

Audiologische factsheet windturbines

Geluid, hinder en normering in Nederland

ir. Leonard M.B. Baart de la Faille, fysicus – audioloog

drs. Sylvia van Manen, huisarts, voorzitter artsencollectief Windwiki

verwijzing: [doi:10.13140/RG.2.2.29006.83521](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29006.83521)

contact:

l.baartf@gmail.com

info@windwiki.nl

Publiekssamenvatting

Windturbinegeluid: waarom de normen niet beschermen wat ze moeten beschermen

Politici moeten beslissen hoe ver windturbines van woningen moeten staan en welke geluidsnorm daarbij hoort. Die beslissingen leunen sterk op de factsheet van het RIVM en op de "hindercurve" daarin, een grafiek die laat zien hoeveel procent van de omwonenden ernstige hinder ervaart bij een bepaald geluidsniveau.

De hindercurve is echter gebaseerd op onderzoek uit 2008, naar turbines van gemiddeld 70 meter ashoogte, en geldt niet voor de veel hogere turbines van nu.

Bestuurders moeten informatie krijgen voor hun besluiten op basis van actuele kennis. Die actuele kennis leveren wij aan in deze audiologische factsheet.

De kern van het betoog in vijf punten:

1. Het gemiddelde geluidsniveau over een jaar (L_{den}) zegt weinig over wat mensen echt horen in de vorm van pieken, wisselingen in geluidsstrekte, vooral 's nachts. (zie 3 Seizoensinvloeden)
2. Hogere turbines maken aanzienlijk meer (laagfrequent) geluid en het geluid draagt verder. (Zie 4 Geluidverspreiding)
3. De rekenmethode die in Nederland wordt gebruikt, onderschat het geluid tot op 1 tot 2 kilometer met 15 tot 20 dB. (zie 4.2 Geluidverspreiding en turbinehoogte)
4. Recente onderzoeken met moderne, hoge windturbines geven een veel lagere 10%-hinder grens dan de Nederlandse norm: namelijk 35 dB(A) in plaats van 47 dB(A), met name door de grotere hinderlijke wisselingen in geluidsstrekte. (zie 5 Gezondheidseffecten: hinder)
5. Nederland rekent met hinder *binnenshuis*, terwijl de WHO-richtlijn van maximaal 10% ernstig gehinderden, net als Duits onderzoek overeenkomt met algemene hinder. Voor windturbines is dat de hindercurve *buitenshuis*. Het verschil bedraagt 5 tot 7 dB. Door deze Nederlandse keuze halveert de toegestane minimale afstand tot woningen en daardoor verdubbelt de algemene hinder.

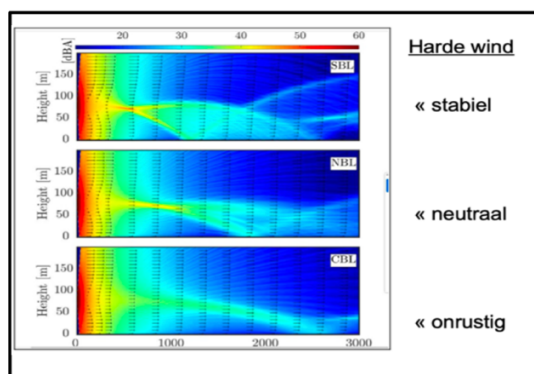
1. Hogere turbines, ander geluid

Een windturbine maakt onder andere geluid doordat de wind langs de bladen strijkt en bij de passage langs de mast. Bij grote turbines verschilt de windsterkte tussen de top van de turbine en aan de grond sterk. Daardoor verandert de hoek waaronder de wind de bladen raakt voortdurend, en ontstaan wervelingen die lage, stampende geluiden geven. Daardoor ontstaat veel geluid in het lage tonengebied en dit zwelt daarbij aan en af. Dit heet de ‘amplitudemodulatie (AM)’. Juist dit type geluid is bijzonder hinderlijk, omdat het onregelmatig en onvoorspelbaar is en het gehoor er erg gevoelig voor is. Het komt vooral voor bij zeer stabiel weer, bijvoorbeeld op heldere nachten waarop het beneden windstil is en boven hard waait. Deze nachten komen in Nederland gemiddeld eens per 4-5 nachten voor. (4.1 Weersafhankelijke geluidsverspreiding) De Duitse overheid heeft speciaal gekeken naar de hinder door de amplitudemodulatie in recent onderzoek bij grote windturbines. Het blijkt de grootste oorzaak van hinder, is lokaal sterk verschillend en kan tot op grote afstand hinderlijk zijn.

De Nederlandse normen kijken naar het geluid in dB(A). Dat is een meetmethode die lage tonen ‘wegfiltert’, omdat ons oor deze minder goed hoort. Lage tonen worden daardoor bijna niet meegeteld, terwijl deze juist voor hinder zorgen omdat het gehoororgaan extreem gevoelig is voor geluidpiekjes van lage tonen. De "stillere" turbines met gekartelde bladranden (uilenveren) dempen vooral de midden- en hoge tonen, maar geven juist een verschuiving naar de lage tonen, die vervolgens door het ‘A’-filter niet meetellen. Zo'n ‘stille’ turbine kan volgens de norm op kortere afstand van bewoning gebouwd worden, waardoor juist de lage-tonenhinder toeneemt.

2. De rekenmethode klopt niet voor grote turbines

In Nederland wordt het geluid berekend met de methode ISO-9613. Die is echter alleen ontworpen voor bronnen tot 30 meter hoogte, tot 1 kilometer afstand en bij weinig wind. Windturbines zijn veel hoger en draaien harder bij sterkere wind. Volgens het RIVM neemt het geluid vanaf de turbine langzaam af en is op 400 meter niet luider dan een koelkast. Echter, uit al het wetenschappelijk onderzoek blijkt dat het geluid afbuigt via het "zog" van de turbine, het gebied direct achter de draaiende wieken waar de wind trager en turbulenter is. Dit zog werkt als een soort geluidsgeleider: mede door verschillen in windsterkte en temperatuur buigen geluidsgolven over vele honderden meters en zelfs verder naar beneden, richting de grond, waardoor het geluid daar juist harder aankomt dan je zonder dat effect zou verwachten. Zo ontstaan plekken op de grond waar het geluid gebundeld terechtkomt, een soort vergrootglas voor geluid (‘focuszones’) (zie 4.1 Weersafhankelijke geluidsverspreiding).



Visualisatie van focuszones a.d.h.v. modelberekeningen,
en gecontroleerd met metingen

De gevolgen:

- Op 1 tot 2 kilometer afstand kan bij stabiel weer het geluidsniveau tot 15 à 20 dB(A) hoger zijn dan het ‘koelkastmodel’ van het RIVM laat zien.

- Hoe hoger de turbine, hoe sterker het effect. Een turbine met 140 meter ashoogte geeft volgens modelonderzoek rond 1,7 km een geluidsniveau dat 20 dB hoger kan zijn dan bij de turbines uit het hinderonderzoek van 2008 (de basis van de hindercurve in de factsheet). Dat is grofweg vier keer zo hard voor het gehoor. Wil men bij zo'n grote turbine dezelfde hinder houden als bij de lage turbine dan moet hij op achtmaal grotere afstand geplaatst.
- De hinder speelt zich dus niet alleen vlak bij de turbine af, maar vooral ook op 5 tot 10 keer de tiphoogte!

3. Het jaargemiddelde beschermt onvoldoende

De Nederlandse norm is een jaargemiddelde (Lden), met zwaardere weging van avond en nacht. Een gemiddelde verbergt de pieken. De Lden berekening van de geluidproductie gaat uit van fabrieksgegevens bij neutraal weer, terwijl dat maar zo'n 10% van de tijd voorkomt. Onder andere weersomstandigheden is het geproduceerde geluid vrijwel altijd luider. De Lden berekening van de geluidvoortplanting gaat uit van het 'koelkastmodel' en houdt dus geen rekening met de zeer hoge geluidsniveaus in de eerder genoemde lokale focuszones. In de zomer is de atmosfeer in ongeveer de helft van de tijd stabiel, precies het weer waarbij het geluid zwaarder en stampender is en veel verder rijkt. Twee situaties met identieke jaargemiddelden kunnen dus heel verschillend zijn: één rustig, de ander met veel hoorbare AM in de nacht omdat de laatste in de Lden wordt genegeerd.

De Lden-norm is in 2008 afgeraden door de inspectie van het ministerie van VROM: fraudegevoelig, niet te controleren en beschermt de inwoners onvoldoende. De wetenschap laat zien dat zij gelijk hadden, toch is zij doorgevoerd en erger, houdt men eraan vast.

4. Wat zeggen nieuwere onderzoeken over gezondheidseffecten?

- Duitsland (Umweltbundesamt, 2022): bij moderne turbines wordt de WHO-grens van 10% ernstig gehinderden al overschreden bij een Lden van 35 dB(A). De Nederlandse norm ligt op maximaal 47 dB(A). Op dat niveau ervaart volgens het Duitse onderzoek ongeveer 48% van de omwonenden ernstige hinder.

- Slaap: een overzichtsstudie van ál het beschikbare slaaponderzoek (Godono e.a., 2023) vond een verband tussen afstand tot turbines en slaapverstoring: 79% ernstige slaapverstoring binnen 500 meter, 65% binnen 1 kilometer. Een andere studie (Michaud, 2025) laat zien dat de WHO-grens voor ernstige slaapstoornissen al bij Lden 39 dB(A) wordt bereikt.

- Verkeer versus windturbines: het RIVM stelt dat windturbinegeluid niet erg verschilt van verkeerslawaaï. In werkelijkheid bevat verkeer veel minder geluid in het lage-tonengebied (LFG) en neemt het 's nachts af, terwijl turbines juist dan veel geluid maken. De hinder is pas gelijk als het turbinegeluid ongeveer 20 dB lager ligt dan het verkeersgeluid.

5. Wat is er aan de hand met het RIVM?

Een interne integriteitscommissie van het RIVM adviseerde in december 2025 om de RIVM-factsheet niet meer in de huidige vorm te handhaven maar fundamenteel te herzien, of tijdelijk offline te halen. Het RIVM heeft dit advies niet gepubliceerd en voegde in juli 2026 echter slechts enkele regels toe op de website en wacht op eigen lopend onderzoek naar 'de hinder in Nederland' (verwacht in 2027). De RIVM-factsheet wordt door politici en rechters als actueel wetenschappelijk inzicht gebruikt ('Deze factsheet geeft een beknopte populairwetenschappelijke uitleg over de gezondheidseffecten van windturbines en is bedoeld om beleidsmakers te informeren'). Het laten voortbestaan van achterhaalde wetenschappelijke voorlichting is, zeker nu landelijk en lokaal nieuwe normen moeten worden vastgesteld, schadelijk voor de volksgezondheid en druist in tegen de wet op het RIVM: 'monitoring, surveillance en onderzoek te verrichten dat is gericht op ondersteuning van de beleidsontwikkeling, de beleidsuitvoering, de bewaking van de veiligheid en de uitoefening van toezicht op het gebied van de volksgezondheid en het milieu' (art. 3.1.a).

Deze taak laat het RIVM vanwege politiek belang momenteel volledig liggen.

Conclusies

- De prognoses op basis van het hinderonderzoek uit 2008 zijn onbruikbaar voor normering van moderne turbines.
- Alleen Lden is niet genoeg. Er zijn aparte normen nodig voor het laagfrequent geluid, de geluidpieken, amplitudemodulatie en tonaliteit.
- Bij het WHO-advies van maximaal 10% ernstig gehinderden hoort voor moderne windturbines een norm van Lden 35 dB(A), ongeveer 10 keer de tiphoogte als afstand tot woningen. Voorgesteld is nu 2 keer de tiphoogte.
- Zolang de landelijke MER niet is gebaseerd op actueel wetenschappelijk inzicht, is er geen betrouwbare normering mogelijk en dient een afstand van 10 keer de tiphoogte tot woningen aangehouden te worden.
- De afweging tussen klimaatbeleid en gezondheid is aan de politiek, maar moet op onafhankelijke, actuele wetenschappelijke informatie berusten. Het RIVM schiet hierin ernstig tekort.

Aanleiding van deze factsheet

Directe aanleiding tot deze wetenschappelijke factsheet is het beschikbaar komen van nieuw onderzoek waardoor de Nederlandse hindercurve waarop de normen worden gebaseerd definitief onbruikbaar is voor moderne grote windturbines. Deze op actuele wetenschap gebaseerde audiologische factsheet is het vervolg van een beknopte notitie.

De RIVM-factsheet die sinds 2015 gepubliceerd wordt ontbeert een actuele en solide wetenschappelijke onderbouwing. Zij dient vooral de ondersteuning van het (klimaat)beleid. De afgebeelde 'hindercurve' geeft expliciet 'het Nederlandse beleid weer', níet de actuele kennis over de hinder die mensen ervaren bij windturbinegeluid. Toch stelt het RIVM dat de factsheet is bedoeld om 'GGDen, gemeenten en raadsleden te informeren over de gezondheidseffecten van windturbines'. Deze handelwijze van het RIVM is strijdig met haar doelstelling: het leveren van onafhankelijk wetenschappelijk advies. Een interne RIVM commissie wetenschappelijke integriteit (CWI) bevestigt de onhoudbaarheid van de huidige RIVM-factsheet met haar uitspraak in december 2025 dat deze fundamenteel moet worden herzien en geherstructureerd en indien dit niet direct gerealiseerd kan worden off-line gehaald moet worden.[6] Deze uitspraak is door het RIVM niet gepubliceerd.

Het RIVM blijkt niet in staat tot een directe aanpassing van de factsheet en volstaat, ruim een half jaar na deze uitspraak, met slechts een kleine tekstuele aanpassing en wacht kennelijk de resultaten van haar eigen lopend onderzoek en literatuurstudie over hinder af (verwacht in 2027). Een hinderonderzoek en literatuurstudie naar gezondheidseffecten kan alleen zinvol worden beoordeeld wanneer daarbij kennis wordt betrokken over geluidproductie en geluidverspreiding van windturbines. Doordat deze kennis geheel afwezig blijkt, zal dit onherroepelijk leiden tot onjuiste conclusies en, erger, tot onjuiste advisering over normen, zoals tot op heden steeds het geval was.

Zie ook:

- 'Audiologische review van de Kennisbasis van het Nederlandse windturbinebeleid, gezondheidseffecten en rechtsstatelijke consequenties'. [7]
- Misleidende voorlichting RIVM-GGD. [8]
- [Video geluid en hinder windturbines 30 min.](#)

Het met voortdurende vooruitschuiven van de wetenschappelijke onderbouwing van de RIVM-adviezen en het negeren van essentieel reeds lang aanwezig onderzoek is onaanvaardbaar in het licht van de al vijf jaar durende politieke en bestuurlijke processen rond landelijke en lokale normering. Voor lopende en afgeronde projecten, met moderne hoge windturbines, is dit ronduit schadelijk voor de volksgezondheid.

Deze audiologische factsheet richt zich op het in samenhang samenvatten van recente wetenschappelijke onderzoeksresultaten. In de bijlage wordt de integriteitsproblematiek rond de niet-onafhankelijke advisering door het RIVM nader toegelicht.

Inhoudsopgave

Publiekssamenvatting.....	1
1 Inleiding.....	5
2 Geluidproductie windturbines.....	7
3 Seizoensinvloeden.....	8
4 Geluidverspreiding.....	9
4.1 Weersafhankelijke geluidverspreiding.....	10
4.2 Geluidverspreiding en turbinehoogte.....	11
5 Gezondheidseffecten: hinder.....	13
5.1 Windturbine-hinder in vergelijking met verkeershinder.....	14
5.2 Gezondheidseffecten: Laagfrequente hinder.....	15
5.3 Gezondheidseffecten: slaapverstoring.....	16
5.4 Turbinehoogte en gezondheidseffecten.....	17
6 Bespreking.....	18
7 Conclusie.....	19
Bijlage: Integriteitsproblemen RIVM-factsheet.....	20
8 Referenties.....	23

1 Inleiding

Bij de Nederlandse overheid en het RIVM wordt sterk de nadruk gelegd op de idee dat hinder van windturbinegeluid vooral 'tussen de oren zit'. De hinder zou met name wordt bepaald door niet-auditieve factoren zoals weerstand tegen de 'lelijkheid' en ongegronde angst voor gezondheidsschade. Nu zit hinder per definitie tussen de oren maar wordt, naast genoemde aspecten, deze in grote mate veroorzaakt door *feitelijke* geluidhinder, dus auditieve factoren.

Het beeld dat niet-auditieve factoren de belangrijkste boosdoeners zijn vindt zijn oorsprong in de eerste hinderonderzoeken van 20 jaar geleden, meest uitgevoerd door psychologen. Doordat slechts simpele geluidmodellen beschikbaar waren kon de geluidbelasting van ondervraagde omwonenden niet goed worden berekend. Ook ontbrak, en ontbreekt nog steeds, het inzicht in de complexiteit van de geluidsoverdracht en de gevolgen hiervan voor hinder. Ook metingen konden nog niet zo geavanceerd worden verricht als tegenwoordig het geval is. Infrason geluid viel buiten de gevalideerde

meetmogelijkheden en werd, ten onrechte, beschouwd als niet waarneembaar en dus geen factor bij hinder.

Hierdoor ontstond het beeld dat hinder nauwelijks verband houdt met de geluidniveaus en geluideigenschappen van windturbines doch meer met visuele aspecten en algehele weerstand. Deze interpretatie werd blijvend gecultiveerd door een overheid die in het kader van klimaatbeleid wind op land wil realiseren. Een hele nieuwe generatie ambtenaren en bestuurders 'groeide met deze visie op' waardoor kritische tegengeluiden meest te goeder trouw doch zonder inhoudelijke toetsing bij voorbaat beoordeeld worden als 'desinformatie'.

De overheid investeert inmiddels veel geld in het overwinnen van deze 'niet-auditieve' factoren bij lokale projecten: procesmanagers, ambtelijke projectgroepen, meedenkgroepen, procesparticipatie, deel van opbrengsten ten goede laten komen aan de lokale gemeenschap, financiële beloning etc.

De sociale wetenschappers die hinderonderzoek doen en de overheden adviseren, alsmede de adviesbureaus staan op grote afstand van wetenschappelijke akoestici, audiologen en artsen die zich met windturbinegeluid bezighouden. In een recent artikel noemt Kirkegaard [9] dit twee aparte werelden. De in deze Wetenschappelijke factsheet besproken gepeer-reviewde wetenschappelijke onderzoeken gaan helaas volledig aan de overheid en adviesbureaus voorbij. Met ernstige gevolgen voor de volksgezondheid.

Uit onderzoek blijkt dat het sterk wisselen van de geluidniveaus, de amplitude modulatie (AM), een zeer belangrijke indicator is voor hinder [10]. Deze bij uitstek 'auditieve factor' wijst er op dat 'geluid' een niet te negeren oorzaak van hinder en slapeloosheid is. Maar deze is niet eenduidig gerelateerd aan de berekende geluidniveaus met behulp van de in Nederland gebruikte rekenmethode (ISO-9613). Ook blijken windturbines meer laagfrequent geluid (LFG) te produceren dan eerder gedacht, en meer LFG naarmate de turbine hoger en het oppervlak van de bladen groter wordt. In combinatie met een extreme gevoeligheid van het gehoor voor zelfs een kleine toename van LFG, versterkt dit de gevoeligheid voor AM. Het maakt ook aparte laagfrequent normering noodzakelijk.

Daarnaast blijkt, zoals ook de WHO constateert, de berekende jaarlijkse geluidbelasting L_{den} een slechte norm omdat zij niet beschermt tegen (nachtelijke) maxima en seizoenswisselingen [7], [11] en bovendien met de beschikbare modellen niet goed kan worden berekend.

Het zijn ongemakkelijke feiten in een wereld waar een eenvoudige dosis-effectrelatie gewenst is voor regelgeving.

Het, bij beleid en regelgeving, benadrukken dat hinder 'tussen de oren' zit, is zeer contraproductief. Het op deze wijze bagatelliseren van serieuze gezondheidsklachten van omwonenden door de overheid en het RIVM leidt paradoxaal genoeg tot meer 'niet-auditieve' hinder. Men houdt vast aan de oude methodiek van geluidonderzoek en aan oude hindercurven waarin hinder sterk wordt onderschat.

Deze Wetenschappelijke factsheet laat zien waarom het anders moet en kan.

2 Geluidproductie windturbines

Er ontstaan grote variaties in de hoeveelheid laagfrequent geluid door de wisselende hoeken waaronder de wind invalt op de rotorbladen.

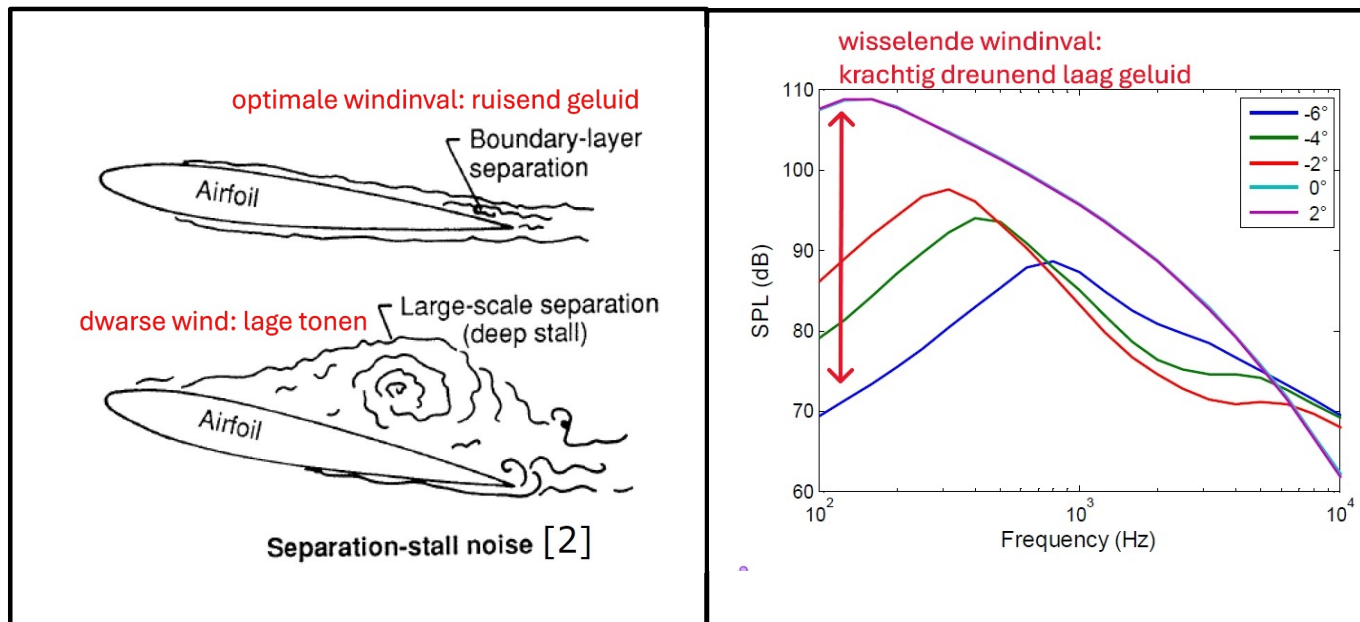


Fig. 1: Ontstaan lage tonen bij niet-neutraal weer.

Fig. 2: Laagfrequente geluidwisselingen.[12]

Toelichting:

Bij een variërende invalshoek van de wind op de bladen ontstaat door wervelingen achter de wiek ('stall' genaamd bij dwarse inval), een zeer sterke en impulsachtige toe- en afname van laagfrequent geluid van tientallen dB's, de amplitude modulatie. Dit treedt extra op bij turbulente weersomstandigheden én bij zeer stabiel weer. Dit effect wordt sterker bij toenemende turbinehoogte en rotorlengte omdat de windsterkte boven en onder aan het rotorvlak sterk verschilt. In de realiteit zijn er permanente wisselingen van de windrichting en daardoor permanente wisselingen van de (laagfrequente) geluidsniveaus. De in Nederland gehanteerde geluidmodellen houden hier géén rekening mee, zij gaan uit van de fabrieksspecificaties bij optimale weersomstandigheden en bovendien is de normering slechts gebaseerd op het algehele geluidsniveau. Daarbij wordt een 'A'-weging toegepast, waardoor laagfrequent geluid goeddeels buiten beschouwing wordt gelaten. Zie ook 5.2 Gezondheidseffecten: Laagfrequente hinder.

Dit heeft mede als gevolg dat de invloed van geprofileerde turbinebladen (uilenveren, 'serrations') die het algehele geluidsniveau in de dB(A)-weging dempen juist een averechts effect hebben. Deze profielen verminderen namelijk *niet* de lage frequenties, er vindt voor het totale geluid dus een verschuiving naar de lagere frequenties plaats [13].

Zo'n zogenaamd 'stillere' turbine (door vermindering van de midden en hoge frequenties) kan vervolgens binnen de norm op kortere afstand van woningen worden geplaatst, terwijl deze daardoor juist méér laag frequente hinder produceert.

De door het RIVM geadviseerde stillere turbines veroorzaken méér hinder voor omwonenden.

3 Seizoensinvloeden

Nachtelijke windmaxima bij sterke afkoeling.

-Windstil beneden, harde wind boven.

-Veel laagfrequent, stampend geluid.

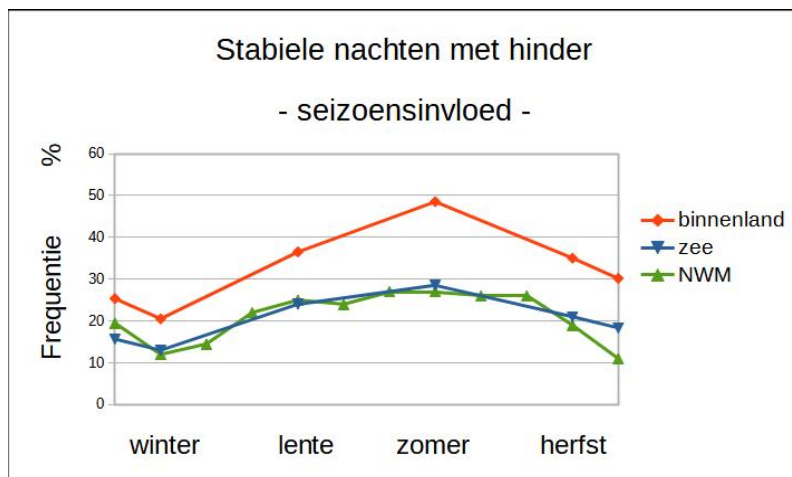


Fig. 3: Invloed seizoenen op 'hindernachten'

Bron: [14], [15, Fig. 10]

Toelichting:

De Lden als jaarnormering is niet toereikend door de seizoensinvloeden. In de zomer is er in 50% van de gevallen sprake van een 'stabiele' atmosfeer. Met daaraan gekoppeld meer hinder door sterkere 'stall'.

Ook doordat de berekeningen zijn gebaseerd op fabrieksgegevens die alleen gelden bij neutraal weer, hetgeen slechts in 10% van de tijd voorkomt, worden amplitudemodulatie, geluidspieken, tonale aspecten en laagfrequent geluid niet gedekt door een Lden-normering.

4 Geluidverspreiding

Toelichting:

De factsheet van het RIVM geeft het beeld van afname van het geluid volgens ISO-9613 (de methodiek waarmee in Nederland wordt gerekend): geleidelijke afname, met het geluid van een koelkast op 300 meter afstand. De ISO-9613 is echter niet bruikbaar voor windturbines en alleen gevalideerd voor stabiele industriële geluidsbronnen tot 30 meter hoogte, 1000 meter afstand en bij zwakke wind.

De afwijking tussen berekening voor windturbines en daadwerkelijke meting kan oplopen tot 15 – 20dB(A) tussen 1000 en 2000 meter afstand bij stabiele weercondities [1], [16].

De grote invloed van hoogte-afhankelijke wind en temperatuur op de geluidverspreiding valt volledig buiten het gebruikte model. In werkelijkheid ontstaan door geluidafbuiging en de werking van het zog 'focuszones', met hoge geluidsniveaus aan de grond, afhankelijk van turbinehoogte, windrichting en stabiliteit van de atmosfeer. Deze 'focuszones' ontstaan op wisselende locaties, mede afhankelijk van lokale omstandigheden.

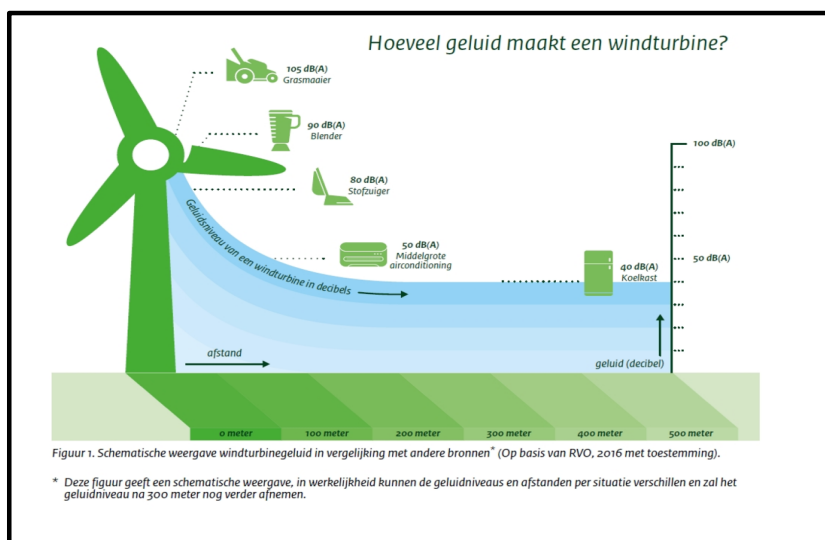


Fig. 4: Geluidverspreiding volgens RIVM [17]

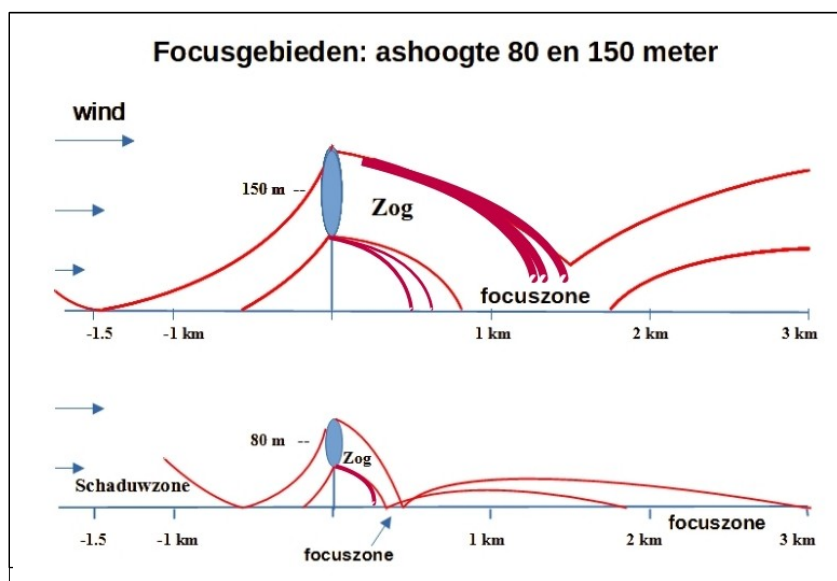


Fig. 5: Schematische afbuiging van geluid door het zog, wind- en temperatuurverschillen [9, Fig. 2]

4.1 Weersafhankelijke geluidsverspreiding

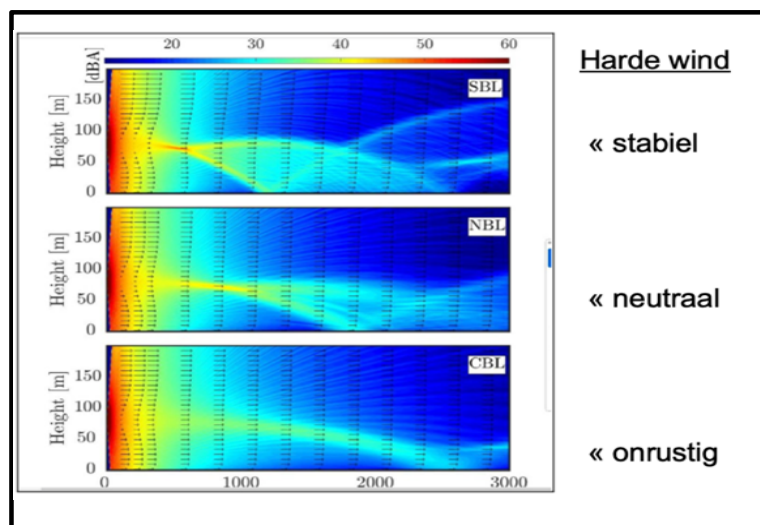


Fig. 6: Visualisatie van focuszones adv modelberekeningen

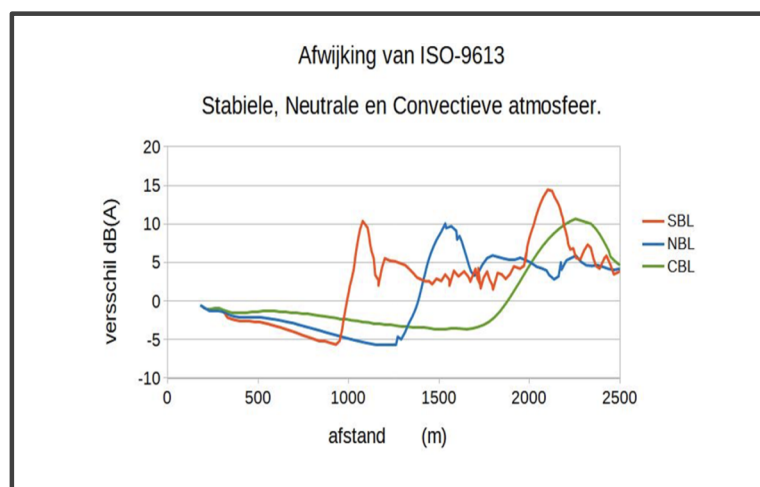


Fig. 7: focuszones: afwijkingen van huidig rekenmodel

Toelichting:

Dit betreft een weergave met zeer geavanceerde geluidmodellen van focuszones bij een ashoogte van 80 meter, die met metingen zijn gevalideerd. [16]

De grootte en locaties van de focuszones op de grond blijken sterk af te hangen van de weercondities. Dit is in de onderste grafiek vertaald in de afwijking in dB(A) (10-15 dB) van de berekeningen met ISO-9613, welke desondanks in alle Nederlandse rekenmodellen wordt toegepast.

4.2 Geluidverspreiding en turbinehoogte

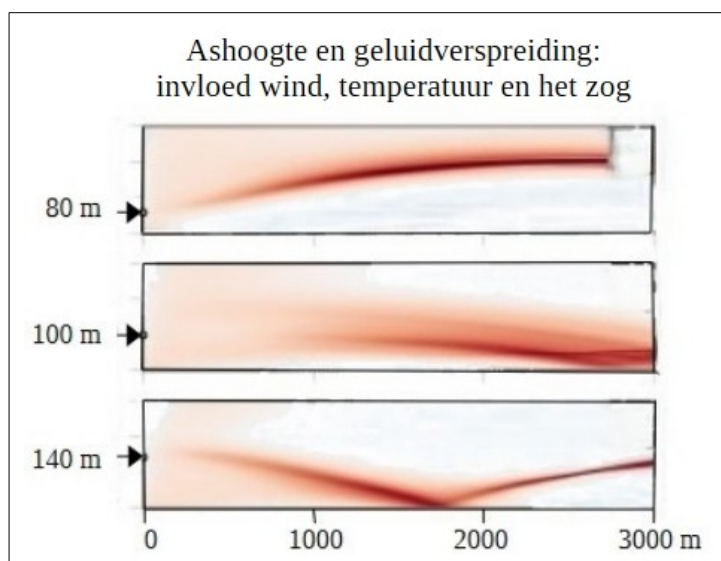


Fig. 8: Het zog werkt als een vergrootglas.

Donkere geluidlijnen: + 10 dB. Hier voor 1000 Hz.

Bron: [1]

Toelichting: De turbinehoogte heeft een zeer groot effect op de geluidverspreiding. Naast de 'gewone' geluidverspreiding (licht rood) ontstaan er bij een neutrale atmosfeer focus gebieden waar een concentratie van geluidgolven tot sterk verhoogde geluidniveaus leidt (donker rood: + 10 dB). De turbine van 140 m ashoogte (tiphoogte ca. 200 m) heeft een focuspunt rond 1700 meter. Voor de turbine met ashoogte 80 m ontbreekt deze. Echter bij andere meteorologische condities ontstaat deze wel zoals blijkt uit fig 6. Voor alle turbinehoogten kan dan de afbuiging van geluid en het 'vergrootglaseffect' veel heviger worden zoals in fig 8 geïllustreerd. Bovendien liggen voor elke geluidfrequentie de focuspunten op een andere afstand. Voor hogere turbines ontstaan vooral bij nachtelijk stabiel weer en harde wind focuspunten ver voorbij 1700 meter.

De invloed van turbinehoogte en weersomstandigheden zijn cumulatief, zij tellen op.

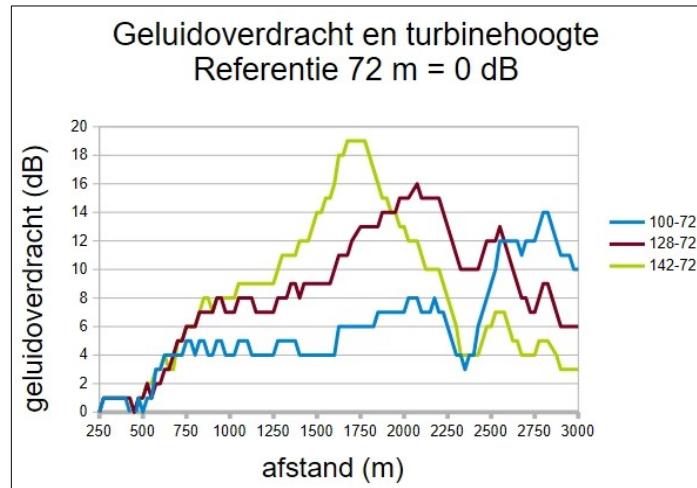


Fig. 9: Vergelijking van de geluidoverdracht bij ashoogtes van 100, 130, 140 m met de gemiddelde ashoogte van 70 m uit de Nederlandse hindercurve. Bron: [1]

Toelichting: Uit hetzelfde modelonderzoek van fig 8 is hier voor verschillende turbine ashoogten de geluidoverdracht weergegeven t.o.v de overdracht van een 70 m turbine. Dit is de gemiddelde ashoogte van de turbines uit het Nederlandse hinderonderzoek uit 2008.

De hoogste turbine van 140 m heeft een focuspunt rond 1700 m waar het geluid 20 dB sterker is dan bij de ‘oude’ turbine. Dat klinkt 4x zo hard. De lagere turbines hebben focuspunten op een lager geluidniveau en op een grotere afstand. Voor de referentieturbine van 72 meter is er een geluidmaximum rond 2200 meter, een ‘opleving’ van 7 dB. Omdat de andere ashoogtes hiermee worden vergeleken leidt dit tot een dip in deze curven. Wederom: bij andere weersomstandigheden liggen de focuspunten anders maar voor de hoogste turbine zijn deze steeds het meest luid.

Zoals op blz. 7 werd besproken neemt ook de (LFG) geluidproductie en AM toe met de hoogte van de turbine.

Dit heeft grote gevolgen voor de hinder. (zie 5.4 Turbinehoogte en gezondheidseffecten)

5 Gezondheidseffecten: hinder

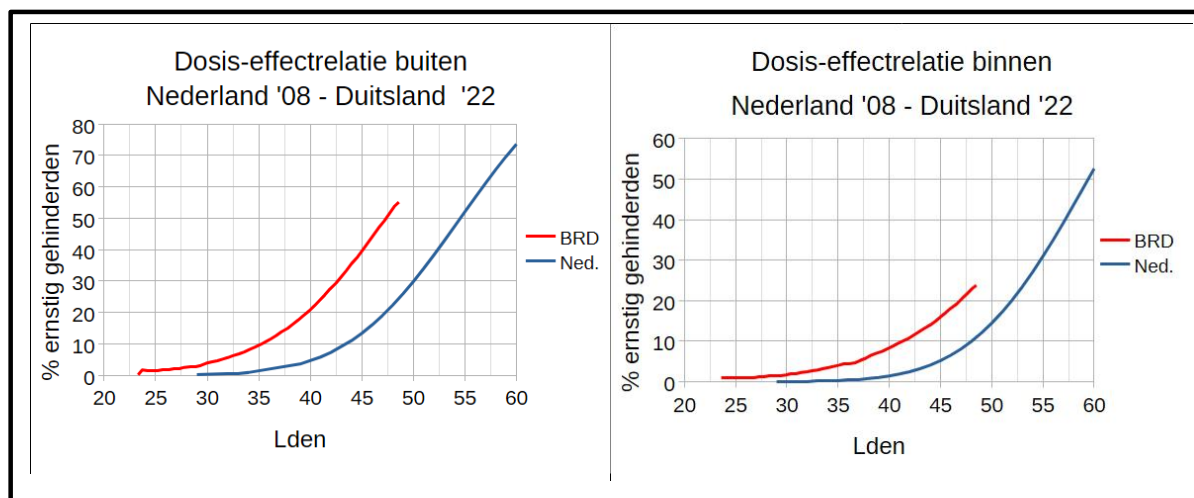


Fig 10: Weergave van de verschillen tussen Nederlandse en de veel recentere Duitse hindercurven voor hoge windturbines, omgerekend naar dezelfde eenheid, de Lden (jaargemiddelde geluidbelasting) met dezelfde methodiek waarmee de Nederlandse B/R curve is bepaald.

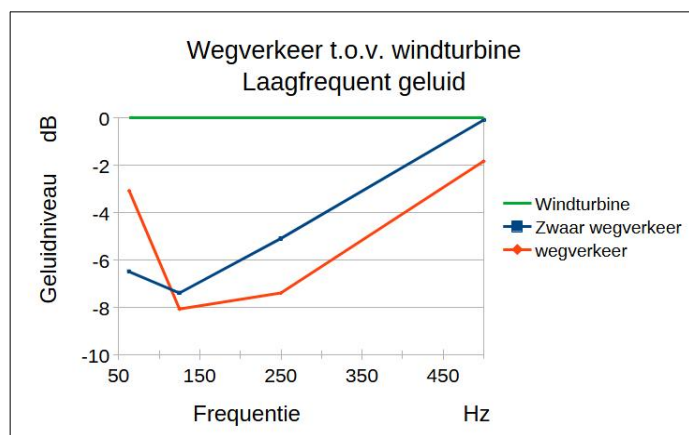
Ernstige geluidshinder is een dermate belangrijke negatieve gezondheidsfactor dat de WHO een advies van maximaal 10% ernstige hinder onder omwonenden adviseert [3]. Als criterium wordt de algemeen ervaren hinder, zowel binnen als buiten gehanteerd. Het 'Duitse RIVM' (Umweltbundesamt) vindt in 2022 bij moderne windturbines al 10% ernstige hinder bij Lden 35 dB(A) [4], [10]. De Nederlandse norm tot 2021 en nog steeds gebruikt bij lokale normering is 47 dB(A).

In het Duitse onderzoek blijkt de ernstige algemene hinder waar het WHO-advies zich op richt overeen te komen met hinder buitenshuis. (zie ook fig. 12) In Nederland wordt zonder verdere motivering steeds uitgegaan van de hinder binnenshuis. Dit leidt tot een 5-7 dB ruimere norm waardoor de minimale afstand van windturbines tot woningen halveert en de hinder verdubbelt.

Bij onder meer het Duitse onderzoek blijkt dat laagfrequente amplitudemodulatie (fluctuerend geluidniveau) de belangrijkste oorzaak is van de hinder. Lden is een zeer slechte maat voor dit type hinder omdat bij gelijke Lden-waarde er zowel veel als weinig AM kan voorkomen. AM kan met name op grote afstand, waarvoor een lage geluidbelasting Lden wordt berekend, toch hoorbaar en hinderlijk zijn, vooral 's nachts (slaapverstoring). Voor bescherming van de gezondheid is daarom aparte AM-normering wenselijk.

5.1 Windturbine-hinder in vergelijking met verkeershinder

Verkeerslawaaï is een (ten onrechte) veelal geaccepteerd fenomeen, ondanks de waarschuwingen van de EEA voor de gezondheidsgevolgen [18]. De *onjuiste* stelling van het RIVM [17] dat windturbinegeluid ongeveer dezelfde impact heeft, leidt daardoor (ook ten onrechte) tot politieke acceptatie ervan.



Afbeelding 11: Verkeerslawaaï bevat veel minder laagfrequent geluid dan windturbines (groen), bij gelijk dB(A) niveau.

Bron: [2]

Het RIVM stelt dat windturbinegeluid voor de lage tonen niet wezenlijk verschilt van verkeerslawaaï, terwijl de akoestisch adviseur van het RIVM zelf in 2010 anders concludeerde (zie figuur 14). Windturbines produceren aanzienlijk meer laagfrequent geluid.

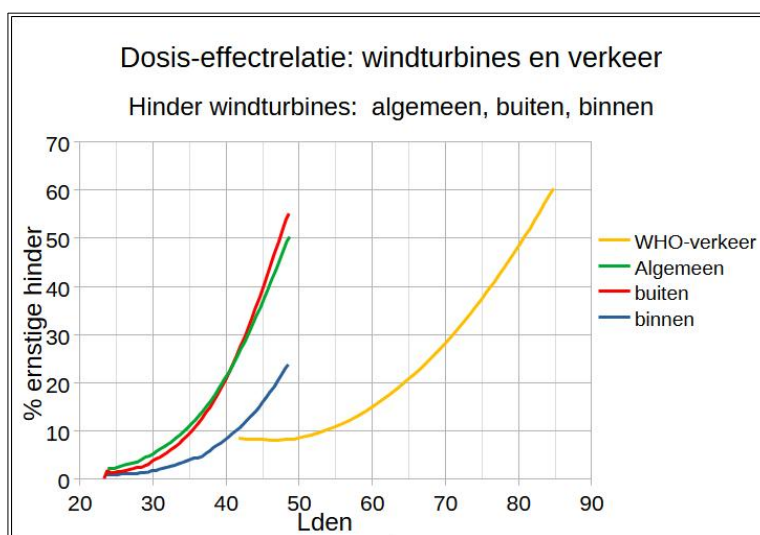


Fig. 12: Vergelijking curven voor verkeer en windturbines
Bron: [3], [4]

Verkeerslawaaï is stabiel en voorspelbaar en neemt in de nacht sterk af. Windturbines produceren 's nachts juist het meeste geluid. Dit is bovendien extra hinderlijk door het sterk onregelmatige, onvoorspelbare en repeterende karakter van de amplitude modulatie, waarvoor het gehoor extreem gevoelig is. Deze AM is tot op 2,4 km afstand binnenshuis gedurende 20% van de tijd hoorbaar [19]. De hindercurves voor verkeers- en windturbinegeluid verschillen dan ook sterk. Hinder van verkeer en windturbines is pas gelijk als het geluid van de windturbines 4x zachter is (bij 20 dB verschil). Bovendien verloopt de hindercurve voor windturbines veel steiler, hetgeen er op wijst dat hinder al bij een lichte verhoging van het geluidniveau sterk toeneemt. Het onregelmatig variëren van windturbinegeluid, zoals de amplitude modulatie, is de belangrijkste hindoerzaak van dit aanzienlijke verschil tussen lawaai van verkeer en windturbines.

5.2 Gezondheidseffecten: Laagfrequente hinder

De invloed van de gevoeligheid van het gehoor voor zelfs een zeer kleine geluidtoename voor laagste frequenties wordt inzichtelijk in figuur 15. Hieruit blijkt dat voor de lage frequenties hinder zeer snel toeneemt bij stijgende intensiteit. Voor de allerlaagste frequenties is er vlak boven de gehoordrempel al snel sprake van ernstige hinder. Er is dus een grote gevoeligheid voor fluctuaties zoals bij amplitude modulatie of geluidpieken. Dit betekent dat aparte normering noodzakelijk is voor de amplitudemodulatie, piekniveaus en laagfrequent geluid (Denemarken hanteert 20 dB LFG binnen de woning als maximum).

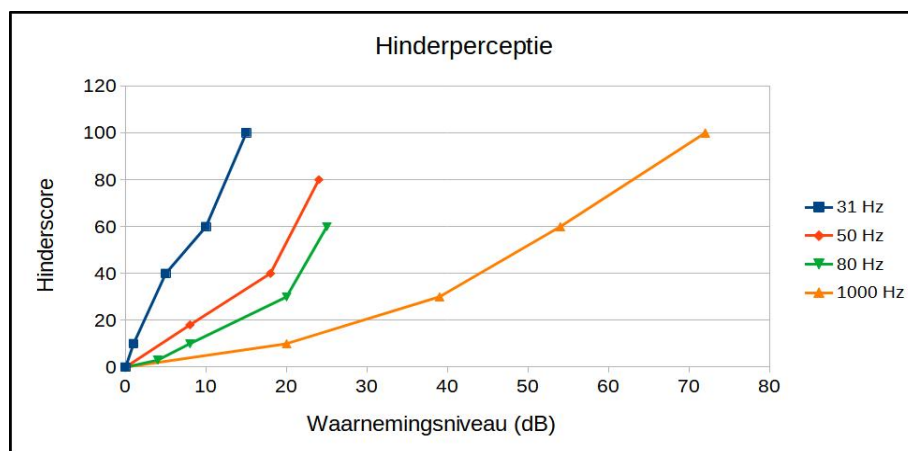


Fig. 13: Hindertoename boven de gehoordrempel Bron:

Bron: [15, Fig. 9]

5.3 Gezondheidseffecten: slaapverstoring

Met name 's nachts worden er door atmosferische omstandigheden waarbij de wind op 200 meter hoogte beduidend sterker is dan aan de grond, dikwijls hoge geluidsniveaus bereikt veelal gepaard gaand met amplitude modulatie. Dit kan leiden tot slaapverstoring.

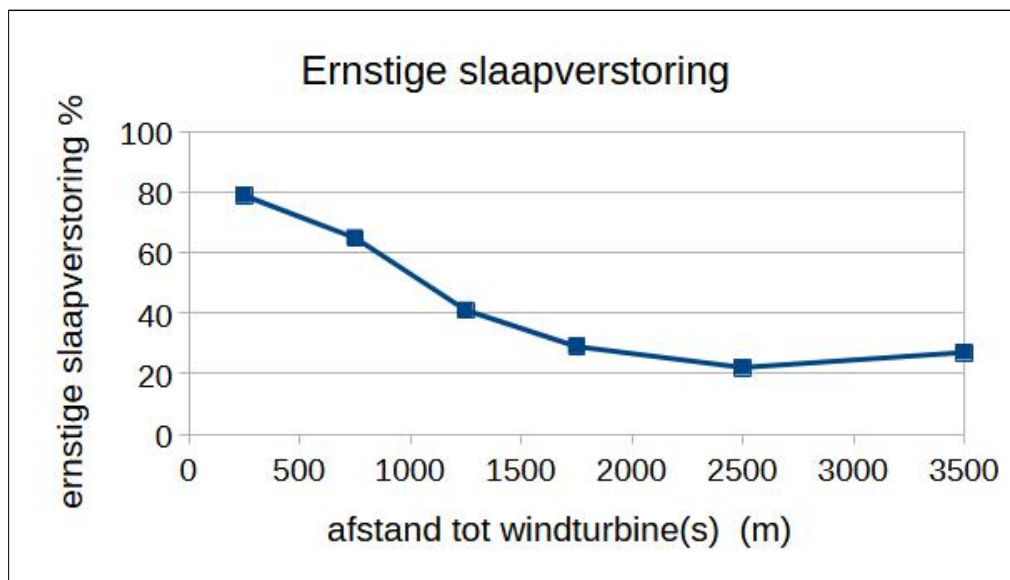


Fig. 14: Toename ernstige slaapverstoring als functie van de afstand tot windturbine(s). Bron: [5]

Toelichting:

Deze grafiek geeft de data weer uit een systematische review en meta-analyse door Godono van al het tot aan 2023 verrichtte onderzoek naar slaapkwaliteit rond windturbines.

Er wordt een duidelijk verband gevonden (correlatie) tussen afstand van woningen tot turbines en slaapverstoring, met 79% ernstige slaapverstoring binnen 500 meter en 65% binnen 1000 meter.

Deze bevindingen zijn in overeenstemming met de gegevens van Michaud (2025) waaruit blijkt dat de 3% WHO-norm voor ernstige slaapstoornissen al bij $L_{den} = 39$ dB(A) wordt bereikt [20]. Dit is ver beneden de huidige en de voorgestelde nieuwe Nederlandse norm. Bij moderne windturbines ligt dit niveau ongetwijfeld nog lager. Dit sluit aan bij de recente Duitse dosis-hinderrelatie.

Onderzoek waarmee windturbinegeluid als oorzaak van slaapverstoring (causale relatie) kan worden aangetoond (pré- en post-plaatsing) is nog steeds niet uitgevoerd, en is ook geen onderdeel van het lopende RIVM onderzoek. Het RIVM beoordeelt het slaaponderzoek als niet relevant wegens het ontbreken van een oorzakelijk verband. Op deze grond zou dan ook de Nederlandse hindercurve waarop de normering is gebaseerd afgekeurd moeten worden, deze heeft immers eveneens geen causale relatie. Zowel de Nederlandse hindercurve als het slaaponderzoek zijn gebaseerd op dezelfde statistische verbanden.

5.4 Turbinehoogte en gezondheidseffecten

In zowel paragraaf 2 Geluidproductie windturbines als 4 Geluidverspreiding blijkt de turbinehoogte een dominante factor te zijn. In fig. 9 worden de maximale geluidsterkten (focusgebieden) voor diverse turbinehoogten gegeven ten opzichte van een turbine met ashoogte 70 meter. Dit geldt voor geluid van 1000 Hz, de midden frequentie die voor 100% meeweegt bij de dB(A)-meting. Dat betekent dat de geluidmaxima overeenkomen met de dB(A)-maat die bij hinderonderzoek wordt gebruikt. Echter met dien verstande dat in de praktijk het natuurlijk niet gaat om een toon van 1000 Hz maar om een breedbandig geluid. De lagere en hogere tonen tellen ook mee bij de dB(A)-weging waardoor de dB(A)-waarde hoger zal zijn dan het hier berekende geluidmaximum bij 1000 Hz. Bovendien is dit modelonderzoek gebaseerd op ideale omstandigheden die in de praktijk niet voorkomen, feitelijk zijn er daarom altijd hogere geluidmaxima dan hier berekend.

De gevonden toename van de geluidmaxima ten opzichte van een turbine van 70 meter zal leiden tot een toename van ernstige hinder. De relatie tussen dB(A)-toename en hinder-toename kan worden afgeleid uit de Nederlandse en Duitse hindercurven' (fig.10). De hindertoename vanaf het 10% hinderniveau (WHO-advies) bedraagt ca. 2,5 % per dB.

In figuur 15 staat voor diverse ashoogten zowel de toename van de geluidmaxima als de toename van de ernstige hinder weergegeven ten opzichte van een turbine van 72 meter.

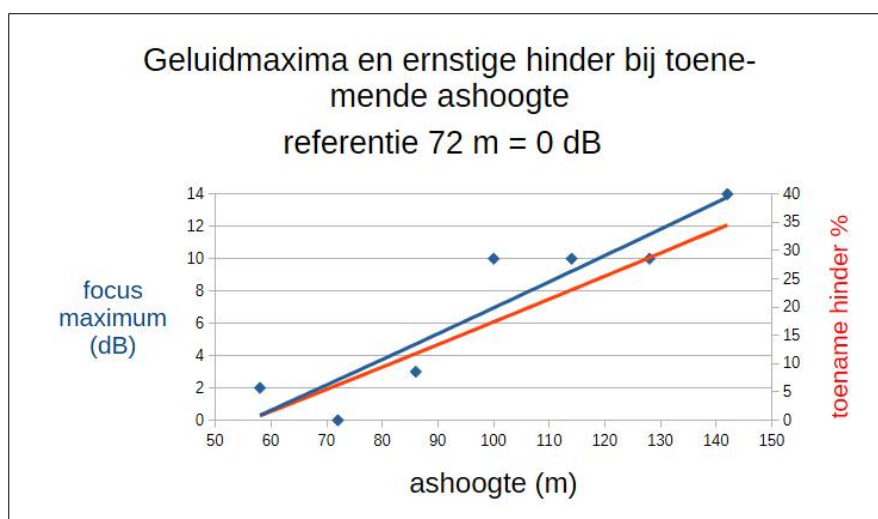


Fig. 15 Toename geluidniveau en ernstige hinder in focusgebieden

Bron: [1]

Dit recente onderzoek bevestigt definitief de grote invloed van de turbinehoogte:

- Moderne grote windturbines produceren aanzienlijk meer geluid dan oude turbines.
- Dit leidt tot zeer ernstige hinder, vooral tussen 1-2 km, ofwel 5-10 x de tiphoogte.
- De hinder overstijgt alle internationale hinder- en slaapnormen. (WHO 2018)
- De Nederlandse hindercurve TNO-2008 wordt ver overschreden en is dus niet maatgevend.

6 Bespreking

Het rekenmodel ISO-9613 dat tot voor kort door de overheid werd voorgeschreven en nog steeds door alle adviesbureaus wordt gebruikt, is niet gevalideerd voor toepassing boven 30 meter, voor afstanden groter dan 1 kilometer en bij meer dan lichte wind. Effecten van hogere turbines kunnen met dit rekenmodel niet worden beoordeeld terwijl vooral de hoogte van de turbine belangrijk is voor de mate van LFG opwek, van 'stall' en de afstand en intensiteit van focuszones.

De 'zachte' windturbines die het RIVM aanbeveelt hebben een speciaal wiekprofiel, zogenaamde uilenveren, die het *algehele geluidniveau* verlagen. Dit geldt echter niet voor de lage tonen waardoor de hinder feitelijk toeneemt [13]. De aanbevolen zachte windturbines leveren dus méér hinder op. De factsheet van het RIVM geeft voorts het beeld dat de hoogte en omvang van de turbine geen invloed heeft, maar vooral 'het type windturbine' de geluidsproductie bepaalt. Hierdoor blijft men een volstrekt achterhaalde hindercurve voor lage windturbines gebruiken met een forse onderschatting van de ernstige hinder. Bovendien worden turbines ten onrechte vervangen zonder nieuwe MER uit te voeren. De gevolgen voor omwonenden zijn ernstig. [21], [22], [23]

In Nederland is in 2011, tegen ambtelijk advies, een Lden-norm geïntroduceerd voor turbinegeluid. Oordeel van de eigen Inspectie van het ministerie van VROM: niet controleerbaar, fraudegevoelig en te weinig bescherming biedend aan omwonenden [24].

In de Lden-systematiek worden belangrijke aspecten van de geluidshinder niet meegewogen: geluidpieken, amplitudemodulatie, laagfrequent geluid, tonale aspecten en de seizoens- en dag/nachtvariaties [7, Par. Lden normering], ondanks de claim dat Lden hiermee 'rekening houdt'.

Nederland baseert zich, ook voor de nieuwe normering, nog steeds op achterhaald hinderonderzoek uit 2008 dat ook door de WHO wordt gediskwalificeerd, (Deze is opgenomen als 'hindercurve in de factsheet van het RIVM, waarop lokale overheden hun 'maatwerknormering' baseren. [17] [7, Par. Gebruik Nederlandse hindercurve in planMER]

Nu volgens de integriteitscommissie de RIVM-factsheet niet langer houdbaar is, vervalt ook de onderbouwing van de nieuwe landelijke en lokale normen. (zie volgende paragraaf)

Meer up to date is het onderzoek door het 'Duitse RIVM' uit 2022 waarbij de geadviseerde grens van maximaal 10% ernstig gehinderden al bij Lden = 35 dB(A) wordt overschreden [4], [10]. Bij de Nederlandse norm van Lden = 47 dB(A) ervaart 48% van de omwonenden ernstige hinder.

De gegevens van in de RIVM-factsheet ontbrekende slaaponderzoeken zijn in overeenstemming met deze veel lagere normwaarden.

7 Conclusie

De overheid heeft de afgelopen 15 jaar de wetenschappelijke inzichten met betrekking tot geluidproductie en geluidverspreiding van windturbines grotendeels gemist. Deze wijzen op een grote toename van ernstige hinder op grotere afstanden, vooral tussen 1-2 km ofwel 5-10 x de tiphoogte van windturbines. Recent onderzoek heeft dit definitief bevestigd. Dit betekent dat de hinderprognoses op basis van de hindercurve uit 2008 volstrekt onbruikbaar zijn geworden.

Er is alle reden om de overheidsvoorlichting ingrijpend aan te passen en het beleid te baseren op het recente onderzoek van de Duitse overheid en het recente slaaponderzoek van Godono, ondersteund door De 'Audiologische review van de Kennisbasis van het Nederlandse windturbinebeleid, gezondheidseffecten en rechtsstatelijke consequenties'.

Het is aan de politiek om de afweging tussen klimaatbeleid en gezondheid te maken. Dit dient te gebeuren op basis van onafhankelijke informatie uit de meest recente wetenschappelijke onderzoeken. Indien gezondheidsadvisering conform de WHO wordt gewogen dan resulteert dat in een norm van $L_{den} = 35 \text{ dB(A)}$. Dit komt globaal overeen met een afstand tot woningen van ongeveer 10x de tiphoogte van windturbines [25] hetgeen zeer aanzienlijk méér is dan de nu voorgestelde 2x tiphoogte.

Daarnaast is normering voor laagfrequent geluid, geluidpieken, AM en tonaliteit noodzakelijk: de L_{den} alleen biedt onvoldoende bescherming van de volksgezondheid.

Gezien het lage kennisniveau van de overheid en de onhoudbaarheid van de factsheet van het RIVM is het ondoenlijk, voor zowel het rijk als lokale overheden, om tot een verantwoorde normering voor windturbines te komen. Dit betekent dat de lopende overgangsregeling waarin de lokale normstelling wordt gefaciliteerd eveneens onhoudbaar is.

Ter bescherming van de gezondheid resteert voorlopig slechts het aanhouden van een afstand tussen bewoning en windturbines van 10x de tiphoogte.

Bijlage: Integriteitsproblemen RIVM-factsheet

6.1 Klachtencommissie RIVM: factsheet is niet houdbaar

Als gevolg van een klacht over de wetenschappelijke integriteit van het RIVM heeft een onafhankelijke interne Commissie Wetenschappelijke Integriteit (CWI) in december 2025 geoordeeld [6] : (...)

“adviseert de DG om de factsheet niet langer in deze vorm te handhaven, maar deze ofwel fundamenteel te herzien en te herstructureren ofwel tijdelijk offline te halen of in te trekken en pas na inpassing van nieuw onderzoek en een grondige herstructurering opnieuw te publiceren.” (DG = directeur generaal van het RIVM). [6], [26]

Belangrijk onderdeel van de klacht betreft het als ‘wetenschappelijke waarheid’ presenteren van de hindercurve (TNO-2008, verband geluidbelasting en hinder, BR-curve) waarop normen worden gebaseerd. Aangerekend wordt het ontbreken van een eigen kritische beoordeling en het niet vermelden van de beoordeling door de WHO dat het TNO-2008 onderzoek te zwak is om normering op te baseren [27], [28]. Het RIVM heeft zich verdedigd door te stellen dat de hindercurve ‘een weergave van het Nederlands beleid’ is. Echter, in de praktijk wordt de factsheet zowel door de politiek als de rechter gezien als ‘actueel wetenschappelijk inzicht’ [7, Par. Rechtsstatelijke gevolgen]. Deze strategische draai van het RIVM benadrukt het gemis aan een eigen, wettelijk verplichte, onafhankelijke analyse.

Een tweede klacht betreft de stelling in de RIVM-factsheet dat de geluidsproductie *niet* samenhangt met de hoogte van de turbines, maar volgens de RIVM-factsheet wordt bepaald door ‘het type turbine’. Dat deze klacht terecht is wordt ondersteund door een groot aantal wetenschappelijke publicaties. Zie bespreking hierboven en [7, Par. Lden normering].

De conclusie van de CWI dat de RIVM-factsheet niet houdbaar is, is in lijn met een eerdere notitie over de voorlichting van het RIVM [8] en de bredere analyse in de ‘Audiologische review van de Kennisbasis van het Nederlandse windturbinebeleid, gezondheidseffecten en rechtsstatelijke consequenties’ [7]. Hierin wordt tevens aangetoond dat de RIVM-factsheet een alles bepalend document is m.b.t planning en, vergunning van windturbines alsmede in de rechtspraak.

Inhoudelijke aanpassingen RIVM-factsheet 2026

Op 28 juli 2026 plaatste het RIVM een verslag van het verloop van de integriteitsklacht op haar website. Men heeft besloten invulling te geven aan het advies door enkele regels aan de RIVM-factsheet toe te voegen. Hierin wordt gesteld dat meer duidelijkheid zou kunnen worden verkregen over hinder van moderne windturbines en de invloed van de turbinehoogte door nader onderzoek te doen. Dit lijkt een adequate en normale reactie op voortschrijdende ontwikkelingen. Zij verhuult echter dat, zoals al jaren het geval, ook bij deze update de actuele wetenschappelijke ontwikkelingen in haar voorlichting ontbreekt. [8]

Pas als deze voorlichting up-to-date is, kan worden bepaald welk verder onderzoek eventueel nodig zou zijn.

Oordeel 'lichte overtreding' na onvolledige weging

In het RIVM-verslag wordt het feit dat de interne integriteitscommissie slechts een lichte overtreding constateerde als hoofdconclusie gepresenteerd. Het blijkt echter dat de commissie essentiële informatie miste en hier ook geen onderzoek naar heeft gedaan. Dit geldt ook voor de beroepsprocedure bij het LOWI alwaar dit punt slechts marginaal werd getoetst. De CWI weegt de ernst van de overtreding conform paragraaf 5.2.c van de gedragscode [6, App. 1]. Onder punt e: 'De overige mogelijke gevolgen voor individuen, de samenleving of de omgeving' stelt zij:

"De Commissie beschikt niet over nadere informatie over de wijze waarop beleidsmakers de RIVM-factsheet gebruiken bij besluitvorming rond de plaatsing van windmolens en heeft dit aspect daarom in haar oordeel niet meegewogen".

Dit leidde tot de kwalificatie 'lichte overtreding'. Deze is derhalve gebaseerd op een onvolledige weging.

Het advies een document volledig te herzien dan wel terug te trekken is de zwaarst denkbare repercussie. Deze kan slechts tot de kwalificatie 'lichte overtreding' leiden indien de relevantie laag is of niet toetsbaar zoals hier het geval is. De relevantie van de RIVM-factsheet is echter zeer groot en de geadviseerde repercussie (intrekken) is zwaar. **Indien een volledige weging zou zijn uitgevoerd, zou deze daarom tot geen andere uitkomst kunnen leiden dan "schending van de wetenschappelijke integriteit"**.

Oorzaak onvolledige beoordeling

De CWI stelt niet op de hoogte zijn hoe beleidsmakers de RIVM-factsheet gebruiken bij besluitvorming rond de plaatsing van windturbines en daardoor dit aspect niet te kunnen meewegen. Het behoort echter tot de taak van de CWI om zich te informeren over de relevante wegingsaspecten. Als onafhankelijke RIVM commissie mag van haar verwacht worden op de hoogte te (kunnen) zijn van de functie van de RIVM-factsheet.

Zij beschikte al over zeer relevante informatie:

- In haar verweer tegenover de CWI [6] heeft het RIVM verklaard onder hoofd 1. 'Doel en aanleiding van de drie RIVM-producten' (....) 'Een factsheet is bedoeld om bepaalde doelgroepen, in dit geval beleidsmakers, te informeren.'
- In de RIVM-factsheet zelf staat: 'Deze factsheet is opgesteld in opdracht van Expertisenetwerk Windenergie op Land (BZK) en is bedoeld om GGD'en, gemeenten en raadsleden te informeren over de gezondheidseffecten van windturbines.'
- De factsheet is het enige RIVM-document met het informeren van beleidsmakers als het expliciete doel.
- Het RIVM is het enige kennisinstituut dat beleidsinformatie m.b.t windturbines levert.

De CWI heeft op basis van deze informatie de RIVM-factsheet als 'zeer relevant' kunnen en moeten kwalificeren. Door hier van af te zien blijft zij in gebreke en vermijdt hiermee een ernstige blamage van het RIVM. Met deze handelwijze stelt zij haar eigen integriteit ter discussie.

Meest belangrijke en cruciale onderdeel advies CWI niet vermeld en niet overgenomen

Het overnemen van het CWI-advies vereist dat de RIVM-factsheet *fundamenteel* wordt herzien:

De doelstelling van de RIVM-factsheet, het verstrekken van alle relevante en up-to-date wetenschappelijke informatie, vormt daarvan het logische *fundament*. Dit betekent minimaal een update van de wetenschappelijke kennis en expertise, conform de opdracht aan het RIVM en de claims van de overheid dat de RIVM-factsheet 'actueel' is. *Tot de tijd dat de RIVM-factsheet is geactualiseerd – met medeneming van alle relevante beschikbare wetenschappelijke literatuur – kan deze niet dienen als basis voor beleid.*

Het CWI eist duidelijk onderscheid: wetenschappelijk kennis en beleidsmatige kennis helder, expliciet en begrijpelijk naast elkaar plaatsen. (Vooral van belang omdat op basis van RIVM-factsheet ook nieuw beleid (normering) wordt ontwikkeld).

De door het RIVM gepresenteerde tekstuele aanpassing van de factsheet van juli 2026 voldoet niet aan het door de CWI geformuleerde doel. Uit bovenstaande bespreking van de tekstuele aanpassingen moge duidelijk zijn dat van een fundamentele herziening absoluut geen sprake is.

Hiermede ontstaat wederom een ernstig probleem:

- **Het niet vermelden van de CWI-conclusie dat de RIVM-factsheet onhoudbaar is: bestuurlijk onaanvaardbaar.**
- **Idem het niet vermelden van de restricties m.b.t de weging tot 'lichte overtreding'**
- **Het presenteren van tekstuele aanpassingen als een fundamentele herziening: zowel bestuurlijk als wetenschappelijk onaanvaardbaar.**

8 Referenties

- [1]. J. Colas, A. Emmanuelli, D. Dragna, P. Blanc-Benon, B. Cotté, en R. J. A. M. Stevens, “Impact of a two-dimensional steep hill on wind turbine noise propagation”, *Wind Energ. Sci.*, vol. 9, nr. 10, pp. 1869-1884, okt. 2024, doi: 10.5194/wes-9-1869-2024.
- [2].....E. Pedersen en F. van den Berg, “Why is wind turbine noise poorly masked by road traffic noise?”, gepresenteerd bij internoise Lissabon, 2010.
- [3].....WHO, “Environmental noise guidelines for European Region”, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2018.
- [4].....L. M. B. Baart de la Faille, “Conversion of the German dose effect relation for wind turbine noise 2022 from Lrating to Lden”, 1 juli 2025. doi: 10.13140/RG.2.2.22295.94887.
- [5].....A. Godono *e.a.*, “Association between exposure to wind turbines and sleep disorders: A systematic review and meta-analysis”, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 254, p. 114273, sep. 2023, doi: 10.1016/j.ijheh.2023.114273.
- [6].....“Advies CWI 2025-001”. RIVM, 8 december 2025.
- [7] Leonard M.B. Baart de la Faille, “Audiologische review van de Kennisbasis van het Nederlandse windturbinebeleid, gezondheidseffecten en rechtsstatelijke consequenties”, 2026. doi: 10.13140/RG.2.2.34998.46409.
- [8].....L. M. B. Baart de la Faille, “Misleidende voorlichting RIVM-GGD”, mei 2025. doi: 10.13140/RG.2.2.23134.80960.
- [9]...J. K. Kirkegaard, T. H. Cronin, S. Nyborg, en D. N. Frantzen, “The multiple understandings of wind turbine noise: Reviewing scientific attempts at handling uncertainty”, 2 mei 2024, *Electrical conversion, integration and impacts/Wind farm control*. doi: 10.5194/wes-2024-34.
- [10].....S. Schmitter, D. Hemmer, D. D. Schreckenber, en S. Großarth, “Noise effects of the use of land-based wind energy”, Umweltbundesamt, jun. 2022.
- [11]. L. M. B. Baart de la Faille, “Jaargemiddelde geluidbelasting windturbines Lden bij normering en dosis-effectrelatie.”, 3 september 2024. doi: 10.13140/RG.2.2.30474.84169.
- [12].....S. Oerlemans, “An explanation for enhanced amplitude modulation of wind turbine noise.”, National Aerospace Laboratory NLR, NLR-CR-2011-071 National Aerospace Laboratory, jul. 2011.
- [13]...W. Wang, Y. Yan, Y. Zhao, en Y. Xue, “Studies on the Experimental Measurement of the Low-Frequency Aerodynamic Noise of Large Wind Turbines”, *Energies*, vol. 17, nr. 7, p. 1609, mrt. 2024, doi: 10.3390/en17071609.
- [14].....P. Baas, F. C. Bosveld, H. Klein Baltink, en A. A. M. Holtslag, “A Climatology of Nocturnal Low-Level Jets at Cabauw”, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 48, nr. 8, pp. 1627-1642, aug. 2009, doi: 10.1175/2009JAMC1965.1.
- [15]....L. M. B. Baart de la Faille, “Audiologisch advies geluidsonderzoek en normering Windpark IJsselwind. In het kader van de beroepsprocedure bij de Raad van State.”, jul. 2024. doi: 10.13140/RG.2.2.34494.29768/1.
- [16]E. Barlas, W. J. Zhu, W. Z. Shen, M. Kelly, en S. J. Andersen, “Effects of wind turbine wake on atmospheric sound propagation”, *Applied Acoustics*, vol. 122, pp. 51-61, jul. 2017, doi: 10.1016/j.apacoust.2017.02.010.
- [17].....RIVM, “Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid”, jul. 2026.
- [18]WHO, “Environmental noise in Europe”, Publications Office of the European Union, LU, 2025. doi: 10.2800/1181642.
- [19]...K. L. Hansen, P. Nguyen, B. Zajamšek, P. Catcheside, en C. H. Hansen, “Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations”, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 455, pp. 136-149, sep. 2019, doi: 10.1016/j.jsv.2019.05.008.
- [20].....D. S. Michaud, M. Guay, S. E. Keith, A. Denning, en J. P. McNamee, “An analysis of self-reported sleep disturbance from nighttime wind turbine noise suggests minimal effects but

- highlights the need for standardization in research design”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 157, nr. 1, pp. 275-287, jan. 2025, doi: 10.1121/10.0034710.
- [21]. H. Møller en C. S. Pedersen, “Low-frequency noise from large wind turbines”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 129, nr. 6, pp. 3727-3744, jun. 2011, doi: 10.1121/1.3543957.
- [22]. H. Møller, S. Pedersen, J. K. Staunstrup, en C. S. Pedersen, “Assessment of low-frequency noise from wind turbines in Maastricht”.
- [23]. H. Verhoeven, “Was het maar zo bij windturbines”. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.windwiki.nl/wp-content/uploads/2025/08/Hoe-groter-hoe-stiller-Was-het-maar-zo-bij-windturbines.pdf>
- [24]. Inspectie, “Rapportage HUF-beoordeling”, Ministerie VROM-inspectie, HUF, jun. 2009. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.windwiki.nl/wp-content/uploads/2022/12/Rapportage-HUF-beoordeling.pdf>
- [25] E. Koppen, “Onderzoek afstandsnormen Windturbines. i.o.v Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. 2022”, Arcadis i.o.v Ministerie Economische zaken en klimaat., 2022.
- [26]. LOWI, “Advies 2026-12 – Landelijk Orgaan Wetenschappelijke Integriteit”. Geraadpleegd: 29 september 2026. [Online]. Beschikbaar op: <https://lowi.nl/advies-2026-12/>
- [27]. R. Guski, D. Schreckenberg, en R. Schuemer, “WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance”, *IJERPH*, vol. 14, nr. 12, p. 1539, dec. 2017, doi: 10.3390/ijerph14121539.
- [28]. R. Guski, D. Schreckenberg, en R. Schuemer, “Supplementary Materials:WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, dec. 2017.