



KU LEUVEN



UNIVERSITEIT GENT



UNIVERSITEIT ANTWERPEN



VU BRUSSEL

INTERUNIVERSITAIRE GGS-OPLEIDING JEUGDGEZONDHEIDSZORG

Audiometrie in het kader van gehoorscreening in het CLB:

**een onderzoek als aanzet tot het creëren van
leeftijdsspecifieke audiometrische referentieprofielen**

Dr. An Deleeck

Promotor: Prof. Dr. K. Hoppenbrouwers

Co-Promotor: Dr. C. Guérin

September 2004

**Verhandeling voorgedragen tot het behalen van
de graad van Gediplomeerde in de
Gespecialiseerde Studies in de Jeugdgezondheidszorg**

... een uitspraak om even bij stil te staan...

“ THE EAR IS THE ORGAN OF EDUCATION”

**vertaling van een spreuk die de
Griekse filosoof Aristoteles
eeuwen geleden neerpende
(ref. 2)**

INHOUDSTAFEL

1. Voorwoord	pag. 1
2. Inleiding	pag. 3
3. Literatuur	
3.1 Zoektocht	pag. 6
3.2 Anatomie en werking van het gehoorapparaat	pag. 7
3.3 Indeling en gehoorafwijkingen	
3.3.1 Volgens de graad van gehoorverlies	pag. 8
3.3.2 Volgens de aard van gehoorverlies	pag. 9
3.4 Hoe wordt geluid uitgedrukt?	pag. 10
3.5 Meting van het gehoor d.m.v. audiometrie	pag. 11
3.6 Gehoorscreening bij kinderen	
3.6.1 Screeningsmethodes i.f.v. leeftijd	pag. 13
3.6.2 Vormen van toonaudiometrie	pag. 16
3.6.3 Praktische richtlijnen voor afname van toonaudiometrie	
a) algemene werkwijze	pag. 17
b) plaatsing van de hoofdtelefoon	pag. 17
c) keuze van de frequenties	pag. 18
d) Vlaamse richtlijnen en MST-cijfers	pag. 19
3.6.4 Verwijzingscriteria	
a) ASHA	pag. 22
b) Nederland	pag. 23
c) Zweden	pag. 23
3.7 Huidige screeningspraktijk in Vlaanderen	
3.7.1 Kind & Gezin	pag. 25
3.7.2 CLB	pag. 26
3.8 Conclusie	pag. 28
4. Veldonderzoek	
4.1 Doelstellingen	pag. 29
4.2 Materiaal en methode	
4.2.1 Onderzoeksopzet	pag. 29
4.2.2 Afspraken rond de audiometrie-afname	pag. 31
4.2.3 Locatie	pag. 32
4.2.4 Achtergrondgeluid	pag. 33

4.3 Resultaten	
4.3.1 Algemeen	pag. 34
4.3.2 Leeftijd en geslacht	pag. 35
4.3.3 Achtergrondgeluid	pag. 36
4.3.4 Invloed van de koelkast	pag. 36
4.3.5 Invloed van de locatie	pag. 37
4.3.6 Invloed van de afnemers	pag. 38
4.3.7 Audiometrie-resultaten	pag. 39
4.3.8 Onderverdeling binnen het SO	pag. 40
4.3.9 Verwijzingspercentages naargelang gebruikte criteria	
a) criteria van Augustsson	pag. 41
b) hypothetische criteria	pag. 42
5. Bespreking	
5.1 Studiepopulatie	pag. 43
5.2 Gebruikte methode	
5.2.1 Invloed op onbetrouwbare resultaten	pag. 43
5.2.2 Invloed van de afnameduur	pag. 44
5.2.3 Invloed van de drempelwaarden	pag. 45
5.3 Achtergrondlawaai	pag. 46
5.4 Materiaal	pag. 47
5.5 Verschillen in testafnemers	pag. 48
5.6 Bespreking audiometrie-resultaten	pag. 48
5.7 Bespreking verwijzingen	
5.7.1 Volgens criteria Augustsson	pag. 50
5.7.2 Volgens hypothetische criteria	pag. 50
5.8 Besluit	
6. Aanbevelingen voor de praktijk	pag. 52
7. Samenvatting	pag. 54
8. Referenties	pag. 56
9. Lijst met figuren en tabellen	pag. 60
10. Lijst met gebruikte afkortingen	pag. 62
11. Bijlagen	pag. 63

1. VOORWOORD

Het creëren van een eindwerk is een ernstige opdracht die veel tijd en energie in beslag neemt, twee factoren die vaak moeilijk te combineren zijn met een drukke professionele en persoonlijke agenda. Het is de kunst een evenwicht te vinden tussen deze verschillende taken. Soms lukt dit, soms niet.

Gelukkig heb ik beroep kunnen doen op verschillende personen die mij hierbij enorm hebben bijgestaan. Daarom wil ik ook in de eerste plaats mijn co-promotor Dr. Cécile Guérin, wetenschappelijk medewerker van de Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Jeugdgezondheidszorg (V.W.V.J), uitdrukkelijk bedanken zowel voor haar professionele als persoonlijke steun gedurende het ganse schooljaar.

Uiteraard dank ik eveneens mijn promotor Prof. Karel Hoppenbrouwers van de dienst Jeugdgezondheidszorg K.U. Leuven, voor zijn wetenschappelijke ondersteuning van dit eindwerk rond gehoor.

Voor de statistische verwerking van de gegevens heb ik beroep kunnen doen op de Heer Mathieu Roelants, eveneens werkzaam op de dienst Jeugdgezondheidszorg K.U. Leuven, waarvoor mijn dank.

Zonder medewerking van 'mijn' vier verpleegkundigen was het veldonderzoek niet haalbaar geweest. Zonder enige aarzeling waren ze bereid mee te werken, wat ik enorm apprecieer. Eveneens heeft de administratieve medewerker van het Centrum voor Leerlingenbegeleiding (CLB) waar ik werk, een belangrijk steentje bijgedragen.

Tevens wens ik Mevr. Carmen Andries te bedanken voor haar interessante informatie. Zij is als audiologe werkzaam bij de firma Lapperre, en heeft het mogelijk gemaakt metingen van het achtergrondgeluid uit te voeren op één van de locaties waar het audiometrisch onderzoek werd verricht.

Last but not least een dankjewel aan mijn familie en in het bijzonder aan mijn partner Robin, dit voor de nodige hulp met de informatica, die mij wel eens parten speelde, maar in de eerste plaats voor de mentale ondersteuning.

Deze thesis loopt als een rode draad van tijdsinvestering doorheen het voorbije schooljaar 2003-2004. Dit gaat van het bedenken en verzamelen van ideeën voor een wetenschappelijk relevant onderwerp, over een zoektocht in de literatuur, naar het opzetten van een

veldonderzoek. Naderhand bekeken brengt zo'n onderzoek een heleboel werk met zich mee: het concept opstellen, de nodige brieven en formulieren opstellen, de medewerkers inlichten, de gegevens verzamelen om uiteindelijk, met statistische hulp van derden, de lang verwachte resultaten te bekomen. En vanzelfsprekend moet dit afgelegde traject dan worden gegoten in een verzameling van woorden en zinnen, welke nu voor u ligt. Veel leesplezier!

2. INLEIDING

Misschien hebt u ooit de film 'Children of a lesser god' gezien, met William Hurt en Marlee Matlin in de hoofdrollen. Een ontroerend verhaal, gesitueerd in de jaren '80, over de problematiek van doven en slechthorenden in de maatschappij. Een film die in 1986 maar liefst 4 Oscarnominaties kreeg, en de dove actrice Marlee Matlin won de Oscar voor de beste vrouwelijke hoofdrol. Mij is deze aangrijpende prent rond gehoorsproblematiek alleszins bijgebleven.

In mijn beroep als CLB-arts is de evaluatie van het gehoor van kinderen een belangrijk onderdeel van het klinisch onderzoek, een gegeven waar we dus bijna dagelijks mee te maken hebben. Vandaar ook mijn interesse in dit onderwerp.

Bij de voorstelling van de standaard "Visusonderzoek bij 3- tot 18-jarigen in het CLB", die door de V.W.V.J. ontwikkeld werd, vernam ik dat er eveneens een standaard rond gehooronderzoek in de maak was. Via Prof. K. Hoppenbrouwers kwam ik met de juiste personen in contact om het mij mogelijk te maken om via mijn eindwerk een klein steentje bij te dragen aan de ontwikkeling van deze standaard. Het doel van zulk een standaard is de kwaliteit van de zorg te verhogen, wat tot een verbetering van de preventie leidt. Het geeft de werkers in de Jeugdgezondheidszorg, kortweg JGZ, handvaten voor beter onderbouwde verwijzingen en vormt een aanzet tot een verbetering in het opvolgtraject. (ref.1,2)

Het geeft dus extra voldoening om te weten dat de inspanningen voor deze thesis kaderen in een groter geheel, waar, binnen afzienbare tijd, richtlijnen voor de CLB's van het ganse Vlaamse land zullen uit voortvloeien.

Wat wordt er gedaan met de audiometrie-gegevens die voor elk kind geregistreerd worden in het dossier en/of in de computer? Zijn deze gegevens bruikbaar cijfermateriaal en wat leren ons die cijfers over grotere populaties? Hoe goed horen de Vlaamse leerlingen? Wanneer dient een leerling met gehoorsvermindering doorverwezen te worden? Momenteel zijn er geen duidelijke richtlijnen, en d.m.v. rondvraag bij collega's blijkt dat iedereen zowat zijn eigen criteria hanteert, die men uit ervaring heeft opgebouwd.

Deze probleemstelling ligt aan de basis voor de opzet van deze studie.

Uit een recent kwalitatief vooronderzoek naar de knelpunten van gehooronderzoek in het CLB, blijkt dat er geen uniformiteit bestaat betreffende de methodiek van audiometrieafname,

zodat er dus dringend nood is aan duidelijke richtlijnen over de gehoorscreening binnen het CLB. (ref.3)

Naast de keuze van de te onderzoeken leeftijdsgroepen, van het te gebruiken testmateriaal en van de testprocedure, is een beslissing over de criteria voor een normale / abnormale testuitslag van uitzonderlijk belang voor de sensitiviteit en specificiteit, en dus ook de geloofwaardigheid, van een screeningprocedure.

Een te weinig sensitieve methode geeft aanleiding tot een te groot aantal vals-negatieve testresultaten, en schiet daarom haar doel voorbij. Een procedure met een te lage specificiteit resulteert in een onaanvaardbaar aantal onterechte verwijzingen met verlies van geloofwaardigheid van het programma.

Over criteria voor verwijzing bij audiometrische screening van schoolkinderen bestaat onvoldoende wetenschappelijke evidentie, wat zich weerspiegelt in een gebrek aan internationale consensus ter zake. Vergelijkend wetenschappelijk onderzoek met toepassing van verschillende testprocedures en criteria voor verwijzing, aangevuld met follow-up van diagnostiek na de verwijzing, kan bijdragen tot beter onderbouwde richtlijnen. De preventieve consulten in het kader van de centra voor leerlingenbegeleiding vormen een setting waarin dergelijk wetenschappelijk onderzoek zou kunnen plaatsvinden.

Minder ambitieus, maar minstens even belangrijk bij het opstellen van criteria voor verwijzing, is de evaluatie van de praktische haalbaarheid van op wetenschappelijke grond gebaseerde criteria voor verwijzing. Een interessant hulpmiddel hiertoe is een referentiedatabank met leeftijdspecifieke audiometrische meetgegevens van kinderen. Met behulp van dergelijke audiometrische referentieprofielen kan op een eenvoudige wijze zichtbaar gemaakt worden welke de impact is, in termen van proporties te verwijzen kinderen, van de keuze van specifieke criteria voor verwijzing na een audiometrisch onderzoek. Dergelijke leeftijdspecifieke profielen zijn op dit ogenblik onbestaande.

Met dit eindwerk zal getracht worden om, door middel van kwantitatief prospectief onderzoek in het CLB, een aanzet te geven tot de ontwikkeling van een audiometrische referentiedatabank voor Vlaamse schoolgaande kinderen.

Na een opfrissing van de anatomie en werking van het gehoorapparaat, wordt in een eerste gedeelte, aan de hand van de beschikbare wetenschappelijke literatuur, een overzicht gegeven van procedures voor screening van gehoorafwijkingen bij kinderen. Speciale aandacht gaat hierbij naar bestaande richtlijnen inzake testprocedure en criteria voor verwijzing van het audiometrisch onderzoek.

In een tweede deel wordt het audiometrisch veldonderzoek in het CLB beschreven, uitgevoerd met het oog op de ontwikkeling van een audiometrische referentiedatabank voor Vlaamse kinderen.

Tenslotte worden literatuurgegevens en eigen onderzoeksresultaten met elkaar geconfronteerd, en enkele aanbevelingen voor de verdere ontwikkeling van een “standaard gehoor” voor het CLB geformuleerd.

3. LITERATUUR

3.1 Zoektocht

Voor het zoeken naar literatuur aangaande dit onderwerp werd hoofdzakelijk beroep gedaan op de medische databank Medline. Er werden via een aantal *searches* met verschillende kernwoorden, vele artikels geselecteerd. De voornaamste trefwoorden waren *audiometrie / audiom**, *screening and prevention* in de leeftijdsgroep *all children*.

De criteria om artikels te weerhouden waren:

1. **Taal:** Nederlands, Frans en Engels, gezien mijn kennis van andere talen, zoals Duits en Spaans, onvoldoende is om een wetenschappelijk artikel kritisch te kunnen lezen.
2. **Studiepopulatie:** alles betreffende kinderen, maar vooral gericht naar studies vanaf de kleuterleeftijd tot 18 jaar.
3. **Beschikbaarheid:** in de universitaire bibliotheken van UA, KUL, RUG en VUB.
4. **Datum van publicatie:** vanaf 1980 tot op heden, met uitzondering van enkele waardevolle artikels gepubliceerd in de jaren '70, o.a. Vlaamse richtlijnen rond gehoorscreening van 1979.
5. **Klinische relevantie:** dit is het meest doorslaggevende criterium, en duidt op het inhoudelijk voldoen aan het onderwerp van deze thesis.

In de weerhouden artikels werd verder gezocht via de *referenties* naar andere relevante artikels (sneeuwbaaleffect) en via de medline naar *related articles*.

De bibliotheek van de Dienst Jeugdgezondheidszorg van de K.U.Leuven was, dankzij mijn promotor en co-promotor, ook toegankelijk voor het bekomen van informatie. Er werden onder andere een aantal Vlaamse congresstukken gevonden, eindwerken rond gehoor van studenten Jeugdgezondheidszorg en eveneens de bestaande Nederlandse standaard voor vroegtijdige opsporing van gehoorstoornissen. Ook via de *referentielijsten* van deze werken werd verder gezocht.

In de literatuur wordt vaak verwezen naar de ISO-normen (=International Standardization Organization) en ANSI-normen (=American National Standardization Institute). Uit het eindwerk van E. Vermeire bleek dat deze rapporten enkel tegen betaling te verkrijgen waren. De aankoop hiervan was voor dit eindwerk niet haalbaar. (ref.3) De belangrijkste ISO- en ANSI-

normen i.v.m. gehooronderzoek worden wel besproken in een recente review van de auteur Lemkens, werkzaam op de dienst NKO van het Universitair Ziekenhuis Antwerpen. (ref.4)
De resultaten van de literatuur hebben het volgende opgeleverd...

3.2 Anatomie en werking van het gehoorapparaat (ref.5,6)

Het gehoorapparaat bestaat uit 3 delen: het uitwendige oor, het middenoor en het binnenoor. Elk van deze delen draagt op zijn beurt bij tot de overbrenging en omzetting van geluid als luchttrillingen naar zenuwimpulsen in de hersenen.

A.d.h.v. de bijgevoegde illustratie kan u de anatomie van het oor bekijken. (fig.1)

- **Het uitwendige oor** wordt gevormd door de oorschelp en de gehoorgang. Het heeft een belangrijke functie voor het bepalen van de geluidsbron. Het uiteinde van de gehoorgang is begrensd door het trommelvlies. Hierdoor worden de opgevangen geluiden lichtjes versterkt.

- **Het middenoor** bestaat uit het trommelvlies, de middenoorholte met de gehoorbeentjesketen en de buis van Eustachius. Het trommelvlies is een uiterst dun membraan dat door de geluidstrillingen in beweging wordt gebracht. De gehoorbeentjesketen zorgt voor de verdere transmissie van het geluid naar het ovale venster. De gehoorbeentjesketen bestaat uit drie botjes: de hamer (= malleus), het aanbeeld (= incus) en de stijgbeugel (=stapes). De steel van de hamer zit vast aan het trommelvlies. Bij trilling van het trommelvlies worden de trillingen via de hamer, aanbeeld en stijgbeugel overgebracht op het ovale venster. De buis van Eustachius verbindt het middenoor met de neuskeelholte en zorgt ervoor dat de druk in de middenoorholte gelijk is aan de druk in de buitenlucht, zodat het trommelvlies gemakkelijk kan bewegen.

- **Het binnenoor** bestaat uit het slakkenhuis (= cochlea) en het evenwichtsorgaan. (fig.1,2)
Het slakkenhuis is gevuld met een vloeistof en is verdeeld in 3 compartimenten: de scala vestibuli, de scala media en de scala tympani. Op het basilair membraan in de scala media ligt het orgaan van Corti, dat bestaat uit de eigenlijke zintuigcellen in de vorm van haarcellen. (fig.3) De trilling die de stijgbeugel overbrengt op het ovale venster veroorzaakt een trilling in de vloeistof van de cochlea. Deze vloeistofgolf brengt het basilair membraan in beweging. Zo ontstaat er een elektrochemische activiteit die via de gehoorzenuw (=nervus vestibulo-cochlearis) aan de hersenen wordt doorgegeven.

Het slakkenhuis is verbonden met het nabijgelegen evenwichtsorgaan, bestaande uit 3 half-cirkelvormige kanalen (= canalis semicircularis). Dit is de reden waarom bepaalde gehoorafwijkingen gepaard gaan met evenwichtsstoornissen.

Horen is het waarnemen van een geluidstrilling. Een dergelijke trilling kan op twee manieren het binnenoor bereiken: via luchtgeleiding en via botgeleiding.

Normalerwijs komt het geluid via de lucht de gehoorgang binnen, waardoor het trommelvlies, de gehoorbeentjes en het membraanuze binnenoor aan het trillen worden gebracht (zoals hierboven beschreven). Hier spreekt men van **luchtgeleiding**.

De geluidstrillingen geven ook aanleiding tot directe trilling van de schedelbeenderen. Dit wordt dan **botgeleiding** genoemd. Deze bottrillingen brengen de endo- en perilymfe van het binnenoor in beweging. Problemen met deze mechanismen geeft aanleiding tot gehoorafwijkingen.

3.3 Indeling van gehoorafwijkingen

Aan de hand van audiologische metingen kunnen we gehoorstoornissen indelen volgens 2 dimensies, namelijk de graad en de aard van het gehoorverlies.

3.3.1 Indeling volgens de GRAAD van gehoorverlies

Voor het berekenen van de graad van gehoorsverlies bestaan er verschillende werkwijzen en formules. De meest gebruikte in België, en ook in Nederland en Duitsland, is de Fletcher-index. Dit is het rekenkundig gemiddelde van de gehoordrempels op 500, 1000 en 2000 Hz. Vandaar ook de benaming 'pure tone average' (= PTA). Men mag eventueel ook andere frequenties gebruiken voor dit rekenkundig gemiddelde, om specifieke gehoorverliezen te benadrukken. De fletcher-index wordt o.a. bij de mutualiteiten gebruikt om de mate van gehoorinvaliditeit te bepalen. Op basis van gemiddelde gehoorverliezen van 500, 1000, 2000 en 4000 Hz onderscheidt de wetenschappelijke beroepsvereniging van audiologen **BIAP** (= bureau international d'audio-phonologie) **zes categorieën van gehoorverlies**. (ref.5,6) Deze worden weergegeven in onderstaande tabel. (tab.1)

tabel 1: Classificatie van gehoorstoornissen volgens graad van gehoorsverlies (BIAP)

Klasse		Audiometrische gemiddelden
I	normaal of subnormaal	0 – 20 dB
II	licht slechthorend	21 – 40 dB
III	matig slechthorend	41 – 70 dB
IV	zwaar slechthorend	71 – 90 dB
V	doofheid	
	• 1 ^{ste} graad	91 – 100 dB
	• 2 ^{de} graad	101 – 110 dB
	• 3 ^{de} graad	111 – 119 dB
VI	totale doofheid	120 dB

3.3.2 Indeling volgens de AARD van gehoorverlies

Volgens de aard van het gehoorverlies onderscheiden we twee belangrijke types van gehoorstoornissen, namelijk een transmissie- of geleidingsstoornis én een neurosensoriële of perceptiestoornis. Wanneer beide vormen van gehoorverlies zich tegelijkertijd in één oor manifesteren, heeft men te maken met een gemengd verlies. (ref.5,7,8) (fig.4)

a) Geleidingverlies of conductief verlies

Bij een geleiding- of conductief verlies is er een belemmering in de overbrenging of transmissie van het geluid via de luchtgeleiding, dus via het buitenoor en middenoor. De oorzaak van een geleidingverlies is een aandoening die de normale beweeglijkheid van het trommelvlies of de gehoorbeentjesketen bemoeilijkt of verhindert. Het meest voorkomende voorbeeld hiervan bij jonge kinderen is otitis media serosa of “glue ear”. Door een slecht functionerende buis van Eustachius, t.g.v. een verkoudheid of een ontsteking in de neuskeelholte, ontstaat er een onderdruk in de middenoorholte. Dit kan leiden tot een vochtuitstorting. Deze dempt de geluidstrillingen en veroorzaakt slechthorendheid. Andere oorzaken zijn bv. een cerumenprop of aantasting van de gehoorsbeentjesketen.

Bij een geleidingsstoornis wordt de geluidssterkte op alle frequenties verzwakt, en het meest uitgesproken op de lage tonen. Het verlies kan niét meer zijn dan 60 dB omdat sterkere geluiden de cochlea kunnen bereiken via de beengeleiding van de schedel. Ter illustratie een audiogram van een patiënt met een geleidingsstoornis. (fig.4)

b) Perceptief verlies of neurosensoriëel verlies

Bij het onvoldoende waarnemen van de botgeleiding is er sprake van een perceptief of neurosensoriëel verlies. Dit is het gevolg van een stoornis in het binnenoor of van de gehoorzenuw, gehoorbanen en hersenschors. Indien de oorzaak zich bevindt t.h.v. de cochlea, spreken we van een **cochleair of sensorisch** perceptieverlies. Indien de oorzaak zich echter situeert tussen de gehoorzenuw en hersenschors, spreken we van een **retro-cochleair of neuraal** perceptieverlies.

Een perceptief verlies heeft dus repercussies zowel op de luchtgeleiding als op de beengeleiding. Hier is er niet alleen een aantasting van de intensiteit, maar ook van de kwaliteit van de geluidswaarneming. Geluiden worden helemaal niet of vervormd waargenomen. Meestal situeert de uitval zich in de hoge tonen. Lage frequenties worden in mindere mate aangetast. De ernstige congenitale slechthorendheid bestaat overwegend uit een perceptief verlies. Een ander vb. is langdurige blootstelling aan lawaai (geluidtrauma). Ter illustratie een audiogram van een patiënt met een perceptiestoornis. (fig.4)

De luchtgeleidingsdrempel kan, per definitie, nooit beter zijn dan de beengeleidingsdrempel, vermits zij in het beste geval samenvallen.

3.4 Hoe wordt geluid uitgedrukt? (ref.5)

Horen is een subjectieve waarneming van een fysische prikkel, het geluid. Geluid bestaat uit trillingen van luchtdeeltjes die zich als longitudinale golven door de lucht verplaatsen. Een geluidsgolf kunnen we beschrijven in termen van amplitude en frequentie.

- **De amplitude van een geluidsgolf** geeft de grootte van de drukwisseling (de geluidsdruk) weer en is dus een maat voor de geluidssterkte. Het zwakst waarneembare geluid voor de mens heeft een geluidsdruk van 20 μ Pascal. De hoogste geluidsdruk die ons gehoor kan verdragen ligt 10 miljoen maal hoger (200 Pa). Om het rekenen met grote getallen te vermijden is men tot een logaritmische waardeschaal gekomen, genoemd naar Mr Bel. (ref.9,10) De **geluidssterkte of geluidsintensiteit** wordt uitgedrukt in **decibel (dB)**, afgeleid van de term 'Bel'. Aangezien de 'Bel'-maat te groot is voor gebruik wordt 'decibel' gehanteerd, wat één tiende hiervan is. Deze term geeft aan wat de intensiteitsverhouding van een toon is t.o.v. een andere in de verhouding 10 tot 1. (ref.11)

Concreet wil dit dus zeggen dat voor een dubbel luid geluid het tienvoudige aan vermogen nodig is, vb. één stofzuiger geeft een geluid van 70 dB, twee dezelfde stofzuigers klinken dus niet dubbel zo luid (73 dB) als één, daar zijn 10 stofzuigers voor nodig (80 dB)! Nogmaals, het zijn dus logaritmische verhoudingen en geen lineaire. Eén dB is ongeveer het kleinste niveauverschil dat we met ons gehoor kunnen waarnemen. (ref.10) De geluidsterkte is dus de druk die de geluidsgolven uitoefenen op de oppervlakten waarmee ze in aanraking komen.

Lijnen van gelijke luidheid (=isofonen) vindt men terug in de grafiek van Wegel, uitgedrukt in dB SPL, wat staat voor '**sound pressure level**' (=geluidsdrukniveau). (fig.5) Het gaat hier om een praktisch moeilijk hanteerbare fysische grafiek. Om deze reden gebeurde er een omzetting naar een klinisch bruikbare grafiek: het audiogram. Een audiogram wordt dus niet uitgedrukt in SPL, maar wel in HL of '**hearing level**'. Internationaal gebruikt men een zelfde drukniveau van 0 dB als referentiepunt. Dit is het drukniveau waarop normaalhorenden geluid beginnen waar te nemen. De intensiteit van andere geluiden wordt met dit referentiepunt vergeleken op een schaal van decibels. De drempelwaarde zelf geeft dus onmiddellijk de grootte van het gehoorverlies aan (t.o.v. normaal gehoor). Bijgevoegde figuur illustreert de relatie tussen dB SPL en dB HL. (fig.6)

- **De frequentie van de geluidsgolf** is het **aantal trillingen per seconde** en wordt uitgedrukt in **Hertz (Hz)** bv. 30 Hz betekent dus een frequentie van 30 trillingen per seconde. Hoe hoger de frequentie, hoe hoger de toon die we horen. Hoe minder trillingen per seconde, hoe lager de toon. Bijna alle geluiden die we horen zijn combinaties van verschillende frequenties.

In normale omstandigheden kan het menselijk oor geluiden waarnemen tussen 20 Hz en 20.000 Hz. Bij het steeds hoger worden van de toon ontstaat op een gegeven ogenblik een sensatie die een merkwaardige gelijkheid vertoont met de begintoon, dit noemt men het **octaaf**. Bij een octaaf is het trillingsgetal (Hz) van het geluid precies 2 maal zo hoog als de grondtoon. Voorbeelden van octaven zijn: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz. Deze octaven worden zeer vaak gebruikt bij de registratie van het gehoor in een audiogram. Het audiogram wordt verder besproken. (pag.15)

• **Wat is het bereik van het menselijk oor m.b.t. geluidswaarnemingen?** (ref.12)

Ondanks het feit dat er een **grote spreiding** is in de waar te nemen **frequenties, van 20 tot 20.000 Hz** (circa 11 octaven), is ons oor niet in het gehele toengebied even gevoelig. Tussen 1000 en 2000 Hz neemt het oor geluiden van de geringste intensiteit waar. Zowel naar boven als naar onder toe neemt deze gevoeligheid snel af.

Muziek situeert zich hoofdzakelijk in het gebied tussen 50 Hz en 8000 Hz. De **spraak situeert zich tussen de 250 en 4000 Hz**. Bijgevoegde figuur maakt duidelijk wat de spreiding is van klanken over de spraakzone. (fig.7) De spraakzone kan dus gedefinieerd worden als het dynamische bereik van de spraak in het dB-Hz assenstelsel. (ref.13) De intensiteit van het **gesproken woord gaat van 30 tot 70 dB** met zwakke stem: 35 dB, gemiddelde stemsterkte: 55 dB en luide stem: 70 dB. Dit betekent dat een gehoorsdaling van 30 dB zal invloed hebben op sociaal gebied.

Ook wat **geluidsterkte** betreft heeft ons oor een **groot bereik**. Een aantal verschillende dagelijkse geluiden, ingedeeld naar hun sterkte of intensiteit vindt u in fig.8. Tussen de gehoordrempel, in het gevoelige gebied, en geluidsdrukken die zo luid zijn dat ze als onaangenaam of pijnlijk worden ervaren, ligt **ongeveer 120 dB**. Een gehoordrempel is de zwakste zuivere toon die een persoon nog net kan horen.

3.5 Meting van het gehoor d.m.v. audiometrie

Audiologie is die tak van de medische wetenschappen die zich bezighoudt met de studie van het gehoor in de breedste mogelijke zin. Een belangrijk aspect hiervan is het omzetten van subjectieve vermoedens of klachten van het gehoor, in meetbare getallen. Dit onderdeel gebeurt in de **audiometrie**. Audiometrie kan men definiëren als het bepalen van de gehoordrempel voor bepaalde frequenties en intensiteiten d.m.v. een audiometer, waarvan het resultaat wordt opgetekend in een audiogram. (ref.14)

De **audiometer** werd voor de eerste keer voorgesteld door Fowler en Wegel in 1922 op een Amerikaans symposium en werd slechts met veel sceptische commentaren ontvangen. De stemvorktesten genoten toen zeker nog de voorkeur. (ref.4) Een audiometer is een geijkte elektrische toongenerator, die minstens de frequenties tussen 250 en 8000 Hz produceert

met een intensiteit van -10 dB tot 110 dB. (ref.7) De geluidssterkte of intensiteit kan dus per frequentie worden ingesteld. Het geluid wordt meestal via een hoofdtelefoon hoorbaar gemaakt. Om de waarneming in het onderzochte oor niet te storen, kan het andere oor **gemaskeerd** worden door aan dit oor een geruis aan te bieden. Dit wordt toegepast om het 'overhoren' te voorkomen. Dit is het meeluisteren van het 'goede' oor bij het testen van het 'slechte' oor. Het 'goede' oor zal dus worden gemaskeerd. Dit is vooral van belang bij de beoordeling van de beengeleiding. Deze functie is echter niet op alle audiometers beschikbaar. De signalen die worden toegediend zijn meestal zuivere, sinusvormige tonen. (ref.8,15)

Indien mogelijk wordt een audiometrieonderzoek uitgevoerd in een **geluidsvrije cabine**, zo kan het omgevingslawaai worden uitgeschakeld. Indien men niet over zo'n cabine beschikt, moet men rekening houden met het feit dat omgevingslawaai de uitslag van het onderzoek nadelig kan beïnvloeden. Volgens de Nederlandse standaard JGZ is het van belang dat het omgevingsgeluid lager is dan 30 dB. Waarom de grens op 30 dB ligt, wordt echter niet verduidelijkt, maar is gebaseerd op een artikel van Van Laar F. uit 1972. (ref.1) De toegelaten limieten voor achtergrondlawaai (= ambient noise level) worden eveneens uitgebreid beschreven in de ISO- en ANSI-standaarden. (ref.4) De **richtlijnen van de ASHA** voor achtergrondlawaai (ANSI S3.21) zeggen: "Achtergrondlawaai zou de volgende grenzen niet mogen overschrijden: 41.5 dB SPL at 500 Hz, 49.5 dB SPL at 1000 Hz, 54.5 dB SPL at 2000 Hz, 62 dB SPL at 4000 Hz, gemeten met een geluidsniveaumeter met octaaf-bandfilters voor de gescreende frequenties." (ref.16)

Het resultaat van een audiometrie-onderzoek wordt opgetekend in een **audiogram**, ook wel eens gehoorcurve genoemd. Tijdens het onderzoek worden de gehoordrempels opgetekend, en dit zowel voor linker en rechter oor. De **gehoordrempel** is de zwakste toon die een persoon nog net kan horen. Een audiogram is een grafiek met op de horizontale as de frequenties (in Hz) en op de verticale as de geluidsintensiteit (in dB).

Twee veelvuldig gebruikte vormen van audiometrie zijn toonaudiometrie en spraakaudiometrie. De **zuivere toonaudiometrie** is één van de meest bekende en meest gestandaardiseerde gehoortests. Ze vormt de basis van de audiometrie. De toonaudiometrie geeft uiteraard een goede indruk over het gehoorvermogen van die persoon, maar leert ons niet direct hoe goed hij kan verstaan in het dagelijkse leven. Dat geschiedt beter met **spraakaudiometrie**. Hiermee wordt het gehoorverlies voor spraakinformatie of de sociale waarde van het gehoor gemeten. In plaats van tonen wordt er gestandaardiseerde spraak aangeboden. Dit onder de vorm van woordrijen en zinnen, in stilte of met achtergrondlawaai. In een spraakaudiogram wordt weergegeven hoe groot het percentage verstande woorden is bij verschillende intensiteiten. Spraakverstaanbaarheid is dus meer dan de tonen horen. Met moet o.a. rekening houden met de gespreksafstand in een welbepaalde ruimte. De afname

gebeurt meestal in een vrij veld, d.w.z. zonder hoofdtelefoon, aldus worden beide oren samen getest. Deze vorm van audiometrie wordt voornamelijk gebruikt in audiologische centra. (ref.13)

Vermits in de huidige CLB-setting het tonale audiogram de belangrijkste plaats inneemt, worden daarom de richtlijnen voor afname verder in de tekst besproken. (pag.17)

Al de vormen van toonaudiometrie vallen onder de noemer **subjectieve audiometrie**, gezien telkens een antwoord van de persoon in kwestie vereist is. Hiertegenover staan **objectieve** gehooronderzoeken waarvoor quasi geen medewerking van de patiënt vereist is bv. de Algo-test die bij de pasgeborenen wordt uitgevoerd (deze wordt hieronder beschreven). (ref.15)

3.6 Gehoorscreening bij kinderen

In dit onderdeel worden eerst een aantal screeningmethoden kort toegelicht, om nadien te focussen op de toonaudiometrie, met richtlijnen voor afname en mogelijke verwijzingscriteria bij een verminderd gehoor.

3.6.1 Screeningmethodes i.f.v. leeftijd (ref.5)

- In Vlaanderen wordt het gehoor van alle pasgeborenen gescreend met de **ALGO-test**, een objectieve gehoortest die kan worden uitgevoerd vanaf de geboorte tot de leeftijd van 6 maanden. In het Vlaamse land wordt deze door Kind & Gezin op grote schaal uitgevoerd bij pasgeborenen, binnen de eerste zes levensweken. De test gaat de elektrische respons op een geluidsstimulus registreren t.h.v. de auditieve centra in de hersenstam. Deze registratie gebeurt d.m.v. elektroden op de huid, wat eenvoudig en vrij snel uit te voeren is. Het resultaat van de ALGO® wordt vertaald in een “pass” of “refer”. “Pass” wil zeggen dat er theoretisch een 99.98 % zekerheid is van een goed gehoor. “Refer” als resultaat betekent dat er geen eenduidig besluit is. Bij een “refer” wordt er een nieuwe ALGO® gepland. Het doel is om elke gehoorgestoorde baby vóór de leeftijd van 3 maanden op te sporen en te verwijzen, zodat de therapeutische mogelijkheden optimaal benut worden, dit vóór de leeftijd van 6 maanden. In Vlaanderen begint de revalidatie reeds op 4 maanden. (ref.17,18)

- Het principe van de ALGO® is gebaseerd op een BERA-onderzoek. **BERA** staat voor **Brainstem Electric Respons Audiometry**, dit is een objectieve meting van de hersenactiviteit t.h.v. de hersenstam in respons op een geluidsstimulus. Het is een zeer nauwkeurige test en wordt vooral toegepast voor de detectie van retrocochleaire pathologie. Bij kinderen is de test op vrijwel alle leeftijden mogelijk, maar impliceert een sedatie of narcose. De testduur kan oplopen tot twee uur. (ref.2)

- Een volgend mogelijk screeninginstrument meet de **geëvoeerde oto-acoustische emissies (OAE)**. Dit is de akoestische energie die de cochlea spontaan of na stimulatie genereert. Deze akoestische energie wordt gemeten via een sonde in de uitwendige gehoorgang. De aanwezigheid van OAE's duidt op een goede werking van de cochlea en op een gehoordrempel kleiner dan 30 dB.

Er werd vergelijkend onderzoek uitgevoerd tussen de TEOAE- test (= transiënt geëvoeerde oto-acoustische emissies) en de toondrempelaudiometrie in het kader van gehoorscreening bij kleuters in CLB's in Vlaanderen. Uit de resultaten bleek dat er beduidend méér kinderen waren die een normaal toondrempelaudiogram hadden dan kinderen met een normale TEOAE-test (=Echo-Screen®). Dit deed vermoeden dat de Echo-Screen® in die populatie aanleiding gaf tot meer vals-positieve resultaten, alhoewel dat niet kon worden aangetoond via het onderzoeksopzet. Dit in tegenstelling met de gegevens uit de literatuur. Het omgevingslawaai en het programma waarmee de Echo-Sreen® was uitgerust, werden als verklaring voor dit fenomeen naar voor geschoven. Qua tijdsduur bleken beide onderzoeken sterk vergelijkbaar. Ook slechts kleine verschillen wat betreft het aantal kleuters dat op betrouwbare wijze kon worden onderzocht. De kleuters lieten zich positief uit over beide testen, alhoewel de voorkeur meer uitging naar de toondrempelaudiometrie. Het besluit luidde dat de Echo-Screen® momenteel niet kon beschouwd worden als een goed of beter alternatief voor de toondrempelaudiometrie bij vijfjarigen. (ref.19)

- De **impedantiemetrie** wordt voornamelijk toegepast om informatie te verschaffen over het middenoor d.m.v. de impedantie. Dus de akoestische weerstand van het trommelvlies met variërende druk in de gehoorgang. Het is een verzamelnaam voor o.a. tympanometrie, stapediussreflex-registratie, ...Vermits dit niet gebruikt wordt in ons kader van preventieve gehoorscreening, wordt hier niet verder op ingegaan. (ref.2,20)

- Observatie van het gedrag van een kind wordt bestudeerd in de **gedragsaudiometrie**. Hier observeert de onderzoeker verschillende reflexen, die een automatische respons zijn op auditieve stimuli. Deze observatie kan gebeuren in de eerste levensmaanden. Een toepassing hiervan is de Ewing-test die op de leeftijd van 9 maanden kan worden uitgevoerd. Het kind vertoont dan een betrouwbare oriëntatierflex naar de geluidsbron reeds bij een intensiteitsniveau van 35 dB. (ref.2)

- Zodra het jonge kind beschikt over een oriëntatierflex naar de geluidsbron, kan de audioloog gebruik maken van de **geconditioneerde oriëntatierflex-audiometrie (COR)**. Er kan dan een visuele beloning worden gekoppeld aan een auditieve stimulus. Het kind gaat een

aangename visuele stimulus verwachten bij het horen van geluid en richt zich naar de geluidsbron. Op deze wijze kan men een vrij betrouwbare drempelbepaling bekomen bij jonge kinderen van 7 tot 18 maanden.

- **Spelaudiometrie** of Instrumental Conditioned Reflex (ICR) is bedoeld voor kinderen tussen 2 en 4 jaar. Om de aandacht van het kind te behouden, wordt de audiometrie geïntegreerd in een spelsituatie. De afnemer verwacht van het kind een aangeleerde respons bij het horen van geluid, vb. een blokje in een doos leggen. Deze vorm werd in 1947 gepubliceerd door Dix en Hallpike. Zij noemden het de 'peep show', waarbij kinderen plaatjes te zien kregen als ze op een knop drukten. Dit drukken had enkel effect als tevens een geluid werd waargenomen en niet als er stilte heerste. (ref.2,11)

- Vanaf de leeftijd van 5 jaar kan er gebruik gemaakt worden van klassieke **toonaudiometrie** waarbij het kind aangeeft wanneer hij het geluid waarneemt. Meestal gebeurt dit door de linker- of rechterhand op te steken, al naargelang het geteste oor. Deze methode wordt, zoals reeds gezegd, in het CLB toegepast. Daarom worden ook de richtlijnen verderop in de tekst beschrijven. (pag.17)

- Naast toonaudiometrie bestaat er ook **spraakaudiometrie**, die het kwalitatief functioneren van het gehoor nagaat in de vorm van spraakverstaanbaarheid. Er kunnen op een bepaalde wijze toondrempelindexen berekend worden, a.d.h.v. de percentielen waarop de gehoordrempels zich situeren. Deze correleren significant met de spraakverstaanbaarheidsmoeilijkheden en auditieve beperkingen. Dit is vooral van belang voor neurosensorieel gehoor-gestoorden. Sinds begin '95 is er een CD beschikbaar met 'Vlaamse opname van woordenlijsten voor spraakaudiometrie' en bevat 6 woordenlijsten voor kinderen en volwassenen. (ref.8,15) Uit studie blijkt dat de toondrempelindexen op 500 Hz en 4000 Hz van het beste oor de beste predictoren zijn voor de spraakverstaanbaarheid. (ref.13) Deze 2 frequenties zijn dus zeker van belang in de afname van een audiogram. Deze vorm van audiometrie wordt echter voornamelijk gebruikt in audiologische centra.

ALGO-test

Spelaudiometrie

'Peep-show'

3.6.2 Vormen van toonaudiometrie (ref.1,8,15)

Er zijn verschillende methodes om een toonaudiogram af te nemen, namelijk een screeningsaudiogram of een drempelaudiogram. Als men kiest voor een drempelaudiogram kan men nogmaals onderscheid maken tussen 3 vormen: namelijk de 'ascending-', 'descending-' of 'ascending-descending-methode'.

a) onderscheid drempelaudiogram en screeningsaudiogram

- Het **screeningsaudiogram** is een verkort gehooronderzoek om individuen op een snelle en efficiënte manier voor uitgebreider onderzoek te selecteren. Hierbij worden de tonen op een aantal vaste frequenties in het spraakgebied, met een vaste intensiteit aangeboden. Er wordt nagegaan of de persoon de aangeboden tonen hoort. Als dit voor één van de tonen niet het geval is, voldoet de persoon niet aan de screening. Er zijn dus maar twee resultaten mogelijk bij een screeningsaudiogram: **“pass”** of **“fail”**. Indien het resultaat van de screening ongunstig is (=fail) is uiteraard verdere opvolging aangewezen.
- Zoals de naam zelf zegt, wordt bij een **drempelaudiogram** een **gehoordrempel** bepaald. Dit is een meer uitgebreid onderzoek dat ons toelaat na te gaan welke intensiteit nodig is, opdat de testpersoon een bepaalde frequentie zou horen. Al deze drempelwaarden worden genoteerd. Deze bepalingen kunnen gebeuren op 3 wijzen: via de 'ascending-', 'descending-' of 'ascending-descending-methode'. Voor een exacte drempelbepaling is een maskering van het andere oor nodig. (pag.12) Deze functie is, zoals reeds vermeld, enkel beschikbaar op gespecialiseerde toestellen zoals vb. op een dienst NKO in het ziekenhuis. Op screeningaudiometers, gebruikt in het CLB, is deze maskeringsfunctie niet beschikbaar.

b) onderscheid 'ascending-', 'descending-', en 'ascending-descending-methode'

- De **'ascending of stijgende' methode**: we beginnen met een signaal aan te bieden op een niveau dat beneden de gehoordrempel van het testindividu ligt, om langzaam op te klimmen totdat de testpersoon begint te reageren. Het belangrijkste nadeel van deze techniek is dat de testpersoon niet weet welk signaal gaat komen, en dikwels te laat zal reageren, zodat men een slechtere drempel gaat noteren dan in werkelijkheid het geval is.
- De **'descending of dalende' methode**: men gaat de testtoon aanbieden op een duidelijk hoorbaar niveau en laat deze daarna afnemen tot de testpersoon aangeeft dat hij het signaal niet meer hoort. Deze manier van afname neemt veel meer tijd in beslag, maar geeft meer betrouwbare resultaten.
- De **'ascending-descending-methode', ook 'Hughson-Westlake techniek' of '5up-10down' methode** genoemd. (ref.21) Dit is min of meer een combinatie van de vorige 2 methodes. Het is de meest efficiënte methode om valide drempels te bepalen, maar ook de meest tijdrovende. Men start op een hoorbaar niveau. Indien nodig, de geluidsstrekte laten

toenemen, in stappen van 5 dB, tot de persoon reageert. Dan daalt men per 10 dB, tot de persoon niet meer reageert. Wordt de toon niet meer gehoord, dan per 5 dB terug stijgen tot de toon opnieuw gehoord wordt. Deze laatste 2 stappen nog eens herhalen, tot men 2 maal een respons krijgt op dezelfde drempelintensiteit. A.d.h.v. een vb. wordt dit verduidelijkt.

VOORBEELD:

→ 40 dB: ja, gehoord (= -10 dB)

30 dB: ja (= -10 dB)

20 dB: ja (= -10 dB)

10 dB: neen, niet gehoord (= +5 dB)

→ 15 dB: ja (= -10 dB) = 1^{ste} maal respons voor 15 dB, en niet voor 10 dB!

05 dB: neen (= +5 dB)

→ 10 dB: neen (= + 5 dB)

15 dB: ja = 2^{de} maal respons voor 15 dB, en niet voor 10 dB!

besluit: de drempel is hier 15 dB!

3.6.3 Praktische richtlijnen voor afname van toonaudiometrie

a) Algemene werkwijze (ref.8,15)

Hier volgen enkele algemene richtlijnen voor het bepalen van een luchtgeleidingsdrempel. De testpersoon neemt plaats zodat hij het bedieningspaneel van de audiometer niet kan zien. De afnemer legt kort het onderzoek uit en geeft duidelijke instructies aan de testpersoon. De hoofdtelefoon wordt geplaatst met het rode oor rechts en het blauwe oor links. Brillen en oorsieraden worden verwijderd. Een goede plaatsing van de hoofdtelefoon is van groot belang (zie volgende paragraaf). Men begint het onderzoek met het beste oor.

Doorgaans gebruikt men de volgende volgorde van frequenties: starten met de frequentie 1000 Hz, verder gaan in stijgende lijn per octaaf tot 8000 Hz, dit is 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz. Dan herneemt men de 1000 Hz om af te dalen naar de lage tonen: 1000, 500, 250 en 125 Hz. De tussenliggende frequenties zoals 3000 Hz en 6000 Hz worden bepaald als er een groot verschil is tussen de drempels van 2 opeenvolgende octaven, bv. 15 dB bij 2000 Hz en 60 dB bij 4000 Hz: best drempel bij 3000 Hz bepalen. Voor het aanbieden van intensiteiten kan men kiezen tussen de 3 hoger besproken manieren (ascending-, descending- of ascending-descending-methode). Deze laatste, de 'Hughson-Westlake-techniek', geniet hierbij de voorkeur. Nadien herneemt men de procedure voor het andere oor.

b) Plaatsing van de hoofdtelefoon

Zoals reeds vermeld is een goede plaatsing van de hoofdtelefoon van belang. De hoofdtelefoon heeft bij conventie een kleurcode: rood voor rechts en blauw voor links! Een bril montuur

en grotere oorsieraden moeten worden verwijderd omdat dit ervoor kan zorgen dat de hoofdtelefoon onvoldoende aansluit rond de oren, een factor die uiteraard de gehoordrempel beïnvloedt. Bij de plaatsing op de oren moet er uiteraard ook worden op gelet dat de oorschelp niet dubbel geplooid zit. Dus bij kleuters gebeurt de plaatsing best door de afnemer van de test, en niet door de kleuter zelf! Van belang is dat het midden van de luidspreker in de hoofdtelefoon direct tegenover de uitwendige gehoorgang wordt geplaatst. Aanpassingen zijn meestal mogelijk via een verstelbare hoofdband. (ref.15)

Uit de literatuur blijkt dat de plaatsing van de hoofdtelefoon van belang is voor het bekomen van een correcte drempelwaarde. De Noorse onderzoeker Flottorp vergeleek de gehoordrempels na herpositionering van de hoofdtelefoon op de oren. Er werden drempels bepaald op 11 frequenties tussen 125 Hz en 8000 Hz, het ging hier in totaal om 3259 audiogrammen. Uit zijn onderzoek bleek dat de drempelvariëaties bij een herhaling van de audiometrie het grootst waren boven 3000 Hz. Er gebeurde aldus in 1118 gevallen een nieuwe drempelbepaling bij frequenties boven 3000 Hz, na het herpositioneren van de hoofdtelefoon. De indicaties om de hoofdtelefoon te verplaatsen zijn echter niet eenduidig. Als conclusie constateerde men verbeterde drempels, variërend van 5 tot 40 dB, op de frequenties 6000 en 8000 Hz, en dit in 58 % tot 68 % van de gevallen. (ref.22)

Een **geluidslek** kan worden vermeden als de hoofdtelefoon correct geplaatst wordt, dus goed aansluitend over de oren. Anders is er een **transmissieverlies, voornamelijk op de lage frequenties**. M.a.w. onvoldoende druk zorgt voor een geluidslek, waardoor de patiënt een gehoorverlies op de lage frequenties lijkt te hebben, en de drempels voor de hoge frequenties worden hierdoor evenmin correct bepaald. (ref.22,23,24)

Het 'committee on audiometric evaluation' van de ASHA spreekt over een 'questionable earphone stability' bij 6000 Hz, met oververwijzing tot gevolg (zie ook bespreking pag. 49). (ref.25) De reden hiervoor zou een interactie tussen hoofdtelefoon en het oor op deze frequentie. (ref.26)

c) Keuze van de frequenties

Volgens de **richtlijnen van de ASHA** uit 1985 neemt men een screeningsaudiogram af op 20 dB voor 1000 Hz, 2000 Hz en 4000 Hz. Eventueel kan 500 Hz ook worden afgenomen indien het achtergrondlawaai aan de normen voldoet (pag. 12). De frequentie 6000 Hz wordt niet opgenomen in de screening gezien de 'questionable earphone stability', zoals net aangehaald. (ref.16,26)

De resultaten van een ander **onderzoek**, uitgevoerd in **Michigan** (USA), wou nagaan of er een verschil in belangrijkheid was van de te testen frequenties 1000, 2000, 3000, 4000 en 6000 Hz, respectievelijk op 20 dB, 25 dB en 40 dB. Er werd aangetoond dat de frequentie 3000 Hz weinig waarde heeft t.o.v. 4000 Hz en best niet gebruikt wordt. Voor 4000 Hz werd een relatief klein, maar toch een voordeel aangetoond t.o.v. het gebruik van 6000 Hz en aldus werden de richtlijnen in Michigan ook aangepast aan die van de ASHA. Het hoger aantal vals-positieven (waardoor oververwijzingen) op 6000 Hz waar de ASHA naar verwijst, kon echter niet worden aangetoond in het onderzoek te Michigan. (ref.25)

De **ISO 389** is een referentie voor **drempelbepalingen van normaalhorenden** tussen de leef-tijd van 18 en 30 jaar. De gegevens van 15 studies werden gebruikt om deze ISO-norm samen te stellen. In alle studies, behalve twee, kon voor 6000 Hz een grotere spreiding worden aangetoond dan voor de andere frequenties. In deze twee studies werd een béter resultaat aangetoond voor 6000 Hz (ongeveer 15dB beter!). Vermits deze twee studies ook werden opgenomen in de standaard, insinueert dit dat de huidige referentie voor het audiometrische nulpunt op 6000 Hz te laag ligt. Wat wil zeggen dat metingen op 6000 Hz hogere drempels aangeven t.o.v. de naburige frequenties. (ref.4)

Het eerst testen van de lage tonen kan **moeheid van de gehoorsenuw** veroorzaken, en zal daarom beter tot op het einde van de reeks frequenties worden uitgesteld. Dit volgens het advies van Mevr. Andries C, audiologe bij Lapperre, in een gesprek ter voorbereiding van het onderzoek voor dit eindwerk. In de wetenschappelijke literatuur werd dit eveneens teruggevonden. (ref.8) Vele publicaties tonen aan dat de lage tonen inderdaad als laatste worden afgenomen.

d) Vlaamse richtlijnen en MST-cijfers

Als we terug gaan in de tijd, met name naar het MST- tijdperk (wet op Medisch Schooltoezicht van 21 maart 1964), op zoek naar richtlijnen voor het gehooronderzoek bij schoolgaande kinderen in Vlaanderen, vinden we niet veel terug. Enkel een omzendbrief van 1979 en richtlijnen van het MST Brugge.

d.1 Omzendbrief 'Vroegtijdige opsporing van zintuigstoornissen bij kleuters' (bijlage 1)

De enige richtlijnen dateren van **december 1979** en zijn terug te vinden in een omzendbrief van de toenmalige '**Minister van Volksgezondheid en het Gezin**'. (ref.27) Hierin wordt verzocht om mee te werken aan het opmaken van statistieken betreffende de gezondheids- en ziekte-toestand van de leerlingen. In 1970 werd deze opdracht verder gespecificeerd in een onderzoek naar de vroegtijdige opsporing van gehoor- en gezichtsfunctiestoornissen bij kleuters van de 1^{ste} en 3^{de} kleuterklas. Het doel was de screeningsmethode en de resultaten te

analyseren en te evalueren. In de bijlage bij de brief staan de richtlijnen uitgeschreven. Er wordt aangehaald dat men oververwijzing bij screening van zintuigstoornissen verkiest, boven een te geringe verwijzing. Dit aangevuld met de volgende zin: “ Om echter onbegrip vanwege de oogarts, NKO-arts of behandelende arts waarnaar verwezen wordt te vermijden, wordt op de verwijfsbrief deze mogelijkheid van oververwijzing best vermeld én begrip gevraagd voor deze zienswijze.”

Er wordt benadrukt dat de screening gebeurt vanaf de 1^{ste} kleuterklas (liefst niet in het 1^{ste} trimester) omdat interventie op jonge leeftijd betere ontwikkelingskansen geeft en de kans verhoogt op het volgen van gewoon lager onderwijs.

Samengevat omvatten deze **richtlijnen voor audiometrie bij kleuters** de volgende aanbevelingen:

- De kleuter wordt door **voorbereiding** in de klas vertrouwd gemaakt met de onderzoeks-situatie. In het MST wordt, op de dag van het onderzoek, voor de ganse groep gedemonstreed hoe de audiometer functioneert. Enkele tonen worden gezamenlijk beluisterd en het onderzoek wordt bij een moedige kleuter voorgedaan. Daarna mag elke kleuter de hoofdtelefoon eens opzetten.
- Nadien gebeurt het **individuele onderzoek** in een degelijk akoestisch geïsoleerde ruimte. Er wordt een testtoon aangeboden van 45dB (indien nodig 60 dB) op 1000 Hz. Het kind antwoordt door het uitvoeren van een eenvoudig spelletje bv. een ring op een stokje steken. Om onderzoeksmoeheid tegen te gaan worden de tonen beperkt tot:
 - **20 dB op 1000 Hz**
 - **25 dB op 500 Hz**
 - **20 dB op 1000 Hz**
 - **20dB op 2000 Hz**
 - **25dB op 4000 Hz**

Enkel voor 3^{de} kleuters: ook 25 dB op 250 Hz en 6000 Hz aanbieden.

Indien 1 of meerdere tonen niet worden gehoord wordt een 2^{de} audiometrie uitgevoerd, iets later, maar nog tijdens dezelfde zitting. Als ook het 2^{de} onderzoek afwijkend is, wordt het kind verwezen.

Deze richtlijnen werden opgesteld a.d.h.v.de aanbevelingen van de ASHA (1975).

d.2 Richtlijnen van het MST Brugge

De richtlijnen van het MST Brugge zijn gebaseerd op deze omzendbrief, maar geven concreter aan hoe het gehooronderzoek dient uitgevoerd te worden. Vanaf welk jaartal deze in voege zijn gegaan is niet duidelijk.

- De eerste stap in een goede voorbereiding is het **informer**en van de **kleuterleidsters** d.m.v. een persoonlijke uitleg en het bezorgen van een cassette met zuivere tonen.

- **De kleuterleidster bereidt dan zelf de kinderen voor in de klas** met een gestandaardiseerd verhaal en de cassette. Zo wordt de kinderen reeds aangeleerd dat ze hun handje moeten opsteken als ze de toontjes horen. De juf vertelt ook hoe het onderzoek verloopt en dat ze een hoofdtelefoon zullen opzetten. Er wordt aangeraden een drietal weken voor het onderzoek te starten met de voorbereiding en deze minimum één maal per week te herhalen.
- De **audiometrie-afname** gebeurt in een apart lokaal, los van de biometrieruimte. Gezien de hoofdtelefoon ongeveer 30 dB dempt, en een afname van de gehoorscherptheit mogelijk blijft tot bij een omgevingslawaai van 30 dB, mag men dus een omgevingslawaai tot 50 à 60 dB accepteren. Het onderzoek gebeurt per 3 kleuters: één die uitvoert en twee die aandachtig toekijken. De tonen mogen NIET met regelmaat worden aangeboden.
- De volgende tonen worden aangeboden:
 - **1000 Hz op 40 dB**
 - **1000 Hz op 25 dB** (indien nodig tonen versterkt aanbieden)
 - **500 Hz op 25 dB**
 - **1000 Hz op 25 dB**
 - **2000 Hz op 25 dB**
 - **4000 Hz op 25 dB**

Er is dus sprake van een versoepeling van de officiële richtlijnen ASHA 1975 (ref.28): 1000 Hz en 2000 Hz op 25 dB (in plaats van op 20 dB).

- **Follow-up onderzoek binnen één maand** is aangewezen indien:
 - 1) afname de 1^{ste} maal onbetrouwbaar was
 - 2) geen enkele frequentie gereageerd op 25 dB, maar wel bij hogere dB
 - 3) ook geen reactie bij 40 dB

Follow-up het volgende schooljaar indien 2 maal een onbetrouwbaar resultaat.

Indien er een 2^{de} maal gehoorverlies wordt vastgesteld, wordt een 3^{de} onderzoek op het centrum gepland, mét de ouders.

- Na een 3^{de} maal gehoorverlies volgt een **verwijzing** naar de huisarts. Op basis van klinische gegevens kan reeds na een 1^{ste} afwijkende audiometrie worden verwezen vb. acute otitis media.

d.3 MST-rapport van 1992-1993 (ref.29)

Begin jaren '90 werd het MST-computerprogramma ingevoerd in de vrije CLB's. Het doel was om medische gegevens van elk schoolkind te bewaren in een elektronisch dossier. Op deze wijze werd een grote medische databank gecreëerd. Het rapport van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (schooljaar 1992-1993) bevat de informatiseringsgegevens van het MST, waaronder deze van het gehoor.

Het betreft hier de resultaten van gehoorscreening bij meer dan 116.000 kinderen tussen 3 en 6 jaar. In deze studiepopulatie werd een normaal gehoor vastgesteld bij ongeveer 90 % van de kinderen.

Afhankelijk van de leeftijd werd bij 8 % tot 11% van de kinderen een mild gehoorverlies (van 25 tot 49 dB) gevonden. In het rapport wordt er van uitgegaan dat dit milde gehoorverlies in de meeste gevallen terug te brengen is tot een middenoorpathologie (otitis media met effusie), die gewoonlijk binnen een termijn van enkele weken spontaan oplost. Slechts 75/100.000 kinderen vertoonde een gehoorsdaling die te ernstig was om aan een acute otitis media te worden toegeschreven. In deze groep van matig (van 50 tot 69 dB) en ernstig (70 dB of meer) gehoorverlies werden mogelijkerwijze een aantal ernstige gehoordefecten opgespoord. Spijtig genoeg bestaat er in Vlaanderen (nog) geen gestandaardiseerd protocol voor de diagnose en aanpak van gehoor- en middenoorproblematiek na verwijzing uit het toenmalige MST, nu CLB. Follow-up gegevens vanwege behandelende artsen en gespecialiseerde centra ontbreken dan ook om de hogervermelde registratiegegevens te kunnen bevestigen. (ref.30)

Bij de interpretatie van dit rapport kan men de bedenking maken dat deze gegevens niet onderworpen werden aan degelijke kwaliteitscontroles, noch voor de gebruikte screeningsmethode (er worden geen specifieke richtlijnen voor afname gehanteerd, elke afnemer heeft een 'eigen' werkwijze), noch voor de wijze van invoer in het MST-computerprogramma. Het betreft hier enkel ruwe data, waardoor men de waarde van deze cijfers best sterk relativeert.

3.6.4 Verwijzingscriteria

Verwijzingscriteria na een afwijkende toonaudiometrie, gebaseerd op wetenschappelijke 'evidence based' richtlijnen zijn zeer schaars terug te vinden.

Voor verwijzingen vanuit de preventieve gezondheidszorg zoals het CLB, werden enkel de oude criteria van het MST Brugge, die reeds beschreven werden, teruggevonden. Daarom werd er verder gezocht en werden er **enkele buitenlandse richtlijnen** gevonden.

a) ASHA (USA) (ref.16)

De ASHA raadt een individuele screeningsaudiogram aan d.m.v. toonaudiometrie via luchtgeleiding, bedoeld voor een snelle en efficiënte identificatie van gehoorsdalingen voor kinderen vanaf 3 jaar. De te testen frequenties zijn 1000, 2000 en 4000 Hz op 20 dB. Hier kan 500 Hz aan toegevoegd worden als het omgevingslawaai niet hoger is dan 41,5 dB. Indien één of meerdere van de tonen niet gehoord worden is een tweede screening nodig, later dezelfde dag of ten laatste binnen de 2 weken na de eerste test. Indien men ook faalt op de tweede test, moet men worden doorverwezen voor audiologische evaluatie.

b) Nederland (ref.1,2)

Onze noorderburen hanteren de richtlijnen van de **Nederlandse standaard voor JGZ**. Zuigelingen worden getest a.d.h.v. de oriëntatiereflex bv. Ewing-test. Voor peuters zijn er geen geschikte instrumenten voorhanden. Voor de kleuters vanaf 4.5 jaar, wordt het gehoor gescreend met behulp van de toonaudiometrie, er wordt de keuze gelaten tussen een screenings- of drempelaudiogram (descending- of de Hughson-Westlake-methode).

Er zijn geen vaste tijdstippen, maar er wordt vanuit gegaan dat minstens één screeningsaudiogram in de kleuterperiode noodzakelijk is. (ref.31) In de leeftijdsgroep 6 tot 11 jaar luidt het advies om alleen op indicatie een gehoortest af te nemen. Er wordt aan getwijfeld of screening na de leeftijd van 6 jaar nog zinvol is. Dit omdat door de US Preventive Taskforce (in 1996) wordt beweerd dat een screening in de basisschool geen bewezen nut heeft. Voor Nederlandse leerlingen van 12 tot 19 jaar is het gehoor van belang i.v.m. de beroepskeuze en toename van gehoorstoornissen door lawaaibeschatiging. De wijze en vorm van onderzoek staan ter discussie. (ref.32)

Op alle leeftijden moet er een grote alertheid blijven, zeker als ouders klachten hebben ivm. gehoorproblemen en als er spraak-, taal- of communicatie-problemen zijn!

De verwijscriteria voor een drempelaudiogram van de Nederlandse Standaard zijn gebaseerd op oude criteria die Van Laar formuleerde in 1972 en luiden als volgt:

(telkens in hetzelfde oor)

- 30 dB of meer op 3 frequenties van 500, 1000, 2000 of 4000 Hz
- 40 dB of meer op 1 frequentie van 500, 1000, 2000 of 4000 Hz
- 35 dB of meer op 2 willekeurige frequenties
- indien nodig a.d.h.v. anamnese en/of bevindingen bij klinisch onderzoek

c) Zweden (ref.33)

In de Scandinavische landen zijn er verschillende studies rond het onderwerp gehoor terug te vinden. Het artikel van de Zweed Augustsson handelt over “ the preventive value of audiometric screening of preschool and young schoolchildren”. In Zweden is er een gehoorscreening voorzien op de leeftijden van 4, 7, 10 en 14 jaar. Dit is vrij analoog met de Vlaamse tijdstippen, het enige verschil situeert zich in de screening op 7 jaar. Bij ons komt dit overeen met het deelonderzoek in het 1^{ste} leerjaar, waarbij de gehoortest enkel op vraag gebeurt van ouders of leerkrachten, of indien de vorige audiometrie afwijkend was.

De doelstelling van de Augustsson-studie is drievoudig:

- 1) Hoeveel nieuwe gevallen van gehoorverlies worden geïdentificeerd bij screening van 4-jarigen en bij screening van diezelfde kinderen op 7 jaar?

- 2) In hoeveel gevallen van gehoorverlies is een behandeling nodig?
- 3) Wat is de preventieve waarde van audiometrische screening op deze leeftijd?

Dit zijn de **Zweedse nationale verwijscriteria** gehanteerd in de studie van Augustsson: (telkens in hetzelfde oor)

4-jarigen:

- 25 dB of meer voor 2 frequenties van de 500, 1000 of 2000 Hz
- 40 dB of meer voor 1 frequentie van 500, 1000, 2000 of 4000 Hz
- 50 dB of meer bij 6000 Hz

7-jarigen:

- 25 dB of meer voor 2 frequenties van de 500, 1000 of 2000 Hz
- 40 dB of meer voor 1 frequentie van 500, 1000, 2000, 4000 of 6000 Hz

Deze criteria liggen aan de basis voor verdere verwijzingen naar de NKO-arts. Hieronder volgen de resultaten weergegeven in tabelvorm. (tab.2) Op de leeftijd van 4 jaar wordt 8 % verwezen, op 7 jaar wordt 5.88 % verwezen.

tabel 2: Screeningsresultaten van Augustsson

AUGUSTSSON	4 - jarigen	7- jarigen
normaal gehoor	N=2143 91.97 %	N=2336 94.12 %
gehoorverlies	N=187 8.03 %	N=146 5.88 %

De verwezen kinderen werden verder diagnostisch opgevolgd. Een overzicht in [tabel 3](#). Van de verwijzingen voor de 4-jarigen werd bijna 40 % gediagnosticeerd met secretore otitis media (SOM), die via verdere follow-up al dan niet behandeld werden. Ongeveer 1/4 van de kleuters was reeds gekend met een gehoorverlies. Er werd een neurosensorieel gehoorverlies gediagnosticeerd in 3.7 % van de verwijzingen.

De percentages (voor diezelfde groep kinderen) op de leeftijd van 7 jaar, na verwijzing en diagnose, liggen anders. Er zijn nu slechts 17.8 % kinderen met een otitis serosa, maar wel 41.1 % met een gekend gehoorverlies. Slechts 2.7 % met een neurosensorieel gehoorverlies. Het betrof hier milde verliezen zonder veel praktische gevolgen.

tabel 3: Resultaten van follow-up na verwijzing (Augustsson)

VERWIJZINGEN o.w.v.	4 - jarigen	7- jarigen
1. cerumen	8.5 %	4.8 %
2. neurosensorieel gehoorverlies	3.7 %	2.7 %
3. gekend gehoorverlies	25.6 %	41.1 %
4. otitis serosa	39.5 %	17.8 %
5. geen afwijking	19.2 %	29.4 %
6. geen follow-up	3.2 %	4.1 %

In de studie kon worden aangetoond dat kinderen met SOM op de leeftijd van 4 jaar, ongeveer even frequent gehoorverlies hebben op 7 jaar, of ze nu behandeld waren of niet, en of deze behandeling gestart was voor de leeftijd van 4 of niet.

De algemene conclusie luidde dat er door screening op 4 en 7 jaar slechts weinig nieuwe gevallen van gehoorverlies werden aangetoond, waarvoor er door behandeling verbetering van het gehoorverlies optrad. Er kon dus slechts weinig preventieve waarde worden aangetoond van audiometrische screening voor gehoorverlies. Aldus wordt het nut van de audiometrie in Zweden in vraag gesteld.

3.7 Huidige screeningspraktijk in Vlaanderen

Op welke manier worden de richtlijnen i.v.m. gehoorscreening toegepast in Vlaanderen voor de leeftijdsgroep 0 tot 18 jaar? De preventieve gezondheidszorg wordt tot de leeftijd van 3 jaar georganiseerd door Kind & Gezin. Nadien, dus vanaf kleuterleeftijd tot 18 jaar, wordt deze taak overgenomen door het CLB.

3.7.1 Kind & Gezin

Tot in 1997 werden de baby's in Vlaanderen via Kind & Gezin systematisch gescreend d.m.v. de Ewing-test. Dit gebeurde op de leeftijd van 9 maanden. Op deze leeftijd is het gehoor dusdanig verfijnd dat een betrouwbare oriëntatiereflex naar de geluidsbron optreedt bij intensiteitsniveaus vanaf 35 dB. Het nadeel van deze test is dat een unilaterale gehoorstoornis nauwelijks wordt gedetecteerd. (ref.2)

Maar...Vlaanderen ging met een wereldprimeur aan de haal wanneer, in 1998, een programma voor neonatale gehoorscreening geïmplementeerd werd. De screening gebeurt met de ALGO-test. Zoals reeds uitgelegd (pag.13), wordt via huid elektroden de elektrische respons op een geluidsstimulus t.h.v. de auditieve centra in de hersenstam geregistreerd.

In Vlaanderen wordt de ALGO® aangeboden aan alle pasgeborenen tussen de 4 en 6 weken of in ieder geval vóór de leeftijd van 3 maanden. Alleen neonati die worden opgenomen op een 'Neonatale Intensive Care'-afdeling worden niet getest door K&G.

Sinds de introductie van de ALGO-gehoorscreening zijn er betrouwbare cijfers voor Vlaanderen over de frequentie van gehoorsafwijkingen. In [tabel 4](#) vindt u een overzicht van de bevestigde gehoorverliezen na een afwijkende ALGO® uitgevoerd door K&G, dit van 2000 tot nu. Voor 2003 gaat het wel om voorlopige cijfers. ([ref.34-37](#)) Het totaal aantal geteste kinderen varieert per jaar en situeert zich in de orde van 55.000 tot 59.000 kinderen. De incidentie, dit is het aantal kinderen met gehoorverlies per 1000 geteste kinderen, blijft redelijk consistent over de voorbije jaren heen en schommelt rond de 2 per 1000. De bilaterale gehoorverliezen hebben steeds het overwicht t.o.v. de unilaterale als men de totalen per jaar bekijkt.

tabel 4: Aantal doorverwijzingen van pasgeborenen via K&G, met een bevestigd gehoorverlies. Gehoorsverlies volgens het BIAP (Bureau International d'Audio-phonologie, pag.8 - ref 6).

*= voorlopige cijfers voor 2003

Gehoorsverlies volgens BIAP	2000		2001		2002		2003*	
	unilat.	bilat.	unilat.	bilat.	unilat.	bilat.	unilat.	bilat.
21 – 40 dB	11	5	15	8	9	8	11	8
41 – 70 dB	23	25	6	19	16	26	12	27
71 – 90 dB	5	7	8	11	8	9	7	15
+ 91 dB	4	16	16	19	6	20	11	18
TOTAAL	43	53	45	57	39	63	41	68
	96		102		102		109	
INCIDENTIE	gehoorsverlies per 1000 geteste kinderen							
	1.71		2.01		1.80		1.97	

3.7.2 CLB

Het programma preventieve gezondheidszorg op schoolleeftijd omvat ook een systematische afname van een gehooronderzoek via het CLB. Het Centrum voor Leerlingbegeleiding heeft

als één van de verplichte taken, volgens het decreet van 1 december 1998, het systematisch en vroegtijdig opsporen van stoornissen op het vlak van gezondheid, groei en ontwikkeling via het organiseren van algemene, bijzondere en gerichte consulten (art. 18). (ref.38) De inhoud van deze consulten wordt omschreven in het Besluit van de Vlaamse regering betreffende sommige opdrachten van de CLB, daterend van 17 mei 2000. (ref.39) Het systematisch opsporen van gehoorafwijkingen is daar een onderdeel van. Dit gebeurt via een toonaudiometrie die plaatsvindt tijdens de algemene consulten van het 2^{de} jaar kleuteronderwijs, het 5^{de} leerjaar lager onderwijs en het 3^{de} jaar secundair onderwijs.

Op de leeftijd van 4 jaar zal de screening deel uitmaken van de taal- en spraakontwikkeling, en op de leeftijd van 10 jaar wordt het gehooronderzoek gerelateerd aan een beoordeling van de cognitieve en socio-economische ontwikkeling. De gehoorscreening op de leeftijd van 14 jaar tenslotte, past binnen het beleid van beroepsoriëntering en gezondheids promotie (met preventie van lawaaigerelateerd gehoorverlies). (ref.30)

In het 1^{ste} jaar secundair onderwijs, dus op de leeftijd van 12 jaar, is ook een algemeen klinisch onderzoek voorzien en in sommige CLB's gebeurt hier ook vaak een gehoorscreening, zonder dat deze wettelijk verplicht is. Zo ook in het CLB waar het veldonderzoek, (zie hfdst.4) werd uitgevoerd.

Naar aanleiding van het geïmplementeerde neonatale gehoorscreeningsprogramma in het Vlaamse landschap met de automatische ALGO®, werd ook de screeningsprocedure in de schoolgeneeskunde opnieuw in vraag gesteld. Zouden de oto-acoustische emissies als screeningstest voor gehoorverlies voor deze leeftijdsgroep een zinvol alternatief zijn?

Een vergelijkend onderzoek tussen TEOAE- test (= transiënt geëvoceerde oto-acoustische emissies, Echoscreen®) en toondrempelaudiometrie in het kader van gehoorscreening bij kleuters in CLB's in Vlaanderen, zocht hier een antwoord op. (pag.14)

Het besluit luidde dat de Echo-Screen® momenteel niet kon beschouwd worden als een goed of beter alternatief voor de toondrempelaudiometrie bij vijfjarigen. Hiervoor leek de test te gevoelig, waardoor hij de groep kleuters die een vervolgonderzoek nodig hebben aanzienlijk vergrootte. Dit betekent niet dat de Echo-Screen® binnen het CLB geen plaats zou kunnen innemen, mits hij op een andere manier in het onderzoeksprotocol zou kunnen worden ingepast, of aangepast worden aan de leeftijdsgroep. Hiervoor is verder onderzoek aangewezen. (ref.19)

Tot op de dag van vandaag, wordt er in het CLB als gehooronderzoek nog steeds de tonale audiometrie uitgevoerd.

3.8 Conclusie

Hier eindigt mijn zoektocht doorheen de literatuur i.v.m gehoorscreening bij kinderen, meer bepaald het zoeken naar concrete richtlijnen voor afname en verwijzingen, indien het onderzoek afwijkend is. In verband met de afname van toonaudiometrie zijn de gevonden richtlijnen niet allemaal éénduidig en diegene die van toepassing zijn in de Vlaamse CLB's zijn niet recent. Omtrent verwijzingen na een gehoortest in het CLB, zijn geen algemene richtlijnen beschikbaar, wel werden een aantal buitenlandse criteria aangehaald.

Er is, binnen het CLB, wel degelijk nood aan richtlijnen voor verwijzing. Een interessant hulpmiddel hiertoe is een referentiedatabank, met leeftijdsspecifieke audiometrische meetgegevens van schoolgaande kinderen. Met behulp van dergelijke audiometrische referentieprofielen kan op een eenvoudige wijze zichtbaar gemaakt worden welke de impact is, in termen van proporties te verwijzen kinderen, van de keuze van specifieke verwijzingscriteria na een audiometrisch onderzoek. Dergelijke leeftijdsspecifieke profielen zijn op dit moment onbestaande.

Met het veldonderzoek zal getracht worden om, door middel van kwantitatief prospectief onderzoek in het CLB, een aanzet te geven tot de ontwikkeling van een audiometrische referentiedatabank voor Vlaamse schoolgaande kinderen.

4. VELDONDERZOEK

4.1 Doelstellingen

Het algemene doel van dit onderzoek is een aanzet geven tot de ontwikkeling van een referentiedatabank met audiometrische meetgegevens van Vlaamse schoolkinderen.

Aan de hand van deze databank worden:

- De leeftijdsspecifieke profielen beschreven van audiometrische meetgegevens volgens frequentie en intensiteit.
- De impact van geselecteerde criteria voor verwijzing onderzocht, in termen van proporties van te verwijzen kinderen, per klasniveau.

4.2 Materiaal en methode

4.2.1 Onderzoeksopzet

Aanvankelijk was het de bedoeling een **retrospectieve studie** uit te voeren aan de hand van CLB-dossiergegevens van het schooljaar 2002-2003. De **audiometriegegevens** van de onderzochte leerlingen zijn immers terug te vinden in de medische dossiers en tevens elektronisch beschikbaar in het zogenaamde '**MST**'-programma. Dit programma wordt gebruikt in alle CLB's van het vrije net, om medische gegevens (waaronder audiometriegegevens) te bewaren. Zo is een onderlinge uitwisseling van deze gegevens tussen verschillende centra mogelijk.

Gezien wij in het CLB via het MST-programma, over een grote databank van audiometriegegevens beschikken, leek het op het eerste zicht zinvol deze data te gebruiken voor verdere analyse. Om de haalbaarheid hiervan na te gaan werden de relevante dossiergegevens van een groep leerlingen van het CLB Wijnegem naar een *Microsoft Excel* bestand geëxporteerd. Steekproefsgewijs werden de papieren dossiers van enkele leerlingen met de computergegevens vergeleken. Hieruit bleek dat er verschillen bestonden tussen het 'papieren' en het 'computer'-dossier van één en dezelfde leerling. Het ging niet om verschillende waarden in audiogram, maar wel om een verschillende wijze van noteren in het papieren en het computerdossier. Gehoordrepmels beneden de 30 dB werden in de computer niet exact cijfermatig weergegeven, maar vielen onder de noemer 'niet afwijkend', terwijl de exacte waarde van de meting in het papieren dossier meestal wel schriftelijk werd aangeduid. Bij verdere navraag bleek dat er ook discrete, maar wel relevante verschillen in afname en wijze van noteren bestonden tussen de paramedische werkers onderling.

Dit fenomeen bevestigt wat werd aangetoond in het eindwerk van collega E. Vermeire. (ref.3) Uit haar onderzoek blijkt dat er zelfs binnen één centrum geen uniformiteit bestaat wat betreft de uitvoering van een audiometrisch onderzoek. Het centrum in Wijnegem is hierop, spijtig genoeg, geen uitzondering. Juist door deze 'non-uniformiteit' daalde de waarde van mijn *Excel*-databank enorm en kon dit dus niét dienen als basis voor verdere analyse.

Er werd daarom beslist om **zelf een onderzoek op te starten** in één of meerdere CLB's. De belangrijkste doelstelling van het hele opzet was een gelijkvormige uitvoering en registratie van het audiometrisch onderzoek te verzekeren, zodat er een databank met meetgegevens gecreëerd wordt voor verdere analyse. De start van het onderzoek was voorzien in januari 2004. Vanaf dan kon de registratie van alle gehooronderzoeken, uitgevoerd tijdens het algemeen klinisch onderzoek (AKO) van 2^{de} KO, 5^{de} LO, 1^{ste} en 3^{de} SO in de praktijk beginnen. Volgens het reeds genoemde 'Besluit van de Vlaamse regering van 17 mei 2000' (ref.39) is een gehooronderzoek in het 1^{ste} jaar secundair onderwijs niet verplicht, maar uiteraard wel toegelaten. Het CLB Wijnegem heeft gekozen om eveneens het gehoor te testen bij deze leerlingen, dit is reeds sedert meerdere jaren de standaardpraktijk.

Registratie was voorzien tot aan de paasvakantie (begin april 2004). Aanvankelijk was het de bedoeling om gelijktijdig ook in het CLB Leuven te registreren, om een zo groot mogelijke populatie van leerlingen te bekomen. (bijlage 2) Wegens een aantal praktische redenen is de registratie daar pas veel later van start kunnen gaan en konden deze gegevens niet verwerkt worden in dit eindwerk. De Leuvense gegevens zullen echter wel worden verwerkt in het kader van het ontwikkelen van de 'standaard gehoor'.

Het onderzoek is opgevat als een **prospectieve, kwantitatieve studie**. Vertrekkend van de bestaande richtlijnen voor audiometrisch onderzoek van kinderen, en zo nauw mogelijk aansluitend bij de bestaande screeningpraktijk in het betrokken CLB, werd ten behoeve van deze studie een procedure voor audiometrisch onderzoek afgesproken. De concrete afspraken worden verderop beschreven. (pag.31)

Er werd nagegaan of er voor deze studie **toelating van een ethische commissie** nodig was. Voor ons specifiek onderzoek bleek dit, na overleg met Prof. Pierre Van Damme van de UA, tevens coördinator voor de eindwerken binnen de opleiding Jeugdgezondheidszorg, niet nodig. De hoofdreden hiervoor was dat er aanvullend, bij de standaard audiometrie, geen bijkomende onderzoeken zouden worden verricht. Dit audiometrisch onderzoek is wettelijk verplicht, zoals bepaald in het Besluit van de Vlaamse regering. (ref.39) De ouders worden via een medische vragenlijst op de hoogte gebracht van het AKO. Deze vragenlijst moeten ze ondertekend aan het CLB terugbezorgen. Vermits er in deze studie geen bijkomende noch invasieve handelingen plaatsvonden, noch een herhaling van een bestaand onderzoek, was er voor de betrokken leerlingen geen verschil merkbaar in vergelijking met een

standaard AKO. Enkel voor de verpleegkundigen was er een verschil merkbaar. Het noteren van de audiometrie-resultaten op daarvoor speciaal ontworpen registratieformulieren. De bekomen audiometriewaarden werden discreet en anoniem behandeld en enkel de personen betrokken in dit onderzoek, met name de verpleegkundigen en de CLB-arts, hadden toegang tot de identificatiegegevens.

4.2.2 Afspraken rond audiometrie-afname

Voorwaarde voor het bekomen van een betrouwbare databank van meetgegevens is een **uniforme afname van de test en registratie van de meetgegevens**. Enkel dan is een vergelijking tussen verscheidene parameters van het onderzoek mogelijk en betrouwbaar. Dit werd sterk benadrukt bij de voorbereiding van de onderzoekers en bij het vastleggen van afspraken voor de audiometrie-afname.

De **richtlijnen** van audiometrische screening voor de kleuters, dit zijn dus de **4-jarigen** die op AKO komen, **verschillen in beperkte mate** van deze voor de leerlingen van het lager en secundair onderwijs. De gehoorsscreening bij een kleuter verloopt sowieso iets beknopter wegens een minder langdurend concentratievermogen. Om de tijdsduur van het onderzoek in te korten worden bijgevolg enkele te testen frequenties geschrapt en de basisintensiteit lichtjes verhoogd.

De **audiometrie** wordt uitgevoerd volgens het **'ascending of stijgend principe'** gezien dit in een CLB-setting qua tijdsduur de meest haalbare methode is en de afnemers reeds zo werken. De afspraken zijn de volgende:

1) Betreffende de **geluidsintensiteit** wordt er steeds **gestart op 15 dB**. Indien de toon niet gehoord wordt gaat men **per 5 dB stijgen**, tot de toon wordt waargenomen. Nadien niet terug dalen om na te gaan of de leerling de vorige toon alsnog kan waarnemen! Op het registratie-formulier dient het vakje, overeenkomstig met de meest zwakke toon die nog gehoord wordt, aangekruist. (bijlage 3)

Voor de kleuters volgt men dezelfde werkwijze, enkel vertrekkende van een geluidsintensiteit van 20 dB (i.p.v. 15 dB).

2) De volgorde van de af te nemen **frequenties** zijn: **1000, 2000, 4000, 6000 en 8000 Hz**. Om dan over te gaan naar de lage tonen: te beginnen bij **1000, dan 750, 500 Hz en 250 Hz**. Voor de kleuters worden de volgende frequenties NIET afgenomen: 6000, 750 en 250 Hz. Indien de concentratie van het kind het niet meer toelaat, mag 8000 Hz ook wegvallen.

De registratie voor de kleuters gebeurt op 'gekleurd' papier, zodat het verschil met de overige formulieren duidelijk is. (bijlage 4)

Een **aantal algemeen te hanteren principes** worden nogmaals benadrukt, zoals een goede plaatsing van de hoofdtelefoon op de oren. Deze beïnvloedt de afname positief en is echt belangrijk. De leerlingen die een bril dragen moeten deze tijdens de afname even afzetten. Ten slotte moet de testafnemer het tijdsinterval tussen de tonen laten variëren om te verhinderen dat de leerlingen na een tijdje uit ‘automatisme’ hun hand zouden opsteken, zónder de toon echt gehoord te hebben!

Om de **anonimiteit van de leerlinggegevens** te verzekeren werd er een systeem ontworpen van **coderingen**. Elke verpleegkundige kreeg een letter toegewezen A, B, C of D. Deze letter is terug te vinden op alle formulieren die door deze afnemer gebruikt worden. Aan alle kinderen werd een unieke code toegekend, bestaande uit de letter van de verpleegkundige, aangevuld met een leerlingnummer. De nummering verloopt in chronologische volgorde van de metingen, te beginnen van 1 tot 999 bv. A001 tot A999, B001 tot B999. Deze codes werden gebundeld in een lijst. Naast elk codenummer werd een etiket gekleefd met de identificatiegegevens van de leerling: naam, voornaam, geboortedatum, school en klas. Deze etiketten werden door het secretariaat van het CLB bezorgd. (bijlage 5)

Per onderzoeksmoment, werd bijkomend een **klassikaal formulier** ingevuld met enkele algemene gegevens van de screening, zoals de datum, omstandigheden en plaats van de afname met het type gebruikte audiometer. Op dit blad kunnen bijkomende opmerkingen worden genoteerd. (bijlage 6) Op alle registratieformulieren werd ook steeds ruimte voorzien voor bemerkingsen. Het omschrijven van de methode waarop de formulieren dienen te worden ingevuld, lijkt tamelijk complex. In de praktijk is het gebruik van de formulieren echter eenvoudig. Ter verduidelijking vindt u in bijlage alle gebruikte formulieren.

4.2.3 Locatie

Het CLB Wijnegem beschikt over twee medische kringlopen: één ter plaatse in Wijnegem en een tweede in Schoten. De twee locaties werden gebruikt om gehoortesten af te nemen.

- In **Wijnegem** gebeurt dit in het **biometrielokaal**, dat spijtig genoeg niet voorzien is van een geluidsvrije cabine. De audiometer die daar gebruikt wordt is een **Maico MA 39** met nummer 80 979. De laatste ijking dateert van 5 september 2003. (bijlage 7)
- De vestigingsplaats **Schoten** beschikt wel over een **geluidsvrije cabine** in het biometrie-lokaal. Enkel de leerling neemt plaats in de cabine. Er is een venster waardoor oogcontact mogelijk is tussen het kind en de afnemer. Uit ondervinding blijkt dat de meeste 4-jarigen het moeilijk hebben met het ‘alleen zijn’ in deze cabine. Daarom wordt tijdens de meting de deur halfopen / halfgesloten gelaten. Het audiometrietoeistel dat in Schoten gebruikt wordt is eveneens een **Maico**, model **MA 27** met nummer 3708. De laatste ijking dateert van dezelfde periode, meer bepaald van 1 september 2003. (bijlage 7)

tabel 4: Screeningsomstandigheden per onderzoekslocatie

* enkel voor kleuters: deur half open

	Wijnegem	Schoten
toestel	Maico MA 39	Maico MA 27
plaats	biometrielokaal	geluidsvrije cabine*
laatste ijking	sept. 2003	sept. 2003
achtergrondgeluid	ja	neen*

4.2.4 Achtergrondgeluid

Vermits achtergrondgeluid kan interfereren met het audiometrisch resultaat, was het belangrijk de intensiteit ervan te bepalen in de biometrieruimte te Wijnegem, vermits daar niet in een geluidsvrije cabine wordt gewerkt.

Het CLB te Wijnegem is rustig gelegen, d.w.z. niet in de onmiddellijke nabijheid van een drukke verkeersader. Uiteraard heeft men toch te maken met achtergrondlawaai op de plaats van afname. De biometrieruimte is hier vlak naast de **wachtzaal** gelegen, wat storend kan zijn wanneer er veel rumoer wordt gemaakt door leerlingen. De deuren tussen beide lokalen werden gesloten gehouden tijdens het onderzoek. **Computer en/of printer** zorgden ook voor potentieel achtergrondlawaai. In de biometrieruimte bevindt zich eveneens een reserve **koelkast** voor vaccinaties. De planning was dat deze na de kerstvakantie, dus vóór de aanvang van het onderzoek, zou verplaatst zijn naar een andere ruimte. Gezien er hiervoor een extra elektrisch circuit moest aangelegd worden, is deze koelkast pas tijdens de krokusvakantie verplaatst kunnen worden. De registratie gebeurde van januari tot begin april, dus er zal bij de interpretatie van de resultaten rekening moeten worden gehouden met de tijdelijke aanwezigheid van deze koelkast.

Tijdens de afname van een gehoortest zijn er **maximum 2 andere leerlingen** aanwezig in dezelfde ruimte, waarvan één meestal een persoonlijke vragenlijst schriftelijk aan het beantwoorden is. Dus normaal gezien wordt er niet gepraat tijdens de afname. Dit is wel mogelijk als het om onderzoeken bij kleuters gaat.

Via de website en e-mail van de firma **Lapperre** (ref.40), producent van gehoorapparaten en audiologisch materiaal, kon een medewerker worden gecontacteerd. Mevr. C. Andries is audioloog van opleiding en was zo vriendelijk om, vrijblijvend, informatie te verstrekken over audiometrie en een **achtergrondgeluidsmeting** in Wijnegem te komen uitvoeren. Dit gebeurde, zoals beschreven in de ANSI-normen, d.m.v. een geluidsniveaumeter met een octaafilterband. De meter bestaat uit 2 delen: namelijk een grote microfoon waarmee het

geluid wordt gedetecteerd en een daaraan verbonden scherm waarop het resultaat (aantal dB SPL) onmiddellijk kan worden afgelezen op de verschillende octaaffrequenties. Het apparaat is een 20-tal cm groot en tamelijk eenvoudig hanteerbaar.

Voor de vestiging te Schoten ligt de situatie iets anders. Er is eveneens een aanpalende wachtzaal met kleedkamers en een koelkast aanwezig in de biometrieruimte. Het gaat wel om een iets groter lokaal, waarbij de koelkast zo ver mogelijk verwijderd staat van het audiometrietoeestel (wat niet het geval was in Wijnegem). Het belangrijkste is dat de gehoortest daar in een geluidsvrije cabine wordt afgenomen, weliswaar voor een beperkt aantal kleuters met de cabinedeur niet volledig gesloten.

4.3 RESULTATEN

4.3.1 Algemeen

In het CLB Wijnegem is de registratie van start gegaan op dinsdag 6 januari 2004. Er werden gedurende het ganse 2^{de} trimester, **1058 individuele registratieformulieren** ingevuld. De resultaten in dit eindwerk hebben enkel betrekking op dit 2^{de} trimester. Nadien, in het 3^{de} trimester, is de registratie blijven doorlopen maar hierover zijn nog geen cijfers beschikbaar.

Er hebben **4 verpleegkundigen** meegewerkt aan de studie, dit zijn meteen ook alle paramedische werkers van Wijnegem. Alle verpleegkundige kregen een lettercode toegekend gaande van A tot D. Vermits de tewerkstellingstijd van deze personen in belangrijke mate onderling verschilt, is vanzelfsprekend het aantal onderzochte kinderen, alsook het aantal ingevulde formulieren, verschillend is. Alle kinderen die een AKO ondergingen (2^{de} KO, 5^{de} LO, 1^{ste} en 3^{de} SO) behoorden tot de studiepopulatie. Vermits de meeste 5^{de} leerjaren het eerste trimester reeds werden onderzocht, wisten we vooraf dat deze leeftijdsgroep ondervertegenwoordigd zou zijn. Hiermee zal verder rekening worden gehouden.

Vermits er geen Vlaamse richtlijnen voor verwijzing na audiometrisch onderzoek beschikbaar zijn, worden in enkele tabellen de Zweedse **criteria van Augustsson** (pag.24), bij wijze van voorbeeld, **toegepast op onze databank**. In ons onderzoek werd tweemaal de frequentie 1000 Hz afgenomen (1000¹ Hz en 1000² Hz). Dit werd herleid tot één cijfer voor 1000 Hz, namelijk het beste resultaat van de twee. Het is dit gegeven dat werd gebruikt in alle berekeningen aangaande verwijzingen. Alle resultaten worden afgekort tot op één cijfer na de komma. Onze databank bevat zeer vele gegevens, het is uiteraard niet mogelijk deze allemaal te beschrijven. De meest relevante resultaten werden in dit hoofdstuk neergeschreven.

4.2.3 Leeftijd en geslacht

Van de 1058 registratieformulieren werden **1038 leerlingen geselecteerd**. De 20 leerlingen van het buitengewoon lager onderwijs werden niet mee in rekening gebracht omdat deze subpopulatie duidelijk te klein is. Bovendien ging het binnen dit groepje van 20 leerlingen over 2 verschillende types van buitengewoon onderwijs. Er kan niet uitgesloten worden dat specifieke gezondheidsproblemen eigen aan deze groep, interfereren met het resultaat van het audiometrisch onderzoek. Redenen genoeg om geen relevante uitspraken te kunnen doen over deze subgroep. Anderzijds was het ook niet mogelijk deze groep uit te breiden vermits het CLB Wijnegem geen andere scholen met buitengewoon onderwijs onder haar bevoegdheid heeft.

In de totale studiepopulatie was er een **gelijkmatige verdeling van jongens en meisjes**, namelijk 53.6 % jongens en 46.4 % meisjes, variërend volgens klasniveau. Zoals verwacht is het 5^{de} leerjaar ondervetegenwoordigd met slechts 5.1 % van de populatie, de 2^{de} kleuters vertegenwoordigen 21.6 %, het 1^{ste} middelbaar 51.5 % en het 3^{de} middelbaar 21.9 %. Het ganse SO is de meest vertegenwoordigde groep in de totale populatie (73.4 %), m.a.w. 3/4 van onze studiepopulatie zijn middelbare jongeren. Een meer gedetailleerde verdeling naar geslacht en leeftijd is terug te vinden in de onderstaande tabel. (tab.5)

tabel 5: Overzicht van leerlingen volgens klasniveau en geslacht

GESLACHT		2^{de} KO	5^{de} LO	1^{ste} SO	3^{de} SO	TOTAAL
♂ N		117	28	318	93	556
	kolom%	52.2 %	52.8 %	59.6 %	41 %	53.6 %
♀ N		107	25	216	134	482
	kolom%	47.8 %	47.2 %	40.5 %	59 %	46.4 %
	kolom%	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
TOTAAL	N	224	53	534	227	1038
	rij%	21.6%	5.1 %	51.5 %	21.9 %	100 %

Er werden ongeveer evenveel gehoortesten afgenomen in Wijnegem als in Schoten. Het ging om meer dan 500 audiometrie-formulieren per locatie. Het opvallendste verschil ligt in de leeftijden van de onderzochte kinderen: 3/4 van de kleuters (75.4 %) werd in Wijnegem gescreend. Voor het SO is er een 60/40 verhouding voor Schoten / Wijnegem, met 61 % en 58.6 % in de geluidsvrije cabine (1^{ste} en 3^{de} SO). Een overzicht van het leeftijdsprofiel per locatie kan u aflezen in volgende tabel. (tab.6)

tabel 6: Leeftijdprofiel per locatie, *= cabinedeur halfopen

LOCATIE		2 ^{de} KO	5 ^{de} LO	1 ^{ste} SO	3 ^{de} SO	TOTAAL
Wijnegem	N	169	36	208	94	507
(biometrie)	kolom%	75.4 %	67.9 %	39 %	41.4 %	48.8 %
Schoten	N	55*	17	326	133	531
(cabine)	kolom%	24.6 %*	32.1 %	61 %	58.6 %	51.2 %
TOTAAL	N	224	53	534	227	1038
	kolom%	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

4.3.3 Achtergrondgeluid

- Ondanks de rustige ligging van het CLB te Wijnegem, heeft men in het biometrielokaal, waar de gehoortesten plaatsvinden, uiteraard te maken met achtergrondlawaai. Dit geluid is vooral afkomstig van enkele toestellen ter plaatse: een computer die altijd in werking is, een printer die eerder zelden opspringt, en een kleine koelkast die af en toe aanslaat. Op donderdag 12 februari 2004 gebeurde er een meting van het achtergrondlawaai. Op dat ogenblik vond er geen onderzoek plaats. Eventueel rumoer vanuit de wachtzaal kon niet mee in rekening worden gebracht.

A.d.h.v. een geluidsniveaumeter met octaaffilter werden metingen verricht op alle octaafrequenties tussen 250 en 8000 Hz. Dit toonde een **gemiddelde waarde van 41dB en 49 dB SPL** (zónder en mét aanslaan van de koelkast). De meest doorslaggevende frequentie van dit achtergrondgeluid situeerde zich uitgesproken in de lage tonen en zelfs zeer specifiek op **250 Hz**.

- In Schoten is om praktische redenen geen achtergrondgeluidsmeting kunnen gebeuren, maar dit is minder van belang vermits de audiometer zich daar in een geluidsvrije cabine bevindt. Anderzijds was het wel zinvol geweest om de situatie van de audiometrieafname met halfopen deur bij kleuters te documenteren.

4.3.4 Invloed van de koelkast

Zoals eerder beschreven was er in het biometrielokaal te Wijnegem tot en met de krokusvakantie (d.i. 20 februari 2004) een kleine koelkast aanwezig. Het geluid afkomstig van de koelkastmotor is, zoals reeds beschreven, een factor die we niet uit het oog mogen verliezen. Van de 507 kinderen die in Wijnegem onderzocht werden, werd er 56.2 % (N=285) onderzocht tijdens de periode dat de koelkast nog in het onderzoekslokaal aanwezig was en

43.8 % (N=222) in afwezigheid van de koelkast.

In de periode 'met koelkast' zijn bijna 70 % van de onderzochte populatie middelbare scholieren (47 % uit het 1^{ste} SO en 21 % uit het 3^{de} SO) en bijna 1/5 (19.3 %) zijn kleuters. De leeftijdsverdeling in de periode 'zonder koelkast' is ongeveer fifty-fifty: 51.4 % kleuters en 48.6 % SO (met 33.3 % 1^{ste} SO en 15.3 % 3^{de} SO).

De vraag is of de aanwezigheid van deze koelkast geleid heeft tot een significant verschil in de testresultaten? Volgens de analyse was het '**aanwezig' zijn van de koelkast significant** ($p < 0.0001$ - χ^2) in relatie tot de gehoordrempels van deze kinderen.

4.3.5 Invloed van de locatie

Er werden op de 2 locaties gelijkaardige toestellen van het merk Maico gebruikt. In Wijnegem bevindt zich het toestel in de biometrieruimte en in Schoten beschikken we over een geluidsvrije cabine. Enkel bij de kleuters in Schoten (55 kinderen en 5.3 % van de totale populatie) werd de cabinedeur, om de eerder vermelde reden, niet volledig gesloten. Daarom is een vergelijking van de kleuters mét en zonder cabine niet mogelijk. Voor het 5^{de} LO een vergelijking eveneens niet zinvol gezien de zeer kleine subpopulatie.

In de [tabel 7](#) ziet u een vergelijking tussen de locaties betreffende het SO. Dus audiometrisch onderzoek uitgevoerd mét cabine (in Schoten) of zonder geluidsdichte cabine (Wijnegem). Vermits er momenteel nog geen Vlaamse richtlijnen voor verwijzing na audiometrisch onderzoek beschikbaar zijn, werden de **Zweedse criteria van Augustsson** bij wijze van voorbeeld toegepast op onze databank.

Ter herhaling volgen hier de desbetreffende criteria:

4-jarigen:

- 25 dB of meer voor 2 frequenties van de 500, 1000 of 2000 Hz
- 40 dB of meer voor 1 frequentie van 500, 1000, 2000 of 4000 Hz
- 50 dB of meer bij 6000 Hz

7-jarigen:

- 25 dB of meer voor 2 frequenties van de 500, 1000 of 2000 Hz
- 40 dB of meer voor 1 frequentie van 500, 1000, 2000, 4000 of 6000 Hz

Hierbij wel de opmerking dat wij het laatste criterium voor kleuters niet konden toepassen. En wel om 2 redenen: er wordt vanaf 40 dB niet verder gespecificeerd hoeveel dB de intensiteit precies bedraagt en bij onze kleuters werd de frequentie 6000 Hz niet afgenomen, wel de octaaffrequenties 4000 en 8000 Hz.

Zoals verwacht, zijn er voor de groep van het secundair onderwijs minder verwijzingen mét cabine (7.2 %) dan zonder cabine (17.9%).

tabel 7: Vergelijking tussen locaties: verwijzingen mét en zónder geluidsvrije cabine voor het SO (volgens Augustsson-criteria) (ref.33)

SO per LOCATIE	VERWIJZING (Augustsson)		TOTAAL	
	nee	ja		
biometrie	N	248	54	302
	rij%	82.1 %	17.9 %	100 %
cabine	N	426	33	459
	rij%	92.8 %	7.2 %	100 %
TOTAAL	N	674	87	761
	rij%	88.6 %	11.4 %	100 %

4.3.6 Invloed van de afnemers

Er zijn vier mogelijke afnemers A, B, C en D. Enkel verpleegkundige D onderzocht kleuters in Schoten. Alle andere kleuters ondergingen hun audiometrisch onderzoek in Wijnegem, en werden getest door de afnemers A, B en C. Elk van de verpleegkundigen onderzocht een 50-tal kleuters, met een minimum van 53 en een maximum van 63. De verschillen tussen de verpleegkundigen betreft de aantallen van het SO, waren groter. Voor verpleegkundigen B, C en D vertegenwoordigt het SO, voornamelijk de 12-jarigen (1^{ste} SO), de grootste groep geteste leerlingen. (tab.7)

We hebben getracht na te gaan of de werking van de verschillende testafnemers gelijkaardig is en we bijgevolg hun werkwijze als gelijkaardig kunnen beschouwen. Omdat de testomstandigheden in Wijnegem en Schoten in belangrijke mate verschillend zijn, werd dergelijke analyse voor beide locaties afzonderlijk uitgevoerd. We trachten de testafnemers nogmaals te vergelijken a.d.h.v. verwijzingen (volgens criteria van Augustsson). (tab.8)

Voor de afnames in de biometrie heeft testafnemer A heeft het hoogste aantal verwijzingen, namelijk 26.8 % of 1/4 van haar onderzochte leerlingen. Verder zijn er afnemer C met 18.9 % en afnemer B met 14.1 % denkbeeldige verwijzingen.

De totale verwijzpercentages in de cabine zijn de volgende: afnemer D met 25.6 % en gelijkaardige percentages voor afnemer C en B: 6.5 % en 6.3 %. Een uitgebreidere verdeling per klasniveau is af te lezen in tabel 8.

tabel 7: Populatieverdeling per testafnemer, naar klasniveau

Verpleeg- kundige		2 ^{de} KO	5 ^{de} LO	1 ^{ste} SO	3 ^{de} SO	TOTAAL kolom%	
A	N rij%	53 24.1 %	0	73 33.2 %	94 42.7 %	220 100 %	21.2 %
B	N rij%	63 21.1 %	36 12.1 %	157 52.7 %	42 14.1 %	298 100 %	28.7 %
C	N rij%	53 13.1 %	17 4.2 %	245 60.3 %	91 22.4 %	406 100 %	39.1 %
D	N rij%	55 48.3 %	0	59 51.8 %	0	114 100 %	11 %
TOTAAL	N rij%	224 21.6 %	53 5.1 %	534 51.5 %	227 21.9 %	1038 100 %	

tabel 8: Vergelijking van testafnemers: per locatie (biometrie - cabine) en per klasniveau, a.d.h.v. verwijzingen (vlgs. Augustsson) (ref.28)

opm: alle percentages zijn rij% per klasniveau! *= cabine halfopen

Test-afnemer		VERWIJZING (volgens Augustsson)									
		2 ^{de} KO		5 ^{de} LO		1 ^{ste} SO		3 ^{de} SO		TOTAAL	
		nee	ja	nee	ja	nee	ja	nee	ja	nee	ja
A	bio	31 58.5%	22 41.5%			54 74%	19 26%	76 80.9%	18 19.1%	161 73.2%	59 26.8%
	cab										
B	bio	55 87.3%	8 12.7%	28 77.7%	8 22.2 %	118 87.4%	17 12.6 %			201 85.9%	33 14.1%
	cab					20 91%	2 9%	40 95.2%	2 4.8%	60 93.8%	4 6.3%
C	bio	43 81.1%	10 18.9%							43 81.1%	10 18.9%
	cab			16 94.1%	1 5.8%	232 94.7 %	13 5.3 %	82 90.1%	9 9.9%	330 93.5%	23 6.5%
D	bio										
	cab	33* 60%	22* 40%			52 88.1%	7 11.9 %			85 74.6%	29 25.4%

4.3.7 Audiometrie-resultaten

Hierna volgt een overzicht van de testresultaten per frequentie, weergegeven in enkele tabellen: eerst voor de kinderen met klasniveau 5^{de} LO, 1^{ste} SO en 3^{de} SO (omdat hier dezelfde procedure van afname werd toegepast) en nadien voor de 2^{de} kleuters (met meer beperkte afnameprocedure, zoals uitgebreid omschreven op pag. 31). (tab.9-12)

- Als men kijkt naar de leeftijdsgroep +10 jaar (= 5^{de} LO, 1^{ste} en 3^{de} SO) (tab.9,10) liggen de percentages kinderen die een toonintensiteit van 15 dB waarnemen voor de verschillende aangeboden frequenties voor het **linker en rechter oor in dezelfde lijn**. Enkel voor de frequentie 1000¹ Hz ligt het percentage voor het rechter oor een tental % lager dan voor het linker oor (83.9 % t.o.v. 94.3 %). Verder is er gelijke trend waar te nemen, waarbij de percentages voor **links toch systematisch iets hoger** liggen dan rechts.

De frequenties 750, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz (zowel rechts als links) hebben in ± 85 à 95 % van de gevallen een drempel van 15 dB. Voor beide kanten scoort 6000 Hz op 15 dB beduidend lager (± 75 %), evenals de scores voor de lage frequenties 500 Hz (± 70 % re en li) en 250 Hz (± 50 % re en li). Voor alle frequenties, behalve de 3 laatst genoemde (6000, 500 en 250 Hz) is er een bereik van meer dan 95 % onder de 30 dB (= categorieën 15, 20 en 25 dB) zowel voor rechts als voor links.

Het totaal aantal leerlingen met een testresultaat varieert volgens frequentie tussen 810 en 814 (totale steekproef van 814 kinderen van 5^{de} LO, 1^{ste} en 3^{de} SO). De reden hiervoor is dat niet alle registratieformulieren volledig waren ingevuld.

- Als men de resultaten van de 2^{de} kleuters bekijkt (tab.11,12) vindt men voor een geluidsintensiteit van 20 dB, aangeboden aan het rechter en het linkeroor, eveneens gelijkaardige cijfers. Het verschil tussen rechts 1000¹ Hz en links 1000¹ Hz (79.5 % en 83.2 %) is hier veel minder uitgesproken. De frequentie 6000 Hz werd niet afgenomen bij de kleuters. Men ziet, bij 20 dB, een beduidende lagere score opduiken voor 8000 Hz: 71 % (zowel re als li), en voor 500 Hz: rond 55 % (zowel re als li).

Meer dan 90% van de onderzochte kinderen neemt geluiden waar met een intensiteit lager dan 30 dB (rechts: 92 %, links: 91.8 %) en er is juist een bereik van 95% voor geluiden lager dan 35 dB (uitgezonderd 8000 en 500 Hz!).

Voor 20 kleuters waren de frequenties 1000² Hz en 500 Hz niet ingevuld, wat het aantal kinderen met een testresultaat voor deze frequenties reduceerde tot 195 (i.p.v. 215). De totale groep kleuters telt 224 kapoenen, hiervan waren er 9 audiogrammen volledig blanco wegens een onbetrouwbaar onderzoek, dit is 4 % van de kleuterformulieren.

**tabel 9: Frequentieverdeling volgens gehoordrempel RECHTS (laagste intensiteit),
 bij de groep +10 JAAR (5^{de} LO, 1^{ste} SO en 3^{de} SO)
 opm: 40+ = intensiteit 40 dB of meer**

frequentie in Hz	geluidsintensiteit in dB						TOTAAL = 100%
	15	20	25	30	35	40+	
re 1000 ¹	682 83.9 %	59 7.3 %	38 4.7 %	13 1.6 %	11 1.4 %	10 1.2 %	813
re 2000	759 93.4 %	25 3.1 %	15 1.9 %	2 0.2 %	4 0.5 %	8 1 %	813
re 4000	762 93.7 %	20 2.5 %	12 1.5 %	7 0.9 %	4 0.5 %	8 1 %	813
re 6000	631 77.6 %	73 9 %	54 6.6 %	19 2.3 %	14 1.7 %	22 2.7 %	813
re 8000	660 81.3 %	52 6.4 %	44 5.4 %	23 2.8 %	14 1.7 %	19 2.3 %	812
re 1000 ²	707 87 %	40 4.9 %	39 4.8 %	9 1.1 %	8 1 %	10 1.2 %	813
re 750	658 80.9 %	69 8.5 %	48 5.9 %	15 1.9 %	10 1.2 %	13 1.6 %	813
re 500	554 68.1 %	86 10.6 %	74 9.1 %	50 6.2 %	25 3.1 %	24 3 %	813
re 250	420 51.7 %	176 21.7 %	102 12.6 %	61 7.5 %	34 4.2 %	19 2.3 %	812

**tabel 10: Frequentieverdeling volgens gehoordrempel LINKS (laagste intensiteit),
 bij de groep +10 JAAR (5^{de} LO, 1^{ste} SO en 3^{de} SO)
 opm: 40+ = intensiteit 40 dB of meer**

frequenties Hz	geluidsintensiteit in dB						TOTAAL =100%
	15	20	25	30	35	40+	
li 1000¹	766 94.3 %	25 3.1 %	14 1.7 %	3 0.4 %	2 0.3 %	2 0.3 %	812
li 2000	790 97.4 %	8 1 %	7 0.9 %	4 0.5 %	0	2 0.3 %	811
li 4000	788 97.3 %	12 1.5 %	5 0.6 %	1 0.1 %	0	4 0.5 %	810
li 6000	609 75 %	68 8.4 %	69 8.5 %	27 3.3 %	18 2.2 %	21 2.6 %	812
li 8000	686 84.5 %	45 5.5 %	43 5.3 %	19 2.3 %	9 1.1 %	10 1.2 %	812
li 1000²	768 94.7 %	21 2.6 %	14 1.7 %	4 0.5 %	2 0.3 %	2 0.3 %	811
li 750	725 89.4 %	56 6.9 %	20 2.5 %	6 0.7 %	1 0.1 %	3 0.4 %	811
li 500	613 75.5 %	87 10.7 %	65 8 %	32 3.9 %	12 1.5 %	3 0.4 %	812
li 250	425 52.2 %	221 27.1 %	103 12.7 %	49 6 %	12 1.5 %	4 0.5 %	814

tabel 11: Frequentieverdeling volgens gehoordrempel RECHTS (laagste intensiteit), bij de 2^{de} KLEUTERS. opm: 40+ = intensiteit 40 dB of meer

frequentie in Hz	geluidsintensiteit in dB					TOTAAL = 100%
	20	25	30	35	40+	
re 1000¹	171 79.5 %	20 9.3 %	11 5.1 %	5 2.3 %	8 3.7 %	215
re 2000	199 92.6 %	8 3.7 %	4 1.9 %	3 1.4 %	1 0.5%	215
re 4000	188 87.4 %	13 6.1 %	6 2.8 %	3 1.4 %	5 2.3 %	215
re 8000	153 71.2 %	13 6.1 %	19 8.8 %	12 5.6 %	18 8.4 %	215
re 1000²	158 81 %	17 8.7 %	11 5.6 %	3 1.5 %	6 3.1 %	195
re 500	111 56.9 %	39 20 %	20 10.3 %	12 6.2 %	13 6.7 %	195

tabel 12: Frequentieverdeling volgens gehoordrempel LINKS (laagste intensiteit), bij de 2^{de} KLEUTERS. opm: 40+ = intensiteit 40 dB of meer

frequentie in Hz	geluidsintensiteit in dB					TOTAAL = 100%
	20	25	30	35	40+	
li 1000¹	178 83.2 %	12 5.6 %	8 3.7 %	8 3.7 %	8 3.7 %	214
li 2000	194 90.2 %	12 5.6 %	5 2.3 %	3 1.4 %	1 0.5 %	215
li 4000	196 91.2 %	6 2.8 %	3 1.4 %	5 2.3 %	5 2.3 %	215
li 8000	154 71.6 %	25 11.6 %	19 8.8 %	7 3.3 %	10 4.7 %	215
li 1000²	164 84.1 %	9 4.6 %	10 5.1 %	6 3.1 %	6 3.1 %	195
li 500	105 53.9 %	42 21.5 %	24 12.3 %	9 4.6 %	15 7.7 %	195

• Het audiometrisch onderzoek start met een toon van 1000 Hz en loopt dan op, om ná de hoge tonen terug 1000 Hz aan te bieden en af te dalen naar de lage tonen. Bij alle leerlingen wordt de frequentie 1000 Hz tweemaal aangeboden. Indien de leerling tweemaal hetzelfde antwoord geeft, heeft hij **tweemaal dezelfde gehoorsdrempel voor 1000 Hz**. De cijfers tonen aan dat voor het **rechter oor 92.1 %** tweemaal dezelfde intensiteit aangeeft, terwijl dit percentage voor **links** hoger ligt en **98 %** bedraagt. (tab.13)

a) Voor het **rechter oor** geeft **7.9 %** (N=80) een **verschillend** antwoord bij het tweemaal aanbieden van een toon van 1000 Hz. Meer dan de helft van de tijd is de intensiteit de 1^{ste} keer hoger (= een minder goede gehoorsdrempel) dan de 2^{de} keer, m.a.w. de 2^{de} maal een lagere intensiteit (= een betere gehoorsdrempel).

b) Voor het **linker oor** is er slechts in **2 %** (N=20) van de gevallen een **verschillend** resultaat bij 1000¹ en 1000² Hz.

Indien verschillende resultaten bij 1000¹ en 1000² Hz, is er een gelijke trend links en rechts, met de 1^{ste} maal een hogere intensiteit (= een minder goede gehoorsdrempel) dan de 2^{de} maal.

tabel 13: Vergelijking van geluidsintensiteiten bij 1000¹ en 1000² Hz, voor het rechter en linker oor.

1000 ¹ en 1000 ² Hz		intensiteit =	intensiteit ≠		
			TOTAAL	hoger	
				1000 ¹ Hz	1000 ² Hz
rechts	N	928	80	59	21
	rij%	92.1 %	7.9 %	73.8 %	26.3%
links	N	985	20	12	8
	rij%	98 %	2 %	60 %	40 %

met de volgende kappa statistieken:

- kappa rechts: 0.8345 met 95 % limieten tussen 0.8016 en 0.8673
- kappa links: 0.9479 met 95 % limieten tussen 0.9257 en 0.9701

Een **kappawaarde** (= maat die het toeval overschrijdt) van quasi 0 wil zeggen dat er géén verband kan aangetoond worden, en een waarde van 1 wijst op een zeer duidelijk verband tussen de parameters. Men kan hier dus stellen dat er zowel voor 1000¹ Hz en 1000² Hz rechts en links een duidelijk verband wordt aangetoond. Algemeen genomen is er een grote consistentie van gehoorsdrempel bij het herhaald aanbieden van een toon.

4.3.8 Onderverdeling binnen het SO

Voor het secundair onderwijs werd eveneens een onderverdeling gemaakt naar het niveau: ASO, TSO of BSO. Deze informatie was beschikbaar voor 743 jongeren. Iets meer dan 1/2 volgt **ASO (56.8 %)**, 1/3 volgt **TSO (35.3 %)** en minder dan 1/10 volgt **BSO (7.9 %)**. Het is duidelijk dat er een ongelijke verdeling bestaat tussen de niveaus SO.

De verhouding 1^{ste} SO / 3^{de} SO is 70/30. Per leeftijdsgroep was er een zeer gelijklopende verdeling per richting (1/2 ASO, 1/3 TSO en 1/10 BSO zoals hierboven aangegeven).

4.3.9 Verwijzingspercentages naargelang gebruikte criteria

Vermits er, zoals reeds vermeld, in Vlaanderen geen algemeen geldende verwijzingscriteria voorhanden zijn, leek het zinvol een steekproef te doen om na te gaan wat de percentages verwijzingen zouden zijn, afhankelijk van de gekozen criteria. In een eerste voorbeeld worden de criteria van Augustsson nogmaals toegepast op onze data. Uiteraard interpreteren met de nodige voorzichtigheid. (pag.37) In een tweede voorbeeld kiezen we zelf een aantal hypothetische verwijzingscriteria.

a) Criteria van Augustsson (Zweden)

Een eerste mogelijkheid is de richtlijnen hanteren zoals in de Augustsson studie. (ref.33) De Zweedse criteria toegepast op ons onderzoek geeft de volgende resultaten: zie onderstaande tabel. (tab.14)

tabel 14: Verwijzingscriteria van Augustsson toegepast ons veldonderzoek, een voorzichtige vergelijking van beide studies

% verwijzingen	veldonderzoek	Augustsson
4 - jarigen	27.7 %	8.0 %
7 - jarigen	?	5.9 %
1 ^{ste} SO	10.9 %	?
3 ^{de} SO	12.8 %	?

Het enige onderscheid in verwijzing tussen de 4- en 7-jarigen ligt in het criterium betreffende de frequentie 6000 Hz. Bij kleuters wordt er verwezen vanaf 50 dB op 6000 Hz, bij de 7-jarigen is het criterium iets strenger met een verwijzing vanaf 40 dB op 6000 Hz. Vermits wij in onze studie voor de hoge tonen enkel 8000 Hz afgenomen hebben, en niet 6000 Hz, kunnen we dit laatste criterium voor de kleuters niet handhaven.

Het verwijzingspercentage voor de 4-jarigen ligt in ons veldonderzoek ruim driemaal hoger (27 %) dan in het Zweedse onderzoek (8 %). Vergelijking met de 7-jarigen kan niet gebeuren, vermits die leeftijdsgroep niet in onze studie was opgenomen. Indien we dezelfde criteria hanteren voor het 1^{ste} en 3^{de} jaar SO zouden we respectievelijk 10.9 % en 12.8 % verwijzingen bekomen. (tab.14)

b) Hypothetische criteria

Indien we zelf criteria zouden opmaken zijn er uiteraard vele mogelijkheden. In de bijgeboegde tabel wordt de impact, van een aantal mogelijke combinaties van criteria, op de verwijzingspercentages getoond. (tab.15)

Indien men zou kiezen voor het verwijscriterium één willekeurige frequentie op 30 dB zouden bijna de helft (46 %) van de kleuters moeten worden verwezen. Anderzijds mogen we voor kleuters een verwijzingspercentage van 2.2 % verwachten bij 3 octaaffrequenties op minimum 40 dB. Dit is een voorbeeld van twee uitersten, een zeer zwak en streng verwijscriterium. Hier-tussen liggen vele mogelijke combinaties, best te beoordelen per leeftijdscategorie.

tabel 15: Verwijspercentages a.d.h.v. eigen hypothetische criteria

Gescreende frequenties per oor	Verwijs criterium		Percentage leerlingen die aan het verwijs criterium beantwoorden			
	dB	op aantal frequenties	2 ^{de} KO (N=224)	1 ^{ste} SO (N = 534)	3 ^{de} SO (N=227)	Totaal (N=1038*)
alle	≥ 30 dB	1	46 %	32,2 %	41,9 %	37,6 %
		2	20,5 %	13,5 %	18,5 %	16,5 %
		3	11,6 %	7,1 %	8,8 %	8,6 %
octaven	≥ 30 dB	1	46 %	26,8 %	35,2 %	33,3 %
		2	20,5 %	11,2 %	15 %	14,4 %
		3	11,6 %	4,3 %	4,9 %	5,8 %
alle	≥ 35 dB	1	29 %	16,7 %	24,7 %	21,4 %
		2	13 %	6,7 %	8,8 %	8,8 %
		3	7,1 %	3,6 %	3,9 %	4,3 %
octaven	≥ 35 dB	1	29 %	13,7 %	17,2 %	18,2 %
		2	13 %	4,7 %	7 %	7,1 %
		3	7,1 %	2,6 %	2,2 %	3,4 %
alle	≥ 40 dB	1	20,1 %	9,0 %	11,9 %	12 %
		2	7,6 %	3,8 %	3,5 %	4,4 %
		3	2,2 %	2,1 %	2,2 %	2 %
octaven	≥ 40 dB	1	20,1 %	6,6 %	7,9 %	9,8 %
		2	7,6 %	2,4 %	2,6 %	3,5 %
		3	2,2 %	1,5 %	1,3 %	1,5 %

LEGENDE:

- * = totale populatie met de 53 leerlingen 5^{de} LO inbegrepen
- KO: alle frequenties = 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz
octaven = idem
- SO: alle frequenties = 250, 500, 750, 1000, 2000, 4000, 6000 en 8000 Hz
octaven = 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz

5. BESPREKING

Even ter opfrissing... Het doel van dit eindwerk is om, door middel van kwantitatief prospectief onderzoek in het CLB, een aanzet te geven tot de ontwikkeling van een audiometrische referentiedatabank voor Vlaamse schoolgaande kinderen. Hiervoor werd eerst een grondige literatuurstudie uitgevoerd ivm. gehoorscreening bij kinderen, met specifieke aandacht voor de bestaande richtlijnen inzake testprocedure en criteria voor verwijzing na een afwijkende audiometrie.

In de bespreking wordt getracht de resultaten van de literatuurstudie en het veldonderzoek samen te brengen. Zoals verwacht worden er zowel overeenkomsten als verschillen waargenomen. Tekortkomingen van het veldonderzoek worden hier eveneens besproken. De volgende onderdelen worden in deze bespreking toegelicht: studiepopulatie, methode, achtergrondlawaai, materiaal, testafnemers, onderzoeksresultaten en verwijzingscriteria.

5.1 Studiepopulatie

Niettegenstaande de populatie van ons veldonderzoek méér dan 1000 kinderen bevat van 4 verschillende klasniveaus, moeten we bepaalde cijfers toch met enige voorzichtigheid interpreteren. Eerst en vooral is de **verdeling** binnen de verschillende **klasniveaus niet gelijk**. Het was echter niet het opzet van dit onderzoek om te zorgen voor een gelijkmatige leeftijdsverdeling. Het 5^{de} leerjaar was ondervetegenwoordigd. Dit was reeds op voorhand vermeld vermits de planning voor het 5^{de} leerjaar dit niet toeliet. Het **buitengewoon onderwijs** is ook niet in de huidige studiepopulatie vervat. Deze groepen zouden zeker moeten worden opgenomen bij verder onderzoek.

5.2 Gebruikte methode

Kort overlopen we hoe groot de invloed is van onbetrouwbare resultaten, en wat de invloed is van de gekozen methode op de afnameduur van het onderzoek en de drempelwaarden.

5.2.1 Invloed op onbetrouwbare resultaten

Enkel in de groep van de 4-jarigen (=2^{de} kleuters) beoordelen de afnemers een aantal resultaten als **onbetrouwbaar**. Het betreft hier **4 %** van de afnames **bij de kleuters** (N=9). Het is niet meteen duidelijk om de reden hiervan te achterhalen. Begrijpt het kind de test en hoort hij de tonen echt niet? Gaat het hier om een verstandelijk zwakkere kleuter en heeft hij de opdracht niet begrepen? In de literatuur wordt voor kleuters aanbevolen een toonaudiometrie uit te voeren onder de vorm van een **spelaudiometrie**. (ref.2,11) Door middel van een kleine spelactiviteit, zoals een ring rond een staaf leggen of een blokje in een doosje steken

(i.p.v. het handje op te steken) bij het horen van de toon, worden kinderen gestimuleerd om aan het audiometrisch onderzoek deel te nemen. De spelaudiometrie maakt de opdracht **aantrekkelijker** voor de kleuters. Anderzijds kan het spelopdrachtje moeilijk zijn of zorgen voor **tevéél afleiding**. De afnameduur wordt in dat geval verlengd, hetgeen op zijn beurt tot een onbetrouwbaar resultaat kan leiden. Wij hebben in ons onderzoek een zuivere toonaudiometrie zónder spelactiviteit uitgevoerd om de eenvoudige reden dat de afnemers reeds werkten volgens dit principe, en verder geen ervaring hadden met spelaudiometrie. Het is wel de moeite waard om het invoeren van deze methode in de toekomst te overwegen.

Een screeningsaudiogram vraagt een kortere tijdspanne van concentratie van de kleuter. Waardoor het aantal onbetrouwbare resultaten bijna zeker gereduceerd wordt en zou daarom voor kleuters ook een alternatief kunnen zijn. (ref.1)

Zoals uitgebreid beschreven in het deel literatuur, onderscheidt men verschillende vormen van toonaudiometrie. In ons veldonderzoek ging het om een drempelaudiometrie volgens de 'ascending-methode'. Een belangrijke reden hiervoor was dat het de huidige manier van werken benaderde. Zo werd de extra taakbelasting voor de afnemers beperkt, vermits het onderzoek kaderde binnen de dagelijkse werking van de AKO's! Dit leek voor ons CLB qua tijdsduur de meest haalbare oplossing. De Nederlandse standaard geeft echter het advies om bij kleuters voor de 'ascending-descending' of de 'descending-methode' te kiezen voor een drempelaudiogram, ofwel een screeningsaudiogram uit te voeren. (ref.1)

5.2.2 Invloed op de afnameduur

Een afname van een **drempelaudiogram** (volgens de 'ascending-descending methode'), uitgevoerd tijdens het preventief consult in Nederland, duurt gemiddeld **7 tot 10 minuten** per kind. Dit is een enorme tijdsinvestering. Een **screeningsaudiogram** bij kleuters duurt er gemiddeld **1 tot 3 minuten** en bij oudere kinderen **0.5 tot 2.5 minuten**. (ref.1)

Men moet zich ervan gewissens dat het gehooronderzoek in het CLB deel uitmaakt van verschillende andere onderzoeken tijdens het AKO. De tijdsduur is de voornaamste factor waarom wij in onze onderzoeksopzet hebben gekozen voor de 'ascending-methode'. Het leek weinig zinvol te kiezen voor een methode, waarvan je op voorhand kan inschatten dat dit moeilijk haalbaar is qua tijdsinvestering.

Bij kwalitatief observationeel onderzoek **in het CLB** duurt een **audiometrie-afname maximaal 7'40"**. (ref.3) De afname gebeurde volgens verschillende methodes. Er wordt een indeling gemaakt in verschillende groepen:

- een kind dat de test goed begrijpt en kan (N=42): gemiddeld 1'38"
- een kind dat de test niet snapt of snel afgeleid is (N=3): gemiddeld 4'31"
- een kind met gehoorverlies, maar begrijpt de test goed (N=12): gemiddeld 4'32" met een spreiding van 1'42" tot 7'41"

- een kind dat een gehoordaling heeft én bovendien vlug is afgeleid (N=6): gemiddeld 5'15"

Wel vermelden dat de leeftijd van de geobserveerde kinderen in dit onderzoek zeer verschillend was. Het betrof 2^{de} kleuters, leerlingen van het 5^{de} leerjaar en leerlingen van type 8 van het buitengewoon onderwijs (geboren in 1992). Er is uitgebreider observationeel onderzoek aan de gang om specifiek de tijdsduur per leeftijd te beoordelen.

5.2.3 Invloed op de drempelwaarden

Als men de resultaten van ons onderzoek bekijkt, moet men de gebruikte methode in acht nemen. 'Ascending of stijgende' methode wil zeggen starten met een zeer zachte toon, die steeds luider wordt aangeboden totdat hij gehoord wordt. Het nadeel volgens de literatuur is dat de testpersoon misschien iets later reageert in vergelijking met de 'descending-methode' (waarbij van een luide toon wordt afgedaald naar een zachte toon totdat die die niet meer wordt gehoord). Men kan dus vermoeden dat de **gehoordrempel (bij de 'ascending-methode')** hierdoor **lichtjes nadelig** wordt **beïnvloed**. Het is van belang om rekening te houden met de gebruikte methode bij het opstellen van verwijscriteria. Anderzijds leidt een descending-methode veel sneller tot antwoordpatronen, zeker bij kleuters, en is het van groot belang de intervalstimulus niet constant te houden en het kind goed te observeren.

De audioloog Mevr. Andries gaf de bemerking dat de **gebruikte audiometers** van ons CLB eigenlijk **screeningsaudiometers** zijn en dus beperkt in een aantal functies. Het belangrijkste gemis is de maskeringsfunctie, die van belang is voor een exacte drempelbepaling, wel voornamelijk bij botgeleiding. In het CLB wordt geen botgeleiding gemeten, enkel luchtgeleiding. De CLB-screeningsaudiometers worden ook gebruikt voor screening in die zin dat we er grote populaties leerlingen mee onderzoeken, en dus screenen. Geen screening in de strikte betekenis dat een screeningsaudiogram wordt afgenomen (met 'pass of fail' als resultaat, zie pag.16).

In ons onderzoek start men met een basisintensiteit van 15 dB, of 20 dB voor kleuters. Indien de leerling aangeeft dat hij dit hoort, wordt overgegaan naar een volgende frequentie terug aangeboden op de basisintensiteit. Zo worden per oor bepaalde frequenties overlopen. Dit is het principe van een screeningsaudiogram. Maar indien de toon niet gehoord wordt, gaat men de intensiteit per stappen van 5 dB vergroten tot de drempel gevonden wordt. In zekere zin zou men deze methode als combinatie van een screenings- en drempelaudiogram kunnen aanzien, waarbij het aspect drempelbepaling wel de bovenhand heeft. Anderzijds is gezien het tijdsbestek en materiaal een meer nauwkeurige drempelbepaling moeilijk haalbaar, en ook niet het doel van de gehoorscreening in het CLB.

5.3 Achtergrondlawaai

- In de vestiging te Wijnegem was er, zoals uitgebreid beschreven in de onderzoeksopzet (pag. 33,36), tot aan de krokusvakantie een **koelkast** aanwezig in de biometrieruimte. Dit is uiteraard een storende factor omdat deze, samen met andere elementen zoals de computer, een aandeel heeft in het achtergrondgeluid.

Uiteindelijk is het van belang te weten of de resultaten van de kinderen verschillen volgens het ál dan niet aanwezig zijn van de koelkast in de onderzoeksruimte. Uit de cijfers blijkt dat er proportioneel minder kleuters aan het achtergrondlawaai van de koelkast werden blootgesteld in vergelijking met de totale doelgroep. Statistische analyse, per klasniveau, toont aan dat het '**aanwezig**' zijn van de koelkast, in tegenstelling tot wat men zou verwachten, **statistisch significant** is ($p < 0.0001$ met χ^2) wat betreft de gehoordrempels van de onderzochte kinderen.

Maar...een statistisch verband wijst daarom nog niet op een 'oorzakelijke of causale' relatie. Mijns inziens toont het aan dat er **andere storende variabelen** zijn, die een meer permanente storing veroorzaken, en het effect van de koelkast volledig maskeren. Merk op dat deze koelkast slechts af en toe aanslaat, en vooral op dat moment de gehoormeting nadelig beïnvloedt. Gelukkig was dit niet systematisch het geval voor de hele groep onderzochte kinderen. Het is echter onmogelijk te achterhalen bij welke leerlingen de koelkast opsprong tijdens de afname, vermits dit niet genoteerd werd. De koelkast is gelukkig vanaf de krokusvakantie definitief verdwenen.

- Als men de cijfers van het achtergrondlawaai bekijkt, gaat het om een verschil van 8 dB (gemiddelde waarde van 41 dB zónder t.o.v. 49 dB mét aanslaan van de koelkast). Het overgrote deel van dit achtergrondlawaai is dus afkomstig van andere factoren, die gelijktijdig optraden en weldegelijk aanwezig waren voor alle gehoortesten afgenomen in Wijnegem. Het gaat hier hoofdzakelijk om het geluid veroorzaakt door de **ventilatie van de computer**. Er zijn geen metingen van achtergrondgeluid gebeurt zonder computer, omdat dit computergeluid bij alle audiometrie-afnames aanwezig was. Men moet wel weten dat de achtergrondgeluidsmeting nog een lichte onderschatting is, gezien er gemeten werd zonder het rumoer van leerlingen in de aangrenzende wachtzaal. Er werd steeds op gelet dat de twee deuren tussen beide lokalen tijdens de onderzoeken gesloten bleven. Uit de literatuur blijkt dat achtergrondlawaai vooral de lage frequenties hindert, in het bijzonder 250 Hz. (ref.23) Wij constateerden dezelfde bevindingen in onze studie.

- De **richtlijnen van de ASHA** voor achtergrondlawaai worden beschreven in de ANSI S3.21 en geven maxima aan van 41.5 dB SPL at 500 Hz, 49.5 dB SPL at 1000 Hz, 54.5 dB SPL at 2000 Hz, 62 dB SPL at 4000 Hz. (ref.16) Ons onderzoek voldeed grotendeels aan deze nor-

men, behalve voor de lage frequentie 500 Hz werd de norm niet bereikt. Voor 250 Hz werd geen norm teruggevonden, maar vermits dit de frequentie was die het meeste gestoord werd bij de achtergrondgeluidsmeting, kunnen we vermoeden dat we hiervoor de norm ook niet haalden.

Het is ook zo dat achtergrondgeluid op de lage frequenties méér nadelige invloed veroorzaakt op de desbetreffende gehoordrempels dan op de hoge frequenties. M.a.w. de gehoordrempels van de hogere frequenties worden dus veel minder negatief beïnvloedt door achtergrondlawaai. (ref.41)

De Nederlandse standaard spreekt over maximum 30 dB achtergrondgeluid in een praktische setting. Waarom de grens op 30 dB ligt wordt niet echt verduidelijkt, dit is blijkbaar gebaseerd op een artikel van Van Laar F. uit 1972, wat ik niet teruggevonden heb. (ref.1)

Om het effect van alle **variabelen** (zoals achtergrondgeluid mét en zónder koelkast, verschillende afnemers, verschillende locaties) te kunnen neutraliseren, en aldus homogene subgroepen te kunnen vormen, is volgens mij de huidige studiepopulatie te klein. Bij verder onderzoek is het van belang deze storende elementen op voorhand goed te omschrijven en in rekening te brengen. Dit was zeker een tekortkoming in ons onderzoek.

5.4 Materiaal

Het is vanzelfsprekend dat een audiometrie-afname in een **geluidsarme cabine** de voorkeur geniet, vermits in die omstandigheden de omgevingsfactoren worden uitgeschakeld. Wegens de hoge kostprijs van een cabine (min. 2500 euro) (ref.40), is dit niet altijd een optie voor elke onderzoeksruimte in een CLB-omgeving. Een grappig citaat uit de richtlijnen van het MST Brugge is het volgende: “ De kosten voor de gehoorscreening moeten financieel verantwoord zijn en dus zo weinig mogelijk verhoging van de werkingskosten meebrengen. Vandaar dat geen kostelijke apparatuur kan aangeschaft worden.” De vestiging Schoten beschikt gelukkig over een geluidscabine met een Maico-audiometer.

Een andere optie is het aanschaffen van een gekalibreerde **audiometer** voorzien van een **goed aansluitende hoofdtelefoon** vb. met Peltor-cups. (fig.9,10) Vermits onze hoofdtelefoon in de locatie Wijnegem reeds vele jaren gebruikt wordt, werd aanbevolen beter aansluitende oorkussens te laten plaatsen, voor een optimale demping van omgevingsgeluid. De huidige oorkussens werden wel in september vervangen (bijlage 7), maar de ‘cups’ van de hoofdtelefoon zijn inderdaad niet echt aansluitend aan de schedel. Tijdens het onderzoek de hoofdtelefoon vervangen was niet zinvol, omdat dit dan nog een extra storende variabele opleverde die de resultaten zou beïnvloeden. Er is een hoofdtelefoon met Peltor-cups besteld voor volgend schooljaar.

Een **audiometer** moet **minimaal één maal per jaar** worden **gekalibreerd** volgens de ISO-normen (ISO 389). Dat is voor de beide audiometers, gebruikt in ons onderzoek, gebeurd in september 2003. (bijlage 7)

Als men de locaties onderling vergelijkt zijn er, zoals verwacht minder verwijzingen mét cabine (7.2 %) dan zónder cabine (17.9%) voor het secundair onderwijs. (tab.7) Deze cijfers bevestigen een meerwaarde van de geluidsvrije cabine voor het uitvoeren van een audiometrisch onderzoek.

5.5 Verschillen in testafnemers

De resultaten van de afnemers werden onderling vergeleken a.d.h.v. de Augustsson-criteria. (tab.8) Er springen een aantal verwijsscores in het oog.

- Ten eerste heeft **testafnemer A** binnen haar populatie 1/4 verwijzingen, waarvan meer dan de helft kleuters. Alle onderzoeken van afnemer A gebeurden in het biometrielokaal en zij heeft niet de kans gehad om in een cabine te werken.
- Ook **testafnemer D** heeft 1/4 verwijzingen waarbij wel alle onderzoeken in cabine plaatsvonden, de kleuters echter werden met de cabinedeur halfopen getest. Indien men deze kleuters niet in rekening brengt, is er een duidelijke verbetering van het verwijsspercentage van testafnemer D (11.9 % voor het 1^{ste} SO met N=7)! Deze afnemer heeft verder geen andere leeftijdsgroepen onderzocht. Algemeen was de subpopulatie van verpleegkundige D té klein en té beperkt om vergelijkbare cijfers te hebben.
- **Testafnemers B en C** hebben zowel in het biometrielokaal als in de geluidsvrije cabine gehoortesten afgenomen. De verwijsscores van deze verpleegkundige zijn beduidend beter (t.o.v. afnemer A en D) en onderling zeer gelijkaardig. Respectievelijk 14.1 % (N=33) en 18.9 % (N=10) voor afnames in het biometrielokaal en 6.3 % (N=4) en 6.5 % (N=23) in cabine. Dit kan een aanwijzing zijn dat deze 2 afnemers zeer gelijkaardig hebben gewerkt, gezien de omgevingsfactoren voor beiden dezelfde waren.

5.6 Bespreking audiometrie-resultaten

- Als men de audiometrieresultaten bekijkt in de **groep +10 jaar** (5^{de} LO, 1^{ste} en 3^{de} SO) liggen de percentages kinderen die een toonintensiteit van 15 dB waarnemen voor de verschillende aangeboden frequenties voor het linker en rechter oor in dezelfde lijn (tab.9,10).

Enkel voor de frequentie 1000¹ Hz ligt het percentage rechts een tiental % lager dan links (83.9 % re t.o.v. 94.3 % li). Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat 1000¹ Hz rechts de allereerste toon is (op een testtoon na) die wordt aangeboden. De kinderen weten nog niet echt naar welk soort geluid ze moeten luisteren. Men kan hier spreken van een 'leereffect', waardoor de volgende gehoordrempels beter zijn. Of misschien waren de aantallen per subgroep niet groot genoeg en is dit slechts een vertekend beeld? De eerste verklaring lijkt mij wel meer waarschijnlijk.

Verder is er gelijke trend tussen rechts en links waar te nemen, waarbij de scores links toch systematisch iets hoger liggen dan rechts. Een verklaring voor de lagere drempels op 500 Hz

en 250 Hz kan o.a. de interferentie zijn van het achtergrondlawaai op deze frequenties. Zo wordt, volgens de literatuur, een lagere drempel voor de lage frequenties nog meer geaccentueerd. (ref.41)

- Reeds voor de start van dit onderzoek, hadden de verpleegkundigen uit ervaring opgemerkt dat er systematisch **slechter gescoord** werd (= hogere gehoorsdrempels) bij **6000 Hz**. Als we onze onderzoeksresultaten evalueren wordt dit, zoals eveneens in de literatuur aangegeven (ref.4,16,26), ook in ons onderzoek aangetoond. Voor rechts en links hebben slechts 77.6 % en 75 % een drempel van 15 dB. In de literatuur wordt hiervoor 2 redenen beschreven. De referentie voor het audiometrisch nulpunt bij 6000 Hz van de ASHA is niet correct (ref.4) en er is een 'questionable earphone stability' gebleken bij deze frequentie. (ref.25) Deze Engelse term werd in enkele artikels gebruikt, maar zonder grondige toelichting over de concrete betekenis. Persoonlijk interpreteer ik dit als volgt, 'een twijfelachtige stabiliteit van de hoofdtelefoon op 6000 Hz, waardoor de drempel op 6000 Hz eerder negatief wordt beïnvloed en dus minder betrouwbaar is'. De bevindingen van het onderzoek, de literatuur en de ervaring van de testafnemers zijn hierover gelijklopend.

- Als men de resultaten van **de groep kleuters** onder de loep neemt vindt men voor een geluidsintensiteit van 20 dB, aangeboden aan het rechter en het linker oor, **gelijkaardige cijfers**. Er is zowel voor rechts 1000¹ Hz en links 1000¹ Hz (79.5 % en 83.2 %) een lagere score in vergelijking met 2000 Hz en 4000 Hz. Een mogelijke verklaring kan zijn dat kleuters een 'leereffect' hebben voor beide oren. Dus bij de overgang van het rechter naar het linker oor duurt het iets langer voor het kind terug reageert op de aangeboden toon.

Men ziet ook voor 2 bepaalde frequenties een beduidende lagere totale score opduiken bij een drempel van 20 dB: 71 % voor 8000 Hz (zowel re als li) en ongeveer 50 % voor 500 Hz (ook re en li). Er is dus een zekere analogie waar te nemen tussen de 6000 Hz en 250 Hz bij de +10-jarigen en de frequenties 8000 Hz en 500 Hz bij de kleuters. De frequentie 6000 Hz bij kleuters kan niet worden beoordeeld vermits deze niet werd afgenomen.

- Bij **vergelijking** in intensiteit tussen de **1000¹ Hz en 1000² Hz** per oor vinden we een grote consistentie bij het herhaald aanbieden van dezelfde toon. De kappawaarde toont aan dat er weldegelijk een verband is tussen de drempels bij 1000¹ en 1000² Hz. (tab.13) Links is het verband het meest uitgesproken. 98 % van de kinderen hadden links tweemaal dezelfde drempel bij 1000 Hz, rechts scoorde maar 92.1 % tweemaal hetzelfde bij 1000 Hz. De rechter drempels worden eerst afgenomen. Misschien kan men ook hier spreken van een 'leereffect', waardoor links beter scoort dan rechts.

5.7 Bespreking verwijzingen

5.7.1 Volgens Criteria van Augustsson

De Augustsson-verwijscriteria werden (zoals reeds uitgebreid beschreven) toegepast op onze onderzoeksgegevens. (ref.33) Er werd 'grofweg' een **vergelijking** gemaakt tussen onze studie en die van Augustsson, wel voor ogen houdend dat echt vergelijken moeilijk is en een **vertekend beeld** geeft, omwille van enkele essentiële verschillen in beide onderzoeken. Ten eerste werd voor onze kleuters de frequentie 6000 Hz niet bepaald, wel 8000 Hz en aldus kon het 3^{de} criterium voor kleuters niet in rekening worden gebracht. Om deze reden is ons percentage verwijzingen nog een lichte onderschatting. Ten tweede werd de intensiteit boven de 40 dB in ons onderzoek niet verder gespecificeerd, terwijl dit wel gebeurde in de Zweedse studie. Uit het artikel was niet op te maken welke methode werd gebruikt voor de audiometrieafname ('ascending-, descending- of ascending-descending-methode'). Bovendien waren de afnemers daar ervaren audiologen.

Deze 'moeilijke' vergelijking, die we toch willen maken bij gebrek aan betere alternatieven, geeft de volgende cijfers voor verwijzing voor kleuters: 27.7 % voor ons onderzoek t.o.v. 8 % voor de Zweedse studie. We trachten ons verwijspercentage kleuters van naderhand te bekijken. Uit een fijnere analyse van onze onderzoeksgegevens blijkt dat 17.8 % van de kinderen aan het eerste Augustsson-criterium beantwoorden dat luidt: "25 dB of meer op 2 van de 3 frequenties 500, 1000 en 2000 Hz". Dit wil dus zeggen dat ongeveer 10 % van de kleuters zouden verwezen worden voor het 2^{de} Augustsson-criterium zijnde: "40 dB of meer op één van de frequenties 500, 1000, 2000 of 4000 Hz".

Een verwijspercentage van 27.7 % is, zelfs voor kleuters, niet realistisch om mee te werken. Dit benadrukt nogmaals dat er nood is aan leeftijdsspecifieke referentieprofielen binnen het CLB, met bruikbare verwijscriteria.

5.7.2 Volgens hypothetische criteria

Indien we de verwijspercentages a.d.h.v. hypothetische criteria bestuderen, zijn er uiteraard verschillende mogelijkheden. (tab.15) Het is vanzelfsprekend dat de verwijspercentages zeer hoog zijn, indien men de lat voor verwijzing laag legt bv. verwijzen bij 'één willekeurige frequentie op 30 dB'. Hierdoor zouden bijna de helft van de kleuters (46 %) moeten worden verwezen. Er is een duidelijk onderscheid te maken in de verwijspercentages voor kleuters t.o.v. het secundair onderwijs.

Voor het SO lijkt een criterium zoals '3 octaaffrequenties met een drempel van 30 dB of meer' een meer haalbare kaart. Dit geeft respectievelijk 4.3 % en 4.9 % verwijzingen voor het 1^{ste} en 3^{de} SO. Als men vergelijkt met '3 willekeurige frequenties op 30 dB' ligt het aantal verwijzingen meer dan de helft hoger (7.1 % en 8.8 %).

Voor kleuters lijkt een criterium als 'drempel van 35 dB of meer op 3 frequenties' of 'gehoordrempel van 40 dB op minimaal 2 frequenties' ook haalbaar. Uiteraard zijn zeer vele combinaties mogelijk. De boodschap is om de verwijscriteria zo te kiezen dat men alle (ten minste matige en ernstige) gehoorafwijkingen zal detecteren (echt positieven), zo weinig mogelijk aanleiding geeft tot oververwijzing (= vals-positieven). Nog even balanceren dus!!

5.8 Besluit

Zoals reeds aangehaald vertoont dit onderzoek een aantal tekortkomingen die de resultaten mogelijk hebben beïnvloed. Eerst en vooral waren bepaalde leeftijdsgroepen, vooral het 5^{de} LO, ondervertegenwoordigd om conclusies te kunnen trekken uit de resultaten. De leerlingen van het buitengewoon onderwijs kwamen helemaal niet aan de beurt.

Een andere tekortkoming die zwaar doorweegt is de volgende: het vergelijken van resultaten die beïnvloed werden door verschillende storende variabelen: zoals de aanwezigheid van de koelkast, verschillende testafnemers met ongelijke verdeling in subpopulaties en locaties, verschillende onderzoeksomstandigheden naargelang de locatie. Deze storende parameters moet men steeds in het achterhoofd houden bij de interpretatie van de resultaten!

In dit eindwerk kwamen ook niet alle aspecten van gehoorscreening aan bod. Uiteraard zijn de anamnese en de otoscopische evaluatie zaken, die niet over het hoofd mogen worden gezien bij verder onderzoek in het kader van het ontwikkelen van een 'standaard gehoor'.

Ondanks de tekortkomingen van mijn onderzoek, hoop ik met dit eindwerk een aanzet te hebben gegeven voor het creëren van een databank met leeftijdspecifieke audiometrische referentieprofielen op het CLB-werkterrein, wat de betrachte doelstelling was. Dit om op een eenvoudige wijze zichtbaar te maken welke de impact is, in termen van proporties te verwijzen kinderen, van de keuze van specifieke criteria voor verwijzing bij audiometrie.

Een klein deeltje in de grote puzzel die het ontwikkelen van een 'standaard gehoor' is!

6. AANBEVELINGEN VOOR DE PRAKTIJK

Hieronder volgen een aantal tips en suggesties i.v.m. afname van een audiometriegram in de praktijk, voor al wie het aanbelangt, ... zoals personen die de gehoorscreening afnemen, interpreteren en doceren.

Enkele aandachtspunten bij een audiometrie-onderzoek:

- Jaarlijkse calibratie van de audiometers.
- Zoals het spreekwoord zegt: "Goed begonnen is half gewonnen!" Dus de kleuterjuffen voldoende informeren over het belang van een goede voorbereiding van de kleuters voor de gehoortest.
- Goede plaatsing van de hoofdtelefoon: steeds bril afzetten, grote oorsieraden verwijderen, rechts-links positie niet verwisselen.
- Tonen NIET met regelmaat aanbieden! De kleuters observeren tijdens de afname om eventuele antwoordpatronen bij kinderen op te sporen.
- Lage frequenties (zoals 500 Hz en 250 Hz) op het einde afnemen, gezien mogelijke moeheid van de gehoorszenuw.

Aandachtspunt binnen mijn eigen werkomgeving, het CLB te Wijnegem:

- Maatregelen treffen om zoveel mogelijk het achtergrondlawaai te beperken:
 - Een geluidsvrije cabine, zoals in de vestiging Schoten, is de meest ideale oplossing maar financieel niet onmiddellijk haalbaar. Een andere, wel haalbare, optie is het aan-schaffen van een nieuwe hoofdtelefoon met 'Peltor-cups' die goed isoleren en zorgen voor een betere demping van interfererend achtergrondgeluid.
 - Er is eveneens een aankoop van nieuwe meubelen gepland waardoor de computer kan verplaatst worden, met hopelijk eveneens een reductie van het achtergrondgeluid tot gevolg.
 - Steeds de deuren van de wachtzaal en het biometrielokaal sluiten tijdens het onderzoek.
- Overleg met de medische equipe van het CLB, waarbij er dan mogelijkheid is om bepaalde aspecten rond audiometrie te bespreken en het belang van een gelijkvormige audiometrie-afname en registratie te benadrukken.

Suggestie voor de opleiding Jeugdgezondheidszorg of studiedagen:

Workshops rond gehoor en audiometrie-afname: inclusief theoretische basiskennis, en vooral met antwoorden op vele praktische vragen betreffende afname. Liefst ook demonstraties

(inclusief audiometer en proefpersonen) van correcte afname. Graag ook enige aandacht en toelichting over de interpretatie van de resultaten en mogelijke verwijzingen.

Oproep voor verder onderzoek:

Hopelijk is het de lezer van dit eindwerk duidelijk geworden dat er nog vele mogelijkheden zijn voor wetenschappelijk onderzoek betreffende meerdere aspecten van gehoorscreening in het CLB, bvb. verder onderzoek voor verfijning van de analyses en uitbreiding van de leeftijdsgroepen; welke tijdsbesteding is voor audiometrie haalbaar binnen een CLB-setting; screeningsaudiometrie versus drempelaudiometrie; richtlijnen voor verwijzingen...

Eens de 'standaard gehoor' een feit is, zullen alle CLB-medewerkers hier de vruchten van kunnen plukken!

7. SAMENVATTING

De evaluatie van het gehoor d.m.v. toonaudiometrie bij kinderen, is een belangrijk onderdeel van het klinisch onderzoek, in een beroep zoals CLB-arts. Wat kan er geleerd worden uit het cijfermateriaal van al deze audiometrie-onderzoeken? Wanneer dient een leerling met gehoorvermindering worden doorverwezen? Deze probleemstelling ligt aan de basis voor de opzet van deze studie.

In de literatuur werd gezocht naar concrete richtlijnen voor audiometrie-afname en verwijzing. In verband met afname van toonaudiometrie zijn de gevonden richtlijnen niet allemaal één-duidig, en diegenen die van toepassing zijn in de Vlaamse Centra voor Leerlingenbegeleiding (CLB) zijn niet recent. Ze dateren van 1979 en zijn gebaseerd op een omzendbrief van de toenmalige 'Minister van Volksgezondheid en het Gezin'.

Omtrent verwijzingen na een gehooronderzoek in het CLB, zijn geen wetenschappelijke richtlijnen beschikbaar. D.m.v. rondvraag bij collega's blijkt dat iedereen zowat zijn eigen criteria hanteert, die men uit ervaring heeft opgebouwd. Enkele buitenlandse criteria werden wel teruggevonden o.a. uit de USA, Nederland en Zweden.

Er is, binnen het CLB, wel degelijk nood aan richtlijnen voor verwijzing. Een interessant hulpmiddel hiertoe is een referentiedatabank, met leeftijdsspecifieke audiometrische meetgegevens van schoolgaande kinderen. Met behulp van dergelijke referentieprofielen kan op een eenvoudige wijze zichtbaar gemaakt worden welke de impact is, in termen van proporties te verwijzen kinderen, van de keuze van specifieke verwijzingscriteria. Dergelijke leeftijdsspecifieke profielen zijn op dit moment onbestaande.

Met dit veldonderzoek wordt getracht om, door middel van kwantitatief prospectief onderzoek in het CLB, een aanzet te geven tot de ontwikkeling van een audiometrische referentiedatabank voor de Vlaamse schoolgaande kinderen.

Tijdens het onderzoek stond de uniforme afname en registratie van de meetgegevens centraal. Hiervoor werden concrete afspraken gemaakt. De 4 afnemers, werkzaam in het CLB Wijnegem, verzamelden in één trimester 1058 individuele registratieformulieren van alle kinderen die op algemeen consult kwamen (2^{de} KO, 5^{de} LO, 1^{ste} SO en 3^{de} SO). Slechts één van de twee gebruikte locaties beschikte over een geluidsvrije cabine. In de biometrieruimte waar geen geluidsvrije cabine staat, werd een achtergrondgeluidsmeting uitgevoerd.

Als men de gehoordrempels bekijkt in de leeftijdsgroep '+10 jaar' is er rechts en links een gelijke trend waar te nemen, waarbij de percentages voor links toch iets hoger liggen. Mis-

schien ten gevolge van een 'leereffect'? De frequenties 1000, 2000, 4000, 8000 en 750 Hz (zowel rechts als links) hebben in ± 85 à 95 % van de gevallen een drempel van 15 dB. Voor beide kanten is het bereik op 6000 Hz beduidend lager (± 75 % voor 15 dB) evenals de scores voor de lage frequenties 500 Hz (± 70 % voor 15 dB) en 250 Hz (± 50 % voor 15 dB). Er worden gelijkaardige schommelingen vastgesteld bij de cijfers van de kleuters.

De minder goede drempel op 6000 Hz werd ook in de literatuur aangetoond. Dit zou o.a. te maken hebben met een 'twijfelachtige stabiliteit van de hoofdtelefoon' op deze frequentie. Gezien het achtergrondlawaai zich vooral situeerde in de lage frequenties (500 Hz, maar vooral 250 Hz) zou dit een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de minder goede gehoordrempels op 500 en 250 Hz.

Bij de interpretatie van de resultaten, moet men steeds in het achterhoofd houden dat zich een aantal tekortkomingen voordoen in de studie. O.a. het vergelijken van resultaten die beïnvloed werden door verschillende storende variabelen, zoals de al dan niet aanwezigheid van een koelkast, verschillende testafnemers met ongelijke verdeling in subpopulaties en locatie en verschillende onderzoeksomstandigheden per locatie.

Ondanks de tekortkomingen van dit onderzoek, hoop ik mijn doelstelling bereikt te hebben en een aanzet te hebben gegeven tot het creëren van een databank met leeftijdspecifieke audiometrische referentieprofielen op het CLB-werkterrein!

8. REFERENTIES

1. **Van Leerdam FJM et al.** JGZ-Standaard Vroegtijdige opsporing van gehoorstoornissen 0-19 jaar. 1998. Houten/ Diegem, Bohn Stafleu Van Loghum.
2. **Dhooge IJM, De Vel E, Vinck B.** Vroegdetectie van gehoorstoornissen bij kinderen. Noodzaak aan screening? Tijdschr Geneeskd 1994; 50: 1721-1727.
3. **Vermeire E.** Audiometrie in het kader van de gehoorscreening in het CLB: mate van uniformiteit van huidige werkwijze en knelpunten, een vooronderzoek. Eindwerk Jeugdgezondheidszorg academiejaar 2002-2003.
4. **Lemkens N, Vermeire K, Brokx JP.** Interpretation of pure-tone thresholds in sensorineural hearing loss: a review of measurement variability and age-specific references. Acta Otorhinolaryngol Belg 2002; 56: 341-352.
5. **De Fever F, Hellinckx W en Grietens H.** Handboek Jeugdhulpverlening: een orthopedagogisch perspectief. Tweede druk 2003. Uitgeverij Acco Leuven.
6. www.biap.org **Bureau International d'Audiophonologie.** Les recommandations. Februari 2003. Website eerste maal geraadpleegd 25 februari 2004.
7. **Van de Heyning P.** Cursus Oto-Rhino-Laryngologie. UIA. Academiejaar 1996-1997.
8. **Forton G, Depuydt B.** Practische audiologie en audiometrie. 1997. Garant Leuven.
9. **Bess FH, Humes LE.** Audiology: the fundamentals. 3de editie 2003. Lippincott, Williams en Wilkins.
10. **Van Barneveld W, Beekhuysen H.** Hoe was het toevallig ook al weer: geluidsniveau's, lawaaidosis... en de dB. ProAudioVisie, maart 2002; 24-29.
11. **Jongkees LBW.** Keel-, neus- en oorheelkunde voor de algemene praktijk. 3^{de} druk, 2^{de} oplage, 1980. Elsevier Brussel.

12. **Van Cauwenberghe P.** Cursus Neus-, Keel-, Oorzakten. Academiejaar 1999-2000.
13. **Corthals P.** Gehoordrempels en spraak. Logopedie 2003; 16: 28-39.
14. **Kloosterhuis G.** Coelho zakwoordenboek der geneeskunde. 1989. Elsevier koninklijke PBNA.
15. **Damman W.** Klinische audiometrie: oto-vestibulair onderzoek. 2000. AZ St. Jan Brugge.
16. **ASHA (American Speech and Hearing Association).** Guidelines for identification audiometry. 1985; 27 (5): 49-52, 40.
17. **Van Kerschaver E, Stappaerts L.** Algorapport 2000. Kind & Gezin Brussel.
18. **Kind & Gezin.** Rapport gehoorscreening. Studiedag K&G 9 mei 2003, Ter Elst Edegem.
19. **Katt D, Sprague H.** Determining the pure tone frequencies to be used in identification audiometry. Journal of Speech **Wyllin T.** Gehoorscreening bij kleuters binnen de CLB's in Vlaanderen: een vergelijkend onderzoek tussen transiënt geëvoceerde otoacoustische emissies en toondrempelaudiometrie. Eindwerk Jeugdgezondheidszorg academiejaar 2000-2001.
20. **Goorhuis SM, Schaerlakens AM.** Handboek taalontwikkeling, taalpathologie en taaltherapie bij Nederlandssprekende kinderen. 2^{de} druk 2000. De tijdstroom, Leusden.
21. **Vandenbroeck V.** Toon-en spraakaudiometrie (Göttinger-lijsten) bij kleuters (2.6-5.5j). Studiedag gehoor, spraak- en taalontwikkeling 16 mei 1997. VVVJ.
22. **Flottorp G.** Improving audiometric thresholds by changing the headphone position at the ear. Audiology 1995; 34: 221-231.
23. **Karlsrose B et al.** Audiometry in general practice: validation of a pragmatic pure-tone audiometry method. Scand Audiol 1998; 27: 137-142.
24. **Wilber LA.** Pure tone audiometry in Rintelmann WF. Hearing assesment 1990.

25. and Hearing Disorders, november 1981; 46: 433-436.
26. **Villchur E.** Audiometer-Earphone mounting to improve intersubject and cushion reliability. *Journal of the Acoustical Society of America* 1970; 48: 1387-1396.
27. **François J.** Vroegtijdige opsporing van zintuigstoornissen bij kleuters. Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin - Bestuur der Sociale Geneeskunde - Medische Schoolinspectie. Omzendbrief van 4 december 1979. ([bijlage1](#))
28. **ASHA (American Speech and Hearing Association).** Guidelines for identification audiometry. 1975; 17 (2): 94-99.
29. **Aelvoet W, Govaerts P.** Gehoor: Informatiseringsgegevens van het Medisch Schooltoezicht: schooljaar 1992-1993. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Rapport 1996; 25-34.
30. **Hoppenbrouwers K.** Opsporing van gehoorafwijkingen bij schoolkinderen in Vlaanderen. Seminar 2000. Stichting Vakopleiding FIDA.
31. **Hirasing RA, Van Dijck C, Wagenaar-Fischer MM, et al.** Gehooronderzoek in de Jeugdgezondheidszorg. Utrecht: Nederlandse vereniging voor Jeugdgezondheidszorg, 1991.
32. **Van Leerdam FJM et al.** De standaard 'Vroegtijdige opsporing van gehoorstoornissen 0-19 jaar' van de Jeugdgezondheidszorg. *Ned Tijdschr Geneesk* 25 maart 2000; 144 (13): 598-601.
33. **Augustsson I, Nilson C, Engstrand I.** The preventive value of audiometric screening op preschool and young schoolchildren. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 1990; 20 : 51-62.
34. **Kind & Gezin** (openbare instelling opgericht bij het decreet van de Vlaamse Gemeenschap van 29 mei 1984). *Het kind in Vlaanderen: jaarrapport 2000*; 5: 88.
35. **Kind & Gezin.** *Het kind in Vlaanderen: jaarrapport 2001*; 5: 94-95.
36. **Kind & Gezin.** *Het kind in Vlaanderen: jaarrapport 2002*; 5: 103.

37. **Kind & Gezin.** Het kind in Vlaanderen: jaarrapport 2003; 5: 116.
38. **Decreet betreffende de Centra voor Leerlingbegeleiding.** 1 december 1998 (B.S. 10 april 1999, 11820-11845).
39. **Besluit van de Vlaamse regering** tot bepaling van sommige opdrachten van de centra voor leerlingenbegeleiding. 17 maart 1999 (B.S. 17 mei 2000, 15745-15752).
40. www.lapperre.be Producent van gehoorapparaten en audiologisch materiaal. Website eerste maal geraadpleegd 7 december 2003.
41. **Wong TW et al.** Agreement between hearing thresholds measured in non-soundproof work environments and a soundproof booth. *Occup Environ Med.* 2003; 60: 667-671.

9. LIJST MET FIGUREN EN TABELLEN

FIGUREN

- Fig. 1: **Anatomie van het oor:** pag. 7 bis - ref. 18
- Fig. 2: **Slakkenhuis of cochlea van een foetus**, waarvan het benig gedeelte is verwijderd: pag. 7 bis, bron: www.hoorzaken.nl/de_cochlea.htm
- Fig. 3: **Dwarsdoorsnede van de cochlea:** pag. 7 bis, bron: idem fig. 2
- Fig. 4: **Audiogram van een patiënt met een geleidingstoornis, een perceptiestoornis (angeboren / door geluidstrauma) en een gemengde stoornis:** pag. 9 bis - ref. 8
- Fig. 5: **Grafiek van Wegel:** pag. 9 bis uit: Informatiebrochure 'screening audiometrie' 2002, Lapperre.
- Fig. 6: **Illustratie van de relatie tussen dB SPL en dB HL:** pag. 11 bis - ref. 7
- Fig. 7: **Spreiding van de klanken over de spraakzone:** pag. 11 bis, uit: idem fig. 9
- Fig. 8: **Verskillende dagelijkse geluiden, ingedeeld naar sterkte:** pag. 11 bis - ref. 8
- Fig. 9: **Hoofdtelefoon met Peltor-cups:** zie pag. 47 bis - ref. 35
- Fig. 10: **Screeningsaudiometers:** model AS 208 en MA 25, zie pag. 47 bis - ref. 35

TABELLEN

- tabel 1: **Classificatie van gehoorstoornissen volgens graad van gehoorsverlies (BIAP):** pag. 8 - ref. 5
- tabel 2: **Screeningsresultaten van Augustsson:** pag. 24 - ref. 28
- tabel 3: **Resultaten van follow-up na verwijzing (Augustsson-studie):** pag. 25 - ref. 28
- tabel 4: **Screeningsomstandigheden per onderzoekslocatie:** pag. 33
- tabel 5: **Overzicht van leerlingen volgens klasniveau en geslacht:** pag. 35
- tabel 6: **Leeftijdprofiel per locatie:** pag. 36
- tabel 7: **Populatieverdeling per testafnemer, naar klasniveau:** pag. 38 bis
- tabel 8: **Vergelijking van testafnemers: per locatie (biometrie - cabine) en per klasniveau, a.d.h.v. verwijzingen (vlgs. Augustsson):** pag. 38 tris - ref. 28
- tabel 9: **Frequentieverdeling volgens gehoordrempel RECHTS (laagste intensiteit), bij de groep +10 JAAR (5^{de} LO, 1^{ste} SO en 3^{de} SO):** pag. 39 bis
- tabel 10: **idem voor LINKS:** (zie tabel 9)
- tabel 11: **Frequentieverdeling volgens gehoordrempel RECHTS (laagste intensiteit), bij de 2^{de} KLEUTERS:** pag. 39 quater
- tabel 12: **idem voor LINKS:** (zie tabel 11)
- tabel 13: **Vergelijking van geluidsintensiteiten bij 1000¹ en 1000² Hz, voor het rechter en linker oor:** pag. 40
- tabel 14: **Verwijzingscriteria van Augustsson toegepast op ons veldonderzoek, een voorzichtige vergelijking van beide studies:** pag. 41 - ref. 28
- tabel 15: **Verwijspercentages a.d.h.v. eigen hypothetische criteria:** pag. 42

10. LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN

Meermaals gebruikte afkortingen vindt u hier terug in alfabetische volgorde:

- AKO algemeen klinisch onderzoek
- ASHA American speech and hearing association
- ASO algemeen secundair onderwijs
- BSO beroeps secundair onderwijs
- CLB centrum voor leerlingbegeleiding
- dB decibel (eenheid van geluidsintensiteit)
- FI fletcher-index
- HL hearing level
- Hz hertz (eenheid van geluidsfrequentie)
- JGZ jeugdgezondheidszorg
- K&G kind & gezin
- KO kleuter onderwijs
- LO lager onderwijs
- MST medisch schooltoezicht
- SO secundair onderwijs
- SOM secretoire otitis media
- SPL sound pressure level
- TEOAE transiënte geëvokeerde oto-acoustische emissies
- TSO technisch secundair onderwijs
- VVWJ Vlaamse wetenschappelijke vereniging voor jeugdgezondheidszorg

11. BIJLAGEN

- Bijlage 1: **Omzendbrief 'Vroegtijdige opsporing van zintuigstoornissen bij kleuters' met richtlijnen voor audiometrie:** ref. 24 - pag. 19
- Bijlage 2: **Brief aan verpleegkundigen te Leuven** i.v.m. opstarten van het onderzoek: pag. 30
- Bijlage 3: **Individueel registratieformulier leerlingen** van het LO en SO: pag. 31
- Bijlage 4: **Individueel registratieformulier kleuters:** pag. 31
- Bijlage 5: **Coderingslijst** (per afnemer): pag. 32
- Bijlage 6: **Formulier met kassikale gegevens:** pag. 32
- Bijlage 7: **Nota ivm. calibratie van de audiometrie-toestellen:** pag. 32