

# Rapport Onderzoeksresultaten – De Oorzaak

## Departement Zorg

Auteurs: Prof. Laure Jacquemin, Dr. Verena Iven, Kristien Wouters, Prof. Sara Op de Beeck, Prof. Marijke Dieltjens, Prof. Johan Verbraecken, Prof. Olivier M Vanderveken, Prof. Cedric Vuye

## 1. Samenvatting

Geluidshinder vormt een groeiende uitdaging voor het gezondheidsbeleid, met een aantoonbare impact op welzijn en levenskwaliteit, in het bijzonder in verstedelijkte leefomgevingen. Binnen het burgerproject *De Oorzaak* werd onderzocht hoe omgevingsgeluid zich verhoudt tot zowel subjectief als objectief gemeten slaapkwaliteit, en in welke mate individuele verschillen in geluidsgevoeligheid hierbij mogelijks een rol spelen. Door slaap, geluidsblootstelling en gehoor geïntegreerd en objectief te meten in de thuissituatie van burgers, levert dit project beleidsrelevante inzichten die verder reiken dan klassieke omgevingsmetingen alleen.

De studiepopulatie vormt een goede afspiegeling van de algemene volwassen bevolking. Objectieve slaapmetingen tonen aan dat de meerderheid van de deelnemers een normale slaapduur en slaapefficiëntie vertoont, met waarden die vergelijkbaar zijn met referentiegegevens uit de literatuur. Ook het voorkomen van slaapapneu en overmatige slaperigheid overdag ligt in lijn met wat in de algemene bevolking wordt gerapporteerd. Dit onderstreept de kwaliteit en validiteit van de verzamelde slaapdata als solide basis voor verdere analyses en vervolgonderzoek.

Wat het gehoor betreft, tonen objectieve audiologische metingen bij deelnemers met verhoogde geluidsgevoeligheid een consistente trend richting meer gehoorschade en verminderde cochleaire functie, onder meer zichtbaar in de resultaten van tonale audiometrie en DPOAE-metingen. Hoewel deze verschillen niet steeds statistisch significant zijn, suggereren zij dat gehoorschade en gehoorverlies potentiële risicofactoren kunnen zijn voor het ontwikkelen van geluidsgevoeligheid. Deze bevinding wijst op het gehoor als een mogelijke intermediaire schakel tussen omgevingsgeluid en ervaren hinder, en benadrukt het belang van audiologische componenten binnen onderzoek en beleid rond geluidshinder.

De geïntegreerde analyse van slaap-, gehoor- en geluidsdata toont aan dat noch geluidsgevoeligheid, noch het gemeten geluidsniveau in de slaapomgeving een aantoonbare invloed heeft op de macrostructuur van de slaap, zoals slaapduur, slaapefficiëntie en verdeling van slaapstadia. Deze vaststelling impliceert dat de gezondheidsimpact van geluidshinder zich mogelijk niet manifesteert via globale slaapparameters, maar via subtielere mechanismen, zoals arousals, autonome activatie en subjectieve hinderbeleving. Daarnaast toont dit project aan dat

geluidsgevoeligheid geen eenduidig construct is dat met één meetinstrument kan worden gevat. Dit onderstreept de beperkingen van klassieke indicatoren en wijst op de nood aan verfijnd vervolgonderzoek.

Beleidsmatig wijzen deze resultaten op het belang van een geïntegreerde aanpak van geluidshinder, waarbij omgevingsmetingen worden aangevuld met gezondheidsdata. Concreet ondersteunen de bevindingen:

- (1) het verder verkennen en onderzoeken van gehoorscreening bij volwassenen als preventieve maatregel;
- (2) het structureel opnemen van audiologisch onderzoek in studies en trajecten rond geluidshinder;
- (3) investeringen in vervolgonderzoek naar subtiele slaapverstoringen en individuele kwetsbaarheid;
- (4) het opzetten van longitudinale en interventiegerichte studies om beleidsmaatregelen te evalueren; en
- (5) integratie van gehoor- en geluidsgevoeligheidsdata in het Globaal Medisch Dossier.
- (6) interdepartementale samenwerking rond geluidshinder

Het project toont daarmee aan dat verdere investeringen in geïntegreerd onderzoek naar slaap, gehoor en omgevingsgeluid noodzakelijk zijn om gericht, proportioneel en effectief gezondheidsbeleid te onderbouwen. De huidige resultaten vormen een wetenschappelijk robuuste basis voor dergelijke vervolgstappen.

## 2. Achtergrond en Doelstellingen

Omgevingsgeluid en geluidshinder vormen een toenemend maatschappelijk en gezondheidskundig probleem, in het bijzonder in verstedelijkte gebieden. Verkeerslawaaï, menselijke activiteiten in de publieke ruimte en andere omgevingsgeluiden maken integraal deel uit van de dagelijkse leefomgeving van vele burgers. Langdurige blootstelling aan storend geluid wordt in toenemende mate in verband gebracht met negatieve effecten op de gezondheid, zoals verhoogde stressniveaus, cardiovasculaire risico's en een verminderde levenskwaliteit.

Eén van de gezondheidsdomeinen die bijzonder kwetsbaar is voor geluidshinder, is de slaap. Slaap is een essentieel onderdeel van onze gezondheid en ons welzijn. Tijdens de slaap doorloopt het lichaam verschillende fasen waarin cruciale herstelprocessen plaatsvinden. Een goede slaap is onmisbaar voor cognitieve functies zoals concentratie, geheugen en besluitvorming, en speelt tevens een sleutelrol in de regulatie van stemming en stress. Verstoring van de slaap door omgevingsgeluid kan op korte termijn leiden tot, prikkelbaarheid, vermoeidheid, en verminderde alertheid. Op langere termijn wordt een chronisch slaapttekort geassocieerd met ernstige gezondheidsproblemen, waaronder hart- en vaatziekten, diabetes mellitus en mentale gezondheidsproblemen.

Naast de objectieve geluidsblootstelling kan ook het gehoor en de individuele gevoeligheid voor geluid een belangrijke mogelijke verklarende factor zijn voor de mate waarin geluidshinder wordt ervaren. Uit eerder onderzoek is immers bekend dat niet alle personen in gelijke mate hinder ondervinden bij identieke geluidsniveaus. Het gehoor kan dus een intermediaire rol spelen in de omzetting van omgevingsgeluid naar subjectieve hinderbeleving en mogelijke slaapverstoring.

Het opnemen van audiologisch onderzoek en de beoordeling van geluidsgevoeligheid binnen dit burgeronderzoek laat daarom toe om te onderzoeken of mensen met een verhoogde geluidsgevoeligheid ook kwetsbaarder zouden kunnen zijn voor slaapverstoring door omgevingsgeluid. Deze geïntegreerde benadering maakt het mogelijk om de relatie tussen geluidsblootstelling, slaapkwaliteit en hinderbeleving beter te begrijpen. Dit is essentieel om niet alleen algemene beleidsmaatregelen te onderbouwen, maar ook om gerichte en proportionele preventiestrategieën te ontwikkelen voor kwetsbare subgroepen binnen de bevolking. Door omgevingsgeluid, slaap in de eigen thuissituatie en gehoor in samenhang te bestuderen, levert dit project waardevolle en beleidsrelevante kennis aan voor de verdere onderbouwing van het gezondheids- en preventiebeleid.

### 3. Methodologie

Om het effect van omgevingsgeluid enerzijds en de geluidsgevoeligheid anderzijds op de slaap te onderzoeken werden 101 deelnemers geselecteerd waarvan de helft een verhoogde geluidsgevoeligheid gerapporteerd had via de hyperacusis vragenlijst (HQ), en de andere helft een normale geluidsgevoeligheid.

De Hyperacusis Questionnaire (HQ) is een valide zelfrapportagevragenlijst om klachten over hyperacusis vast te stellen. De HQ bestaat uit 14 items, die worden gescoord op een vierpuntsschaal. Hoe hoger de score op de HQ, hoe lager de tolerantie voor alledaagse geluiden. Een minimale score van 22 van de 42 punten werd gebruikt als diagnostisch criterium en duidt op hyperacusis.

#### 3.1 Slaaponderzoek

Bij de 101 deelnemers werd thuis een slaaponderzoek opgezet in de periode waarin er buiten aan het slaapkamerraam een slimme geluidssensor van De Oorzaak hing. Onze medewerker bracht vervolgens een tweede, nog gevoeliger, geluidssensor mee die aan het hoofdeinde van het bed van de deelnemer werd geplaatst om zo een beeld te geven van alle geluidsniveaus waaraan de deelnemers tijdens de nacht werden blootgesteld (Figuur 1). Zo kon deze tweede geluidssensor registreren welke omgevingsgeluiden er van buiten naar binnen doordrongen om de deelnemer, mogelijk, wakker te maken. Daarnaast kon deze sensor ook de geluidsniveaus van binnenshuis registreren. Naast de registratie van het omgevingsgeluid moest de slaap uiteraard ook gemeten worden. Dit gebeurde op basis van een onbewaakte thuispolysomnografie of slaaponderzoek (Figuur 1). Tijdens dit onderzoek werden bij de deelnemers elektroden aangebracht op het lichaam om hersengolven, spierspanning, oog- en beenbewegingen te registreren. Daarnaast werden er sensoren gebruikt om de lichaamspositie, ademhaling, snurken, hartslag en het zuurstofgehalte in het bloed te meten. Tot slot, werd in de slaapkamer een camera geplaatst (Figuur 1), die het bed vanop een hoogte filmde om zo alle bewegingen van de deelnemers goed te kunnen observeren. De gegevens van twee slaaponderzoeken (één in elke groep) zijn door technische problemen niet bruikbaar.



*Figuur 1 Links: Opstelling van de tweede geluidssensor en camera aan het hoofdeinde van het bed en een levensgrote dummy pop waarop de set-up voor een slaaponderzoek werd aangebracht. Rechts: De slaapsensorkit die gratis ter beschikking werd gesteld door OSG/Natus.*

## 3.2 Gehooronderzoek

### 3.2.1 Gehoordrempels

Met een tonale audiometrie werden de luchtgeleidingsdrempels voor het linker- en rechteroor tussen 125 Hz en 16 kHz bepaald volgens de klinische normen (ISO 8253-1, 2010) met behulp van een tweekanaals Interacoustics AC-40 audiometer in een geluidsdichte audiocabine. De gemiddelde gehoordrempels voor de lage frequenties (PTA-low: 0,5, 1 en 2 kHz) en hoge frequenties (PTA-high: 1, 2 en 4 kHz) worden berekend per oor.

### 3.2.2. Otoakoestische emissies

Er werden Distortion Product Otoakoestische Emissies (DPOAE's) uitgevoerd. Deze test geeft een indicatie van de haarcel functie voor het linker- en rechteroor. DPOAE's worden opgewekt door gebruik te maken van een set van twee zuivere toonfrequenties ( $f_1$  en  $f_2$ ) die dicht bij elkaar liggen en gelijktijdig worden aangeboden op een niveau van 55 dB SPL voor  $f_1$  en 65 dB SPL voor  $f_2$ . DPOAE's worden geregistreerd in het frequentiegebied van 1 kHz tot 6 kHz.

### 3.2.3. HearWHO gehoorscreening

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft een mobiele en webgebaseerde softwareapplicatie ontwikkeld voor gehoorscreening. De hearWHO-app is gebaseerd op gevalideerde digits-in-noise-technologie. De app biedt 23 reeksen van drie cijfers aan met een ruis op de achtergrond. De deelnemer moet reageren door de uitgesproken cijfers te identificeren. De reacties worden gebruikt om de signaal-ruisverhouding te schatten waarbij de deelnemer de cijfers nog net kan verstaan, wat een indicatie geeft van iemands gehoorvermogen. De hearWHO-app geeft een score tussen 0 en 100. Hoe lager de score, hoe groter het gehoorverlies waarschijnlijk is. Een score hoger dan 75 duidt op een normaal gehoor. De HearWHO test werd afgenomen door de deelnemers zelf op een tablet met een gekoppelde hoofdtelefoon.

### 3.2.4. Oncomfortabele luidheidsniveaus

Uncomfortable Loudness Level (ULL) is het minimale geluidsniveau dat als oncomfortabel luid wordt ervaren, afzonderlijk voor het linker- en rechteroor. De ULL-test werd uitgevoerd in dezelfde omgeving als de tonale audiometrie (d.w.z. geluidsdichte audiocabine), met dezelfde frequentievolgorde als voor het audiogram, voor frequenties tussen 125 Hz en 8 kHz. Om ongemak te voorkomen was het startniveau gelijk aan de gemeten gehoordrempel van de testfrequentie. We presenteerden een toon van 1 seconde, gevolgd door een stilteperiode van minimaal 1 seconde. Vervolgens verhoogden we de stimulus met 5 dB en presenteerden we de stimulus opnieuw. De deelnemer werd geïnstrueerd om de hand op te steken zodra het geluid een niveau bereikte dat als onaangenaam ervaren werd. We stopten de test onmiddellijk als de deelnemer reageerde of als de deelnemer tekenen van ongemak vertoonde. Niveaus boven 95 dB HL werden niet afgenomen. Indien de ULL niet werd bereikt bij 95 dB HL, werd de ULL bij de testfrequentie geregistreerd als 100 dB HL (BSA-richtlijnen). Wanneer de minimale ULL  $\leq 77$  dB HL is, duidt dit op geluidsgevoeligheid. De minimale ULL werd berekend door het

gemiddelde van de ULL-waarden over alle frequenties van elk oor afzonderlijk te nemen en het oor met de laagste gemiddelde ULL-waarde te selecteren.

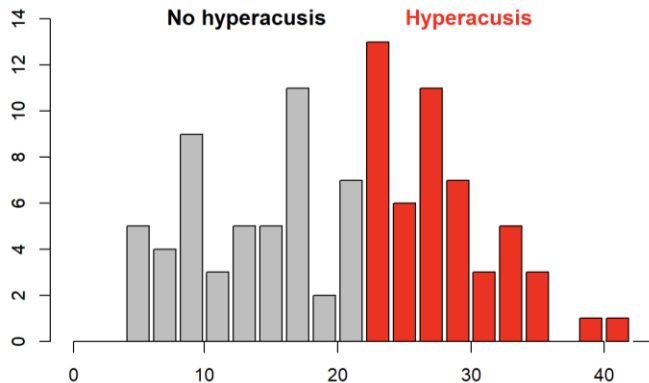
### **3.2.5. Tablet test**

Een nieuwe benadering waarbij psycho-akoestische beoordelingen van natuurlijke geluiden worden gebruikt als beoordelingsinstrument voor hyperacusis, werd uitgevoerd op een tablet. De deelnemers kregen zeven geluiden te horen op drie geluidsniveaus (60, 70, 80 dB SPL). De taak was om deze geluiden te beoordelen op een visuele analoge schaal van aangenaam tot onaangenaam. Het resultaat werd vergeleken met de genormaliseerde score om te bepalen of de deelnemer geluidsgevoelig was.

## 4. Resultaten Gehooronderzoek

### 4.1. Hyperacusisvragenlijst

De deelnemers werden geïncludeerd op basis van hun scores op de hyperacusisvragenlijst (HQ). HQ toonde een gemiddelde score van 20/42 (bereik 4-41/42). Volgens de HQ-score hadden 50 deelnemers hyperacusis en 51 niet (figuur 2). Voor de hyperacusisgroep was de HQ-score gemiddeld 27/42, terwijl deze voor de controlegroep 13/42 was (tabel 1).



Figuur 2: Histogram van de totaalscore op de hyperacusisvragenlijst (HQ). In het rood is de hyperacusisgroep aangeduid, en in het grijs de controlegroep.

| Hyperacusis questionnaire | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) |
|---------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| Mean (SD)                 | 19.9 (8.7)    | 12.7 (5.1)            | 27.3 (4.5)         |
| Median                    | 21.0          | 13.0                  | 26.0               |
| Range                     | 4.0 - 41.0    | 4.0 - 21.0            | 22.0 - 41.0        |

Tabel 1: Gemiddelde (met standaarddeviatie), mediaan en bereik voor de score op de Hyperacusisvragenlijst (HQ) voor de hyperacusisgroep en de controlegroep.

### 4.2. Demografische gegevens

De leeftijd varieerde van 24 tot 71 jaar, wat representatief is voor de algemene bevolking. Gemiddeld hadden de deelnemers een leeftijd van 47 jaar. Om zeker te zijn dat onze deelnemers een goede representatie van de algemene bevolking vertegenwoordigen, vroegen we naar een aantal algemene gezondheidsparameters. De Body Mass Index (BMI) van 34% van de deelnemers was  $\geq 25 \text{ kg/m}^2$  (overgewicht) en slechts 3% van de deelnemers had obesitas ( $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ ). In de algemene bevolking in België ligt dit percentage hoger (47% overgewicht, 15% obesitas), wat dus inhoudt dat de deelnemers van De Oorzaak minder zwaar waren in vergelijking met de algemene Belgische populatie. Er was geen significant verschil op vlak van geslacht, leeftijd of BMI tussen de hyperacusisgroep en de controlegroep (tabel 2).



|                              | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) | P value |
|------------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <b>Gender</b>                |               |                       |                    | 0.744   |
| Male                         | 40 (39.6%)    | 21 (41.2%)            | 19 (38.0%)         |         |
| Female                       | 61 (60.4%)    | 30 (58.8%)            | 31 (62.0%)         |         |
| <b>Age, yrs</b>              |               |                       |                    | 0.480   |
| Mean (SD)                    | 47.4 (12.8)   | 46.5 (12.4)           | 48.3 (13.2)        |         |
| Median                       | 47.0          | 46.0                  | 49.0               |         |
| Range                        | 24.0 - 71.0   | 27.0 - 68.0           | 24.0 - 71.0        |         |
| <b>BMI, kg/m<sup>2</sup></b> |               |                       |                    | 0.856   |
| Mean (SD)                    | 23.8 (3.3)    | 23.8 (3.2)            | 23.7 (3.4)         |         |
| Median                       | 23.5          | 23.5                  | 23.4               |         |
| Range                        | 17.9 - 34.1   | 18.7 - 34.1           | 17.9 - 30.9        |         |

*Tabel 2: Demografische gegevens - geslacht, leeftijd (in jaren) en BMI (in kg/m<sup>2</sup>) - voor de hyperacusisgroep en controlegroep. Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

### 4.3. Tonale audiometrie

Op basis van de tonale audiometrie konden de deelnemers onderverdeeld worden in een groep met gehoorverlies en een groep zonder gehoorverlies. De groep met gehoorverlies kon nog verder onderverdeeld worden in unilateraal gehoorverlies (aan één oor) of bilateraal gehoorverlies (aan twee oren). Er was een trend tot meer mensen met gehoorverlies in de hyperacusisgroep, maar deze was niet significant (tabel 3).

|                         | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) | P value |
|-------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <b>Hearing loss?</b>    |               |                       |                    | 0.177   |
| Normal hearing          | 69 (68.3%)    | 38 (74.5%)            | 31 (62.0%)         |         |
| Hearing loss            | 32 (31.7%)    | 13 (25.5%)            | 19 (38.0%)         |         |
| <b>Hearing loss?</b>    |               |                       |                    | 0.465   |
| Normal hearing          | 69 (68.3%)    | 38 (74.5%)            | 31 (62.0%)         |         |
| Unilateral hearing loss | 8 (7.9%)      | 3 (5.9%)              | 5 (10.0%)          |         |
| Bilateral hearing loss  | 24 (23.8%)    | 10 (19.6%)            | 14 (28.0%)         |         |

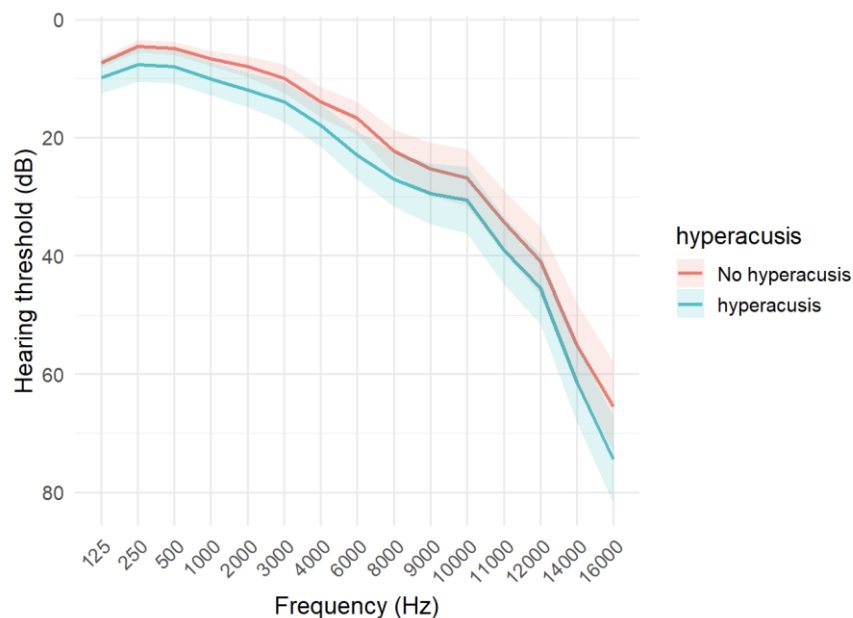
*Tabel 3: Aantal mensen met normaal gehoor en gehoorverlies (unilateraal of bilateraal) voor de hyperacusisgroep en controlegroep. Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

De trend voor een verminderd gehoor in de hyperacusisgroep is ook visueel zichtbaar in figuur 3, waar de gehoordrempels per frequentie (toonhoogte) worden weergegeven. Wanneer we de gemiddelde gehoordrempel van het slechtste oor berekenen voor beide groepen, zien we ook geen significant verschil (tabel 4). Figuur 4 geeft de gemiddelde gehoordrempel weer voor beide groepen.

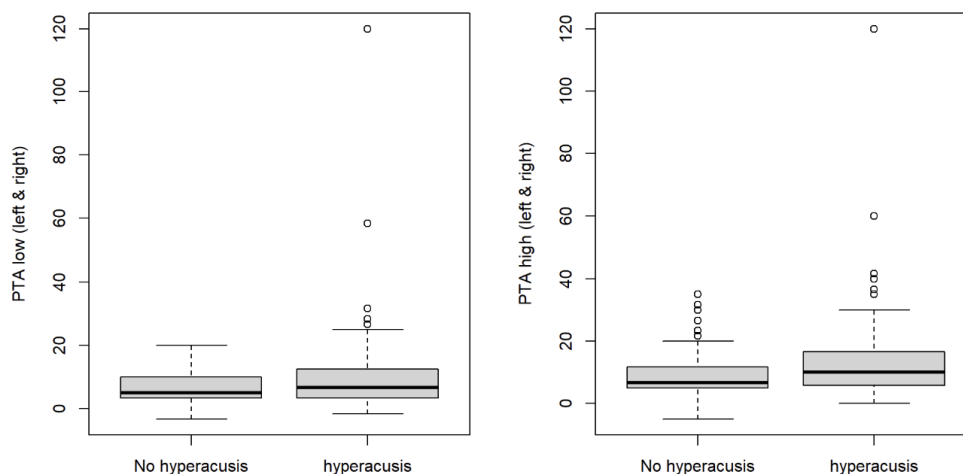
|                             | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) | P value |
|-----------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <b>PTA-low (worse ear)</b>  |               |                       |                    | 0.216   |
| Mean (SD)                   | 10.1 (13.7)   | 7.8 (5.8)             | 12.5 (18.3)        |         |
| Median                      | 6.7           | 6.7                   | 6.7                |         |
| Range                       | -1.7 - 120.0  | -1.7 - 20.0           | 0.0 - 120.0        |         |
| <b>PTA-high (worse ear)</b> |               |                       |                    | 0.125   |
| Mean (SD)                   | 13.3 (14.4)   | 10.9 (8.1)            | 15.9 (18.5)        |         |
| Median                      | 10.0          | 8.3                   | 10.0               |         |
| Range                       | -1.7 - 120.0  | -1.7 - 35.0           | 0.0 - 120.0        |         |

*Tabel 4: Gemiddelde gehoordrempels voor de hyperacusisgroep en controlegroep. Pure Tone Average (PTA) low is de gemiddelde gehoordrempel voor 500, 1000 en 2000 Hz. PTA-high is de gemiddelde gehoordrempel voor 1000, 2000 en 4000 Hz. Deze waarden werden berekend voor het slechtste oor van de deelnemer. Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

Verloop over alle frequenties (X-as op categorie, error bars =  $\pm 1.96 \times$  Standard error)



*Figuur 3: Lijngrafiek van gehoordrempels per frequentie gemeten met tonale audiometrie voor hyperacusisgroep (blauw) en controlegroep (rood).*



*Figuur 4: Boxplots voor PTA-low (d.w.z. gemiddelde gehoordrempel voor 500, 1000 en 2000 Hz) en PTA-high (d.w.z. gemiddelde gehoordrempel voor 1000, 2000 en 4000 Hz) voor beide oren vergeleken tussen hyperacusisgroep en controlegroep.*

#### 4.4. DPOAE

Er is een trend voor meer mensen met gehoorschade in de hyperacusisgroep t.o.v. de controlegroep, wanneer we kijken naar de aanwezigheid van DPOAE's (tabel 5).

|                     | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) | P value |
|---------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <b>DPOAE left</b>   |               |                       |                    |         |
| Absent              | 10 (9.9%)     | 2 (3.9%)              | 8 (16.0%)          |         |
| Present             | 91 (90.1%)    | 49 (96.1%)            | 42 (84.0%)         |         |
| <b>DPOAE right</b>  |               |                       |                    |         |
| Absent              | 4 (4.0%)      | 1 (2.0%)              | 3 (6.0%)           |         |
| Present             | 97 (96.0%)    | 50 (98.0%)            | 47 (94.0%)         |         |
| <b>DPOAE result</b> |               |                       |                    | 0.140   |
| Bilateral damage    | 4 (4.0%)      | 1 (2.0%)              | 3 (6.0%)           |         |
| Unilateral damage   | 6 (5.9%)      | 1 (2.0%)              | 5 (10.0%)          |         |
| No damage           | 91 (90.1%)    | 49 (96.1%)            | 42 (84.0%)         |         |
| <b>DPOAE result</b> |               |                       |                    | 0.051   |
| No damage           | 91 (90.1%)    | 49 (96.1%)            | 42 (84.0%)         |         |
| Damage              | 10 (9.9%)     | 2 (3.9%)              | 8 (16.0%)          |         |

*Tabel 5: Het resultaat van de Distortion Product Otoacoustic Emission (DPOAE) voor het linkeroor, rechteroor, en beide oren samen voor de hyperacusisgroep en controlegroep. Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

## 4.5. HearWHO

De gehoorscreening met de HearWHO app wijst op een gehoorverlies bij 8 personen (tabel 6). Dit is in overeenkomst met de tonale audiometrie. Echter zijn er 24 deelnemers met een gehoorverlies op de tonale audiometrie die niet werden opgepikt met deze gehoorscreening.

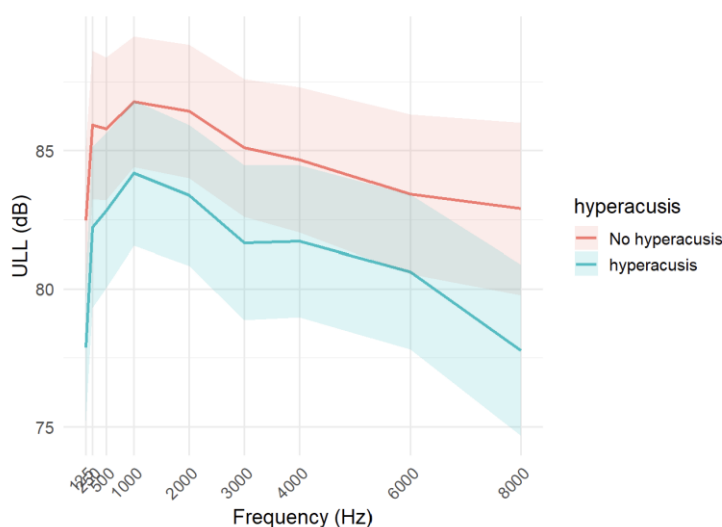
|                           | Total (N=101) | Normal hearing (N=69) | Hearing loss (N=32) |
|---------------------------|---------------|-----------------------|---------------------|
| <b>HearWHO-score</b>      |               |                       |                     |
| Median                    | 90            | 90                    | 80                  |
| Q1, Q3                    | 80, 90        | 90, 100               | 77.5, 90            |
| Range                     | 40 – 100      | 80 – 100              | 40 - 100            |
| <b>Result HearWHO app</b> |               |                       |                     |
| Normal hearing            | 93 (92.1%)    | 69 (100.0%)           | 24 (75.0%)          |
| Hearing loss              | 8 (7.9%)      | 0 (0.0%)              | 8 (25.0%)           |

*Tabel 6: Score op de HearWHO app voor de normaalhorenden en de deelnemers met een gehoorverlies (op basis van de tonale audiometrie). Op basis van deze score kan een onderverdeling gemaakt worden in normaalhorend of een indicatie voor gehoorverlies. Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

## 4.6. Uncomfortable Loudness Levels (ULLs)

De trend voor verminderde geluidstolerantie in de hyperacusisgroep is zichtbaar in figuur 5, waar de ULLs per frequentie worden weergegeven. Er is echter geen significant verschil in ULL over alle frequenties heen tussen beide groepen ( $p = 0.12$ ). Ook de gemiddelde ULL of diagnose van geluidsgevoeligheid op basis van ULL is niet significant verschillend tussen de groepen (tabel 7).

Verloop over alle frequenties (X-as op frequentie, error bars =  $\pm 1.96 \times$  Standard error)



**Figuur 5: Lijngrafiek van uncomfortable loudness levels (ULLs) per frequentie voor hyperacusisgroep (blauw) en controlegroep (rood).**

Versie: 1.5.

Datum: 19/12/2025

|                      | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) | P value |
|----------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <b>ULL mean</b>      |               |                       |                    | 0.170   |
| Mean (SD)            | 81.4 (13.1)   | 83.1 (12.9)           | 79.6 (13.2)        |         |
| Median               | 83.3          | 83.9                  | 81.7               |         |
| Range                | 41.7 - 100.0  | 53.9 - 100.0          | 41.7 - 100.0       |         |
| <b>Diagnosis ULL</b> |               |                       |                    | 0.268   |
| No hyperacusis       | 64 (63.4%)    | 35 (68.6%)            | 29 (58.0%)         |         |
| Hyperacusis          | 37 (36.6%)    | 16 (31.4%)            | 21 (42.0%)         |         |

*Tabel 7: Minimale uncomfortable loudness levels (ULLs) voor de hyperacusisgroep en controlegroep. Op basis van de ULLs kan ook een onderverdeling gemaakt worden in normale tolerantieniveaus (no hyperacusis) en verlaagde tolerantieniveaus (hyperacusis). Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

#### 4.7. Tablet test

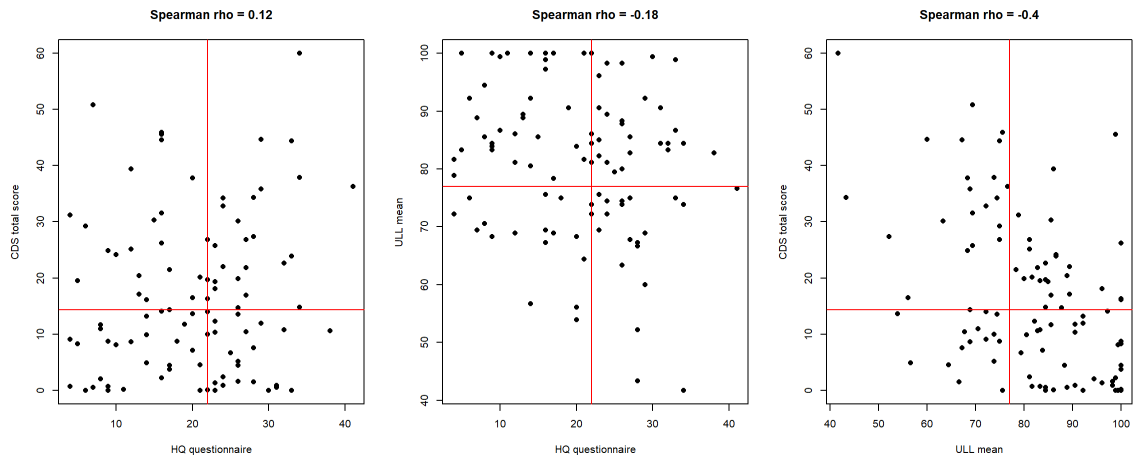
Er werd geen significant verschil gevonden op het resultaat van de tablet test tussen de hyperacusisgroep en de controlegroep (tabel 8).

|                              | Total (N=101) | No hyperacusis (N=51) | Hyperacusis (N=50) | P value |
|------------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <b>CDS total score</b>       |               |                       |                    | 0.569   |
| Mean (SD)                    | 16.7 (13.9)   | 16.0 (13.9)           | 17.3 (14.1)        |         |
| Median                       | 13.8          | 12.5                  | 14.8               |         |
| Range                        | 0.0 - 59.9    | 0.0 - 50.8            | 0.0 - 59.9         |         |
| <b>Diagnosis tablet test</b> |               |                       |                    | 0.423   |
| No hyperacusis               | 52 (52.0%)    | 28 (56.0%)            | 24 (48.0%)         |         |
| Hyperacusis                  | 48 (48.0%)    | 22 (44.0%)            | 26 (52.0%)         |         |

*Tabel 8: Totaal score op de tablet test (CDS total score) voor de hyperacusisgroep en controlegroep. Op basis van deze test kan een onderscheid gemaakt worden in hyperacusis of niet. Een p-waarde van kleiner of gelijk dan 0.05 duidt op een significant verschil.*

#### 4.8. Vergelijking tussen meetinstrumenten voor hyperacusis

Er is geen goede overeenkomst tussen de drie verschillende meetinstrumenten (figuur 6). Dit betekent mogelijk dat de HQ, ULLs en tablet test een ander construct van geluidsgevoeligheid meten.

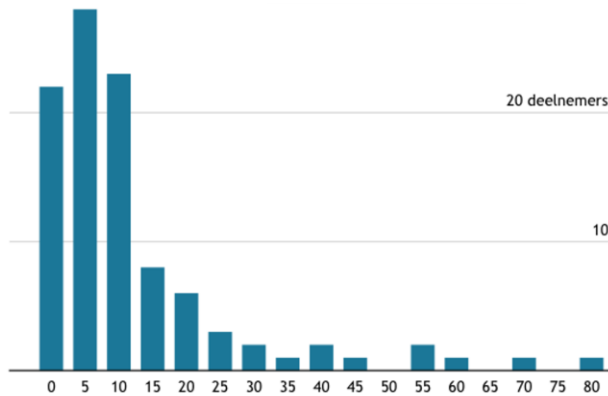


*Figuur 6: Correlatieplot voor de score van de hyperacusisvragenlijst (HQ), Uncomfortable Loudness Levels (ULLs), en de score op de tablet test (CDS score).*

## 5. Resultaten Slaaponderzoek

### 5.1. Hoelang duurt het totdat deelnemers in slaap vallen?

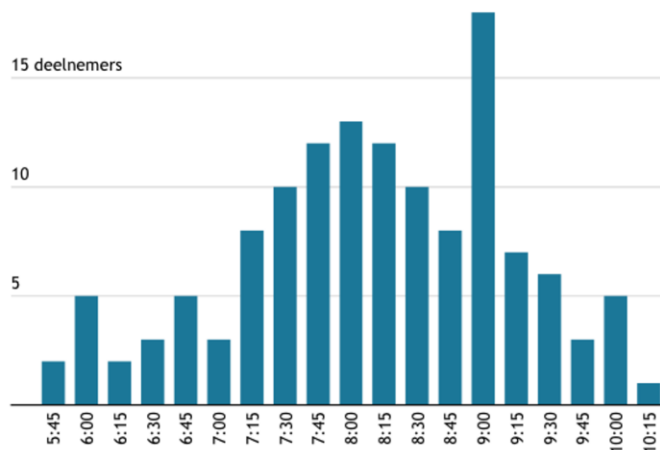
Op Figuur 7 is af te lezen hoe lang de deelnemers er over hebben gedaan om in slaap te vallen. De deelnemers gingen slapen tussen 20u26 en 1u28, waarbij de gemiddelde deelnemer om 23u00 ging slapen. Het duurde gemiddeld 10 minuten vooraleer de deelnemers in slaap vielen. De minimale inslaaptijd bedroeg 1 minuut, maar bij vijf deelnemers bedroeg de inslaaptijd meer dan een uur. De langste inslaaptijd bedroeg 81 minuten.



Figuur 7: Spreiding van de tijd (in minuten) die nodig is om in slaap te vallen

### 5.2. Hoe lang liggen de deelnemers in bed?

We brachten ook in kaart hoe lang deelnemers in bed lagen, slapend én wakker. De gemiddelde deelnemer bracht 8 uur en 11 minuten in bed door. Het minimum bedroeg 5u45 en het maximum 10u15, zie Figuur 8.

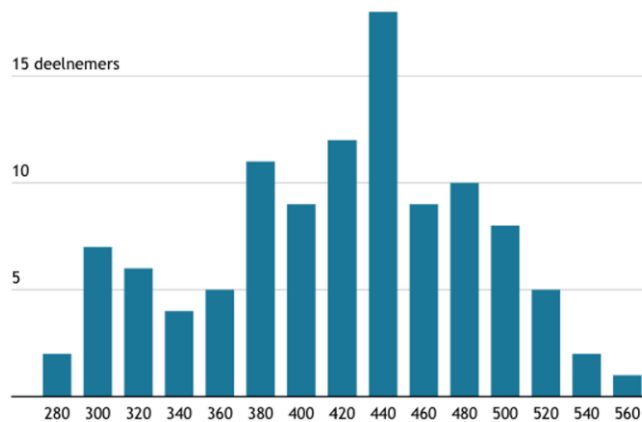


Figuur 8: Spreiding van de tijd (uren: minuten) die de deelnemers in bed doorbrachten

### 5.3. Hoe lang werd er geslapen?

Van de tijd die doorgebracht werd in bed sliepen de deelnemers gemiddeld 7 uur. De kortste slaper hield het op net geen 5 uur, de langste slaper rondde af op 9,5 uur (figuur 9). Bijzonder is

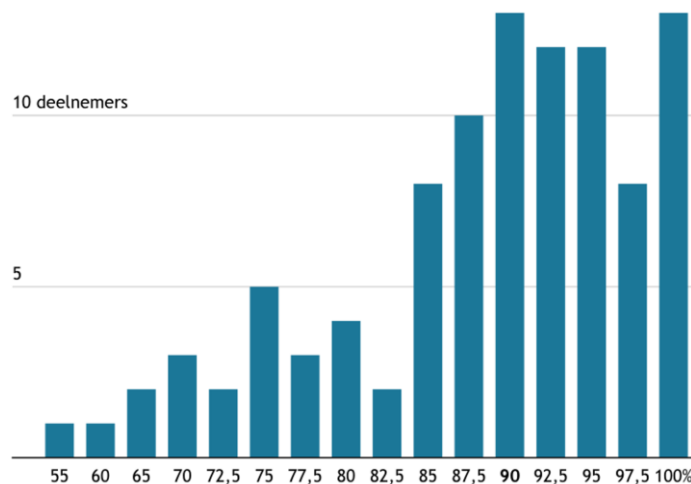
dat de vrouwelijke deelnemers met 7u11 significant ( $p=0.037$ , onafhankelijke t-test) meer tijd al slapend doorbrachten dan de mannen die slechts 6u44 al slapend doorbrachten.



*Figuur 9: Spreiding van de effectief geslapen tijd*

#### 5.4. De slaapefficiëntie van de deelnemers

Wordt de tijd in bed optimaal besteed? Op basis van hoeveel tijd er effectief geslapen werd en hoeveel tijd de deelnemers in bed doorbrachten, konden we berekenen hoe efficiënt er geslapen werd door beide tijden te delen. Gemiddeld genomen vertoonden de deelnemers een slaapefficiëntie van 87,2%. De hoogste score bedroeg 96,8%. De laagste slaapefficiëntie was 57,8% (figuur 10).



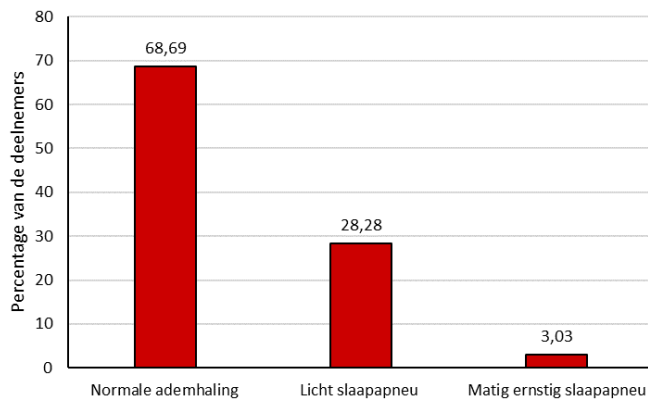
*Figuur 10: Spreiding van de slaapefficiëntie in % (= de verhouding tussen aantal uur geslapen en aantal uur in bed doorgebracht)*

#### 5.5. Aanwezigheid van slaapapneu

Daarnaast bekeken we of de deelnemers al dan niet een gezonde slaap hadden door te bekijken of er slaapapneu kon worden opgemerkt tijdens de meting. Het grootste aantal van de deelnemers (69%) had een normale ademhaling tijdens de nacht, 28% had een lichte vorm van slaapapneu en bij 3% konden we matig ernstig slaapapneu vaststellen (figuur 11). Dit komt



overeen met algemene cijfers die het voorkomen van slaapapneu inschatten op 9-38% van de algemene bevolking.



*Figuur 11: Aanwezigheid van slaapapneu onder de deelnemers*

### 5.6. Slaperigheid overdag

Tot slot werd de slaperigheid van onze deelnemers bevraagd door middel van een korte vragenlijst, de Epworth Sleepiness Score (ESS). De meerderheid van de deelnemers (85%) gaf via deze vragenlijst aan geen of een normale vorm van slaperigheid overdag te ondervinden ( $ESS \leq 10$ ). Desondanks was er bij 15% van de deelnemers sprake van overmatige slaperigheid overdag, wat overeenkomt met data uit voorgaand onderzoek dat aantoonde dat 10,8-23% van de algemene populatie een verhoogde slaperigheid overdag heeft.

## 6. Integratie van Slaap-, Gehoor- en Geluidsdata

### 6.1. Geluidsgevoeligheid

Er was een trend in de verzamelde data voor een frequenter optreden van gehoorschade en een verminderd gehoor bij de deelnemers in de hyperacusisgroep. Dit wijst erop dat gehoorschade en/of -verlies een risicofactor kan zijn voor het ontwikkelen van geluidsgevoeligheid. Dit is belangrijke informatie wanneer we naar de resultaten uit De Oorzaak kijken, waarbij er een associatie werd gevonden tussen geluidshinder en geluidsgevoeligheid. Gehoor lijkt dus een belangrijke intermediaire rol te spelen in de perceptie en impact van geluid.

Een bijkomende belangrijke bevinding van dit onderzoek betreft de meting van geluidsgevoeligheid. De beperkte overeenkomst tussen de Hyperacusis Questionnaire, de oncomfortabele luidheidsniveaus en de tablet-gebaseerde test suggereert dat geluidsgevoeligheid een multidimensionaal fenomeen is, waarin subjectieve beleving, auditieve tolerantie en perceptuele verwerking elk een eigen rol spelen. Dit impliceert dat geluidsgevoeligheid niet kan worden gereduceerd tot één enkele score of drempelwaarde. Deze studie levert hiermee een belangrijke methodologische basis voor de verdere ontwikkeling en verfijning van meetstrategieën rond geluidsgevoeligheid.

### 6.2. Geluidsgevoeligheid en slaap

In het slaaponderzoek, hadden 50 deelnemers een normale gevoeligheid voor geluid en 49 een verhoogde geluidsgevoeligheid. Deze groepen waren gelijkaardig samengesteld (d.w.z. deelnemers waren gelijk verdeeld over deze groepen qua leeftijd, geslacht en BMI). Er was echter geen invloed van geluidsgevoeligheid op de slaperigheid of de verdeling van de verschillende slaapstadia bij de deelnemers. Er zou verwacht kunnen worden dat een verhoogde geluidsgevoeligheid overdag ook zou resulteren in een verhoogde geluidsgevoeligheid tijdens de nacht, waardoor deze deelnemers vaker wakker zouden worden en dus minder goed zouden slapen. Daarnaast zou een verhoogde gevoeligheid aan geluid ervoor kunnen zorgen dat de deelnemers meer hinder ondervinden van geluid tijdens de inslaaperperiode en hierdoor moeilijker in slaap vallen. Dit blijkt bij onze deelnemers niet het geval te zijn.

Dat we deze effecten niet zien kan verschillende mogelijke verklaringen hebben. Enerzijds kan het zijn dat we met deze steekproef van 101 deelnemers, niet voldoende aantallen hebben om de aanwezige effecten ook effectief te kunnen aantonen. Daarnaast is uit voorgaand onderzoek gebleken dat het effect van geluidsgevoeligheid op de slaap voornamelijk gebaseerd is op de perceptie van mensen. Met andere woorden, wat mensen ervaren komt vaak niet overeen met wat er effectief gemeten wordt. Dit lijkt bij onze deelnemers ook het geval te zijn. Wanneer we bijvoorbeeld deelnemers vragen hoelang ze inschatten hoelang het duurt vooraleer ze in slaap vallen hebben deelnemers met een verhoogde geluidsgevoeligheid de neiging een langere inslaaptijd te rapporteren. Wanneer we dit echter effectief meten tijdens het slaaponderzoek hebben deelnemers met en zonder verhoogde geluidsgevoeligheid een gelijkaardige inslaaptijd. Daarnaast geven meer deelnemers met een verhoogde geluidsgevoeligheid aan dat ze vaker per

week moeite hebben met doorslapen. Een verschil dat opnieuw niet werd opgemerkt in de objectieve slaaponderzoeken. Tenslotte, beïnvloedt het geluidsniveau in de omgeving mogelijks de relatie tussen slaap en geluidsgevoeligheid.

### **6.3. Analyse effect van geluidsmetingen op slaapkwaliteit**

Om het effect van (omgevings-)geluid op de slaapkwaliteit te beoordelen diende het geluid in de slaapomgeving van de deelnemer gemeten worden. Dit gebeurde op basis van twee geluidssensoren die tijdens de slaapmeting aanwezig waren, de geluidssensor buiten aan het slaapkamerraam en de geluidssensor binnen in de slaapkamer aan het hoofdeinde van de deelnemer. Op basis van de decibelniveaus, geregistreerd door beide geluidssensoren, werd een score toegekend voor de luidheid van de buiten- en binnenomgeving. Beide scores werden opgeteld om zo een score te bekomen voor de slaapomgeving van de deelnemer. Op deze manier werd het omgevingsgeluid buiten, de geluidsisolatie van de woning, maar ook geluid binnenshuis in rekening gebracht, aangezien al deze factoren bijdragen aan de geluidsblootstelling tijdens de slaap.

De deelnemers waren evenredig verdeeld over luide en zachte slaapomgevingen qua leeftijd en BMI. Wanneer we vervolgens de vergelijking maakten in de slaperigheid van deelnemers in een stillere ten opzichte van luidere slaapomgeving, zagen we dat hier geen verschillen in aanwezig waren. Ook de tijd om in slaap te vallen verschilde niet tussen luidere of stillere slaapomgevingen. Verder was er geen invloed van omgevingsgeluid op de verschillende slaapstadia of andere algemene aspecten van de slaap van de deelnemers.

Hiervoor zijn een aantal mogelijke verklaringen. Zo is het mogelijk dat er gewenning is opgetreden bij deze deelnemers waardoor luide geluiden hun slaap niet meer beduidend verstoren. Er is ook geen verschil in hoe deelnemers in luide ten opzichte van stille slaapomgevingen hun slaap beoordelen. Dit ondersteunt het idee dat er geluidsgewenning heeft opgetreden. Daarnaast is het mogelijk dat een kleinere tijdresolutie nodig is om de effecten van geluid op de slaap juist te beoordelen. Als een geluid zorgt voor een micro-ontwaking of slaapverstoring van enkele seconden, zal dit mogelijks weinig verschil in de verdeling van de slaapstadia veroorzaken. Het is bekend dat deze microverstoringen een effect kunnen hebben op gezondheid en levenskwaliteit. Om zeker te zijn dat we in ons geval dus geen effect zien van omgevingsgeluid op de slaap, moet er in toekomstige analyses in meer detail onderzocht worden. Verder kan een statistisch model worden ontwikkeld dat inzicht biedt in de complexe interactie tussen omgevingsgeluidsniveau, geluidsgevoeligheid en slaapkwaliteit. Een dergelijk model kan bijdragen aan een beter begrip van beïnvloedende factoren en richting geven aan gerichte begeleidings- en behandelstrategieën.

### **6.4. Besluit**

We zijn met dit onderzoek erin geslaagd om een mooie weerspiegeling van de algemene bevolkingspopulatie te verwezenlijken in onze studiepulatie. Bevindingen van dit onderzoek kunnen dus vertaald worden naar de situatie in andere Vlaamse stedelijke gebieden. Echter is de steekproef relatief klein, wat het vinden van statistische significante resultaten bemoeilijkt.

De gecombineerde analyse van gehoor, geluidsgevoeligheid, slaap en omgevingsgeluid biedt belangrijke inzichten in de complexiteit van geluidshinder als gezondheidsvraagstuk.

De vastgestelde trends richting meer gehoorschade en verminderde cochleaire functie bij deelnemers met verhoogde geluidsgevoeligheid ondersteunen de hypothese dat het gehoor een intermediaire rol speelt in de perceptie en impact van geluid. Dit is belangrijke informatie wanneer we naar de resultaten uit De Oorzaak kijken, waarbij er een associatie werd gevonden tussen geluidshinder en geluidsgevoeligheid.

In ons onderzoek werd aangetoond dat de aan- of afwezigheid van een verhoogde geluidsgevoeligheid geen invloed heeft op de macrostructuur van de slaap. Daarnaast werd ook vastgesteld dat er geen direct verband is tussen het geluidsniveau in de slaapomgeving en de macrostructuur of slaapkwaliteit van de deelnemers. Dit wil echter niet zeggen dat omgevingsgeluid de slaap niet beïnvloedt, maar dit moet blijken uit meer verfijnd analyses op de verzamelde data.

In de toekomst zal nog verder gekeken worden naar de aanwezigheid van arousals gekoppeld aan externe geluiden. Het bepalen van de arousal threshold gekoppeld aan interne 'events' is op heden nog niet mogelijk gezien deze berekeningen momenteel gebaseerd zijn op een populatie met obstructief slaapapneu. Het zou nuttig, echter complex, zijn voor toekomstig onderzoek om deze berekeningen ook mogelijk te maken in een controle populatie. Voor toekomstig onderzoek impliceert dit dat een meer verfijnde analyse nodig is waarin geluidsgebeurtenissen op korte tijdschaal gekoppeld worden aan fysiologische slaapreacties en individuele gehoorkenmerken. De in dit project opgebouwde dataset biedt hiervoor een unieke uitgangspositie. Verdere analyses kunnen bijdragen aan het identificeren van kwetsbare subgroepen en aan het ontwikkelen van verder gerichte en proportionele beleidsmaatregelen.

Deze geïntegreerde benadering benadrukt dat effectief beleid rond geluidshinder nood heeft aan samenwerking tussen omgevingsmetingen en gezondheidsdata. Enkel door slaap en gehoor systematisch mee te nemen in toekomstig onderzoek kan de impact van omgevingsgeluid op gezondheid ten volle worden begrepen.

## 7. Financiële Verantwoording

De audiologische metingen werden uitgevoerd door een erkend audioloog in een geluidsdichte testomgeving (soundproof booth). Dit omvatte onder meer de uitvoering van objectieve gehoortesten (zoals DPOAE's) en de tablet-gebaseerde meting van geluidsgevoeligheid. Naast de afname van deze testen stond de audioloog ook in voor de correcte registratie en invoer van de onderzoeksgegevens in de centrale projectdatabase.

De wetenschappelijke coördinator van het NKO-luik was verantwoordelijk voor het volledige logistieke en organisatorische traject van de audiologische onderzoeken. Dit omvatte het contacteren van de deelnemers, de planning en coördinatie van de onderzoeken evenals de inhoudelijke opvolging van de dataverzameling. Daarnaast stond de wetenschappelijke coördinator in voor de interpretatie van de data.

De statistische analyses van de audiologische testen, de DPOAE-metingen, de tablet-gebaseerde test en de Hyperacusis Questionnaire (HQ) werden uitgevoerd door de wetenschappelijke coördinator in nauwe samenwerking met een statisticus. Tot slot onderzocht de wetenschappelijke coördinator de mogelijkheden tot integratie van de relevante onderzoeksgegevens in het Globaal Medisch Dossier (GMD). De resultaten van het gehooronderzoek werden opgenomen in het GMD alsook aan de deelnemers bezorgd in de vorm van een verslag. De resultaten werden vertaald naar beleidsrelevante aanbevelingen en preventieve strategieën.

De studietoecoördinator van het Multidisciplinair Slaapcentrum was verantwoordelijk voor het opmaken van de logistieke planning. Zij belde deelnemers op voor het inplannen van de thuispolysomnografieën en realiseerde de data en uren voor de gehooronderzoeken (die vervolgens door de collega's van NKO effectief werden ingepland). Afspraken en informatie over het slaaponderzoek werden vervolgens via e-mail aan de deelnemers bezorgd.

Voor de uitvoering van de thuispolysomnografie werd telkens een verplaatsing gemaakt door de studietoecoördinator naar de deelnemers thuis. Dit om zowel de medische apparatuur bij de deelnemers aan te brengen, alsook voor het installeren van de 2<sup>e</sup> geluidssensor en de technische apparatuur die voor de registratie van het slaaponderzoek noodzakelijk was. De daaropvolgende ochtend werd er opnieuw een verplaatsing gemaakt naar de deelnemers thuis om de medische apparatuur te verwijderen alsook de technische apparatuur te retourneren naar het slaapcentrum.

Vervolgens werden de slaaponderzoeken uitgelezen, beoordeeld of deze van voldoende kwaliteit waren om geïnterpreteerd te kunnen worden, en vervolgens manueel per epoch (periode van 30 seconden) geanalyseerd. Deze resultaten werden daaropvolgend in een verslag samengevat dat werd opgenomen in het Globaal Medisch Dossier (GMD), en per post aan de deelnemers werd bezorgd. De statistische analyse en interpretatie van de macrostructuur van

de slaap en de vergelijking met de vragenlijsten werden door de studiecoördinator op zich genomen.

## 8. Beleidsaanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit project en met het oog op toekomstig gezondheids- en preventiebeleid, worden onderstaande beleidsaanbevelingen geformuleerd. De bevindingen tonen aan dat geluidshinder niet louter een omgevingsprobleem is, maar zich manifesteert op het kruispunt van omgevingsblootstelling, individuele gevoeligheid, gehoorstatus en slaap. Dit vereist een geïntegreerde en evidence-based beleidsaanpak.

### 1. Identificeer en karakteriseer kwetsbare subgroepen

Door objectieve slaapmetingen te combineren met audiologische gegevens en metingen van geluidsgevoeligheid, kunnen subgroepen met een verhoogde kwetsbaarheid voor geluidshinder beter worden geïdentificeerd. De resultaten suggereren dat gehoorschade en gehoorverlies mogelijke risicofactoren zijn voor het ontwikkelen van geluidsgevoeligheid, wat op zijn beurt kan bijdragen aan ervaren hinder en gezondheidsklachten.

Beleidsmatig impliceert dit dat preventiestrategieën verder kunnen gaan dan algemene geluidsnormen en rekening moeten houden met individuele kwetsbaarheid. Inzetten op het voorkomen van gehoorschade en gehoorverlies kan daarbij een belangrijke preventieve hefboom zijn om geluidshinder en de gezondheidsimpact ervan te beperken.

Een concrete piste is het doortrekken van gehoorscreening naar de volwassen populatie. Waar gehoor bij kinderen en jongeren systematisch wordt opgevolgd, ontbreken momenteel richtlijnen voor gehoorscreening bij volwassenen. Gehoorverlies kan echter langdurig onopgemerkt blijven en aanleiding geven tot klachten zoals geluidshinder en stress, zonder dat de betrokkene zich bewust is van een gehoorprobleem. Vroegtijdige detectie kan zowel gezondheidswinst als maatschappelijke winst opleveren.

De resultaten van dit project tonen aan dat gehoorscreening bij volwassenen potentieel heeft, maar dat de keuze van het screeningsinstrument cruciaal is. Bij een aanzienlijk aantal deelnemers met objectief vastgesteld gehoorverlies werd dit verlies niet gedetecteerd met de HearWHO-screening, wat wijst op een beperkte sensitiviteit, met name voor unilateraal en/of mild gehoorverlies. Dit impliceert dat laagdrempelige digitale screeningsinstrumenten geschikt kunnen zijn als eerste stap, maar onvoldoende zijn als enige detectiemethode. Een getrappt screeningsmodel, waarin digitale zelftests worden gecombineerd met gerichte audiologische evaluatie bij risicogroepen of aanhoudende klachten, verdient verdere uitwerking en evaluatie alvorens brede implementatie wordt overwogen.

### 2. Veranker gehooronderzoek als standaardcomponent in geluidshinderstudies

De vastgestelde trends in dit project wijzen erop dat gehoorstatus en cochleaire functie relevante determinanten zijn van geluidsgevoeligheid en hinderbeleving. Toekomstig onderzoek naar geluidshinder zou daarom structureel audiologische metingen moeten integreren, naast omgevingsmetingen en subjectieve bevragingen.

Ook in de klinische en preventieve praktijk kan dit vertaald worden. Bij personen die klachten van geluidshinder rapporteren, kan een audiologisch onderzoek helpen om na te gaan of gehoorschade, gehoorverlies en/of verhoogde geluidsgevoeligheid bijdragen aan de ervaren hinder. Dit laat toe om interventies gericht in te zetten. Mogelijke behandelingen omvatten enerzijds hoorhulpmiddelen bij gehoorverlies, en anderzijds therapeutische trajecten bij geluidsgevoeligheid, zoals cognitieve gedragstherapie. Verder onderzoek is nodig om de effectiviteit van dergelijke interventies op geluidshinder en slaapkwaliteit systematisch te evalueren.

### **3. Stimuleer vervolgonderzoek naar subtiele slaapverstoringen**

De afwezigheid van effecten op de macrostructuur van de slaap betekent niet dat omgevingsgeluid geen impact heeft op gezondheid. Integendeel, de resultaten suggereren dat de effecten zich mogelijk situeren op een subtieler fysiologisch niveau, waarin arousals en autonome activatie zijn betrokken.

Het is daarom aangewezen om te investeren in vervolgonderzoek dat slaapverstoringen met een hogere temporele resolutie analyseert en deze koppelt aan concrete geluidsgebeurtenissen. Dergelijk onderzoek kan helpen om de gezondheidsimpact van geluidshinder beter te objectiveren en om drempelwaarden te definiëren die relevant zijn voor beleid. De huidige dataset biedt hiervoor een waardevolle basis.

### **4. Investeer in longitudinale en follow-upstudies**

Hoewel de huidige studie waardevolle baseline-informatie oplevert, laat het cross-sectionele design niet toe om oorzaak-gevolgrelaties vast te stellen. Longitudinaal vervolgonderzoek is nodig om evoluties in gehoor, geluidsgevoeligheid en slaapkwaliteit over een langere tijdsspanne in kaart te brengen, evenals de mogelijke cumulatieve impact van chronische geluidsblootstelling.

Een concrete aanbeveling is om deze onderzoeksopzet te herhalen in specifieke contexten waar geluidshinder sterk wordt ervaren, bijvoorbeeld in buurten waar infrastructurele ingrepen of geluidsreducerende maatregelen gepland zijn. Door slaap en gehoor vóór en na dergelijke interventies te meten, kan de effectiviteit van beleidsmaatregelen objectief worden geëvalueerd en kunnen toekomstige interventies gericht en kostenefficiënter worden vormgegeven.

### **5. Onderzoek de meerwaarde van integratie in het Globaal Medisch Dossier (GMD)**

Het structureel opnemen van gehoor- en slaapgegevens in het GMD kan bijdragen aan interdisciplinair gebruik van gezondheidsdata en aan vroegdetectie van geluidsgerelateerde gezondheidsproblemen. De in dit project verzamelde gegevens illustreren de meerwaarde van baseline-metingen. Zo kan een gehoortest in het GMD-referentiewaarden bieden wanneer een persoon later gehoorklachten ontwikkelt, bijvoorbeeld na een geluidstrauma. Hetzelfde geldt voor het ontwikkelen van een slaapaandoening. De resultaten van een thuispolysomnografie,



die in België normaal gesproken niet in de dagelijkse routine wordt uitgevoerd, kunnen een meerwaarde zijn als referentie of baseline-meting. Dit zowel voor deelnemers waarbij op korte termijn een slaaponderzoek zou kunnen worden uitgevoerd, waarbij de thuismeting een referentie kan vormen voor eventuele slaapverstoringen, veroorzaakt door de ziekenhuisomgeving. Voor deelnemers waarbij op lange termijn pas een slaaponderzoek noodzakelijk zou zijn, blijft deze thuispolysomnografie een meerwaarde als referentie om de evolutie van een eventuele slaapproblematiek te beoordelen. Ook informatie over geluidsgevoeligheid, tinnitus en slaapkwaliteit kan relevant zijn voor andere zorgverleners en disciplines. Verdere studie is nodig om te bepalen welke gegevens klinisch relevant zijn en hoe deze op een haalbare en privacy-bewuste manier geïntegreerd kunnen worden.

## **6. Gebruik deze resultaten als onderbouwing voor interdepartementale samenwerking**

De bevindingen van dit project bevestigen dat geluidshinder zich situeert op het snijvlak van gezondheidsbeleid, omgevingsbeleid en stedelijke planning. Effectieve aanpak vereist samenwerking tussen beleidsdomeinen en een gedeelde wetenschappelijke onderbouw.

Vervolgonderzoek waarin gezondheidsdata structureel worden gekoppeld aan omgevings- en infrastructuurgegevens kan fungeren als verbindend kader tussen deze beleidsdomeinen. Departement Zorg kan hierbij een voortrekkersrol opnemen door gezondheid expliciet mee te nemen als uitkomstmaat in evaluaties van omgevings- en geluidsbeleid.