Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Factsheet
gezondheidseffecten van windturbinegeluid



Samenvatting:

- Hinder is het meest beschreven en bewezen effect van windturbinegeluid.
- De hinder die mensen ondervinden van windturbines kan indirect andere gezondheidsklachten veroorzaken.
- Onderzoeken naar slaapverstoring door windturbines zijn niet eenduidig, ze laten verschillende resultaten zien.
- Voor andere gezondheidseffecten zoals hart- en vaatziekten en effecten op de mentale gezondheid is onvoldoende bewijs gevonden dat die samenhangen met het geluid of wonen in de buurt van windturbines.
- Windturbinegeluid is 's nachts beter te horen, omdat het geluid van andere bronnen dan juist wegvalt.
- Kenmerkend voor windturbinegeluid is het zwiepende, zoevende en stampende karakter.
  Dit noemen we de amplitudemodulatie.
- Bij gelijke geluidsbelasting wordt geluid van windturbines als hinderlijker ervaren dan andere bronnen van omgevingsgeluid zoals industrie, rail- en wegverkeer. Hinder van windturbinegeluid treedt bij lagere geluidsniveaus op in vergelijking met andere geluidbronnen.
- Het aandeel laagfrequent geluid en infrageluid van windturbinegeluid is vergelijkbaar met dat van andere alledaagse bronnen, zoals verkeer.
- Persoonlijke en contextuele factoren hebben invloed op de hinder van windturbines. Zo kan het betrekken van omwonenden in het lokale besluitvormingsproces de ervaren hinder verminderen.
- De Nederlandse wetgeving kent geluidsnormen voor windturbines van 47 dB L_{den} (jaargemiddelde geluidniveau voor het etmaal op de gevel) en 41 dB L_{night} (jaargemiddelde geluidniveau voor de nachtperiode op de gevel). Er geldt geen afstandsnorm in Nederland. [1]

[1] De Raad van State heeft 30 juni 2021 een uitspraak gedaan over de milieubeoordeling voor windturbinenormen (https://www.raadvanstate.nl/@125920/milieubeoordeling-voor-windturbinenormen/). De gevolgen van deze uitspraak staan beschreven in een kamerbrief van de staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat – Klimaat en Energie van 6 juli 2021 met kenmerk DGKE-WO/21177649 aan de Tweede Kamer.

Leeswijzer

Deze factsheet geeft een overzicht van wat op dit moment bekend is over gezondheidseffecten van geluid van windturbines. De volgende vragen komen aan bod: Wat is kenmerkend aan het geluid van windturbines? Wat is er bekend over de gezondheidseffecten van windturbinegeluid? Welke wetgeving is er rondom windturbines? De tekst geeft een globaal overzicht van de stand van zaken. In de tekstboxen staat meer specifieke informatie.

1 Inleiding

Om het gebruik van fossiele brandstoffen terug te dringen, neemt het gebruik van duurzame energiebronnen wereldwijd toe. Duurzame energiebronnen zijn bijvoorbeeld biomassa, waterkracht, zon en wind. Het aantal windturbines op land is de afgelopen decennia in Nederland toegenomen van 1291 gerapporteerde windturbines in 2000 naar 2032 windturbines in 2019 (CBS Statline, 2021). Op basis van de afspraken in het Nationaal Programma Regionale Energiestrategie (www.regionale-energiestrategie.nl) valt te verwachten dat het aantal windparken op land de komende jaren zal blijven toenemen en dat er bij meer mensen windturbines in hun directe leefomgeving zullen staan. De meerderheid van de bevolking in Nederland ziet de noodzaak in van duurzame energie. Daarbij geeft bijna de helft van de bevolking aan geen probleem te hebben met een windmolenpark in de eigen woonomgeving (47%), terwijl één derde het wel een probleem vindt (32%) en één vijfde heeft hier geen duidelijke mening over (21%) (CBS, 2018).

Hoewel de voordelen op nationale en wereldwijde schaal worden erkend, namelijk een vermindering van de concentratie broeikasgassen (CO_2) in de atmosfeer, bestaat er op lokaal niveau vaak weerstand tegen de mogelijke komst van windparken. Dit kan leiden tot maatschappelijke discussies over de noodzaak van windenergie, de geschiktheid van het gebied en de effecten van het geluid die windturbines voortbrengen.

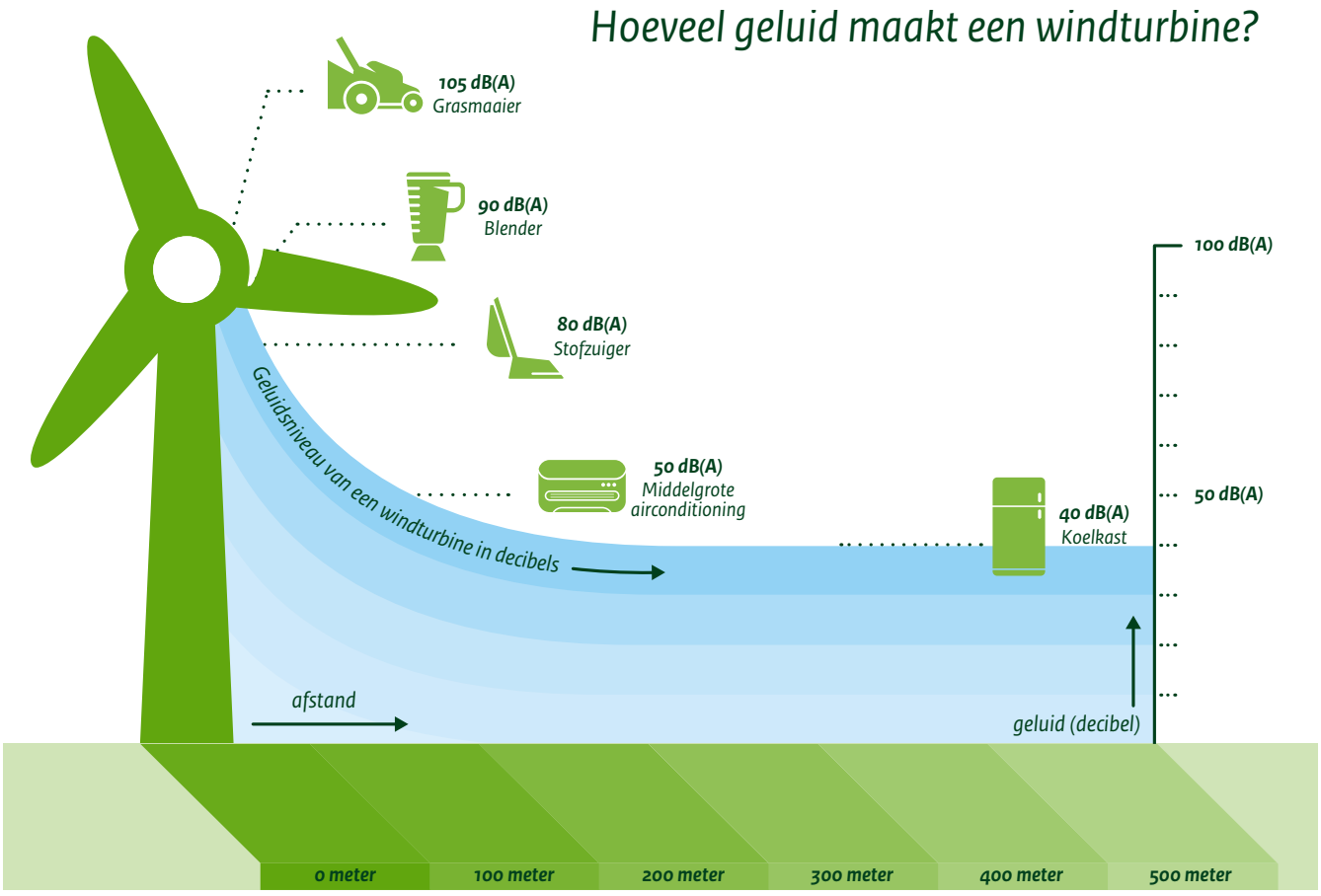
Wat het voor de gezondheid betekent om in de buurt van windturbines te wonen is een belangrijk onderdeel van deze discussie. In deze factsheet ligt de focus vooral op de effecten van het geluid van de windturbines, maar ook wordt aandacht besteed aan andere factoren die samenhangen met windturbines. Het gaat dan om visuele effecten als slagschaduw, (knipperende) obstakelverlichting en aantasting van het uitzicht of landschap. Daarnaast spelen persoonlijke en contextuele aspecten, zoals het planningsproces en inspraak, een belangrijke rol bij de beleving van windturbines en gezondheidseffecten.

2. Windturbinegeluid

Windturbines zijn in de loop der tijd steeds groter geworden en zijn meer elektriciteit gaan opwekken. De nieuwe grotere windturbines zijn niet méér geluid gaan produceren dan windturbines die er al staan. Windturbines genereren twee soorten geluid: enerzijds mechanisch geluid door apparatuur in de turbine en anderzijds stromingsgeluid door de interactie van de wieken met de lucht. Het niveau van windturbinegeluid wordt vooral bepaald door de snelheid waarmee de wieken draaien. Bij stromingsgeluid kan er onderscheid gemaakt worden tussen achterrandgeluid, instroomgeluid en verdringingsgeluid. In tekstbox 1 worden deze geluidsbronnen beschreven. Op 300 meter afstand van een windturbine ligt het geluidniveau, afhankelijk van het type, tussen de 40 à 50 dB(A). Dat geluidniveau is vergelijkbaar met bijvoorbeeld een koelkast (40 dB(A)) of middelgrote airconditioning (50 dB(A)) (Figuur 1).

Amplitudemodulatie

Eén van de kenmerkende eigenschappen van windturbinegeluid is 'amplitudemodulatie', ofwel het zwiepende, zoevende of stampende karakter dat omwonenden beschrijven. Bij amplitudemodulatie varieert de sterkte van het geluid met het tempo waarmee een wiek de mast passeert. Hoe sterk dit ritmisch geluid is, is afhankelijk van de weersomstandigheden en het is vooral op grotere afstand van een windturbine te horen. Dichtbij een windturbine is ook zoeven te horen, maar dit hangt niet met weersomstandigheden samen en is voor omwonenden minder van belang.



Figuur 1. Schematische weergave windturbinegeluid in vergelijking met andere bronnen (Op basis van RVO, 2016 met toestemming).*

* *Deze figuur geeft een schematische weergave, in werkelijkheid kunnen de geluidniveaus en afstanden per situatie verschillen en zal het geluidniveau na 300 meter nog verder afnemen.*

Hoorbaarheid windturbinegeluid (op basis van Pilot Kennisplatform Windenergie, 2015)
Windturbinegeluid kan variëren omdat ook de wind variabel is. Van het minimum, het net gaan produceren van elektriciteit, tot aan het maximum, als de turbine op hoog vermogen draait kan de geluidsproductie met 10-15 decibel toenemen. 's Nachts neemt het geluid van andere bronnen vaak af en kunnen windturbines harder gaan draaien doordat op grotere hoogte de wind toeneemt. Na zonsondergang is de kans ook groter dat het geluid ritmischer gaat klinken, waardoor het meer opvalt. Dit heeft waarschijnlijk te maken met veranderingen in windsnelheid als de grond afkoelt. De windsnelheid op grotere hoogte neemt dan toe terwijl de snelheid bij de grond juist afneemt. De wieken komen dan tijdens hun rondgang verschillende windsnelheden tegen waarbij de hoeveelheid opgewerkt geluid ook verschilt. Een windturbine is 's nachts daardoor vaker en beter hoorbaar.

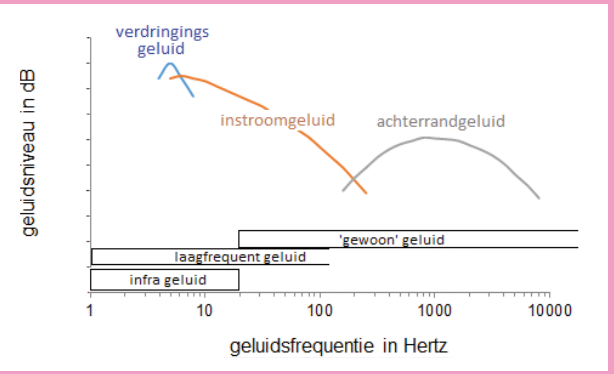
Tekstbox 1. Bronnen van windturbinegeluid

Geluid is opgebouwd uit golven. Het aantal golven per seconde bepaalt de toonhoogte van een geluid. Het aantal golven per seconde noemen we frequentie, uitgedrukt in Hertz (Hz). Hoe hoger de frequentie is – dus hoe meer golven per seconde – hoe hoger de toon is. En omgekeerd, een lagere frequentie – minder golven per seconde – is een lagere toon. Geluid onder 20 Hz wordt infrageluid genoemd. Laagfrequent geluid (LFG) is geluid met lage tonen: frequenties tussen 20 Hz en 100/125 Hz. Hoe hard of sterk een geluid is, wordt bepaald door de drukverschillen in de geluidsgolf: meestal wordt de geluidssterkte berekend als een geluidniveau en uitgedrukt in decibel (dB). Omdat het gehoor niet voor alle frequenties even gevoelig is, wordt de sterkte vaak nog gecorrigeerd voor het menselijk gehoor (met een zogenoemde A-weging).

De voornaamste bronnen van geluid van een windturbine hangen allemaal samen met de luchtstroming rond de wieken:

1. Het dunne laagje lucht dat direct langs het oppervlak van een wiek stroomt, wordt verderop steeds turbulenter (er ontstaan dan kleine wervelingen). Die turbulentie wekt vooral aan de achterrand van de wieken geluid op: **achterrandgeluid** (in Engelstalige publicaties wordt dit 'trailing edge noise' genoemd). Dit geluid is ruisachtig en het best hoorbare deel ligt in het spraakgebied (frequentiegebied van ongeveer 400 tot 2000 Hz). Dit geluid is, wat de frequenties betreft, vergelijkbaar met bandengeruis van autoverkeer. Het niveau van dit geluid neemt sterk toe met de snelheid van de wiek: een verdubbeling van de snelheid geeft een 15 dB hoger geluidniveau. Daardoor ontstaat het meeste achterrandgeluid bij de wiekuiteinden (omdat die het snelst bewegen).
   Doordat de wind zelf turbulent is, is er ook turbulentie aan de voorkant van een wiek. Die windgedragen turbulentie veroorzaakt geluid als deze het bladoppervlak treft: **instroomgeluid** ('inflow turbulence sound'). Dit geluid is ook ruisachtig, maar is meer laagfrequent met frequenties tot ongeveer 200 Hz. Dit geluid is beter vergelijkbaar met motorgeluid van wegverkeer.
2. Bij een plotselinge zijwaartse beweging van de wiek, bijvoorbeeld door een plotselinge verandering in windsnelheid, ontstaat geluid waarvan de frequentie wordt bepaald door het toerental van de rotor: **verdringingsgeluid** ('thickness sound'). Het bevat vooral frequenties van ongeveer 1 tot 20 Hz (infrageluid). Het gehoor is echter erg ongevoelig bij deze zeer lage frequenties. Ook bijvoorbeeld storm, branding van de zee of stadsverkeer produceren infrageluid, en ook daarvan horen we het 'normale' geluid en (meestal) niet het infrageluid.

In figuur 2 zijn de voornaamste bronnen van windturbinegeluid weergegeven verdeeld naar hun frequenties.



Figuur 2. Geluidsfrequenties die worden geproduceerd door windturbines. (Overgenomen van Pilot Kennisplatform Windenergie, 2015)

(overgenomen uit White et. al., 2020 & Pilot Kennisplatform Windenergie, 2015)

3. Gezondheidseffecten van windturbinegeluid

Windturbines kunnen in Nederland op lokaal niveau leiden tot hinder bij omwonenden. Onderzoek in 2019 laat zien dat 0.2% van de Nederlandse bevolking ernstige hinder van windturbines ondervindt (van Poll, 2020), waarbij er wel regionale verschillen zijn (van Poll et. al., 2018). Op nationaal niveau worden windturbines in verhouding met andere geluidsbronnen, zoals wegverkeer, minder vaak gerapporteerd als bron van ernstige hinder. Dat komt vooral doordat die andere bronnen veel meer mensen treffen. Zo was het percentage ernstige hinder van wegverkeer 10.4% in onderzoek uit 2019 (van Poll, 2020).

Het aantal publicaties over de relatie tussen windturbines en gezondheid is de laatste jaren toegenomen. De meeste onderzoeken zijn gedaan naar geluid van windturbines, maar er is ook gekeken naar de invloed van slagschaduw, trillingen, (knipperende) obstakelverlichting en andere visuele aspecten (van Kamp en van den Berg, 2020/2021 en Freiberg et. al., 2019).

Uit het beschikbare wetenschappelijk onderzoek kunnen we afleiden of er voldoende, onvoldoende of geen bewijs is aangetoond voor een verband, of dat het bewijs niet eenduidig is:
Onvoldoende bewijs kan er op duiden:
1. dat er te weinig studies zijn gedaan,
2. dat de kwaliteit van de studies onvoldoende is,
3. dat de onderzochte effecten niet duidelijk samenhangen met het geluid (of een ander aspect).

Niet eenduidig bewijs duidt er op dat uitkomsten van studies tegenstrijdig zijn.

- **Hinder**
  Hinder is het meest beschreven en onderzochte effect van het wonen in de nabijheid van een windturbine of het geluid ervan (van Kamp & van den Berg, 2020/2021; Freiberg et. al., 2019) en kan omschreven worden als een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt (Gezondheidsraad, 1999). Chronische hinder kan ook omschreven worden als stressor, die op lange termijn tot gezondheidsklachten kan leiden. We spreken dan van een indirect gezondheidseffect, omdat er geen direct verband is met het geluidniveau.

  Uit een recente literatuurstudie (van Kamp van den Berg 2020/21) blijkt dat er een duidelijk verband is tussen het geluidniveau van windturbines en de hinder ervan; mensen ondervinden meer hinder naarmate het geluid harder is. Dit geldt voor het totale windturbinegeluid, dus het hele geluidspectrum. Het is hierbij niet zo dat het aandeel laagfrequent geluid van windturbines voor andere hinder zorgt dan 'gewoon' geluid.

  In vergelijking met andere bronnen, wordt windturbinegeluid bij een gelijke geluidbelasting (evenveel dB's) als hinderlijker ervaren dan geluid van industrie, weg- of railverkeer (Janssen et. al., 2011; Houthuijs et. al., 2006; Welkers et. al., 2020). Ook treedt hinder van windturbinegeluid bij lagere geluidsniveaus op in vergelijking met andere bronnen. Factoren die mogelijk bepalen waarom windturbinegeluid bij lagere niveaus als hinderlijker wordt ervaren zijn het specifieke ritmische karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie), en factoren zoals slagschaduw, knipperende lichten, houding ten aanzien van het beleid en geluidgevoeligheid, en de betere hoorbaarheid van het windturbines 's avonds en 's nachts doordat het overige geluid afneemt en windturbinegeluid dan gelijk blijft of juist toeneemt.

- **Slaapverstoring**
  Op basis van de meest recente literatuuroverzichten van internationale onderzoeken (Basner & McGuire, 2018; van Kamp & van den Berg, 2020/2021; Freiberg et. al., 2019) kan geen conclusie worden getrokken over de samenhang van het geluidniveau van windturbinegeluid en slaapverstoring. De resultaten van onderzoek zijn niet eenduidig. Dat geldt voor zowel door bewoners zelf gerapporteerde slaapverstoring als gemeten slaapindicatoren (zoals bijvoorbeeld het meten van bewegingen tijdens de slaap of het aantal ontwaakreacties). Wel is er een indirect verband aangetoond, namelijk tussen hinder door windturbinegeluid en zelf gerapporteerde slaapverstoring (van Kamp & van den Berg, 2020/2021). Voor weg-, vlieg- en railverkeergeluid in de nacht is er wel een direct verband aangetoond tussen het geluidsniveau en slaapverstoring (WHO, 2018).

- **Overige gezondheidseffecten**
  Voor andere gezondheidseffecten is onvoldoende bewijs gevonden voor een direct effect van het wonen in de nabijheid van een windturbine of het geluid ervan. Denk hierbij aan hart- en vaatziekten, stofwisselingsstoornissen, cognitieve effecten en effecten op de mentale gezondheid. Wel zijn er indirect gezondheidseffecten aangetoond namelijk tussen hinder van geluid, slagschaduw en knipperende lichten en gezondheidsklachten als chronische pijn, migraine/hoofdpijn, tinnitus, duizeligheid en misselijkheid (Michaud et. al., 2018).

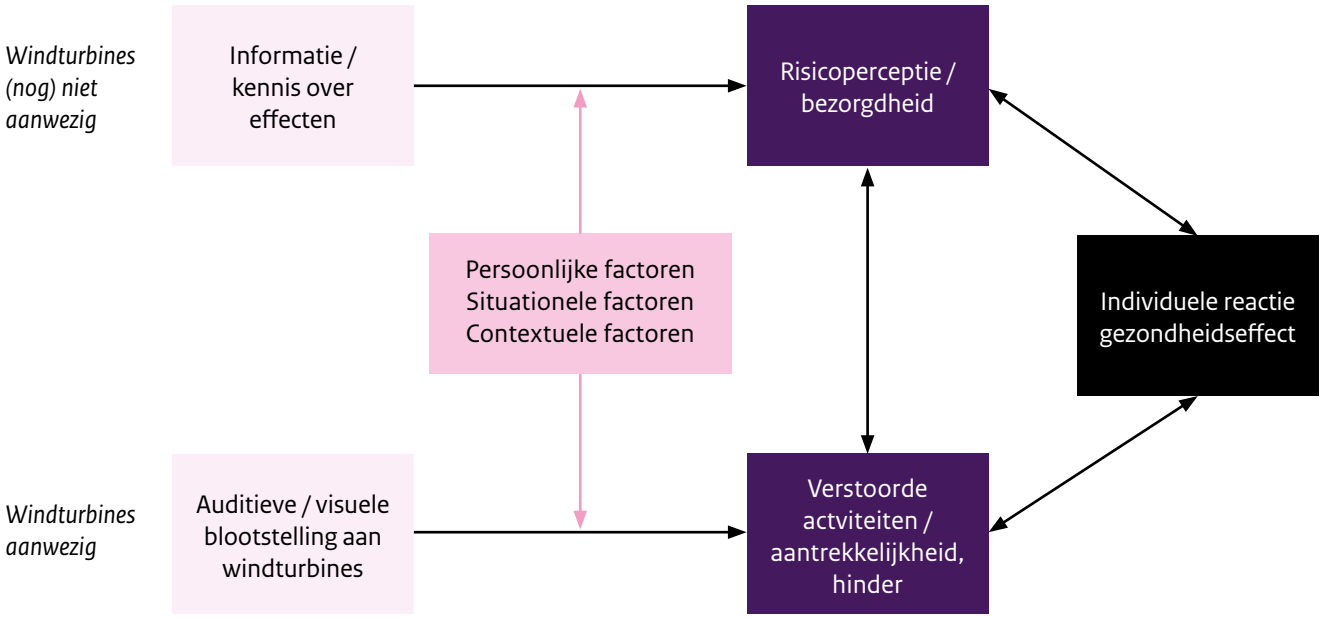
Gezondheidseffecten laagfrequent geluid (LFG) en infrageluid
Windturbines maken geluid over het hele spectrum van lage en hoge tonen. Hierbij horen dus ook laagfrequent geluid en infrageluid (zie figuur 2). Het laagfrequente geluid van windturbines is vergelijkbaar met andere bronnen van geluid zoals verkeer (Bolin et. al, 2011). Infrageluid van windturbines is niet sterker dan infrageluid van andere bronnen, zoals wegverkeer en wind en in de praktijk meestal ook niet hoorbaar (van den Berg en van Kamp, 2020/2021). Voor LFG zijn hinder en mogelijk slaapverstoring gevonden als gezondheidseffecten (Baliatsas et. al., 2016 in White et. al., 2020). Maar er zijn geen aanwijzingen dat LFG en infrageluid andere effecten hebben op omwonenden dan gewoon geluid (van Kamp & van den Berg, 2020/2021). De totale sterkte van het windturbinegeluid en het speciale karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie) lijken belangrijke onderdelen voor de ervaren hinder. LFG dempt wel minder uit dan geluid met hogere frequenties. Hierdoor kan over een grotere afstand vooral het laagfrequente deel van geluidsbronnen hoorbaar zijn. In verband met windturbines worden het windturbinesyndroom en de zogenoemde vibro-akoestische ziekte (VAZ) genoemd (Alves-Pereira & Castelo Branco, 2007; Pierpont, 2009), maar beide worden niet medisch erkend (Tekstbox 2). Meer informatie over laagfrequent geluid is te vinden in de factsheet laagfrequent geluid (White et. al., 2020).

Tekstbox 2. Windturbinesyndroom en vibro-akoestische ziekte

- Het windturbinesyndroom is beschreven door Pierpont (2009). Het verwijst naar een groep van klachten die worden toegeschreven aan de blootstelling aan windturbinegeluid. Het gaat hier om (niet-specifieke) klachten zoals slaapstoornissen en slaaptekort, hoofpijn, oorsuizing, druk op de oren, duizeligheid, vertigo (draaiduizeligheid) en misselijkheid, wazig zien, problemen met concentratie en geheugen, versnelde hartslag, en paniekaanvallen. Het onderzoek, waarin dit syndroom beschreven staat, is omschreven als wetenschappelijk zwak op basis van de selectie van de deelnemers, het beperkte aantal deel-nemers en omdat deelnemers al klachten hadden voor plaatsing van de windturbine (MDEP, 2012).
- Onderzoeken naar VAZ (Alves-Pereira & Castelo Branco, 2007) zijn eind van de jaren '90 uitgevoerd door een kleine groep van dezelfde onderzoekers waarbij onderzoek is gedaan onder vliegtuigtechnici die beroepsmatig zijn blootgesteld aan hoge niveaus van laagfrequent geluid. Klachten variëren van somberheid tot hart- en vaatziekten. De informatie uit deze artikelen is van lage kwaliteit. De onderzoekers geven onvoldoende informatie over hoe het onderzoek is uitgevoerd en op welke grond VAZ is vastgesteld. Ook zijn de resultaten niet bevestigd in onderzoeken van andere onderzoekers. Omdat het toetsen van onderzoeksresultaten op deze manier de basis is voor wetenschap, is er op dit moment geen wetenschappelijk bewijs voor het bestaan van VAZ (overgenomen uit White et al., 2020).

Niet-akoestische factoren
Naast de fysieke aspecten van windturbines (zoals het geluidniveau, zichtbaarheid in het landschap, slagschaduw, obstakelverlichting) hebben meer factoren van invloed op de ervaren hinder. Deze worden onderverdeeld in:
- *Demografische factoren*, zoals leeftijd, geslacht, opleidingsniveau en inkomen;
- *Persoonlijke factoren*, zoals angst/bezorgdheid en geluidgevoeligheid;
- *Situationele factoren*, zoals de aanwezigheid van andere geluidbronnen, aantrekkelijkheid van het gebied, afstand tot voorzieningen en type gebied;
- *Contextuele (maatschappelijk/economische) factoren*, zoals betrokkenheid bij het proces, procedurele rechtvaardigheid en maatschappelijke opvattingen.

De invloed van deze factoren is niet per se uniek voor windturbinegeluid en komt ook bij andere geluidsbronnen voor. De samenhang tussen deze factoren is voor windturbines weergegeven in Figuur 4. De figuur geeft de relatie weer tussen windturbines en gezondheidseffecten en houdt daarbij ook rekening met de fase waarin er nog geen windturbine aanwezig is. Omwonenden kunnen al overlast of bezorgdheid ervaren zonder dat een windturbine aanwezig is (Michaud et. al., 2016), bijvoorbeeld door berichten over gezondheidsschade. Sommige aspecten van persoonlijke en contextuele factoren spelen bij windturbines een naar verhouding grote rol. Zo zijn lokale betrokkenheid bij het planningsproces of gedeeld eigenaarschap belangrijke factoren voor de sociale acceptatie van windenergieprojecten en de ervaren hinder van omwonenden (van Kamp & van den Berg, 2020).



Figuur 3. Relatie tussen de (informatie over) de blootstelling aan windturbines en individuele reacties (overgenomen uit van Kamp & van den Berg, 2020/2021, op basis van Michaud et. al., 2016).

4. Wetgeving, normen, advieswaarden windturbines

Nederlandse beleid
Windenergieprojecten vallen onder verschillende wetten in Nederland zoals voor geluid, ruimtelijke ordening en regelgeving rondom productie, transport en levering van elektriciteit. Normen voor windturbinegeluid vallen onder de regelgeving in het Activiteitenbesluit milieubeheer (na inwerkingtreding van de Omgevingswet in het Besluit Kwaliteit Leefomgeving). Hierin zijn specifieke normen vastgelegd voor het maximaal toelaatbare geluidsbelasting op woningen en andere gevoelige objecten, maar ook regelgeving omtrent slagschaduw van windturbines en het plaatsgebonden veiligheidsrisico. De geluidsbelasting wordt getoetst aan twee maximaal toelaatbare geluidsniveaus (Tekstbox 3), namelijk van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} (RVO, 2016).

Deze normen gelden voor alle windturbines, dus ook voor turbines met een hogere ashoogte. Het geluidsspectrum voor grote windturbines (>3 MW) wijkt niet of nauwelijks af van die van kleinere turbines (0,5 tot 3 MW) (mondelinge mededeling van den Berg, 2021). Door de vaste geluidsnorm zullen grote turbines dan ook niet meer geluidhinder veroorzaken dan kleinere turbines.

In Nederland geldt geen afstandsnorm. De afstand tot woningen die toelaatbaar is, wordt bepaald door de hierboven beschreven geluidnormen (47 dB L_{den} en 41 dB L_{night}) en regels omtrent slagschaduw en plaatsgebonden risico. De situatie van windturbines kan per locatie verschillen door meteorologische en geografische factoren. Een afstandsnorm levert daardoor voor geluid geen gelijke bescherming. Door gebruik te maken van geluidnormen wordt er rekening gehouden met factoren als verschillen in opstelling van de windturbines, het type windturbine en verschillen in bodemtype tussen de windturbine en de woning.

Blootstelling-respons relatie
De blootstelling-respons relatie beschrijft de relatie tussen de blootstelling aan bepaalde niveaus of concentraties van een omgevingsfactor (in dit geval windturbinegeluid) en de kans op een respons (bijv. ernstige hinder of slaapverstoring). Blootstelling-respons relaties kunnen als basis dienen voor regelgeving. Figuur 4 laat de huidige blootstelling-respons relatie zien voor windturbinegeluid binnenshuis en buitenshuis voor ernstige hinder, op basis van drie vragenlijstonderzoeken: twee in Zweden en één in Nederland (Janssen et. al., 2008). Bij de huidige Nederlandse etmaal norm (47 dB L_{den}) zal ongeveer 8 á 9% van de bewoners in huis ernstige hinder ondervinden.

Bij de Nederlandse norm voor windturbinegeluid wordt een bepaald percentage ernstig gehinderden aanvaardbaar geacht. Dat is ook het geval bij andere geluidbronnen. Het is een beleidsmatige waarde, waarbij een afweging is gemaakt tussen de voordelen van de geluidbron en de hinder die omwonenden ondervinden. Op basis van de blootstelling-respons relatie van Janssen et. al. (2008) en blootstellingsgegevens uit 2015 is geschat dat gemiddeld ruim 7.300 personen van 18 jaar en ouder in Nederland ernstige hinder ervaren door windturbinegeluid (Welkers et. al., 2020).

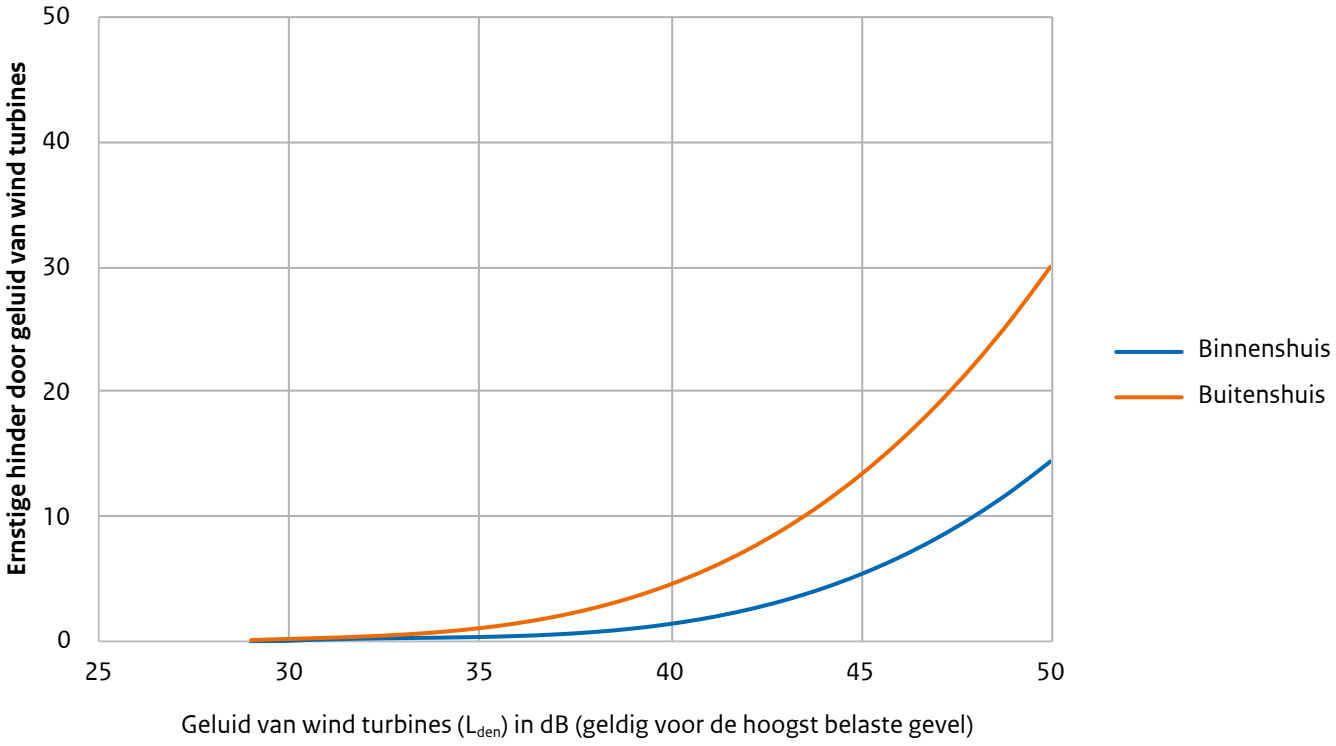
Op basis van dezelfde gegevens is geschat dat 0,02% van de bevolking blootgesteld wordt aan geluidniveaus die hoger zijn dan de norm van 47 dB (L_{den}) (Welkers et. al., 2020). Voor andere bronnen van omgevingsgeluid ligt het percentage hoger. Zo wordt bijvoorbeeld 1% van de Nederlandse bevolking blootgesteld aan geluidsniveaus hoger dan de maximale waarde van 68 dB (L_{den}) voor gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom. Voor gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom geldt dat 13% van de bevolking blootgesteld wordt aan geluidsniveaus hoger dan de maximale waarde van 58 dB (L_{den}) en bijna 2% van de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan geluidniveaus van meer dan 50 dB (L_{den}) veroorzaakt door vliegverkeer (Welkers et. al., 2020).

De richtlijn van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) voor omgevingsgeluid uit 2018 geeft een aanbeveling voor windturbinegeluid van 45 dB (L_{den}). De WHO geeft voor windturbinegeluid geen aanbeveling voor de nacht omdat er geen eenduidig bewijs is voor een relatie met slaapverstoring. Meer informatie over de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid en het Nederlandse beleid is te lezen in het rapport: Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018) (Welkers et. al., 2020 & van Kempen, 2021).

Voor de meeste windturbines zijn gemeenten het bevoegd gezag. Daarmee zijn zij verantwoordelijk voor het aanwijzen van gebieden voor windturbines en voor het verlenen en handhaven van vergunningen. Voor grotere windparken is de provincie of het Rijk het bevoegd gezag. In situaties met bijzondere lokale omstandigheden kan het bevoegd gezag lagere geluidsnormen opleggen. In Nederland is het verplicht om bij de planning van een windpark een berekening van het geluidsniveau te maken voor geluidgevoelige objecten. Dit akoestisch onderzoek dient om aan te tonen dat de geluidsnormen voor windturbines niet overschreden worden. Wet- en regelgeving kunnen onderhevig zijn aan veranderingen (zoals de implementatie van de Omgevingswet).

Milieubeoordeling nodig voor windturbinenormen

Op 30 juni 2021 heeft de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State ('de Afdeling') uitspraak gedaan over de milieubeoordeling voor windturbinenormen in een zaak over windpark Delfzijl Zuid (*https://www.raadvanstate.nl/@125920/milieubeoordeling-voor-windturbinenormen/*). In deze uitspraak oordeelt de Afdeling dat voor de algemene regels voor windturbines in het Activiteitenbesluit milieubeheer en de Activiteitenregeling milieubeheer een planmilieueffectrapport (planmer) had moeten worden gemaakt, wat niet is gebeurd. Als gevolg hiervan zijn de landelijke regels voor windturbines niet meer van toepassing. Dit geldt ook voor de geluidsnormen voor windturbines die in deze factsheet aan bod komen. De planmer zal zo'n 1,5 à 2 jaar in beslag nemen, waarna meer duidelijkheid zal komen over de in het vervolg te hanteren normen. De uitleg over de normen is in deze factsheet bewaard gebleven omdat dit inzicht biedt in de totstandkoming van geluidsnormen en in dat opzicht van toegevoegde waarde is. De gevolgen van de uitspraak staan in meer detail beschreven in een Kamerbrief van de staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat – Klimaat en Energie van 6 juli 2021 aan de Tweede Kamer (Kamerstuk 33 612, nr. 76). Over lopende procedures staat in de Kamerbrief "de bevoegde gezagen moeten nu zelf bepalen en onderbouwen welke normen zij bij hun besluitvorming hanteren. De Afdeling wijst daar expliciet op in haar uitspraak. Zij moeten dus een eigen afweging maken en besluiten welk milieubeschermingsniveau zij in het concrete geval willen bieden. Zij kunnen deze normen opnemen in omgevingsvergunningen en bestemmingsplannen. Deze normen moeten zijn voorzien van een actuele, deugdelijke, op zichzelf staande en op de lokale situatie toegesneden motivering. In dat geval zal de rechter het gewijzigde of aangevulde besluit alsnog inhoudelijk kunnen toetsen." Over nieuwe windturbineparken wordt het volgende geschreven: "Ook voor nieuw te vergunnen windturbineparken bestaat de mogelijkheid om in een bestemmingsplan of omgevingsvergunning zelf gekozen normen te hanteren."



Figuur 4. Relatie tussen geluid van windturbines L_{den} (op de gevel, buitenshuis) en het percentage ernstig gehinderden binnenshuis en buitenshuis door windturbines (Janssen et. al., 2008, overgenomen uit Welkers et. al., 2020).

Beleid in andere landen

De regelgeving omtrent geluidsnormen verschilt tussen (Europese) landen (Peeters & Nusselder, 2019). Zo worden verschillende benaderingen gebruikt, bijvoorbeeld vaste grenswaarden ongeacht de windsnelheid (o.a. in Nederland, Duitsland, Zweden), grenswaarden die afhangen van de windsnelheid (o.a. in Denemarken), een minimale afstand tussen de windturbine en bebouwing (o.a. in Wallonië, België) of het toepassen van normen voor industriegeluid bij windturbines (o.a. in Zwitserland). Naast verschillen tussen de hoogtes van de grenswaarden, zijn er ook verschillen waarvoor deze precies gelden (’s nachts, etmaal, per uur, type gebied) en hoe de waardes worden gemeten.

Opdrachtgever

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.

Tekstbox 3. Het meten van geluid en hinder

Toetsing van de maximaal toelaatbare geluidsbelasting kan door middel van verschillende geluidmaten. In Nederland worden de L_{den} en L_{night} in de regelgeving gebruikt. Lden (Level day-evening-night) geeft het tijdgewogen jaargemiddelde geluidniveau over een etmaal op een bepaalde locatie. Bij de berekening van de L_{den} wordt de nachtelijke geluidbelasting zwaarder meegeteld (+ 5 dB voor de avond en + 10 dB voor de nacht). De maat voor het jaargemiddelde geluidniveau over de nachtperiode van 23:00 uur tot 7:00 uur is L_{night}. De mate waarin mensen hinder ervaren wordt vaak gemeten door middel van een vragenlijst, waarbij een internationaal gestandaardiseerde vraag wordt gebruikt (ISO/TS 15666:2003) naar geluidhinder. Hinder wordt hierbij bepaald door mensen op een schaal van 0 tot 10 aan te laten geven in welke mate zij zich gehinderd voelen. Mensen die een 8 of hoger scoren worden aangemerkt als ‘ernstig gehinderd’.

Bronnen

Alves-Pereira, M., & Castelo Branco, N.A. (2007). Vibroacoustic disease: biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling. Prog Biophys Mol Biol, 93(1-3), 256-279.

Baliatsas, C., van Kamp, I., van Poll, R., Yzermans, J. (2016). Health effects from low-frequency noise and infrasound in the general population: Is it time to listen? A systematic review of observational studies. Science of The Total Environment. 557–558. 163-169.

Basner, M. & McGuire, S. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. Int. J. Environ. Res. Public Health, 15, 519.

Bolin, K., Bluhm, G., Eriksson, G., Nilsson M.E. (2011). Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects. Environmental Research Letters. 6-3.

Centraal Bureau voor Statistiek (CBS). (2018). Milieu en duurzame energie Opvattingen en gedrag. Den Haag/ Heerlen.

Centraal Bureau voor Statistiek (CBS) Statline. (2021). website: https://opendata.cbs.nl/statline/

Freiberg, A., Schefter, C., Girbig, M., Murta, V.M., Seidler. A. (2019). Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. Environmental Research.169. 446-463.

Gezondheidsraad (1999). Committee on Health Impacts of Large Airports. Grote luchthavens en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad; 1999/14.

Houthuijs, D.J.M, van Wiechen C.M.A.G. (2006). Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol, RIVM Rapport 630100003.

Janssen, S.A., Vos, H., Eisses, A.R. (2008). Hinder door geluid van windturbines. Dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens. 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 J. Acoust. Soc. Am. 130 (6). Pages: 3746—3753.

Michaud, D.S., Feder, K., Keith, S.E., Voicescu, S.A., Marro, L., Than, J., Guay, M., Denning, A., Bower, T., Villeneuve, P.J., Russell, E. (2016). Self-reported and measured stress related responses associated with exposure to wind turbine noise. J. Acoust. Soc. Am. 139(3). 1467–79.

Michaud, D. S., Leonora Marro and James McNamee. (2018). The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations. Canadian journal of public health. Revue canadienne de sante publique 109(2): 252-260.

MDEP. (2012). Massachusetts Department of Environmental Protection and Massachusetts Department of Public Health. Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel.

Peeters, B., & Nusselder, R. (2019). Overview of critical noise values in the European Region. M+P Raadgevende Ingenieurs BV.

Pierpont, N. (2009). Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment. Santa Fe. K-Selected Books.

Pilot Kennisplatform Windenergie. (2015). Kennisbericht Geluid van windturbines 1.0 Juni 2015.

RVO. (2016). Windturbines en geluid Publicatienummer: RVO-042-1601/FS-DUZA.

van den Berg, G.P. (2021). Mondelinge mededeling notitie maken grote windturbines > 3MW meer lawaai dan kleinere <3 MW?. Mundonovo sound research.

van Kamp, I., van Kempen, E.E.M.M., Simon, S.N. & Baliatsas, C. (2019). Review of evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of ICGB(N). RIVM Report 2019-0088.

van Kamp, I., & van den Berg, G.P. (2018). Health effects related to wind turbine sound, including low-frequency sound and infrasound. Acoustics Australia, 46(1), 31-57.

van Kamp, I., van den Berg, G.P. (2020). Health effects related to wind turbine sound: an update, RIVM report 2020-150.

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

van Kamp, I., Dusseldorp, A., van den Berg, G.P., Hagens, W.I., Slob, M.J.A. (2013). Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden GGD Informatieblad medische milieukunde Update 2013. RIVM rapport 200000001/2013.

van Kempen, E. (2021) Nieuwe gezondheidskundige richtlijnen voor omgevingsgeluid Nadere gezondheids-kundige analyses. RIVM-rapport 2020-0148.

van Poll R. (2020). Ernstige Hinder en Slaapverstoring. Monitoringsgegevens Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) 2019. RIVM-briefrapport 2020-0116.

van Poll, R., Breugelmans, O., Houthuijs, D. & van Kamp, I. (2018). Beleving Woonomgeving in Nederland; Inventarisatie Verstoringen 2016. RIVM rapport 2018-0084.

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

White, K., van Kamp, I., Welkers, D. (2020). Factsheet laagfrequent geluid (LFG). *https://www.rivm.nl/sites/default/files/2020-09/Factsheet%20laagfrequent%20geluid.pdf*.

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

Auteurs: M. Reedijk, I. van Kamp, J. Hin

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

juli 2021

De zorg voor morgen begint vandaag

013061