

Ljud från vindkraftverk

Mathieu Boué och Mats Åbom

matsabom@kth.se

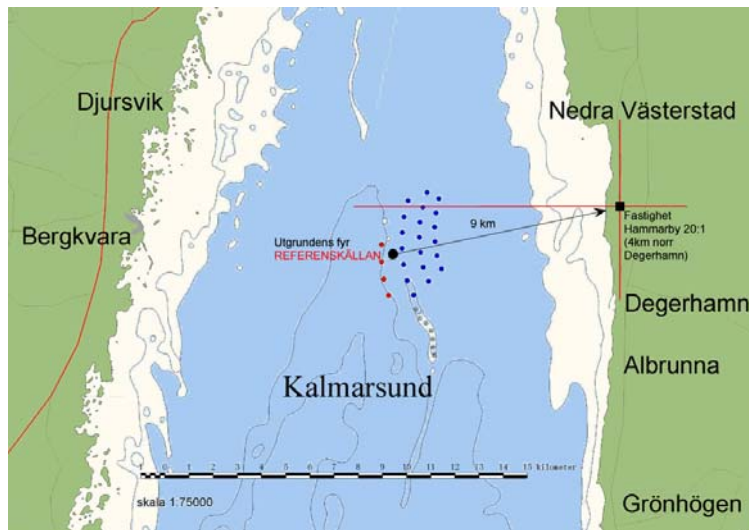
Marcus Wallenberg Laboratoriet för Ljud och Vibrationsforskning

KTH

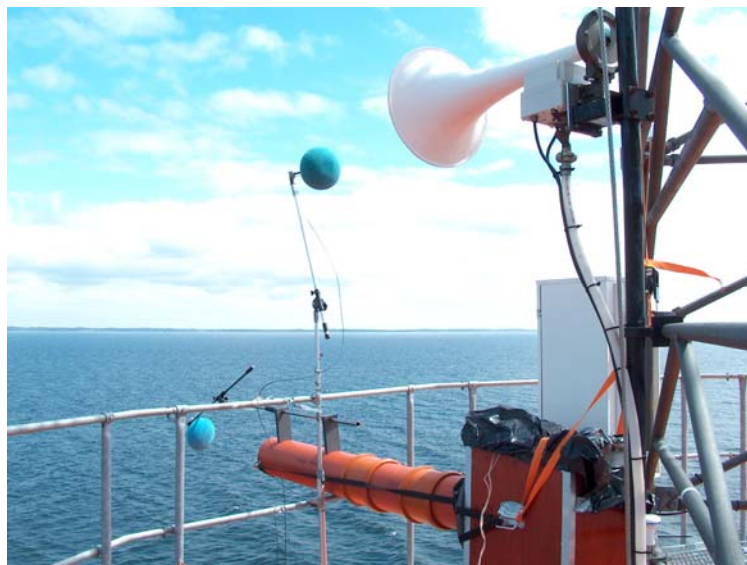
100 44 Stockholm

Vindkraft är idag mer aktuellt än någonsin och vi kommer under de närmaste 5-10 åren att få se en kraftig utbyggnad av framförallt större vindkraftverk med rotordiametrar omkring 100 meter och effekter i MW klassen. En aktuell fråga när det gäller vindkraft är det ljud som skapas. För att bedöma hur mycket ljud som ett vindkraftverk kommer att ge på en viss plats behövs beräkningsmodeller. En sådan modell är den som Naturvårdsverket rekommenderar för bedömning av ljudimmission från vindkraft [1]. En avgörande skillnad mellan denna modell och modeller i andra länder är att i Naturvårdsverkets modell antas "cylindrisk" ljudutbredning för havsbaserad vindkraft. Det normala är att förenklade modeller av denna typ antar "sfärisk" utbredning utomhus d.v.s att ljudet sprids jämnt i alla riktningar. En "cylindrisk" utbredning innebär att ljud som utreder sig i medvind böjer av nedåt och därför kommer att stanna under en viss maximal höjd. Detta innebär ett ljudet inte sprids i alla riktningar utan blir kvar inom ett skikt i atmosfären vars höjd bestäms av meteorologiska faktorer såsom vind och temperaturprofil. Höjden på detta skikt [2] kan även tolkas som det avstånd där man skall byta från en "sfärisk" utbredningsmodell till en "cylindrisk". I Naturvårdsverkets modell [1] för ljudutbredning över hav antas det att ett representativt värde på skikthöjden är 200 m. Varför är det då viktigt att skilja mellan "sfärisk" respektive "cylindrisk" ljudutbredning? Svaret har att göra med den stora skillnad som dessa bägge antaganden ger för ljudets dämpning med avståndet. En "sfärisk" modell innebär att ljudets styrka minskar med en faktor 4 (6 dB) per avståndsfördubbling men enbart med en faktor 2 (3 dB) för en "cylindrisk" modell. Detta ger avsevärda skillnader i den förväntade ljudnivån på stora avstånd (5-10 km) vilket har stor konsekvens för bedömningen av möjligheten att etablera havsbaserad vindkraft. Naturvårdsverkets modell [1] har därför sedan den lanserades varit mycket omdebatterad. Ett problem med modellen är också att den bygger på ett ganska litet urval av äldre mätningar [3]. Med syfte att bl.a. skapa bättre underlag för att bedöma giltigheten hos Naturvårdsverkets modell [1] har ett projekt finansierat inom Energimyndighetens vindforskningsprogram genomförts. Projektet har dels utvecklat nya metoder för att mäta ljud på stora avstånd (> 5 km) samt genomfört långtidsmätningar i Kalmarsund. Med hjälp av ljudkällor installerade på Utgrundens fyr, idag ombyggd till en mätstation, skickades ljud i riktning mot Öland, se Figur 1 och 2. På Öland (Hammarby) installerades en akustisk antenn som förstärkte infallande ljud i riktning från Utgrunden, se Figur 3. Eftersom det på grund av den dämpning som förekommer i atmosfären enbart är lågfrekvent ljud som kommer att kunna vara hörbart på stora avstånd genomfördes mätningen enbart för frekvenser upp till 400 Hz. Den totala dämpningen på sträckan (9750 m) mellan Utgrunden och Öland (Hammarby), kompenserad för atmosfärens dämpning, kan uttryckas som olika statistiska fördelningar t.ex en kumulativ. I Figur 4 visas den resulterande utbredningsdämpningen sammanvägt för de tre frekvenser (80, 200 samt 400 Hz) för vilka mätningar genomfördes. De lodräta linjerna vid 80 respektive 63 dB svarar mot den dämpning som en "sfärisk" modell respektive en "cylindrisk" modell [1] ger. Som framgår av Figur 4 uppvisar utbredningsdämpningen en mycket stor variation som sammanhänger med de meteorologiska förhållandena på sträckan. Detta är viktigt att komma ihåg i samband med förenklade modeller av ljudutbredning såsom Naturvårdsverkets modell [1]. I dessa modeller används vanligen ett så kallat energimedelvärde för att beskriva den förväntade dämpningen. I tabell 1

sammanfattas olika mått på utbredningsdämpningen baserat på mätningarna under detta projekt. För medelvärdet av den dämpning som uppmättes under perioden Juni 2005/2006 erhöles värdet 68.4 dB.



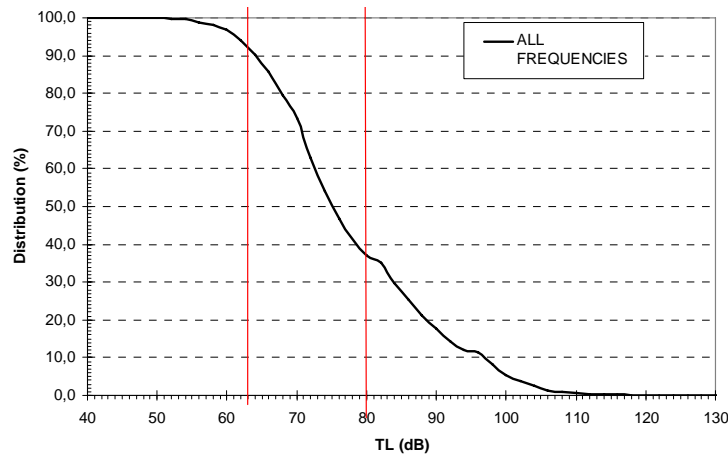
Figur 1 Karta som visar mätplatsen i Kalmarsund. På Utgrundens fyr idag en mätstation som drivs av E.ON. monterades ljudkällor, se Figur 2. Ljudet fångades sedan upp på Öland vid Hammarby, se Figur 3. Avståndet ljudkälla-mottagare var 9750 meter.



Figur 2: Ljudkällor monterade på plattformen överst på Utgrundens fyr (30 meter ö.h). Den övre källan är en tryckluftsdreven siren från Kockums som alstrar en grundton på 200 Hz samt en övertton på 400 Hz. Den undre källan är en bashögtalare monterad till ett avstämt rör som ger en ton vid 80 Hz.



Figur 3: Mikrofonantenn med 8 mikrofoner på Öland (Hammarby) för att fånga upp och förstärka ljud i riktning från Utgrundens fyr.



Figur 4: Kumulativ fördelning för utbredningsdämpning TL baserat på mätningar i Kalmarsund Juni 2005/2006. Fördelningen visar hur ofta (i %) som ett viss TL värde överskrids. De lodrära linjerna vid 80 respektive 63 dB svarar mot den dämpning som en "sfärisk" modell respektive en "cylindrisk" modell [1] ger.

Jämfört med det värde på 63 dB som Naturvårsvverkets modell [1] ger innebär detta att det avstånd från vilket "cylindrisk" utbredning skall tillämpas inte är 200 m utan 700 m. Konkret betyder detta att de nya mätningarna tyder på att Naturvårsvverkets modell [1] överskattar det ljud som uppstår från vindkraftverk till havs med c:a 5 dB. Eller annorlunda uttryckt kan avståndet till en vindkraftspark till havs minskas med en faktor 3.5 för ett givet krav på ljudimission från parken. Detta är förstås en signifikant skillnad men det måste påpekas att resultaten bygger på mätningar från ett område (Kalmarssund) samt en viss period av året (Juni). Det är svårt att uttala sig om hur allmängiltigt resultatet är. Här kräves mätningar på fler platser vilket är både tidsödande och kostsamt. Ett alternativ vore att nyttja moderna simuleringsmetoder, till exempel så kallade strålgångsmetoder utvecklade hos FOI, för ljudutbredning i atmosfären kombinerat med den rikstäckande vinddata statistik som idag finns hos Meteorologiska institutionen i Uppsala (MIUU). De detaljerade data som samlats in under detta projekt kan först användas för att verifiera att det går att prediktera statistik för ljudets dämpning för en viss plats. Om detta kan verifieras kan sedan dämpstatistik för nya platser beräknas genom att utnyttja vinddata från MIUU. En sådan fortsättning av detta projekt är redan planerad och beräknas starta kring årsskiftet 2007/2008. För en fullständig rapport av arbetet i detta projekt hänvisas till Ref. 2 som kan beställas från KTH.

Data from Utgrunden June 2005/2006	80 Hz	200 Hz	400 Hz	All frequencies
Average TL = $\frac{1}{N} \sum_n 10^{-TL_n/10}$ (dB)	70	67	67	68.4
TL10 (dB)	97	94	95	97
TL90 (dB)	65	62	62	64

Tabell 1: Medelvärden av utbredningsdämpning TL samt TL10 och TL90 baserat på data från mätningar i Kalmarssund Juni 2005/2006. TLX är den dämpning som överskrids X% av mättiden. Det kan noteras att TL90 värdet (medelvärde alla frekvenser) är ganska nära det värde på 63 dB som Naturvårdsverkets modell [1] ger.

Referenser

1. Ljud från Vindkraftverk. Naturvårdsverket Rapport 6241 , Dec 2001.
2. M. Boué “Long-range sound propagation over the sea with application to wind turbine noise”, Technical report MWL/KTH, TRITA-AVE 2007:22, ISSN 1651-7660.
3. S. Ljunggren “Ljudutbredning kring havsbaserade vindkraftverk. Resultat från en litteraturstudie”, Arbetsrapport 1999:6, KTH, Augusti 1999.