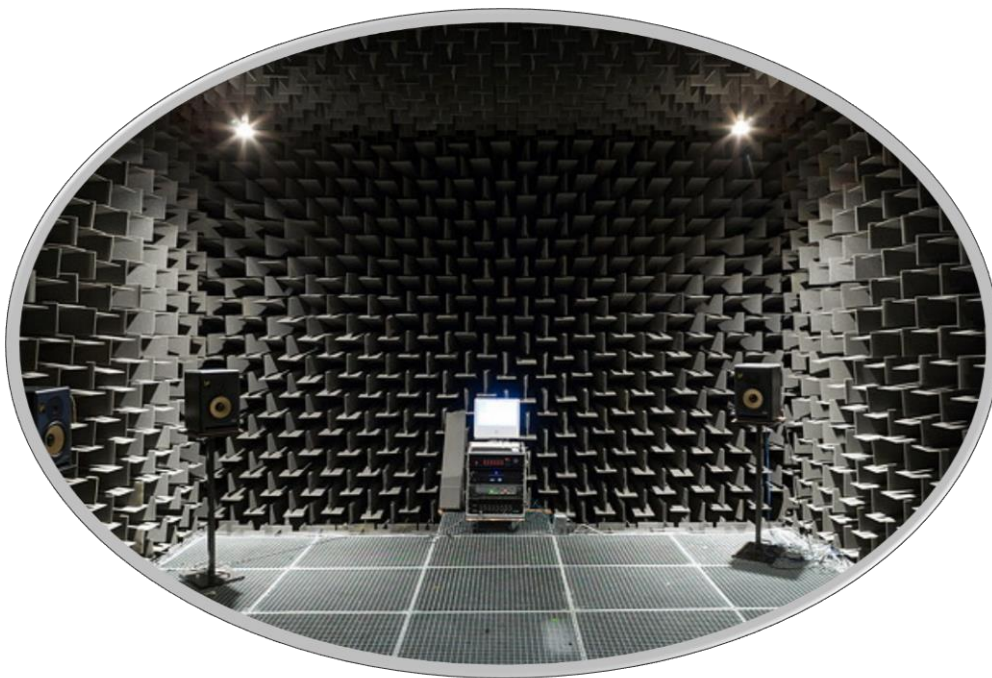




Hebben mensen die hinder hebben van laag frequent geluid een lagere gehoordrempel voor lage tonen?

Een onderzoek naar overgevoeligheid voor lage tonen.





Inhoudsopgave

Samenvatting

1. Hebben LFG-gehinderden een lagere gehoordrempel?
 - 1.1. Doel van het onderzoek
 - 1.2. Hinder van lage tonen
 - 1.3. Gehoordrempel voor lage tonen
2. Werkwijze
 - 2.1. Benadering van onderzoeksgroep
 - 2.2. Bepalen gehoordrempel
3. Resultaten
 - 3.1. Beschrijving onderzoeksgroep
 - 3.2. Resultaten gehoordrempelbepaling
 - 3.3. Informatie over hinder uit het vragenlijstonderzoek
4. Discussie
5. Conclusie en aanbevelingen

Bijlage 1 Vragenlijst

Bijlage 2 Details meting en ijking meetapparatuur



Leden begeleidingscommissie:

R. van den Hooff, Leids Universitair Medisch Centrum

K. van der Woud, gemeente Zutphen

M. Lichtenbeld, gemeente Zutphen

P. Lentjes, Omgevingsdienst regio Arnhem

P. van der Voorn, gemeente Nijmegen

Dit onderzoek is gefinancierd door de Academische Werkplaats Milieu & Gezondheid en de betrokken instanties.

Dankwoord

Dank aan alle deelnemers die de moeite hebben genomen naar Hilversum te komen en hebben mee gewerkt aan dit onderzoek. Dank aan Ruud van den Hooff en Jan de Laat voor de adviezen en de praktische uitvoering. Dank aan alle medewerkers van de KMT/HKU die ons hebben geholpen bij het opbouwen en afbreken van de opstelling. Van deze groep waren velen bereid om mee te werken als proefpersoon in de controlegroep. Dank aan Jacques Erades en Peter Lentjes voor de technische ondersteuning. Dank aan Carina van Oort voor de planning en uitvoering van de metingen. En tot slot veel dank aan Eelco Grimm, docent van de KMT/HKU voor het beschikbaar stellen van de meetruimte, de hoge kwaliteit speaker en het enthousiast meedenken bij de technische uitvoering.

Samenvatting

Inleiding

GGD'en en andere overheden ontvangen regelmatig meldingen van hinder door laag frequent geluid (LFG). Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of mensen die hinder hebben van laag frequent geluid een lagere gehoordrempel hebben voor tonen in het lage frequentiegebied (20-125 HZ), dan mensen die geen hinder ondervinden van laag frequent geluid. Het onderzoek is uitgevoerd met subsidie van de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid en in samenwerking met het Leids Universitair Medisch Centrum. Verder zijn de drie Gelderse GGD'en betrokken, de Omgevingsdiensten Regio Arnhem en Nijmegen en de gemeente Zutphen. Het rapport is bedoeld voor GGD'en en andere overheden en beoogt een bijdrage te leveren aan de behandeling van meldingen van LFG.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 beschrijft het doel van het onderzoek en gaat kort in op de problematiek rond LFG klachten. In Hoofdstuk 2 is beschreven hoe het onderzoek is opgezet en welke apparatuur is gebruikt. Hoofdstuk 3 presenteert de resultaten, welke in hoofdstuk 4 worden bediscussieerd. In Hoofdstuk 5 zijn de conclusies en aanbevelingen weergegeven.

Probleemstelling

Melders van LFG zijn vaak de enige in de woning die last hebben van een bromtoon. Dit suggereert dat deze mensen gevoeliger zijn voor LFG dan hun huisgenoten die de bromtoon niet horen. Het doel van dit onderzoek is om te bekijken of LFG gehinderden een lagere gehoordrempel voor lage tonen hebben dan niet LFG gehinderden.

Conclusies en aanbevelingen

- Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat LFG gehinderden geen lagere gehoordrempel hebben voor lage tonen dan mensen die geen hinder ervaren van LFG.
- In situaties waarin de gehinderde de enige is die het geluid hoort en/of waarin bij een geluidmeting geen geluid wordt gemeten dat de hinder kan verklaren, is bronopsporing niet zinvol.
- Als er sprake is van ernstige hinder, oververmoeidheid, aandacht- en/of concentratiestoornissen dan biedt een gerichte therapie bij een Audiologisch Centrum (AC) of een SOLK polikliniek mogelijk de kans om te leren omgaan met de klachten en de kwaliteit van leven te verbeteren.
- Vervolgonderzoek zou gericht kunnen zijn op de effectiviteit van de behandelmethoden in de SOLK polikliniek en de audiologische centra.



1 Hebben LFG-gehinderden een lagere gehoordrempel?

1.1 Doel van het onderzoek

Gemeenten, provincies, omgevingsdiensten en GGD-en ontvangen regelmatig vragen en klachten van mensen die hinder ondervinden van laag frequent geluid (LFG) in hun woonomgeving. In Gelderland betrof het tussen 2010 en 2016 ongeveer 80 meldingen bij GGD-en en Omgevingsdiensten. In de volksmond wordt gesproken van hinder van een (lage) bromtoon. Vaak horen andere mensen in de omgeving van de melder de bromtoon niet. Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of mensen die hinder hebben van laag frequent geluid een lagere gehoordrempel hebben voor tonen in het lage frequentiegebied (20-125 Hz), dan mensen die geen hinder ondervinden van laag frequent geluid.

Vaak zijn gehinderden op zoek naar de bron van het geluid, soms al jarenlang. Als geen oorzaak of bron van het geluid te vinden is, is het niet mogelijk om de hinder weg te nemen.

Als uit dit onderzoek blijkt dat LFG gehinderden een lagere gehoordrempel hebben voor lage tonen, dan is dit een verklaring voor het gegeven dat zij vaak de enigen zijn in hun omgeving die het geluid horen. Mogelijk zal de wetenschap dat zij gevoeliger zijn voor LFG kunnen helpen bij de acceptatie van en het leren omgaan met de hinder. Als daarentegen LFG-gehinderden geen lagere gehoordrempel hebben voor lage frequenties, dan ontstaat de hinder dus niet doordat deze mensen een geluid eerder horen dan andere mensen en wijst dit op een andere oorzaak voor de hinder dan een externe geluidsbron.

1.2 Hinder van lage tonen

Voor een uitgebreide beschrijving van LFG, bronnen van LFG en hinder door LFG verwijzen we naar de GGD richtlijn *Meldingen over een bromtoon*¹ en het onderzoek *Gemeentelijke aanpak van laag frequent geluid*². Hier wordt volstaan met een samenvatting.

Laagfrequent geluid wordt over het algemeen gedefinieerd als hoorbaar geluid met een frequentie tussen de 20 en 100 Hz. Tonen onder de 20 Hz vallen buiten het bereik van het normale menselijk gehoor. Laagfrequent geluid heeft een lange golflengte. Van geluid met een lange golflengte is bekend dat het relatief weinig wordt afgeschermd of gedempt door gevels, door de bodem en bij voortplanting door de atmosfeer. Een LFG bron kan daardoor op grote afstand hoorbaar zijn en eventueel hinder veroorzaken. Het is moeilijk om een woning of gebouw goed te isoleren tegen LFG.

Er zijn diverse externe bronnen van LFG bekend, zowel in de natuur als veroorzaakt door menselijk handelen. Bekende bronnen van LFG zijn onder andere onweer, wind, watervallen, wasmachines, koelkasten, ventilatoren, verbrandingsmotoren (zoals dieselmotoren van zwaar vrachtverkeer, motoren van boten en vliegtuigen) liftinstallaties, elektriciteitscentrales, waterzuiveringsinstallaties, pompen, treinverkeer, windturbines en transformatoren.

Mensen die aangeven gehinderd te worden door LFG, omschrijven dit vaak als brommen, dreunen, zoemen of een 'hum'. Zij geven ook vaak aan druk op de oren, druk op het hoofd of trillingen in het lichaam te voelen. Zij melden diverse gezondheidsklachten, waaronder slecht slapen en concentratieverlies. De lijdensdruk kan groot zijn, met name door chronisch slaapttekort. Het waarnemen van een bromtoon kan veroorzaakt worden door externe bronnen, of een interne oorzaak hebben (biomedische reden). Bij mensen die trillingen voelen zal het eer-

¹ Meldingen over een bromtoon, voorlopige GGD richtlijn. Slob R, et al. RIVM, 2016.

² Gemeentelijke aanpak van laagfrequent geluid. Project ter versterking van de aanpak van laagfrequent geluid door gemeenten. De Jong, N. et al. GGD Fryslan.

der gaan om frequenties onder de 20 Hz (infrageluid), buiten het hoorbare gebied. Dit rapport gaat alleen over het hoorbare LFG.

Bij hinder door LFG wordt vaak zowel door de gehinderden zelf als door betrokken instanties, geprobeerd om de bron van het geluid te vinden. Als een specifieke geluidmeting duidelijk LFG aantoont, is vaak ook wel een bron te vinden. In de praktijk wordt ook regelmatig geen bron gevonden. Het vaststellen óf er een geluidsbron is en het vinden daarvan wordt bemoeilijkt doordat het geluid vaak een laag volume heeft en maar door één of enkele personen wordt gehoord. Soms horen anderen het wel, maar ervaren het niet als hinderlijk. Vaak echter is het geluid voor anderen helemaal niet hoorbaar en ook niet te meten boven het achtergrondgeluid.

De vraag rijst daardoor of mensen die hinder hebben van LFG een lagere gehoordrempel hebben bij lage frequenties dan mensen die geen hinder van LFG melden.

1.3 Gehoordrempel voor lage tonen

Er is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar de gehoordrempel voor lage frequenties bij wel en niet LFG gehinderden. Bij een standaard audiologisch onderzoek wordt alleen de gehoordrempel voor de frequenties tussen 125 Hz en 8000 Hz onderzocht. De gehoordrempels voor lage tonen worden met een standaard audiologisch onderzoek dus niet onderzocht. De meeste audiologen hebben ook geen geschikte apparatuur voor een goed gehooronderzoek in het LFG gebied.

Uit onderzoek van Pederson et al uit 2007³ onder 22 mensen met hinder van LFG blijkt dat mensen die (ernstige) hinder ondervinden ten gevolge van laagfrequent geluid over het algemeen een even goed of zelfs slechter gehoor hebben voor de lage frequenties dan anderen. Ook uit eerdere onderzoeken van respectievelijk Walford⁴ onder 30 klagers en Inukai (10 klagers) kwam dit naar voren. Ook Moorhouse et al (2009)^{5,6} concludeerden uit audiometrische tests dat mensen die een klacht over LFG hadden ingediend, juist een minder gevoelig gehoor hadden dan twee controlegroepen (< 55 jaar en 55-70 jaar). Moorhouse concludeert dat dit resultaat de veronderstelling weerlegt dat problemen met LFG het gevolg zijn van een uitzonderlijk gevoelig gehoor. Daarbij moet worden opgemerkt dat in dit onderzoek slechts drie personen werden onderzocht die een klacht over LFG hadden ingediend⁷.

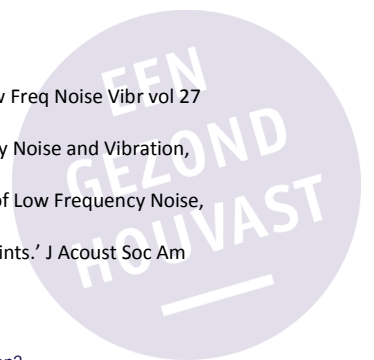
³ Pedersen C.S., Moller H. and Persson Wayne K, (2008) A detailed Study of Low Frequency Noise Complaints. J. Low Freq Noise Vibr vol 27 (1)

⁴ Walford, R. E., "A Classification of Environmental "Hums" and Low Frequency Tinnitus", Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 1983, 2 (2), 60-84.

⁵ Inukai, Y., Nakamura, N., and Taya, H., "Unpleasantness and acceptable limits of low frequency sound", Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 2000, 19 (3), 135-140.

⁶ Moorhouse, A.T., D.C. Waddington et al. (2009). 'A procedure for the assessment of low frequency noise complaints.' J Acoust Soc Am 126(3): 1131-1141.

⁷ Meldingen over een bromtoon, voorlopige GGD richtlijn. Slob R, et al. RIVM, 2016.



2 Werkwijze

In het onderzoek is de gehoordrempel voor lage tonen bepaald bij een groep mensen die hinder hebben van LFG en bij een groep mensen die geen hinder hebben van LFG.

2.1 Benadering van de onderzoeksgroep

Voor het onderzoek is een lijst opgesteld van alle mensen die zich tussen 2010 en 2016 bij één van de betrokken GGD-en of omgevingsdiensten hebben gemeld met hinder van een lage bromtoon. Uit deze lijst is een random steekproef getrokken van potentiële deelnemers. De betreffende mensen zijn telefonisch benaderd met de vraag of zij interesse hadden om deel te nemen aan het onderzoek. Als mensen geen interesse hadden om deel te nemen, werd een nieuwe kandidaat random getrokken uit de lijst met gehinderden. Deze procedure werd herhaald tot het streefaantal van minimaal 30 deelnemers was bereikt.

Mensen die aangaven interesse te hebben om aan het onderzoek deel te nemen, ontvingen een schriftelijke vragenlijst (zie bijlage 1) en een toestemmingsverklaring. De vragenlijst had als doel om meer informatie te verzamelen over de hinder (ernst, duur, soort toon) en de gezondheidsklachten. Na ondertekening van de toestemmingsverklaring ontvingen de deelnemers een oproep om een audiogram voor de lage frequenties te laten maken (zie paragraaf 2.2).

De controlegroep is geworven onder medewerkers en studenten van de HKU/KMT door schriftelijk en mondeling te vragen naar interesse om deel te nemen.

2.2 Bepaling van de gehoordrempel

Alle deelnemers die de toestemmingsverklaring hebben ondertekend zijn uitgenodigd voor een onderzoek om hun gehoordrempel bij lage tonen te bepalen, ook als zij de vragenlijst niet hadden geretourneerd.

De gehoordrempelbepalingen zijn uitgevoerd door een akoepedist van het Leids Universitair Medisch Centrum in de echo arme ruimte van de opleiding Kunst, Media en Technologie van de Hogeschool voor de Kunsten (KHU) in Hilversum. De wanden, plafond en vloer van deze ruimte zijn bekleed met geluid absorberende wiggen, die zorgen voor een hoge absorptiefactor. Daarnaast staat de hele ruimte op een grote dempende veerconstructie, zodat geluidstrillingen van buiten niet of nauwelijks kunnen doordringen. In figuur 1 is de meetopstelling weergegeven. De akoepedist was vanuit praktisch oogpunt op de hoogte van de status van de deelnemers.



- (A) proefpersoon + responsbox;
- (B) meetmicrofoon;
- (C) lichtsignaal uit responsbox;
- (D) lage tonen luidspreker (subwoofer).

Figuur 1: Meetopstelling:



De proefpersoon nam plaats op de stoel op twee meter afstand van de luidspreker (figuur 1a). Met een meetmicrofoon (figuur 1B), geplaatst naast het rechter oor van de proefpersoon, werd de intensiteit van het ten gehore gebrachte geluid gemonitord. Om ervoor te zorgen dat de gehoormeting niet verstoord werd door verbale communicatie, reageerde de proefpersoon via een responsbox (figuur 1C). Met de responsbox kon de proefpersoon te kennen geven of hij het ten gehore gebrachte geluid hoorde.

De gebruikte luidspreker (figuur 1d) is een hoge kwaliteit “subwoofer” met een actief feedback systeem. De subwoofer was achter de proefpersoon geplaatst, zodat de proefpersoon zich zonder afleiding op de waarneming van het aangeboden geluid kon concentreren. De onderzoeker zat daarom ook niet in het zicht van de proefpersoon.

De frequenties zijn tijdens het onderzoek gemeten in de volgorde 125, 80, 50, 31,5 en 20 Hz. De gehoordrempel bepaling is uitgevoerd volgens de methode van Békésy. Bij deze methode wordt gestart met het aanbieden van een hoorbare toon aan de proefpersoon. De proefpersoon verlaagt stap voor stap het volume tot hij het geluid niet meer kan horen (en de gehoordrempel dus bereikt is), waarna het geluid stapsgewijs weer harder gemaakt wordt totdat de proefpersoon het geluid weer hoort, enzovoorts.

Deze procedure wordt voor elk van de vijf frequenties herhaald. De daadwerkelijke meting werd voorafgegaan door een testmeting om te verifiëren dat de proefpersoon de instructies goed had begrepen.

Zie bijlage 2 voor details over de meting en de ijking van de apparatuur.



3 Resultaten

3.1 Beschrijving van de onderzoeksgroep

In totaal zijn 43 melders van LFG-hinder geselecteerd om benaderd te worden voor deelname aan het onderzoek. Een aantal mensen kon niet binnen het afgesproken aantal van drie contactpogingen telefonisch worden bereikt en kwam daardoor niet meer in aanmerking voor het onderzoek. Een aantal mensen gaf tijdens het eerste telefonisch contact of na ontvangst van de schriftelijke informatie aan niet te willen deelnemen aan het onderzoek. Zij gaven als redenen hiervoor aan dat zij niet in de gelegenheid of niet in staat waren om naar de onderzoekslocatie te komen en/of dat zij bang waren dat de hinder door deelname aan het onderzoek zou verergeren.

In totaal gaven 32 mensen aan deel te willen nemen aan het onderzoek. Hiervan zijn 7 mensen niet naar de gehoordrempelbepaling gekomen. Redenen hiervoor waren gelijk aan de redenen die werden aangegeven door de mensen die in eerste instantie al afzagen van het onderzoek. Namelijk dat zij niet in de gelegenheid of in staat waren om naar de onderzoekslocatie te komen of dat zij bang waren dat de hinder zou toenemen. Bij vijf mensen is wel een gehoordrempelbepaling gestart, maar konden geen gehoordrempels worden bepaald. Bij één gehinderde kwam dit doordat de deelnemer stress ervoer en hierdoor geen duidelijke gehoordrempel kon aangeven, Vier gehinderden hadden last van een storend geluid in de geluidstille ruimte waardoor zij geen duidelijke gehoordrempel konden aangeven. (zie ook hoofdstuk 3.2 en 4).

Uiteindelijk zijn bij 20 gehinderden en bij 26 controle proefpersonen de gehoordrempels vastgesteld. De kenmerken van de groep LFG gehinderden en van de controlegroep zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1 Kenmerken van de onderzoeksgroep.

| Kenmerken | | Gehinderdengroep (n=20) | Controlegroep (n=26) |
|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Geslacht | Man | 8 (40%) | 20 (77%) |
| | Vrouw | 12 (60%) | 6 (23%) |
| Leeftijd | Gemiddelde +/- std | 60 +/-10 jaar | 39 +/- 17 jaar |

De gehinderdengroep bestaat uit iets meer vrouwen dan mannen (respectievelijk 60% en 40%, terwijl in de controlegroep de mannen juist zijn oververtegenwoordigd (77% mannen versus 23% vrouwen). De gemiddelde leeftijd is in de controlegroep lager dan in de gehinderdengroep (39 jaar versus 60 jaar). De mensen in de gehinderdengroep zijn grotendeels woonachtig in Gelderland, terwijl de controlegroep vermoedelijk voornamelijk woonachtig is in de Randstad. De precieze woonplaats van de deelnemers in de controlegroep is niet nagevraagd.

3.2 Resultaten gehoordrempelbepaling

In tabel 2 zijn de resultaten van de gehoordrempelbepalingen opgenomen

Tabel 2. Gemiddelde gehoordrempels in de gehinderdengroep en de controlegroep.

| Frequentie | Gemiddelde gehoordrempel in dB (Std) | | Verschil gehinderdengroep +/- controlegroep (dB) |
|------------|--------------------------------------|-----------------|--|
| | Gehinderden (n=20) | Controle (n=26) | |
| 125 Hz | 26,3 (7,4) | 23,3 (7,0) | 3,0 |
| 80 Hz | 34,2 (6,8) | 30,7 (6,4) | 3,5 |
| 50 Hz | 47,8 (8,2) | 41,8 (8,1) | 6,0 |
| 31,5 Hz | 62,7 (9,1) | 54,9 (9,0) | 7,8 |
| 20 HZ | 76,2 (4,1) | 71,0 (5,7) | 5,2 |

Te zien is dat bij elke frequentie de gemiddelde gehoordrempel in de gehinderdengroep een aantal decibel (3,0 tot 7,8 dB) *hoger* ligt dan in de controlegroep. Met de T-toets⁸ is per frequentie getoetst of het verschil tussen de gemiddelde gehoordrempel in de gehinderdengroep en de gemiddelde gehoordrempel in de controlegroep statistisch significant is. De gevonden verschillen in gehoordrempel tussen de gehinderdengroep en de controlegroep bij 125 Hz en 80 Hz zijn niet significant ($p > 0.05$). De gevonden verschillen bij 50 Hz, 31,5 Hz en 20 Hz zijn wel significant ($p < 0.05$).

De gehoordrempelbepalingen zijn uitgevoerd in een gecontroleerde geluidstille ruimte (zie bijlage 2). Meer dan de helft (12 van de 20, 60%) van de mensen in de gehinderdengroep waarbij een gehoordrempelbepaling is uitgevoerd gaven echter aan storend geluid te horen in de betreffende ruimte. Bij sommigen mensen ($n = 4$) was dit geluid zo storend dat er geen gehoordrempels konden worden vastgesteld. In de controlegroep waren er geen personen die storend geluid hoorden in de geluidstille ruimte.

In tabel 3 en 4 is de gehinderdengroep gesplitst in gehinderden die de stille ruimte wél en niet als stil hebben ervaren.

Tabel 3. Gemiddelde gehoordrempels in de gehinderdengroep (ruimte stil) en de controlegroep.

| Frequentie | Gemiddelde gehoordrempel in dB (Std) | | Verschil gehinderdengroep -/- controlegroep (dB) |
|------------|--------------------------------------|----------------------|--|
| | Gehinderdengroep-ruimte stil (n=8) | Controlegroep (n=26) | |
| 125 Hz | 23,8 (6,0) | 23,3 (7,0) | 0,5 |
| 80 Hz | 31,6 (6,4) | 30,7 (6,4) | 0,9 |
| 50 Hz | 46,0 (6,8) | 41,8 (8,1) | 4,2 |
| 31,5 Hz | 60,1 (8,1) | 54,9 (9,0) | 5,2 |
| 20 Hz | 75,3 (7,6) | 71,0 (5,7) | 4,2 |

Tabel 4. Gemiddelde gehoordrempels in de gehinderdengroep (ruimte niet stil) en de controlegroep.

| Frequentie | Gemiddelde gehoordrempel in dB (Std) | | Verschil gehinderdengroep -/- controlegroep (dB) |
|------------|--|----------------------|--|
| | Gehinderdengroep-ruimte niet stil (n=12) | Controlegroep (n=26) | |
| 125 Hz | 27,9 (8,0) | 23,3 (7,0) | 4,5 |
| 80 Hz | 35,9 (6,4) | 30,7 (6,4) | 5,2 |
| 50 Hz | 49,0 (6,5) | 41,8 (8,1) | 7,2 |
| 31,5 Hz | 64,4 (8,1) | 54,9 (9,0) | 9,5 |
| 20 Hz | 76,9 (8,6) | 71,0 (5,7) | 5,8 |

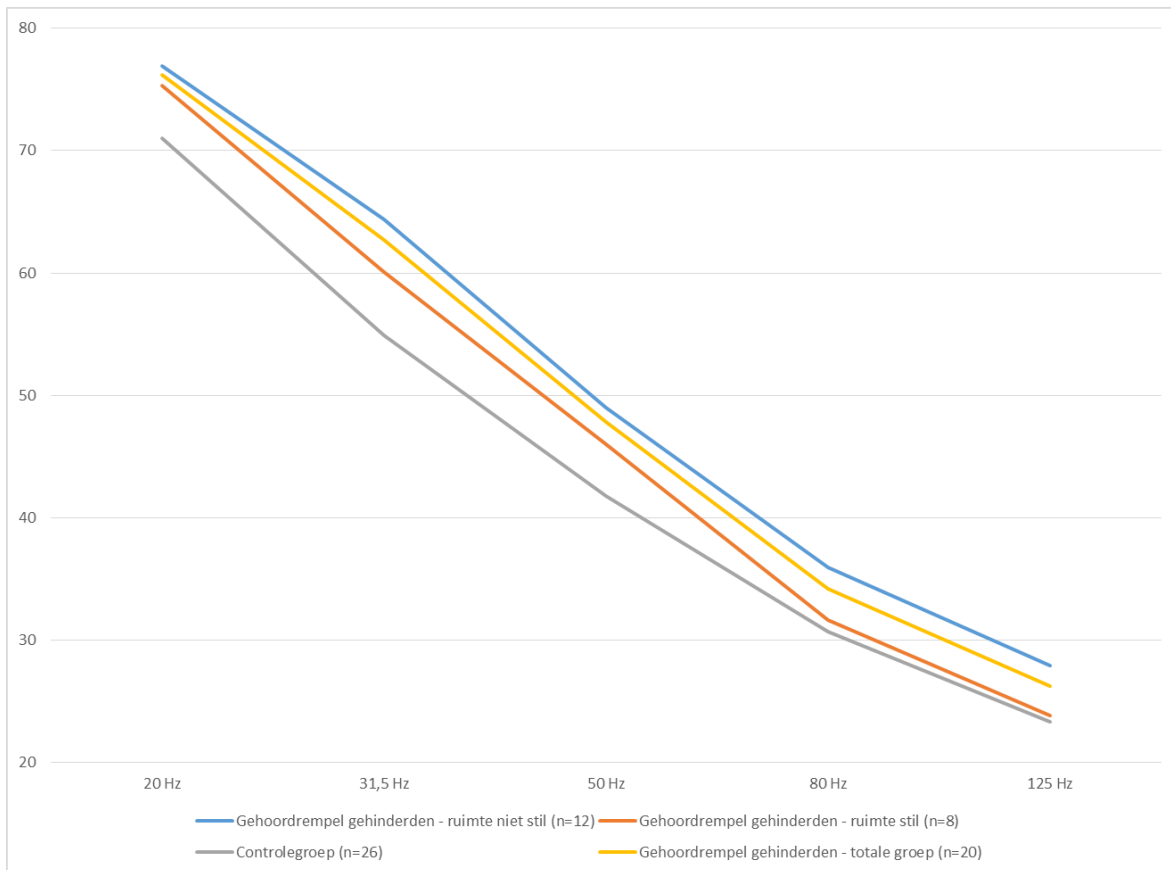
Tabel 3 laat de gemiddelde gehoordrempel zien van de groep gehinderden die de stille ruimte als stil hebben ervaren, in vergelijking met de controlegroep. Te zien is dat bij alle frequenties de gemiddelde gehoordrempel van de gehinderden hoger is dan die van de controles. De verschillen zijn kleiner dan wanneer de totale groep werd vergeleken (tabel 2). Met de T-toets is per frequentie getoetst of het verschil tussen de gemiddelde gehoordrempel in de groep gehinderden die de meetruimte wel stil vonden en de gemiddelde gehoordrempel in de controlegroep statistisch significant is. De verschillen zijn niet significant.

In tabel 4 is gemiddelde gehoordrempel opgenomen van de groep gehinderden die de stille ruimte als niet stil hebben ervaren, in vergelijking met de controlegroep. Te zien is dat bij alle frequenties de gemiddelde gehoordrempel van de gehinderden hoger is dan die van de controles. De verschillen zijn groter dan wanneer de totale groep werd vergeleken (tabel 1). Met de T-toets is per frequentie getoetst of het verschil tussen de gemiddelde gehoordrempel in de groep gehinderden die de meetruimte niet stil vonden en de gemiddelde gehoordrempel in de controlegroep statistisch significant is. Het gevonden verschil in gehoordrempel tussen de gehinderdengroep

⁸ Er wordt voldaan aan de aanname dat de afhankelijke variabele normaal verdeeld is.

en de controlegroep bij 125 Hz is niet significant ($p > 0.05$). De gevonden verschillen bij 80 Hz, 50 Hz, 31,5 Hz en 20 Hz zijn wel significant ($p < 0.05$).

In figuur 2 zijn de gegevens van tabel 2 t/m 4 weergegeven in een grafiek.



Figuur 2: Gemiddelde gehoordrempel per groep in dB per aangeboden frequentie.

3.3 Informatie over hinder uit het vragenlijstonderzoek

Van 13 van de 20 gehinderden (65%) waarbij de meting is uitgevoerd, zijn de ingevulde vragenlijsten ontvangen. Met behulp van de informatie uit de vragenlijsten kunnen we een globaal beeld geven van de ervaren hinder. Door het beperkte aantal vragenlijsten was een nadere analyse niet zinvol.

Kenmerken van het geluid

De meeste gehinderden omschrijven het geluid als 'brommen' (92%) en soms als 'trillen' (46%). Dreunen en bonzen worden veel minder vaak aangekruist als een goede omschrijving van het geluid, respectievelijk nul en twee keer. Het vermelden van trillingen duidt wellicht op frequenties onder de 20 Hz. Dat is niet als LFG te beoordelen. Op de vraag of het geluid varieert in sterkte geven twee gehinderden aan dat het een constant geluid is, bij vier deelnemers varieert het geluid met een regelmatig patroon in sterkte en bij vijf deelnemers varieert het geluid onregelmatig in sterkte. Twee deelnemers hebben niet geantwoord. De duur van de hinder varieert van één tot zes jaar. Vijf gehinderden nemen het geluid de hele dag waar, de andere acht gehinderden niet.

Locatie van het geluid

Alle dertien gehinderden, nemen het geluid in de eigen woning waar, zes mensen horen het ook bij de burens en vier gehinderden horen het geluid overal. Elf gehinderden horen het geluid overal in de woning (ongeveer) even sterk, twee gehinderden horen het vooral in de slaapkamer.

Van de dertien gehinderden zijn er vijf mensen die aangegeven, dat zij de enige zijn die het geluid horen.

Gehoer

Acht van de dertien deelnemers geeft aan een goed gehoor te hebben, drie deelnemers denken dat zij een beter gehoor hebben dan gemiddeld. Twee deelnemers geven aan dat zij (denken) een slechter gehoor te hebben dan gemiddeld. Zeven deelnemers hebben in de afgelopen vijf jaar een gehoortest laten doen. Vier deelnemers vinden zichzelf overgevoelig voor geluid.

Ervaren hinder

Op de vraag om met een cijfer van één tot vijf de ernst van de hinder aan te geven, antwoorden negen van de dertien deelnemers (69%) veel tot zeer veel hinder te hebben. Deelnemers vinden het geluid vooral hinderlijk omdat het doordringend is (twaalf deelnemers) en omdat zij er niet van kunnen (door)slapen (elf deelnemers). Slechts vier deelnemers geven aan het geluid hinderlijk te vinden omdat zij niet weten wat het is.

Negen deelnemers (69%) geven aan naast hinder ook andere gezondheidseffecten te hebben door het geluid. De meest voorkomende klacht is slaaptkort/vermoeidheid.

De meeste gehinderden hebben verschillende acties ondernomen om de hinder te verminderen of de bron op te sporen, zoals een andere slaapplek kiezen, oordopjes indoen, de tv of de radio aanzetten, de elektriciteit / hoofdschakelaar uitzetten en de burens vragen dit te doen, bij bedrijven in de buurt informeren, etc. De maatregelen hebben geen of een enkele keer effect. De meest effectieve maatregel om hinder te verminderen lijkt het aanzetten van de tv of radio, dit had effect bij vijf van de zeven deelnemers die de maatregelen hadden genomen.



4 Discussie

In dit onderzoek is de gehoordrempel voor lage tonen bepaald bij een groep LFG gehinderden en een controlegroep van studenten en medewerkers van de HKU. Uit de resultaten blijkt dat de gehinderden groep geen lagere gehoordrempel heeft dan de controlegroep.

De gehinderdengroep is samengesteld uit een aselechte steekproef van personen die melding gedaan hebben van hinder door LFG bij GGD-en en Omgevingsdiensten. Het is niet bekend in hoeverre deze groep representatief is voor LFG gehinderden in het algemeen. Mogelijk zijn mensen die langdurig hinder hebben van LFG in de onderzoeksgroep oververtegenwoordigd. De verwachting is dat de resultaten ook voor andere LFG gehinderden gelden. De conclusie is gebaseerd op een beperkte groep van acht personen (de groep LFG gehinderden die de meetruimte als stil hebben ervaren). De resultaten van dit onderzoek zijn in lijn met de resultaten van eerder onderzoek van onder andere Pederson et al uit 2007⁹, Walford et al. uit 1983¹⁰ en Inukai et al. uit 2000¹¹, waaruit ook bleek dat mensen die (ernstige) hinder ondervinden ten gevolge van laagfrequent geluid over het algemeen een even goed of zelfs slechter gehoor hebben voor de lage frequenties dan anderen.

In dit onderzoek hebben we de gemeten gehoordrempels van een groep LFG-gehinderden vergeleken met de gemeten gehoordrempels van een controlegroep. We hebben de waarden niet vergeleken met andere referentiewaarden zoals de NSG curve. Vergelijking met de waarden van de NSG-curve is niet goed mogelijk omdat de meetomstandigheden (bijvoorbeeld de gebruikte apparatuur) en de meetmethoden voor de bepaling van de NSG-waarden en voor de bepaling van de gehoordrempelwaarden in dit onderzoek verschillen. Vergelijking met de eigen controle groep is daarom het meest zuiver.

Vergelijkbaarheid gehinderden en controlegroep

De gehinderdengroep en controlegroep verschillen onderling qua leeftijd en geslacht (tabel 1). In de gehinderden groep zitten in verhouding meer vrouwen dan in de controlegroep (respectievelijk 60% en 23%). De gemiddelde leeftijd is in de gehinderden groep hoger dan in de controlegroep (60 resp. 39 jaar). Leeftijd en geslacht hebben invloed op het gehoor: de gemiddelde gehoordrempel neemt toe met het ouder worden en mannen hebben (vooral met toenemende leeftijd) gemiddeld een hogere gehoordrempel dan vrouwen. Juist voor de lage tonen waarnaar we hier onderzoek doen, is er echter nauwelijks tot geen verschil in gehoordrempel tussen de leeftijdsgroepen en mannen en vrouwen^{12,13}. Het is dan ook niet waarschijnlijk dat de verschillen in leeftijd en geslacht tussen de gehinderdengroep en de controlegroep de resultaten van het onderzoek hebben beïnvloed.

Hogere gehoordrempel?

Uit de resultaten van dit onderzoek lijkt te komen dat de gemiddelde gehoordrempel van de gehinderden die de meetruimte niet stil vonden, significant hoger is dan die van de controlegroep. Voorafgaand aan de meting is aan alle proefpersonen gevraagd of ze de ruimte als stil ervoeren. Alle proefpersonen van de controle groep ervoeren de kamer als stil, terwijl 12 van de 20 proefpersonen van de LFG groep de kamer niet stil vonden. Op basis van de in de stille ruimte uitgevoerde controlemetingen is uitgesloten dat de door deze mensen gehoorde 'brom' afkomstig was van een bron binnen of buiten de onderzoeksruiimte. Onder de 80 Hz was er enige ruis aanwezig, maar die lag onder de gehoordrempel. Bovendien kan het horen van een 'brom' niet verklaard worden uit het willekeurige karakter van ruis.

De waargenomen 'brom' kan de meting bij de betreffende mensen echter wel hebben gemaskeerd, waardoor een hogere gehoordrempel is gemeten. Dit zou dan betekenen dat de gehoordrempel bij deze groep iets minder nauwkeurig is gemeten en dat niet kan worden geconcludeerd dat deze groep daadwerkelijk een hogere gehoordrempel heeft. Het verschil was wel consistent over alle frequentiebanden. Mogelijk spelen andere factoren hierbij

⁹ Pedersen C.S., Moller H. and Persson Wayne K, (2008) A detailed Study of Low Frequency Noise Complaints. J. Low Freq Noise Vibr vol 27 (1)

¹⁰ Walford, R. E., "A Classification of Environmental "Hums" and Low Frequency Tinnitus", Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 1983, 2 (2), 60-84.

¹¹ Inukai, Y., Nakamura, N., and Taya, H., "Unpleasantness and acceptable limits of low frequency sound", Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 2000, 19 (3), 135-140.

¹² Moller H. Pedersen C.S.(2004) Hearing at low and infrasonic frequencies J. Low Freq Noise Vibr

¹³ Leventhall (2009) Low Frequency Noise. What we know, what we do not know and what we like to know J. Low Freq Noise Vibr vol 28 (2)

ook een rol bij de ervaren hinder van LFG, bijv. niet meer los kunnen komen van het horen van LF geluiden net boven de (normale) gehoordrempel (tussen 20 en 125 Hz).

Niet stille ruimte

Het feit dat ruim de helft van de LFG gehinderden de meetruimte niet stil vond is een opvallende bevinding van het onderzoek. Te meer, daar het gemeten achtergrondgeluid onder de gehoordrempel lag en de ruimte door alle controlepersonen en acht personen van de gehinderden groep wel als stil werd ervaren.

Een mogelijke verklaring voor het horen van een brom, is dat er sprake is van schijngeluid. De gewaarwording van geluid zonder een externe prikkel (geluidsbron) wordt fantoomgeluid of schijngeluid genoemd. Dit ontstaat doordat het gehoororgaan of de zenuwbanen - zonder dat er geluiden zijn – signalen doorgeven die in de hersenen de betekenis 'geluid' krijgen. De meeste mensen blijken in absolute stilte (geen hoorbaar geluid aanwezig) toch geluiden te horen en dat lijkt toe te nemen als de aandacht op geluid wordt gevestigd (Van den Berg, 2009)¹⁴. Volgens Moller (2007)¹⁵ horen de meeste ouderen geluiden in een stille omgeving, maar voelen slechts enkelen zich daardoor verstoord.

Aanpak LFG klachten

Uit dit onderzoek blijkt dat de gehoordrempel van LFG-gehinderden niet lager is dan die van anderen. Omdat er inter- en intra-individuele verschillen in gehoordrempelwaarden zijn, kan niet worden uitgesloten dat in een enkel geval iemand wel een lagere gehoordrempel heeft dan anderen en dus in staat is om zachte lage tonen te horen (en daar hinder van te hebben), terwijl anderen het geluid niet horen. Dit betreft dan echter een enkeling en niet de meerderheid van de LFG gehinderden, gezien de resultaten van dit onderzoek en eerder uitgevoerde onderzoeken.

Als LFG gehinderden geen lagere gehoordrempel hebben dan anderen, dan is de verwachting dat bij hinder door een externe geluidsbron, naast de gehinderde ook anderen een bromtoon moeten horen. In de praktijk is dat vaak niet het geval. Dit onderzoek levert een duidelijke aanwijzing dat er in situaties waarin de gehinderde de enige is die het geluid hoort, er vermoedelijk geen externe geluidsbron aanwezig is, maar dat er een andere oorzaak is voor de hinder. In die situaties lijkt het dan ook weinig zinvol om te zoeken naar een externe geluidsbron die de hinder veroorzaakt en zal de gehinderde daar ook niet mee geholpen zijn. De meeste gehinderden zijn er van overtuigd dat er een externe geluidbron aanwezig is, maar de onderzoeksresultaten ondersteunen dit niet.

In situaties waarin niet alleen de gehinderde maar ook anderen het geluid horen, is naar verwachting wel sprake van een externe geluidsbron en is onderzoek hiernaar dan ook aangewezen.

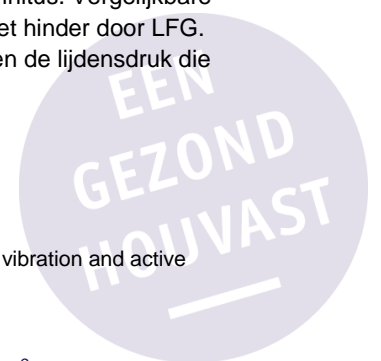
De bromtoon leidt voor de gehinderdengroep tot ernstige hinder, met als gevolg soms oververmoeidheid, aandacht- en concentratiestoornissen. Dat blijkt ook uit de gegeven antwoorden op de vragenlijst.

Om deze klachten te verminderen is een verwijzing via de huisarts naar een SOLK (somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten) polikliniek of een Audiologisch Centrum te overwegen. De SOLK polikliniek biedt ondersteuning en begeleiding aan mensen met lichamelijke klachten waarvoor geen oorzaak kan worden gevonden. In het geval van LFG hinder betekent dit dat het horen van een bromtoon als een vast gegeven wordt geaccepteerd, zonder te zoeken naar de oorzaak. De focus ligt vervolgens op wat dit voor consequenties heeft op het functioneren in het dagelijks leven. Vervolgens wordt een behandelplan opgesteld waarin de gehinderde handvaten krijgt aangereikt om de regie op het eigen leven weer terug te krijgen.

Audiologische centra bieden ondersteuning aan mensen met klachten van hyperacusis en tinnitus. Vergelijkbare programma's worden inmiddels ook gezien als potentiële behandelmethodes voor mensen met hinder door LFG. In ieder geval is het van belang dat behandelaars op de hoogte zijn van klachten door LFG en de lijdensdruk die hierdoor kan ontstaan. Hierbij kunnen de GGD-en ondersteuning bieden.

¹⁴ Berg, F. van den (2009). Low Frequency Noise and phantom sounds. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, 28 (2): 105–116.

¹⁵ Møller, A.R. (2007). Tinnitus: presence and future. *Progress in brain research* 166:3-16.



Een probleem hierbij kan zijn dat de verzekering de kosten niet wil dekken. Er zijn aanwijzingen dat het Zorg Instituut NL in de loop van het voorjaar van 2017 deze vorm van zorg als reguliere basiszorg therapie verleend vanuit een AC zal honoreren.



5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Samenvatting en conclusies

In dit onderzoek is getest of personen die in de thuissituatie last hebben van een bromtoon een lagere gehoordrempel hebben voor LFG dan een groep controlepersonen die geen last hebben van een bromtoon.

- Uit de groep LFG gehinderden in de provincie Gelderland is een steekproef van 30 personen bereid gevonden mee te doen aan het testen van de gehoordrempel. Hiervan is de test bij 20 personen daadwerkelijk afgenomen. Als controlegroep zijn 26 studenten en medewerkers van de KMT/HKU getest.
- De test vond plaats in een zgn. echo arme kamer, welke ook trilling geïsoleerd was opgesteld. Van de frequenties 125, 80, 50, 31,5 en 20 Hz is een gehoordrempel bepaling uitgevoerd volgens de methode van Békésy.
- De gehinderden blijken een iets hogere drempel te hebben voor het horen van LFG. De gevonden verschillen in gehoordrempel tussen de gehinderdengroep en de controlegroep bij 125 Hz en 80 Hz zijn niet significant ($p > .05$). De gevonden verschillen bij 50 Hz, 31,5 Hz en 20 Hz zijn wel significant ($p < .05$). Een deel van de gehinderdengroep ervoer de ruimte niet als stil. Het verschil tussen de gehoordrempels van deze groep gehinderden en de controles was op alle frequenties groter dan wanneer naar de totale groep gehinderden werd gekeken. Mogelijk werd tijdens de gehoordrempelmeting de aangeboden toon gemaskeerd door de subjectief waargenomen 'brom' en werden daardoor hogere gehoordrempels vastgesteld.
- Als de groep gehinderden die de stille ruimte niet als stil hebben ervaren buiten beschouwing wordt gelaten, dan wordt er bij geen van de gemeten frequenties een significant verschil gevonden tussen de gehoordrempels van de gehinderden en de controles.
- Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat LFG gehinderden geen lagere gehoordrempel hebben voor lage tonen.

5.2 Aanbevelingen

- In situaties waarin de gehinderde de enige is die het geluid hoort en/of waarin bij een geluidmeting geen geluid wordt gemeten dat de hinder kan verklaren, is bronopsporing niet zinvol.
- Als er sprake is van ernstige hinder, oververmoeidheid en/of aandacht- en/of concentratiestoornissen dan biedt een therapie bij een Audiologisch Centrum (AC) of een SOLK polikliniek mogelijk de kans om te leren omgaan met de klachten en de kwaliteit van leven te verbeteren¹⁶.
- Vervolgonderzoek zou gericht kunnen zijn op de effectiviteit van de behandelmethoden in de SOLK polikliniek en de audiologische centra.

¹⁶ Het Zorg Instituut NL zal deze zorg waarschijnlijk in de loop van het voorjaar van 2017 als reguliere basiszorg therapie verleend vanuit een AC honoreren.



Bijlagen



Bijlage 1 Vragenlijst

Vragenlijst bij onderzoek naar de bepaling van de gehoordrempel bij proefpersonen die regelmatig last hebben van laagfrequent geluid.

Uw gegevens

Naam _____
Leeftijd _____
Geslacht _____
Aantal huisgenoten _____

Uw geluidservaring

1. **Van wat voor soort laagfrequent geluid heeft u last?**

- Brommen
 Bonzen
 Dreunen
 Trillen

Anders, te weten: _____

2. **Varieert het geluid regelmatig in sterkte?**

- Nee, het is een constant geluid
 Nee, het varieert *on*regelmatig

Ja, elke paar seconden is het luider en weer zwakker, volgens een min of meer
regelmatig patroon

Anders, te weten: _____

3. **Kunt u zeggen op welk bekend geluid het lijkt?**

Het lijkt op: _____

4. **Sinds wanneer ervaart u hinder van dit geluid?**

Sinds: _____ (dag/maand/jaar)

5. **Wat is naar uw mening de oorzaak/de bron van het geluid ?**



6. **Op welke tijden neemt u het geluid waar?**

- Vrijwel de gehele dag
- Vooral 's nachts
- Op alle dagen van de week
- Alleen op werkdagen

Anders, te weten: _____

7. **In welk vertrek hoort u het geluid het beste?**

- Vooral in de slaapkamer
- Vooral in de woonkamer
- Overal in huis (ongeveer) even sterk

Anders, te weten: _____

8. **Waar in dat vertrek of in die vertrekken hoort u het geluid het beste?**

- Overal hetzelfde
- Midden in de kamer
- In een hoek
- Bij de muur van de buurwoning
- Onder het dak

Anders, te weten: _____

9. **Op welke van de volgende plaatsen neemt u het geluid waar?**

- In de eigen woning
- Ook bij de burens in huis
- Ook in de tuin/op het balkon
- Overal

Anders, te weten: _____

10. **Hoe neemt u het geluid waar?**

- Horen
- Druk op de oren
- Druk in het hoofd
- Trillingen in het lichaam



Anders, te weten: _____



11. **Welke andere mensen horen het geluid of hebben er last van?**

- Alleen ik hoor het
- Huisgenoten
- Buren
- Bezoekers

Anders, te weten: _____

12. **Heeft u graag (maskerend) geluid om u heen (bijv. radio of televisie)?**

- Ja
- Nee

Wat heeft u gedaan om van het geluid af te komen en had dit succes?

(d.w.z. verminderde last of verdween het geluid) U mag meerdere antwoorden aankruisen, geef per aangekruist antwoord aan of er wel of geen effect was op de hinder

13.

- Andere slaappleaats gekozen: *wel / geen effect*
- Bed verplaatst in de slaapkamer: *wel / geen effect*
- Oordopjes ingedaan: *wel / geen effect*
- Ander geluid (bijv. radio of tv) aangezet: *wel / geen effect*
- Verdachte bron(nen) uitgezet: *wel / geen effect*
- Hoofdschakelaar van de elektriciteit uitgezet: *wel / geen effect*
- Buren gevraagd verdachte bron(nen) uit te zetten: *wel / geen effect*
- Buren gevraagd hoofdschakelaar elektriciteit uit te zetten: *wel / geen effect*
- Bij bedrijven in de buurt geïnformeerd: *wel / geen effect*

Anders, te weten: _____

14. **Kunt u met een cijfer van 1 tot 5 aangeven hoe hinderlijk het geluid is?**

- 1 (geen hinder)
- 2 (weinig hinder)
- 3 (matige hinder)
- 4 (veel hinder)
- 5 (zeer veel hinder)



15. **Als u dit geluid hinderlijker vindt dan ander geluid, waarom is dat dan?**

- Het is overal
- Het is doordringend
- Ik word er zenuwachtig van
- Ik kan er niet van (door)slapen
- Ik weet niet wat het is
- Ik vind het geluid niet hinderlijker dan ander geluid

Anders, te weten: _____

16. **Zijn er geluidsmetingen verricht?**

- Ja, wat hebben die metingen opgeleverd: _____
- Nee

Uw gehoor

17. **Heeft u een goed gehoor?**

- Ja, ik hoor goed
- Ja, ik denk dat ik een beter gehoor heb dan gemiddeld
- Nee, ik denk dat ik een slechter gehoor heb dan gemiddeld
- Nee, ik heb gehoorverlies aan beide oren

18. **Heeft u een gehoortest laten doen?**

- Ja, _____ jaar geleden, bijzonderheden _____
- Nee

19. **Vindt u zichzelf overgevoelig voor geluid?**

- Ja
- Nee

20. **Heeft u behalve hinder ook gezondheidseffecten ten gevolge van het hinderlijke geluid?**

- Ja, te weten: _____
- Nee



Uw woning en woonomgeving

21. **In wat voor woning woont u?**

- Eengezinswoning
- Hoekwoning
- Tussenwoning
- Twee-onder-een-kap
- Vrijstaand
- Portiekwoning
- Appartement
- Flat

Anders, te weten: _____

22. **Sinds wanneer woont u hier?**

Jaartal: _____

23. **Wat is het bouwjaar van de woning?**

Jaartal: _____

24. **In wat voor soort omgeving ligt uw woning?**

- In een stads-/winkelcentrum
- Nabij een stads-/winkelcentrum
- In een drukke woonwijk met doorgaande wegen
- In een rustige woonwijk zonder veel verkeer
- Buitengebied (polder/bos/weiland/weinig verkeer/geen industrie)

Anders, te weten: _____

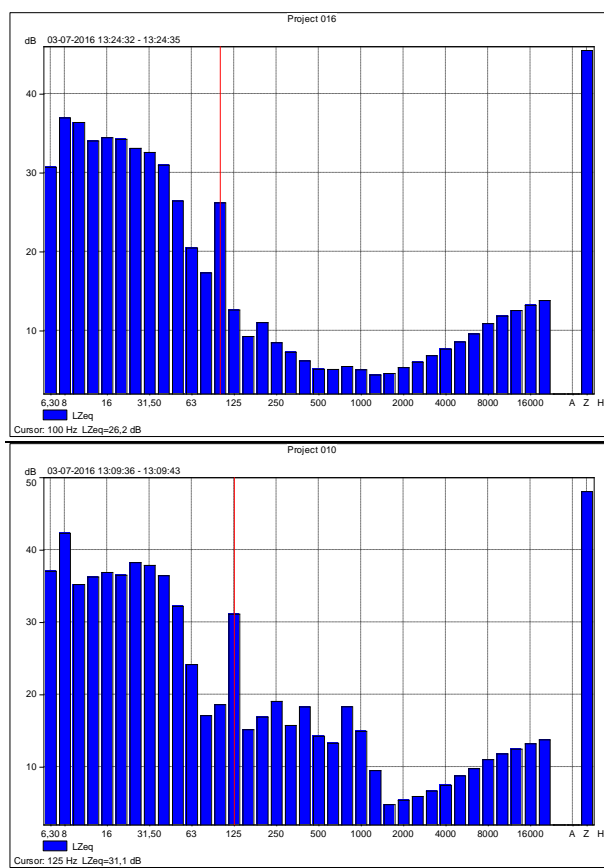


Bijlage 2 Details meting en ijking meetapparatuur

Karakteristiek & ijking

De zuivere toon (smalle ruisband) wordt geproduceerd door een viertal componenten: toongenerator (44100 Hz, 32 bits floating point), laptop/processor (Apple Macbook), externe geluidskaart (MOTU Ultra Lite MK3), subwoofer met actieve feedback (Grimm Audio). Per frequentie gedraagt het volume zich volledig lineair in het frequentiegebied tussen 20 en 125 Hz met een achtergrond ruisniveau onder de normale gehoorrens. De bandbreedte per frequentie is 10 keer smaller dan nodig, rekening houdend met de steilheid van de standaard gehoorcurve.

De wanden van de onderzoeksruimte absorberen alle frequenties boven 80 Hz. Onder 80 Hz is de ruimte niet 'stil'. Het ruisniveau in stilte is weergegeven in figuur 2. Hieruit blijkt dat het achtergrondruisniveau 5 dB lager is dan de gemiddelde gehoordrempel, zowel van de LFG groep als van de controlegroep.



Figuur 2: Nulmeting achtergrondruis van onderzoeksruimte (in stilte)

Omdat de "oor" hoogte per proefpersoon verschilt, wordt de geluidsniveau ijking van de meetopstelling per gemeten frequentie per proefpersoon uitgevoerd. Een typische baseline ziet er als volgt uit:

| | 20 Hz | 31.5 Hz | 50 Hz | 80 Hz | 125 Hz |
|------------|-------|---------|-------|-------|-----------|
| Referentie | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 [dB] |
| Gemeten | 44.7 | 43.6 | 41.0 | 47.0 | 44.0 [dB] |
| Correctie | 5.3 | 6.4 | 9.0 | 3.0 | 6.0 [dB] |

In de variatie zien we dat de invloed van de ruimtelijke reflecties per frequentie verschilt. Aan het eind van de meting corrigeren we voor deze verschillen.