



# bijlage

## Factsheet laag Frequent geluid (LFG)

A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
www.rivm.nl  
KvK Utrecht 30276683

Bijlage nummer 1  
Referentie 90/2013 DMG KvL/RvP/IvK/ms

**Datum**  
3 juni 2013

De bijgevoegde 'factsheet' is opgesteld ten behoeve van de Directie Klimaat, Lucht en Geluid van het ministerie van IenM. Verzocht is om een korte schets van de kennis over laag frequent geluid. Deze 'factsheet' is geen uitputtende analyse van alle relevante onderzoeken, maar een kort overzicht op basis van actuele kennis en literatuur (een 'quick-scan').

### Begrippenkader

- Het bereik van het menselijk gehoor ligt in het frequentiegebied tussen 20 en 20.000 Hz. Mensen met een minder goed gehoor kunnen hoge tonen meestal slechter horen. Dan ligt de bovengrens op 10.000 Hz, soms nog lager. Geluid onder de 100 Hz is voor velen ook moeilijker te horen.
- 'Gewoon'geluid, dat wil zeggen geluid zoals dat in de buitenlucht natuurlijk voorkomt, ligt meestal in het frequentiegebied tussen 400 en 2500 Hz.
- Laag Frequent Geluid (LFG) is geluid met een frequentie beneden 100/125 Hz. Het is meestal mechanisch gegenereerd geluid.
- Geluid met frequenties onder 20 Hz wordt infra-geluid genoemd. Dit is alleen waarneembaar voor mensen als het heel sterk is; de waarneming is dan niet als geluid te herkennen maar meer als 'druk op de oren' of als trilling.
  - De definitie van laagfrequent geluid is afkomstig uit de Richtlijn Laagfrequent geluid van de Nederlandse Stichting Geluidhinder. Deze richtlijn heeft geen wetgevigheid maar is via jurisprudentie wel een veel gebruikte bron. Daarnaast wordt in jurisprudentie ook verwezen naar de "Vercammen-curve" die betrekking heeft op het gebied tussen 20 en 125 Hz.
  - In verschillende landen worden verschillende ranges gebruikt, bijvoorbeeld Denemarken: < 160 Hz, Japan: <80 Hz, Polen: <250 Hz, Nederland: <100/125 Hz.

### Bronnen van laagfrequent geluid

- Bijna alle geluidbronnen produceren naast hoger frequent geluid ook laagfrequent geluid. In de meeste gevallen wordt het laagfrequent geluid door het hoger frequente geluid overstemd en dan wordt het niet als zodanig waargenomen. Laagfrequent geluid wordt op verschillende manieren opgewekt: door luchtstromingen langs objecten of in leidingsystemen of door mechanische trillingen veroorzaakt door machines en apparaten. Bekende LFG-bronnen zijn: windstroming langs objecten of in schoorstenen; windturbines; gasturbines; procesfornuizen; luchtkoelers; zuigercompressoren; transformatoren; persen, e.d. Ook wegverkeer,

railverkeer, scheepvaart en luchtvaart veroorzaken laagfrequent geluid, maar dat wordt op niet te grote afstanden (tot 1000 à 2000 m tussen bron en ontvanger) overstemd door het hoorbare geluid.

Datum  
3 juni 2013

- Laagfrequent geluid dempt op grotere afstand minder uit dan geluid met hogere frequenties ('gewoon' geluid). Op afstanden van meer dan 5 km van sterke geluidbronnen blijft alleen de laagfrequente component over. Dat is een bekend fenomeen bij bijvoorbeeld proefdraaien en taxiën van vliegtuigen of bij scheepvaart. Dit is één van de oorzaken dat laagfrequent geluid niet makkelijk aan een bron toe te wijzen valt.
- Laagfrequent geluid wordt door gevels ook minder gedempt dan geluid met hogere frequenties. In woningen en gebouwen kan bovendien versterking van het geluid ontstaan door zogenaamde 'opslingering' (resonantie). Dat komt omdat de golflengtes van laagfrequent geluid, die bepalend zijn voor deze zgn. "staande golven" goed passen bij de maten van een woning of vertrek.
- Geluid kan tot verschillende gezondheidseffecten leiden. De meest bekende hiervan zijn: hinder, slaapverstoring, leesachterstand, verhoogde bloeddruk en hartinfarct. Voor deze effecten bestaat voldoende bewijs. Voor LFG bestaat er consensus over effecten als hinder en slaapverstoring. Voor andere effecten of aandoeningen die met LFG in verband worden gebracht, zoals duizeligheid, evenwichtsverlies en zogeheten vibro akoestische aandoeningen, is er geen consensus. Over een aanvullend effect van LFG op hinder of gezondheid is op dit moment niets bekend.
- Bij 'gewoon' geluid wordt fluctuerend geluid als hinderlijker en meer slaapverstoring ervaren dan continu geluid. Voor laagfrequent geluid is onbekend of dit het geval is.
- Bij 'gewoon' geluid wordt tonaal geluid als hinderlijker ervaren dan breedbandig geluid. Laagfrequent geluid is meestal niet als tonaal te herkennen en het is niet bekend of tonaliteit een rol speelt in de hinderlijkheid van laagfrequent geluid.
- Bij relatief lage geluidsniveaus kan laagfrequent geluid in bepaalde omstandigheden als hinderlijk worden ervaren, maar vaak wordt de bron niet herkend. Het aantal meldingen bij GGD-en over LFG is laag en betreft ongeveer 1% (ca. 30 per jaar) van alle klachtmeldingen bij GGD-en.
- Normen voor geluid zijn meestal op de buitenwaarde gebaseerd en daaraan zijn eisen voor gevelisolatie verbonden (volgens het Bouwbesluit 2012 geldt voor de scheidingsconstructie tussen de buitenlucht en een 'verblijfsgebied' een minimale geluidwering van 20 dB. Deze eis geldt voor het frequentiegebied van 100 tot 4000 Hz). De geluidisolatie van een gevel voor LFG is geringer en als er sprake is van LFG blijft dus meer geluid binnen over dan bij 'gewoon' geluid.
- LFG wordt tenslotte minder gedempt dan 'gewoon' geluid door geluidwerende maatregelen zoals geluidschermen, omdat er meer geluidsenergie over de schermrand heen buigt naarmate de frequentie van het geluid lager is. Naarmate er meer geluidschermen worden toegepast zal het overblijvende geluid meer laagfrequente componenten hebben omdat de hoogfrequente componenten gedempt worden.
- In Nederland zijn twee richtlijnen voor laagfrequent geluid beschikbaar: de NSG richtlijn (zie [www.nsg.nl](http://www.nsg.nl)) en de "Vercammen-curve". Deze stelt een afwijkende weging van geluid voor die vergelijkbaar is met de dB(C) curve. Beide richtlijnen bestaan naast elkaar, hebben geen wetgeeldigheid, maar worden wel vaak toegepast.

- Er is geen overkoepelende Europese regelgeving wat betreft laagfrequent geluid.

**Datum**  
3 juni 2013

### **Geluid van windturbines**

- De (geplande) bouw van windturbines, zowel op land als offshore, is regelmatig aanleiding tot sterke afwijzende reacties vanuit de omgeving. Die reacties zijn gebaseerd op verwachtingen over de aantasting van het landschap, lichthinder door werking van zonlicht op de draaiende wieken en geluidhinder. Uit onderzoek blijkt dat mensen die vanuit huis een windturbine kunnen zien meer hinder ervaren dan mensen die de turbine niet kunnen zien (RIVM, 2008)
- Windturbines genereren mechanisch geluid (in de turbine) en stromingsgeluid (aan de wieken), dat deels ook als laagfrequent geluid te beschouwen is. Bij moderne turbines overheerst (op afstanden tot enkele km) het stromingsgeluid. Voor offshore windfarms is ook sprake van onderwater geluid en het effect daarvan op het zeeleven is een aandachtspunt bij de milieueffectrapportage (MER) tijdens de planvorming.
- Op basis van Nederlands gegevens (N=725) onder respondenten die in de buurt van tenminste twee windturbines woonden en 2 Zweedse onderzoeken is door TNO [1] een dosis-effect relatie voor (ernstige) hinder van windturbines vastgesteld. Bij 47 dB(A) loopt het percentage ernstige hinder (binnen) door windturbinegeluid op tot zo'n 9%, terwijl dat voor bijvoorbeeld wegverkeer bij vergelijkbare niveaus minder dan 3% betreft. Niveaus boven de 50 dB Lden komen bij windturbines nauwelijks voor.
- In 2008 concludeerde het RIVM in een rapportage aan de GGD over windmolens en laagfrequent geluid: "Windturbines produceren zeker laagfrequent geluid..... Wellicht kan het laagfrequente deel van het geluid van windturbines tot extra hinder leiden, maar er is nog geen evidentie dat dit een factor van belang is. Dat het door bewoners belangrijk wordt geacht zou kunnen liggen aan spraakverwarring: De laagfrequente (tot 1 Hz) draaisnelheid van de bladen van een windturbine wordt vaak ervaren als hinderlijk fluctuerend geluid en wordt soms verward met een lage geluidsfrequentie".
- Tussen 2008 en heden is de maatschappelijke discussie over windenergie sterk opgeleaid en worden door omwonenden gezondheidsklachten toegeschreven aan windturbines. Er is nog onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing om te kunnen beoordelen of deze toegeschreven effecten reëel zijn.
  - Een panel van experts van het Massachusetts Department of Environmental Protection concludeerde in 2012 dat er onvoldoende wetenschappelijk bewijs is dat geluid van windturbines directe – dat is onafhankelijk van hinder en slaapverstoring - gezondheidseffecten veroorzaakt.
- In 2010 is het besluit 'wijziging milieuregels windturbines' gepubliceerd. Onderdeel van dit besluit is een nieuwe normstelling voor windturbines. De norm voor de geluidsbelasting buiten aan de gevel Lden wordt op 47 dB gesteld. De nachtnorm, die bepalend is omdat een windturbine ook 's nachts in werking is, wordt gesteld op 41 dB Lnight. Bij dergelijke niveaus zal ongeveer 9% van de bewoners nog ernstige hinder kunnen ondervinden.

- In Denemarken geldt sinds januari 2012 een geluidnorm van 20 dB(A) voor LFG van windturbines. Dit betreft het A-gewogen geluidniveau voor het frequentiegebied van 10 tot en met 160 Hz binnen de woning.
- De Nederlandse 47 Lden/41Lnight normen geven een mate van bescherming tegen LFG die goed vergelijkbaar is met de Deense norm, ook al is de werkelijke omvang van de bescherming nu nog niet precies bekend. Een en ander is afhankelijk van het type windmolen en het windmolenpark en de geluidwering van de woning.

**Datum**  
3 juni 2013

[1] Sabine A. Janssen, Henk Vos, Arno R. Eisses, Eja Pedersen (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.