

Om bullerstörningar vid vindkraftverk

Richard Bernström, Bernström Akustik HB, Hangvar Bäcks 126, 624 54 Lärbro, 070-742 36 30, r.bernstrom@telia.com skriver:

I en insändare i Gotlands tidningar 2012-02-15 och Borås tidning 2012-03-19 skriver jag: "Bullerforskarna och Naturvårdsverket är överens om att dagens bullermått inte är anpassade för vindkraftbuller och menar att det behövs nya mätmetoder och en översyn av riktvärdena". Idag är riktvärdet högst 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostäder. Som underlag för påståendet hänvisar jag till följande källor.

1. *Naturvårdsverkets hemsida* (referens 1) som bland annat anger följande:

"Av studierna framgår att andelen störda av buller ökade med stigande ljudnivå och att upp till 20 procent upplevde sig som mycket störda vid ljudnivån 37,5-40 dBA. Vidare framgår att vid en ljudnivå på 40 dBA för vindkraftljudet är sannolikheten för störning 25 procent på landsbygd med låg bakgrundsnivå ..."

Kommentar: 20-25 procent mycket störda är väsentligt mer än vad som accepteras för andra typer av samhällsbuller (normalt ca 10 procent enligt Pedersen 2002) (referens 5).

"I områden där ljudmiljön är särskilt viktig, där bakgrundsljudet är lågt och där låga ljudnivåer eftersträvas, exempelvis områden i fjäll och skärgårdar, bör ljudet enligt Naturvårdsverket inte överskrida 35 dBA." ... "Särskild hänsyn bör tas till bostäder i vindskyddade lägen."

Kommentar: Dessa formuleringar stämmer inte överens med nuvarande tillämpning av Naturvårdsverkets riktlinjer RR 1978:5 rev 1983 (40 dBA vid bostäder) vilket visar att Naturvårdsverket redan idag gjort vissa nytolkningar jämfört med nuvarande riktlinjer. Enligt dessa gäller riktvärdet 35 dBA för områden som *planlagts* för fritidsbebyggelse och rörligt friluftsliv. Här står inte heller något om bostäder i vindskyddade lägen.

2. *Naturvårdsverkets förslag till allmänna råd om buller från vindkraftverk* från 2006 (referens 2). Enligt förslaget är riktvärdet 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostäder. I områden med lågt bakgrundsljud är riktvärdet 35 dBA. Om buller från vindkraftverken maskeras kan upp till 45 dBA accepteras om ljudet fortfarande är maskerat. För friluftsområden som är utmärkta enligt översiktsplan och där en låg bullernivå utgör en särskild kvalitet och naturliga ljud dominerar är riktvärdet 35 dBA. Riktvärdena anges som driftsmedelvärde, dvs långtidsmedelvärde vid olika vindstyrkor (inte bara 8 m/s).

Enligt konsekvensbeskrivning till förslaget (referens 3) etableras vindkraftverk i motsats till industrianläggningar oftast i områden utan tidigare exploatering varför en jämförelse med dessa riktvärden inte är självklar.

Kommentar: Formuleringarna innebär både skärpningar och lättnader jämfört med dagens riktvärden, vilket visar att Naturvårdsverket ansåg att dessa inte var lämpligt utformade. Naturvårdsverket skriver också att en jämförelse med riktvärden för externt industribuller (högst 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostäder) inte är självklar. Förslaget genomfördes aldrig.

3. *Föredrag av Ebbe Adolfsson* vid konferens om vindkraftbuller i Göteborg 24 nov 2011 (referens 4).

I presentationen sägs bl a

- de vindkraftverk som hittills uppförts och där viss forskning (om bl a lågfrekvent buller, min anmärkning) skett vanligen är mindre än 2-3 MW. De större vindkraftverken som byggs och planeras i dag kan komma att avge något mer lågfrekvent ljud

- lågfrekvent buller stör mer än buller utan påtagliga lågfrekventa komponenter vid samma dBA

- dBC kan därför vara lämpligare

- Naturvårdsverket har gett Karolinska Institutet och KTH i uppdrag att undersöka ett tiotal fastigheter där boende upplever att de störs, vilket de egentligen inte ska

Kommentar: Det framgår att Naturvårdsverket menar att dagens riktvärden inte tar tillräcklig hänsyn till lågfrekvent ljud från stora vindkraftverk, och att dBA bör kompletteras med dBC som bättre återspeglar lågfrekvent ljud. Vidare framgår att störningarna är större än förväntat, dvs att dagens riktvärden inte är lämpligt utformade.

4. *Pedersen 2002-2010*

Pedersen (2002) (referens 5) konstaterar att ca 20 procent är mycket störda vid ljudnivån 37,5-40 dBA (figur 6). Pedersen skriver under slutsatser att resultaten ger indikationer om att andelen störda kan vara oacceptabelt hög vid nuvarande bullernorm 40 dBA vid närmaste hus.

Pedersen (2007) (referens 6) redovisar i denna rapport ca 15-25 procent störda vid 37,5-40 dBA beroende på bland annat bakgrundsnivå (figur 11). Rapporten bygger på undersökningar i såväl flacka som kuperade landskap, med högst andel störda i flacka landskap med låg bakgrundsnivå och där man kan se verken.

I Vindval rapport 6370 (2010) (referens 7) sammanfattar Pedersen ovanstående rapporter och skriver som slutsats att "... the standards for environmental impact assessment for sound exposure of nearby residents need to be increased."

Kommentar: Pedersens undersökningar visar att dagens riktvärden inte tillräckligt beaktar vindkraftens störande inverkan. Det skall påpekas att flertalet undersökningar gäller mindre och färre vindkraftverk (250-750 KW), inte dagens verk på 2-3 MW eller mera som ger mer lågfrekvent ljud, inte heller stora vindkraftparker. Pedersen skriver tydligt att dagens riktvärden underskattar risken för störning.

5. Pedersen *m fl* i *Journal of the Acoustical Society of America* 130 (6), Dec 2011 (referens 8):

"In comparison to other sources of environmental noise, annoyance due to wind turbine noise was found at relatively low noise exposure levels. Furthermore, annoyance was lower among residents who received economical benefit from wind turbines and higher among residents for whom the wind turbine was visible from the dwelling."

"Wind turbine noise induces an annoyance response that is expected to occur only at much higher levels of transportation noise and other industrial noise sources."

"Having economic benefit from the use of wind turbines or being able to see one or more wind turbines from within the home are two particularly influential situational factors; both of which have been reported to affect annoyance due to wind turbine noise before" (Pedersen and Larsman, 2008; van den Berg et al., 2008)."

"However, the 2005 Swedish study did find lower levels of annoyance than either of the other studies and was conducted in areas that differed strongly in terms of the type of terrain compared to the other two studies. While the 2000 Swedish study and the study in the Netherlands were conducted in similar landscapes, i.e., flat terrain, half of the respondents of the 2005 Swedish study lived in a hilly area, which may have influenced not only the visibility of wind turbines from within the home, but the accurate assessment of the wind turbine noise exposure as well." (Dvs lägre ljudnivåer vid bostaden vid kuperad terräng, min anmärkning.)

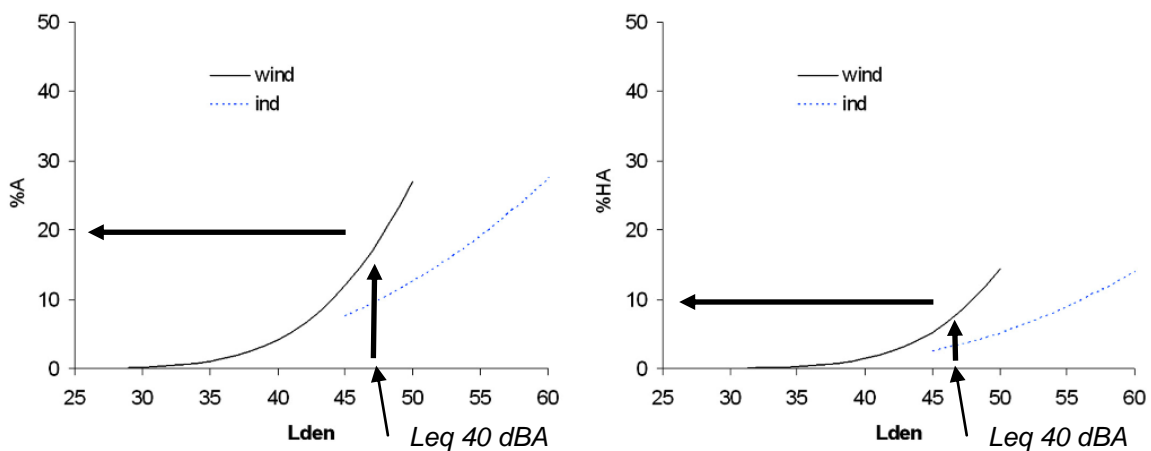


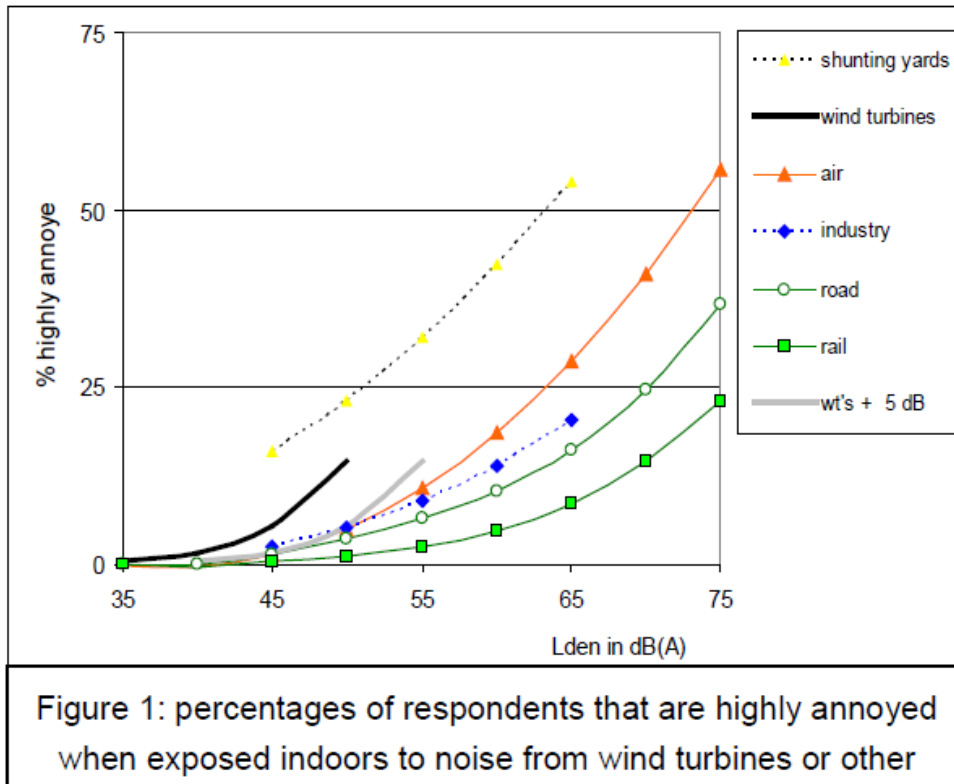
FIG. 2. (Color online) Comparison of the percentage of residents annoyed (%A) or highly annoyed (%HA) indoors due to wind turbine noise (wind) and industrial noise (ind).

Störningskurvor enligt JASA-artikeln: Ca 20 % störda och 10 % mycket störda vid L_{den} 47 dBA (motsvarar L_{eq} 40 dBA).

Förklaring: L_{den} är en årsekvivalent ljudnivå där ljudnivån under kvällen straffas med 5 dB och under natten med 10 dB. En ekvivalent ljudnivå L_{eq} 40 dBA under helt dygn motsvaras av L_{den} ca 47 dB. Figurerna visar ca 10 procent *mycket störda* av vindkraftbuller vid L_{den} 47 dB (det svenska riktvärdet L_{eq} 40 dBA).

6. van den Berg, föredrag vid konferens om vindkraftbuller i Rom 2011 (referens 9):

Frits Van der Berg konstaterar att om man lägger på 5 dB på L_{den} för vindkraft så stämmer andelen störda ganska bra med andra samhällsbullerkällor under 50 dB. Det är ljudets amplitudmodulering som gör att man lägger märke till det. Se figur nedan.



Figur: Fritz van den Berg WTN Rom 2011. Anm: Ekvivalentnivå 40 dBA motsvarar L_{den} 47 dB.

7. European Environment Agency rapport 11/2010 "Good practice guide on noise exposure and potential health effects" (referens 10):

Tabell 6.1 i rapporten redovisar andelen mycket störda för olika typer av samhällsbuller. Tabellen visar ca 10 % *mycket störda* av vindkraftbuller vid L_{den} 47 dB (det svenska riktvärdet L_{eq} 40 dBA).

Percentages of highly annoyed

L_{den}	Road	Rail	Aircraft (revised estimate)	Industry	Windturbine
55 dB	6 %	4 %	27 %	5 %	26 %
50 dB	4 %	2 %	18 %	3 %	13 %
45 dB	1 %	0 %	12 %	1 %	6 %

Kommentar: Rapporten visar att vindkraftljud upplevs som betydligt mera störande än andra typer av samhällsbuller, inklusive normalt industribuller, vid samma ljudnivåer. Med andra ord att dagens riktvärden i Sverige underskattar andelen störda.

8. *Gunnar Lundmark, Lundmark Akustik & Vibration, föredrag om amplitudmodulering av vindkraftljud vid konferens om vindkraftbuller Rom 2011 (referens 11):*

Amplitudmodulering har man hittills missat då det gäller störningsupplevelsen, den typen av ljudkällor har inte funnits tidigare. Lundmark har tagit fram en metod för kvantifiering av amplitudmodulering. Metoden har väckt stort intresse. Störningsundersökningar för amplitudmodulering saknas ännu.

Kommentar: Amplitudmoduleringen som bl a orsakas av vingarnas rörelser är den kanske främsta orsaken till att vindkraftljud upplevs som mer störande än andra typer av samhällsbuller. Det är därför viktigt att utveckla mätmetoder för detta och ta hänsyn till amplitudmoduleringen när man bestämmer riktvärden. Se Lundmarks artikel och nedanstående figur.



Exempel på amplitudmodulering från 2 MW vindkraftverk i skog, mätavstånd ca 700 m. Egen mätning.

9. *Martin Almgren, ÅF Konsult, Amplitudmodulation för vindkraftsljud, föredrag vid konferens om vindkraftbuller i Göteborg 24 nov 2011 (referens 12)*

Almgren redovisar störningsundersökningar och arbete beträffande amplitudmodulering och ställer följande frågor:

- Hur vanligt är det med amplitudmodulation?
- Hur störande är det?
- Vad blir påslaget enligt Nordtestmetoden för typiska vindkraftljud?
- Bör riktvärdet för vindkraft formuleras på något annat sätt?

Almgren redovisar van den Bergs arbete beträffande andel störda av vindkraftbuller, se figur ovan.

Kommentar: Almgren (en av de mest erfarna konsulterna i Sverige inom vindkraftbuller) konstaterar att frågan om amplitudmodulering och riktvärden behöver studeras vidare, och säger därmed indirekt att dagens mätmetoder och riktvärden inte lämpade.

10. *Martin Almgren, ÅF Konsult, referat i Borås Tidning 2012-03-13* (referens 13):

I artikeln pekar Martin Almgren på ÅF-Konsult på nya forskningsrön om vindkraftsbullrets akustiska egenskaper som kan komma att motivera ändrade beräkningar av hur mycket verken faktiskt bullrar. Enligt Naturvårdsverkets gällande norm får medelvärdet dygnet runt inte överstiga 40 decibel, ett värde som sätts efter både mätningar och teoretiska beräkningar. – Men om vindkraften alstrar buller med kraftig amplitud så blir det ett piskande impulsljud som kan motivera ett påslag i beräkningarna, säger Almgren.

Kommentar: Almgren konstaterar att de nya forskningsrönen kan komma att motivera ändrade beräkningar, och att vindkraftsljudets speciella karaktär kan motivera ett påslag (dvs ändrade riktvärden). Kan det sägas tydligare?

11. *Pontus Thorsson, tekn dr och akustikforskare vid Chalmers Tekniska Högskola* (referens 14):

Thorsson säger med anledning av sin forskning att de riktvärden som finns för högt satta. "- Eftersom det är så många som upplever sig störda kan man behöva titta över riktvärdena."

Referenser:

- 1 Naturvårdsverkets hemsida
- 2 Naturvårdsverkets förslag till allmänna råd om buller från vindkraftverk (2006)
- 3 Konsekvensbeskrivning till förslaget (2006)
- 4 Föredrag av Ebbe Adolfsson, Naturvårdsverket, föredrag vid konferens om vindkraftbuller Göteborg (nov 2011)
- 5 Pedersen: Störningar från vindkraft, slutrapport, reviderad utgåva (dec 2002)
- 6 Pedersen: Human response to wind turbine noise (2007)
- 7 Pedersen: Human perception of sound from wind turbines, Vindval rapport 6370 (2010)
- 8 Pedersen m fl: A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources, Journal of the Acoustical Society of America 130 (6) (dec 2011)
- 9 van den Berg, föredrag vid konferens om vindkraftbuller Rom (2011)
- 10 European Environment Agency "Good practice guide on noise exposure and potential health effects", rapport 11 (2010)
- 11 Gunnar Lundmark, Lundmark Akustik & Vibration: Measurement of swish noise, föredrag vid konferens om vindkraftbuller Rom (2011)
- 12 Martin Almgren, ÅF Konsult: Amplitudmodulation för vindkraftsljud, föredrag vid konferens om vindkraftbuller i Göteborg (nov 2011)
- 13 Martin Almgren, ÅF Konsult: referat i Borås Tidning 2012-03-13
- 14 Pontus Thorsson, Chalmers Tekniska Högskola, referat i bl a SVT

Richard Bernström, Bernström Akustik HB, Hangvar Bäcks 126, 624 54 Lärbro,
070-742 36 30, r.bernstrom@telia.com

Varför relevanta bullergränser är nödvändiga vid val av placeringar för vindkraftverk

2 November 2008

Författare:

George W. Kamperman, INCE Bd. Cert. Emeritus, Kamperman Associates, Inc. och
Richard R. James, INCE, E-Coustic Solutions

Inledning

Även om vindkraftverk i industriell skala är vanliga i många länder, börjar de först nu bli vanliga i USA och Kanada. Om man kan dra några slutsatser av de senaste få åren, kommer industriella "vindkraftsparker" att verkligen bli mycket vanliga i Nordamerika, särskilt om man tänker på myndigheternas uppmuntran till produktion av s.k. förnybar energi.

Nina Pierponts rapport tillfogar emellertid ett element av försiktighet, kanske till och med en alarmerande varning, inför denna utveckling. Hennes forskning avslöjar tydliga hälsoeffekter förbundna med boende i närheten av industriell vindkraft. Utgående från hennes forskning och även andras, har vi granskat ljudstudier utförda av konsulter för myndigheter, vindkraftsägare och lokalt boende för ett antal etableringar med kända hälso- och obehagsproblem. (Vi inkluderade bostäder tillhörande några av Pierponts studieobjekt i vår granskning.)

Av Pierponts rapport framgår tydligt att vindkraftsbuller är ett stort problem för praktiskt taget alla hennes undersökta familjer. Att vindkraftsbuller kan vara orsaken till de flesta sjukdomsfall Pierpont identifierar som wind turbine syndrom kommer knappast som en överraskning. Ljudnivåer av den typ och styrka som kunde konstateras på de fastigheter och inne i hemmen hos de personer som bor nära vindkraftverk i drift, associeras ofta med sömnstörningar och det stora spektrum av problem, som är kända för att orsakas av bullerrelaterade sömnproblem. Dr Pierponts arbete bygger på en grund av allmänt accepterade hälsorisker och som dokumenterats av WHO and andra hälsoinriktade organisationer. Utgående från Pierponts och även andra läkares arbete, har vi utarbetat en samling riktlinjer, med dBA- och dBC- ljudnivåer, för användning av berörda myndigheter för att hålla vindkraftsbuller inom gränser som inte påverkar hälsan hos närboende. I det följande finns ett sammandrag av en betydligt längre rapport som beskriver mätprocedurer och bullerstandards för användning av kommuner som vill skapa ansvarsfulla regler för vindkraften.

Bakgrund

Vindkraftsparker med de nyare 1,5 – 3 MW-turbinerna har resulterat i många klagomål från personer som upptäcker att de inte längre lever i den tysta lantliga miljö de bodde i innan vindkraftsverken togs i drift. Man har frågat sig huruvida de nuvarande riktlinjer som används i USA är tillräckliga för att skydda dem som bor närmast vindkraftsparkerna. En undersökning av de datormodeller som används för att bestämma utformningen av vindkraftsparker och avstånd till de närmast boende, visar att dessa inte är tillräckligt exakta för att utgöra den enda grunden för att ta beslut om placeringen av kraftverken. Korrekationer görs inte för kända felkällor och oförutsebara väderförhållanden. Modellerna klarar inte av att ta hänsyn till ökade ljudutsläpp från kraftverken eller effekten av ljudspridningen under vissa väderförhållanden. Dessutom klarar inte modellerna av att avslöja de dolda fel som finns i de underliggande formlerna som anges som $\pm 3\text{dB}$ för ISO 9612-2-baserade datormodeller. Andra toleranser för indata och vindturbulens redovisas inte, ändå kan dessa addera upp till 8 dB till verkens ljudvolym hos en närliggande fastighet under tämligen vanliga väderförhållanden. Vi har också granskat bullerkriterier i andra länder för vindkraftverk. Nuvarande standards vad gäller vindkraftverk bygger antingen på en högsta tillåtna dBA-nivå, som t ex de 50 dBA som vindkraftsindustrin i USA förespråkar, eller en högsta bullernivå baserad på

bakgrundsljud plus ett tillägg (t ex bakgrundsljud+5 dBA). Nästan alla länder baserar sig på A-viktat ljud. Endast Tyskland har tydlig gräns för C-viktade ljudnivåer.

Diskussioner

Vår studie avslöjade att en del personer som bor så långt som 3 km från en vindkraftspark klagar på sömnproblem beroende på vindkraftsbuller. Många personer som bor på en tiondel av detta avstånd (300 m) från verken rapporterar svåra sömnproblem och andra allvarliga medicinska problem beroende på nattligt buller. Det är viktigt att förstå att den speciella akustiska karaktären från vindkraftverk gör att det ljud som hörs i drabbade fastigheter uppfattas som mycket mer störande och besvärande än mer välkänt buller från t.ex. trafik, industri och till och med flygtrafik. Slutsatsen blir att de vanliga bullerbegränsningarna och ”tumregler” som gäller för kända bullerkällor uppenbarligen inte är tillämpliga när det gäller utplacering av industriell vindkraft.

Det är dessutom värt att notera, att lantliga miljöer långt från industri, trafikleder och flygplatser är mycket tystare än vad som vanligtvis betraktas som ”tyst” miljö i många sammanhang. Våra studier visar att det A-viktade bakgrundsljudet ofta ligger mellan 20 och 30 dBA, ibland lägre. I områden på någon eller några kilometers avstånd från större trafikleder är bakgrundsljud på mindre än 20 dBA inte ovanligt. Detta resulterar också i mycket lägre dBC-nivåer än i andra områden som förorter eller lantliga miljöer i närheten av större trafikleder. Vår forskning visar att lågfrekvent ljud ligger på ca 25-40 dBC i områden på någon eller några kilometers avstånd från trafikleder. Det vill säga, en ny bullerkälla med en stor andel lågfrekvent innehåll är betydligt mer framträdande i en isolerad lantlig miljö än i t ex ett förortsområde med mer trafik och annat mänskligt producerat buller.

Generellt sett gäller alltså att *ju längre bort från större trafikleder, flygplatser eller industrier, desto lägre är det lågfrekventa bakgrundsbullret*. Således är C-viktade kriterier mer nödvändiga i dessa områden för att undvika problem inomhus, speciellt under sena kvällar och nätter.

Vi ställer i det följande några ofta ställda frågor, tillsammans med våra svar. (Hela listan återfinns i den fulla versionen av vår rapport på www.windturbinesyndrome.com.)

Adresserar nationella, internationella eller regionala och lokala bullerstandarder gällande vindkraftverk den lågfrekventa delen av vindkraftverkens bullerspridning? Nej, det gör de inte. Även om nationella och lokala myndigheter håller på att ta fram begränsningar för buller från vindkraftverk för närboende och skyddsavstånd, så antar dessa standards felaktigt att begränsningar baserade på dBA-nivåer är tillräckliga för att skydda de boende.

Har vindkraftsexploatörer bullerbegränsningar eller skyddsavstånd som gäller närboende?

Ja. Dock anser industrin rutinemässigt att bullernivåer på 50-55 dBA kan accepteras i de närmaste bostäderna. Dessa nivåer är alldeles för höga i de tysta lantliga miljöerna och orsakar hälsorisker för de närmast boende, enligt forskning som Dr Pierponts. Ett annat orosmoment är att en del metoder, som datormodeller, vilka för att förutse ljudnivåer i drift redovisar bullernivåer som är lägre än vad som kommer att bli fallet vid verklig drift. Kombinationen av dessa båda faktorer kan, när kraftverken är i drift, leda till såväl klagomål som hälsorisker genom att verken placeras för nära boende.

Hur påverkar vindkraftsbuller närboende? Initialt är det vanligaste problemet med nattsömn. Enligt medicinsk forskning kan detta utvecklas till betydligt svårare fysiska, psykologiska och kognitiva problem.

Vilka är de tekniska möjligheterna att reducera vindkraftsbuller i bostäder? Det finns bara tre möjligheter: 1) öka avståndet mellan bullerkälla och mottagare, 2) förbjud nattlig drift eller 3) sänka bullernivån på kraftverken.

Är vindkraftsbuller i bostäder mer störande än trafikbuller? Absolut. Studier visar att Aviktat

vindkraftsbuller uppfattades av ca 85% av de tillfrågade vid så låga nivåer som 35-37,5

dB. Trafik och annat vanligt buller uppfattas sällan som störande och ger sällan sömnstörningar vid samma bullernivåer.

Varför åstadkommer vindkraftsbuller sömnstörningar redan vid 35 dBA? Antagandet att väggar och fönster skärmar av minst 15 dBA, något som vanligen tillämpas vid utomhusbuller, kan antas inte vara tillräckligt skyddande, om man tar hänsyn till den relativt sett stora andel lågfrekvent buller som vindkraftverk ger upphov till. När man utvärderar hur ljud tränger igenom t ex en modern träväggskonstruktion, måste man ta hänsyn till alla frekvenser, inklusive de lägre, inte enbart A-viktade nivåer. Även om avskärmningen skulle vara 15 dBA eller mer, utgör det dock inte något relevant kriterium på om det förhindrar sömnstörningar eller inte. När man tar hänsyn till C-viktade värden, kan skillnaden mellan ute och inne vara endast 6 dB eller mindre. Det är det lågfrekventa bullret från vindkraftverk, som skapar "mullrandet" inomhus plus vibrationer i byggnaden, och detta kan endast hanteras genom att ta hänsyn till C-viktade kriterier för bestämning av av bullret.

Vilka är typiska standards eller kriterier för vindkraftsbuller? Begränsningarna är inte desamma och kan även variera inom samma land. Exempel:

- a) Australien: 35 dBA, eller bakgrundsljud + 5dBA
- b) Danmark: 40 dBA
- c) Frankrike: bakgrundsljud + 3 (natt), +5 (dag)
- d) Tyskland: 40 dBA
- e) Nederländerna: 40dBA
- f) Storbritannien: 40 dBA (dag), 43 dBA (natt) eller bakgrundsljud + 5dBA
- g) USA, Illinois: 55 dBA(dag), 51 dBA (natt), Wisconsin: 50 dBA, Michigan: 55 dBA

Vad är en rimlig begränsning av vindkraftsbuller för att skydda närboendes hälsa? Vi föreslår en maximal gränsvå vid fastighetsgränsen på 35 dBA samt att vindkraftverk i drift inte får överstiga det tidigare bakgrundsljudet med mer än 5 dBA. Vi inkluderar också C-viktade

kriterier för att komma till rätta med klagomålen på lågfrekvent buller. dBC vid drift ska inte överstiga det tidigare nattliga bakgrundsljudet i dBA (+5) med mer än 20 dB. Ett absolut maximum på 55 dBC föreslås också med möjliga justeringar om det finns kraftigt trafikerade trafikleder i närheten.

Varför ska dBC-gränsen inte överstiga bakgrunds-dBA med mer än 20 dB (+5)? WHO och andra har fastslagit att bullret från en ljudkälla som resulterar i en skillnad mellan dBC och dBA på mer än 20 dB, ger problem med det lågfrekventa bullret.

Betecknar inte LA90 det lägsta bakgrundsljudet? LA90 är ett statistiskt mått, som representerar de tystaste 10% av tiden. Det är inte den lägsta ljudnivån. Det kan förstås som det man hör när det inte finns några närliggande eller kortvariga ljud från mänskligt eller naturligt ljud. Måttet utesluter buller som inte utgör någon del av ljudmiljön under alla årstider inklusive vindbrus. Det är mycket viktigt att fastställa det statistiska "medelbakgrundsljudet" utomhus för att se dess effekt på bostaden under nattens tystaste timmar (typiskt 22-04). Naturliga sömnstörningar har genererat majoriteten av klagomål på vindkraftsbuller över hela världen. Basen för begränsningen av bullret från vindkraftverk borde utgå från den nattliga LA90 plus 5 dB för perioden 22-07. Detta skulle då bli bullerbegränsningen för den tänkta vindkraftsparken nattetid. Detta kan man åstadkomma med en eller flera 10-minutersmätningar under en natt då vädret kan anses stabilt med en lätt vind från området tänkt för vindkraftsparken. Begränsningen dagtid skulle kunna sättas 10 dB högre än det nattetid uppmätta bakgrundsbullret, men med 24-timmarsdrift blir det förstås ändå begränsningen nattetid som blir den begränsande bullernivån.

Maskerar inte vindljud bullret från vindkraftverk? Det är sant att ljudnivån kan överstiga bakgrundsljudets nivå när vinden vid markytan ökar, men det är inte sant att vinden alltid maskerar ljudet från vindkraftverk när vindhastigheten vid generatoren är tillräcklig för att

driva verken. Natliga väderförhållanden, särskilt vid varma årstider, resulterar ofta i vindhastigheter vid generatoren som är tillräckliga för drift, medan det är vindstilla eller mycket svag vind i marknivå. Resultatet blir att vindkraftturbinerna kan fungera med full (eller nästan full) kapacitet, trots att det för övrigt är mycket tyst vid bostäderna. Dessa förhållanden förekommer ofta vid klart väder nattetid när värmeutstrålningen från markytan minskar efter solnedgång och atmosfären blir ”stabil”. Detta förhållande är kärnan i ”vindkraftsbullret” för många människor. Sådana nätter, i tysta lantliga miljöer, kan vindkraftsbullret höras vida omkring (det finns rapporter som nämner att vindkraftsbullret är störande så långt bort som på 3 kilometers avstånd).

Föreslagna bullernivåbegränsningar

Det enkla faktum att så många boende klagat över lågfrekvent buller från vindkraftverk är ett tydligt bevis på att den enkla, A-viktade (dBA) bullermätningen som för det mesta används när det gäller utplacering av vindkraftverk inte är adekvat. Den enda andra enkla ljudfrekvensviktning som är standardiserad och tillgänglig på mätutrustning är C-viktningen, dBC. En standard ljudnivåmätare inställd på att mäta dBA blir okänslig för lågfrekvent ljud under 500 Hz. (En oktav över mellersta C:et på ett piano). Samma ljudnivåmätare inställd för att mäta dBC är likformigt känslig för frekvenser ned till 32 Hz (lägsta ton på ett piano). Det är allmänt accepterat att dBC-mätning bättre kan förutsäga hur ljudnivån uppfattas än dBA-mätningar

när det lågfrekventa ljudet är signifikant.

Baserat på bevisningen i det föregående, rekommenderar vi att vindkraftsbuller mäts med användande av a) allmänt accepterade kriterier baserade på existerande bakgrundsljudnivåer dBA och dBC med b) maximalt tillåtet 5 dB över detta för bullret från vindkraftverk - dvs maximalt 5 dB hörbart ljud från vindkraftverken över existerande bakgrundsljud. Med andra ord, vi rekommenderar LA90 +5 och LC90 +5. För att hantera än mer lågfrekvent buller, måste

vi lägga till kriterier för lågfrekvent buller som inte balanseras av ljud med högre frekvens.

Vi sammanfattar bullerbegränsningar för vindkraftverk i det följande:

Begränsningar för vindkraftsbuller för att skydda människors hälsa

1. Fastställande av långsiktigt bakgrundsljud

a) Mätverktyg: ANSI eller IEC typ 1 precisionsljudmätare och meteorologiska utrustning för att mäta vindhastighet, temperatur och luftfuktighet i närheten av ljudmätningmikrofonen. Mätmetoden måste vara enligt ANSI S12.9, del 3.

b) Mätplats: Närmaste fastighetsgräns till alla närboende inom 3,2 km från planerad etablering.

c) Tidpunkt för mätningen och förhärskande väder: Atmosfären måste kunna klassificeras som stabil utan värmeavgivning som orsakar luftblandning. Detta förekommer kvällstid eller mitt på natten vid klart väder och ingen eller svag vind vid markytan. Mätningarna blir endast användbara om vindhastigheten vid mikrofonen inte överstiger 2 m/s.

d) Mätning av bakgrundsljud över lång tid: Allt insamlade av data ska ske i sammanhängande 10-minutersserier. Målet med mätningen är att fastställa den tystaste 10-minutersperioden vid varje plats av intresse. Natliga mätningar bör föredras om inte förhållandena dagtid är tystare. Följande data ska mätas vid varje 10-minutersperiod: dBA-data inklusive LA90, LA10, LAeq och dBC LC90, LC10 och LCEq. Mät också den maximala vindhastigheten vid mikrofonen under dessa 10 min samt temperatur och luftfuktighet vid varje mätplats eller varje timme - beroende på vilket som ger flest mättillfällen. En 10-minutersmätning innehåller relevanta data under förutsättning att dels LA10 - LA90 och LC10 - LC90 inte är större än 10 dB och dels att den maximala vindhastigheten inte översteg 2 m/s under mätperioden.

2. Begränsningar av buller från vindkraftverk.

Inget vindkraftverk eller vindkraftspark får vid något tillfälle lokaliseras så att vindkraftsbuller hos närboende överstiger gränserna i denna tabell:

Tabell över gränsvärden för buller vid fastighetsgräns (får ej överskridas)¹

Kriterium Beskrivning dBA dBC

A Bullerimmission över

bullernivån före

exploatering

$L_{Aeq} = L_{A90} + 5$ $L_{Ceq} = L_{C90} + 5$

B Maximalt tillåten

bullerimmission

(bullernivå)

35 L_{Aeq} 55 L_{Ceq} för tysta²

lantliga omgivningar

60 L_{Ceq} för tätortsförorts-

omgivningar

C Obalans för

bullerspektra

L_{Ceq} (immission) minus ($L_{A90} + 5$

(bakgrundsbuller)) ≤ 20 dB

D Avräkning vid rena

toner³

5 dB 5 dB

Anmärkningar

1 Varje test ska betraktas enskilt och överskridanden vid något enskilt testtillfälle medför att kraven inte innehålls.

”Bullerimmission” är att förstå som det buller som vindkraftverket orsakar vid fastighetsgräns.

2 Med ”tyst lantlig omgivning” avses en plats som befinner sig 3,2 km från en större statlig eller annan väg

3 Rena toner definieras enligt IEC 61400-11. Denna standard är dock samtidigt inte tillämplig i något annat avseende.

¹Procedurerna för förändring av ANSI S12.9, part 3, som framgår av senaste version (2.1 eller senare) enligt guiden ”The ”How to” guide to siting wind turbines to prevent health risks from sound”, författad av Kamperman och James, är tillämplig för tabellen ovan.

3. Undersökning om en vindkraftspark fungerar enligt bullerbegränsningarna vid klagomål

Alla mätningar enligt 1. ovan måste upprepas för att fastställa om resultaten är i överensstämmelse med 2.

Mätplatsen ska utgöras av de mätplatser vilka användes innan vindkraftsparken etablerades och så ligger närmast platsen där klagomål förekommer. Tidpunkt, vind- och väderförhållanden liksom vindkraftsparkens drift måste vara desamma som då klagomålen uppstod. Metoden måste vara enligt ANSI S12.9-del 3 och påverkan på instrumenten med begränsningar för vind och andra faktorer måste följas.

För den senaste versionen av rekommendationerna och fullständiga förklaringar hänvisar vi till www.windturbinesyndrome.com.

I en insändare i Gotlands tidningar 2012-02-15 och Borås tidning 2012-03-19 skriver jag:

"Bullerforsarna och Naturvårdsverket är överens om att dagens bullermått inte är anpassade för vindkraftsbuller och menar att det behövs nya mätmetoder och en översyn av riktvärdena".

Idag är riktvärdet högst 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostäder. Som underlag för påståendet hänvisar jag till följande källor.

1. *Naturvårdsverkets hemsida* (referens 1) som bland annat anger följande:

"Av studierna framgår att andelen störda av buller ökade med stigande ljudnivå och att upp till 20 procent upplevde sig som mycket störda vid ljudnivån 37,5-40 dBA. Vidare framgår att vid en ljudnivå på 40 dBA för vindkraftljudet är sannolikheten för störning 25 procent på landsbygd med låg bakgrundsnivå ..."

Kommentar: 20-25 procent mycket störda är väsentligt mer än vad som accepteras för andra typer av samhällsbuller (normalt ca 10 procent enligt Pedersen 2002) (referens 5).

"I områden där ljudmiljön är särskilt viktig, där bakgrundsljudet är lågt och där låga ljudnivåer eftersträvas, exempelvis områden i fjäll och skärgårdar, bör ljudet enligt Naturvårdsverket inte överskrida 35 dBA." ... "Särskild hänsyn bör tas till bostäder i vindskyddade lägen."

Kommentar: Dessa formuleringar stämmer inte överens med nuvarande tillämpning av Naturvårdsverkets riktlinjer RR 1978:5 rev 1983 (40 dBA vid bostäder) vilket visar att Naturvårdsverket redan idag gjort vissa nytolkningar jämfört med nuvarande riktlinjer. Enligt dessa gäller riktvärdet 35 dBA för områden som *planlagts* för fritidsbebyggelse och rörligt friluftsliv. Här står inte heller något om bostäder i vindskyddade lägen.

2. *Naturvårdsverkets förslag till allmänna råd om buller från vindkraftverk* från 2006 (referens 2). Enligt förslaget är riktvärdet 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostäder. I områden med lågt bakgrundsljud är riktvärdet 35 dBA. Om buller från vindkraftverken maskeras kan upp till 45 dBA accepteras om ljudet fortfarande är maskerat. För friluftsområden som är utmärkta enligt översiktsplan och där en låg bullernivå utgör en särskild kvalitet och naturliga ljud dominerar är riktvärdet 35 dBA. Riktvärdena anges som driftsmedelvärde, dvs långtidsmedelvärde vid olika vindstyrkor (inte bara 8 m/s).

Enligt konsekvensbeskrivning till förslaget (referens 3) etableras vindkraftverk i motsats till industrianläggningar oftast i områden utan tidigare exploatering varför en jämförelse med dessa riktvärden inte är självklar.

Kommentar: Formuleringarna innebär både skärpningar och lättnader jämfört med dagens riktvärden, vilket visar att Naturvårdsverket ansåg att dessa inte var lämpligt utformade. Naturvårdsverket skriver också att en jämförelse med riktvärden för externt industribuller (högst 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostäder) inte är självklar. Förslaget genomfördes aldrig.

3. *Föredrag av Ebbe Adolfsson* vid konferens om vindkraftbuller i Göteborg 24 nov 2011 (referens 4).

I presentationen sägs bl a

- de vindkraftverk som hittills uppförts och där viss forskning (om bl a lågfrekvent buller, min anmärkning) skett vanligen är mindre än 2-3 MW. De större vindkraftverken som byggs och planeras i dag kan komma att avge något mer lågfrekvent ljud

- lågfrekvent buller stör mer än buller utan påtagliga lågfrekventa komponenter vid samma dBA

- dBC kan därför vara lämpligare

- Naturvårdsverket har gett Karolinska Institutet och KTH i uppdrag att undersöka ett tiotal fastigheter där boende upplever att de störs, vilket de egentligen inte ska

Kommentar: Det framgår att Naturvårdsverket menar att dagens riktvärden inte tar tillräcklig hänsyn till lågfrekvent ljud från stora vindkraftverk, och att dBA bör kompletteras med dBC som bättre återspeglar lågfrekvent ljud. Vidare framgår att störningarna är större än förväntat, dvs att dagens riktvärden inte är lämpligt utformade.

4. *Pedersen 2002-2010*

Pedersen (2002) (referens 5) konstaterar att ca 20 procent är mycket störda vid ljudnivån 37,5-40 dBA (figur 6). Pedersen skriver under slutsatser att resultaten ger indikationer om att andelen störda kan vara oacceptabelt hög vid nuvarande bullernorm 40 dBA vid närmaste hus.

Pedersen (2007) (referens 6) redovisar i denna rapport ca 15-25 procent störda vid 37,5-40 dBA beroende på bland annat bakgrundsnivå (figur 11). Rapporten bygger på undersökningar i såväl flacka som kuperade landskap, med högst andel störda i flacka landskap med låg bakgrundsnivå och där man kan se verken.

I Vindval rapport 6370 (2010) (referens 7) sammanfattar Pedersen ovanstående rapporter och skriver som slutsats att "... the standards for environmental impact assessment for sound exposure of nearby residents need to be increased."

Kommentar: Pedersens undersökningar visar att dagens riktvärden inte tillräckligt beaktar vindkraftens störande inverkan. Det skall påpekas att flertalet undersökningar gäller mindre och färre vindkraftverk (250-750 KW), inte dagens verk på 2-3 MW eller mera som ger mer lågfrekvent ljud, inte heller stora vindkraftparker. Pedersen skriver tydligt att dagens riktvärden underskattar risken för störning.

5. Pedersen *m fl* i *Journal of the Acoustical Society of America* 130 (6), Dec 2011 (referens 8):

"In comparison to other sources of environmental noise, annoyance due to wind turbine noise was found at relatively low noise exposure levels. Furthermore, annoyance was lower among residents who received economical benefit from wind turbines and higher among residents for whom the wind turbine was visible from the dwelling."

"Wind turbine noise induces an annoyance response that is expected to occur only at much higher levels of transportation noise and other industrial noise sources."

"Having economic benefit from the use of wind turbines or being able to see one or more wind turbines from within the home are two particularly influential situational factors; both of which have been reported to affect annoyance due to wind turbine noise before" (Pedersen and Larsman, 2008; van den Berg et al., 2008)."

"However, the 2005 Swedish study did find lower levels of annoyance than either of the other studies and was conducted in areas that differed strongly in terms of the type of terrain compared to the other two studies. While the 2000 Swedish study and the study in the Netherlands were conducted in similar landscapes, i.e., flat terrain, half of the respondents of the 2005 Swedish study lived in a hilly area, which may have influenced not only the visibility of wind turbines from within the home, but the accurate assessment of the wind turbine noise exposure as well." (Dvs lägre ljudnivåer vid bostaden vid kuperad terräng, min anmärkning.)

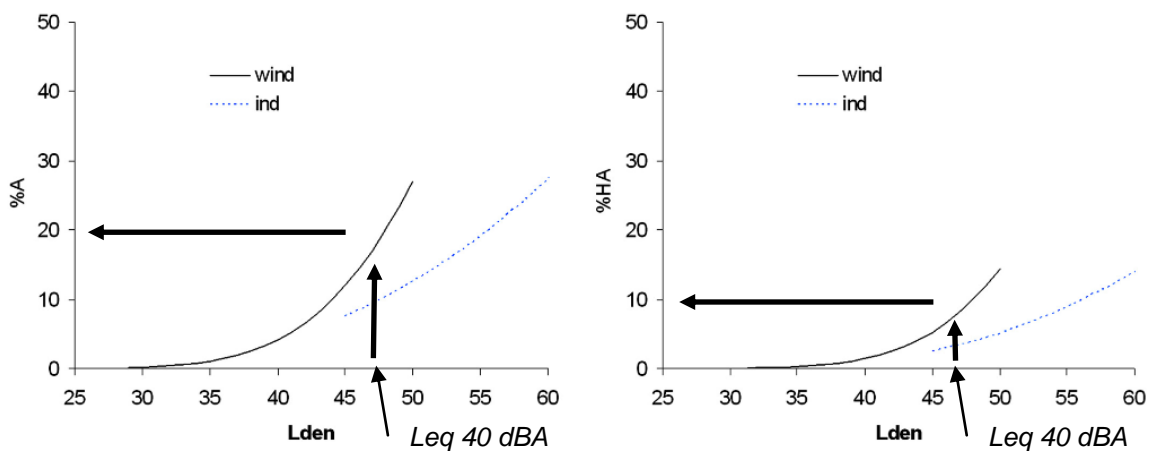


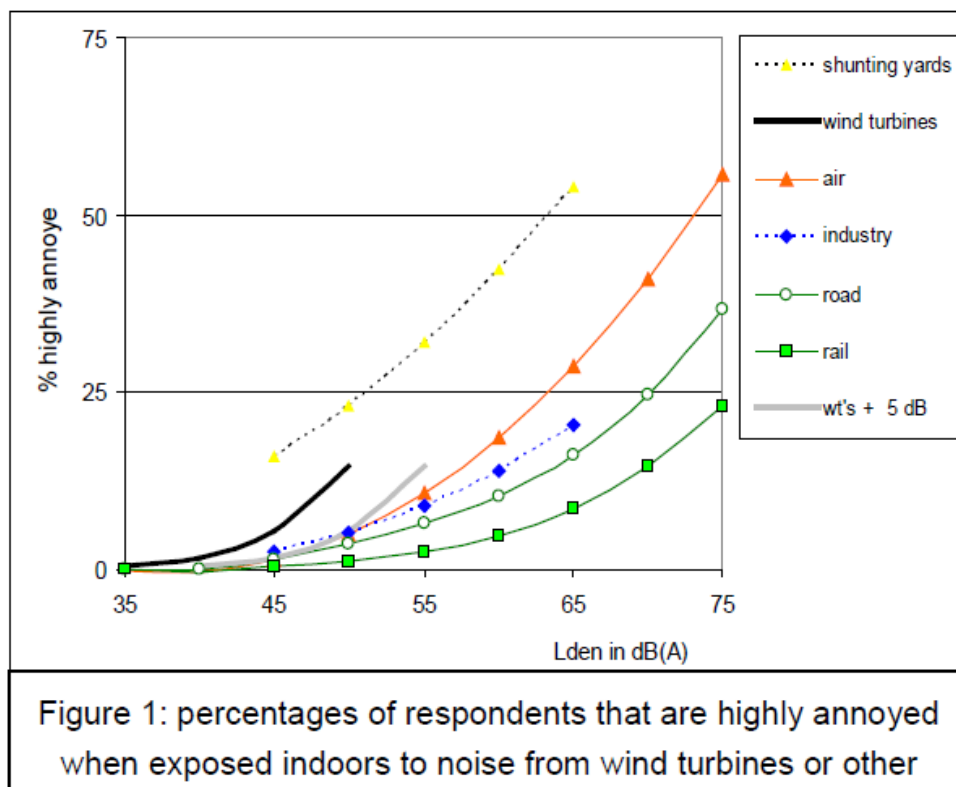
FIG. 2. (Color online) Comparison of the percentage of residents annoyed (%A) or highly annoyed (%HA) indoors due to wind turbine noise (wind) and industrial noise (ind).

Störningskurvor enligt JASA-artikeln: Ca 20 % störda och 10 % mycket störda vid L_{den} 47 dBA (motsvarar L_{eq} 40 dBA).

Förklaring: L_{den} är en årsekvivalent ljudnivå där ljudnivån under kvällen straffas med 5 dB och under natten med 10 dB. En ekvivalent ljudnivå L_{eq} 40 dBA under helt dygn motsvaras av L_{den} ca 47 dB. Figurerna visar ca 10 procent *mycket störda* av vindkraftbuller vid L_{den} 47 dB (det svenska riktvärdet L_{eq} 40 dBA).

6. van den Berg, föredrag vid konferens om vindkraftbuller i Rom 2011 (referens 9):

Frits Van der Berg konstaterar att om man lägger på 5 dB på L_{den} för vindkraft så stämmer andelen störda ganska bra med andra samhällsbullerkällor under 50 dB. Det är ljudets amplitudmodulering som gör att man lägger märke till det. Se figur nedan.



Figur: Fritz van den Berg WTN Rom 2011. Anm: Ekvivalentnivå 40 dBA motsvarar L_{den} 47 dB.

7. European Environment Agency rapport 11/2010 "Good practice guide on noise exposure and potential health effects" (referens 10):

Tabell 6.1 i rapporten redovisar andelen mycket störda för olika typer av samhällsbuller. Tabellen visar ca 10 % *mycket störda* av vindkraftbuller vid L_{den} 47 dB (det svenska riktvärdet L_{eq} 40 dBA).

Percentages of highly annoyed

L_{den}	Road	Rail	Aircraft (revised estimate)	Industry	Windturbine
55 dB	6 %	4 %	27 %	5 %	26 %
50 dB	4 %	2 %	18 %	3 %	13 %
45 dB	1 %	0 %	12 %	1 %	6 %

Kommentar: Rapporten visar att vindkraftljud upplevs som betydligt mera störande än andra typer av samhällsbuller, inklusive normalt industribuller, vid samma ljudnivåer. Med andra ord att dagens riktvärden i Sverige underskattar andelen störda.

8. *Gunnar Lundmark, Lundmark Akustik & Vibration, föredrag om amplitudmodulering av vindkraftljud vid konferens om vindkraftbuller Rom 2011 (referens 11):*

Amplitudmodulering har man hittills missat då det gäller störningsupplevelsen, den typen av ljudkällor har inte funnits tidigare. Lundmark har tagit fram en metod för kvantifiering av amplitudmodulering. Metoden har väckt stort intresse. Störningsundersökningar för amplitudmodulering saknas ännu.

Kommentar: Amplitudmoduleringen som bl a orsakas av vingarnas rörelser är den kanske främsta orsaken till att vindkraftljud upplevs som mer störande än andra typer av samhällsbuller. Det är därför viktigt att utveckla mätmetoder för detta och ta hänsyn till amplitudmoduleringen när man bestämmer riktvärden. Se Lundmarks artikel och nedanstående figur.



Exempel på amplitudmodulering från 2 MW vindkraftverk i skog, mätavstånd ca 700 m. Egen mätning.

9. *Martin Almgren, ÅF Konsult, Amplitudmodulation för vindkraftsljud, föredrag vid konferens om vindkraftbuller i Göteborg 24 nov 2011 (referens 12)*

Almgren redovisar störningsundersökningar och arbete beträffande amplitudmodulering och ställer följande frågor:

- Hur vanligt är det med amplitudmodulation?
- Hur störande är det?
- Vad blir påslaget enligt Nordtestmetoden för typiska vindkraftljud?
- Bör riktvärdet för vindkraft formuleras på något annat sätt?

Almgren redovisar van den Bergs arbete beträffande andel störda av vindkraftbuller, se figur ovan.

Kommentar: Almgren (en av de mest erfarna konsulterna i Sverige inom vindkraftbuller) konstaterar att frågan om amplitudmodulering och riktvärden behöver studeras vidare, och säger därmed indirekt att dagens mätmetoder och riktvärden inte lämpade.

10. *Martin Almgren, ÅF Konsult, referat i Borås Tidning 2012-03-13* (referens 13):

I artikeln pekar Martin Almgren på ÅF-Konsult på nya forskningsrön om vindkraftsbullrets akustiska egenskaper som kan komma att motivera ändrade beräkningar av hur mycket verken faktiskt bullrar. Enligt Naturvårdsverkets gällande norm får medelvärdet dygnet runt inte överstiga 40 decibel, ett värde som sätts efter både mätningar och teoretiska beräkningar. – Men om vindkraften alstrar buller med kraftig amplitud så blir det ett piskande impulsljud som kan motivera ett påslag i beräkningarna, säger Almgren.

Kommentar: Almgren konstaterar att de nya forskningsrönen kan komma att motivera ändrade beräkningar, och att vindkraftsljudets speciella karaktär kan motivera ett påslag (dvs ändrade riktvärden). Kan det sägas tydligare?

11. *Pontus Thorsson, tekn dr och akustikforskare vid Chalmers Tekniska Högskola* (referens 14):

Thorsson säger med anledning av sin forskning att de riktvärden som finns för högt satta. "- Eftersom det är så många som upplever sig störda kan man behöva titta över riktvärdena."

Referenser:

- 1 Naturvårdsverkets hemsida
- 2 Naturvårdsverkets förslag till allmänna råd om buller från vindkraftverk (2006)
- 3 Konsekvensbeskrivning till förslaget (2006)
- 4 Föredrag av Ebbe Adolfsson, Naturvårdsverket, föredrag vid konferens om vindkraftbuller Göteborg (nov 2011)
- 5 Pedersen: Störningar från vindkraft, slutrapport, reviderad utgåva (dec 2002)
- 6 Pedersen: Human response to wind turbine noise (2007)
- 7 Pedersen: Human perception of sound from wind turbines, Vindval rapport 6370 (2010)
- 8 Pedersen m fl: A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources, Journal of the Acoustical Society of America 130 (6) (dec 2011)
- 9 van den Berg, föredrag vid konferens om vindkraftbuller Rom (2011)
- 10 European Environment Agency "Good practice guide on noise exposure and potential health effects", rapport 11 (2010)
- 11 Gunnar Lundmark, Lundmark Akustik & Vibration: Measurement of swish noise, föredrag vid konferens om vindkraftbuller Rom (2011)
- 12 Martin Almgren, ÅF Konsult: Amplitudmodulation för vindkraftsljud, föredrag vid konferens om vindkraftbuller i Göteborg (nov 2011)
- 13 Martin Almgren, ÅF Konsult: referat i Borås Tidning 2012-03-13
- 14 Pontus Thorsson, Chalmers Tekniska Högskola, referat i bl a SVT

Richard Bernström, Bernström Akustik HB, Hangvar Bäcks 126, 624 54 Lärbro,
070-742 36 30, r.bernstrom@telia.com