



Leids Universitair  
Medisch Centrum

# Windturbinegeluid & gezondheid

Rondetafelgesprek EZK - Tweede Kamer

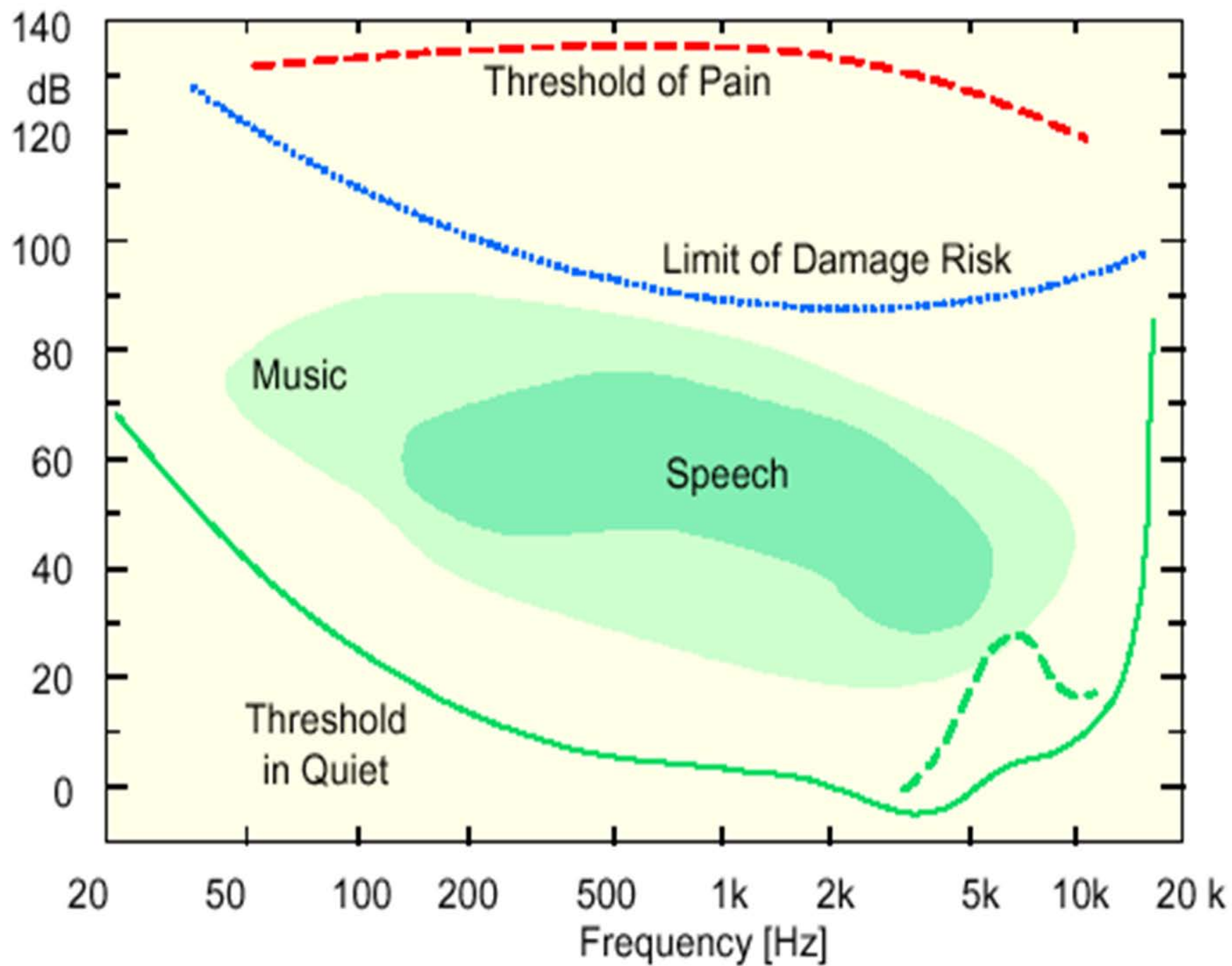
donderdag 3 februari 2022, 11.30-12.30 h.

Dr.ir. Jan A.P.M. de Laat, klinisch-fysicus - audioloog

AUDIOLOGISCH CENTRUM (KNO), LUMC, LEIDEN



Sound Pressure Level



## Hebben mensen die hinder hebben van laag frequent geluid een lagere gehoordrempel voor lage tonen?

Een onderzoek naar overgevoeligheid voor lage tonen.



L. Groenewold, GGD Noord Oost Gelderland  
S. Schoevaars-Lops, GGD Gelderland-Midden  
F. Aarts, GGD Gelderland-Zuid  
J. de Laat, Leids Universitair Medisch Centrum

22 december 2016



## RAPID COMMUNICATIONS



# A new method with an explant culture of the utricle for assessing the influence of exposure to low-frequency noise on the vestibule

Nobutaka Ohgami<sup>a,b</sup>, Tingchao He<sup>a,b</sup>, Reina Oshino-Negishi<sup>a,b</sup>, Yishuo Gu<sup>a,b</sup>, Xiang Li<sup>a</sup>, and Masashi Kato<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Department of Occupational and Environmental Health, Nagoya University Graduate School of Medicine, Nagoya, Japan; <sup>b</sup>Voluntary Body for International Health Care in Universities, Nagoya, Japan

<https://nos.nl/op3/artikel/2196081-een-aanval-met-onhoorbaar-geluid-hoe-werkt-dat>



# Windturbinegeluid op grote afstand: hoorbaar of infrasoona?

Geluid horen we pas vanaf een toonhoogte van 50 Hz. Hieronder horen we het niet: dit noemen we infrasoona.

We kunnen het misschien niet horen, maar het lichaam vangt het wel op. In het binnenoor, waar ook het evenwichtsorgaan zit, worden de geluidsgolven opgevangen.

Als je een langere tijd hieraan wordt blootgesteld, kan het lichaam in de war raken. Dat lijkt een beetje op zeeziekte: het evenwichtsorgaan denkt dat je in beweging bent, en je ogen en je gevoel denken van niet.

Hierdoor kun je misselijk en duizelig worden. Ook kun je gedesoriënteerd raken, darmklachten krijgen, of duizeligheid ontwikkelen.

Bij heel lange blootstelling kun je zwaardere klachten krijgen. Achter je evenwichtsorgaan zit namelijk het limbisch systeem: het deel van je hersenen dat spanningen en emoties regelt.

Het limbisch systeem kan negatieve invloed uitoefenen als je heel langdurig aan infrasoona geluid wordt blootgesteld. Dan wordt je gevoel en je “psychisch welbevinden” aangetast, en dan merk je dat weer aan je humeur. Je kunt er nerveus, droevig, of zelfs depressief van worden.

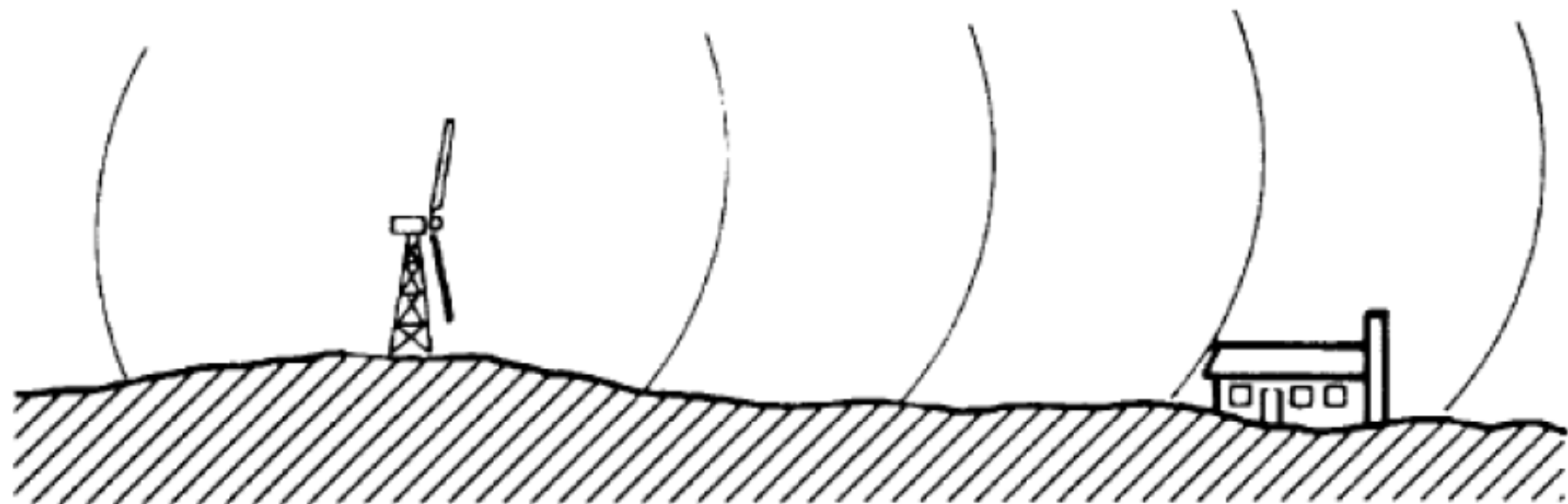
Infrasoona geluid kan door verschillende dingen ontstaan. Grote explosies bijvoorbeeld, maar ook door industrie. Zo kan het voorkomen dat omwonenden van windmolenparken merken dat zij last hebben van trillingen. Ook boringen en bevingen kunnen infrasoona geluid creëren. Als het kort duurt is dat meestal geen probleem.

## Windturbinegeluid op steeds grotere afstand



Voorbeeld orgelpijp, 32' , 20 Hz, <https://www.sydneyorgan.com/STH64.mp3>

<https://freesound.org/people/soundslikewillem/sounds/176235/>



Noise sources

- Aerodynamic
- Mechanical

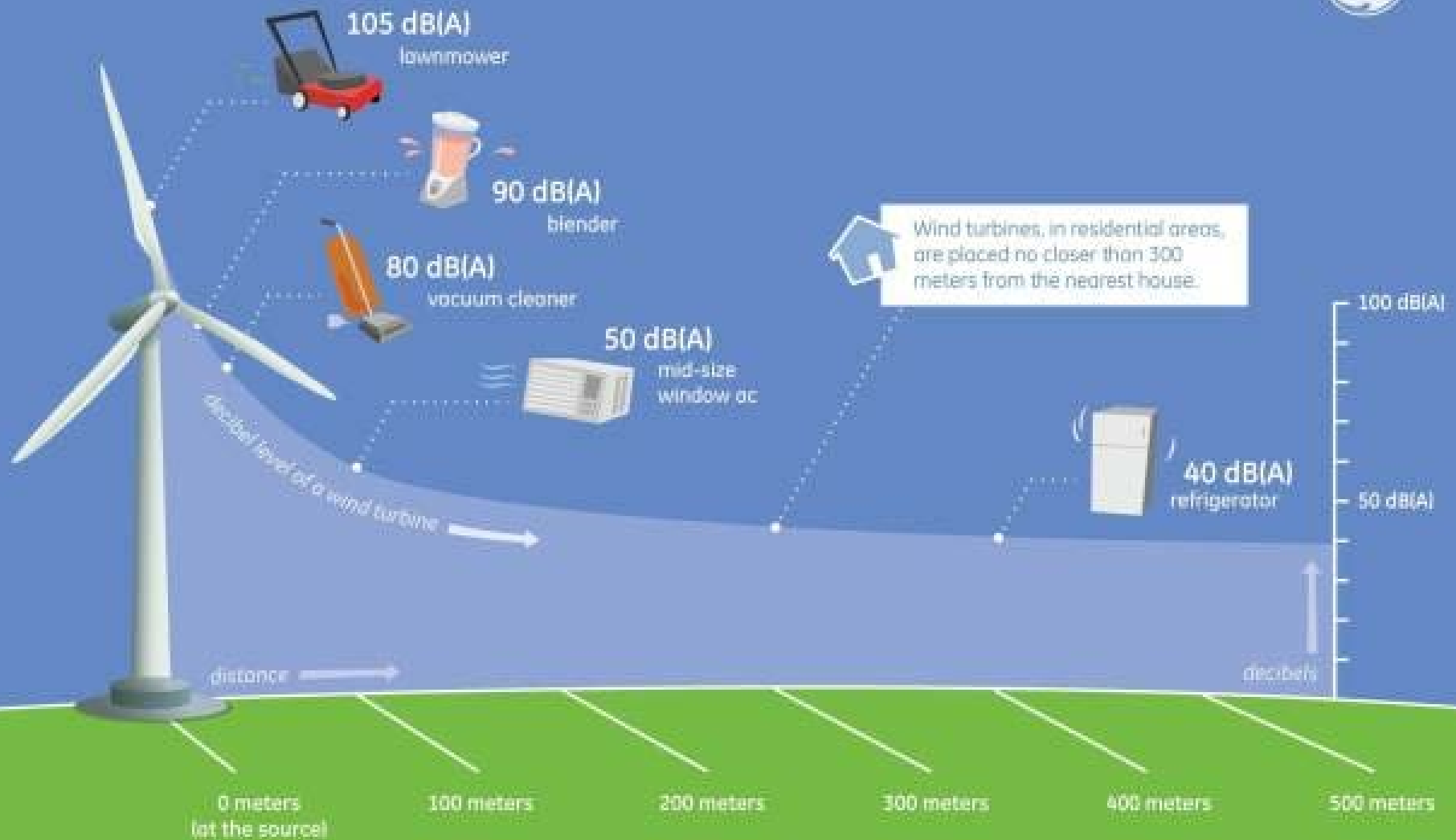
Propagation paths

- Distance
- Wind gradients
- Absorption
- Terrain

Receivers

- Ambient noise
- Indoor/outdoor exposure
- Building vibrations

# How Loud Is A Wind Turbine?



# Eigen onderzoek, artikelen

Eind augustus 2021 is 'n artikel in MT-Integraal geplaatst:

<https://mtintegraal.nl/artikelen/1169/hinderlijk-geluid-van-windturbines>.

Eind oktober 2021 'n andere versie in het KNO-tijdschrift:

[https://ntvkno.nl/article\\_ft.php?a=2817&d=2165&i=309](https://ntvkno.nl/article_ft.php?a=2817&d=2165&i=309).

En, begin december 2021, 'n weer iets andere (uitgebreidere) versie in het NTVG:

<https://www.ntvg.nl/artikelen/geluid-van-industriele-windturbines>.

Sinds 2020 zijn we bezig met 'n Systematic Review (ruim 300 artikelen), die nog steeds onderhevig is aan veel nationaal en internationaal commentaar.

Newcastle-Ottawa quality scale (NOS)

Minimal Clinically Important Differences (MCID)

Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE, health outcomes)

Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

Epworth Sleepiness Scale (ESS)

Insomnia Severity Index (ISI) scores

Auteurs: Sylvia van Manen, Louw Feenstra, Wilco Alteveer, Ronald Maas, ..., Jan de Laat

**Table 2a**  
Main characteristics of studies investigating the association between wind turbine noise, sleep and quality of life.

| Study ID                           | Study location & site topography                                                                                                                                                                                       | Number of participants | SPLs & distance from WTGs                              | Power & number of WTGs                              | Outcomes                                               | Tools used to measure outcomes                                                                                    |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bakker et al. (2012)               | 1. Rural area (with no major road within 500 m from the closest wind turbine)<br>2. Rural area with a major road within 500 m from the closest wind turbine<br>3. More densely populated built up area<br>Flat terrain | 725                    | 21–54 dB (average: 35 dB)<br>0–2.5 km                  | ≥500 kW (0.5 MW); 1846                              | Annoyance, sleep disturbance, psychological stress     | Annoyance: 5-point ordinal scale & 2 Likert scales.<br>Sleep disturbance: Frequency                               |
| Krogh et al. (2011)                | 5 WTG areas with anecdotal reports of adverse health effects                                                                                                                                                           | 109                    | 0.35–2.4 km                                            | 1.65 MW; 5 WTG project areas                        | Sleep disturbance                                      | WindVOiCe Survey Questionnaire                                                                                    |
| Magari et al. (2014)               | 1. Rural area<br>2. 5 receptor locations within wind turbine park; two locations outside the park as comparator                                                                                                        | 62                     | 0.4–4 km                                               | 1.5 MW; 84                                          | Annoyance, health effects                              | Validated general questionnaire                                                                                   |
| Nissenbaum et al. (2012)           | 2 rural areas — ‘low-lying, tree-covered island.’ Flat terrain                                                                                                                                                         | 79                     | 32–57 dB<br>0.4–6.6 km                                 | 1.5 MW; 31                                          | Sleep quality, mental health                           | Sleep disturbance: PSQI & ESS<br>QOL: (SF-36v2)                                                                   |
| Pawlaczyk-Łuszczńska et al. (2014) | 1. 3 populated areas in Central & Northwest Poland<br>2 Flat terrain<br>3. Mainly agricultural, but railroads and/or roads also present                                                                                | 156                    | 30–50 dB<br>0.24–2.5 km                                | 0.15, 1.5 & 2 MW; total number of wind turbines 108 | Annoyance, mental health                               | Annoyance: 5-point ordinal scale<br>Sleep and QOL: GHQ                                                            |
| Pedersen and Persson Waye (2004)   | 5 wind turbine areas; flat terrain                                                                                                                                                                                     | 351                    | <30 to >40 dB<br>0.15–1.2 km                           | 14 WTGs: 600–650 kW; 2 WTGs: 150 & 500 kW           | Noise perception, annoyance, sleep disturbance         | Validated general questionnaire:<br>Annoyance: unipolar annoyance scale<br>Sleep disturbance: presence or absence |
| Pedersen and Persson Waye (2007)   | 7 wind turbine areas; different landscapes in terrain and urbanisation (flat and ‘complex’–rocky or altitude); suburban and rural                                                                                      | 754                    | 31.4–38.2 dB (mean: 33.4).<br>0.6–1 km (mean: 0.78 km) | > 500 kW; 478                                       | Perception, annoyance, sleep quality, quality of life  | Validated general questionnaire<br>Annoyance: unipolar annoyance scale<br>Sleep disturbance: presence or absence  |
| Shepherd et al. (2011)             | 2 semi-rural coastal areas differentiated by their proximity to wind turbines; hilly terrain                                                                                                                           | 197                    | 20–50 dB<br><2 to 8 km                                 | 2300 kW; 66                                         | Annoyance, sleep disturbance, quality of life (health) | Questionnaire with subcomponents:<br>Annoyance: 7-item scale<br>Sleep: 7-item scale<br>QOL: HRQOL                 |

Abbreviations: SPLs: sound pressure levels; WTGs: wind turbine generators; dB: decibels; km: kilometres; kW: kilowatts; MW: megawatts; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index; ESS: Epworth Sleepiness Scale; QOL: quality of life; GHQ: general health questionnaire; HRQOL: health-related quality of life.

# Wind Turbine Syndrome

A REPORT ON A NATURAL EXPERIMENT

.....  
Nina Pierpont, M.D., Ph.D.

Health worse vs last year<sup>c</sup>

Migraines

Dizziness

Tinnitus

Chronic pain

Asthma

Arthritis

High blood pressure (BP)

Medication for high BP

Family history of high BP

Chronic bronchitis/emphysema/COPD

Diabetes

Heart disease

Highly sleep disturbed<sup>d</sup>

Diagnosed sleep disorder

Sleep medication

Restless leg syndrome

Restless leg syndrome (ON)

Restless leg syndrome (PEI)

Medication anxiety or depression

QoL past month<sup>f</sup>

Poor

Good

Satisfaction with health<sup>f</sup>

Dissatisfied

Satisfied

## INFRASOUND AND LOW FREQUENCY NOISE GUIDELINES: ANTIQUATED AND IRRELEVANT FOR PROTECTING POPULATIONS

Mariana Alves-Pereira

*ECEO, Universidade Lusófona, Lisbon, Portugal*

*email: m.alvespereira@gmail.com*

Carmen Krogh

*The Society for Wind Vigilance (Not-For-Profit Incorporation) & Magentica Research Group (Not-For-Profit Incorporation), Ontario, Canada*

*e-mail: carmen.krogh@gmail.com*

Huub H. C. Bakker

*Massey University, Palmerston North, New Zealand*

*e-mail: H.H.Bakker@massey.ac.nz*

# scientific reports



OPEN

## A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure

L. Ascone<sup>1✉</sup>, C. Kling<sup>3</sup>, J. Wiczorek<sup>3</sup>, C. Koch<sup>3</sup> & S. Kühn<sup>1,2</sup>

## Research

A Section 508–conformant HTML version of this article  
is available at <https://doi.org/10.1289/EHP3340>.

### Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study

*Aslak Harbo Poulsen,<sup>1</sup> Ole Raaschou-Nielsen,<sup>1,3</sup> Alfredo Peña,<sup>2</sup> Andrea N. Hahmann,<sup>2</sup> Rikke Baastrup Nordsborg,<sup>1</sup> Matthias Ketzel,<sup>3,5</sup> Jørgen Brandt,<sup>3</sup> and Mette Sørensen<sup>1,4</sup>*

<sup>1</sup>Diet, Genes and Environment, Danish Cancer Society Research Center, Copenhagen, Denmark

<sup>2</sup>DTU Wind Energy, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark

<sup>3</sup>Department of Environmental Science, Aarhus University, Roskilde, Denmark

<sup>4</sup>Department of Natural Science and Environment, Roskilde University, Roskilde, Denmark

<sup>5</sup>Global Center for Clean Air Research (GCARE), University of Surrey, United Kingdom

**BACKGROUND:** Noise from wind turbines (WTs) is reported as more annoying than traffic noise at similar levels, raising concerns as to whether WT noise (WTN) increases risk for cardiovascular disease, as observed for traffic noise.

Acoustics Australia (2020) 48:181–197

<https://doi.org/10.1007/s40857-020-00192-4>

## REVIEW PAPER

# A Review of the Potential Impacts of Wind Turbine Noise in the Australian Context

John Laurence Davy<sup>1,2</sup>  · Kym Burgemeister<sup>3</sup>  · David Hillman<sup>4</sup>  · Simon Carlile<sup>5,6</sup> 

Received: 9 September 2020

Revised: 12 October 2020

Accepted: 13 October 2020

DOI: 10.1111/jsr.13228

## REVIEW PAPER



# A systematic review and meta-analysis of wind turbine noise effects on sleep using validated objective and subjective sleep assessments

Tessa Liebich<sup>1,2</sup> | Leon Lack<sup>1</sup> | Kristy Hansen<sup>3</sup> | Branko Zajamšek<sup>1</sup> |  
Nicole Lovato<sup>1</sup> | Peter Catchside<sup>1</sup> | Gorica Micic<sup>1</sup>

Table 1 Low-frequency noise criterion curves

| Frequency Hz | Poland<br>10 dB(A) contour | Germany<br>DIN 45680 dB | Netherlands<br>NSG dB | Denmark Night<br>20 dB(A) contour | Sweden<br>dB | UK<br>DEFRA dB | ISO 226<br>dB |
|--------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|----------------|---------------|
| 8            |                            | 103                     |                       |                                   |              |                |               |
| 10           | 80.4                       | 95                      |                       | 90.4                              |              | 92             |               |
| 12.5         | 83.4                       | 87                      |                       | 93.4                              |              | 87             |               |
| 16           | 66.7                       | 79                      |                       | 76.7                              |              | 87             |               |
| 20           | 60.5                       | 71                      | 74                    | 70.5                              |              | 74             | 74.3          |
| 25           | 54.7                       | 63                      | 64                    | 64.7                              |              | 64             | 65            |
| 31.5         | 49.3                       | 55.5                    | 55                    | 59.4                              | 56           | 56             | 56.3          |
| 40           | 44.6                       | 48                      | 46                    | 54.6                              | 49           | 49             | 48.4          |
| 50           | 40.2                       | 40.5                    | 39                    | 50.2                              | 43           | 43             | 41.7          |
| 63           | 36.2                       | 33.5                    | 33                    | 46.2                              | 41.5         | 42             | 35.5          |
| 80           | 32.5                       | 28                      | 27                    | 42.5                              | 40           | 40             | 29.8          |
| 100          | 29.1                       | 23.5                    | 22                    | 39.1                              | 38           | 38             | 25.1          |
| 125          | 26.1                       |                         |                       | 36.1                              | 36           | 36             | 20.7          |

## Conclusies

- a) vooral slaapstoornissen (en het lange termijn effect t.a.v. kinderen)
- b) meer onderzoek nodig t.a.v. de grotere turbines, > 5 MW, infrasoon

# Predicted Community Reaction for Wind Turbine Noise in Quiet Areas

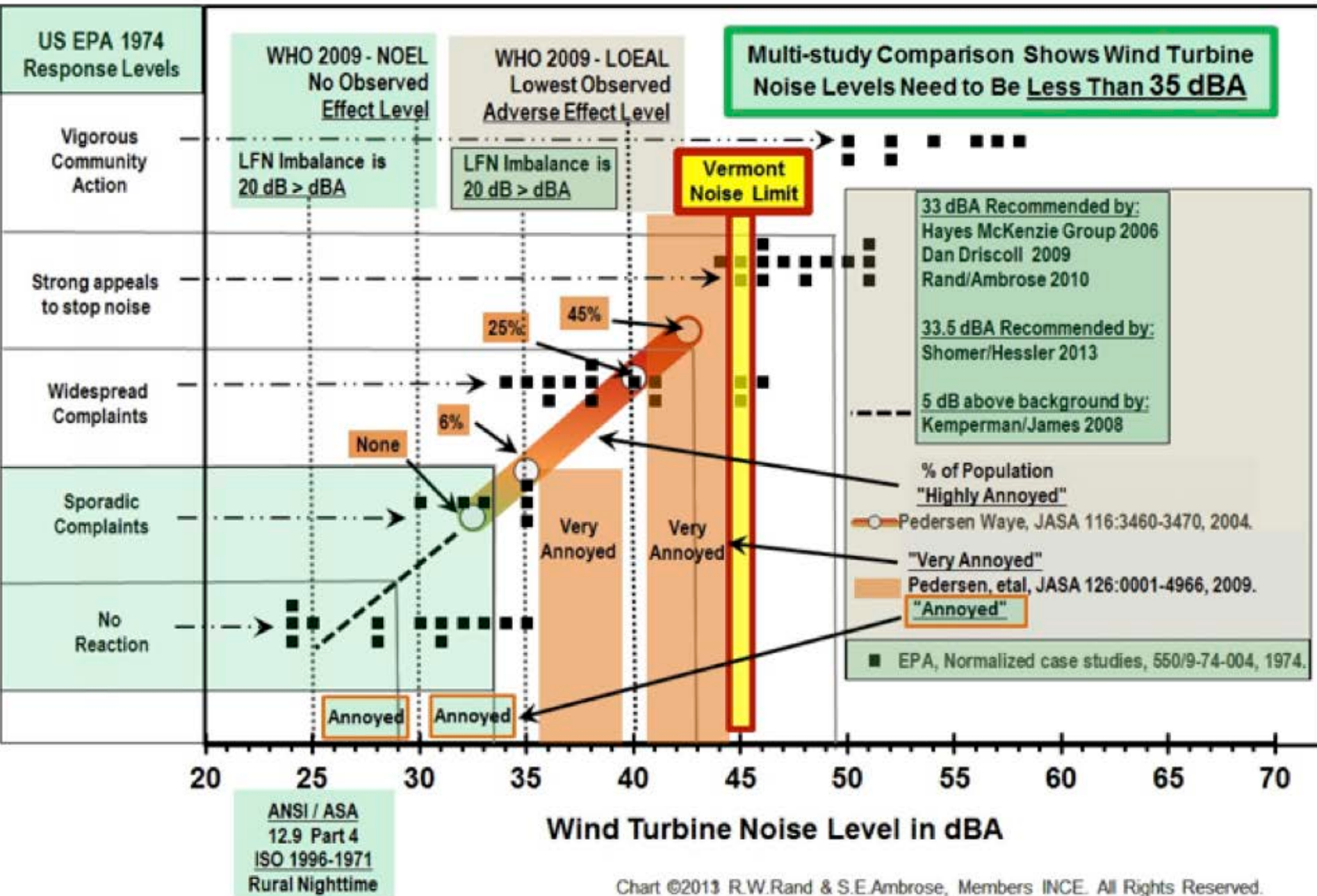
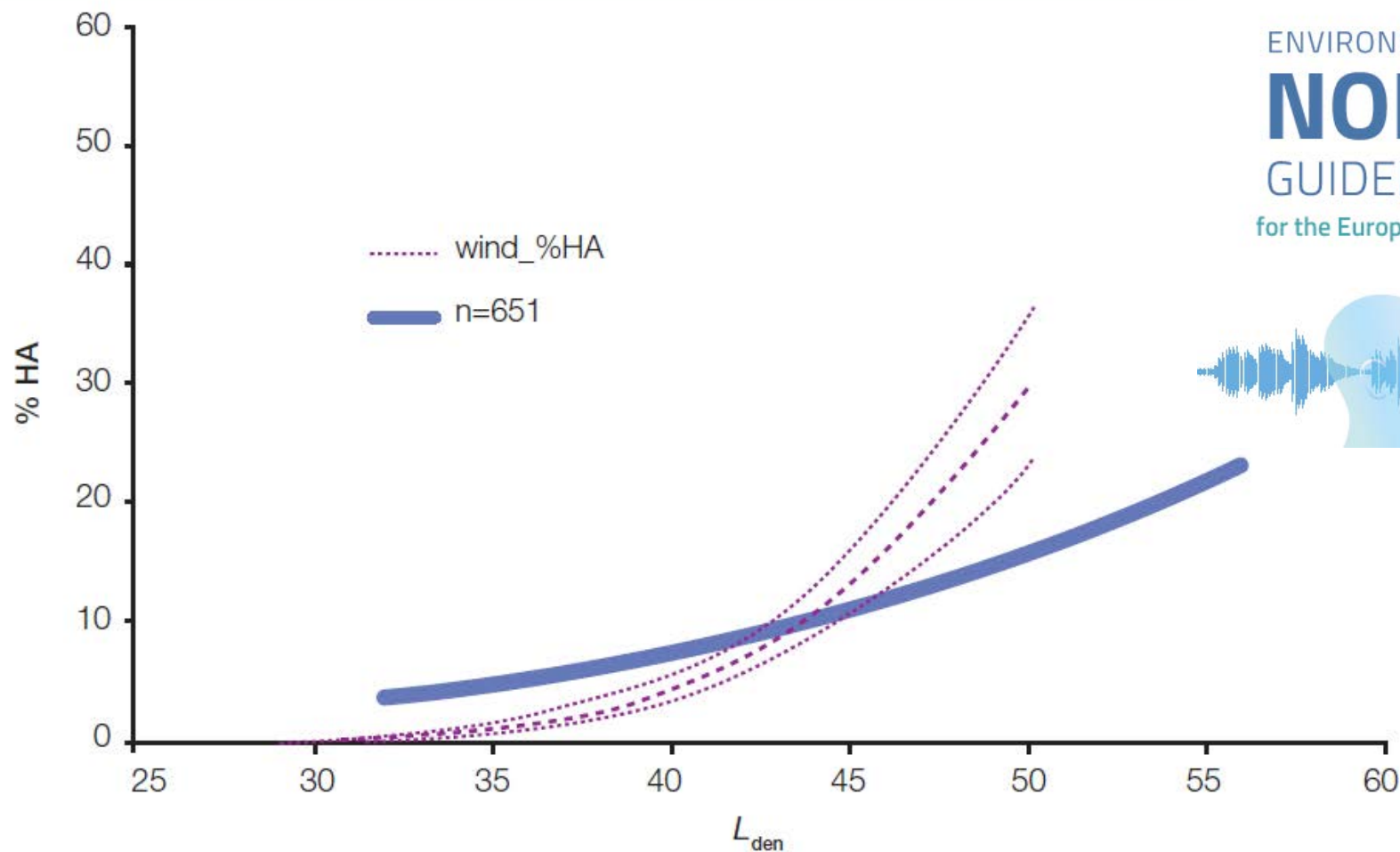
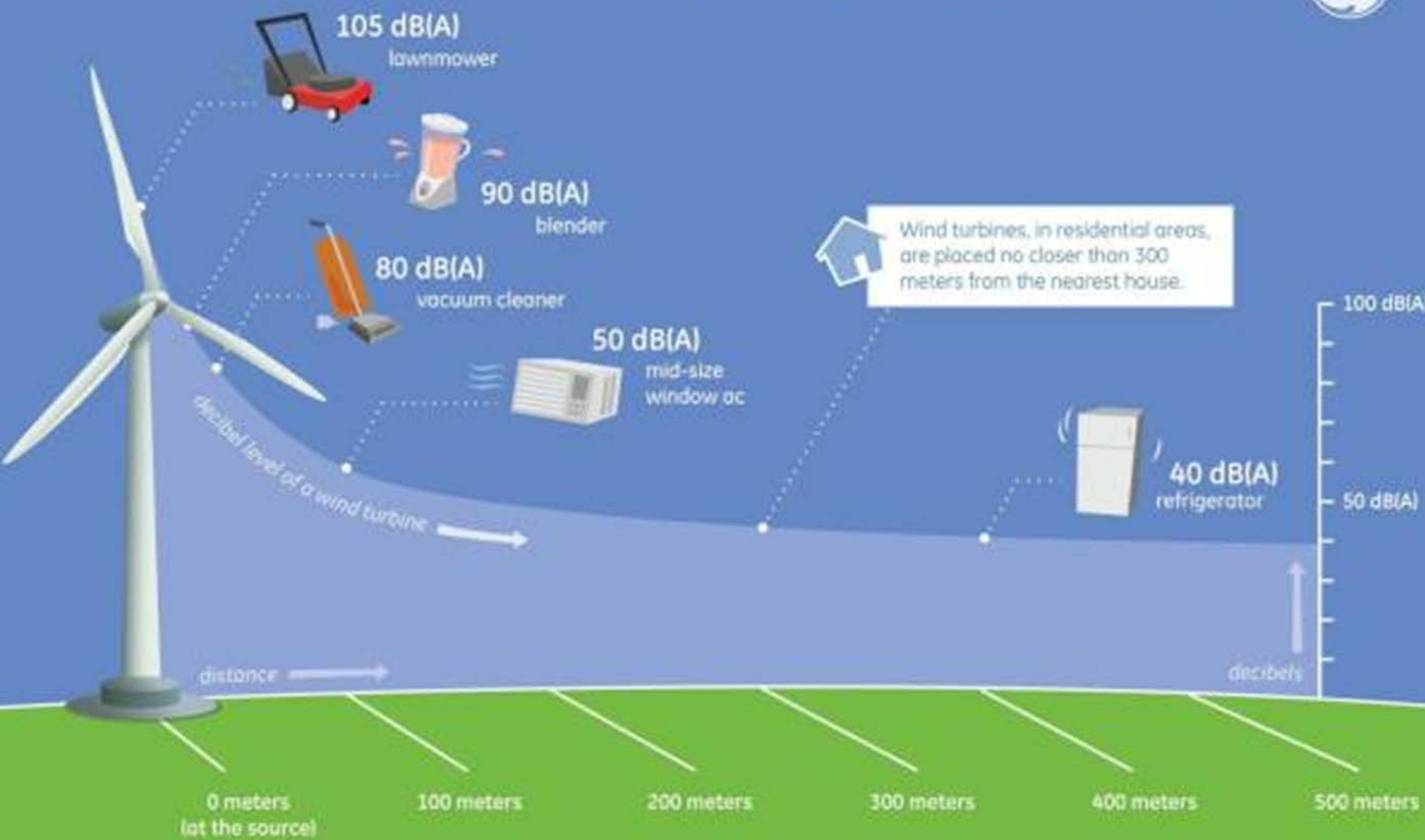


Fig. 16. Overlay of the two wind turbine annoyance graphs



Notes: Overlay of the two wind turbine outdoor annoyance graphs adapted from Janssen et al. (2011, red) and Kuwano et al. (2014, blue). The Kuwano et al. curve is based on  $L_{dn}$ ; no correction for  $L_{den}$  has been applied.<sup>18</sup> For further details on the studies included in the figure please refer to the systematic review on environmental noise and annoyance (Guski et al., 2017).

# How Loud Is A Wind Turbine?



# Was das Windkraft-Gesetz aus Bayern bedeutet

Seit 2014 gilt in Bayern die sogenannte 10-H-Regel.

Demnach muss der Abstand eines Windrads von Wohnungen mindestens zehn Mal so weit sein wie die Anlage hoch ist.

Bei einem 200 Meter hohen Windrad – das ist heutzutage Standard – wären das 2.000 Meter.

Alle Windräder, die nicht bis dahin geplant und genehmigt waren, müssen diese neue Abstandsregelung berücksichtigen.

## **SAMENVATTING**

- a) Langdurige blootstelling aan laagfrequent geluid van bijv. windturbines kan gezondheidsklachten veroorzaken omdat overgevoeligheid voor geluid tussen 10 en 50 Hz gemakkelijk kan optreden (kleine hoorspan)
- b) Die overgevoeligheid betreft niet alleen het “horen” maar ook het evenwichtsorgaan (duizeligheid, misselijkheid, hoofdpijn)
- c) Bij windturbines spelen nogal wat factoren een rol: a) aerodynamica, b) mechaniek, c) afmetingen, d) afstanden, e) wind, f) bodemgesteldheid, g) omgevingsgeluiden, h) trillingsoverdracht
- d) Ook op grote afstand kunnen laagfrequente trillingen “doordringen”
- e) Overige gemelde gezondheidsklachten, behalve slaapstoornissen, duizeligheid, misselijkheid en hoofdpijn, zijn: oorsuizen, concentratieverlies, hoge bloeddruk en hartslag, bronchitis, rusteloosheid, angst, depressie
- f) Slaapstoornissen komen ’t meest voor, maar ook indirecte gevolgen zoals ontwikkelingsstoornissen bij kinderen, dit laatste is nog onvoldoende onderzocht, evenals de infrasone component (grote turbines)
- g) De nachtelijke norm zou moeten liggen bij 35 dB(A) en niet hoger vanwege het percentage gehinderden, zo blijkt langzamerhand uit steeds meer onderzoek
- h) Ook de WHO neigt er langzamerhand toe om het acceptabele percentage gehinderden op 5% te bepalen i.p.v. het huidige percentage van 9% (WHO guidelines 2018)
- i) Dit leidt tot het advies om niet langer geluidsnormen te hanteren, maar ’n relatieve afstandsnorm: veilige afstand is 10 x masthoogte van turbines (wetgeving/regels in Denemarken, Duitsland, en .....



Leids Universitair  
Medisch Centrum

**Dank voor uw aandacht!**

japmdelaat@lumc.nl

