

Onzekerheid rond een B/R-curve

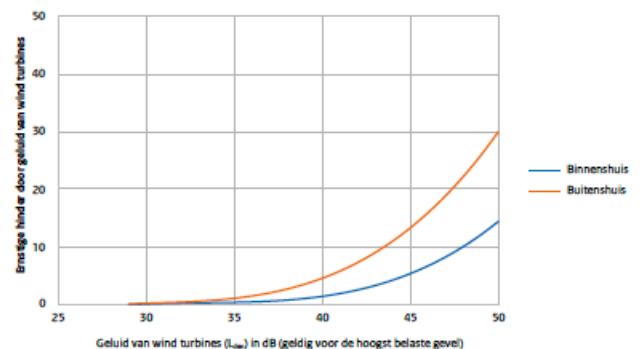
Jan Hendriks*, 1 november 2023

Dit memo dient ter onderbouwing van een verzoek aan RIVM tot rectificatie van passages uit de *Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid* (RIVM, 2021)¹. Een van die passages betreft figuur 4 in deze Factsheet, hierbij afgebeeld als figuur 1, waarin een relatie wordt weergegeven tussen windturbinegeluid en de hinder die dat oplevert voor omwonenden. Rectificatie wordt gevraagd, omdat de passage onvoldoende recht doet aan onderzoeksmatige twijfels en onzekerheden rond het gepresenteerd verband, terwijl die twijfels en onzekerheden nadrukkelijk zijn te vinden in bronnen waarnaar wordt verwezen. Het RIVM heeft zich verbonden aan de Nederlandse Gedragscode voor Wetenschappelijke Integriteit en is daarom gehouden tot het eerlijk weergeven van zulke redenen tot twijfel².

De opbouw van dit stuk is als volgt. In paragraaf 1 worden onzekerheden geresumeerd die in door RIVM aangehaalde onderzoekspublicaties zijn terug te vinden. Paragraaf 2 gaat in op een WHO-rapport uit 2018³, waarin dezelfde onzekerheden zijn genoemd als reden om niet meer dan een *voorwaardelijk* advies te kunnen geven over geluidsnormen voor windturbines nabij bewoond gebied. Paragraaf 3 gaat over de wijze van vermelding van deze onzekerheden in de Factsheet en in een verwante RIVM-publicatie (Welkers et al, 2020), waarnaar in de Factsheet wordt verwezen. Paragraaf 4 vat enkele conclusies samen, in de vorm van een onderbouwd verzoek aan de Commissie van Toezicht RIVM.

1. De B/R-curve in figuur 4 van de Factsheet

Figuur 4 uit de *Factsheet* gaat over het verband tussen blootstelling aan geluid en ervaren hinder, kortweg aangeduid als een B/R-curve (blootstelling/respons). De curve wordt overgenomen uit Welkers et al. (2020), maar was voor het eerst te vinden in een TNO-publicatie (Janssen et al., 2008). De curve is gebaseerd op een vergelijking van drie studies, waarvan er één in Nederland plaats vond en twee in Zweden. Over de drie onderzoeken is afzonderlijk gepubliceerd, over de vergelijking gebeurde dat - na Janssen et al. (2008) - ook later: in Pedersen et al. (2009) en Janssen et al. (2011). In elk van deze publicaties wordt ingegaan op gevolgde onderzoeksmethoden en - uiteraard - de uitkomsten.



Figuur 1: Relatie tussen geluid van windturbines en percentage ernstig gehinderden (Factsheet, p. 9)

¹ <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2021-08/Factsheet-windturbines.pdf>

² “Wees eerlijk in publieke communicatie en helder over de beperkingen van het onderzoek en van de eigen expertise. Communiceer pas over onderzoeksresultaten aan het algemene publiek als er voldoende zekerheid over de resultaten bestaat” (Nederlandse Gedragscode voor Wetenschappelijke Integriteit, KNAW 2018)

³ World Health Organization Regional Office for Europe, *Environmental noise guidelines for the European region*. 2018, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark. Het onderzoek dat aan het rapport ten grondslag lag werd beschreven in: Guski R, Schreckenberg D, and Schuemer R, *WHO Environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017. **14**(12): p. 1539.

Werkwijze en uitkomsten: Janssen et al. (2008)

In Janssen et al. (2008) wordt gemeld dat er in totaal 1820 respondenten waren, verdeeld over drie studies: Nederland 2007 (725), Zweden 2000 (341) en Zweden 2005 (754). In grafieken wordt de procentuele verdeling van respondenten getoond waar het gaat om geluidsbelasting (figuur 2) en door hen ervaren hinder buitenshuis (figuur 3, de categorie 87,5 staat voor 'ernstige hinder'). Het rapport meldt percentages, geen aantallen erbij.

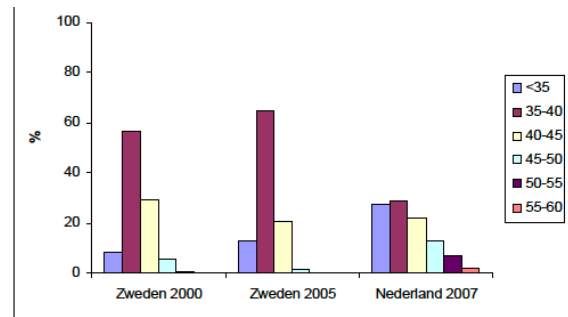
Geschetst wordt hoe in deze onderzoeken de geluidbelasting is bepaald: deze is afgeleid van fabrieksgegevens over geluidsproductie van turbines bij een windsnelheid van 8m/sec op 10 meter hoogte (conform in Zweden en destijds ook in Nederland geldende berekeningsregels) en daarna omgerekend naar L_{den} -waarden door er 4,7 dB(A) bij op te tellen. Data over door respondenten ervaren hinder werden in alle drie de studies verzameld met enquêtes.

De B/R curve uit figuur 1 volgt op een statistische en modelmatige bewerking, waarin werd nagegaan welke andere factoren dan geluid-op-zich bijdragen aan ervaren hinder. Gemeld wordt dat in de Nederlandse steekproef respondenten voorkwamen (ruim 100) die economisch voordeel van de windturbine hadden en opvallend veel minder hinder rapporteerden dan alle anderen⁴. Hun scores werden om die reden uit het gegevensmateriaal verwijderd (de n veranderde daardoor van 725 in 586). Het van huis uit zichtbaar zijn van windturbines had ook invloed, het rapport meldt enigszins cryptisch dat een modelmatige omrekening van deze factor leidde tot een 'spaarzaam model om hinder te voorspellen'. Onduidelijk is wat hiermee bedoeld wordt: is het effect van 'zichtbaarheid' uit de B/R curve verwijderd, is een gemiddeld effect van zichtbaarheid in de curve meegenomen?

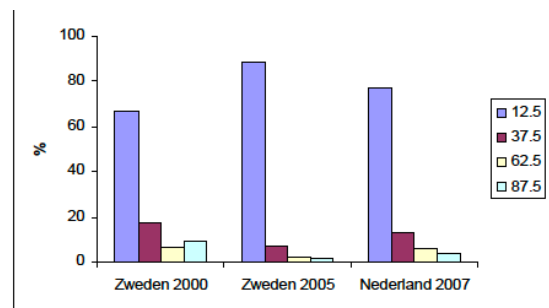
De B/R curve uit figuur 1 is gebaseerd op bij elkaar opgetelde data uit de drie studies. Er blijken echter wel *verschillen* tussen de B/R-curves, wanneer ze op dezelfde wijze voor elk van de drie onderzoeken worden berekend. Die verschillen zijn aanzienlijk (figuur 4).

Janssen et al. (2008) eindigt met een bijlage C, die de op basis van berekening verwachte percentages aan gehinderden in een tabel in beeld brengt voor een brede range van geluidniveaus die loopt van 29 L_{den} tot 60⁵.

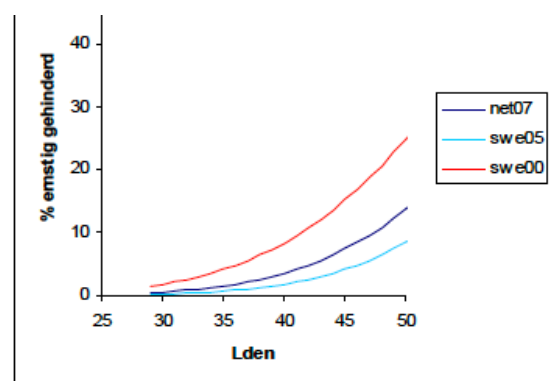
Janssen et al. (2008) roept vragen op. Zo komt in figuur 2 naar voren dat het merendeel van de verzamelde data betrekking had op respondenten die minder dan 40 L_{den} aan geluidbelasting ondervonden



Figuur 2: verdeling van geluidsbelasting in L_{den} over respondenten (Janssen et al. 2008, p. 12)



Figuur 3: zelfgerapporteerde hinder buitenshuis, gemeten op een 4-puntsschaal (Janssen et al. 2008, p.13)



Figuur 4: Vergelijking tussen de drie studies in % ernstig gehinderden (Janssen et al. p. 26)

⁴ Van deze 100 ervarde er maar één ernstige hinder, terwijl het merendeel het dichtst bij windturbines woonde (Van de Berg et al. 2008, p. 39)

⁵ Deze tabel is als bijlage bij dit memo gevoegd.

en heel lage percentages aan gehinderden lieten zien. Dit zou betekenen dat uitspraken over het beleidsmatig meest relevante gebied, waar sprake is van méér geluid en méér hinder, slechts berusten op een klein deel van de gegevens.

Ook roept het zéér lage percentage respondenten dat méér dan 50 L_{den} aan geluid ondervond (het oranje staafje in figuur 2) de vraag op hoe de - zelfs in *honderdsten* van percentages aangeduide - verwachte aantallen gehinderden in 'bijlage C' zijn onderbouwd.

Tot slot is er de omrekening naar L_{den} -waarden, die onder meer als vraag oproept hoe door een simpele optelling met 4,7 dB(A) de geluidsblootstelling van respondenten kon worden bepaald over de periode waarin naar de door hen ervaren hinder werd gevraagd.

Dit zijn relevante vragen als het gaat om de betrouwbaarheid en validiteit van de berekeningen die in figuur 1 en bijlage C worden gepresenteerd. In de discussie waarmee Janssen et al. (2008) eindigt wordt geen aandacht hieraan besteed, maar het gebeurt wel in de oorspronkelijke onderzoeksverslagen. We gaan onderstaand na, welke onderzoeksmatige onzekerheden en twijfels zijn te vinden in die publicaties.

Werkwijze en uitkomsten: achterliggende studies.

Algemeen. In Engelstalige publicaties over dezelfde studies - afzonderlijk én vergelijkend - wordt uitvoeriger dan in Janssen et al. (2008) stilgestaan bij de aard en kwaliteit van verzamelde data. Als eerste indruk bij het raadplegen van deze studies valt op dat Janssen et al. (2008) weliswaar gepubliceerd werd als een TNO-studie - en door de gedetailleerde beschrijving van het Nederlandse onderdeel de indruk wekt van nauwe betrokkenheid daarbij - maar dat het in feite gaat om een secundaire analyse door TNO van:

- twee Zweedse studies, door dezelfde onderzoekers, die beide onderdeel waren van een drietrap, waarin na het eerste enquête-onderzoek in 2000 ($n = 341$) een kleinschalig en kwalitatief belevingsonderzoek plaatsvond ($n = 15$), waarna in 2005 een nieuw grootschalig enquête-onderzoek ($n = 765$) volgde, met als voornaamste doel om de invloed van situationele factoren die in de kwalitatieve studie waren gevonden op grotere schaal te verifiëren. Pedersen heeft over de afzonderlijke onderzoeken gepubliceerd (Pedersen & Persson Waye 2004, Pedersen & Persson Waye 2007), ook over de trits van drie (Pedersen 2007);
- een Nederlandse studie uit 2007 ($n = 725$), verricht vanuit de Wetenschapswinkel Groningen en in eerste instantie gepubliceerd als een EU-rapport (Van den Berg et al., 2008). De al genoemde Pedersen was co-auteur van dit rapport, een jaar later hoofdauteur van een Engelstalige publicatie (Pedersen et al. 2009).

Een tweede aspect dat opvalt dat in geen van de oorspronkelijke onderzoeken geluidbelasting is *gemeten*: gewerkt is vanuit fabrieksopgaven over de turbines, gecombineerd met rekenregels over een als ruwweg maximaal te verwachten geluidsbelasting (benedenwinds, bij een windsnelheid van 8 m/sec op 10 meter hoogte). Deze windsnelheid komt overeen met windkracht 5. Pedersen en Persson Waye (2004) tekenen aan dat de door respondenten *feitelijk* ondervonden geluidsblootstelling naar alle waarschijnlijkheid lager was (p. 3467).

Een derde aspect dat opvalt is dat de 'vertaling' van geluidswaarden naar L_{den} in geen van de Zweedse studies voorkomt. Pedersen (2007, p. 41) noemt een aantal redenen waarom ze L_{den} voor het geluid van windturbines geen geschikte maat vindt⁶. Een 'vertaling' naar L_{den} vindt wel plaats aan het eind

⁶ Pedersen onderkent dat L_{den} een geschikte voorspeller kan zijn van hinder door verkeersgeluid, maar vindt dat bij windturbines niet voor de hand liggen. Het geluidniveau ligt immers lager, stelt zij, en leidt vooral tot hinder op tijdstippen en in weersomstandigheden die mensen buiten doorbrengen. De 'straffactor' van + 10

van het verslag over de Nederlandse studie (Van den Berg et al. 2008; Pedersen et al. 2009), in een nawoord dat ingaat op de *vergelijkbaarheid* met geluidhinder door weg-, trein- en vliegverkeer. Zoals hiervoor beschreven passen Janssen et al. (2008) de L_{den} geluidsmaat óók toe op de Zweedse studies.

Vierde aspect dat opvalt is dat in elk van de drie studies veel aandacht uitgaat naar factoren die de beleving van geluid (de 'R') beïnvloeden - zoals het zichtbaar zijn van windturbines vanuit huis en in hoeverre ze als inbreuk worden ervaren op een omgeving die men gewend was - maar dat ondanks het ontbreken van geluidmetingen weinig vragen worden gesteld bij de validiteit en betrouwbaarheid van 'B'. De gebruikte rekenvoorschriften worden, bijvoorbeeld, niet geproblematiseerd. De vraag naar de daadwerkelijke geluidsblootstelling van respondenten *in de periode dat naar hinder werd gevraagd* wordt nergens gesteld: in hoeverre speelde seizoensinvloed een rol⁷, hoe hard waaide het in de weken dat naar hinder werd gevraagd, hoe consistent zijn antwoorden van respondenten in de tijd, klopt de 'straffactor +10' wel met door hen in werkelijkheid ervaren hinder (enz.). Waar het gaat om de geluidsblootstelling 'B', zo lijkt wel, wordt meer vertrouwd op *rekenen* dan op *meten*.

Onderstaand wordt ingegaan op signalen van onderzoeksmatige onzekerheid en twijfels die te vinden in deze publicaties. We focussen op de kwesties van betrouwbaarheid en validiteit, die we bij Janssen et al. (2008) genoemd hebben.

(a) *Aantallen*. Figuur 5 laat de aantallen respondenten zien, verdeeld naar geluidscategorie, zoals vermeld in de oorspronkelijke studies (categorieën dus naar geluideenheden in dB(A) bij 8m/sec). De aantallen blijken zo verdeeld dat twee derde van de respondenten met minder dan 35 dB(A) te maken had en slechts een tiende (7,5% van het totaal) met meer dan 40 dB(A). Omdat de beleidsmatig relevant geachte percentages zwaar gehinderden juist in die laatste categorie voorkomen en rond de 10% bedragen⁸, wordt duidelijk dat de uitkomsten van het onderzoek in die categorie dus sterk afhankelijk waren van kleine aantallen respondenten.

	<35			35-40		>40		T
	<30	30-32,5	32,5-35	35-37,5	37,5-40	40-45	>45	
Sweden 2000 ¹	15	71	137	63	40	25		351
Sweden 2005 ²	356		204	103	71	20		754
Netherlands 2007 ³	166	199		140		60	21	586
T	1148			417		126		1691

¹ Pedersen & Persson Waye (2004, table II, p. 3463)
² Pedersen & Persson Waye (2007, p. 482)
³ Vd Berg et al. (2008, table 7.26, p. 40 – 'only respondents who did not benefit economically from wind turbines)

Figuur 5: aantallen respondenten naar dB(A) categorie

Figuur 6 toont de aantallen en percentages 'zwaar gehinderden'. De onderzoekers brengen daarbij de lage aantallen ter sprake: Pedersen & Persson Waye (2007, p. 484) noemen de percentages zwaar

dB(A) in de nacht is onlogisch voor geluid dat zelden binnenshuis gehoord wordt. En het ontbreekt doorgaans - last but not least - aan voldoende betrouwbare informatie over de (veranderlijke) wind- en geluidsomstandigheden, die op een plek van invloed zijn.

⁷ Twee van de drie enquêtes (Zweden 2000, Nederland 2007) vonden aan het eind van het voorjaar plaats, dus lang na de volgens Pedersen (zie voetnoot 6) meest hinderlijke periode.

⁸ De gezondheidsnorm die door WHO wordt aangehouden, we komen hier in par. 2 op terug.

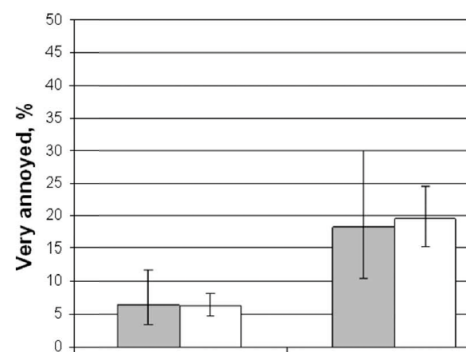
gehinderden in de geluidscategorie > 40 dB(A) vanwege die lage aantallen niet significant. Van den Berg et al. (2008, p. 40) stellen hetzelfde.

	<35			35-40		>40		n
	<30	30-32,5	32,5-35	35-37,5	37,5-40	40-45	>45	
Sweden 2000 ¹	0 (0%)	0 (0%)	10 (8%)	4 (6%)	8 (20%)	9 (36%)		351
Sweden 2005 ²	7 (2%)		2 (1%)	2 (2%)	3 (4%)	1 (5%)		754
Netherlands 2007 ³	2 (1%)	3 (2%)		9 (6%)		11 (18%)	3 (14%)	586

¹ Pedersen & Persson Wayne (2004, table II, p. 3465)
² Pedersen (2007, p. 50)
³ Vd Berg et al. (2008, p. 40 – ‘only respondents who did not benefit economically from wind turbines)

Figuur 6: Aantallen zwaar gehinderden naar geluidscategorie dB(A), met percentages tussen haakjes

(b) *Spreiding*. Kleine aantallen zijn in een onderzoek als dit niet problematisch zolang uitkomsten sterk overeenkomen: een gemiddelde of mediaan ‘staat dan’ voor wat gevonden is. Een grote spreiding van uitkomsten vermindert evenwel de zeggingskracht van zo’n gemiddelde. Van den Berg et al. (2008, p. 58) en Pedersen et al. (2009, p. 640) wijzen hierop: de gemiddeldes van het Nederlandse en de twee (bij elkaar opgetelde) Zweedse studies lopen ongeveer gelijk, maar de spreiding is erg groot (figuur 7). Het probleem met deze spreiding hangt samen met de lage aantallen: in een brede geluidscategorie als 5 dB(A) hoeft het - op zich - niet te verbazen als ‘onderin’ een lager hinderpercentage wordt gevonden dan ‘boven’. Wanneer het aantal respondenten in zo’n categorie echter te laag is, wordt het uitsplitsen en vergelijken van ‘onder’ en ‘boven’ zinloos. Het is, met andere woorden, ernstig problematisch wat gemiddeldes hier eigenlijk betekenen.



Figuur 7: vergelijking Zweedse en Nederlandse uitkomsten bij 35-40 dB(A) en 40-45 dB(A) (Pedersen et al. 2009, p. 640)

(c) Omrekenen naar L_{den}

De geluidsmaat L_{den} komt aan het eind van de Nederlandse studie naar voren in een nawoord dat de vergelijking trekt met wat bekend is over geluidshinder door weg-, trein- en vliegverkeer (Van den Berg et al. 2008, p. 58). Daar is een omrekening voor nodig van de *maximum*-geluidsberekening die in de windturbinstudies was gehanteerd - dB(A) bij 8 m/sec op 10 m hoogte - naar de maatstaf voor *gemiddelde geluidbelasting* (gecorrigeerd voor dag, avond en nacht) zoals die bij verkeersgeluid gebruikelijk is. Bij de omrekening wordt verwezen naar een op het moment van schrijven nog niet gepubliceerde congresbijdrage (Van den Berg 2008a), waaraan een rekenformule wordt ontleend: $L_{den} - L_{8m/sec} = 4,7 \pm 1,5$ dB⁹.

Van den Berg (2008a) presenteert de formule aan het eind van een betoog, waarin aandacht wordt gevraagd voor het steeds groter worden van windturbines en het effect daarvan op de geluidsbepaling: het waait op grote hoogte harder dan beneden, in een stabiele atmosfeer (koude lucht beneden, warme lucht erboven) kan dat verschil heel groot zijn, die weersomstandigheid komt vooral 's nachts in de zomer en het najaar regelmatig voor¹⁰ en een geluidsmaat die is afgeleid van windsnelheden op 10 meter hoogte onderschat dan dus, wat feitelijk aan geluid wordt geproduceerd.

Een illustratie gaat aan de hand van voorbeelden: een rekensom op basis van gemiddelde windsnelheden 'op hoogte' (60 tot 100 meter) op twee locaties, één op het vermoedelijk meest

⁹ Althans op p. 15, op p. 58 noemt hij een marge van ± 2 dB.

¹⁰ Vooral landinwaarts: 15% van de nacht bij zee, 40% in het binnenland (Van den Berg 2008a, p. 4045).

winderig stukje Nederland aan zee (Lutjewad), de andere in Cabauw (omgeving Lopik, 50 km landinwaarts)¹¹. Van den Berg laat zien dat een op basis van die windsnelheden ‘op hoogte’ berekende L_{den} voor twee vaak gebruikte typen windturbines tot een uitkomst leidt die om en nabij de 4,7 dB hoger ligt dan die bij 8 m/sec op 10 meter hoogte. Om en nabij, want de precieze waarde hangt af van type windturbine, ashoogte en locatiegebonden verschillen (m.b.t. windsnelheid, verdeling van windsnelheden over het etmaal en atmosferische stabiliteit). De in verband daarmee gevonden variatiebreedte bedraagt in deze voorbeelden $\pm 1,5$ dB (p. 4047).

In Van den Berg et al. (2008) wordt deze formule vereenvoudigd tot + 4,7 dB, zonder precisering van het ‘om en nabij’ en ook zonder uitleg waarom de $\pm 1,5$ dB wordt weggelaten. Ook door Janssen et al. (2008, 2011) wordt de vereenvoudigde formule gebruikt. Hun toelichting is de volgende:

- er vindt een omrekening plaats van de $L_{den} - L_{8m/sec}$ voor alle windturbines in het Nederlandse onderzoek. Dit gebeurt volgens dezelfde methode die Van den Berg heeft gehanteerd en uitgaand van dezelfde windsnelheidsverdelingen als in de twee door hem beschreven voorbeelden. Het verschil dat nu gevonden wordt blijkt minder: het is in slechts 3 van de 33 gevallen meer dan 4,7 dB (bij hoge turbines, aan zee), het blijkt in bijna de helft van gevallen minder dan 4,0 dB (Janssen et al. 2008, p. 22) en het gemiddelde komt uit op 3,9.
- vervolgens wordt ruwweg becijferd, dat deze berekening van L_{den} geen betere correlatie met hinder en met slaapverstoring oplevert dan wanneer uitgegaan wordt van een vaste optelling met + 4,7 dB (p. 24)
- daarna wordt zonder toelichting besloten om verder maar géén rekening te houden met verschillen in ashoogte, locatie en type windturbine, en voor alle Nederlandse én Zweedse studies een vaste + 4,7 dB optelling aan te houden (p. 8 en 23).

Dit memo gaat over hoe omgegaan wordt met onzekerheden die genoemd worden in onderzoek, waarop wordt voortgebouwd. Bij de keus om van een vaste + 4,7 dB optelling uit te gaan lijkt dat bij Janssen et al. niet consequent gegaan: de publicatie waaraan de formule was ontleend *ging* over het verschil van windsnelheid beneden en ‘op hoogte’, de formule $L_{den} - L_{8m/sec} = 4,7 \pm 1,5$ dB kwam uit een rekensom met windturbines rond 80 m hoogte en een eigen berekening gaf aan deze rekenfactor voor de Nederlandse studie te hoog uitkwam.

In de twee Zweedse studies was de ashoogte nóg minder (figuur 8)¹². Gesteld kan daarom worden dat Janssen et al. (2008, 2011) bij hun omrekening naar L_{den} met opzet het effect negeerden van windsterkte en type windturbine, en dat ze alle windturbines in de Zweedse en Nederlandse studie behandelden alsof ze rond de 80 m hoog waren.

De overweging dat een meer precieze berekening van L_{den} geen betere correlatie met hinder en met slaapverstoring opleverde doet in dat verband vreemd aan: zowel Pedersen & Waye (2004, 2007) als Van den Berg et al. (2008) gaven aan dat de uitkomsten van hun

	< 50	51 - 60	> 60	T
Sweden 2000	16	-	-	16
Sweden 2005	22	3	3	28
Netherlands 2007	15	8	10	33
	53	11	13	77

Figuur 8: aantallen windturbines naar ashoogte (Janssen et al. 2008, p. 23; Pedersen 2007, p. 34)

¹¹ De windsnelheden in Cabauw zijn langjarig door KNMI gemeten (de *énige* meting van geluid, die in alle door Janssen et al (2008) besproken studies voorkomt). De windsnelheden op Lutjewad zijn geëxtrapoleerd op basis van wat op lagere hoogten was gemeten.

¹² In alle door Janssen et al. ‘omgerekende’ studies was ca. 70% van de windturbines minder dan 50 m hoog (figuur 8), van de 28 windturbines in de tweede Zweedse studie was meer dan de helft zelfs niet meer dan 40 m hoog (Pedersen & Persson Waye 2007, p. 34).

onderzoek niet significant waren juist dáár waar hinder en slaapverstoring het meest te verwachten zouden zijn.

Bij lezing wordt niet altijd duidelijk, hoe de + 4,7 dB omrekening in de drie onderzoeken verder in zijn werk ging. Janssen et al. (2008, p. 7) geven aan dat voor elk afzonderlijk Nederlands respondentadres een correctiefactor + 4,7 dB(A) is toegepast. In het meta-onderzoek door Guski et al. (2017), dat leidde tot het WHO-advies - we komen daar in de paragraaf over het WHO-onderzoek op terug - ontstaat een iets andere indruk:

- alle onderzoekers was gevraagd om gegevens aan te leveren over aantallen respondenten en percentages zwaar gehinderden bij 42,5 en 47,5 L_{den};
- de daarop door onderzoekers geleverde aantallen kwamen goeddeels overeen - voor de Nederlandse studie zelfs exact - met de aantallen in de categorieën 35-40 dB(A) en 40-45 dB(A) in de oorspronkelijke studies (figuur 9).

De bij Guski et al. (2017) aan te treffen gegevens wekken zo de indruk van het *omkatten* van tabellen: de inhoud van cellen bleef gelijk, de kop werd echter aangepast: 35-40 dB(A) werd 40-45 L_{den} (enz.).

	Sweden 2000	Sweden 2005	Netherlands 2007
Guski (42,5 L _{den})	100	156	160
35-40 L _{8m/s}	102	174	162
Guski (47,5 L _{den})	19	12	94
40-45 L _{8m/s}	25	20	94

Figuur 9: Aantallen respondenten naar geluidscategorie bij Guski et al. (2017, p. 59), Pedersen & Persson Waye (2004, p. 3465), Pedersen & Persson Waye (2007, p. 482) en Van den Berg et al. (2008, p. 28, inclusief respondenten met economisch belang

Voorzover deze indruk klopt, gebeuren er bij de omrekening dus drie dingen:

- we zagen al dat Janssen et al. (2008) door het negeren van hun eigen becijferingen bij de Nederlandse windturbines een *bias naar boven* in de geluidbelasting 'B' hadden ingebouwd (in elk geval voor de Nederlandse data, meer dan waarschijnlijk¹³ ook voor de Zweedse).
- daar komt door de wijze *omkatten* nog bij dat hele categorieën 'met 5 dB naar boven zijn gegaan', terwijl dat volgens eigen berekeningen minder dan 4 dB had moeten zijn: van 20% van respondenten is het dus onzeker of ze wel in de nieuwe, hogere categorie thuis horen¹⁴.
- het negeren van de door Van den Berg (2008a) becijferde $\pm 1,5$ dB variatiebreedte voegt een extra onnauwkeurigheid toe aan wat al een probleem was in becijferde B/R relaties: hinderpercentages die waren gevonden per interval van 5 dB zouden ná omrekening immers moeten gelden voor een interval van $5 + (2 \times 1,5) = 8$ dB, 60% *breder* dus. De spreiding die door de

¹³ Zie voetnoot 11

¹⁴ Bij wijze van voorbeeld: veel respondenten die in de oorspronkelijke Nederlandse studie op 36 dB(A) waren ingedeeld, zouden na omrekening-volgens-de-eigen-TNO-becijfering een plek *houden* in de categorie 35-40 en niet - zoals bij Guski et al. (2017) blijkt - in de hogere categorie 40-45 L_{den}. Dat dit gelden zou voor 20% is mogelijk een te lage schatting: de Zweedse turbines waren gemiddeld lager, bovendien komen in het hele respondentenbestand de lagere geluidsscores bovengemiddeld vaak voor en dat speelt ook binnen categorieën zo (vgl. figuur 5): tussen 35 en 40 is in beide Zweedse studies de groep 35-37,5 groter dan 37,5-40. Het lijkt daarom aannemelijk dat door de wijze van 'omkatten' ergens tussen de 20 en 40% van respondenten in een te hoge geluidscategorie terecht gekomen is.

lage aantallen in de oorspronkelijke studies al een probleem was, lijkt door deze omzetting naar L_{den} dus nog vergroot.

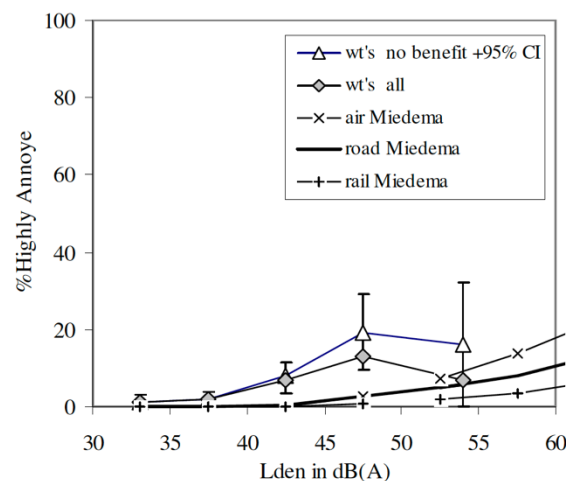
(d) *Tussenstand: caveats en onzekerheden in oorspronkelijke studies*

We stelden aan het begin van deze paragraaf drie vragen over de validiteit en de betrouwbaarheid van het B/R -verband dat door Janssen et al. (2008) in figuur 1 en bijlage C werd gesuggereerd. De vragen gingen over:

- rechtvaardigen de aantallen respondenten wel conclusies in de beleidsmatig meest relevante grootte-orde van 40 L_{den} en hoger?
- met welke data is de in 'bijlage C' getoonde - zelfs in *honderdsten* van percentages aangeduide - berekening van aantallen gehinderden tussen 40 en tot 60 L_{den} onderbouwd?
- hoe precies en hoe valide was de bepaling van geluidsblootstelling van respondenten over de periode waarin naar de door hen ervaren hinder werd gevraagd?

We gingen in het vervolg van deze paragraaf na, welke caveats en onzekerheden waren aan te treffen in de bronnen, waarop Janssen et al. (2008) hun becijferingen baseerden. We vatten kort het samen:

- Pedersen en Persson Waye (2004) tekenden bij de berekening van geluidsbelasting in de eerste Zweedse studie aan, dat door de modelmatig aangenomen constante windsnelheid van 8 m/sec¹⁵ het feitelijk geluidsniveau werd overschat (2004, 3467). Dit betekent dat de waargenomen hinder per geluidsniveau dus werd *onderschat*.
- Pedersen en Persson Waye (2007) tekenden bij de tweede Zweedse studie aan, dat de aantallen respondenten in de hogere geluidscategorie te gering zijn om significante conclusies aan te verbinden. Van den Berg et al. (2008) zeiden datzelfde over het Nederlandse onderzoek.
- Pedersen (2007) geeft aan, waarom L_{den} zijns inziens geen geschikte maat is in onderzoek naar hinder door turbinegeluid. Zij concludeert na de gebleken verschillen tussen de eerste en de tweede Zweedse studie dat geen algemeen geldende B/R relatie valt te bepalen: veel factoren zijn van invloed, zoals het zichtbaar zijn van windturbines vanuit huis, hoe mooi of lelijk mensen de turbines vinden en - mogelijk ook - hoe lang ze er al staan (p. 79)¹⁶. Ook van den Berg et al. (2008) wijzen erop dat allerlei factoren - vooral de zichtbaarheid van windturbines vanuit huis – invloed hebben op ervaren hinder (p.73)
- Van den Berg et al. (2008, p. 59) wijzen bij de Nederlandse studie op de geringe aantallen respondenten bij hogere geluidsniveaus en de daarmee samenhangende onzekerheid rondom gemiddeldes: tussen de 5 en 12% tussen 40 en 45 L_{den} , zelfs 10 en 30% in het gebied erboven.
- Pedersen et al. (2009, p. 641) gebruiken terughoudende bewoordingen als het gaat om de exactheid van de + 4,7 dB(A) waarmee de uitkomsten van hun onderzoek naar L_{den} werden vertaald. Ze signaleren het gebrek aan meteorologische gegevens over de locaties waar de Nederlandse studie speelde en melden grote onzekerheidsmarges in uitkomsten van de Zweedse én de Nederlandse studies



Figuur 10: onzekerheidsmarges in het Nederlandse onderzoek (Van den Berg et al. 2008)

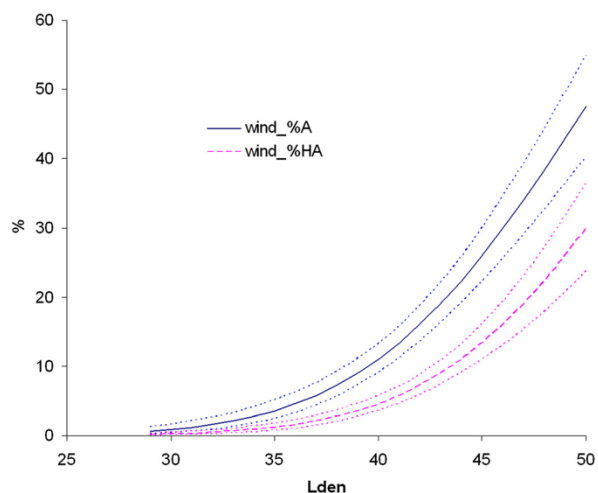
¹⁵ 8 m/sec is wandkracht 5

¹⁶ Ze signaleert dat de windturbines in de eerste Zweedse studie er nog relatief kort stonden terwijl dat in de tweede studie (waar minder hinder werd ondervonden) al langer het geval was. Het verschil wordt ook bij de beleving bij vliegtuiglawaai geconstateerd: nieuw aangelegde landingsbanen leiden tot veel meer hinder dan banen die er al veel langer lagen (WHO, 2018).

- Van den Berg (2008a) geeft bij zijn omreken-formule naar L_{den} aan, dat de ashoogte van turbines niet genegeerd mag worden bij het bepalen van geluidhinder. Hij geeft ook variatiebreedtes aan, die samenhangen met type windturbines en locatie.

Geen van deze onzekerheden wordt in Janssen et al. (2008) genoemd of geadresseerd. In de latere vervolgpublishatie (Janssen et al. 2011) vinden we ze evenmin terug; wel wordt een onzekerheidsmarge toegevoegd aan de B/R-curve uit 2008 (figuur 10). Ook blijft 'Bijlage C' met haar - mogen we intussen zeggen?¹⁷ - op te weinig data gebaseerde becijfering van geluidhinder tot 60 dB(A) in 2011 achterwege.

Er wordt echter opnieuw niet ingegaan op betrouwbaarheids- en validiteitskwesities in het onderzoek. Ook wordt in de toelichting op toegepaste rekenwijzen niet duidelijk, waardoor ze soms op andere onzekerheidsmarges komen dan door Van den Berg et al. (2008) en Pedersen et al. (2009) gepresenteerd. Die verschillen lijken er echter wel te zijn, vooral boven 45 L_{den} .



Figuur 11: Geluidsbelasting en percentages ernstig gehinderden buitenshuis (Janssen et al. 2011, p. 3750)

2. Het WHO-advies uit 2018

In het WHO-advies uit 2018 gaat aandacht uit naar de nauwkeurigheid van de besproken studies. Het rapport baseert conclusies en adviezen op - uiteindelijk - twee publicaties. De ene is Janssen et al. (2011), de andere een Japanse studie door Kuwano et al. uit 2014. In de selectie die voorafging werd vielen 9 publicaties af, waarvan 6 omdat de gebruikte data dezelfde waren als in genoemde twee en 3 vanwege onvergelijkbare of ontbrekende data (Guski et al, 2017, p. 11-12).

In de meta-analyse van de twee publicaties wordt consequent gesproken over 4 studies (twee in Zweden, één in Nederland, één in Japan): de onderzoekers van WHO kozen ervoor om 'achter' de geaggregeerde resultaten (Janssen et al., 2011) te kijken naar wat in elk onderzoek op zich gevonden was. De beoordeling van de gezamenlijke zeggingskracht van deze vier onderzoeken komt uit op 'laag', dit vanwege inconsistente uitkomsten en te lage aantallen respondenten op van belang zijnde geluidniveaus (Guski et al. 2017, p. 56).

Overeenkomsten en verschillen in methoden

De Nederlands/Zweedse en Japanse studies zijn qua opzet deels vergelijkbaar: elk baseert conclusies op een vergelijking van geluidniveau's en gerapporteerde hinder, ook de sample size is vergelijkbaar (650 bij Kuwano et al 2014, tegen gemiddeld ongeveer eenzelfde aantal in de Zweeds/Nederlandse studies). Verschillend echter zijn:

- bepaling van geluidniveau: in de Japanse studie werd geluid *gemeten* (dichtbij woningen, in de nacht¹⁸), in de Nederlands/Zweedse studies werd geluid *geschat*
- toegepaste eenheden voor geluidniveau: in de Nederlands/Zweedse studies L_{den} , in de Japanse studie L_{dn} (= $L_n + 6$ dB, aldus de Japanse auteurs, zonder toelichting op de rekensom)

¹⁷ Zie bijlage bij dit memo, waar dit wordt toegelicht.

¹⁸ Omdat nachtelijk geluid de meeste hinder geeft, aldus de Japanse onderzoekers

- opzet survey-onderzoek: in de Nederlands/Zweedse studies een schriftelijke enquête, in Japan mondelinge (en face-to-face) interviews
- toegepaste eenheden ‘hinder’: vierpuntsschalen in de Nederlands/Zweedse studies, een vijfpuntsschaal in Japan;
- verschillen in berekeningsmethoden bij het vaststellen van B/R-verband. In de Japanse studie ontbrak onder meer een onzekerheidsmarge.

Verschillende uitkomsten op belangrijke geluidniveaus

De uitkomsten van de 4 studies vertoonden veel verschillen. In het interval van 42,5 tot 47,5 L_{den} liepen die zelfs zo uiteen (zie figuur 12¹⁹), dat de WHO onderzoekers het combineren van de resultaten tot één samenvattende gevolgtrekking zinloos vonden: elke analyse-uitkomst zou méér afhangen van keuzes in die analyse zelf dan van data die eronder lagen: “..in view of such problems, we resigned the analysis of four studies, and we did not expect reliable results from a formal analysis of three studies either” merken de onderzoekers op (Guski et al. 2017, p. 59). Een commentaar dat dus rechtstreeks betrekking heeft op wat Janssen et al. in 2008 en 2011 probeerden.

Bij verdere reflectie komt naar voren, dat het gebrek aan consistentie zou kunnen liggen aan:

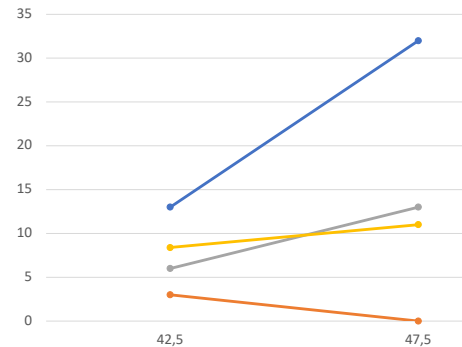
- de acoustische beschrijving van windturbinegeluid: L_{den} is mogelijk een slechte voorspeller van ervaren hinder
- de wijze van vraagstelling in interviews en enquêtes en gegeven antwoordmogelijkheden passen niet bij de eigenschappen van windturbinegeluid
- het oorzakelijk verband tussen geluid en hinder (de B/R relatie zelf dus) werd in deze studies niet of te weinig precies benaderd
- er waren te weinig respondenten in de meest relevante geluidniveaus,

Volgens Guski et al. (2017, p. 57) boden de bestudeerde onderzoeken geen basis om tussen deze verklaringen te kiezen, evenmin zelfs of het lijstje wel volledig was. Ze concluderen daarom dat het geluid van windturbines weliswaar evident gerelateerd is aan ervaren hinder, maar dat over de B/R relaties op belangrijke geluidniveaus te weinig consistent gerapporteerd wordt (p.61).

Voorwaardelijk advies

De B/R curves uit Janssen (2011) en Kuwono (2014) raken elkaar in de buurt van 45 L_{den} , bij aantallen gehinderden rond 10% (figuur 13). Dat zou daarom, aldus het WHO-rapport uit 2018 (p. 82), een advieswaarde kunnen zijn, maar met het predicaat *voorwaardelijk*:

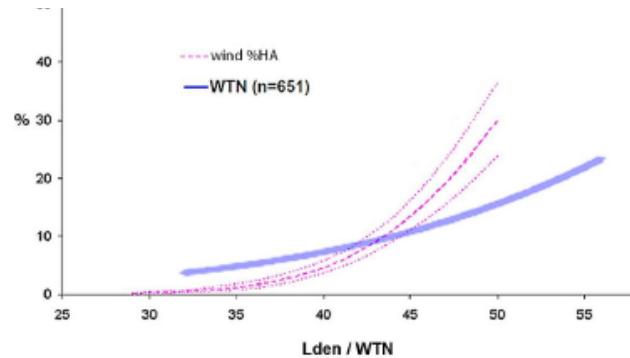
- vanwege de geringe kwaliteit van onderbouwing (zie hierboven)
- vanwege de grote onzekerheidsmarges: 3-13% voor ernstig gehinderden bij 42,5 dB L_{den} en 0-32% voor ernstig gehinderden bij 47,5 dB L_{den} (WHO 2018, p. 81)
- *en met als consequentie* dat bij het toepassen van deze advieswaarde veel aandacht uit zou moeten gaan naar situaties en omstandigheden, waarin de logica van het advies niet opgaat (WHO 2018, p. XV).



Figuur 12: Percentages zwaar gehinderden in vier studies - Zweden 2000 (blauw), Zweden 2005 (rood), Nederland 2007 (grijs) en Japan (2010) (geel). Naar tabel S17 (Guski et al. 2017, p. 59).

¹⁹ De grijze (Nederlandse) lijn ligt lager en verloopt vlakker dan in de oorspronkelijke studie, omdat in de door WHO aangehaalde cijfers niet gecorrigeerd is voor economisch belanghebbenden: de hinderscores bij 42,5 en vooral 47,5 L_{den} zouden als gevolg van zo'n correctie hoger liggen (zie figuur 6).

Wie goed naar de B/R curves in figuur 13 kijkt kan constateren dat het 'snijpunt' van de hoofdlijn van de curves dichterbij 42,5 dan bij 45 Lden ligt: het raakpunt van de curves bij 45 Lden betreft de *ondergrens* bij Janssen et al. (2011). Voorzover deze curve klopt, is er dus een kans van 97,5 (!) procent dat het percentage zwaar gehinderden hoger ligt dan 10.



Figuur 13: Ernstige hinder buitenshuis bij Janssen (2011) en Kuwano (2014), zonder correctie voor Lden in de Japanse studie (Guski et al. 2017, p. 54)

3. Bespreking van onzekerheden in de Factsheet en Welkers et al. (2020)

De onzekerheden die we constateerden in de oorspronkelijke studies komen alle terug in de beoordeling door WHO: de B/R-curve uit Janssen et al. (2008) suggereert een veel grotere zekerheid en exactheid dan gerechtvaardigd wordt door én het achterliggend onderzoek én het meta-onderzoek door WHO. Onze klacht bij RIVM is dat niets van al deze voorbehouden en twijfels wordt genoemd bij de vermelding in de Factsheet.

De B/R-curve wordt in de Factsheet geciteerd als *afkomstig* uit Janssen et al. (2008) maar *overgenomen* uit Welkers et al. (2020), een RIVM-publicatie naar aanleiding van het WHO-advies. Dit maakt de vraag relevant hoe dáár met de onderzoeksmatige twijfels en onzekerheden is omgegaan. Het antwoord is dat alle bronnen die in dit memo worden genoemd in de literatuuropgave van Welkers et al. terug te vinden zijn, maar dat - vreemd genoeg - geen aandacht wordt geschonken aan de beperkingen en onzekerheid die in het voorgaande genoemd werden. Drie voorbeelden:

- achtergrond en consequenties van het *conditional* karakter van het WHO-advies worden in de hoofdtekst niet besproken. De term 'conditional' wordt op p. 13 misleidend vertaald in "...de GDG beveelt aan *om te overwegen* om de geluidsniveaus [...] te reduceren tot onder 45 dB"²⁰. De redenen voor dat voorwaardelijk advies worden in de hoofdtekst niet besproken, noch wát dus – volgens de WHO moet worden overwogen.
- een iets uitvoeriger bespreking vindt in een bijlage. Daar wordt vermeld dat het Guski et al. (2017) *niet gelukt is* om op basis van beschikbaar onderzoek een B/R relatie over windturbine-geluid en hinder vast te stellen. Dat wordt er echter (onterecht) aan toegeschreven, dat de Japanse studie te veel afweek van de andere (p. 155). Zoals hierboven aangehaald: het bezwaar van de WHO-onderzoekers betrof nadrukkelijk óók de Nederlandse en de Zweedse studies, alsmede het bij elkaar voegen ervan zoals dat bij Janssen et al (2008, 2011) gebeurde
- bij de bespreking van de WHO advieswaarde wordt in diezelfde bijlage het 'conditional' karakter (en wat daarvan de consequentie zou moeten zijn) niet meer vermeld: met opgewekte schijn-exactheid staat er dat de WHO "...beide relaties over elkaar [heeft] gelegd en bepaald bij welk geluidniveau 10% van de populatie ernstig was gehinderd. Dit was bij 45 dB (Lden) het geval". Dit onmiddellijk boven een plaatje waaruit blijkt dat - áls we de getoonde curve van Janssen et al. al mogen vertrouwen - er een 97,5% kans is, dat de werkelijk ervaren hinder hoger ligt.

Deze weergave van onderzoeksbevindingen oogt frauduleus. Evidente kritiek in het WHO-onderzoek op de bevindingen van Janssen et al. (2008, 2011) is door Welkers et al (2020) genegeerd²¹.

²⁰ Vgl. de originele engelstalige formulering: "...GDG conditionally recommends..." (WHO 2018, p. xix)

²¹ In lijn overigens met een ongeveer gelijktijdig uitkomende en uitvoeriger op windturbines gerichte RIVM-uitgave (Van Kamp & Van den Berg, 2020), waarin op p. 16 achtereenvolgens valt te lezen valt dat *de B/R relatie uit de Zweeds/Nederlandse studies door later onderzoek werd bevestigd* (zonder aanduiding van waar of hoe dat gebeurde) én dat Guski et al. in hun latere studie géén betrouwbare B/R relatie konden vinden - zonder erbij te melden dat juist de Zweeds/Nederlandse studies aanleiding waren voor deze conclusie.

4. Conclusies

Terug naar de B/R curve in figuur 1 en ons verzoek tot rechtzetting aan de Commissie van Toezicht RIVM:

1. In terugblik op de Zweeds/Nederlandse onderzoeken moet om te beginnen worden vastgesteld, dat ze qua opzet (steekproef, metingsinstrumenten) niet geschikt - en waarschijnlijk ook niet bedoeld - waren om tot beleidsconclusies te kunnen komen over vanuit gezondheidsoogpunt veilige geluidniveaus rond windturbines. De poging om ze tóch daarvoor te gebruiken kwam achteraf en gaf daarom - natuurlijk - moeilijkheden.
2. In de Factsheet én in Welkers et al. (2001) wordt nagelaten te vermelden welke beperkingen en onzekerheden zijn genoemd in het onderzoek dat vooraf ging aan de B/R-curve in figuur 1 én in de meta-analyse van dat onderzoek door WHO. In beide publicaties wordt daarom niet voldaan aan “Wees eerlijk in publieke communicatie en helder over de beperkingen van het onderzoek en van de eigen expertise. Communiceer pas over onderzoeksresultaten aan het algemene publiek als er voldoende zekerheid over de resultaten bestaat” (Nederlandse Gedragscode voor Wetenschappelijke Integriteit, KNAW 2018).
3. Bij het beoordelen van deze nalatigheid moet de bedoeling van beide publicaties worden overwogen: de Factsheet ‘..is bedoeld om GGD’en, gemeenten en raadsleden te informeren over de gezondheidseffecten van windturbines’ (p. 9), Welkers et al. (2020) is geschreven naar aanleiding van Kamervragen over het WHO-advies. De ernst van de nalatigheid zit in haar maatschappelijke gevolgen:
 - net doen of ‘we’ iets zeker weten betekent in dit geval: uitnodigen tot het aangaan van niet doordachte risico’s en dus *precies negeren* van dat nadere onderzoek, dat de WHO met het ‘conditional’ bepleitte;
 - overschatten van geluidniveaus - de ‘B’ - in het beschreven onderzoek betekent: uitnodigen tot systematisch onderschatten van te verwachten hinder.

Van RIVM mag worden verwacht - ook zonder wetenschappelijke gedragscode, overigens - dat het gezondheidsrisico’s niet mooier voorstelt dan ze zijn. Dat is in deze publicaties wel gebeurd. Huidige en toekomstige omwonenden van windturbines zijn daarvan de dupe.

* Jan Hendriks was lid van de gemeentelijke Klankbordgroep Windturbines en Gezondheid (Amsterdam, 2021-2022) en maakte zich daar zorgen over a) de gebrekkige onderbouwing van door experts uitgebrachte adviezen en b) het blind vertrouwen op die adviezen bij raadsleden en bestuurders zodra door de experts verwezen werd naar opvattingen van RIVM. Met dank aan Dick Bijl, Simone Brands, Edwin van de Ketterij en andere leden van de Klankbordgroep voor de vele gesprekken die we hierover voerden. Er speelt geen financieel, politiek of commercieel belang.

Geraadpleegd

Guski, R., Schreckenberg, D. and Schuemer R. (2017). 'WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance (Supplementary Materials)'. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14(12), 1539; <https://doi.org/10.3390/ijerph14121539> - 08 Dec 2017

Janssen S.A., Vos H., en Eisses A.R., (2008). *Hinder door geluid van windturbines. Dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens*. 2008, TNO Bouw en Ondergrond: Delft.

Janssen, S. A., Vos, H., Eisses, A. R. & Pedersen, E. (2011). 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), 3746-3753.

Kuwano, S., Yano, T., Kageyama, T., Sueoka, S. & Tachibanae, H. (2014). Social survey on wind turbine noise in Japan. *Noise Control Engineering Journal*, 62(6), 503-520.

Pedersen E, Persson Waye K. (2004). *Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose-response relationship*. *J Acoust Soc Am*, 116, 3460–70

Pedersen, E. (2007). *Human response to Windturbines: perception, annoyance and moderating factor* (thesis) Göteborg University

Pedersen, E., and Persson Waye, K. (2007). *Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and wellbeing in different living environments*, *Occup. Environ. Med.* 64, 480–486.

Pedersen, E., Berg, F. van den, Bouma, J. and Bakker, R. (2009) *Response to noise from modern wind farms in The Netherlands*. *J Acoust Soc Am*, 126(2): 634-643

Van den Berg, F., Pedersen, E., Bouma, J. and Bakker, R. (2008). *WINDFARM perception: Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents (final report)*. FP6-2005-Science-and-Society-20 Specific Support Action, Project no. 044628 (https://cordis.europa.eu/docs/results/44/44628/124729401-6_en.pdf)

Van den Berg, F. (2008a). 'Criteria for wind farm noise: Lmax and Lden'. Paris: Acoustics 08

Van den Berg, F. (2008b). Wind Turbine Power and Sound in Relation to Atmospheric Stability. *Wind Energy* (11): 151–169

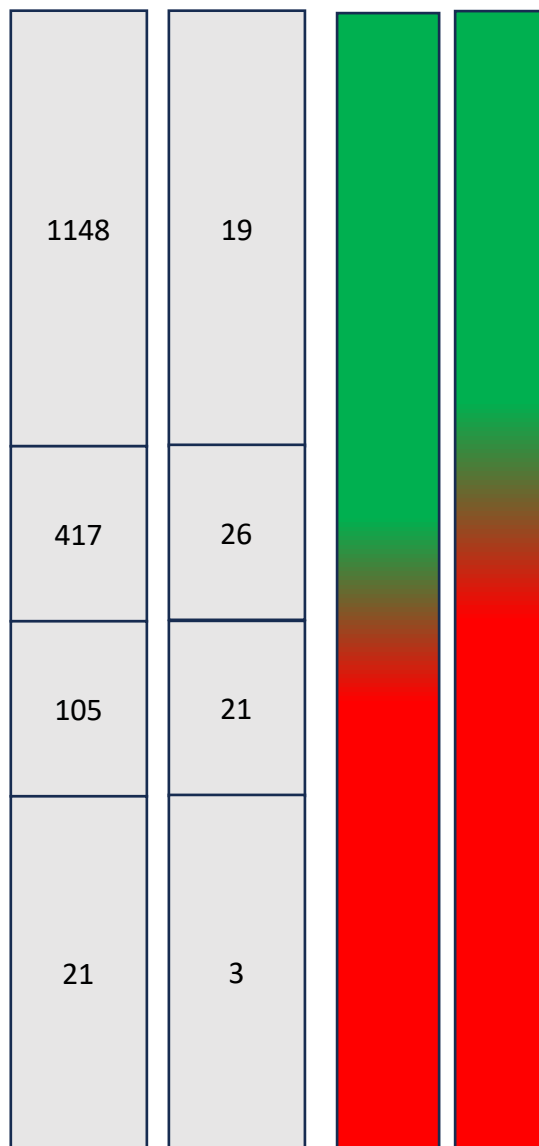
Van Kamp, I. & Van den Berg, G.P. (2021). *Gezondheidseffecten van windturbine geluid* RIVM-rapport 2020-0214.

Welkers, D., van Kempen, E., Helder, R., Verheijen, E., van Poll, R. (2020) *Motie Schoonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018)*. RIVM Rapport 2019-0227.

World Health Organization Regional Office for Europe. (2018). *Environmental noise guidelines for the European region*. WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark

Verwachte percentages (ernstig) gehinderden

L_{den}	Hinder binnenshuis		Hinder buitenshuis	
	%A	%HA	%A	%HA
29	0,15	0,03	0,62	0,15
30	0,21	0,05	0,85	0,22
31	0,30	0,07	1,16	0,31
32	0,42	0,10	1,56	0,44
33	0,58	0,15	2,08	0,61
34	0,79	0,21	2,74	0,85
35	1,07	0,30	3,55	1,16
36	1,44	0,42	4,56	1,56
37	1,90	0,58	5,79	2,07
38	2,49	0,79	7,26	2,72
39	3,22	1,07	9,00	3,54
40	4,12	1,44	11,04	4,54
41	5,21	1,90	13,38	5,77
42	6,53	2,49	16,05	7,23
43	8,08	3,22	19,04	8,97
44	9,91	4,12	22,36	11,00
45	12,01	5,22	25,98	13,34
46	14,42	6,53	29,88	16,01
47	17,13	8,09	34,02	18,99
48	20,14	9,91	38,37	22,30
49	23,46	12,02	42,87	25,92
50	27,05	14,43	47,46	29,81
51	30,90	17,14	52,09	33,95
52	34,97	20,15	56,69	38,30
53	39,22	23,46	61,21	42,80
54	43,61	27,06	65,57	47,39
55	48,07	30,91	69,74	52,02
56	52,56	34,98	73,66	56,62
57	57,02	39,23	77,31	61,13
58	61,38	43,62	80,65	65,50
59	65,61	48,08	83,68	69,67
60	69,66	52,57	86,38	73,60



Tabel C.1: Verwacht % gehinderden (%A) en % ernstig gehinderden (%HA) binnenshuis en buitenshuis voor L_{den} =29-60 dB(A).

Figuur 14: De tabel linksboven is 'bijlage C' uit Janssen et al. (2008). De kolommen ernaast tonen, respectievelijk, de geaggregeerde aantallen respondenten (cf. figuur 5) en ernstig gehinderden (cf. figuur 6) en (in groen/rood) de significantiegrenzen, zoals aangegeven in oorspronkelijke bronnen (Pedersen & Persson Waye 2004, 2007; Van den Berg et al. 2008) en door Guski et al. (2017). Het rekenmodel van Janssen et al. (2008) cijferde dus dóór, terwijl data eigenlijk ontbraken.