



DELTA Testrapport



"Miljømåling - ekstern støj"

Dokumentation af støj fra Solid Wind Power SWP-25 husstandsvindmølle

Udført for Solid Wind Power A/S

DANAK 100/1771 Revision 1

Sagsnr.: T205893

Side 1 af 17

1. april 2014

DELTA

Venlighedsvej 4

2970 Hørsholm

Danmark

Tlf. +45 72 19 40 00

Fax +45 72 19 40 01

www.delta.dk

CVR nr. 12275110

Titel

Dokumentation af støj fra Solid Wind Power SWP-25 husstandsvindmølle

Journal nr.

DANAK 100/1771 Rev. 1

Sagsnr.

T205893

Vores ref.

SMN-LSS/ilk

Testdato

27. november 2013

Rekvirent

Solid Wind Power A/S

Frejasvej 4

6950 Ringkøbing

Rekvirentens ref.

[REDACTED]

Laboratorium

DELTA

Agro Food Park 13

8200 Aarhus N

Resumé

Der er foretaget måling af støjemission for en Solid Wind Power SWP-25 husstandsvindmølle opstillet ved Bork i Vestjylland. Lydeffektniveauet bestemt i henhold til [REDACTED] bekendtgørelse nr. 1284 ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s, $L_{WA,ref}$, fremgår af nedenstående tabel.

Vindhastighed	6 m/s	8 m/s
$L_{WA,ref}$ [dB re. 1 pW]	84,1	84,5

Der er ikke identificeret tydeligt hørbare toner fra vindmøllen.

Bemærkning

Prøvningsresultatet gælder udelukkende for det prøvede emne.

Denne rapport erstatter tidligere udarbejdede testrapport DANAK 100/1771 af 24. januar 2014.

Ændringerne i denne rapport er: Rotordiameter ændret til 14 m.

DELTA, 1. april 2014

[REDACTED]



Indholdsfortegnelse

1.	Måleobjekt	4
2.	Måleforhold	4
3.	Målemetode	5
4.	Måleinstrumenter	5
5.	Måleresultater	6
6.	Beregning af lydeffektniveau	7
7.	Toneanalyse	7
8.	Beregning af støjbidrag	8
8.1	Lavfrekvent støj	9
9.	Usikkerhed	9
10.	Konklusion	10
Bilag 1: $L_{Aeq(10 \text{ sek.})}$ Måledata: Totalstøj og baggrundsstøj		11
Bilag 2: Totalstøj, baggrundsstøj og korrigeret totalstøj ved 6 m/s		12
Bilag 3: Totalstøj, baggrundsstøj og korrigeret totalstøj ved 8 m/s		13
Bilag 4: Vindmøllens lydeffektniveau $L_{WA,ref}$ ved 6 m/s og 8 m/s		14
Bilag 5: Tonalitet i 20 m afstand på plade; 100 Hz		15
Bilag 6: Foto af målepositionerne		16
Bilag 7: Måleinstrumenter		17



Efter aftale med [REDACTED], Solid Wind Power A/S, har DELTA foretaget målinger til bestemmelse af støjemissionen for en Solid Wind Power SWP-25 husstands-vindmølle ved Bork i Vestjylland.

1. Måleobjekt

Vindmøllen er af typen Solid Wind Power SWP-25 med en navhøjde på 18 m og en rotordiameter på 14 m. Vindmøllen er placeret i fladt terræn omgivet af dyrket landbrugsjord samt enkelte bygninger, som det fremgår af billederne i Bilag 6. Den målte vindmølle har identifikationsnummer 10001.

2. Måleforhold

Målingerne blev foretaget den 27. november 2013 i tidsrummet kl. 13:00-18:30.

De meteorologiske forhold var:

Vindhastighed:	4-10 m/s
Middelvindretning:	Nordvestlig, ~330°
Skydække:	8/8
Temperatur:	8-12 °C
Relativ luftfugtighed:	85-95 %
Barometertryk:	1020 hPa

Møllens placering i forhold til omkringliggende bygninger betyder, at det endelige resultat kan være overestimeret som følge af refleksioner fra bygningerne.



3. Målemetode

Målingerne er foretaget i overensstemmelse med retningslinjerne i [REDACTED] bekendtgørelse nr. 1284 af 15. december 2011: "Bekendtgørelse om støj fra vindmøller".

Støjen fra vindmøllen blev målt i læsiden i en vandret afstand på 20 m til rotorcentrum. Måleafstanden svarer til navhøjden plus en halv rotordiameter indenfor den tilladte 20 %-tolerance. Målemikrofonen var monteret på en rund, reflekterende krydsfinerplade med en diameter på 1,0 m. Pladen var placeret direkte på jorden. Mikrofonen var monteret med en halv vindskærm samt en større vindskærm for at minimere vindstøj i målesystemet. Målingerne er korrigeret for indsætningsdæmpningen i den store vindskærm. Den mindre vindskærm monteret på selve mikrofonen har ingen indflydelse på resultaterne. Fotos af målepositionerne er vist i Bilag 6.

Støjen, vindhastigheden og vindretningen blev registreret med målesystemet noiseLAB Wind udviklet af DELTA.

Ved måling af baggrundsstøj blev vindmøllen standset.

Samtidige værdier af ækvivalent støjniveau og vindhastighed midlet over 10 sekunders perioder er bestemt for hele måleperioden. Under målingen er vindhastigheden bestemt med et anemometer på en 10 m mast placeret i nærheden af vindmøllen, hvor vindmålingen ikke er påvirket af vindmøllen eller andre genstande i terrænet.

På baggrund af målingerne er de ækvivalente støjniveauer, $L_{A,ref,k}$, ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s bestemt. Resultaterne er baseret på middelværdier af målte 1/3-oktavspektre.

4. Måleinstrumenter

De anvendte måleinstrumenter fremgår af Bilag 7.

Toneanalyserne er foretaget i NoiseLAB Batch processor 3.1.1.4 16.05.2013.

5. Måleresultater

Måleresultaterne givet som de ækvivalente totalstøjniveauer, L_{Aeq} (10 sek.) og baggrundsstøjniveauer vist som funktion af vindhastigheden fremgår af Bilag 1.

De målte 1/3-oktavspektre er sorteret efter vindhastighed, og for 6 m/s og 8 m/s er middelspektret bestemt for både totalstøjen og baggrundsstøjen. Totalstøjspektret er korigeret med det tilhørende baggrundsstøjspektrum.

I Bilag 2 og 3 ses de beregnede A-vægtede 1/3- og 1/1-oktavspektre fra henholdsvis 10 Hz-10 kHz og 16 Hz-8 kHz for referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s.

Ved vindhastigheden 6 m/s i 1/3-oktavbåndene 12,5, 25 og 50 Hz samt ved vindhastigheden 8 m/s i 1/3-oktavbåndene 50 og 63 Hz er totalstøjen mindre end 3 dB over baggrundsstøjen. Dette skyldes kombinationen af højt baggrundsstøjniveau samt møllens begrænsede støjemission i denne del af frekvensområdet. I disse 1/3-oktavbånd er baggrundsstøjkorrekturen sat til 3 dB, hvorved vindmøllestøjen forventes overestimeret ved disse frekvenser. I Bilag 2 og Bilag 3 er disse resultater markeret med kursiv og rød.

Af Tabel 1 fremgår antallet af spektre anvendt til beregning af middelværdierne.

Vindhastighed	$5,5 \text{ m/s} \leq v_{ref} < 6,5 \text{ m/s}$	$7,5 \text{ m/s} \leq v_{ref} < 8,5 \text{ m/s}$
Totalstøj	137	69
Baggrundsstøj	173	76

Tabel 1

Antal spektre i referenceintervallerne for målinger på vindmøllen.

De midlede støjniveauer i måleafstanden 20 m fra vindmøllen ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s fremgår af Tabel 2.

Vindhastighed	6 m/s	8 m/s
Totalstøj, $L_{A,ref}$ [dB re. 20 μ Pa]	51,7	52,1
Baggrundsstøj, $L_{A,b}$ [dB re. 20 μ Pa]	45,3	45,9

Tabel 2

Målte middelstøjniveauer ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s. Totalstøjen er ikke korigeret for baggrundsstøj for vindmøllen.

6. Beregning af lydeffektniveau

Beregningen af vindmøllens lydeffektniveau, $L_{WA,ref}$, i 1/3- og 1/1-oktavbånd ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s er foretaget ud fra den antagelse, at støjen udstråles fra en punktkilde placeret i navhøjde.

$$L_{WA,ref} = L_{A,ref,k} + 10 \cdot \log(4\pi(R^2 + h^2)) - 6 \text{ dB}$$

hvor R = den aktuelle måleafstand mellem mikrofonen og vindmøllens fod
 h = vindmøllens navhøjde

Der korrigeres med -6 dB, da mikrofonen er placeret på en reflekterende flade.

Vindmøllens lydeffektniveauer ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s, $L_{WA,ref}$, fremgår af Tabel 3.

Vindhastighed	6 m/s	8 m/s
$L_{WA,ref}$ [dB re. 1 pW]	84,1	84,5

Tabel 3

Lydeffektniveauer ved 6 m/s og 8 m/s.

I Bilag 4 er vindmøllens lydeffektniveau, $L_{WA,ref}$, i 1/3- og 1/1-oktavbånd vist for vindhastigheder på henholdsvis 6 m/s og 8 m/s.

7. Toneanalyse

Der er foretaget analyse af tydeligt hørbare toner i støjen for målingen i referenceafstanden på 20 m. Analyserne er foretaget i henhold til Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1284. Den et minuts periode under målingerne, hvor tonaliteten var kraftigst, er identificeret og analyseret for tonalitet. De viste analyser er foretaget på A-vægtede spektre.

I Bilag 5 er toneanalysen for målingen foretaget i referenceafstanden vist for den et minuts periode under målingen, hvor tonaliteten var kraftigst.

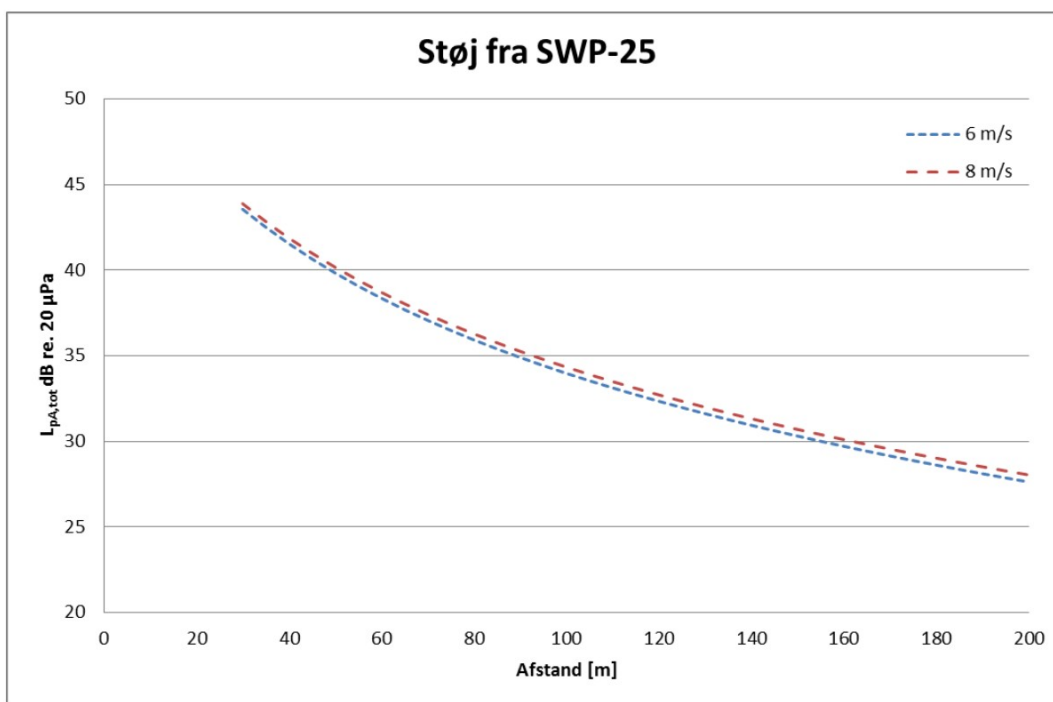
$\Delta L_{ts} = L_{pt} - L_{pn} = -0,8 \text{ dB}$ ligger 5,3 dB under kriteriekurven for tildeling af genetillæg ved 100 Hz i henhold til Miljøstyrelsens vejledning 6/1984.

Analyserne viser, at den kraftigste tone fra vindmøllen ikke var tydeligt hørbar på pladen 20 m fra vindmøllen.



8. Beregning af støjbidrag

Der er foretaget beregninger af støjbidraget ifølge Bekendtgørelse nr. 1284 omkring vindmøllen. Støjbidraget som funktion af afstanden fremgår af Figur 1.



Figur 1

Støjbidraget omkring vindmøllen ved de to referencevindhastigheder 6 og 8 m/s.

Da der ikke er tydeligt hørbare toner eller impulser i støjemissionen fra vindmøllen i referenceafstanden, skal der ikke adderes 5 dB tone- eller impulstillæg. Værdierne i Figur 1 er dermed lig støjbelastningen L_r . Vurdering af impulser er foretaget subjektivt i forbindelse med målingerne.

På baggrund af det beregnede støjbidrag omkring vindmøllen, kan minimumsafstanden, til henholdsvis beboelse i det åbne land og områder til støjfølsom arealanvendelse ved de to reference vindhastigheder, bestemmes. Grænseværdierne og minimumsafstandene fremgår af Tabel 4.

Vindhastighed	6 m/s		8 m/s	
	Grænseværdi dB(A) re. 20 µPa	Minimums afstand m	Grænseværdi dB(A) re. 20 µPa	Minimums afstand m
Beboelse i det åbne land	42	53	44	45
Område til støjfølsom arealanvendelse	37	71	39	58

Tabel 4

Grænseværdier og minimumsafstande for, hvor grænseværdierne er overholdt. Minimumsafstanden til beboelse i det åbne land, er inklusive de 15 m, der er imellem beboelsen og beregningspunktet, som beskrevet i Bekendtgørelsen. Dvs. afstanden, hvor støjbidraget fra møllen er på niveau med grænseværdierne på 42 og 44 dB for hhv. 6 og 8 m/s er 38 og 30 m.

8.1 Lavfrekvent støj

Niveauet af lavfrekvent støjbidrag i boliger omkring vindmøllen, beregnet som beskrevet i Bekendtgørelse nr. 1284, er allerede under grænseværdien på 20 dB(A) re. 20 µPa i en teoretisk afstand på kun 5 m fra møllen. I den korteste afstand på 45 m, hvor grænseværdien for normal støj lige netop er overholdt (Tabel 4), er den beregnede lavfrekvente støj i boligen 10,6 dB(A) re. 20 µPa ved en vindhastighed på 8 m/s.

9. Usikkerhed

Ubestemtheden ved beregning af støjniveauet i omgivelserne L_{pA} er ± 2 dB ved 90 % dobbeltsidet konfidens i henhold til [redacted] bekendtgørelse nr. 1284 af 15. december 2011: "Bekendtgørelse om støj fra vindmøller".

10. Konklusion

Lydeffektniveauerne bestemt i henhold til [REDACTED] bekendtgørelse nr. 1284 for en Solid Wind Power SWP-25 husstandsvindmølle ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s, $L_{WA,ref}$, fremgår af Tabel 3.

I Bilag 4 fremgår vindmøllens lydeffektniveau $L_{WA,ref}$ i 1/3- og 1/1-oktavbånd for vindhastigheder på henholdsvis 6 m/s og 8 m/s.

Der er foretaget analyse for tydeligt hørbare toner i støjen i referenceafstanden. Analysen er udført i henhold til [REDACTED] bekendtgørelse nr. 1284. Der er ikke konstateret indhold af tydeligt hørbare toner i støjen fra vindmøllen i referenceafstanden.

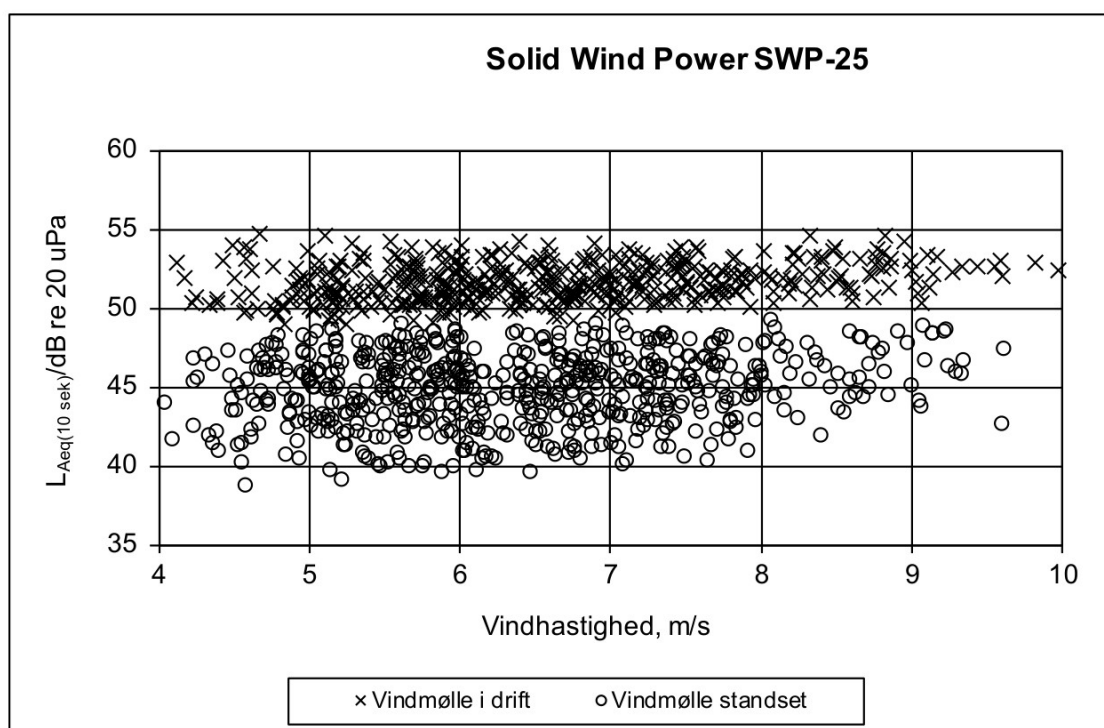
Mindsteafstanden, hvor grænseværdierne for støjbelastningen overholder grænseværdierne, fremgår af Tabel 4. Niveauet af lavfrekvent støj fra vindmøllen er væsentligt under grænseværdien, hvis møllen står i en afstand, hvor grænseværdierne for den normale støj er overholdt.

Bilag 1: $L_{Aeq}(10 \text{ sek.})$ Måledata: Totalstøj og baggrundsstøj

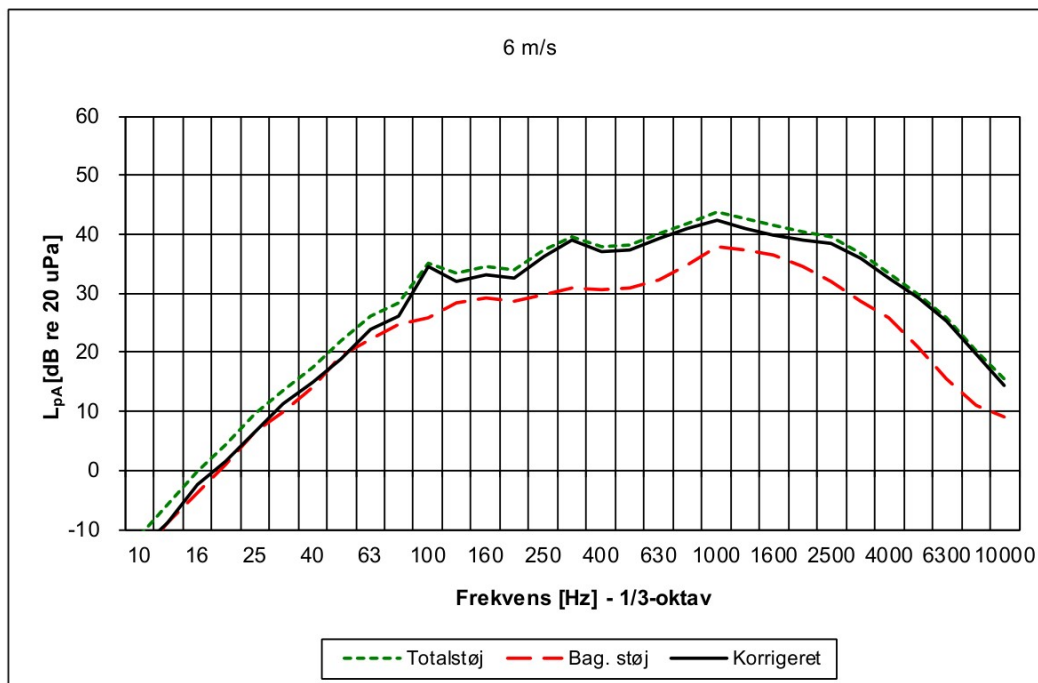
Måleobjekt Solid Wind Power SWP-25

Bork

Måledato 27. november 2013

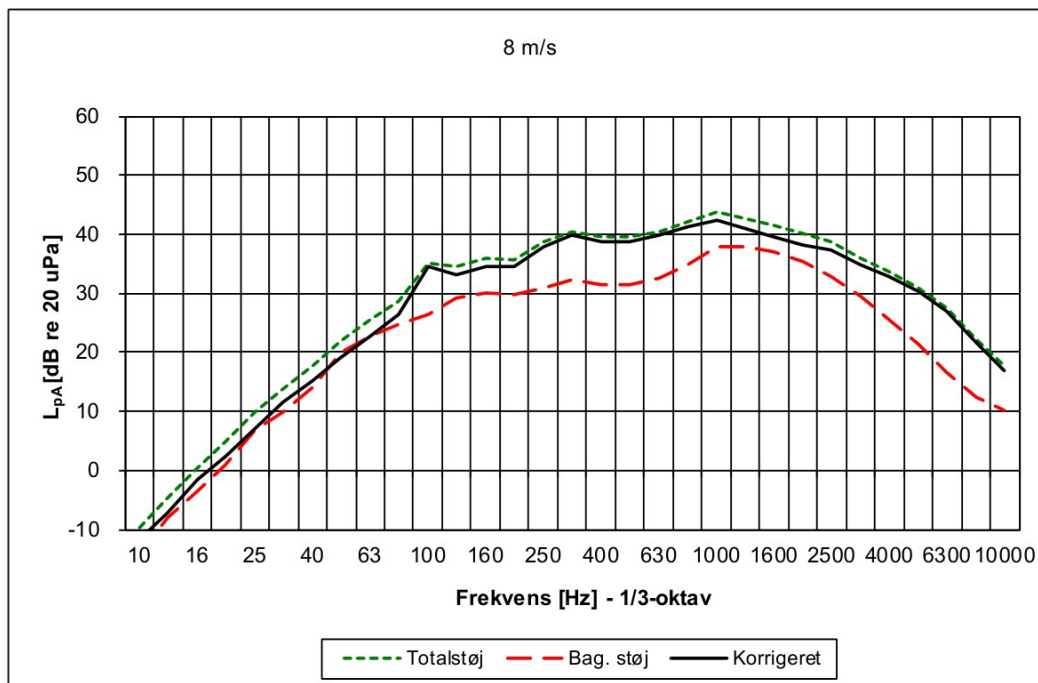


Bilag 2: Totalstøj, baggrundsstøj og korrigeret totalstøj ved 6 m/s



6 m/s	1/3-oktav			1/1-oktav	
Frekvens	Totalstøj	Bag. støj	Korrigeret	Frekvens	Korrigeret
10	-11,0	-14,8	-13,4		
12,5	-5,9	-8,8	-8,9		
16	-0,1	-3,9	-2,5	16	3,2
20	4,2	1,0	1,4		
25	9,5	6,6	6,5		
31,5	13,5	9,8	11,2	31,5	16,9
40	17,5	14,0	15,0		
50	21,9	19,4	18,9		
63	26,2	22,3	23,9	63	28,5
80	28,5	24,8	26,0		
100	35,1	25,8	34,5		
125	33,5	28,2	32,0	125	38,1
160	34,6	29,2	33,1		
200	34,0	28,6	32,6		
250	37,2	29,9	36,3	250	41,4
315	39,6	31,0	39,0		
400	37,8	30,5	36,9		
500	38,1	30,8	37,2	500	42,7
630	40,0	32,2	39,2		
800	41,8	34,8	40,9		
1000	43,6	37,8	42,3	1000	46,2
1250	42,5	37,3	41,0		
1600	41,5	36,6	39,9		
2000	40,3	34,5	39,0	2000	43,9
2500	39,4	32,1	38,5		
3150	36,8	28,8	36,0		
4000	33,4	25,9	32,6	4000	38,2
5000	29,9	20,8	29,3		
6300	25,8	15,5	25,4		
8000	20,1	10,9	19,6	8000	26,7
10000	15,6	9,2	14,4		

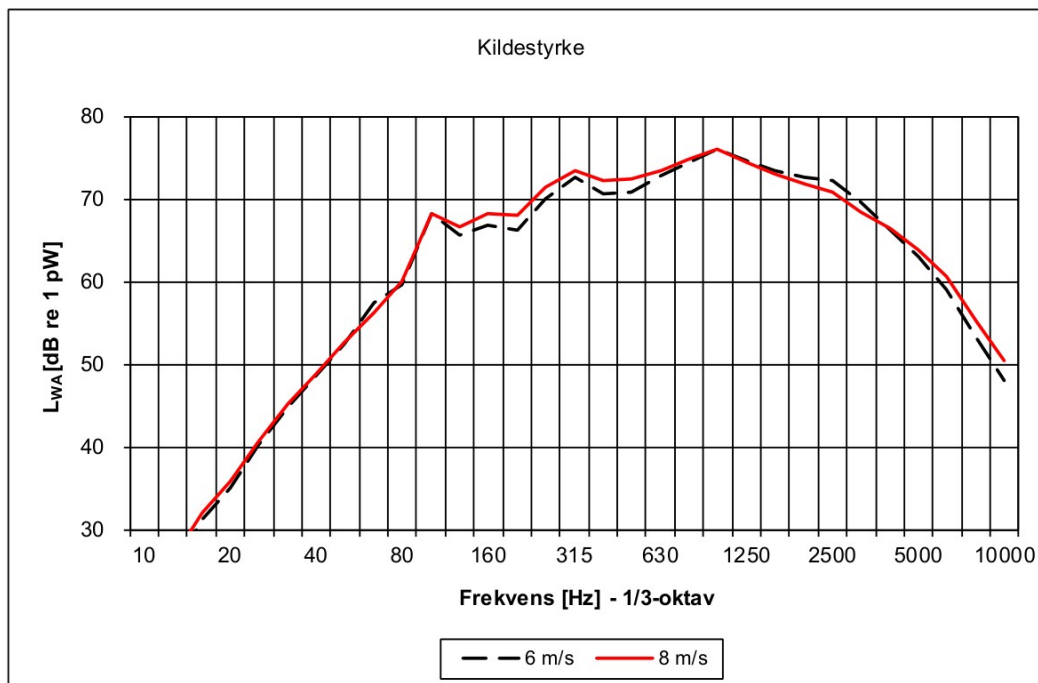
Bilag 3: Totalstøj, baggrundsstøj og korrigeret totalstøj ved 8 m/s



8 m/s	1/3-oktav			1/1-oktav	
Frekvens	Totalstøj	Bag. støj	Korrigeret	Frekvens	Korrigeret
10	-9,7	-14,2	-11,6		
12,5	-4,6	-8,2	-7,1		
16	0,4	-3,7	-1,7	16	4,1
20	4,7	1,0	2,3		
25	9,9	6,7	7,1		
31,5	13,8	9,8	11,6	31,5	17,2
40	17,6	14,0	15,2		
50	22,1	20,1	19,1		
63	25,7	22,8	22,7	63	28,3
80	28,7	24,7	26,5		
100	35,2	26,4	34,5		
125	34,5	29,1	33,0	125	38,9
160	35,9	30,0	34,6		
200	35,8	29,8	34,5		
250	38,7	31,0	37,9	250	42,7
315	40,5	32,3	39,7		
400	39,4	31,6	38,7		
500	39,6	31,5	38,8	500	43,9
630	40,5	32,7	39,7		
800	42,1	34,8	41,2		
1000	43,8	38,0	42,4	1000	46,3
1250	42,6	37,8	40,9		
1600	41,4	37,0	39,5		
2000	40,1	35,4	38,3	2000	43,2
2500	38,6	32,9	37,3		
3150	36,0	29,5	34,9		
4000	33,5	25,7	32,8	4000	37,8
5000	30,8	21,3	30,3		
6300	27,4	16,6	27,0		
8000	22,1	12,3	21,6	8000	28,4
10000	17,7	10,3	16,8		

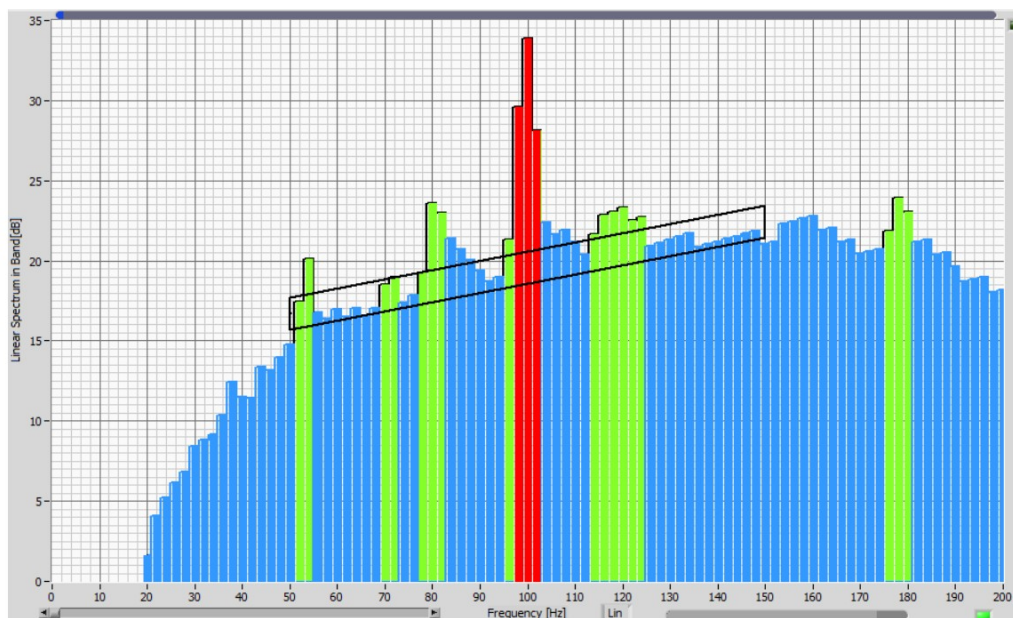


Bilag 4: Vindmøllens lydeffektniveau $L_{WA,ref}$ ved 6 m/s og 8 m/s



Kildestyrke	6 m/s	8 m/s	6 m/s	8 m/s
10	20,2	22,0		
12,5	24,7	26,5		
16	31,1	31,9	36,8	37,7
20	35,0	35,9		
25	40,1	40,6		
31,5	44,7	45,2	50,5	50,8
40	48,6	48,8		
50	52,4	52,6		
63	57,5	56,3	62,1	61,9
80	59,6	60,1		
100	68,1	68,1		
125	65,6	66,6	71,7	72,5
160	66,7	68,2		
200	66,1	68,1		
250	69,9	71,5	75,0	76,2
315	72,5	73,3		
400	70,5	72,3		
500	70,8	72,4	76,3	77,5
630	72,8	73,3		
800	74,5	74,8		
1000	75,9	76,0	79,8	79,9
1250	74,6	74,5		
1600	73,4	73,0		
2000	72,6	71,9	77,5	76,8
2500	72,1	70,9		
3150	69,6	68,5		
4000	66,2	66,4	71,8	71,4
5000	62,9	63,9		
6300	59,0	60,6		
8000	53,1	55,2	60,3	62,0
10000	48,0	50,4		
LWA	84,1	84,5		

Bilag 5: Tonalitet i 20 m afstand på plade; 100 Hz



Måleobjekt	Solid Wind Power SWP-25 (idnummer: 10001)	
Måledato	27. november 2013	
Analyseværktøj	NoiseLAB Batchprocessor 3.1.1.4	
Måleforskrift	Vindmøllebekendtgørelsen nr. 1284 af 15. december 2011	
Analyseparametre		
Måletidsrum	1 minut	
Tidsvægtning	Hanning	
Frekvensvægtning	A	
Analysebandbredde	2 Hz	
Beregning af tonehørbarhed		
Regressionsinterval	1,0 x kritisk bånd	
Dominerende kritisk bånd	50 Hz – 150 Hz	
Bredde af kritisk bånd	100 Hz	
Centerfrekvens, $f_{c,krit}$	100 Hz	
Toner i kritisk bånd:	Frekvens	$L_{p, tone}$ (nr. i)
Tone nr. 1	100 Hz	34,2 dB
	$L_{p, tone}$	34,2 dB
	$L_{p, krit. støj}$	35,0 dB
	ΔL_{ts}	-0,8 dB
Kriterieværdi, $\Delta L_{ts, kriterie}$	4,5 dB	
Tonetillæg		0 dB
Andre kritiske bånd med tonetillæg ($f_{c, krit}$):		Ingen

Bilag 6: Foto af målepositionerne



Plademåling



Vindmåling

Bilag 7: Måleinstrumenter

Nr.	Udstyr	Producent	Model	Kalibrering	
				Sidste	Næste
17L051	Cup anemometer	Risø	P2546A	27. sep. 2013	Sep. 2015
02L022	Calibrator	Brüel & Kjær	4231	19. jun. 2013	Dec. 2013
14L013	Data acquisition card	NI	9234	20. jun. 2013	Jun. 2015
06L060	½" Microphone	G.R.A.S.	40AE	23. nov. 2012	Nov. 2013
09L054	Preamplifier	G.R.A.S.	26CF	27. nov. 2012	Nov. 2014
10L014	Measurement software	DELTA	noiseLAB Wind	5. mar. 2013	Mar. 2015

