figur 2. Genomsnittliga emissionsspektra för 33 små verk (≤ 2 MW, blå linje), de fyra större prototypverk som ingick i Møller och C.H. Pedersens studie (Møller & Pedersen, 2010) (> 2 MW, svart linje), samt 14 nya mätningar på större verk (> 2 MW, röd linje). Spektra visar relativa ljudnivåer (0 dB = total ljudemission). Figur från Madsen och T.H. Pedersen (2010).

Madsen och T. H. Pedersen (2010) uppskattar att den totala ljudemissionen (A-vägd ljudeffekt, L_{WA}) från vindkraftverk i genomsnitt ökar med 2.9 dB per fördubbling av verkens effekt. Ljudemissionen i frekvensbandet 10-160 Hz beräknas dock att öka med i genomsnitt 3.9 dB (L_{WALF}) det vill säga med 1 dB mer per fördubbling av verkens effekt jämfört med ökningen av den totala ljudemissionen. Madsen och T. H. Pedersen påpekar också att variationen i ljudemission mellan olika typer av vindkraftverk är betydande vilket innebär att andelen lågfrekvent ljudemission från ett litet verk kan vara större än från ett stort verk. De anser därmed att det inte går att dra säkra slutsatser om lågfrekvensinnehåll endast från information om verkens storlek utan att varje nyetablering bör bedömas individuellt genom beräkningar av såväl total ljudnivå som relativ andel lågfrekvent ljud.

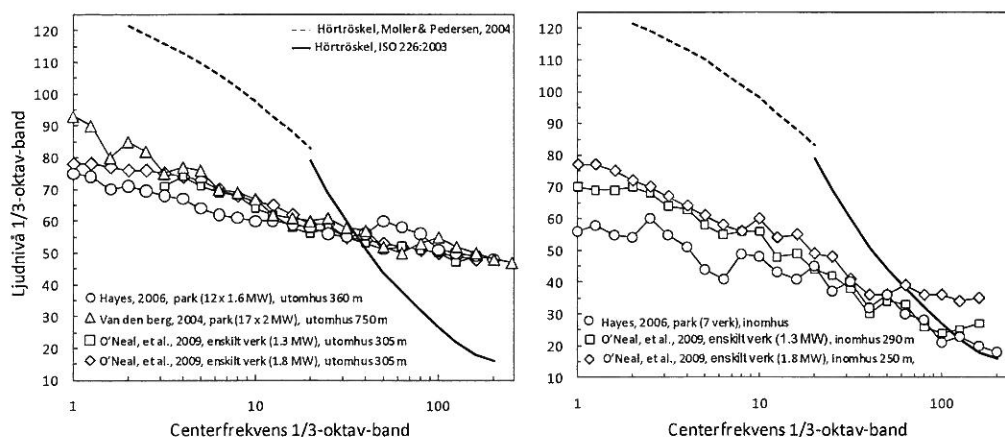
Møller, C. H. Pedersen och S. Pedersen (2011) redovisar en sammanställning i huvudsak baserad på Madsens och T. H. Pedersens data (2010). Resultaten från sammanställningen visar en statistiskt signifikant ökning på 2.2- 4.0 dB i olika tersband av det lågfrekventa ljudet med förskjutning av spektrumet ett tersband nedåt från små till större vindkraftverk. Møller, och medförfattare beräknar även att för det danska riktvärdet 44 dBA vid fasad kan en del boende nära större vindkraftverk utsättas för lågfrekvent buller över det danska riktvärdet för infra- och lågfrekvent buller inomhus kvälls- och nattetid på 20 dBA i frekvensband mellan 10-160 Hz.

Immision

Det råder stor enighet om att de infraljudsnivåer som genereras av moderna vindkraftverk ligger långt under vad som är hörbart (Jakobsen, 2005; Leventhall, 2006; Madsen & Pedersen, 2010; Møller & Pedersen, 2010; O'Neal, Hellweg, & Lampeter, 2011; van den Berg, 2004a). Detta bekräftas av spektra från publicerade mätningar av vindkraftsbuller utomhus och inomhus (Gastmeier & Howe, 2008; Hayes McKenzie Partnership Ltd., 2006; Hepburn, 2006;

O'Neal, Hellweg Jr., & Lampeter, 2009; Ramakrishnan, 2009; van den Berg, 2005). Några av dessa spektra visas i figur 3, tillsammans med hörtrösklar för infra- och lågfrekvent ljud (se avsnitt 4.1 för detaljer kring hörtrösklar).

De infraljudsnivåer som uppmätts från vindkraftverk är inte högre än de infraljudsnivåer människor utsätts för dagligen, på tunnelbana och bussar eller på arbetsplatser (Leventhall, 2006). Och de ligger långt under svenska riktvärden för infraljudsnivåer i arbetslivet, vilka ligger 5–10 dB över hörtrösklarna (Arbetsmiljöverket, 2005).



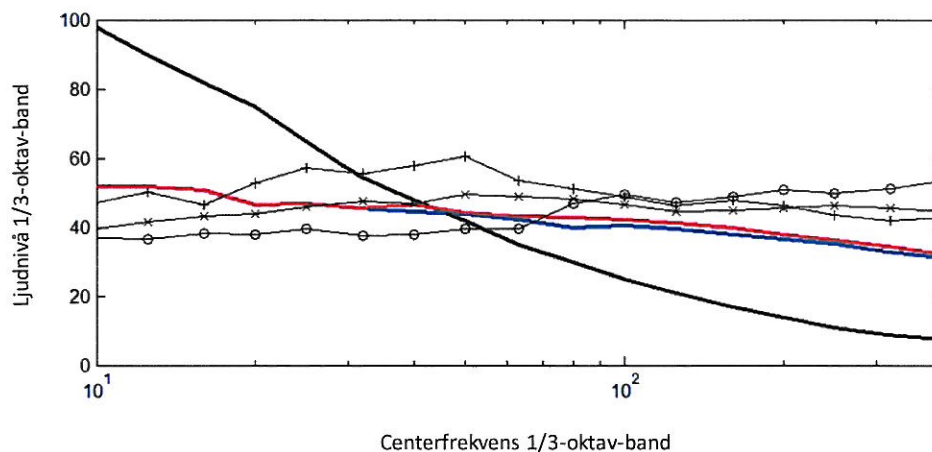
Figur 3. Immissionsspektra från mätningar av vindkraftsverk utomhus (vänster) och inomhus (höger). Helledragen linje avser hörtrösklar i lågfrekvensområdet enligt ISO (2003b), streckad linje avser hörtrösklar i infraljudsområdet enligt Møller och Pedersen (2004).

Jung och Cheung (Jung & Cheung, 2008) och Sugimoto, Koyama, och Watanabe (Sugimoto, Koyama, & Watanabe, 2008) har citerats som argument för att vindkraft genererar höga nivåer av infra- och lågfrekvent ljud (se till exempel Salt & Hullar, 2010). Jung och Cheung visar spektra för utomhusmätningar vid 10 m och 98 m från ett 1.5 MW verk, alltså på betydligt kortare avstånd än vanligt för bostäder. Mätningarna visade på nivåer över 80 dB i frekvensområdet 1–10 Hz. Dessa nivåer ligger under hörtröskeln vid dessa frekvenser. Det kan också noteras att nivåerna var ungefär desamma för de två avstånden, 10 och 98 m, vilket kan tyda på att mätningarna också inkluderar infraljud från bakgrunden¹. Sugimoto *et al.* mätte nivåer inomhus och rapporterade nivåer upp till 80 dB i frekvensområdet 1–20 Hz. Även här ligger nivåer under hörtröskeln. Mätningen skedde dessutom inne i en liten arbetsbod endast 20 m från vindkraftverket, vilket gör mätsituationen mindre relevant för effekter på människor (som bor i stabilare konstruktioner på flera hundra meters avstånd från vindkraftsanläggningar).

I lågfrekvensområdet (20–200 Hz) genererar vindkraftverk buller som i många fall är hörbart (se figur 3). Detta är inte unikt för vindkraft, utan gäller för de flesta bullerkällor i samhället.

¹ Effekten av geometrisk utbredning av ljud från en punktkälla är oberoende av frekvens. Det borde därför vara cirka 5-7 dB lägre nivå på marknivå vid 98 m jämfört med 10 m från det 62 m höga tornet.

Figur 4 visar jämförelser mellan tillåtna bullerdoser från vindkraft och trafikbuller. I figuren visas beräknade vindkraftsspektra för olika vindkraftsverk vid riktvärdet 40 dBA vid 8 m/s på 10 m höjd (Naturvårdsverket, 2011)². Vindkraftsbuller är normaliserade till riktvärdet 40 dBA och trafikbuller till utomhusriktvärdet 55 dB $L_{Aeq,24h}$ fasad (Boverket, 2008) för frekvensintervall 16–10000 Hz.



Figur 4. Beräknade spektra från vindkraftsverk och trafikbuller vid gällande riktvärde för buller utomhus vid bostadens fasad (40 dBA vid 8 m/s på 10 m höjd för vindkraftsbuller och 55 dB $L_{Aeq,24h}$ för trafikbuller). Blå linje visar spektra för små (<2 MW) och röd linje för stora (>2 MW) vindkraftsverk. Trafikbullerspektra visas för persontrafik (-x-), tung trafik (-+-) samt spårtrafik (-o-). Svart linje avser hörseltrösklar i lågfrekvensområdet enligt ISO (2003b) och i infraljudsområdet enligt Møller och Pedersen (2004).

Lindkvist och Almgren (Lindkvist & Almgren, 2010) undersökte lågfrekvent buller vid ett bullerutsatt hem. Mätningar vid fasad och i rum som vetter mot vindkraftverket samt ljudtransmission genom fasaden undersöktes. Resultaten, som kan anses gälla generellt för svenska träbyggnationer, visar att Socialstyrelsens riktvärden för lågfrekvent buller inomhus (Socialstyrelsen, 2005) sällan överskrider om rådande riktvärde för buller vid fasad uppfylls. Persson ifrågasatte deras slutsats med hänvisning till att huskonstruktioner i Danmark vanligtvis är stenkonstruktioner och trä dominerar som byggnadsmaterial i Sverige (Persson, 2010). Lindkvist och Almgrens svar visar att den högre transmissionen som kan tänkas uppstå genom väggar bör kompenseras av att fönster i Sverige vanligtvis är mer dämpande än danska fönster (Lindkvist & Almgren, 2010).

Är dBA ett lämpligt mått på vindkraftsbuller?

Lågfrekvent buller är mer störande än buller utan påtagliga lågfrekventa komponenter, vid samma A-vägda ljudnivå (dBA). Därför har dBA ifrågasatts som indikator på upplevd ljudnivå och störning av buller (se till exempel Bengtsson, Persson Waye, & Kjellberg, 2004; Hellman & Zwicker, 1987; Kuwano, Namba, & Miura, 1989). Det finns alltså argument för

² Vindkraftverkens spektra har beräknats från tersbandsspektra från figur 2 som sedan har viktats för 500 m utbredning (antaget 20 °C temperatur, 70% relativ luftfuktighet, 1 atm lufttryck) och viktats till 40 dBA i frekvensintervall 16-10 000 Hz.

att ersätta dBA till förmån för andra mått, till exempel Zwickers hörstyrka (ISO, 1975), som bättre korrelerar med hur ljud upplevs (Nilsson, 2007; Nilsson, Andéhn, & Lesna, 2008). Detta gäller dock inte särskilt för vindkraftsbuller, utan för de flesta bullerkällor i vår omgivning, till exempel vägtrafik och fläktbuller, som genererar lika mycket eller mer lågfrekvent ljud.

Vinsten med en övergång från A-vägd ljudnivå till alternativa mått skall dock ställas mot de kostnader det skulle innebära att ändra nuvarande system för beräkningar och riktvärden av samhällsbuller. En kompromiss kan vara att som komplement till A-vägd ljudnivåer också mäta eller beräkna C-vägd ljudnivåer. Skillnaden mellan C- och A-vägd ljudnivå kan användas som en grov indikator på hur lågfrekvent ett ljud är (Hassall, 1998; Lundquist, Holmberg, & Landström, 2000). I situationer där det finns misstankar om påtagliga lågfrekvenskomponenter bör man därför överväga att också mäta eller beräkna C-vägd ljudnivå.

För vindkraft rekommenderar Lindkvist och Almgren (Lindkvist & Almgren, 2010) att en utökad studie om lågfrekvent buller görs om den C-vägd ljudnivån överstiger den A-vägd ljudnivån med mer än 15 dB vid beräkning eller mätning vid bostäders fasad. För en sådan undersökning rekommenderar författarna att ljudtrycksnivåer beräknas i tredjedelsoktavband 31,5–200 Hz inomhus med hjälp av en uppskattad ljudnivåskillnad ute och inne (till exempel med metod föreslagen av Madsen och T.H. Pedersen, 2010).

4. Perception

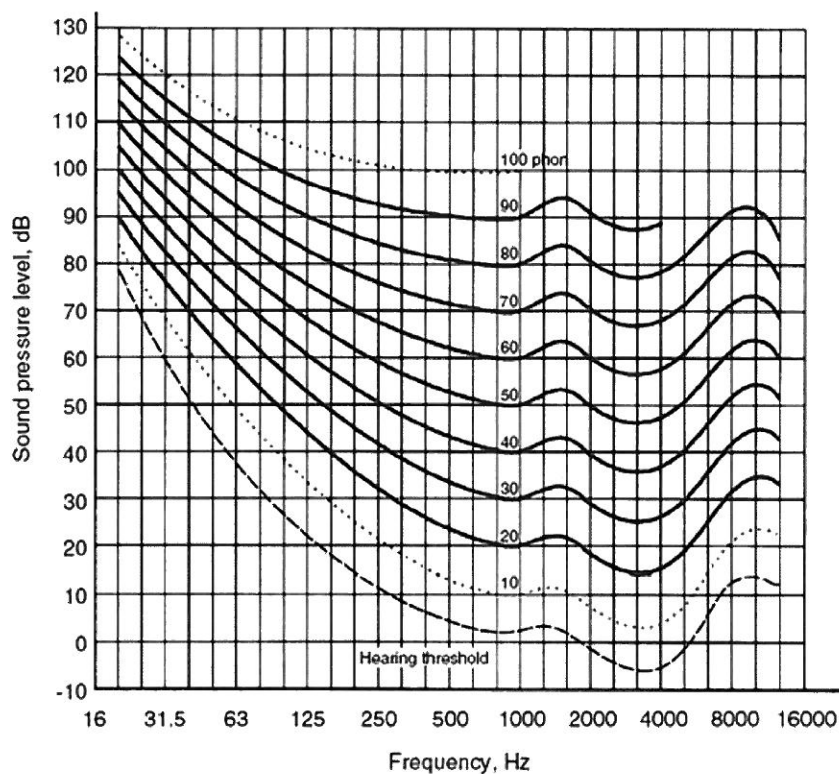
Hörbarhet

Vår förmåga att uppfatta ljud varierar med ljudets frekvens. Hörselsinnet är mest känsligt för ljud i frekvensområdet 2000–4000 Hz. Hörtröskeln, det vill säga en ljudnivå som är precis hörbar, är lägst i detta frekvensområde, och vid nivåer över hörtröskeln upplevs ljud i detta frekvensområde som starkare än ljud med högre och lägre frekvenser (ISO, 2003b), se figur 5.

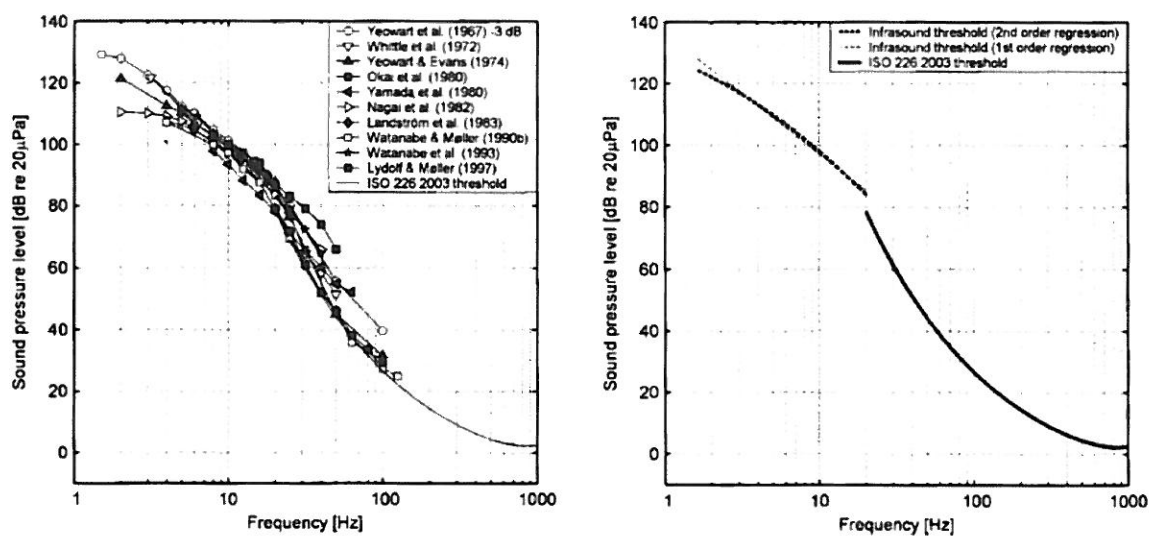
Experimentella studier av hörbarhet i infra- och lågfrekvensområdet ger ganska samstämmiga resultat. Det vänstra diagrammet i Figur 6 visar data från en rad studier sammanställda av Møller och Pedersen (2004). Hörtrösklarna avtar med frekvens, från cirka 120 dB vid 2 Hz till cirka 15 dB vid 200 Hz. Det högra diagrammet i samma figur visar standardiserade trösklar för infraljudsområdet (Møller & Pedersen, 2004) och lågfrekvensområdet (ISO, 2003b).

Upptäckt av infraljud sker genom hörselsinnet, vilket bland annat visas av att döva personer inte kan uppfatta infraljud vid tröskelnivåerna (Landström, Åkerlund, Kjellberg, & Tesarz, 1995; Yamada, Ikuji, Fujikata, Watanabe, & Kosaka, 1983). Det är först vid betydligt högre nivåer, 20–40 dB över hörtröskeln, som infraljud också kan ge känselupplevelser genom att ljudet orsakar vibrationer i kroppen (Landström, 1995).

Observera att hörtrösklarna i figur 6 (och figur 3) är medelvärden beräknade över ett stort antal personer. Fördelningen av individuella hörtrösklar kan antas vara approximativt normalfördelad med en standardavvikelse kring 5–6 dB (Leventhall, 2007; Møller & Pedersen, 2004). Det kan därför uppskattas att cirka 2 % av befolkningen har hörtrösklar 10–12 dB under genomsnittet.



Figur 5. Ljudnivåer för olika frekvenser vid samma upplevda ljudstyrka (phon). Hörtrösklar (*eng.* hearing threshold), det vill säga nivåer vid minsta upptäckbara ljudnivå, markeras av den lägre streckade linjen. Figur från (ISO, 2003b).



Figur 6. Hörtrösklar i infra- och lågfrekvensområdet. Vänster diagram visar en sammanställning av data från ett antal studier, höger diagram visar genomsnittliga experimentresultat för infraljudsområdet och hörtrösklar enligt ISO i lågfrekvensområdet. Figurerna från Møller och Pedersen (2004).

Som redan påpekats i samband med figur 3, understiger infraljud (1–20 Hz) från vindkraftverk gränsen för vad som är hörbart, ofta med betydligt mer än 12 dB. Det kan därför antas att endast ett fåtal personer med mycket god känslighet kan uppfatta infraljud från vindkraftverk i sin boendemiljö. I lågfrekvensområdet (20–200 Hz) genererar vindkraftverk däremot buller som i många fall är hörbart (se figur 3). Som påpekats i samband med figur 4, är detta inte unikt för vindkraft, utan gäller för de flesta bullerkällor i samhället.

En ljudkällas uppfattbarhet beror inte bara på dess ljudnivå utan också på ljudnivå och frekvensinnehåll hos ljud i bakgrunden. Bakgrundsljud kan göra att ljudkällan upplevs som mindre ljudstark (partiell maskering) eller helt ohörbar (total maskering). Ljud med stor andel lågfrekvensinnehåll är svårare att maskera än ljud med mindre andel lågfrekvensinnehåll (se till exempel Moore, Glasberg, & Baer, 1997).

Lyssningsexperiment utförda av Bolin, Khan och Nilsson (2010) visade att 40 dB vindkraftsljud totalt maskerades av ljud från vatten och lövsus när de maskerade ljuden hade en nivå kring 48–52 dB. En påverkan genom partiell maskering av upplevd ljudstyrka hos vindkraftsljuden uppträdde dock redan när vindkraftsljud och bakgrundsljud hade samma ljudnivå.

Ljudkaraktär

Det finns några studier som har undersökt vindkraftsbullrets ljudkaraktär. Pedersen & Waye (2004) fann att *svischande*, *vinande* och *pulserande* var de ljudegenskaper som korrelerade högst med självrapporterad bullerstörning ("annoyance", $n = 351$). Pedersen, Hallberg och Waye (2007) fann liknande beskrivningar av ljudet i en kvalitativ intervjuundersökning med 15 personer boende i södra Sverige, samtliga med flera vindkraftverk synliga från sina villatomter (högsta avstånd 600 m). Det vanligaste ordet som dessa boende använde för att beskriva bullret från vindkraftverken var *svischande*. Andra ord som användes var *dunkande*, *rungande*, *skramlande* och *tjutande*. Dessa resultat stämmer med resultatet från en tidigare lyssningsstudie av Waye och Öhrström (2002) där lyssnare använde liknande adjektiv för att beskriva ljud från fem vindkraftverk. Ett dunkande ("thumping") ljud från vindkraftverk kan också uppstå i vissa situationer, till följd av en interaktion mellan flera vindkraftverk i rörelse (van den Berg, 2005).

Det ljud som boende främst lägger märke till är alltså ett svischande och pulserande ljud som uppstår när rotorbladen passerar genom luften. Detta ljud är inte lågfrekvent utan har sin huvudsakliga energi i frekvensområdet 500–1000 Hz (Leventhall, 2006; van den Berg, 2005).

5. Bullerstörning

Bullerstörning mäts i frågeformulärsstudier och avser en sammantagen bedömning av hur störd eller besvärad den boende varit av en viss bullerkälla under en viss tidsperiod (ISO, 2003a). Sambandet mellan bullerstörning av vindkraft och ljudnivåer från vindkraft har hittills undersökts i tre tvärsnittsstudier. En svensk studie med 351 personer genomfördes år 2000 (Pedersen & Waye, 2004), en andra svensk studie med 754 personer genomfördes år 2005 (Pedersen & Waye, 2007), och en holländsk studie med 725 personer genomfördes år 2007 (Pedersen, van den Berg, Bakker, & Bouma, 2009).

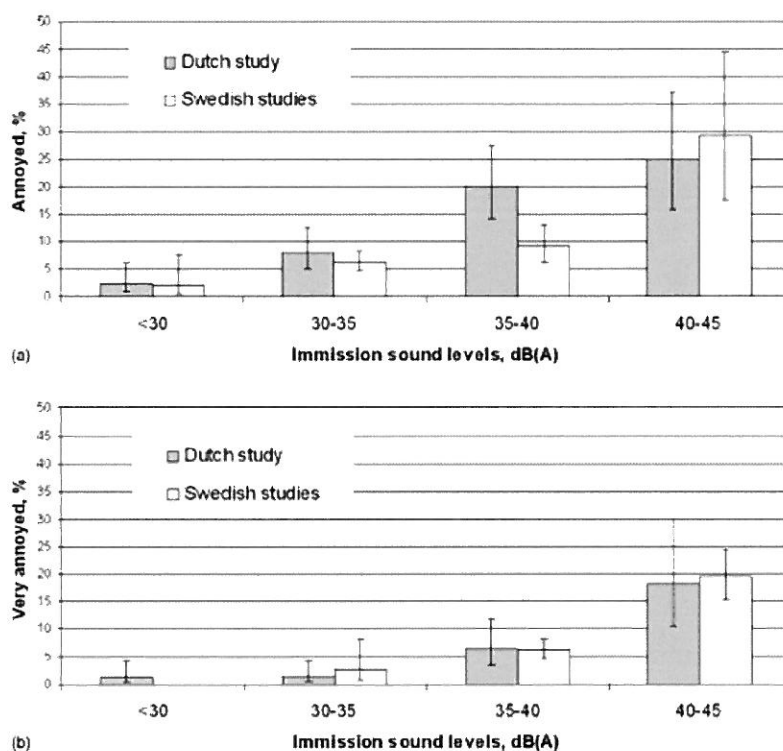


FIG. 2 Proportions of respondents annoyed (a) and very annoyed (b) by wind turbine noise outside their dwellings in four sound level intervals in the Dutch study (only respondents who did not benefit economically, $n=586$) and the Swedish studies ($n=1095$), with 95% confidence intervals.

Figur 7. Andel personer som rapporterar bullerstörning vid olika exponeringar för vindkraftsbuller. Andel bullerstörda definierade som andelen som uppgivit att de är "ganska störda" eller "mycket störda" vindkraftsbuller (de två högsta alternativen på en femgradig skala). Figuren från Pedersen et al. (2009)

Dessa studier redovisar endast beräknade A-vägda ljudnivåer (dBA). De kan därför inte ge vägledning vad gäller specifika effekter kopplade till lågfrekventa ljud. Studiernas resultat redovisas ändå i denna rapport, eftersom de är viktiga för bedömningen av nuvarande riktvärde för vindkraftsbuller.

De tre studierna är inte oberoende av varandra, eftersom samma svenska forskare medverkade i samtliga studier. Svarsfrekvenserna var måttliga i de svenska studierna, kring 60 %, men låg i den holländska studien, 37 %. Bortfallsanalyser har dock genomförts och dessa ger stöd för stickprovets representativitet.

De tre studierna använde samma fråga för att mäta bullerstörning (i den holländska studien översatt till holländska): "Ange för var och en av nedanstående olägenheter om Du lägger märke till eller störs av dem, när du vistas utomhus vid din bostad", följt av en lista med tänkbara olägenheter varav buller från vindkraft var en. Frågan besvarades på en femgradig skala med alternativen "märker inte", "märker, men störs inte", "störs inte särskilt mycket", "störs ganska mycket", och "störs mycket". Andel "bullerstörda" (eng. "annoyed") definierades som andelen som svarat "störs ganska mycket" eller "störs mycket". Andel "mycket bullerstörda" (eng. "highly annoyed") definierades som andelen som svarat "störs mycket".

Det skall påpekas att dessa definitioner av "bullerstörda" och "mycket bullerstörd" inte helt överensstämmer med definitioner som använts vid sammanställningar (metaanalyser) av tidigare internationell forskning om bullerstörning (Miedema & Oudshoorn, 2001). I dessa sammanställningar definieras "bullerstörd" (eng. "annoyed") som en skattning > 50 på en hundrigradig skala och "mycket bullerstörd" (eng. "highly annoyed") som en skattning större än > 72 på samma skala. Motsvarande brytpunkter för de tre vindkraftsstudierna motsvara > 60 för "bullerstörd" och > 80 för "mycket bullerstörd". En annan skillnad är att metaanalyserna baseras på störningsfrågor som inte specifikt skiljt på störning inomhus och utomhus, medan de tre vindkraftsstudierna frågat separat om bullerstörning inomhus och utomhus (och främst presenterat resultat för störning utomhus, t.ex. figur 7). Rapporterad bullerstörning är vanligen högre utomhus än inomhus (t.ex. Nilsson & Berglund, 2006), vilket gör att resultat från frågor om buller utomhus ger en högre andel bullerstörda än resultat baserade på frågor som inte skiljer på störning inomhus och utomhus.

Figur 7 visar resultat från de tre vindkraftstudierna, sammantaget för de två svenska studierna (vita staplar) och separat för den holländska studien (grå staplar). Beräkningarna inkluderar inte de som hade egen ekonomisk vinning av vindkraften, eftersom dessa rapporterade klart lägre störning än de som inte hade egen vinning av vindkraften (Pedersen, et al., 2009). Studierna visar på ett tydligt samband mellan vindkraftsbuller och andel störda. Bland bonde med exponering i intervallet 35–40 dBA, det vill säga de som utsätts för buller precis under riktvärdet för vindkraftsbuller, var andelen bullerstörda i de svenska studierna cirka 10 % (cirka 20 % i den holländska studien) och andelen mycket bullerstörda cirka 6 % (samma i den holländska studien).

För att få en uppfattning om vad dessa andelar innebär, kan man jämföra med andelen bullerstörda av vägtrafik, som är den störningskälla som berör flest människor i Sverige (Nilsson & Eriksson, 2009a; WSP, 2009). En sådan jämförelse visar att andelen bullerstörda av vindkraftsljud vid riktvärdet 40 dBA (utomhus vid fasad) är jämförbar med andelen bullerstörda vid riktvärdet för vägtrafikbuller utomhus vid fasad, 55 dB $L_{Aeq,24h}$. Som exempel kan nämnas en studie bland boende i Sveriges tre storstäder, där cirka 7 procent av boende med fasadexponering i intervallet 50–54 dB och cirka 10 % av boende i intervallet 55–59 dB $L_{Aeq,24h}$ var bullerstörda av vägtrafik (Nilsson & Eriksson, 2009b). Denna studie använde samma brytpunkter vid definitionen av "bullerstörd" som de tre vindkraftsstudierna, men gjorde ingen åtskillnad mellan bullerstörning inomhus och utomhus.

Utifrån de samband som Miedema och Oudshoorns (2001) sammanställt går det också att estimerar andelen bullerstörda för transportbuller vid gällande svenska riktvärden, med samma brytpunkt vid definitionen av "bullerstörd" som användes i de tre vindkraftsstudierna³. Enligt en sådan uppskattning är cirka 18 % av boende bullerstörda av flygtrafik, 16 % av vägtrafik och cirka 8 % av spårtrafik vid gällande riktvärde utomhus vid fasad (55 dB FBN för flygtrafik och 55 dB $L_{Aeq,24h}$ för väg- och spårtrafik). Detta skall jämföras med 10–20 % bullerstörda i de tre vindkraftsstudierna vid nivåer precis under riktvärdet 40 dBA för vindkraftsbuller (se intervallet 35–40 dBA i det övre diagrammet i figur 7). Observera dock att till skillnad från vindkraftsstudierna, baseras Miedema och Oudshoorns sammanställning på frågor som inte gjort åtskillnad mellan bullerstörning inomhus och utomhus.

³ Dessa beräkningar utgår från samband mellan andel bullerstörda och L_{DEN} , se ekvation 6 i Miedema och Oudshoorn (2001), med antagandet att $L_{Aeq,24h} = L_{DEN} - 4$ dB och att FBN = L_{DEN} , samt "bullerstörning" definierad som andel som uppgivit de två högsta kategorierna på en 5-gradig skala, vilket motsvara > 60 poäng på en 100-gradig skala.

Sammantaget stödjer dessa jämförelser att nuvarande riktvärde för vindkraftsbuller är rimligt och jämförbart med andel störda av transportbuller vid motsvarande riktvärden utomhus vid fasad. Samtidigt är det uppenbart att vindkraft är mer störande än vägtrafikbuller vid jämförbara ljudnivåer. Vid 40 dBA vindkraft är störningarna påtagliga (se figur 7) medan andelen bullerstörda vid 40 dB dygnsekvivalent ljudnivå från transportbuller är betydligt lägre⁴. Det finns ingenting som tyder på att detta är kopplat till infra- eller lågfrekvent ljud från vindkraftverk. Däremot finns flera andra rimliga förklaringar:

- (1) Vindkraftverk uppförs ofta i miljöer med låg bakgrunds nivå. Detta innebär att även låga ljudnivåer från vindkraft är uppfattbara och därmed potentiellt störande. Studier av vägtrafikbuller har ofta gällt bullerstörning bland boende i större städer, där bakgrunds nivåerna är uppskattningsvis 10–15 dB högre än i landsbygds miljöer.
- (2) Repetitivt pulserande ljud upplevs som mer störande än kontinuerligt ljud med samma frekvensinnehåll och genomsnittliga ljudnivå (Kantarelis & Walker, 1988; Zwicker & Fastl, 1990). Detta gäller även för vindkraftsljud (Seunghoon, Kyutae, Wooyoung, & Soogab, 2011) och kan vara en faktor till att vindkraftsljud upplevs som störande även vid relativt låga ljudnivåer.
- (3) Vindkraftens visuella intrång i miljön kan påverka bedömningar av bullerstörning. Detta stöds av att andelen bullerstörda bland boende som ser vindkraftsverken är betydligt högre än bland boende som inte ser verken, vid samma genomsnittliga bullerexponering (Pedersen, et al., 2009). Vindkraftsverken fångar uppmärksamheten, genom att de upplevs som en onaturlig komponent i landskapet. En hypotes är att vindkraftverk i större utsträckning än många andra bullerkällor fångar den visuella uppmärksamheten och att detta också medför en ökad fokusering på bullret. Störning av rörliga skuggor och flimmer från vindkraftverk kan troligen också öka benägenheten att rapportera bullerstörning.
- (4) Buller från vindkraftverk beräknas för en given situation (8 m/s på 10 m höjd) medan beräkningar av trafikbuller avser ett dygnsmedelvärde. Värden för vindkraft och trafikbuller är därför inte direkt jämförbara. Det kan inte heller uteslutas att beräknade nivåer av vindkraftsbuller underskattar den faktiska exponeringen i större utsträckning än för trafikbullerkällor, där beräkningsmodellerna är mer utvecklade.

6. Sömnstörning

Sömnstörning är en allvarlig effekt av buller, eftersom god sömn är en förutsättning för fysisk och mental hälsa (se WHO, 2009). Det är därför viktigt att utvärdera effekterna av vindkraftsbuller på sömnstörning. WHO anger i sina riktvärden att nivån utomhus vid fasad inte bör överstiga 40 dB L_{Aeq} nattetid för att säkerställa ostörd sömn, även med sovrumsfönstret på glänt (WHO, 2009). Den tidigare rekommendationen från WHO var 45 dB L_{Aeq} (WHO, 2000).

Studier av van den Berg antyder att beräknade nivåer kan underskatta faktisk nattexponering (van den Berg, 2004b). Stabila atmosfärsförhållanden kväll och natt leder till ökade nivåer av

⁴ Enligt Miedema och Oudshoorns (2001) samband, motsvarar 40 dB (FBN) flygbuller cirka 3 % bullerstörda, och 40 dB ($L_{Aeq,24h}$) väg- och spårtrafikbuller 3 % respektive 1 % bullerstörda (under antaganden redovisade i fotnot 2). Som påpekas av Miedema och Oudshoorn är uppskattningar vid nivåer under 45 dB mycket osäkra eftersom de utgör extrapoleringar från data. Studier av transportbuller redovisar sällan eller aldrig nivåer under 45 dB.

vindkraftverksljud samtidigt som nivåerna av bakgrundsljuden sjunker. Långtidsmätningar visar att bullernivån från vindkraftverk kan skilja sig upp till 15 dBA mellan natt och dag vid vindhastigheter på 3–4 m/s på 10 m höjd (van den Berg, 2004b). I situationer där beräkningar visar att vindkraftsbullret ligger kring 40 dBA, för 8 m/s på 10 m höjd, kan man alltså inte helt utesluta att sömnstörningar förekommer på grund av att de verkliga nivåerna är högre.

De frågeformulärsstudier som genomförts visar inte på några tydliga samband mellan vindkraftsbuller och självrapporterad sömnstörning. I en sammanställning av de tre vindkraftsstudier som genomförts, fann Pedersen (2011) signifikanta samband mellan beräknad ljudnivå och självrapporterad sömnstörning i den första svenska studien och i den holländska studien, men inte i den andra svenska studien. Återigen ger dessa studier inte möjlighet till analys av eventuella effekter av lågfrekvent ljud eftersom endast A-vägd ljudnivå rapporterats. Det går inte heller att uttala sig om möjlig påverkan på sömnkvalitet, som ju kan förekomma vid bullerexponering utan att individen är medveten om detta.

7. Andra ohälsoeffekter

Olika symtom och sjukdomar har nämnts i diskussioner om vindkraft och hälsa, vanligen kopplat till exponering för infra- eller lågfrekvent ljud. Nedan diskuteras de studier som oftast citeras i dessa sammanhang. Därefter diskuteras möjliga effekter av buller på hjärt-kärlsystemet. Ett antal studier av väg- och flygbuller talar för ett sådant samband, men studier av vindkraftsbuller saknas.

Boken ”The Windturbine Syndrome” (Pierpont, 2009) citeras ibland som ett argument för att vindkraftsbuller kan orsaka en rad allvarliga symtom. Detta är en intervjustudie med 38 personer från 10 familjer boende i närheten av stora vindkraftsverk (1,5–3,0 MW). I stort sett samtliga personer rapporterar mer eller mindre allvarliga symtom, bland annat sömnstörningar, huvudvärk, tinnitus, yrsel, illamående, panikattacker och hjärtklappning. Personerna berättade att de utvecklade dessa symtom efter att vindkraftverken uppförts nära deras hem.

Pierpoints tolkning av resultaten är att de rapporterade symtomen beror på att lågfrekvent ljud och vibrationer från vindkraftverk påverkat personernas balanssinne (Pierpont, 2009). Studien ger dock av flera skäl inget belägg för detta. Exempelvis saknas akustiska mätningar av vindkraftsbullret, det saknas jämförelsegrupp med personer utan eller med låg vindkraftsexponering och det saknas mätningar av personerna innan vindkraftverken uppfördes (hälsostatus innan verken uppfördes skattades retrospektivt). Pierpoints resultat, som baseras på ett mycket litet stickprov, motsägs av resultat från de tvärsnittsstudier som genomförts med sammanlagt mer än 1600 personer (se avsnitt 5). I dessa studier har man förutom allmän besvärsupplevelse av buller inte funnit något tydligt samband mellan vindkraftsbuller och symptomrapportering (se sammanställning av Pedersen, 2011).

Alves-Pereira och Castelo Branco (2007a) har argumenterat för att infra- och lågfrekvent ljud orsakar ”vibroakustisk sjukdom” (Alves-Pereira & Castelo Branco, 2007b; Castelo Branco & Alves-Pereira, 2004). Författarna nämner en mängd symtom, bland annat ökad risk för epilepsi och hjärt-kärl effekter som ökad risk för kranskärlskirurgi. Detta har inte uppmärksamats av andra forskare trots att denna grupp propagerat för vibroakustisk sjukdom de senaste 20–30 åren i olika artiklar (främst konferensbidrag). Problemet verkar endast relevant vid höga yrkesexponeringar, till exempel hos flygmekaniker (Castelo Branco & Alves-Pereira, 2004), knappast vid låg dos från vindkraftverk. Diskussionen kring vibroakustisk sjukdom ligger fortsatt på hypotesstadiet och belägg för problem relaterat till ljud från vindkraft saknas.

Salt och Hullar (2010) har publicerat en sammanställning av forskning kring infraljud och fysiologisk påverkan på innerörat. Artikelns titel har ordet "wind turbines" i titeln, men den handlar nästan uteslutande om innerörats funktion och ger en grundlig genomgång av hörselorganet och vilka delar som tros påverkas av infraljud. De yttre hårcellerna nämns som särskilt känsliga för infraljud också vid så låga nivåer att ljudet inte kan uppfattas. Artikelns sista stycken nämner att vindkraft genererar höga infraljudsnivåer, med referens till tre artiklar, varav två inte är relevanta för exponering i boendemiljö (Jung & Cheung, 2008; Sugimoto, et al., 2008). Inga referenser görs till publicerade kunskapssammanställningar (t.ex. Jakobsen, 2005; Leventhall, 2006), som visar att de infraljudsnivåer som människor utsätts för av vindkraft är måttliga och inte högre än vad många människor utsätts för dagligen, på tunnelbana och bussar eller på arbetsplatser. Det är därför svårt att se att Salt och Hullars resultat är relevant för riskbedömning av vindkraftsbuller.

Det har inte genomförts några epidemiologiska studier av vindkraftsbuller och risk för hjärtsjukdom. Däremot har ett antal studier på senare år visat på samband mellan förhöjt blodtryck och vägtrafik- och flygbuller (Babisch, 2008; Babisch & van Kamp, 2009; WHO, 2011). Det finns också några studier som visat på ett samband mellan vägtrafikbuller och förhöjd risk för hjärtinfarkt (Babisch, Beule, Schust, Kersten, & Ising, 2005; Selander et al., 2009). En studie har också funnit ett liknande samband för flygbuller (Huss, Spoerri, Egger, Roeoesli, & Swiss Natl Cohort Study Grp, 2010). Ökad risk har iakttagits vid dygnsekvivalenta ljudnivåer av vägtrafikbuller från 55 dB och flygbuller från 60 dB (WHO, 2011), det vill säga betydligt högre bullernivåer än vad vindkraft genererar vid bostäder. Detta talar emot att samband mellan transportbuller och hjärt-kärlsjukdom kan generaliseras till vindkraftsbuller. Å andra sidan antas effekterna på hjärt-kärlsystemet vara stressrelaterade och utlösta via bullerstörning eller sömnstörning (Babisch, 2002). Vindkraftsbuller orsakar bullerstörning och möjligen också sömnstörning, vilket gör att man inte helt kan utesluta effekter på hjärtkärlsystemet efter långvarig exponering av vindkraftsbuller, trots att det rör sig om låga nivåer jämfört med de som förekommit i studier av väg- och flygbuller.

8. Slutsatser

1. 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.
2. 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.
3. Större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk, även med hänsyn taget till total ljudnivå. Med allt större vindkraftsverk 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.
4. Vindkraftsbuller orsakar bullerstörningar bland boende. Vid nivåer kring 35–40 dBA, det vill säga precis under riktvärdet 40 dBA, uppger 10–20 % av de boende att de är ganska eller mycket störda av vindkraftsbuller. Störningen beror i huvudsak på det pulserande svischande ljud som uppstår när rotorbladen passerar genom luften. Detta ljud är inte lågfrekvent, utan har sin huvudsakliga energi i frekvensområdet 500–1000 Hz.
5. Förutom besvärsupplevelser av buller har inga påtagliga ohälsoeffekter av vindkraftsbuller kunnat påvisas. Samband mellan vindkraftsbuller och självrapporterad

sömnstörning har redovisats i vissa studier, medan andra studier inte funnit något sådant samband.

6. Det påstås ibland att infra- och lågfrekvent buller från vindkraft kan medföra risk för allvarliga hälsoeffekter i form av "vibroakustisk sjukdom", "vindkraftssyndrom" eller skadlig infraljudspåverkan på innerörat. En genomgång av det vetenskapliga underlaget visar att dessa påståenden saknar belägg.

9. Referenser

- Alves-Pereira, M., & Castelo Branco, N. A. A. (2007a). In-home wind turbine noise is conducive to vibroacoustic disease *Proceedings of the 2nd International Meeting on Wind Turbine Noise*. Lyon, France.
- Alves-Pereira, M., & Castelo Branco, N. A. A. (2007b). Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1-3), 256-279.
- Arbetsmiljöverket. (2005). *Buller. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpning av föreskrifterna (AFS 2005:16)*. Stockholm: Arbetsmiljöverket.
- Babisch, W. (2002). The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise & Health*, 4(16), 1-11.
- Babisch, W. (2008). Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise & Health*, 10, 27-33.
- Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N., & Ising, H. (2005). Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*, 16(1), 33-40.
- Babisch, W., & van Kamp, I. (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health*, 11(4), 161-168.
- Bengtsson, J., Persson Waye, K., & Kjellberg, A. (2004). Sound characteristics in low frequency noise and their relevance for the perception of pleasantness. *Acta Acustica united with Acustica*, 90, 171-180.
- Berglund, B., Hassmén, P., & Job, S. R. F. (1996). Sources and effects of low-frequency noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99(5), 2985-3002.
- Bolin, K., Khan, S., & Nilsson, M. E. (2010). The potential of natural sounds to mask wind turbine noise. *Acta Acustica united with Acustica*, 96, 131-137.
- Boverket. (2008). *Allmänna råd 2008:1. Buller i planeringen - Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik*. Karlskrona: Boverket.
- Castelo Branco, N. A. A., & Alves-Pereira, M. (2004). Vibroacoustic disease. *Noise & Health*, 6(23), 3-20.
- Gastmeier, W. J., & Howe, B. (2008). Recent studies of infrasound from industrial sources. *Canadian Acoustics*, 36(3), 58-59.
- Hassall, J. R. (1998). Noise measurement techniques. In C. M. Harris (Ed.), *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control* (pp. 9.1-9.22). Woodbury, NY: Acoustical Society of America.
- Hayes McKenzie Partnership Ltd. (2006). *The Measurement of Low Frequency Noise at Three UK Wind Farms*. London: UK Department of Trade and Industry.
- Hellman, R., & Zwicker, E. (1987). Why can a decrease in dB(A) produce an increase in loudness? *Journal of the Acoustical Society of America*, 82(5), 1700-1705.
- Hepburn, H. G. (2006). Acoustical and geophysical measurement of infrasound from wind farm turbines. *Canadian Acoustics*, 34(2), 51-67.
- Huss, A., Spoerri, A., Egger, M., Roeoesli, M., & Swiss Natl Cohort Study Grp. (2010). Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology*, 21, 829-836.
- ISO. (1975). *Acoustics - Method for Calculating Loudness Level. ISO 532-1975 (E)*. Geneva, Switzerland: ISO.
- ISO. (2003a). *Acoustics-Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666:2003(E)*. Geneva, Switzerland: ISO.
- ISO. (2003b). *Acoustics - Normal Equal-loudness-level Contours (ISO226:2003)* (No. ISO 1996/1-1982 E). Geneva, Switzerland: ISO.
- Jakobsen, J. (2005). Infrasound emission from wind turbines. *Journal of low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 24(3), 145-155.

- Jung, S. S., & Cheung, W.-S. (2008). Experimental identification of acoustic emission characteristics of large wind turbines with emphasis on infrasound and low-frequency noise. *Journal of the Korean Physical Society* 53(4), 1897-1905.
- Kantarelis, C., & Walker, J. G. (1988). The identification and subjective effect of amplitude modulation in diesel engine exhaust noise. *Journal of Sound and Vibration*, 120(2), 297-302.
- Kuwano, S., Namba, S., & Miura, H. (1989). Advantages and disadvantages of A-weighted sound pressure level in relation to subjective impression of environmental noises. *Noise Control Engineering Journal*, 33, 107-115.
- Landström, U. (1995). Human exposure to infrasound. In P. N. Cheremisinoff (Ed.), *Encyclopedia of Environmental control Technology* (Vol. 7). London: Gulf Publishing Company.
- Landström, U., Åkerlund, E., Kjellberg, A., & Tesarz, M. (1995). Exposure levels, tonal components, and noise annoyance in working environments. *Environment International*, 21(3), 265-275.
- Leventhall, G. (2006). Infrasound from wind turbines – fact, fiction or deception. *Canadian Acoustics*, 34, 29-34.
- Leventhall, G. (2007). What is infrasound? *Progress in Biophysics & Molecular Biology*, 93(1-3), 130-137.
- Lindkvist, P., & Almgren, M. (2010). Ljudisolering i bostadshus mot ljud från vindkraft. *Bygg & teknik*, 3/2010, 60-62.
- Lundquist, P., Holmberg, K., & Landström, U. (2000). Low frequency noise and annoyance in classroom. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 19(4), 175-182.
- Madsen, K. D., & Pedersen, T. H. (2010). *Low Frequency Noise from Large Wind Turbines (Technical Report Delta AV 1272/10)*. Hörsholm, Denmark: DELTA.
- Miedema, H. M. E., & Oudshoorn, C. G. M. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409-416.
- Moore, B. C. J., Glasberg, B. R., & Baer, T. (1997). A model for the prediction of thresholds, loudness, and partial loudness. *Journal of Audio Engineering Society*, 45(4), 224-240.
- Møller, H., & Pedersen, C. S. (2004). Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise & Health*, 6(23), 37-57.
- Møller, H., & Pedersen, C. S. (2010). *Lavfrekvent støj fra store vindmøller*. Aalborg, Denmark: Aalborg Universitet.
- Møller, H., Pedersen, C. S., & Pedersen, S. (2011). *Lavfrekvent støj fra store vindmøller - opdateret 2011*. Aalborg, Denmark: Aalborg Universitet.
- Naturvårdsverket. (2011). Riktvärden för ljud från vindkraft (www.naturvardsverket.se/sv/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Buller/Vindkraft/Riktvarden-for-ljud-fran-vindkraft). Retrieved 25/11, 2011
- Nilsson, M. E. (2007). A-weighted sound pressure level as an indicator of short-term loudness or annoyance of road-traffic sound. *Journal of Sound and Vibration*, 302(1-2), 197-207.
- Nilsson, M. E., Andéhn, M., & Lesna, P. (2008). Evaluating roadside noise barriers using an annoyance-reduction criterion. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124(6), 3561-3567.
- Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2006). Noise annoyance and activity disturbance before and after the erection of a roadside noise barrier. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119(4), 2178-2188.

- Nilsson, M. E., & Eriksson, C. (2009a). Buller. In Socialstyrelsen (Ed.), *Miljöhälsorapport 2009* (pp. kap. 15, ss. 165-179). Stockholm: Socialstyrelsen.
- Nilsson, M. E., & Eriksson, C. (2009b). *Validering av miljöhälsoindikatorer för buller*. Stockholm: Socialstyrelsen.
- O'Neal, R. D., Hellweg Jr., R. D., & Lampeter, R. M. (2009). *A Study of Low Frequency Noise and Infrasonnd from Wind Turbines (Report No. 2433-019)*. Maynard, MA: Epsilon Associates, Inc.
- O'Neal, R. D., Hellweg, R. D., & Lampeter, R. M. (2011). Low frequency noise and infrasound from wind turbines. *Journal of Noise Control Engineering*, 59, 135-157.
- Oerlemans, S., Sijtsmaa, P., & Méndez López, B. (2007). Location and quantification of noise sources on a wind turbine. *Journal of Sound and Vibration*, 299, 869-883.
- Pedersen, E. (2011). Health aspects associated with wind turbine noise—Results from three field studies. *Noise Control Engineering Journal*, 59, 47-53.
- Pedersen, E., Hallberg, L.-M., & Waye, K. P. (2007). Living in the vicinity of wind turbines - A grounded theory study. *Qualitative Research in Psychology*, 4, 49-63.
- Pedersen, E., van den Berg, G. P., Bakker, R., & Bouma, J. (2009). Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *Journal of the Acoustical Society of America*, 126(2), 634-643.
- Pedersen, E., & Waye, K. P. (2004). Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose-response relationship. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116(6), 3460-3470.
- Pedersen, E., & Waye, K. P. (2007). Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. *Occupational and Environmental Medicine*, 64(7), 480-486.
- Persson, B. (2010). Lågfrekvent buller kan stoppa landsvindkraften. *Bygg & teknik*, 6/2010.
- Pierpont, N. (2009). *Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment*. Santa Fe, NM: K-Selected Books.
- Ramakrishnan, R. (2009). Characteristics of wind turbine noise. *Canadian Acoustics*, 37(3), 122-123.
- Salt, A. N., & Hullar, T. E. (2010). Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. *Hearing Research*, 268(1-2), 12-21.
- Selander, J., Nilsson, M. E., Bluhm, G., Rosenlund, M., Lindqvist, M., Nise, G., et al. (2009). Long-term exposure to road-traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology*, 20(2), 272-279.
- Seunghoon, L., Kyutae, K., Wooyoung, C., & Soogab, L. (2011). Annoyance caused by amplitude modulation of wind turbine noise. *Noise Control Engineering Journal*, 59, 38-46.
- Socialstyrelsen. (2005). *Allmänna råd. Buller inomhus (SOSFS 2005:6)*. Stockholm: Socialstyrelsen.
- Sugimoto, T., Koyama, K., & Watanabe, K. (2008). Measurement of infrasound generated by wind turbine generator *SICE Annual Conference 2008*. Tokyo: SICE.
- van den Berg, G. P. (2004a). Do wind turbines produce significant low frequency sound levels? *11th International Meeting on Low Frequency Noise and Vibration and its Control* (pp. 1-8). Maastricht, The Netherlands.
- van den Berg, G. P. (2004b). Effects of the wind profile at night on wind turbine sound. *Journal of Sound and Vibration*, 277(4-5), 955-970.
- van den Berg, G. P. (2005). The beat is getting stronger: The effect of atmospheric stability on low frequency modulated sound of wind turbines. *Journal of low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 24(1), 1-24.

- Waye, K. P., & Ohrstrom, E. (2002). Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of wind turbine noise. *Journal of Sound and Vibration*, 250(1), 65-73.
- WHO. (2000). *Guidelines for Community Noise*. Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2009). *Night Noise Guidelines for Europe*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
- WHO. (2011). *Burden of Disease from Environmental Noise*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
- WSP. (2009). *Uppskattning av antalet exponerade för väg, tåg- och flygbuller överstigande ekvivalent ljudnivå 55 dBA*. Stockholm: WSP.
- Yamada, Y., Ikuji, M., Fujikata, S., Watanabe, T., & Kosaka, T. (1983). Body sensations of low frequency noise of ordinary persons and profoundly deaf persons. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 2, 1135-1140.
- Zwicker, E., & Fastl, H. (1990). *Psychoacoustics: Facts and Models*. Berlin: Springer Verlag.

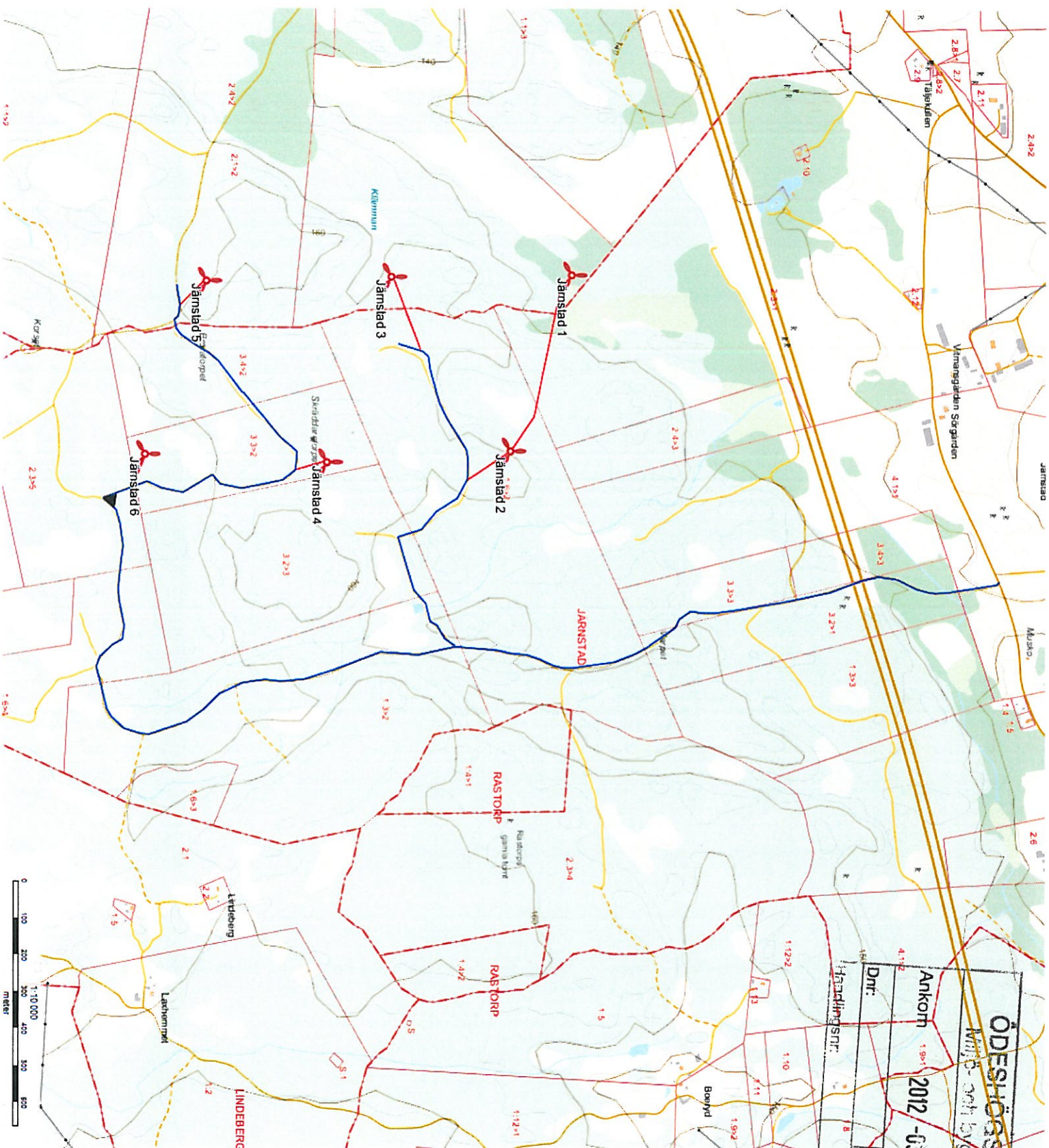
Medlems- och byggnadsnämnden

2012-03-12

1

Prob:

Handling snr:



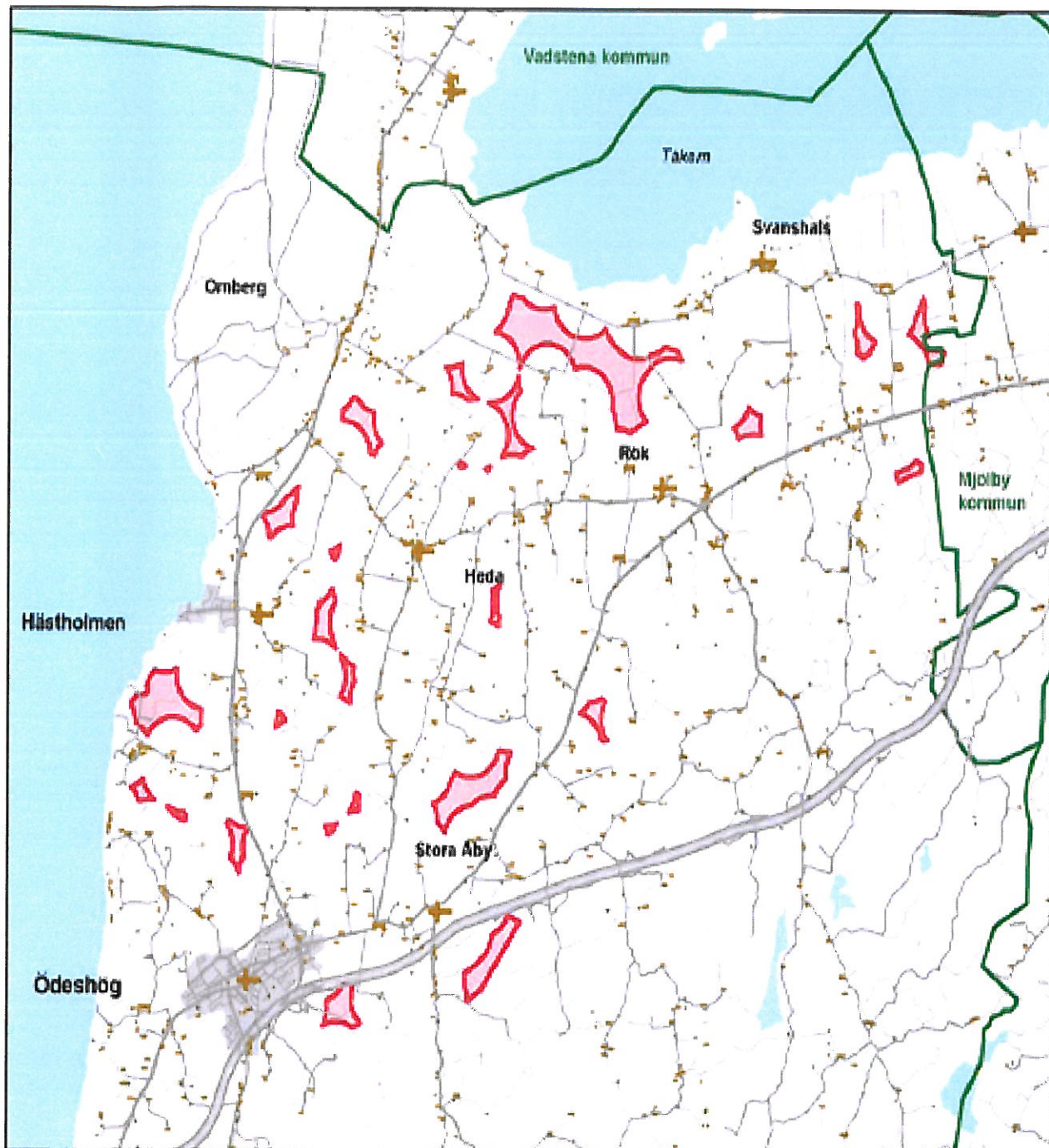
Ankom 2012 -03- 12

Dnr:

Dpb:

Handlingar:

Karta 3 utgör en viktig analys av förutsättningarna att placera vindkraftverk i Ödeslögs kommun



Karta 3
Möjliga områden för vindenergi med låg konfliktrisk med
hänsyn till buller och natur- och kulturvärden
Skala 1 : 100 000