

Gehoorafwijkingen bij musici

Een onderzoek naar de geluidbelasting van en het voorkomen
van gehoorafwijkingen bij musici van een symfonie orkest
en een harmonie orkest.

O.S. van Hees

GEHOORAFWIJKINGEN BIJ MUSICI

O.S. VAN HEES

Universiteit van Amsterdam

Coronel Laboratorium

Gehoorafwijkingen bij musici

Een onderzoek naar de geluidbelasting van en het voorkomen van
gehoorafwijkingen bij musici van een symfonie orkest
en een harmonie orkest.

Academisch proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Universiteit van Amsterdam,
op gezag van de Rector Magnificus
Prof. Dr P.W.M. de Meijer

in het openbaar te verdedigen in de Aula der Universiteit
(Oude Lutherse Kerk, ingang Singel 411, hoek Spui)
op donderdag 27 juni 1991 te 15.00 uur

door

Olaf Sylvester van Hees

geboren te 's-Gravenhage

Promotoren:

Prof. Dr F.J.H. van Dijk, bedrijfsarts

Prof. Dr Tj. de Boorder, bedrijfsarts

Promotiecommissie:

Prof. Dr Ir F.A. Bilsen

Dr B. Blomhert

Dr J.H. Ettema

Prof. Dr W.J. Oosterveld

Prof. Dr M. Timmer

Paranymphen:

Mr H.B. van der Meer

Drs A. de Groot

Aan Charlotte,
het Residentie Orkest
en de charmante gastdirigent Heinz Wallberg.

2.3.1.4. De geluidverdeling over het podium	25
2.3.2. Schade aan het gehoor	27
2.3.2.1. Tijdelijke schade (TTS)	28
2.3.2.2. Blijvende schade (NIPHL)	28
2.3.2.3. De definitie van een gehoorafwijking	29
2.3.2.4. De percentages afwijkende audiogrammen	30
2.3.2.5. De invloed van het instrument en de plaats in het orkest	31
2.3.2.6. De invloed van militaire muziek	33
2.3.3. Preventie van gehoorschade bij musici	33
2.3.3.1. Bouwkundige aspecten	33
2.3.3.2. Expositie- c.q. werktijden	33
2.3.3.3. Gehoorbescherming	34
2.3.3.4. Repertoirekeuze	34
2.3.3.5. Audiometrie	34
2.3.3.6. Toonhoogte	34
2.4. Conclusies	35

3. Het gehoor, basale aspecten

3.1. Inleiding	37
3.2. Anatomie van het gehoor	38
3.3. Fysiologie van het gehoor	42
3.4. Klankspectra van muziekinstrumenten	43
3.5. Geluidwaarneming	48
3.5.1. Drempelwaarde	49
3.5.2. De dB(A)-weegcurve	49
3.5.3. Frequentie-resolutie en kritieke bandbreedte	49
3.5.4. Combinatietonen en niet-lineaire vervorming	50
3.5.5. Laterale suppressie en maskering	51
3.5.6. Luidheid van tooncomplexen	52
3.5.7. Timbre	53
3.5.8. Toonhoogte	53
3.6. Signaal-ruis verhouding	55
3.7. Lawaaibeschadiging en pathologie bij toonperceptie	56
3.8. Conclusies	58

4. Geluidexpositie

4.1. Het onderzoeksmodel	59
4.1.1. Inleiding	59
4.1.2. Orkesten, composities en zalen	61
4.1.2.1. Het symfonie orkest	61
4.1.2.2. Gemeten composities en zalen symfonie orkest	63
4.1.2.3. Het harmonie orkest	66
4.1.2.4. Composities en uitvoeringsruimten harmonie orkest	66
4.2. Meetapparatuur, -opstelling en -procedures	67
4.2.1. Meetapparatuur	67
4.2.2. Meetopstelling	68
4.2.2.1. Equivalent geluidniveau	68
4.2.2.2. Piekmeting en octaafmeting	69
4.2.3. Meetprocedure	70
4.2.3.1. LAeqw-meting	70
4.2.3.2. Piekmeting en octaafanalyse	70
4.3. Onderzoeksresultaten	71
4.3.1. Symfonie orkest	71
4.3.1.1. Traditioneel repertoire	71
4.3.1.2. Contemporain repertoire	74
4.3.1.3. Piekregistratie	75
4.3.1.4. Octaafanalyse	76
4.3.2. Harmonie orkest	76
4.4. Totale geluidexpositie	77
4.4.1. Symfonie orkest	77
4.4.1.1. Werktijden en geluidexpositie	77
4.4.1.2. Andere vormen van geluidexpositie	81
4.4.2. Harmonie orkest	82
4.4.2.1. Werktijden en geluidexpositie	82
4.4.2.2. Andere vormen van geluidexpositie	82
4.5.1. Discussie	83
4.5.2. Samenvatting	84
4.5.3. Conclusies	86

5. Probleemstelling, doelstelling en vraagstelling

5.1. Probleemstelling	87
5.2. Doelstelling	90

5.3.	Vraagstelling	91
6.	Onderzoeksmethoden en populatie	
6.1.	Onderzoeksmethoden	93
6.1.1.	Inleiding	93
6.1.2.	Audiometrie	93
6.1.3.	Anamnese en overige variabelen	95
6.1.4.	Uitsluiting van audiogrammen	96
6.1.5.	Maten voor gehoorverlies	96
6.1.6.	Expositiematen	101
6.2.	Epidemiologische en statistische aspecten	104
6.2.1.	Epidemiologie	104
6.2.2.	Risicoparameters	105
6.2.3.	Statistische aspecten	105
6.3.	De onderzoekspopulatie	106
6.3.1.	Het symfonie orkest	106
6.3.2.	Het harmonie orkest	109
6.3.3.	Vergelijking beide onderzoekspopulaties	110
7.	Algemene resultaten	
7.1.	Inleiding	111
7.2.1.	Audiogrammen totale onderzoekspopulatie: symfonie orkest en harmonie orkest	112
7.2.2.	De invloed van het geslacht	117
7.2.3.	De expositiematen	119
7.2.4.	Discussie m.b.t. de resultaten	125
7.3.	Het systematische meetverschil	127
7.3.1.	Inleiding	127
7.3.2.	Verschil in drempelwaarde bij audiometrie	128
7.3.3.	Verschillende audiometrie-procedures	129
7.3.4.	De invloed van expositie aan geluid	130
7.3.5.	Sociocusis en nosocusis	131
7.3.6.	De drempelwaarde en de verdeling van de scores	131
7.3.7.	De leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie	132
7.3.8.	Conclusies met betrekking tot het meetverschil	133
7.4.1.	Samenvatting	133
7.4.2.	Conclusies	135

8.	De invloed van het instrument en de plaats in het orkest	
8.1.	Inleiding	137
8.2.	De instrumentgroepen	137
8.2.1.	De instrumentgroepen en afwijkend audiogram bij 4 kHz	139
8.2.2.	Instrumentgroep en expositiematen	139
8.2.3.	Interindividuele gevoeligheidsverschillen ?	140
8.2.4.	Audiogrammen van instrumentgroepen	142
8.3.	De invloed van de plaats in het orkest	144
8.3.1.	Orkestzone en afwijkend audiogram bij 4 kHz	144
8.3.2.	Orkestzone en groepsaudiogrammen	145
8.3.3.	Discussie m.b.t. de resultaten	146
8.4.	Eenzijdige geluidbelasting	148
8.4.1.	Eenzijdige belasting en afwijkend audiogram bij 4 kHz	149
8.4.2.	Eenzijdige belasting en groepsaudiogrammen	149
8.5.1.	Samenvatting	150
8.5.2.1.	Conclusies m.b.t. de methoden	151
8.5.2.2.	Conclusies m.b.t. de resultaten	152
9.	Spraakverstaanbaarheid, beroepshandicap en beroepsziekte	
9.1.	Inleiding	155
9.2.	De spraakverstaanbaarheid	159
9.3.	De beroepshandicap	161
9.4.	Het effect van de expositie, de beroepsziekte	163
9.4.1.	Het effect van de expositie	163
9.4.2.	Beroepsziekte en stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin	166
9.5.	Correlaties tussen diverse maten	167
9.6.1.	Samenvatting	168
9.6.2.	Conclusies	169
10.	Beleving van de geluidexpositie in het symfonie orkest	
10.1.1.	Inleiding	171
10.1.2.	De vragenlijst	171
10.1.3.	De onderzoekspopulatie en de respons	172
10.2.	Algemene resultaten	173
10.3.	De instrumentgroepen en de orkestzone	175

10.4.1. Samenvatting	177
10.4.2. Conclusies	177
11. Bouwkundige aspecten van preventie	
11.1. Inleiding	179
11.2.1. Meetopstelling en meetmethode	180
11.2.2. De podiumaanpassing	181
11.3. De meetresultaten	182
11.3.1. De afname met de afstand	182
11.3.2. De podiumopstelling	183
11.4.1. Samenvatting	186
11.4.2. Conclusies	187
12. Discussie, conclusies en aanbevelingen	
12.1. Discussie	189
12.1.1. De resultaten in vergelijking met de literatuur	189
12.1.2. De geluidexpositie in vergelijking met de literatuur	189
12.1.3. De methoden	190
12.1.4. De preventie van gehoorschade	192
12.2. Conclusies	192
12.2.1. De beantwoording van de vraagstelling	192
12.3. Aanbevelingen	194
13. Samenvatting	
samenvatting	197
summary	205
Literatuuropgave	213
Bijlagen	
1. Bijlage hoofdstuk 6	230
2. Bijlage hoofdstuk 7	234
3. Bijlage hoofdstuk 8	244
4. Bijlage hoofdstuk 9	252
5. Bijlage hoofdstuk 10, de vragenlijst	254

Voorwoord

Uit de eigen ervaring dat musiceren in een symfonie orkest een luidruchtige aangelegenheid kan zijn en als bedrijfsarts van een symfonie orkest, waarbij ik veelvuldig geconfronteerd werd met klachten omtrent hoge geluidniveau's en gehoorstoornissen, werd begonnen aan een onderzoeksproject teneinde de geluidniveau's en de mogelijke gevolgen daarvan voor het gehoor te beschrijven.

Wat aanvankelijk was begonnen als soloproject bleef lange tijd een soloproject, maar met steeds meer steun en hulp van anderen. Die anderen hebben enthousiast hun medewerking verleend en mij met raad en daad bijgestaan.

Aan het begin van het onderzoek waren dat Drs Harry Nijhuis, arts-epidemioloog en Ir Hein Strüben, epidemioloog van de GG & GD te 's-Gravenhage. Remmelt Pit en Carla Sterk van de GG & GD waren behulpzaam bij de geluidmetingen van de experimentele podiumopstellingen.

De geluidmetingen werden mede mogelijk gemaakt door de hulp van de bedrijfsartsen van Fokker, J. Uhl en K.J.J. Wolthers, en F.L. Piena en D. v.d. Ree van het NIPG-TNO te Leiden.

De geluidmetingen waren niet mogelijk geweest zonder de medewerking van de musici van het Residentie Orkest, de dirigenten Hans Vonk en met name Heinz Wallberg, de toenmalige directeur Mr H.B. van der Meer en Charlotte Frikkee (thans Charlotte van Hees-Frikkee; dit onderzoek leidde tot meer dan een proefschrift).

Van de zijde van de Technische Universiteit Delft waren Prof. Dr Ir A.J. Berkhout en Prof. Dr Ir F.A. Bilsen behulpzaam met meetadviezen.

De audiometrie van de musici werd in het begin mede verricht door de bedrijfsverpleegkundige Carla Sterk. De KNO-arts F.J.M. Disch leverde een grote bijdrage in de vorm van audiometrie van het harmonie orkest. De KNO-artsen van het Bronovo ziekenhuis te 's-Gravenhage, Dr B.E. Glazenburg en Dr A. van der Wouden waren steeds bereid om bij (vermoede) andere KNO-pathologie commentaar en raad te geven.

Bij het vorm en inhoud geven aan de literatuurhoofdstukken waren vooral behulpzaam Prof. Dr Ir A.J. Berkhout, Prof. Dr Ir F.A. Bilsen, Prof. Dr G.F. Smoorenburg, Dr J. Verschuure, audioloog, H.E. Lindeman, M.Sc. en promotor Prof. Dr Tj. de Boorder. Tevens werden mede door Prof. Dr Tj. de Boorder de puntjes op de i gezet in hoofdstuk 4, Geluidexpositie.

De eerste aanzet tot een epidemiologische opzet werd gegeven in discussies met de epidemiologen Drs H. Nijhuis, Ir H. Strüben en Prof. Dr F. Sturmans.

Hoofdstuk 1

Inleiding

De eerste tekstontwerpen voor het proefschrift werden kritisch beoordeeld door Dr J.H.B.M. Willems, Drs W.L.A.M. de Kort, Drs A. Muusse-Schrevel en Ir M.A.P. Verwijmeren.

De steun en raad van Drs Willy Passchier-Vermeer waren van onschatbare waarde bij het tot stand komen van dit proefschrift. Zonder haar publicaties was dit onderzoek niet mogelijk geweest.

Het merendeel van de begeleiding is gekomen van de medewerkers van het Coronel Laboratorium, te weten Herman Sallé, Marc Ruyten en Jan Ettema. In vele gesprekken met hen kreeg het proefschrift zijn vorm en inhoud. Het was hartverwarmend hoe zij steeds op ieder moment bereid waren mij met raad en daad terzijde te staan. Met name de adviezen van Herman met betrekking tot de statistiek waren van grote waarde. Frank van Dijk was als promotor onvermoeibaar in het stimuleren en genereren van ideeën en het kritisch beschouwen van resultaten en manuscripten.

Prof. Dr R.L. Zielhuis is dank verschuldigd voor het kritisch doornemen van delen van het manuscript. Rimmy Soet verrichtte dankbaar werk door de literatuurlijst te corrigeren met betrekking tot consequente notatie.

John D. Macfarlane, M.D., Ph.D., was bereid de Engelse samenvatting kritisch te bezien en te ontdoen van al te grote beledigingen voor de Engelse taal.

Zonder een gemotiveerd "thuisfront" was het nooit gelukt dit proefschrift te voltooien. Met betrekking tot het dagelijks werk is dank verschuldigd aan Drs A. J. de Groot, sectorhoofd Bedrijfsgezondheidszorg van de GG & GD Amsterdam, G. Hissink Muller, bedrijfsarts en teamhoofd, C.J.M. (Ineke) Bakker, hoofd bedrijfsbureau en Gerja Beets-Schans, mijn secretaresse.

Ger Posthumus stond altijd klaar met adviezen en oplossing omtrent problemen met software op het gebied van tekstverwerking en desk top publishing.

Reinold Kellenbach, Petra Veraar en Nancy van Liempt van de afdeling Arbeidshygiëne duldden mij de vele uren die ik hen van hun PC's en de Laser printer verdroef.

Aparte vermelding verdienen Christian Holm die als "computer kid" iedere keer mijn vastgelopen PC weer aan de praat kreeg, en Eline Smulders-Herinx, die in de laatste fase van het proefschrift mij veelvuldig van de kleine Roderick ontlastte, opdat er ongestoord gewerkt kon worden.

Zowel proefschrift als huwelijk kunnen een bedreiging voor elkaar zijn. Mijn echtgenote Charlotte is de meeste dank verschuldigd voor de vele jaren begrip en opoffering.

In dit proefschrift wordt de problematiek van de geluidexpositie* van orkestmusici, alsmede de mogelijke schadelijke gevolgen voor het gehoororgaan ten gevolge van deze expositie beschreven. Om een vergelijking mogelijk te maken met bestaande literatuur op het gebied van geluidexpositie en gehoorafwijkingen is als voorwaarde gesteld dat er sprake moet zijn van musiceren als beroep, zodat van een beroepsmatige expositie sprake is. Aldus is het onderzoeksveld beperkt tot een symfonie orkest en een harmonie orkest, de twee meest voorkomende vormen van beroepsmatig musiceren in groot orkestverband.

Dit onderzoek naar de geluidexpositie van orkestmusici en de mogelijke schadelijke gevolgen voor het gehoororgaan valt uiteen in een aantal delen: de literatuur met betrekking tot de (arbeid)gezondheidskundige aspecten van musiceren, met betrekking tot geluidexpositie en gehoorafwijkingen bij musici, de literatuur met betrekking tot de basale aspecten van het gehoor, het meten en beschrijven van de geluidniveaus, de beschrijving van de gehoorafwijkingen, de beleving door de musici van de geluidniveaus, en de mogelijkheden van bouwkundige preventie.

Het blijkt dat voor velen de arbeidsomstandigheden van musici en de (arbeid)gezondheidskundige aspecten van musiceren een onbekend gebied is. Bovendien kan de geluidproblematiek in orkesten niet los gezien worden van de overige aspecten van de arbeidsomstandigheden bij musici. Daarom worden in **hoofdstuk 2** de algemene (arbeid)gezondheidskundige aspecten van musiceren besproken naast de literatuur met betrekking tot geluidexpositie van en gehoorafwijkingen bij musici.

In **hoofdstuk 3** worden de basale aspecten van het gehoor besproken, zulks om tot een begripsbepaling te komen met betrekking tot de eisen die gesteld worden aan het gehoor van een musicus.

Vervolgens worden een aantal onderzoeken beschreven. Gekozen is voor eerst een beschrijving van de arbeidsomstandigheden met betrekking tot geluid, daarna een beschrijving van de gehoorafwijkingen, vervolgens een beschrijving van de mogelijke gevolgen van de gehoorafwijking voor de beroepsuitoefening, de beleving van de musici van de geluidniveaus en tenslotte preventiemogelijkheden.

* In de Bedrijfsgezondheidszorg is het de gewoonte om over lawaaixpositie in plaats van geluidexpositie te spreken als het gaat om de schadelijke gevolgen van deze expositie. Ten opzichte van muziek kan "lawaa" echter een negatieve betekenis hebben. Bovendien is "lawaa" in de muziek een subjectief begrip. Wat voor de een welluidende muziek is, kan voor de ander "lawaa" zijn, en omgekeerd. Geluidexpositie en lawaaixpositie zullen in dit proefschrift met dezelfde betekenis gebruikt worden.

In hoofdstuk 2 is reeds geconstateerd dat er geen eenduidige resultaten zijn met betrekking tot onderzoeken naar geluidsniveaus in orkesten. De verschillen in resultaten worden onder andere veroorzaakt door verschillen in meetmethoden, meetopstellingen, orkesttypen, repertoire en uitvoeringsruimten. In hoofdstuk 4 wordt getracht de tekortkomingen van de in de literatuur vermelde onderzoeken te vermijden. Van het onderzoek naar de geluidsniveaus in een symfonie orkest en een harmonie orkest zijn onderzoeksopzet, meetmethoden en resultaten beschreven. Aldus wordt geconstateerd dat er sprake is van schadelijke geluidsniveaus.

Gegeven de geconstateerde schadelijke geluidsniveaus beschrijft hoofdstuk 5 de probleemstelling, doelstelling en vraagstelling van het onderzoek naar gehoorafwijkingen bij musici.

In hoofdstuk 6 worden de referentiepopulatie, de onderzoeksmethoden en beide onderzoekspopulaties beschreven. Tevens is beschreven hoe getracht wordt de tekortkomingen van eerdere onderzoeken te vermijden.

De resultaten met betrekking tot gehoorafwijkingen bij musici worden in hoofdstuk 7 beschreven voor de totale onderzoekspopulatie, verdeeld in symfonie orkest en harmonie orkest. Hoofdstuk 8 geeft voor het symfonie orkest de resultaten met betrekking tot gehoorafwijkingen per instrumentgroep, de invloed van de plaats in het orkest en de invloed van de eenzijdig overheersende geluidbelasting. Tevens wordt in hoofdstuk 8 dieper ingegaan op de betekenis voor de onderzoeksresultaten van uitstroomelectie ("healthy worker effect") en interindividuele gevoeligheidsverschillen voor de gehoorbeschadigende invloed van orkestgeluid.

Hoofdstuk 9 beschrijft de gevolgen van de gehoorafwijkingen voor de spraakverstaanbaarheid en de beroepsuitoefening, en wordt de gehoorafwijking als beroepsziekte beschreven, alsmede de criteria die leiden tot het vaststellen van de beroepsziekte.

Hoofdstuk 10 beschrijft de beleving van de musici met betrekking tot de geluidexpositie in het symfonie orkest en in hoofdstuk 11 worden de resultaten gegeven van experimentele podiumopstellingen teneinde mogelijkheden van bouwkundige preventie te onderzoeken.

In hoofdstuk 12 volgt de discussie, worden de algemene conclusies vermeld en worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot het vaststellen van een gehoorafwijking, de wijze van rapportage, en worden tevens algemene beleidsaanbevelingen gedaan met betrekking tot (bedrijfs)gezondheidszorg voor musici.

Hoofdstuk 13 geeft tenslotte een samenvatting van het proefschrift.

Hoofdstuk 2

Literatuurbespreking

2.1. De algemene arbeidsgesondheidskundige literatuur

Het bijkans klassiek geworden boek "Arbeids- en Bedrijfsgezondheidskunde" onder redactie van G.C.E. Burger (1974) vermeldt niets over musici en hun beroepsziekten. Ook het boek "Bedrijfsgezondheidszorg" onder redactie van Jongh en Docter (1979) vermeldt hierover niets.

Een wat ouder werk is het "Handbuch der Berufskrankheiten" van Koelsch (1959). In minder dan een halve bladzijde (pagina 493) wordt enige casuïstiek besproken in zeer beknopte vorm.

De ILO wijdt in de laatste editie (1983) van de "Encyclopaedia of Occupational Health and Safety" twee bladzijden aan dit onderwerp, waarbij de nadruk wordt gelegd op de myogene aspecten van het bewegingsapparaat en de innervatie met betrekking tot de dyskinesie. Voorts wordt gesteld dat: "The main factor detrimental to the musicians' health is the high neuro-emotional stress which contributes to the chronic overstrains of the nervous system and to the subsequent development of neurotic conditions and neurosis".

2.2.1. De algemene arbeidsgesondheidskundige literatuur m.b.t. musiceren

Tot 1987 was het nagenoeg eerste en enige boek over geneeskundige aspecten van musiceren "Berufskrankheiten der Musiker" van Kurt Singer uit 1926. Een dubieus werk dat voornamelijk op psychiatrische aspecten ingaat en thans als volkomen achterhaald moet worden beschouwd.

In de Algemene Muziekencyclopaedie (Oskam, zonder jaartal) is een klein hoofdstuk aan beroepsziekten bij musici gewijd. Ook dit betreft een opsomming van casuïstiek. Piperek (1971) geeft een veelomvattende beschrijving van het beroep van musicus in zijn werk "Stress und Kunst". Dit werk handelt voornamelijk over de musici van de Wiener Symphoniker.

Brok (1978) gaat in een artikel in Modern Medicine iets dieper op deze materie in. Harman (1982) geeft in een literatuurbespreking 71 literatuurreferenties, maar behandelt het geheel zeer oppervlakkig. Daarentegen behandelt Van Beugen (1983) in zijn literatuurstudie "Noot-toestand" ietwat diepgaander een groter deel van de tot toe verschenen literatuur dan Harman.

In "Musica Medicinea, enige voetnoten bij notenbalken" (Van Hees 1986) wordt het grootste deel van de tot dan toe verschenen relevante literatuur besproken en wordt

melding gemaakt van een literatuurbestand. Van Straaten (1987) behandelt voor haar onderzoek naar redenen voor blijvende arbeidsongeschiktheid bij musici de literatuur op dit gebied. Haar literatuurstudie komt, evenals die van Huibers (1985) met betrekking tot het bewegingsapparaat van musici, grotendeels overeen met de literatuurstudie van Van Hees.

Als opvolger van het werk van Singer (1926) verscheen in 1987 het werk "Medicus en Musicus" (De Wolf, Braak, Van Hees et al). In dit werk wordt uitgebreid ingegaan op diverse aspecten van musiceren en worden tevens therapeutische adviezen gegeven.

2.2. De gedetailleerde literatuur

2.2.1. De (bedrijfs)gezondheidszorg voor musici

Bedrijfsgezondheidszorg voor musici wordt vaak vergeleken met die voor topsporters. De overeenkomst tussen beroepsmusici en topsporters is dat van beiden voortdurend topprestaties worden verwacht.

Het verschil tussen beide groepen is dat voor vele topsporters uitgebreide medische voorzieningen ter beschikking staan, terwijl dit over het algemeen voor musici niet het geval is (Van Hees 1987).

Nederland telt globaal 14 beroeps symfonie orkesten, waarin ongeveer 2000 musici werkzaam zijn (het aantal orkesten en het aantal daarin werkzame musici fluctueert. Een orkest als bijvoorbeeld het Randstedelijk Begeleidings Orkest houdt in de zomer op te bestaan).

Aan alle orkesten is op de een of andere wijze een medicus verbonden, echter niet altijd een bedrijfsarts. De verdeling van medische disciplines over de 14 orkesten is als volgt:

bedrijfsgeneeskundige	5
verzekeringsgeneeskundige	3
adviserend geneeskundige (huisarts)	6

In alle gevallen dat een bedrijfsarts aan het orkest is verbonden, vervult deze tevens de functie van verzekeringsgeneeskundige (Van Hees 1987).

Goderie (1985) formuleert het takenpakket van de (bedrijfs)arts voor musici als volgt:

1. Ontwikkelen van specifieke kennis omtrent arbeidsomstandigheden.
2. Het verrichten van beroepsgerichte keuringen voor sollicitanten van orkesten en conservatoria. Preventieve keuringen ten behoeve van fungerende musici.
3. Het consulteren van (para)medische specialisten waarvan de grotere specifieke deskundigheid met betrekking tot de problemen bij muziekbeoefening bekend is.
4. Institutionaliseren van gezondheidszorg ten behoeve van musici.

2.2.2. Beroepsselectie

De "selectie" van musici begint vaak al op jonge leeftijd, als een kind een instrument kiest. Of er dan rekening wordt gehouden met eventuele predisponerende afwijkingen die later tot problemen kunnen leiden is de vraag. Fry (1987) noemt naar aanleiding van een inventariserend onderzoek bij muziekstudenten drie oorzaken van blessures. Deze zijn:

1. Teveel nadruk op techniek.
2. Te lang en intens studeren.
3. Predisponerende afwijkingen.

Ook Wagner (1987) komt op grond van een inventariserend onderzoek bij 600 musici tot deze conclusie, waarbij hij de predisponerende afwijkingen de voornaamste oorzaak noemt.

Uit een onderzoek van Beijani (1984) bleek bij 56 % van de 71 onderzochte musici op latere leeftijd een deformatie van de rug; 5,6 % van hen had een idiopathische scoliose in de familie. Een controlegroep ontbreekt echter, zodat niets over musiceren als mogelijke oorzaak van de afwijking gezegd kan worden.

Met betrekking tot het gebit worden soms adviezen en richtlijnen gegeven (Herman 1974, Gualtieri 1979, Shimida 1978). Soms wordt verondersteld dat bij een bepaalde gebitsafwijking, zoals overbeet of malocclusie het bespelen van een bepaald blaas-instrument correctief kan werken, maar gezien de onvoorspelbaarheid van het effect op de langere duur wordt door Pang (1976) voor dit "panacee" gewaarschuwd.

2.2.3. Belastende factoren

Met betrekking tot muziekbeoefening wordt voor dit literatuuroverzicht uitgegaan van de volgende belastende factoren (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Belastende factoren en belaste orgaansystemen.

Factoren	Belaste orgaansystemen
fysieke inspanning	cardiovasculair pulmonaal bewegingsapparaat neurologisch gebitsaspecten KNO-aspecten

Tabel 2.1.

Belastende factoren en belaste orgaansystemen (vervolg).

Factoren	Belaste orgaansystemen
perceptief-mentale taakaspecten	CZS (visus, gehoor)
chemische omstandigheden	vnl. de huid
biologische omstandigheden vnl. door micro-organismen	vnl. de huid
fysische omstandigheden:	
geluid	CZS (gehoor)
vocht	cardiovasculair en
temperatuur	pulmonaal
stof	KNO-gebied
psychosociale aspecten in:	
arbeidsvoorwaarden	psychisch en sociaal functioneren
arbeidsverhoudingen	

2.2.3.1. Fysieke belastende factoren

1. Cardiovasculaire belasting

Bij musiceren worden in dynamische zin relatief kleine spiergroepen en kleine spieren (vinger, polsen) gebruikt met daarnaast een grote statische cardiovasculaire component. Relatief grote spiergroepen (biceps, triceps, rompmusculatuur) worden voornamelijk statisch belast door het handhaven van de zogenaamde "basishouding", de houding van het lichaam tijdens het bespelen van het instrument.

Bij gebruik van arm- en schoudermusculatuur zijn polsfrequentie, ademminuutvolume, O₂-opname en CO₂-vorming wezenlijk hoger dan bij gebruik van beenmusculatuur (Mellerowicz 1979). Bij eenzelfde zuurstofopname of cardiac-output is de intra-arteriële bloeddruk bij armbelasting hoger dan bij beenbelasting (Astrand 1977). De consequentie is een zwaardere cardiale belasting.

Musiceren geschiedt voornamelijk door kleinere spiermassa's te gebruiken waarbij Astrand (1977) en Stenberg (1967) stellen dat het organisme (inclusief het hart) langduriger arbeid minder goed verdraagt dan wanneer grotere spiermassa's gebruikt worden. Musiceren is derhalve in cardiovasculair opzicht een belastend beroep. Ook voor andere statische cardiovasculaire aspecten geldt dit.

Bij blazers treden door de langzame expiratie onder hoge druk intrathoracale drukverhogingen op, die feitelijk neerkomen op een Valsalva-maneuvre.

Diverse experimentele onderzoeken toonden een hoge incidentie aan met betrekking tot het optreden van "wandering pacemaker" activiteit (Borgia 1975), ventriculaire extrasystolen (Borgia 1975), tachycardieën, arteriële bloeddrukstijgingen (Tucker 1971, Faulkner 1959) en arhythmieën gedurende het bespelen van blaasinstrumenten.

2. Pulmonaal

De pulmonale belasting is voornamelijk beperkt tot de blazers.

Ten opzichte van een controlegroep blijken koperblazers een grotere vitale capaciteit, een groter residu-volume, een grotere totale longcapaciteit en grotere expiratoire flow waarden te hebben (Tucker 1971).

Gezien de grote inspanning waarmee het blazen gepaard gaat, kan het bespelen van een blaasinstrument tot een van de zwaarste pulmonale activiteiten gerekend worden (Bouhuys 1964). Bij blazen kan de intra-orale druk van 2,5 tot 158 mm Hg. variëren.

De begrenzing van de uitvoering is bij koperblazers voornamelijk van mechanische aard (druk, vermoeidheid), terwijl bij de houtblazers de limiet wordt gevormd door de maximale tijd waarin men de adem kan inhouden (Bouhuys 1964). Houtblazers hebben in tegenstelling tot koperblazers weinig druk en volume nodig om tot een toon te komen.

Nog steeds heerst de opvatting dat blazers, analoog aan glasblazers, op den duur longemfyseem ontwikkelen. Metingen van de ratio tussen residu-volume en totaal longvolume (RV/TLV-ratio) van blazers laten echter normale waarden zien (Rejsek 1960). Dit is mogelijk te verklaren door het feit dat blazers gewend zijn tegen een weerstand in te blazen. De gangbare meetmethoden van longvolumen hebben vrijwel geen weerstand. De conclusie dat blazers emfyseem ontwikkelen zal derhalve waarschijnlijk op deze meetfout berusten.

3. Bewegingsapparaat en neurologische aspecten

Bij het bewegingsapparaat is het volgens Samama (1984) zinvol een onderscheid te maken tussen statische en dynamische componenten.

De statische component wordt voornamelijk gevormd door de zogenaamde "basishouding", de houding waarin het lichaam zich bevindt tijdens het musiceren, bijvoorbeeld zitten of staan.

Deels statisch, deels dynamisch is de "deelhouding", de houding die door bepaalde lichaamsdelen ten opzichte van de basishouding wordt ingenomen om het instrument te bespelen. Bij strijkers is dit bijvoorbeeld het heffen (statisch) van de bovenarm en het gedeeltelijk bewegen (dynamisch) van de bovenarm bij strijken en snaarwisselingen.

Uiteindelijk wordt met kleine skeletdelen en spiergroepen de bespeling verricht. Dit draagt een dynamisch karakter en is in bedrijfsgeneeskundige zin te omschrijven als kort cyclische arbeid, frequent repeterende bewegingen.

De basishouding is bij de meeste musici al in de vroege jeugd gevormd. Is de basishouding niet goed dan treden ongewenste spierspanningen op, die weer hun repercuties hebben op de deelhouding en de bewegingen en derhalve consequenties hebben voor de kwaliteit van de uitvoering (Samama 1981). Er is dan sprake van een verstoring van de kinetische keten (Champagne 1986).

Bij de basishouding kunnen op den duur afwijkingen optreden die vooral de wervelkolom betreffen. Vooral de cervicale en lumbale wervelkolom moeten het ontgelden. Dit geldt met name voor musici die instrumenten bespelen die een asymmetrische houding vereisen (strijkers, dwarsfluit).

Bij violisten is duidelijk te zien dat de cervicale wervelkolom wordt belast door een lateroflexie naar links-voor. Een kritische beschouwing van de kin- en schoudersteun kan dikwijls de sleutel zijn tot de diagnose van de overbelasting van dit lichaamsdeel (Champagne 1979, Kahle 1956).

Bij fluitisten is er een cervicale belasting door de lateroflexie naar rechts-voor. De neiging van vele fluitisten om door de moeilijke arm- en handhouding het instrument nog verder naar rechtsachter te trekken werkt verdere torsie in de hand (v.d. Klashorst 1977). Samama (1981, 1984) stelt dat bovendien aandacht besteed dient te worden aan de stressaspecten welke vaak aan deze afwijkende houding ten grondslag liggen. In een inventariserend onderzoek van Bejjani et al (1984) bleek dat 56 % van de 71 onderzochte musici een deformatie van de wervelkolom had, met een linkse convexiteit voor violisten, cellisten en gitaristen en een rechtse of linkse convexiteit voor pianisten en harpisten. Er is echter geen vergelijking gemaakt met een groep niet-musici.

Streda (1972) concludeert dat musici significant meer afwijkingen van de wervelkolom hebben dan niet-musici en strijkers meer dan blazers.

Bij de deelhouding betreft het voornamelijk statische arbeid van de schoudermusculatuur. Uiteindelijk is de deelhouding een onderdeel van de basishouding. Een vermoeidheidsgevoel c.q. een surmenage van de deelhoudingsmusculatuur heeft vaak een afwijkende basishouding tot gevolg en omgekeerd. Voor de schoudermusculatuur dient de nadruk te liggen op training die het uithoudingsvermogen opvoert en niet op krachtontwikkeling (Bejjani 1984). Fry (1986) adviseert daarnaast een weloverwogen gedoseerd gebruik van de musculatuur. Vermindering van de statische spierbelasting en aanpassing van de studie activiteiten aan de mogelijkheden van de betrokkene, bleek ten opzichte van een controlegroep zonder deze adviezen effectief te zijn (Fry 1987).

De uiteindelijke bespeling van het instrument geschiedt door middel van vingers, polsen en onderarmen en bij de blaasinstrumenten ook met de lippen en de kaken. Klachten omtrent deze lichaamsdelen betreffen meestal de weke delen, zoals spieren, pezen en ligamenten. De problemen zijn onder te verdelen in drie categorieën:

- neurologische problematiek
- beroepskrampen
- pees/ligamentproblematiek

De neurologische problematiek wordt voornamelijk veroorzaakt door druk van het instrument tegen bepaalde lichaamsdelen. Bekend zijn hypo- en hyperaesthesien aan de mediale zijde van de rechter duim bij strijkers, veroorzaakt door het vasthouden van de strijkstok, compressiesyndroom van de beenzenuwen bij de viola da gamba (die evenals de barokcello tussen de benen wordt geklemd) (Schwartz 1980), neuropathie van de vingers bij fluitisten (Cynamon 1981) en de rechter duim bij hoboïsten en in het bijzonder bij althoboïsten (Schulman 1982). Het betreft echter grotendeels casuïstische mededelingen.

Lederman (1989) onderzocht daarentegen 226 musici naar aanleiding van mogelijke aan het beroep gerelateerde symptomen. Hiervan hadden 130 (58 %) perifere neurologische beelden. De therapie bestond uit aanpassing van studieschema's en speelt technieken en bij 51 musici fysiotherapie. Newmark en Hochberg (1987) onderzochten 57 musici die klaagden over pijnloze ongecoördineerde bewegingen van de bovenste ledematen en vonden focale motorische stoornissen, meestal de musculatuur van de vingers betreffende.

De beroepskrampen zijn te vergelijken met de bekende schrijfkrampe (Harman 1982). Volgens Hunter (1978) betreft het een psychoneuritis, waarbij het niet zeker is of de storing gelegen is in de spier of in de innervatie (of beiden). Champagne (1986) stelt in een klinische evaluatie omtrent deze distonie dat deze spontaan wordt geprovoceerd door bepaalde houdingen, die een disbalans veroorzaken van de kinetische keten van de vingers. Aldus wordt het functionele systeem geblokkeerd. Tevens stelt hij dat patiënten met karakteristieke psychische predispositie hier eerder last van krijgen.

De pees- en ligamentproblematiek is terug te voeren op surmenageletsels van de gebruikte lichaamsdelen. De problemen treden voornamelijk op bij uitvoering van snelle passages. Hoppman en Patrone (1989) geven in een overzicht van spier- en gewrichtsproblematiek bij musici aan dat strijkers voornamelijk getroffen worden door overbelasting van spieren en pezen en pianisten door motorische dysfunctie. Een onderzoek van Hochberg (1983) toonde aan dat het 45 % van de gevallen ontsteking van pezen en gewrichten betreft en in 24 % storingen in de motorische controle. Bij pianisten betreft het meestal de vierde en vijfde vinger van de rechter hand, bij violisten meestal de wijsvinger van de linker hand. Newmark en Hochberg (1987) kwamen in een onderzoek naar focale motorische stoornissen tot dezelfde conclusie. Wagner (1987) onderzocht 600 musici en concludeerde dat predispositie een belangrijke oorzaak is van deze overbelastingsverschijnselen.

De therapie dient in alle gevallen te bestaan uit het allereerst uitvoeren van een grondige houdingsanalyse van de desbetreffende musicus (Wagner 1987, Fry 1987, 1986, v.d. Klashorst 1977, Koelsch 1953). Uiteindelijk kan fysiotherapie de symptomen verlichten, maar daarbij moet het niet blijven (Harman 1982). Houdingsverbetering zal uiteindelijk de oplossing moeten brengen, alsmede het voorschrijven van oefeningen om het eenzijdige bewegingspatroon te doorbreken (Samama 1981). De nadruk dient te liggen op een geïntegreerde aanpak van de lichamelijke klachten en de vaak daaraan ten grondslag liggende psychische problematiek, die een soepel en optimaal gebruik van de benodigde musculatuur in de weg staat (Champagne 1986, Samama 1984, Havas 1980, Szende 1977).

Daarentegen stelt Fry (1987) dat de psychische problematiek eerder een gevolg dan een oorzaak is van de bewegingsstoornis.

4. Kaak- en gebitsaspecten

Het gebit heeft vooral bij blazers veel te verduren, met name door de druk die het mondstuk op de gebitselementen en de kaak uitoefent. Toch ziet men bij violisten en altviolisten ook afwijkingen van de kaak. Dit wordt veroorzaakt doordat het instrument onder de linker kaak wordt geklemd. Met name het type kinhouder is van invloed op het functioneren van het kaakgewricht (Bryant 1989, Hirsch 1982, Rieder 1976, Herman 1974).

Een goede occlusie is voor blazers onontbeerlijk voor een goede toonvorming (Prensky et al 1987, Salzman 1974). Bij een beginnende musicus ervan uitgaan dat zijn eventueel aanwezige malocclusie, met name van de voortanden, zal corrigeren door het bespelen van een bepaald blaasinstrument is echter een hachelijke zaak. Op individueel niveau blijkt het effect op de malocclusie onvoorspelbaar te zijn (Pang 1976).

Bij de gebitsaspecten dient men zich te realiseren welk instrument de musicus bespeelt. Men onderscheidt vier soorten mondstukken bij blaasinstrumenten (naar Dunn 1982):

1. Ronde, schotelvormige (koperblazers).
2. Enkel riet (clarinet, saxofoon).
3. Dubbel riet (hobo, fagot).
4. Apertuur (dwarsfluit).

Bij de koperblazers is er dan nog een verschil in de schotelvormige mondstukken, afhankelijk van het instrument. De mondstukken van trompet en hoorn zijn klein en steunen voornamelijk op de voorste gebitselementen. De mondstukken van de lager gestemde koperinstrumenten hebben een grotere doorsnede en deze steunen tevens op de kaak.

Met name bij hoornisten is door de kleine afmeting van het mondstuk het risico groot dat op den duur de voortanden los in de kaak gaan staan, hetgeen veroorzaakt wordt doordat het kleine mondstuk voornamelijk steunt op de voorste gebitselementen en niet op de kaak (Porter 1974). Daarentegen werd in een vergelijkend onderzoek bij 242 musici geen verschil gevonden tussen blazers en strijkers met betrekking tot alveolaire processen in de kaak (Bergstroem en Eliasson 1986). Ook in een vergelijkend onderzoek bij 250 musici werd geen verschil in hypermobilität van de gebitselementen tussen blazers en strijkers gevonden (Bergstroem en Eliasson 1988).

Hoe vroeger men begint met spelen, hoe meer kans bestaat op een gebitsafwijking. Met de studie kan beter gewacht worden tot de botgroei nagenoeg of geheel gestopt is (Porter 1973, 1974).

Om gebitsdeformatie te vermijden verdient derhalve een "drückschwache Ansatz" (een Nederlandse vertaling is nauwelijks te geven) aanbeveling (Schottner 1971). Ook uit het oogpunt van het vermijden van een hoge intra-orale druk is dit aanbevelenswaardig (Hofmann, zonder jaartal).

Met betrekking tot kinderen die een blaasinstrument (gaan) bespelen adviseert Gualtieri (1979) een tandheelkundige selectie. Voortdurende controle van kinderen die blaasinstrumenten bespelen wordt gezien als een goede preventie (Lapten 1979). Een longitudinale studie naar de effecten van het bespelen van blaasinstrumenten bij kinderen liet significante veranderingen zien aan gebit en gelaat ten opzichte van een controlegroep (Brattstroem, Odenrick en Kvam 1989).

Tandheelkundigen die musici behandelen dienen zich de belasting van het gebit van hun patiënten te realiseren, alsmede de afhankelijkheid van blazers van een goed gebit (Braak 1985). Voor het behoud van een gebit van een blazer, waarvoor kostbare voorzieningen nodig zijn, kan in Nederland het GAK-GMD financiële voorzieningen scheppen (Braak 1985).

5. Keel-, neus- en ooraspecten

De intra-orale druk bij het bespelen van blaasinstrumenten kan hoog zijn. De druk die nodig is voor normale spraak is 5 tot 6 mm Hg (Dibbel 1979). Tabel 2.2. toont de drukmaxima van diverse blaasinstrumenten bij fortissimo-spel (Dibbel 1979).

Om deze hoge druk te kunnen bereiken en te handhaven dient de weg die de lucht naar de neus kan nemen tijdens deze geforceerde expiratie afgesloten te worden. Indien onder de hoge druk deze weg toch geopend wordt, spreekt men van velopharyngeale stress-incompetentie. Dit is bij hoboïsten (Weber 1970) en trompettisten (Dibbel 1977, 1979) beschreven.

Bij sommige blazers wordt onder invloed van de verhoogde druk lucht in de parotis geperst, waardoor recidiverende parotitiden ontstaan, die ten onrechte voor "bof" worden aangezien. Dit verschijnsel wordt in de Angelsaksische literatuur aangeduid als "wind-parotitis" en is beschreven bij clarinettisten (Saunders 1973), trompettisten (Reitlinger 1964) en hoornisten (Luongo 1966). Het beeld wordt overigens al sinds de middeleeuwen bij blazers beschreven (Pritchett 1973). Gesteld wordt echter dat "wind-parotitis" een foute benaming is en dat parotis-empysem of pneumoparotitis een betere naam is (Banks 1968, Rysenaer en Van Deinse 1963).

Een ander verschijnsel is het optreden van asymptomatische laryngokèles, verruimingen van de luchtweg tussen de valse en de echte stembanden. In een onderzoek bij 93 leden van een Canadees militair blaasorkest werden bij 52 personen (56 %) laryngokèles gevonden, alle op vijf na tweezijdig (Macfie 1966). Een controlegroep ontbreekt echter, of het moet de vermelding zijn dat de laryngokèle bij de orang-oetang een normaal verschijnsel is.

Tevens is het optreden van diverticulosis beschreven bij een saxofonist, waarbij dit beeld werd toegeschreven aan de intra-orale en intra-thoracale drukverhogingen en de daarmee gepaard gaande intra-abdominale drukverhogingen (Shea 1979).

Tabel 2.2.

Maximale intra-orale druk bij fortissimo op diverse instrumenten (Dibbel 1979).

instrument	mm Hg
houtblazers	
fagot	89.7
altsaxofoon	56.2
bes-clarinet	86.4
althobo	54.7
hobo	80.8
altdwarsfluit	31.7
dwarsfluit	77.8
altblokfluit	11.6
piccolo	58.3
koperblazers	
bastuba	77.6
tenortuba	64.7
trombone	126.0
hoorn	115.9
C-trompet	125.8
D-trompet	132.4
A-trompet	107.8

Van Hees (1987) vermeldt casuïstiek met betrekking tot liesbreuken en recidiverende sinusitiden, welke mede aan deze drukverhogingen zijn toe te schrijven. Reitlinger (1964) pleit ervoor al deze door intra-orale drukverhogingen veroorzaakte ziektebeelden als beroepsziekten aan te merken.

Als therapie c.q. preventie wordt een "drückschwache Ansatz" aanbevolen (Hofman, zonder jaartal).

2.2.3.2. Chemische aspecten, huid en allergieën

Het bespelen van muziekinstrumenten gaat gepaard met vochtontwikkeling, hetzij door transpiratie, hetzij door condensatie van ingeblazen uitademingslucht bij blaasinstrumenten. Bij koperinstrumenten treedt door de reactie van transpiratievocht met koper (of messing, chroom of nikkel) van het instrument een chemische reactie op, die in sommige gevallen een huidaandoening teweeg kan brengen. Het coaten van de aanrakingsplaatsen of het dragen van handschoenen kan dan een oplossing zijn (Wei 1974).

Hoewel de fluit tot de houtblazers behoort zijn thans de meeste dwarsfluiten van metaal en bedekt met nikkel of chroom (soms met zilver of goud). Ook hier treden met name aan de kin - als plaats met grote huiddruk, vocht, warmte en wrijving - allergische reacties op (Gardner 1978).

Allergie, in samenhang met reacties veroorzaakt door condensvocht en speeksel, voor tropische houtsoorten komt met name voor bij clarinettisten. De druk van het hout op de onderlip kan een eczematuze dermatitis veroorzaken (Hindson 1978). Een plastisch schildje over dit deel van het instrument wordt als oorzakelijke therapie aanbevolen (Krivin 1975).

Allergieën voor de lak van strijkinstrumenten komen eveneens voor (Murphy 1974). Een andere huidaandoening bij violisten en altviolisten is de callus die in de linker hals ontstaat op plaats waar het instrument tegen de hals drukt, in de Angelsaksische literatuur "fiddler's neck" genoemd. Enerzijds kan dit ontaarden in een contact-dermatitis (Tennstedt 1979), anderzijds in een acne mechanica met ontstekingsverschijnselen (Mills 1975, Stern 1977). Het instrument meer horizontaal houden (Stern 1977) of een doek in de hals kan dit voorkomen. Ook bij instrumenten die tegen de borst worden gehouden is een soortgelijk beeld beschreven, zoals bij de gitaar (Curtis 1974), violoncello en contrabas (Murphy 1974). Bij blaasinstrumenten komt dit verschijnsel voor bij fluitisten (Dahl 1978) en koperblazers (Landeck 1974, Walter 1959).

2.2.3.3. Biologische (bacteriële) aspecten

De bovenvermelde beelden van acne mechanica hangen samen met de bacteriële "bevolking" van het desbetreffende huiddeel. Uit blaasinstrumenten zijn staphylococci, gramnegatieve staven en grampositieve Clostridium typen geïsoleerd (Ademello 1973). In een casuïstische mededeling (Lodha en Sharma 1988) is het optreden van een extrinsieke allergische alveolitis bij een saxofonist beschreven, veroorzaakt door een candida-schimmel in zijn instrument.

In een studie naar de mate van voorkomen van herpes labialis bij koper- en houtblazers (Barkvoll en Attramadal 1987) bleek de incidentie hiervan tweemaal zo groot te zijn als bij een controlegroep. De onderzoekers stellen dat het chronische mechanische trauma van de lippen bij de blazers de oorzaak kan zijn.

De nadruk dient te liggen op een goede hygiëne van die delen van het instrument die onder hoge druk met het lichaam in aanraking komen (Walter 1959), alsmede van de huid zelf op die plaatsen.

2.2.3.4. Fysische aspecten - Arbeidsomstandigheden

Een moderne concertzaal met een ruim, goed verlicht podium waarop iedere musicus voldoende ruimte heeft is niet voor ieder orkest weggelegd. En als zo'n zaal bestaat repeteert het orkest vaak nog steeds in een te kleine, slecht verlichte repetitieruimte, gezeten op ergonomisch slechte stoelen (Van Hees 1987).

Indien een orkest in een orkestbak moet spelen zijn deze orkestbakken in de meeste gevallen niet berekend op de huidige omvang van het orkest (Van Hees 1987).

1. Geluid

Binnen de literatuur die verschenen is over geneeskundige aspecten van musiceren is een niet onbelangrijk deel gewijd aan geluid c.q. lawaai. Aan dit onderwerp zal een apart literatuuroverzicht gewijd worden (zie 2.3.).

2. Vochtigheid

De relatieve vochtigheid kan met name in een orkestbak, die een half tot driekwart afgesloten ruimte is, gedurende een uitvoering met ongeveer 20 % stijgen (Piperek 1971). Uit eigen onderzoek bleek dat 5 seconden na een tutti-inzet van de blazers de relatieve vochtigheid ten opzichte van de waarde van vóór de inzet met 2-3 % steeg en weer tot de uitgangswaarde terugkeerde 5 seconden na het ophouden der blazers.

3. Temperatuur

Temperatuurstijgingen van de omgeving tussen de 3° en 5° C zijn gemeten tijdens uitvoeringen (Mijnsbergen 1977). Veel aandacht aan dit aspect is in de literatuur niet besteed, en evenmin aan de temperatuurstijging in samenhang met de hoge Clo-waarde voor musici (rokkostuum!).

4. Stof

Stof kan met name in orkestbakken een probleem zijn. Na een uitvoering is het stofgehalte in de lucht 2-3 maal zo hoog als daarvoor (Piperek 1971).

5. Licht

De verlichtingssterkte verschilt i.h.a. van plaats tot plaats in het orkest. Met name daar waar gespeeld wordt in oude zalen, orkestbakken en repetitieruimten kan de lichtsterkte op het muziekblad onvoldoende zijn (Haider 1971, Mijnsbergen 1977). Een minimum van 250-500 Lux wordt aanbevolen (Leebeek 1982).

6. Ergonomische aspecten

Hoewel het instrument van een musicus al een ergonomisch probleem op zichzelf is, wordt hiermede de stoel bedoeld. Volgens een Nederlands onderzoek (Jansen 1978) voldoet geen enkele bij de orkesten gebruikte stoel aan de in Nederland gehanteerde normen. Een goede stoel is een eis voor een goede basishouding en een slechte stoel bevordert deze houding niet (v.d. Klashorst 1985).

Met uitzondering van de geluidsexpositie is literatuur met betrekking tot onderzoek naar fysische aspecten van musiceren schaars en onvolledig. Goed arbeidshygiënisch onderzoek naar deze aspecten is dan ook aan te bevelen.

2.2.3.5. Perceptief-mentale aspecten

Een musicus ondergaat vele visuele en auditieve indrukken tegelijkertijd. Visuele indrukken zijn de dirigent, andere musici, het muziekblad (de "eigen partij") en het eigen instrument.

Tegelijkertijd ondergaat de musicus een reeks simultane auditieve indrukken, zoals volume, toonhoogte en timbre van het eigen instrument en andere instrumenten. Dit alles dient te geschieden in een steeds opvolgende reeks op een bepaald tijdsmoment en gedurende een bepaalde tijdsduur. Dit legt op de musicus een buitengewoon zware psychische belasting (Piperek 1971).

2.2.3.6. Psychosociale aspecten

Een groot onderzoek onder 2212 musici van 47 symfonie orkesten (Middlestadt en Fishbein 1988) toonde aan dat er een significante samenhang is tussen ervaren stress enerzijds en anderzijds de leeftijd, het orkest waarin men speelt, het type instrument en de status van solist.

Het repertoire kan een bron van onvrede en frustraties zijn (Brok 1978, Führmeister en Wiesenhütter 1973), waardoor de arbeidsvreugde daalt en de musicus, zeker indien het gaat om bijkans onspeelbare, veelal moderne symfonische stukken, last krijgt van irritatie en faalangst.

Aanwezigheid van publiek blijkt een belangrijke stressfactor te zijn. Bij afwezigheid van publiek bleek in een onderzoek de polsfrequentie van de onderzochte musici significant lager te zijn dan in aanwezigheid van publiek (Glucksmann 1975).

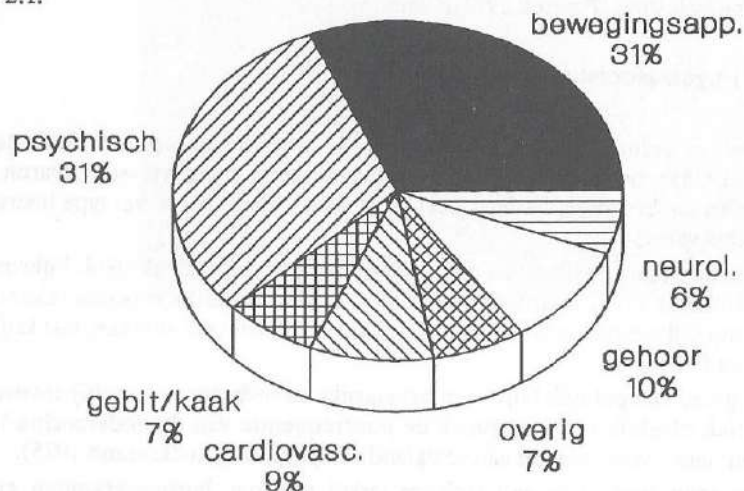
Uit deze spanningen kan een vicieuze cirkel met o.a. beroepskrampen en tic's voorkomen. Biofeedback wordt aanbevolen bij blazers (Levee 1976) en strijkers (Reynolds 1981) om uit deze kramptoestanden te geraken.

Een milder, maar veel voorkomend verschijnsel is de bekende plankenkoorts. Over het algemeen hebben solisten hier meer last van dan groepsmusici (Schwarz 1980, Piperek 1971). Een enquête onderzoek onder 65 beroepsmusici, 41 conservatoriumstudenten en 40 leden van een amateur orkest toonde aan dat plankenkoorts het laagst scoorde bij beroepsmusici en het hoogst bij conservatoriumstudenten (Stephoe en Fidler 1987). Behandeling met Bèta-blokkers kan dit doen afnemen (Lockwood 1989, Lehrer et al 1987, Liden 1974). Voordat tot zo'n therapie wordt overgegaan dient eerst de anamnese met betrekking tot actuele en vroegere CARA-klachten afgenomen te worden (Hirschler 1985).

Veel onderzoek naar de perceptief-mentale en psychosociale aspecten van het beroep van musicus is niet gedaan. Piperek (1971), Führmeister en Wiesenhütter (1973) zijn veel geciteerde auteurs. Nader onderzoek o.a. door middel van specifiek te ontwikkelen vragenlijsten voor Periodiek Bedrijfsgezondheidkundig Onderzoek (PBG) is hier aan te bevelen.

2.2.3.7. Arbeidsongeschiktheid

Het reeds eerder vermelde onderzoek van Van Straaten (1987) is een van de vermoedelijk zeer weinig publicaties op dit gebied. Zij onderzocht bij een populatie van gemiddeld 1139 musici die tussen 1976 en 1985 werkzaam waren de redenen van blijvende arbeidsongeschiktheid. De cumulatieve incidentie gedurende deze 10 jaar betrof 134 (12 %) musici. De tracti waarin deze redenen liggen zijn weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1.

Procentuele verdeling van de redenen van blijvende arbeidsongeschiktheid bij 134 musici uit een totale populatie van 1139 musici gedurende 1976-1985 (naar Van Straaten 1987).

2.3. Geluid en musici

Geluid c.q. lawaai (lawaai is ongewenst geluid (Kryter 1985)) is in de industrie in de meeste gevallen een noodzakelijk kwaad, een ongewenst bijproduct dat bestreden dient te worden. In dat opzicht is een orkest een ambivalent bedrijf. Geluid is een verkoopproduct, sterker: geluid is het hoofdproduct en moet niet bestreden worden, maar juist goed gehoord kunnen worden.

Voor geluid geldt dat, indien een bepaalde norm (thans 80 dB(A)) wordt overschreden, schade aan het gehoororgaan kan optreden. Stekelenburg (1982) stelt dat deze grens lager dan 75 dB(A) zou moeten liggen, evenals de WHO en de EPA. Kryter (1985) stelt dat deze grens zelfs bij 60 dB(A) moet liggen.

Ook kunnen extra-auditieve effecten optreden: andere organen of orgaansystemen kunnen reageren dan wel beschadigd worden. Hoewel aan de extra-auditieve aspecten van geluid veel aandacht is besteed (o.a. Talbot 1984, Van Dijk 1984, Bloemsmma 1986, Sanden 1981, Verbeek 1979, Ettema 1979, Knipschild 1976a-b) wordt in het kader van dit proefschrift hieraan voorbij gegaan.

Binnen de voorhanden zijnde literatuur omtrent geneeskunde en musiceren is relatief veel gepubliceerd over geluid, lawaai en musicus. Enerzijds over de geluidexpositie (de arbeidsbelasting in de vorm van geluid), anderzijds over het effect van deze expositie op het gehoororgaan.

Beide aspecten van deze complexe materie zullen in dit gedeelte van het literatuuroverzicht behandeld worden, zij het niet tot op gedetailleerd niveau. Zulks vanwege de praktische hanteerbaarheid en de omvang. Meer uitgebreide informatie omtrent de klankspectra van muziekinstrumenten, basale aspecten van het gehoor en toon- (hoogte)waarneming worden behandeld in hoofdstuk 3.

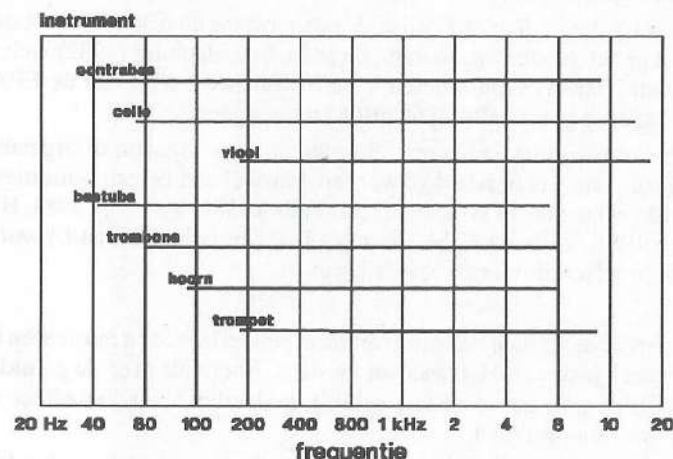
2.3.1. Geluidexpositie

De geluidexpositie van musici wordt in de literatuur over het algemeen uitgedrukt in dB(A)*. Dit betreft dan meestal de expositie gedurende een zekere tijdsduur of de piekbelasting. Enkele publicaties geven resultaten van frequentieanalyses van popmuziek en symfonische muziek. Frequentieanalyses van enkele muziekinstrumenten worden behandeld in hoofdstuk 3. Volstaan wordt in dit hoofdstuk met het frequentiebereik van diverse muziekinstrumenten en spraak (Olsen 1967) (figuur 2.2).

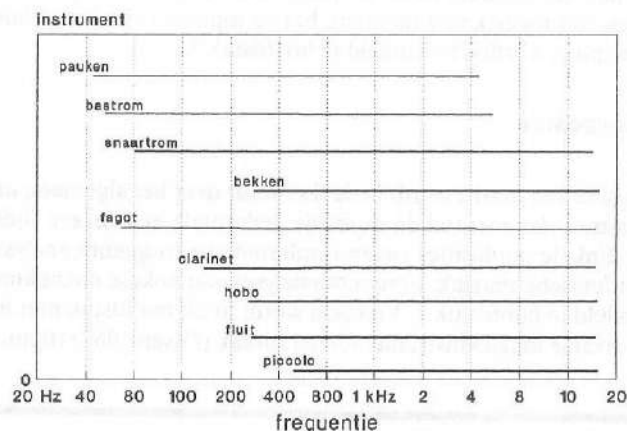
* dB(A)-meting houdt rekening met de mindere gevoeligheid van het menselijk gehoor voor de lage frequenties. De dB(A)-meting kent meer gewicht toe aan de hoge dan aan de lage frequenties zoals in het menselijk oor. Deze zogenaamde A-weegcurve is internationaal de belangrijkste gestandaardiseerde weegcurve (Kryter 1985).

2.3.1.1. Frequentieanalyse

Frequentieanalyses bij popmuziek toonden bij geluid tot 2 kHz een maximaal niveau voor de musici van 98 dB, met daarna een verval tot 85 dB bij 4 kHz, tot 72 dB bij 8 kHz en tot 45 dB bij 16 kHz (Rintelman 1972). Andere auteurs melden overeenkomstige spectra bij popmuziek (Speaks 1970, Lipscomb 1969, Flottorp 1973, Ulrich 1974) en dansorkesten (Jatho 1972).



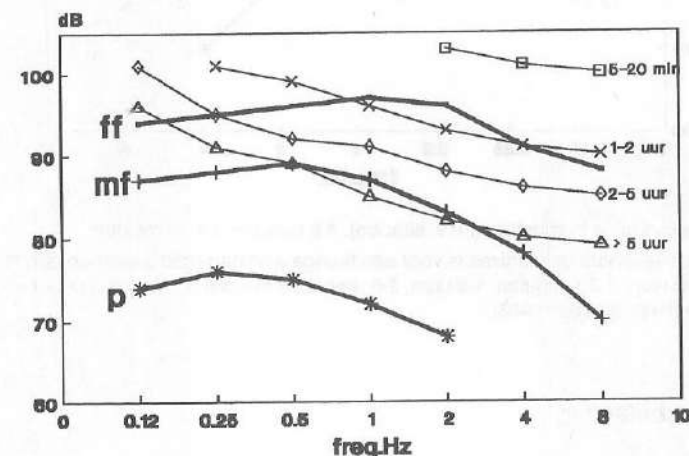
Figuur 2.2a.
Frequentiebereik van strijkinstrumenten en koperinstrumenten in Hz.



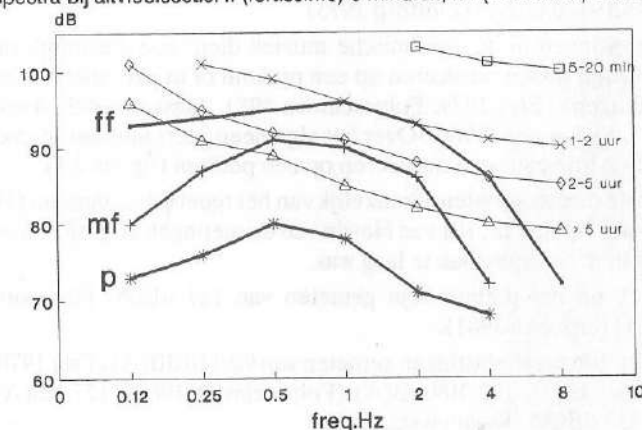
Figuur 2.2b.
Frequentiebereik van slagwerk en houtblaasinstrumenten in Hz.
Het frequentiespectrum van de Dresdner Philharmoniker (tijdens een plaatopnamesessie) toont tussen 0.125 kHz en 2.5 kHz de hoogste niveaus, die ongeveer 108 dB zijn (Ahnert 1984). Tussen 2.5 kHz en 4 kHz vermindert dit maximale niveau met ongeveer

10 dB. Een onderzoek van Axelsson (1981) kwam tot soortgelijke resultaten, het hoogste niveau tussen 0.125 kHz en 2.5 kHz, daarna daling met ongeveer 10 dB tot 4 kHz en vanaf 2.5 kHz een daling van 20 - 25 dB bij 8 kHz.

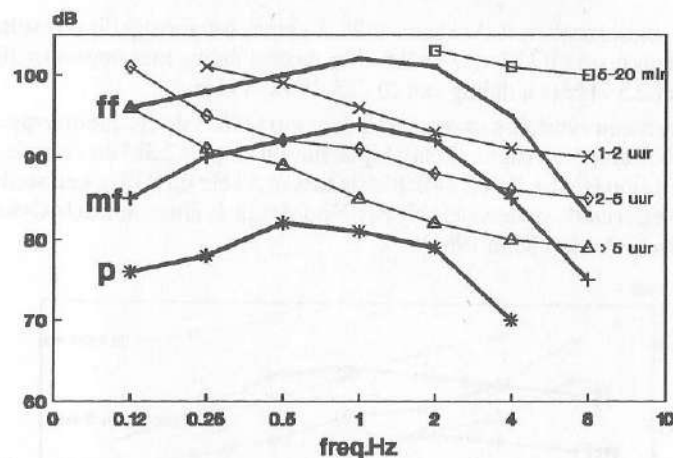
Temidden van een symfonie orkest heeft Jansson (1983) de frequentiespectra geregistreerd bij de altviolen (figuur 2.3a), bij de fluiten (figuur 2.3b) en vóór de trompetten bij de althobo (figuur 2.3c). Ook hier is tussen 2 kHz en 8 kHz een steile afval te zien. Een Nederlands onderzoek bij het Noordelijk Philharmonisch Orkest levert dezelfde conclusies op (Klijn 1984).



Figuur 2.3a.
Frequentiespectra bij altvioolsectie. ff (fortissimo) 8 minuten; mf (mezzoforte) 52 minuten.



Figuur 2.3b.
Frequentiespectra bij houtblazers (fluiten). ff 117 minuten; mf 157 minuten.



Figuur 2.3c.

Frequentiespectra vóór trompetten (t.h.v. althobo). ff 6 minuten; mf 52 minuten.

De maximaal toelaatbare geluidniveaus voor een 8-urige werkdag (gebaseerd op een norm van 85 dB(A)) voor resp. 5-20 minuten, 1-2 uren, 2-5 uren en meer dan 5 uren zijn in dunne lijnen weergegeven (naar Jansson 1983).

2.3.1.2. Piekbelasting

Met betrekking tot de piekbelasting bij popmuziek melden diverse auteurs piekbelastingen van 120-130 dB(A) (Flottorp 1973).

Bij de piekbelastingen in de symfonische muziek dient een wezenlijk onderscheid gemaakt te worden tussen musiceren op een podium of in een orkestbak (opera- en balletbegeleidingen) (Frei 1979, Folprechtova 1981, Jansson 1983, Axelsson 1981, Katschke 1981, Kwiatowski 1986). Over het algemeen geeft musiceren in een orkestbak hogere dB(A)-niveaus dan musiceren op een podium (figuur 2.4).

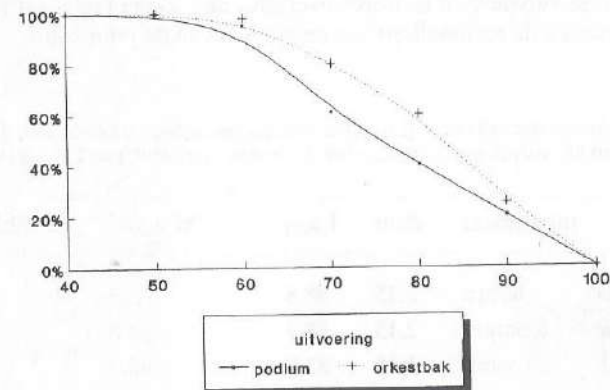
Uiteraard zijn de meetresultaten afhankelijk van het repertoire. Jansson (1983) meldt dat een deel van Symfonie nr. 101 van Haydn van de metingen uitgesloten werd omdat het geluidniveau in de orkestbak te laag was.

Piekbelastingen op het podium zijn gemeten van 121 dB(A) (Jansson 1983) en 100-115 dB(A) (Katschke 1981).

In orkestbakken zijn piekbelastingen gemeten van 90-110 dB(A) (Frei 1979), 100-130 dB(A) (Katschke 1981), 102-109 dB(A) (Folprechtova 1981), 125 dB(A) (Jansson 1983) en 110-123 dB(A) (Kwiatowski 1986).

Over het algemeen worden de hoogste waarden gemeten bij de houtblazers en de koperblazers, waarbij het uit diverse publicaties niet duidelijk is of de geluidexpositie van de geluidproducerende musicus zelf wordt gemeten of van de musicus vlak vóór de geluidbron. De meetopstelling van Kwiatowski (1986) is zodanig dat aan de geluidproducerende musicus zelf wordt gemeten, maar beïnvloeding door andere instrumenten vindt gelijktijdig plaats (overigens wordt dan toch de gehele expositie

van de musicus gemeten). Jansson (1983) meet algehele piekniveaus temidden van instrumentgroepen en niet zozeer instrument- of plaatsgebonden niveaus.



Figuur 2.4.

Cumulatieve geluidniveaudistributie van podiumuitvoering (Haydn en Bruckner, 100 % = 130 minuten) en bakuitvoering ('Coppelia' van Delibes, 100 % = 116 minuten) (naar Axelsson 1981).

2.3.1.3. Tijdsduur van de expositie

Omtrent de duurbelasting, over het algemeen uitgedrukt als Leq-waarden, is enige diversiteit van meetmethoden. Over het algemeen wordt de duurbelasting vermeld in Leq.dB(A) en in recentere publicaties in LAeq, maar de geëxtrapoleerde tijdperioden variëren sterk. In de bedrijfsgezondheidszorg is het gebruikelijk de geluidbelasting in de tijd uit te drukken in 8hLeq.dB(A) of (recenter) in LEX, waarbij de geluidbelasting van een werkdag wordt gepresenteerd als ware het gedurende een werkdag van 8 uur (Passchier-Vermeer et al 1988).

Diverse geluidmeetapparatuur die in de bedrijfsgezondheidszorg wordt gebruikt rekent de gemeten dosis direkt om in de geluidexpositie van een 8-urige werkdag.

Axelsson (1981) vermeldt dB(A)-niveaus met 5hLeq (5 uur) maar ook de niveaus gedurende de werkelijke meetduur (tabel 2.3), Frei (1979) extrapoleert naar 50 minuten, maar zijn Leq-duur kan mogelijk ook 24 uur zijn, dit is in zijn publicatie niet duidelijk. Folprechtova (1981) meldt Leq-niveaus maar vermeldt geen tijdsduur en Katschke (1981) doet vermoeden dat zijn Leq-duur 7.5 uur is. Jansson (1983) vermeldt een 40hLeq (40 uur) en Kwiatowski (1986) dB(A)-niveaus in 8hLeq (8 uur). De gevonden Leq-niveaus zijn uiteraard afhankelijk van het repertoire.

Vergelijking van meetresultaten met betrekking tot vergelijkbare composities en acoustische omstandigheden (verschil orkestbak versus podium!) zijn moeilijk. Leq-niveaus, verkregen door extrapolatie naar de bovenvermelde tijdsduren zijn moeilijk

vergelijkbaar indien niet de werkelijke meetduur vermeld wordt, ook indien repertoire en acoustische omstandigheden vergelijkbaar zijn.

Alle auteurs zijn het er over eens dat de grens waaronder geen schadelijk effect op het gehoororgaan te verwachten is, wordt overschreden. Deze grens varieert overigens met het jaartal en de nationaliteit van de auteurs van de publicatie.

Tabel 2.3.

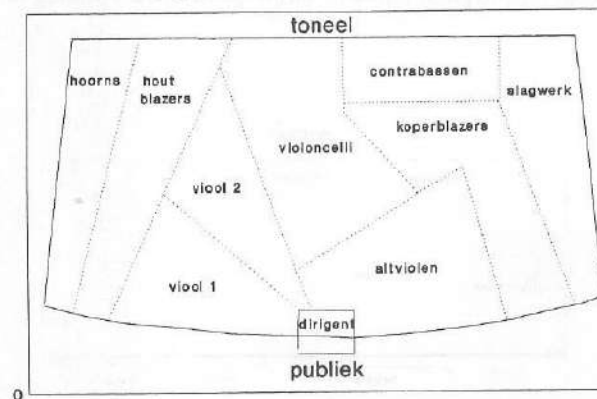
Leq-waarden in werkelijke expositieduur ($L_{Aeq,w}$) en $5hL_{Aeq}$ van volledige concerten, gemeten t.h.v. de bespeler van het instrument (Axelsson 1981). Tevens berekend naar $8hL_{Aeq}$ (=LEX).

compositie	instrument	duur	$L_{Aeq,w}$	$5hL_{Aeq}$	$8hL_{Aeq}$
Rameau + Dvorak	hoorn	2.15	88.8	85.3	83.1
Rameau + Dvorak	trompet	2.15	88.3	84.8	82.6
Rameau + Dvorak	viool	2.15	83.7	80.2	78.0
Schumann + Dvorak	trompet	1.40	89.4	84.6	81.8
Schumann + Dvorak	clarinet	1.40	85.9	81.1	78.3
Schumann + Dvorak	viool	1.40	83.3	78.5	75.5
Händel + Beethoven	trombone	2.05	89.6	85.8	83.7
Händel + Beethoven	trombone	2.05	86.6	82.8	80.7
Händel + Beethoven	clarinet	2.05	85.9	81.3	80.0
Haydn + Bruckner	clarinet	2.10	90.8	87.2	85.0
Haydn + Bruckner	hoorn	2.10	90.2	86.6	84.4
Haydn + Bruckner	viool	2.10	86.6	83.0	80.8
Haydn + Bruckner	c'bas	2.10	86.4	82.8	80.6
Kaminsky + Bruckner	fagot	2.00	91.2	87.2	85.2
Kaminsky + Bruckner	slagwerk	2.00	86.2	82.2	80.2

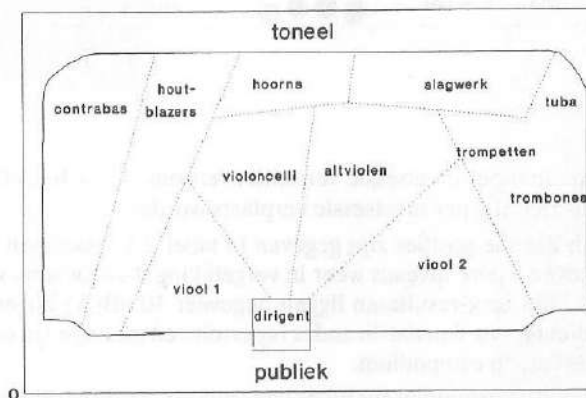
De LEX-niveaus van Axelsson (1981) liggen over het algemeen lager dan bij andere auteurs, deels omdat bij Barok-composities zoals van Rameau, Händel en (classisisch) Haydn geen hoge geluidniveaus worden bereikt.

2.3.1.4. De geluidverdeling over het podium

De geluidverdeling over het podium hangt samen met de orkestopstelling. Deze is niet voor ieder orkest dezelfde. Binnen de categorie symfonie orkesten verschilt deze opstelling van land tot land (figuur 2.5 t/m 2.7).



Figuur 2.5.
Opstelling Duits orkest in orkestbak (Kwiatowski 1986).

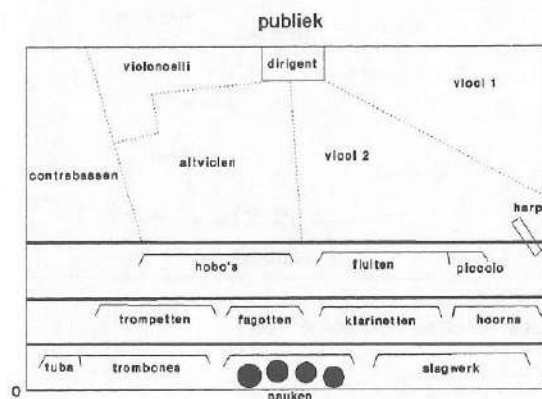


Figuur 2.6.
Opstelling Oostenrijks/Zwitsers orkest in orkestbak (Frei 1979).

Indien geluidniveaus worden gemeten van instrumenten of aan musici vlak voor die instrumenten is het goed zich deze verschillende orkestopstellingen te realiseren.

Het probleem met betrekking tot de vergelijking van expositieniveaus is dat er meestal steeds op andere plaatsen tijdens steeds andere composities wordt gemeten, waardoor nooit de verdeling van de expositieniveaus tijdens een en dezelfde compositie wordt gemeten. Ook de meetmethoden verschillen. In de literatuur zijn de verschillende meetmethoden directe dosimetrie (Axelsson 1981, Kwiatowski 1986), dosimetrie via geluidopnamen (Jansson 1983, Katschke 1981) en een combinatie van

beiden, waarbij de geluidopnamen worden gebruikt voor statistische analyse van normoverschrijding, klassebreedte (Kwiatowski 1986, Axelsson 1981, Jansson 1983) en spectrumanalyse (Jansson 1983, Axelsson 1981). Mijns inziens verdient de directe dosimetrie de voorkeur, daar bij dosimetrie via geluidopnamen de werkelijke orkestopstelling en werkelijke acoustische situatie wordt gereduceerd tot een speakerbox. Bovendien treedt bij een geluidopname altijd spectrumvervorming op.



Figuur 2.7.
Opstelling Nederlands orkest.

Het aantal meetpunten per meetsessie verschilt eveneens. Vaak betreft het drie tot vier microfoonposities, die per meetsessie verplaats worden.

Meetresultaten in diverse posities zijn gegeven in tabel 2.3. (Axelsson 1981). Deze LEX-resultaten geven lagere niveaus weer in vergelijking met Kwiatowski (1986) en Katschke (1981). Hun LEX-resultaten liggen ongeveer 10 dB(A) hoger (tabel 2.4), waarbij bedacht dient te worden dat dit ander repertoire en metingen in een orkestbak betreffen in plaats van op een podium.

Het blijkt dat de hoogste geluidsniveaus bij de koperblazers en de houtblazers gemeten worden. Overigens stelt Axelsson (1981) dat er opvallend weinig verschil is tussen de geluidsniveaus in de diverse meetopstellingen. Een mogelijke correctie voor verschillende repertoires ontbreekt echter.

Volgens de bovenvermelde auteurs overschrijden de in de literatuur vermelde niveaus veelal de veilige geachte grens van 80 dB(A).8hLeq.

Tabel 2.4.
LEX-niveaus in een orkestbak (Kwiatowski et al 1986).

compositie	instrument	LEX-niveau
Aïda (Verdi)	viool cello	87.4 89.6
Carmen (Bizet)	viool altviool	89.0 89.1
Fidelio (Beethoven)	viool	87.0
Die Fledermaus (J. Strauss)	c'bas viool trombone	81.6 86.8 91.3
Jenufa (Janacek)	viool	86.7
Lohengrin (Wagner)	tuba viool	92.8 90.2
Lucia di Lammermoor (Donizetti)	c'bas	83.4

2.3.2. Schade aan het gehoor

Schade aan het gehoor kan tijdelijk zijn (TTS=Temporary Threshold Shift) of blijvend (NIPHL=Noise Induced Permanent Hearing Loss). Indien het gehoororgaan wordt blootgesteld aan geluid van meer dan gewone intensiteit, dan reageert het gehoor hierop met een tijdelijke drempelverhoging (TTS).

2.3.2.1. Tijdelijke schade (TTS)

Met betrekking tot de TTS door popmuziek is het opvallend dat het grootste deel van de publicaties dit verschijnsel beschrijft bij jeugdige toehoorders (Lipscomb 1969, Speaks 1970, Jerger 1970, Rintelman 1972, Ulrich 1974). Lipscomb (1969) stelde proefdieren bloot aan 88 uur popmuziek en vond in het histologische preparaat van het niet-beschermde oor 19-25 % van de haarcellen beschadigd (jeugdige luisteraars naar popmuziek doen dit echter niet 88 uur lang). Lipscomb (1969) vond bij een onderzoek van 1000 jeugdige discotheekbezoekers in 11 % gehoorafwijkingen bij 2 kHz na enige tijd na expositie. Rintelman et al (1972) concludeerden dat na 60 minuten expositie aan 110 dB(A) rock & roll muziek bij 20 jonge vrouwen (18-22 jaar) een TTS van gemiddeld 26 dB bij 4 kHz optrad bij meer dan de helft van de proefpersonen. Ulrich en Pinheiro (1974) vonden bij 14 jeugdigen na 3.5 uur expositie aan rock & roll muziek van 110-115 dB(A) met pieken van 150 dB(A) bij 4 kHz een TTS van 15-18 dB. Follow up onderzoek na 5 maanden toonde aan dat bij 13 van de 14 proefpersonen de gehoordrempels weer tot de waarden van vóór de expositie waren teruggekeerd.

Met betrekking tot de musici die popmuziek spelen vermelden Speaks et al (1970) dat 6 van de 25 onderzochte musici een mogelijk "gevaarlijke" TTS vertoonden en dat 6 andere een mogelijk blijvende gehoorbeschadiging vertoonden.

Noch Lipscomb, Rintelman, Ulrich of Speaks vermelden echter expliciet de tijdsduur tussen einde expositie en het meten van de TTS. Jerger en Jerger (1970) vonden bij 8 van de 9 jeugdige rock & roll musici 1 uur na expositie een TTS van 15 dB of meer tussen 2 en 8 kHz.

TTS door klassieke muziek worden slechts door Frei (1979) en Axelsson (1981) beschreven. Axelsson beschrijft bij 10 (merendeels blazers) van de 139 musici (7.2 %) een TTS na 2 minuten van maximaal 6 dB bij 4000 Hz. Dit resultaat was herhaalde malen reproduceerbaar.

2.3.2.2. Blijvende schade (NIPHL)

Blijvende schade (NIPHL) door popmuziek is o.a. onderzocht door Passchier-Vermeer (1977). Zij vond aanwijzingen dat popmuziek van weinig belang was bij gehoorverlies bij jeugdige luisteraars.

De tachtiger jaren brachten een nieuwe mogelijkheid het gehoor aan schadelijke geluidsniveaus bloot te stellen door de uitvinding van de Walkman^R. Men hoeft niet meer naar popconcert of discotheek om een hoge geluidsexpositie te ondergaan; sinds de walkman draagt men die expositie op het hoofd met zich mee. De expositie aan geluidsniveaus is zodanig dat de veilig geachte grens van 80 dB(A) in de meeste gevallen wordt overschreden (Sieswerda 1986, Bradley 1987, Rice 1987a-b).

Bradley (1987) meldt dat 4 % van de walkmangebruikers klaagt over "verminderd gehoor" en 19 % over oorsuizen. Een controlegroep ontbreekt echter. Rice (1987) meldt dat 26 % van de walkmangebruikers last heeft van oorsuizen en adviseert dit te zien als een signaal voor dreigende gehoorbeschadiging. Van Hees (1989) constateert eveneens bij 26 % van de jeugdige walkmangebruikers oorsuizen en vindt in de

leeftijdsgroep van 14-18 jaar aanwijzingen voor een gehoorbeschadigend effect door het gebruik van een walkman ten opzichte van een controlegroep.

Bij onderzoek naar blijvende schade door klassieke muziek dient zich het probleem aan hoe blijvende schade moet worden gedefinieerd. Reeds in 1966 merkte Flach op: "Im Gegensatz zu den zahlreichen Publikationen zur Schwerhörigkeit oder Taubheit einzelner Musikpersönlichkeiten gibt es im Schrifttum unseres Fachgebietes nur wenige systematische Untersuchungen über das Hörvermögen einer grosseren Anzahl von Berufsmusiker". Ruim 15 jaar later stelt Axelsson (1981) dat het in vele publicaties nog steeds niet duidelijk is hoe bijvoorbeeld de leeftijdscorrectie is toegepast.

De publicaties met betrekking tot blijvende schade aan het gehoor bij musici vallen uiteen in twee hoofdsoorten: groepsaudiogrammen en individuele audiogrambeoordeling. Cruciaal in beide gevallen is de vraag wat de referentiewaarde is of de referentiepopulatie vormt. Hieraan is direct verbonden de vraag wat de definitie van een gehoorafwijking is.

2.3.2.3. De definitie van een gehoorafwijking

Een aantal auteurs gaat er van uit dat een geluidaanbod met een bepaalde intensiteit door iedereen gehoord moet kunnen worden, een vast drempelniveau derhalve (Ostri et al 1989, Klijn 1984, Axelsson 1981, Westmore 1981, Frei 1979, Zeleny 1975, Flach 1966).

Andere auteurs gaan er van uit dat het gehoor een fysiologische functie is die achteruit gaat met het stijgen van de leeftijd, de presbycusis (Ostri et al 1989, Johnson 1985, Karlsson 1983, Axelsson 1981, Frei 1979, Flach 1966). In hoeverre voor deze presbycusiswaarden gecorrigeerd wordt is in een aantal artikelen onduidelijk. Diverse auteurs hanteren een combinatie van bovenvermelde criteria over alle meetfrequenties van het audiogram (Axelsson 1981, Frei 1979, Flach 1966), dat wil zeggen dat na presbycusiscorrectie en/of een grensoverschrijding een audiogram afwijkend is. Flach (1966) en Klijn (1984) hanteren deze combinatie alleen bij 4 kHz.

Als referentiewaarden worden in een aantal gevallen de presbycusiswaarden van Spoor (1967, 1969) gebruikt (Axelsson 1981, Klijn 1984, Karlsson 1983, Johnson 1985). Ostri et al (1989) gebruiken de mediaan van de ISO 7029). Frei (1979) en Flach (1966) vermelden de "fysiologische" presbycusis als opmerking maar geven nergens referentiewaarden of een verwijzing hiernaar.

Axelsson (1981) wijst er op dat als rekening wordt gehouden met de "fysiologische" presbycusis 42 % van de onderzochte musici een gehoorafwijking heeft (niet duidelijk is of er sprake is van een prevalentieverschil t.o.v. de referentiepopulatie). Indien hiermede geen rekening wordt gehouden en een vaste drempelwaarde van 20 dB opiedere frequentie van het audiogram (250 - 8000 Hz) wordt gehanteerd heeft 58 % van de musici een gehoorafwijking.

Redenen om een audiogram van onderzoek uit te sluiten omdat er andere oorzaken dan expositie aan orkestgeluid zouden zijn worden slechts vermeld door Frei (1979), Karlsson (1983) en Ostri et al (1989). De meest voorkomende reden voor uitsluiting zijn middenoorpathologie, familiale doofheid, positieve vuurwapenanamnese, knal-trauma, otosclerose, Menière en verkoudheden ten tijde van de meting.

Flach (1966), Westmore (1981, Frei (1981), Axelsson (1981) en Johnson (1985) vermelden wel andere oorzaken dan orkestgeluid, maar hanteren dit niet als reden voor uitsluiting. De audiogrammen van deze op andere wijze oto- c.q. audiologisch belaste personen zijn dus in het onderzoeksmateriaal opgenomen.

Bij de groepsaudiogrammen doet zich eveneens het probleem voor van de referentiewaarden. In de publicaties waarin de referentiewaarden van Spoor (1967, 1969) worden gebruikt bij groepsaudiogrammen (Axelsson 1981, Johnson 1985, Karlsson 1983) kunnen de gebruikte statistische parameters het resultaat beïnvloeden. Spoor geeft mediane waarden en Axelsson vergelijkt rekenkundige gemiddelden van het eigen onderzoek met de mediane waarden van Spoor (ook een andere auteur (Talbot 1985) maakt deze methodische fout). Karlsson (1983) merkt op dat dit de verschillen tussen Axelsson en de controlegroep kan verklaren en gebruikt vervolgens dan ook mediane waarden, evenals Johnson (1985). Correctie voor presbycusis vond plaats door middel van de mediane waarden van Spoor. Ostri et al (1989) gebruiken de mediaan van de ISO 7029 (database A) per leeftijdsklasse van 10 jaar.

Sommige auteurs (Axelsson 1981, Klijn 1984) stellen dat een audiogram afwijkend is als de mediaan van Spoor met een vaste waarde (resp. 15 dB en 10 dB) wordt overschreden, dit om een meetfout uit te sluiten.

Karlsson (1983) en Johnson (1985) komen bij vergelijking van mediane waarden van groepsaudiogrammen tot de conclusie dat musici als groep geen gehoorafwijkingen hebben, terwijl Axelsson (1981), die rekenkundige gemiddelden hanteert in zijn onderzoek, tot de conclusie komt dat musici als groep wel gehoorafwijkingen hebben. Naast de medianen gebruikt Karlsson (1983) ook nog de 75e percentiel van Spoor en van de eigen waarnemingen en komt ook dan tot de conclusie dat musici niet slechter horen dan de referentiepopulatie. Ostri et al (1989) concluderen dat orkestmusici een slechter gehoor hebben dan de referentiepopulatie en dat dit aan expositie aan orkestgeluid toegeschreven kan worden.

2.3.2.4. De percentages afwijkende audiogrammen

De percentages afwijkende audiogrammen van de onderzochte groepen musici zullen dus afhankelijk zijn van de gehanteerde definitie van een gehoorafwijking en het gebruik van referentiewaarden.

Tabel 2.5 geeft de percentages afwijkende audiogrammen volgens de diverse criteria van verschillende auteurs (Van Hees 1987).

Tabel 2.5.

Percentages afwijkende audiogrammen bij verschillende auteurs en de door hen gehanteerde definities (Van Hees 1987).

auteur	jaar	definitie audiogramafwijking	omvang groep	% afw.
Rabinowitz	1982	20 dB elke freq.	110	20 %
Axelsson	1981	20 dB elke freq.	139	58
Westmore	1981	20 dB bij 4 kHz	34	34
Frei	1979	20 dB elke freq.	139	59
Zeleny	1975	20 dB elke freq.	118	72
Flach	1966	onbekend	277	16
Flach	1972	onbekend	506	16
Frei	1981	onbekend	139	54
Gryczynska	1977	onbekend	51	69
Siroky	1976	onbekend	76	20
Axelsson	1981	Spoor med. + 15 dB	139	42
Klijn	1984	Spoor med. + 10dB 4 kHz	60	15
Johnson	1985	Spoor med./Johnson	60	8
Van Hees	1986	Spo or 75e percentiel	95	61
Groepsaudiogrammen				
Johnson (med.) 1985		geen sign. verschil met Spoor (med.)		
Karlsson (med.) 1983		geen sign. verschil met Spoor (med.)		
Axelsson (gemid.) 1981		sign. verschil met Spoor (med.)		

De verschillende definities van een gehoorafwijking en het al dan niet gebruiken van (verschillende) referentiepopulaties maken onderlinge vergelijkingen van de diverse publicaties moeilijk.

2.3.2.5. De invloed van het instrument en de plaats in het orkest

De geluidexpositie van een musicus is over het algemeen afhankelijk van het instrument dat hij bespeelt en de plaats die hij daarmee op het orkestpodium inneemt. In het deel van het literatuuroverzicht betreffende de verschillende geluidniveaus op het podium of in de orkestbak is gesteld dat men bij de blazers aan een hoger niveau is geëxposeerd dan bij de strijkers.

Johnson (1985) vond geen significante correlatie tussen de positie op het podium en het voorkomen van een gehoorafwijking. Hij betreft echter geen expositieniveaus maar podiumcoördinaten in de regressievergelijking. Tussen de bespelers van diverse instrumenten vond hij geen audiometrisch verschil.

Hoezeer echter de orkestopstelling kan samenhangen met geconstateerde gehoorafwijkingen blijkt uit twee publicaties van Frei (1979, 1981). De orkestopstelling bij Frei is een typisch Oostenrijkse opstelling met de eerste violen links en de tweede violen rechts van de dirigent (figuur 2.6). Dit verschilt van bijvoorbeeld een Nederlandse opstelling, waarbij de tweede violen eveneens links van de dirigent zitten (figuur 2.7). In de publicaties van Frei komt het orkestgeluid voor de eerste violen voornamelijk op het linker oor, voor de tweede violen op het rechter oor. Indien dit geen invloed zou hebben zouden bij de meeste musici de gehoorverliezen symmetrisch moeten zijn. Bij de helft van de eerste violen bleek echter het linker oor meer beschadigd te zijn dan het rechter oor, terwijl dit bij de tweede violen net omgekeerd het geval was. Johnson (1985) en Axelsson (1981) vonden met betrekking tot de orkestopstelling geen assymetrie van het gehoor die op de gevolgen van een eenzijdig overheersende expositie zou kunnen wijzen.

Flach (1966, 1972) en Karlsson (1983) vonden geen significant verschil met betrekking tussen strijkers en blazers. Flach (1966) stelt dat bij gebruik van de gemiddelde gehoorverliezen van de musici van diverse instrumentgroepen (violen en altviolen; violoncelli en contrabassen; houtblazers; koperblazers) er geen significant verschil optrad (mogelijk door de belaste anamnese van de meeste oudere musici; zij waren in de oorlog ingezet bij de Flugzeug Abwehr). Bij musici jonger dan 50 jaar had 77 % van de strijkers, 87 % van de houtblazers en 91 % van de koperblazers een normaal gehoor.

Siroky (1976), Axelsson (1981), Westmore (1981) en Ostri (1989) vonden echter wel verschillen tussen percentages gehoorafwijkingen voor de verschillende instrumentgroepen, waarbij over het algemeen de strijkers de laagste percentages gehoorafwijkingen hadden.

Met betrekking tot de individuele musici wordt gewezen op een vaak slechter rechter oor bij fluitisten, waarschijnlijk omdat het instrument rechts wordt gehouden (Frei 1979 en 1981, Flach 1966 en 1972). Dit is eveneens het geval met de hoorn (Frei 1979 en 1981, Axelsson 1981). Ostri et al (1989) vinden bij de strijkers een significant slechter gehoor links bij 3 en 4 kHz. Het betreft hier steeds kleine aantallen.

Frei noemt de trombone het meest riskante instrument voor het gehoor. Axelsson daarentegen concludeert dat bespelers van dit instrument binnen de groep koperblazers het minste risico op dit gebied hebben. Hij stelt echter wel dat de groep koperblazers als geheel het grootste gehoorverlies vertoont. Met betrekking tot de individuele instrumenten toonden de bespelers van hoorn, trompet, trombone en fagot een verhoogd risico met betrekking tot het hebben van een gehoorafwijking.

Pianisten zijn (als solisten) zelden aan hoge geluidsniveaus blootgesteld en blijken een beter gehoor te hebben dan op grond van hun leeftijd verwacht mag worden (Arnold 1960).

2.3.2.6. De invloed van militaire muziek

De acoustische omstandigheden van repetitieruimten van militaire orkesten zijn vaak slecht (Zeleny 1975, Axelsson 1981, Karlsson 1983). De repetitieruimten zijn klein en de geluidsniveaus zijn inherent aan het soort muziek (marsmuziek) en de orkestbezetting (veel koperblazers en slagwerk).

Zeleny (1975) vond bij 72 % van de militaire musici een afwijking ten opzichte van een vaste drempelwaarde van 20 dB. Een controlegroep wordt echter niet vermeld.

Karlsson (1983) vond bij musici van een symfonie orkest die in militaire orkesten hadden gespeeld een iets slechter audiogram in vergelijking met musici zonder militaire muziek in de anamnese. Axelsson (1981) vond geen significant verschil tussen musici die wel of niet in militaire orkesten hadden gespeeld.

Duitstalige publicaties (Flach 1966, 1972, Frei 1979) wijzen op het oorlogsverleden van musici, dat mogelijk als oorzaak van de gehoorafwijking kan gelden. Rabinowitz (1981) en Axelsson (1981) concluderen dat een positieve vuurwapenamnese een iets slechter audiogram geeft dan een in dat opzicht onbelaste anamnese.

2.3.3. Preventie van gehoorschade bij musici

Over het algemeen wordt opgemerkt dat aan de geluidexpositie van musici weinig te doen is. In het licht van het reeds eerder opgemerkte feit dat (gestructureerd) geluid het verkoopproduct van een orkest is, is dit in eerste instantie ook voor te stellen.

2.3.3.1. Bouwkundige aspecten

Een aantal auteurs bepleit acoustische aanpassingen (Düsseldorfer Arbeitskreis 1983, Frei 1979 en 1981, Karlsson 1983, Axelsson 1981), waarbij Axelsson (1981) en Ostri (1989) schotten tussen de meest luidruchtige secties adviseren.

Westmore (1981) en Axelsson (1981) pleiten voor een steiler podium, zodat het geluid wel de zaal bereikt, maar niet in alle hevigheid de musici die voor-onder de blazers zitten. Waar dit is gerealiseerd, zijn de klachten van musici met betrekking tot het geluid vrijwel verdwenen (Westmore 1981).

2.3.3.2. Expositie- c.q. werktijden

Indien men de expositietijd bekort zal daarmee de LEX over een 8-urige werkdag dalen. Deze redenering bracht een aantal auteurs er toe te adviseren de werktijden te bekorten (Jatho 1972, Siroky 1976, Zeleny 1975, Düsseldorfer Arbeitskreis 1983, Westmore 1981, Jansson 1983, Katschke 1981). Jansson (1983) geeft een berekeningsschema om de werktijd te berekenen waarbij men binnen relatief veilige dB(A)-grenzen blijft. Het komt er op neer dat men in een "lawaaipositie" 10 uur en in een "normale positie" 25 uur per week mag werken, gerekend in effectieve speeltijd.

In de praktijk zal zo'n advies op grote financieel-economische en artistieke bezwaren stuiten.

2.3.3.3. Gehoorbescherming

Het ligt voor de hand de toevlucht te nemen tot persoonlijke beschermingsmiddelen. Westmore (1981) ziet dit als een mogelijke oplossing, maar wijst evenals Frei (1979, 1981) op het bestaan van het demaskerend effect van gehoorbescherming op de beenresonantie bij met name rietblazers. Het vibrerende riet tegen de benige kaak heeft een andere frequentie dan de door het instrument voortgebrachte toon. De muzikale toon van het instrument maskeert door luchtgeleiding de beengeleidingstoon van het riet. Wordt het luidheidsniveau-aanbod van de luchtgeleiding door afscherming van de uitwendige gehoorgang verminderd, dan gaat de beengeleiding overheersen. Vooral clarinetten hebben last van dit fenomeen (Meyer 1974). Ostri et al (1989) gaan aan dit feit voorbij en adviseren bij hoge geluidniveaus zonder meer gehoorbescherming.

Van Hees (1986) stelt dat het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen feitelijk hetzelfde is als het creëren van een kunstmatige hogetonenslechthorendheid, met alle artistieke gevolgen vandien. De Düsseldorfer Arbeitskreis (1983) wijst de huidige persoonlijke beschermingsmiddelen vanwege bovenvermelde bezwaren regelrecht af.

2.3.3.4. Repertoirekeuze

Vaak is het repertoire de belangrijkste oorzaak van de hoge geluidniveaus. Daarentegen moest Jansson (1983) delen van Haydn's symfonie nr. 101 van meting uitsluiten omdat geen niveaus boven de 85 dB(A) konden worden geregistreerd. Een vioolconcert van W.A. Mozart (KV 218) lag 7-10 dB(A) onder de door hem gehanteerde risicogrens van 85 dB(A).

Ook Frei (1979, 1981) en Axelsson (1981) pleiten ervoor bij het repertoire rekening te houden met de geluidniveaus. Dit advies houdt in dat het merendeel der composities vanaf eind 18e eeuw niet meer gespeeld kan worden, een advies derhalve dat op grote artistieke bezwaren zal stuiten.

2.3.3.5. Audiometrie

Om tijdig ongunstige ontwikkelingen met betrekking tot het gehoor op het spoor te komen wordt periodieke audiometrie aanbevolen (Siroky 1975, Düsseldorfer Arbeitskreis 1983, Frei 1979, Jansson 1983, Kwiatowski 1986, Rabinowitz 1982 en Ostri et al 1989). Flach (1966) beveelt audiometrie aan als selectiemiddel. Indien bij aanvang van de muziekstudie al gehoorproblemen blijken te bestaan dient z.i. een muzikale carrière ontraden te worden.

2.3.3.6. Toonhoogte

Frei (1979, 1981) en de Düsseldorfer Arbeitskreis (1983) (waarin overigens Frei zitting heeft) signaleren de neiging van met name de strijkers om meer "Brillanz" van de klank van hun instrument te krijgen, een steeds hogere stemming te bewerkstelligen. Met de gangbare toonhoogte van de Barok ($a=415$ Hz, soms zelfs $a=390$ Hz) en de huidige standaardmuziektoon ($a=440$ Hz) in gedachten, is bij met name Amerikaanse orkesten thans de gangbare toonhoogte $a=442$ tot $a=445$ Hz.

De boven geciteerde auteurs stellen dat hoge frequenties schadelijk zijn voor het gehoor en komen op grond van deze redenering tot hun advies de stemming te verlagen. Dit advies is echter niet ter zake doende. Vijf octaven hoger wordt $a=445$ Hz tot 14240 Hz, $a=440$ Hz tot 14080 Hz en $a=415$ Hz tot 13280 Hz. Veel zal het advies derhalve niet uitmaken.

2.4. Conclusies

De algemene arbeidsgesondheidskundige literatuur besteedt weinig aandacht aan de gezondheidsrisico's bij musici.

Op het gebied van de cardiovasculaire- en pulmonale aspecten wordt vooral de nadruk gelegd op de grote belasting in statisch opzicht. Het merendeel van de publicaties is uit de '70-er jaren en nieuw onderzoek lijkt vooralsnog te ontbreken.

De nadruk in de literatuur ligt vooral op het bewegingsapparaat en de neurologische aspecten daarvan. Opvallend is dat over het algemeen vóór 1980 veel casuïstische mededelingen worden gedaan en dat bij onderzoeken in de meeste gevallen controlegroepen ontbreken. De '80-er jaren laten een toename van de kwaliteit van onderzoeken zien. Meer en meer komen er betrouwbaarder aanwijzingen dat musiceren gezondheidsbedreigende aspecten kent, vooral op het gebied van het bewegingsapparaat. De laatste jaren wordt meer aandacht besteed aan preventie en therapie. Een bescheiden begin is hier en daar gemaakt met follow up onderzoek.

Vooralsinds de tweede helft van de '80-jaren is in de literatuur met betrekking tot gezondheidsaspecten van musiceren het bewegingsapparaat meer in de belangstelling gekomen en zijn naast orthopaedische studies ook meer biomechanische studies verricht. Vooral vanuit de biomechanische studies komen aanbevelingen voor een gedoseerd gebruik van het bewegingsapparaat.

De literatuur met betrekking tot de kaak- en gebitsaspecten beschrijft voornamelijk de malocclusie bij strijkers en blazers en het belang van een goede occlusie voor een goede toonvorming. Veel publicaties leggen de nadruk op de tandheelkundige selectie en follow up bij kinderen die een blaasinstrument bespelen.

Publicaties met betrekking tot de keel-, neus- en ooraspecten zijn zeldzaam en voor het merendeel casuïstisch van aard. Dit is eveneens het geval met de dermatologische en bacteriologische aspecten.

Op het gebied van de arbeidsomstandigheden is weinig onderzoek gedaan. Het merendeel van deze schaarse publicaties betreft de perceptief-mentale en psychosociale aspecten, waarbij vooral de nadruk wordt gelegd op de psychische belasting van musici.

Met betrekking tot de geluidsexpositie en de mogelijk daaruit voortvloeiende gehoorbeschadigingen bij musici moet geconcludeerd worden dat hiernaar weliswaar relatief veel onderzoek is verricht, maar dat de kwaliteit van het merendeel der publicaties van deze onderzoeken discutabel is. De meetmethoden en meetopstellingen zijn zeer verschillend en zijn soms niet in overeenstemming met de werkelijke acoustische situatie in een orkest.

Publicaties van de '80-er jaren brengen enige duidelijkheid in het probleem van de niveaus van de geluidsexposities. Het zwakke punt van het merendeel van de publicaties met betrekking tot gehoorafwijkingen bij musici is de afwezigheid van referentiepopulaties, de discutabele analysemethoden en de definitie van een gehoorafwijking, of juist het ontbreken van die definitie. Standaardisatie op dit punt is aan te bevelen.

Hoofdstuk 3

Het gehoor, basale aspecten

Eisen te stellen aan het gehoor van de musicus

3.1. Inleiding

Dit proefschrift behandelt de gehoorschade* bij musici voorzover die zeer waarschijnlijk is ontstaan door inwerking van geluid c.q. lawaai, veroorzaakt door een symfonie orkest.

Gehoorschade kan gevolgen hebben voor het arbeidsvermogen (Timmer 1985) van een musicus. Voor het omschrijven en begrijpen van de mogelijk invaliderende consequenties van deze gehoorschade is het noodzakelijk een aantal basale aspecten van het gehoor te behandelen.

De mens heeft aan de verschillende fysische eigenschappen van geluid (hoorbare trilling) subjectieve benamingen toegekend (tabel 3.1, Groen 1971).

Tabel 3.1.

Objectieve en subjectieve benamingen van verschillende fysische eigenschappen van geluid.

objectief (fysische grootheden)	subjectieve benaming
enkelvoudige trilling	zuivere toon
sinusvormige trilling	zuivere toon
harmonische trilling	zuivere toon
frequentie; Hertz (Hz)	toonhoogte
geluidsterkte; dyne/cm ²	luidheid; soon
expositietijd	duur
complexe trilling	klank
harmonisch complex	muzikale klank
relatieve sterkteverhouding der componenten van een harmonisch complex	timbre
trillingsmengsel, waarin alle frequenties en sterkten gemiddeld voorkomen	ruis

* Voor de definitie van gehoorschade zie hoofdstuk 6.

In het hierna volgende zullen soms benamingen van de subjectieve begrippen worden gebruikt als eigenlijk de fysische grootheden bedoeld zijn.

Het horen c.q. waarnemen van klanken is niet alleen afhankelijk van het functioneren van het gehoororgaan (en de meer centraal gelegen neurofysiologische structuren), maar ook van de kwaliteit en de samenstelling van het geluid dat het gehoororgaan aangeboden wordt. Dientengevolge zal het tevens noodzakelijk zijn de samenstelling van de klanken zoals deze door muziekinstrumenten worden voortgebracht, te behandelen.

Zoals zal blijken zijn deze muzikale klanken te ontleden in een aantal componenten die afzonderlijk of tesamen meer of minder noodzakelijk zijn voor de musicus om met betrekking tot zijn gehoor zijn beroep uit te oefenen.

Deze beroepsuitoefening vindt plaats binnen een samenwerkingsverband, in dit geval het orkest. Dit impliceert dat de musicus niet alleen te maken heeft met de klank van zijn eigen instrument maar ook met de klank van andere instrumenten binnen het orkest. Hij zal de klank van zijn eigen instrument nauwkeurig moeten afstemmen op de klank van andere instrumenten; hij zal een "signaal" moeten opvangen temidden van "ruis". Dit is te vergelijken met het verstaan van spraak temidden van lawaai.

Het is bekend dat verblijven in geluidsniveaus boven 80 dB(A) schade aan het gehoororgaan teweeg kan brengen. Dit geldt ook voor de musicus.

Deze gehoorschade kan gevolgen hebben voor het waarnemen van de klanken, met name op het gebied van de discrepantie tussen de frequentie van het aangeboden geluid en de uiteindelijke subjectieve perceptie van dat aangeboden geluid.

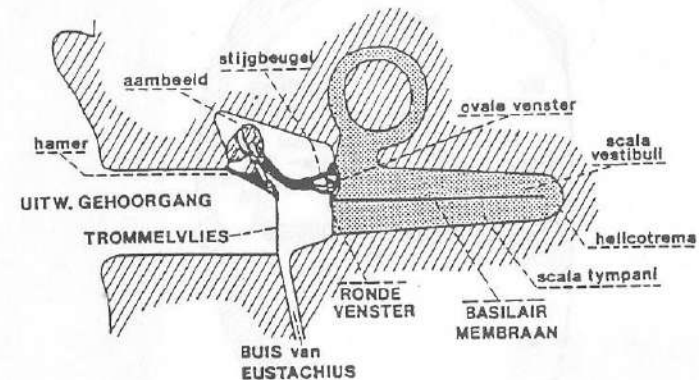
In dit hoofdstuk zullen met betrekking tot de basale aspecten van het gehoor achtereenvolgens de volgende punten ter sprake komen:

- anatomie van het gehoor
- fysiologie van het gehoor
- klankspectra van muziekinstrumenten
- klank- c.q. toonperceptie
- signaal-ruis verhouding
- pathologie bij toonperceptie.

3.2. Anatomie van het gehoor

Geluidsgolven komen tot het gehoororgaan via de uitwendige gehoorgang, alwaar zij aan het eind daarvan het trommelvlies in trilling brengen (figuur 3.1).

Achter het trommelvlies bevindt zich een met lucht gevulde ruimte, het middenoor. Dit middenoor staat via de buis van Eustachius in verbinding met de buitenlucht. In het middenoor worden de bewegingen van het trommelvlies via hamer, aanbeeld en



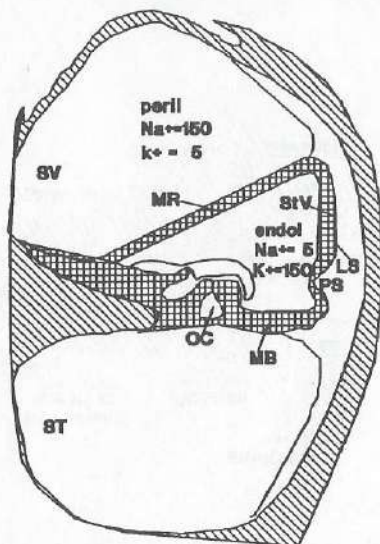
Figuur 3.1.
Doorsnede van het menselijk gehoororgaan.

stijgbeugel overgebracht op het binnenoor. Verstijving van de gewrichten in deze gehoorbeentjesketen kan een slechthorendheid (geleidingsslechthorendheid) teweeg brengen.

De voetplaat van de stijgbeugel staat op het ovale venster van het slakkenhuis. Via deze verbinding van de stijgbeugel met het slakkenhuis wordt de trilling overgebracht op het binnenoor.

Het binnenoor bestaat uit een in het rotsbeen uitgespaarde slakkenhuisvormige holte met $2\frac{1}{2}$ winding (afgerold ongeveer 35 mm lang), gevuld met endolymfe. Dit spiraalvormige kanaal is bijna over de gehele lengte door het zogenaamde cochleaire tussenschot in twee kanalen met half cirkelvormige doorsnede verdeeld. Deze twee kanalen staan via het helicotrema (de opening aan het eind van het slakkenhuis) met elkaar in verbinding.

Het cochleaire tussenschot (figuur 3.2) bevat o.a. de basilaire membraan, waarop de haarcellen zijn ingeplant. Dit geheel wordt afgedekt door de tectoriële membraan. Geluidstrillingen brengen via trommelvlies en gehoorbeentjes de perilymfe in beweging; hierdoor wordt de basilaire membraan met het daarop gelegen orgaan van Corti verplaatst. De haren van de zintuigcellen van het orgaan van Corti, die in de membrana tectoria uitsteken, worden hierdoor afgebogen omdat de membrana tectoria is verankerd (zie figuur 3.3).



Figuur.3.2.

Schematische doorsnede door de cochlea (naar Tonnaer en Weijers, 1983)

SV scala vestibuli

OC orgaan van Corti

StV stria vascularis

MB membrana basilaris

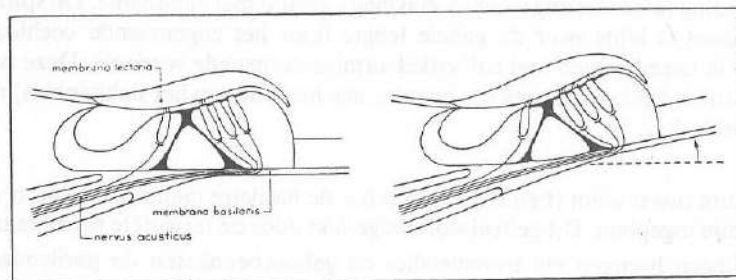
LS ligamentum spirale

ST scala tympani

MR membranum van Reissner

DC ductus cochlearis

PS prominentia spiralis



Figuur 3.3.

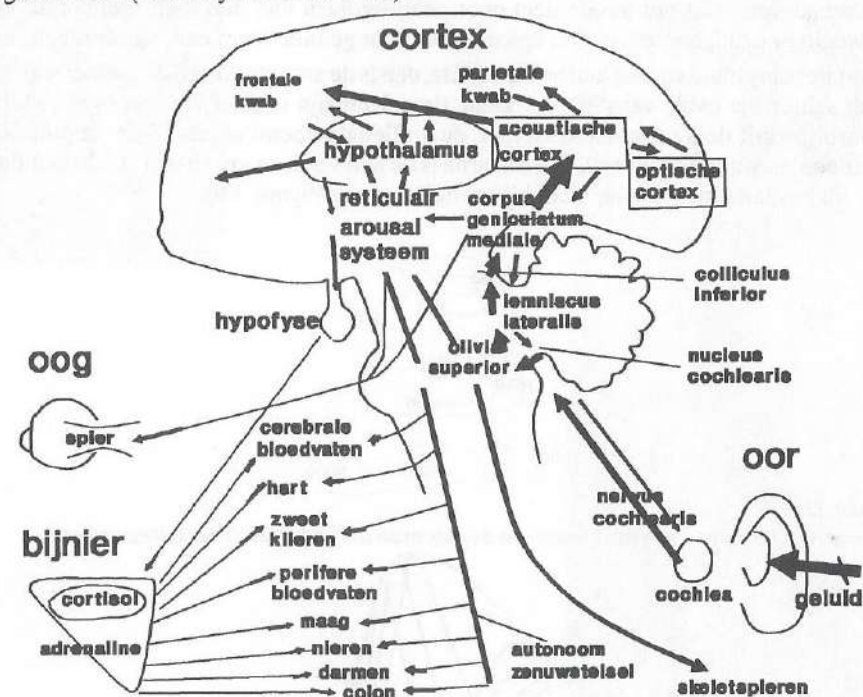
Schematisch overzicht van de beweging van het orgaan van Corti bij geluidstimulatie (naar Tonnaer en Weijers 1983).

Het afbuigen van de haren leidt tot het ontstaan van een actiepotentiaal in de vezels van de nervus acusticus, die met de haarcellen synapteert. Van daaruit wordt het signaal naar de hogere auditieve centra gebracht.

Er zijn ongeveer 3000 binnenste haarcellen, die ieder in verbinding staan met een aantal afzonderlijke elementen van de gehoorzenuw.

De buitenste haarcellen, ongeveer 10000 in totaal, liggen in rijen van drie tegen de buitenzijde van de bocht van de membraan. Zij vormen groepjes, die samen zijn aangesloten op slechts een element uit de gehoorzenuw.

Uit dierexperimenten bleek dat de binnenste haarcellen mogelijk van belang zijn voor de frequentiediscriminatie (dit is het vermogen twee niet-simultane zuivere tonen te onderscheiden, die alleen in frequentie verschillen (Cardozo 1974)) (Nienhuys en Clark 1978). Uit verdere dierexperimenten bleek dat de cochleaire frequentieselectiviteit (dit is het vermogen componenten van een simultaan complex signaal te onderscheiden (Evans 1973) door alleen de binnenste haarcellen kan geschieden (Nienhuys en Clark 1979).



Figuur 3.4.

De verwerking van geluidssignalen door de hersenen (Van Dijk 1984, naar Westman en Walters 1981).

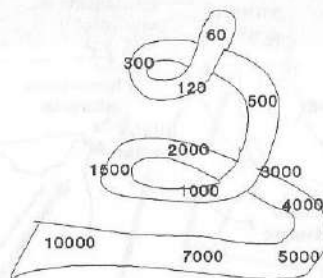
Vrijwel onmiddellijk achter het gehoororgaan vindt een interactie tussen de linker en rechter nervus acusticus plaats. Via diverse andere structuren (zie figuur 3.4) bereiken de geluidssignalen de auditieve cortex in de temporale lobi. Beide cortextdelen staan in verbinding met beide oren, hoewel er een overwicht is in de zenuwverbinding van linker gehoororgaan met de rechter auditieve cortex en omgekeerd (Cardozo 1986). Uit figuur 3.4 blijkt tevens dat geluid via het gehoororgaan kan leiden tot extra-auditieve reacties in diverse orgaansystemen. Van Dijk wijdde daar in 1984 een dissertatie aan.

3.3. Fysiologie van het gehoor

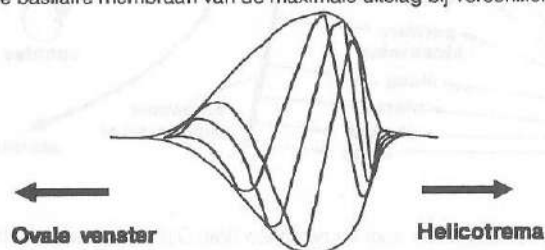
Omtrent de fysiologie van het gehoor zijn pas de laatste decennia meer gegevens beschikbaar gekomen (zie o.a. Plomp 1976).

Zoals in figuur 3.5 schematisch wordt weergegeven heeft de basilaire membraan een zodanige bouw dat het basale deel door geluidsgolven met een hoge frequentie in beweging wordt gebracht en het apicale deel door geluiden met een lage frequentie.

Gaat het om geluid van bijvoorbeeld 100 Hz, dan is de amplitudo van de golfbeweging vlak achter het ovale venster zeer klein, de golven zijn relatief lang en lopen snel. Daarbij wordt de loopsnelheid kleiner, de golflengte neemt af terwijl de amplitudo naar een maximum toegroeit. Even daarna is de golf verdwenen, en wel aan het einde van de basilaire membraan, dicht bij het helicotrema (figuur 3.6).



Figuur 3.5.
De plaatsen op de basilaire membraan van de maximale uitslag bij verschillend frequenties.



Figuur 3.6.
Opeenvolgende fasen van een langs de basilaire membraan lopende golf (naar Cardozo 1986).

Men schrijft de scheiding van hoge en lage frequenties toe aan het speciale golfpatroon in de cochlea, de bouw van de cochlea en de massa van de diverse plaatsen van de cochlea.

3.4. Klankspectra van muziekinstrumenten

Klankspectra van muziekinstrumenten kan men gevoelsmatig of in fysisch opzicht benaderen.

Men heeft geen laboratorium nodig om te merken dat het gehoor in staat is in geluiden c.q. klanken verschillende componenten te onderkennen, terwijl ze toch gelijktijdig aangeboden worden. Een indrukwekkende demonstratie van het vermogen van het gehoor simultaan aangeboden klanken c.q. tonen te onderscheiden is de manier waarop de verschillende tonen die voortgebracht worden door de instrumenten van een orkest kunnen worden onderscheiden. De superpositie van de verschillende geluidsgolven zoals voortgebracht door de violen, fluiten, hobo's, etc., is geen beletsel om de individuele noten te horen (Plomp 1976).

De gevoelsmatige benadering wordt het beste geïllustreerd door bijvoorbeeld dezelfde melodie te laten spelen door een trompet en door een violoncello. De trompet scoort in de Westerse cultuur hoog in een semantische differentiaal voor het begrip "mannelijk" en laag voor "eenzaamheid", terwijl de violoncello laag scoort voor "mannelijk", hoog voor "vrouwelijk" en nog hoger voor "eenzaamheid" (Rahlf 1966).

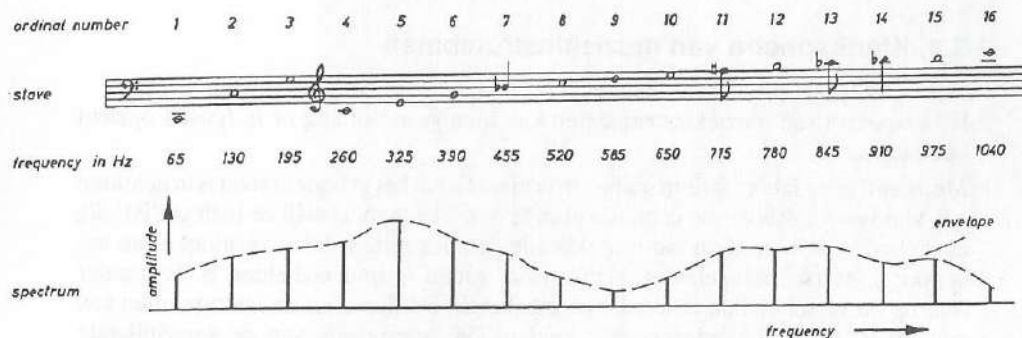
Daarnaast is de gevoelsmatige waardering ook afhankelijk van de gebruikte toonsoort. Sinds de Renaissancemuziek (16e eeuw) is getracht de gevoelsmatige waardering van toonsoorten te omschrijven (Bettenhausen en Van Krevlen 1984). In de Barokmuziek heeft Johann Mattheson (1713) de toonsoortkarakteristieken uitgebreid beschreven. Door ongelijkheid van de intervallen (de afstanden van de tonen ten opzichte van elkaar) heeft dezelfde muziek, gespeeld in verschillende toonsoorten, zeer verschillende gevoelswaarden (affecten), welke karakteristiek zijn voor de gespeelde toonsoort. In hetzelfde boek betwijfelt Mattheson echter de algemene geldigheid van de gegeven karakteristieken. Veel hangt tenslotte af van de gekozen stemming (bijv. reine stemming, middentoonstemming, gelijkzwevend, etc.; dit bepaalt de intervallen) en de gebruikte instrumenten.

Door de affectieve waardering van de combinatie van een zware, melancholieke toonsoort (f-klein) en een eenzaamheid oproepend instrument als een violoncello zal men minder op het spectrum van de boventonen letten dan bij een vrolijke en scherpe toonsoort (C-groot) en briljant klinkende instrumenten zoals hobo en trompet.

De fysische benadering van het klankspectrum van muziekinstrumenten ontleedt het timbre van een muziekinstrument in frequentiekenmerken en de daarbij behorende geluidsniveaus in dB.

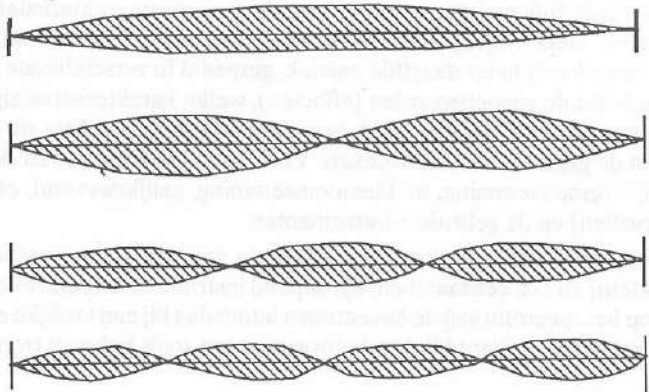
Het eenvoudigste, in de natuur zelden voorkomende, geluid is de zuivere, enkelvoudige toon, ook wel sinustoon of harmonische trilling genoemd. Het timbre van een muziekinstrument wordt bepaald door het aantal boventonen, ook wel harmonischen genoemd.

De harmonischen, de bijbehorende toonhoogten en amplitudo's van de grondtoon C2 (Amerikaanse notering) worden gegeven in figuur 3.7.



Figuur 3.7.
Harmonische structuur van de noot C2 (naar Meyer 1978).

Uit de notitie op de notenbalk is te zien dat de complexe toon is samengesteld uit octaven, quinten, kwarten, tertsen, kleine septimen, etc. Tevens is te zien dat de grootste bijdrage tot het timbre niet gegeven wordt door de grondtoon zelf maar door de tweede t/m zesde harmonische. Dit verschilt echter van instrument tot instrument. Wat dit alles voor een trillende snaar betekent toont figuur 3.8.



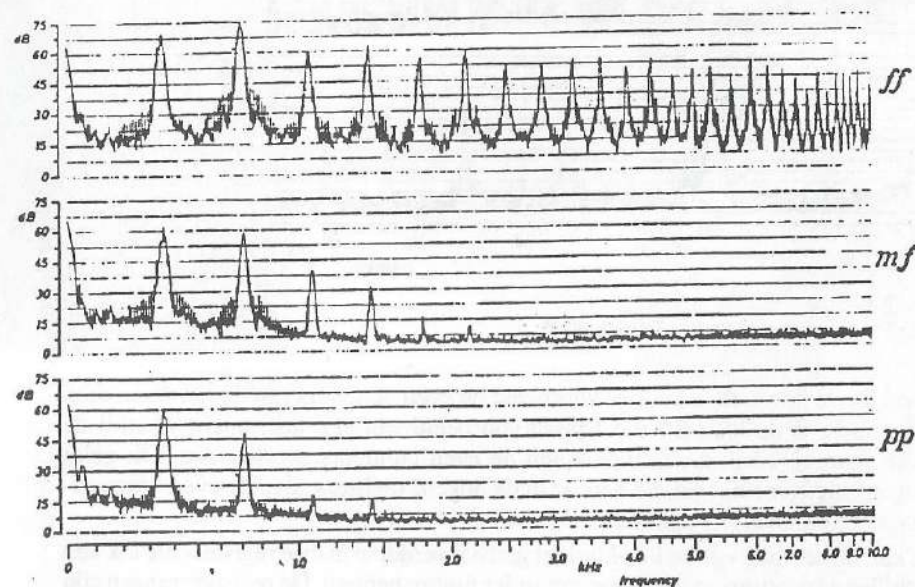
Figuur 3.8.
Trillingen van een snaar (naar Beranek 1962).
a. grondtoon of eerste harmonische
c. derde harmonische

b. tweede harmonische
d. vierde harmonische

Met enige oefening en onder speciale omstandigheden is men in staat de toonhoogten van de laagste vijf tot zeven harmonischen van een muzikale (= complexe) toon te onderscheiden (Plomp 1976).

Het is ondoenlijk in het kader van deze dissertatie de frequentie-karakteristieken van alle muziekinstrumenten te behandelen. Volstaan zal worden met de hoorn (koper), klarinet (hout en riet) en viool (strijker).

De geluidspectra van een hoorn, waarbij de toon F4 (349 Hz) op verschillende sterktes wordt gespeeld, zijn te zien in figuur 3.9. Naarmate de geluidsterkte afneemt ziet men twee dingen gebeuren. De beoogde toonhoogte is 349 Hz. Bij fortissimo (ff)

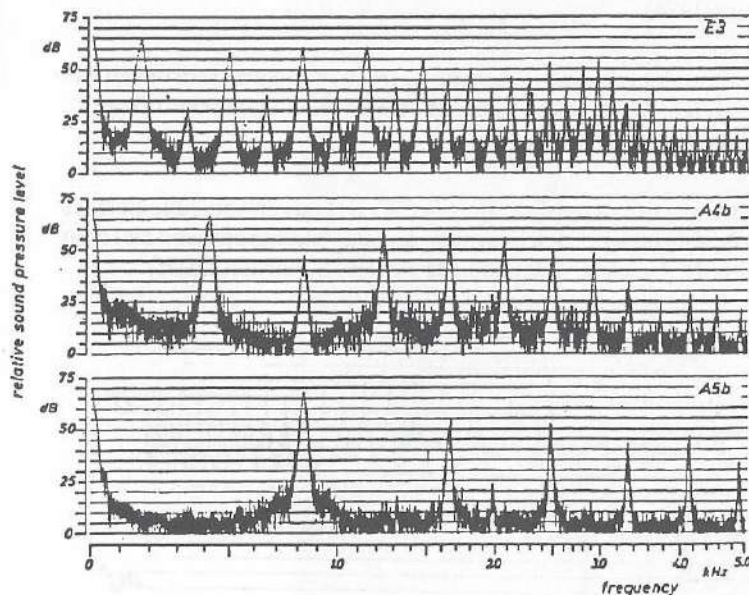


Figuur 3.9.
Klankspectra van een hoorn bij verschillende sterktes. Toon F4 (349 Hz) (naar Meyer 1978).

is te zien dat de tweede harmonische sterker is dan de grondtoon, maar naarmate zachter gespeeld wordt, wordt de grondtoon relatief sterker. Het belang van deze spectrumveranderingen voor de dynamiek wordt duidelijk als men opmerkt dat de amplitudoverschillen voor de hogere harmonischen tussen ff en pp meer dan 50 dB kunnen zijn, terwijl het verschil tussen de sterkst klinkende harmonischen in ff en pp slechts 15 dB is.

Daarom is niet alleen een verschil in sterkte hoorbaar, maar tevens een verschil in timbre bij hetzelfde instrument (Meyer 1978).

Een voorbeeld van een "houtblazer" (en tevens rietblazer) is de klarinet (figuur 3.10).



Figuur 3.10.
Klankspectrum van een klarinet (Meyer 1978).

Terwijl bij de hoorn in het vorige voorbeeld de even nummers van de harmonischen overheersen, is de klarinet een typisch voorbeeld van een instrument waarbij de oneven nummers van de harmonischen de even nummers overheersen. Dit geldt overigens niet voor het gehele bereik; in de hogere registers gaan de even harmonischen meer en meer overheersen.

Men kan de omvang van de Bes-klarinet globaal verdelen in drie registers die elk een verschillend spectrum en daardoor een ander timbre hebben. De registergrenzen zijn echter niet nauwkeurig en hangen af van de bouw van het instrument en van de manier van bespelen.

Bij de noot E3 (165 Hz) is duidelijk te zien dat de oneven harmonischen de even harmonischen sterk overheersen. Het verschil is gemiddeld 25 dB en kan zelfs oplopen tot 40 dB. Het geluid is daardoor donker en hol.

Bij de toon As4 (416 Hz) is te zien dat de even en oneven harmonischen nagenoeg in evenwicht komen, terwijl bij de toon As5 (832 Hz) de even harmonischen overheersen.

Bij blaasinstrumenten, en zeker bij houtblazers, speelt naast het timbre nog een ander aspect een belangrijke rol en dat is de manier van bespelen, de manier van "aanspreken".

Verandering van de stand van het mondstuk bij het aanspreken of van de vorm van de mond zal de "grondtoon" (hier bedoeld als de lage toonhoogte van het complex (= residutoonhoogte), de toonhoogte van de toon die bedoeld wordt, de "doeltoon") nauwelijks beïnvloeden maar de harmonischen daarboven wel degelijk waarbij deze frequentieverschuivingen te zien geven (een extreem voorbeeld hiervan is, in combinatie met kleptechniek, de opening van de "Rhapsody in Blue" van George Gershwin). Met name de tweede t/m de zevende harmonische bepalen de subjectieve perceptie van de "doeltoon". De musicus die in een muziekstuk met zijn partij moet meespelen met c.q. aansluiten op een ander zal niet alleen zijn "doeltoon" goed moeten treffen (en die van de ander juist percipiëren), maar ook moeten aansluiten op het boventonenspectrum van zijn medemusici.

Het verkeerd inschatten en intoneren van de lage harmonischen zal een onnauwkeurige lage toon tot gevolg hebben, een verkeerd inschatten en intoneren van de hogere harmonischen zal een boventonenspectrum tot gevolg hebben dat niet in overeenstemming is met de lage toon van het instrument zelf en met het totale spectrum van het instrument waarop men aansluit c.q. meespeelt. Een goede perceptie van zowel lage als hogere harmonischen is derhalve noodzakelijk.

Bij de viool is te zien dat bij de lage tonen de grondtoon vrijwel geheel gedomineerd wordt door de volgende harmonischen (figuur 3.11).



Figuur 3.11.
Klankspectrum van een viool (Meyer 1978).

In tegenstelling tot de blaasinstrumenten worden de overheersende harmonischen nauwelijks beïnvloed door de kwaliteit van de speler (mits goed aangestoken, zodat de snaar volledig in trilling komt). De kwaliteit van het instrument is hier bijna allesbepalend. Het voorbeeld van figuur 3.11 is een bijzonder fraai instrument, een Guarneri uit 1739!

Samenvattend kan gesteld worden dat het klankspectrum, timbre, van een muziekinstrument wordt bepaald door het aantal harmonischen en de verhouding van de amplitudo's van deze harmonischen. Dit aantal en deze verhouding verschillen van instrument tot instrument. Per instrument wisselen aantal en verhouding weer per toonhoogte en speelsterkte, terwijl met name bij blazers door een andere manier van "aanspreken"

aantal en verhouding voor iedere toonhoogte kunnen verschillen en met name interne (geringe) frequentieverschuivingen kunnen optreden.

Een goede perceptie van hogere harmonischen is noodzakelijk voor een kwalitatief goed samenspel, omdat de perceptie van hogere harmonischen de waargenomen toonhoogte bepaalt.

Voor de "doeltoon" is een intact gehoor tot 1000 Hz noodzakelijk, voor het waarnemen van de harmonischen een intact gehoor tot minstens 4000 Hz.

3.5. Geluidwaarneming

Het gehoororgaan vormt een unieke combinatie van analyse en synthese. Men hoort in het algemeen geen spectrale componenten maar tonen (Plomp 1976). Bij de verschillende tonen zoals voortgebracht door de instrumenten van een orkest worden luidheid, timbre en toonhoogte van ieder individueel instrument (of instrumentgroep) opmerkelijk weinig beïnvloed door geluiden van andere instrumenten, vooropgesteld dat het geluid waar naar geluisterd wordt niet te zwak is.

De waarneming van orkestklanken is een gecompliceerde vorm van het waarnemen van (singuliere) complexe tonen. Deze gecompliceerde vorm wordt tot een subjectieve belevenis van het waarnemen van muzikale klanken door de bovenvermelde combinatie van analyse en synthese.

De analyse is volgens Plomp (1976) voornamelijk een perifeer proces waarbij drie aspecten te onderscheiden zijn:

- frequentie resolutie
- niet-lineaire vervorming
- laterale suppressie.

Aangetekend moet worden dat de laterale suppressie van minder belang is voor de geluidwaarneming in de muziek. Een verschijnsel dat daarmee een geringe (maar niet meer dan dat) verwantschap vertoont is de maskering, die wel van belang is voor de geluidwaarneming.

Het uitgangssignaal van de cochlea vormt de basis waarop de centrale synthese van de perceptie-componenten plaatsvindt:

- luidheid
- timbre
- toonhoogte.

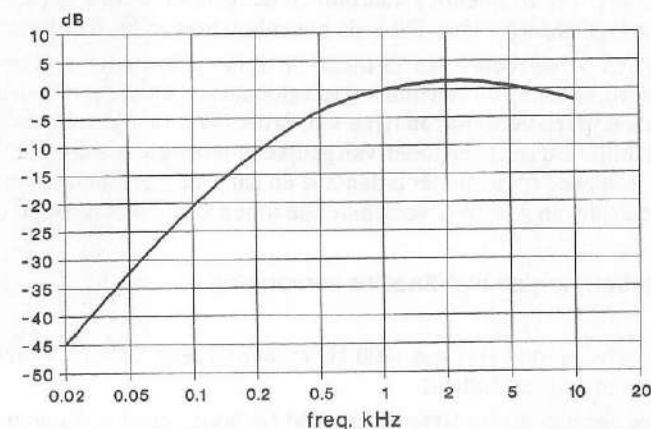
Achtereenvolgens zullen bovengenoemde aspecten globaal behandeld worden.

3.5.1. Drempelwaarde

De gevoeligheid van het oor is verschillend voor verschillende toonhoogten. Het menselijk oor heeft de grootste gevoeligheid in het frequentiegebied tussen 2 en 4 kHz.

De juist waarneembare zuivere toon heeft bij 1000 Hz een geluidsdruk van $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$. Deze eenheid in Pascals leidt tot grote getallen en is daardoor in de dagelijkse praktijk moeilijk hanteerbaar. Daartoe is de toevlucht genomen tot het begrip decibel (dB).

3.5.2. De dB(A)-weegcurve



Figuur 3.12.

A- weegcurve van geluidniveaumetingen.

Voor geluidsmeting in de dagelijkse bedrijfsgezondheidskundige praktijk worden geluidniveaumeters voorzien van filters die de mindere gevoeligheid van het oor voor frequenties onder en boven de 2300 Hz nabootsen. Deze zogenaamde A-weegcurve is internationaal de belangrijkste gestandaardiseerde weegcurve (zie figuur 3.12). Een met dit filter gemeten geluidsdruk-niveau wordt aangeduid als dB(A).

3.5.3. Frequentie-resolutie en kritieke bandbreedte

Indien van twee tonen van gelijk niveau het verschil in frequentie geleidelijk van nul af wordt opgevoerd is eerst een zweving hoorbaar, deze wordt steeds sneller en gaat over in een ruwe, dissonante klank. Wordt het frequentieverschil verder opgevoerd dan worden twee afzonderlijke tonen hoorbaar. De luidheid van de twee tonen wordt aanvankelijk gesommeerd. Op het moment dat twee afzonderlijke tonen waarneembaar zijn vervalt de sommatie en hoort men de twee afzonderlijke tonen zwakker dan de twee simultaan aangeboden tonen met een geringer frequentieverschil.

Het vermogen bij een bepaald minimum frequentieverschil twee afzonderlijke tonen te horen verschilt van persoon tot persoon (Soderquist 1970). Bij lage frequenties (tot 200 Hz) is dit minimum ongeveer 60 Hz, bij midden- en hoge frequenties is dit minimum vrijwel een constant percentage van 15 tot 20 %. Dit geldt voor het gescheiden horen van twee gelijktijdig aangeboden tonen. Het kleinst waarneembare frequentieverschil van twee na elkaar aangeboden zuivere tonen is echter 0.6 %.

In muzikale termen gesteld kunnen twee tonen onderscheiden worden als het minimum frequentieverschil ongeveer een kleine terts is. Bij dit verschil is het menselijk oor in staat tot een frequentie-analyse, die echter gekenmerkt wordt door een beperkt vermogen tot frequentie-resolutie of **oplossend vermogen**. Ter verduidelijking hiervan heeft men het begrip **kritieke bandbreedte** ingevoerd. Deze kritieke bandbreedte of eigenlijk kritieke frequentiebandbreedte is te definiëren als de grootste frequentiebreedte (bij een gegeven frequentie) waarbinnen het gehoor de ontvangen signalen fasegetrouw optelt (Cardozo 1986). Dit is de bovenbeschreven luidheidssommatie.

Het begrip van een bandbreedte van 15 tot 20 % of het pas kunnen onderscheiden van twee afzonderlijke tonen bij een interval van globaal een kleine terts wordt echter anders als men de **diplacisus binauralis** (o.a. v.d. Brink 1970, 1975) in de beschouwing betreft. Daaruit blijkt dat om twee tonen van gelijke toonhoogte te horen het verschil in frequentie tussen twee oren minder is dan 2 % en dat proefpersonen binauraal met dit frequentieverschil van 2 % twee verschillende tonen kunnen onderscheiden.

3.5.4. Combinatietonen en niet-lineaire vervorming

Men neme een zuivere toon (f_1) van 1000 Hz en een tweede zuivere toon (f_2) van 1200 Hz, beiden van gelijke luidheid.

Het blijkt dat het oor niet alleen 1000 Hz en 1200 Hz hoort, maar ook andere tonen, die zelfs met de meest gevoelige apparatuur niet te registreren zijn. Dit zijn **combinatietonen** die als **subjectieve tonen** gehoord worden.

De meest prominente subjectieve tonen zijn in het gegeven voorbeeld de **combinatietoon** van 800 Hz ($2f_1 - f_2$) en de **verschiltone** van 200 Hz ($f_2 - f_1$). Het niveau van de combinatietoon is sterk afhankelijk van de waarde f_2/f_1 en is min of meer evenredig met het niveau van f_1 .

Het gedrag van de combinatietonen laat zien dat de plaats van de vervorming nauw verbonden is met het frequentie-analyserend vermogen van het gehoororgaan en suggereert dat dit systeem wellicht is uitgerust met niet-lineaire eigenschappen met signaalcompressie. Veel onzekerheid blijft echter bestaan (o.a. Smoorenburg 1972, 1974, 1976).

3.5.5. Laterale suppressie en maskering

Het blijkt dat een toon in staat is tot op zekere hoogte een andere aangeboden toon in het naburige frequentiegebied te onderdrukken. Dit verschijnsel wordt **laterale suppressie** genoemd. De laterale suppressie is voor de muziekwaarneming niet van belang.

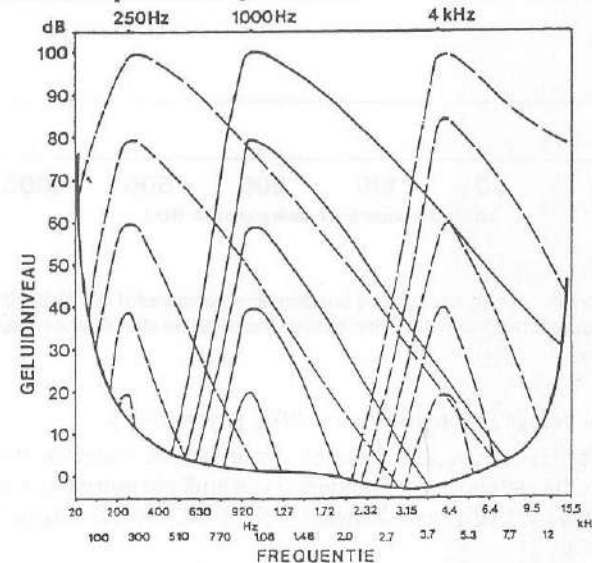
De **maskering** is duidelijk te maken met het volgende voorbeeld.

Men neme wederom een zuivere toon f_1 als proeftoon met een geluidsdruk-niveau van 40 dB, waarbij de frequentie van f_1 toeneemt van 100 Hz naar 5000 Hz. Daarbij voegen men een maskeertoon f_2 met een vaste frequentie van 1000 Hz en een geluidsdruk-niveau van 60 dB. Tijdens de frequentietoename van f_1 van 100 naar 5000 Hz blijkt de proeftoon f_1 in het frequentiegebied tussen 800 Hz en 1500 Hz te worden overstemd door de maskeertoon. Dit is **maskering**.

Wordt het geluidsdruk-niveau van f_1 40 dB lager, dan wordt het maskeringsfrequentiegebied breder. Wordt het geluidsdruk-niveau van f_1 daarentegen hoger, dan wordt het frequentie-maskeringsgebied smaller (figuur 3.13).

Hoge tonen worden door lage gemaskeerd, maar omgekeerd gebeurt dit vrijwel niet. Zoals uit figuur 3.13. blijkt blijft bij toenemend geluidsdruk-niveau van de maskeertoon de laagfrequente helling (de linker helling) van de maskeerkromme gelijk, maar de hoogfrequente helling (de rechter helling) wordt kleiner, dus minder steil.

De kritieke bandbreedte waarbinnen maskering optreedt blijkt bij niet-simultane aanbieding van de maskeertoon t.o.v. de proeftoon smaller te zijn dan de kritieke bandbreedte bij simultane aanbieding (Plomp 1976, Verschuure 1976). De mate waarin dit fenomeen optreedt hangt af van de meetmethoden (Fastl 1974).

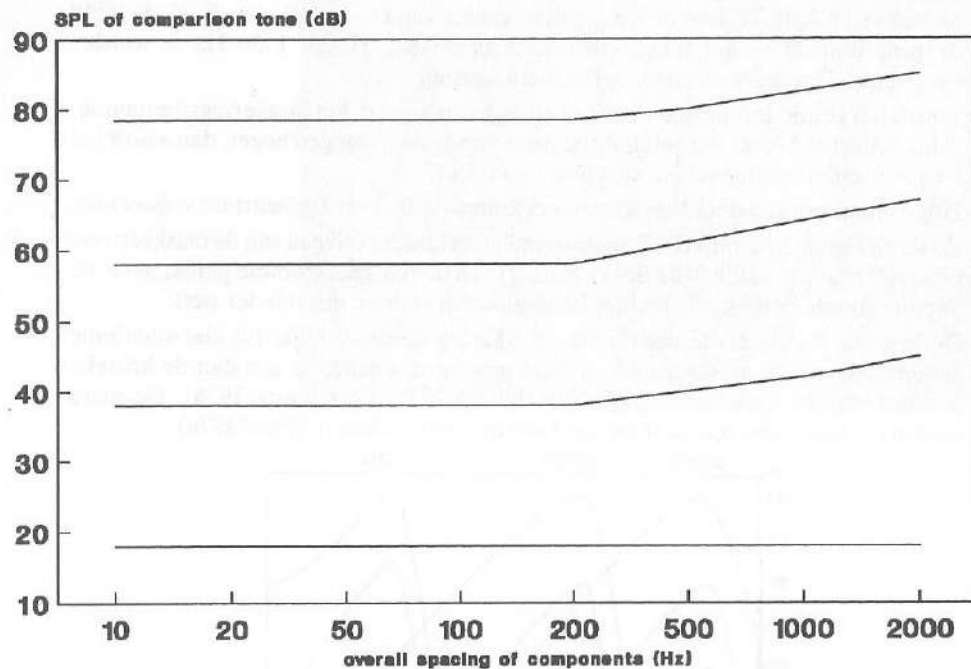


Figuur 3.13. Maskeringsfrequentiegebied voor drie maskeertonen (250, 1000 en 4000 Hz). De frequentie-as is linear in kritieke banden (Cardozo 1986).

3.5.6. Luidheid van tooncomplexen

Het geluid van een voltallig orkest is sterker dan van ieder instrument afzonderlijk. Hoe verder de componenten van een tooncomplex uit elkaar liggen, hoe luider het tooncomplex klinkt. De luidheid van een tooncomplex waarvan alle componenten binnen de kritieke bandbreedte liggen hangt alleen af van de totale geluidsdruk.

Indien de componenten verder dan de kritieke bandbreedte uiteen liggen neemt de luidheid toe met het breder worden van het gebied dat door de componenten wordt ingenomen (figuur 3.14).



Figuur 3.14.

Luidheid van vier tonen van ongeveer gelijke bandbreedte gecentreerd om 1000 Hz als functie van hun totale bandbreedte. Parameter is het geluidniveau van de stimulustoon (naar Plomp 1976).

Deze toename bedraagt 3 tot 6 dB (Plomp 1976, Kryter 1985).

Door laterale suppressie (zie 3.5.5.) kan echter, indien de componenten binnen de kritieke bandbreedte vallen, ook vermindering van luidheid optreden. Deze luidheidsreductie bedraagt 5 tot 10 dB (naar Zwicker 1957, 1958, 1963, Houtgast 1974, Plomp 1976, Kryter 1985).

3.5.7. Timbre

Timbre is de relatieve sterkteverhouding van de componenten van een harmonisch complex. Het is psychofysisch waarnemen van het klankspectrum, de binding tussen fysische- en perceptiewereld.

Timbre is te vertalen als het klankspectrum, de klankkleur van een muziekinstrument. Klankspectra van enkele muziekinstrumenten en de bijdrage van de verschillende harmonischen aan de resp. timbres zijn beschreven in 3.4 (klankspectra van muziekinstrumenten).

Het timbre is karakteristiek voor een instrument, het is de "vingerafdruk" van het instrument.

Luidheid laat zich beschrijven van zwak tot sterk, toonhoogte van laag tot hoog, maar voor timbre ontbreekt zo'n ééndimensionele omschrijving. Het multidimensionele karakter van timbre wordt duidelijk als men er van uit gaat dat het timbre van een toon met m harmonischen in principe afhangt van $2(m-1)$ parameters, dat wil zeggen $(m-1)$ amplitudoverhoudingen en $(m-1)$ onderlinge faseverschillen.

Het is onvermijdelijk dat interactie tussen de harmonischen gaat optreden. Deze interacties kunnen combinatietonen, laterale suppressie en dissonantefecten teweeg brengen. De complexe multidimensionele presentatie van timbre maakt een semantische omschrijving van timbre noodzakelijk, gelijk wijnliefhebbers het object van hun waardering omschrijven (Stumpf 1890).

3.5.8. Toonhoogte

Zoals reeds eerder is gesteld (zie 3.4) bestaat een toon, zoals voortgebracht door een muziekinstrument uit een grondtoon en een aantal harmonischen (zie figuur 3.7).

Niet altijd bepaalt de frequentie van de grondtoon de toonhoogte zoals wij die subjectief waarnemen.

Onder speciale omstandigheden zijn wij in staat de eerste 5 tot 7 harmonischen van een complexe (= niet-zuivere) toon te horen.

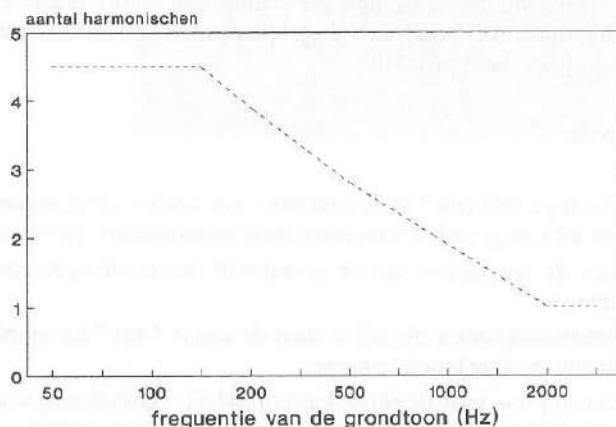
Als echter uit een complexe toon de eerste harmonische (= grondtoon) wordt verwijderd blijft men dezelfde toonhoogte horen, alleen het timbre verandert.

Sinds Von Helmholtz (1863) zijn pionierswerk omtrent toonwaarneming publiceerde is het basale principe van frequentieresolutie gedurende meer dan een eeuw ongewijzigd gebleven (Plomp 1976). Uit vele fysiologische onderzoeken is gebleken dat de frequentie-analyse zelf is gelocaliseerd in het perifere auditieve systeem (Plomp en Smoorenburg 1970, Moller 1973, Dallos 1973, Zwicker en Terhardt 1974, Keidel 1975). Het blijft de vraag of er geen combinatie plaatsvindt van perifere en centrale processen. Wightman (1973), Goldstein (1973) en Terhardt (1974) ontwikkelden modellen die gemeen hebben dat er sprake is van een beperkte frequentie-analyse in het perifere orgaan en een centraal proces waarbij de toonhoogte wordt afgeleid. Voldoende fysiologische gegevens ontbreken echter vooralsnog, hoewel meer recente publicaties (Turner, Burns en Nelson 1983, Burns 1982) wijzen in de richting van perifere frequentie-analyse en grondtoon-afleiding. Experimenten van Schouten (1940) toonden aan dat proefpersonen aan slechts een paar harmonischen voldoende

hadden om de toonhoogte van de grondtoon af te leiden. Bij bijvoorbeeld een gecombineerd aanbod van 700 Hz, 800 Hz en 900 Hz (resp. harmonische 7, 8 en 9 van de grondtoon 100 Hz) kan men als grondtoon 100 Hz afleiden. Dit lukte ook tegen een achtergrond van ruis. Zelfs indien slechts één harmonische werd aangeboden kon men nog de grondtoon afleiden (Houtgast 1976). Een leereffect in deze experimenten is mijns inziens echter niet uit te sluiten.

Als men wat voorafgaande informatie heeft (bijv. de kennis van een muziekstuk) omtrent de toonhoogte die men verwacht te gaan horen, zoals al luisterende naar een bekend muziekstuk, dan is men in staat om temidden van "orkestruis" aan de hand van een enkele harmonische de juiste grondtoon af te leiden, ook al worden die grondtoon en enkele harmonischen volledig gemaskeerd door andere orkestgeluiden. Daarom is het kunnen horen van harmonischen zo belangrijk voor een musicus.

De experimenten van Bilsen (1973) toonden aan dat het gebied waarop de nadruk ligt (het dominante gebied) bij het waarnemen van de toonhoogte van een complexe toon beneden de 200 Hz bij de 4e en 5e harmonische ligt, terwijl het dominante gebied voor grondtoonfrequenties van 2000 Hz en hoger bij de grondtoon zelf ligt (figuur 3.15).



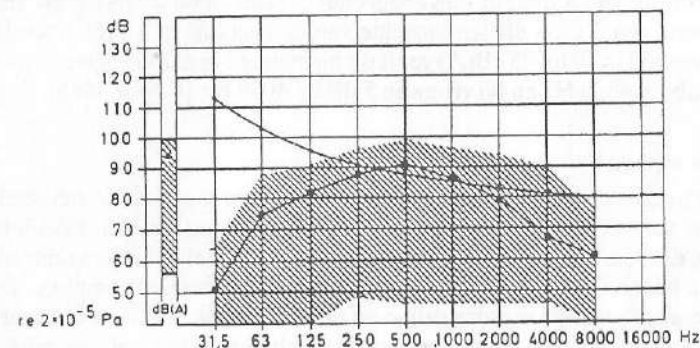
Figuur 3.15
Dominerende harmonischen in grondtoonafleiding als functie van de grondtoonfrequentie (naar Plomp 1976).

Klaarblijkelijk zijn de lagere harmonischen belangrijk voor de afleiding van de grondtoon. Uit de experimenten van Houtgast (1976) bleek, zoals reeds eerder is vermeld, dat ook hogere harmonischen (tegen een ruis-achtergrond) tot grondtoonafleiding kunnen leiden.

3.6. Signaal-ruis verhouding

Het begrip signaal-ruis verhouding is vooral bekend uit de spraakaudiometrie. Het betreft het minimum dB-niveau van de spraak (signaal) waarbij een bepaald percentage woorden, monosyllaben of zinnen correct wordt verstaan tegen de lawaai-achtergrond (ruis) van een bepaald luidheidniveau in dB.

Deze verhouding in de spraakaudiometrie is bij normaal horenden gemiddeld 10 dB, d.w.z. bij een ruis van 60 dB(A) is een spraakniveau van 50 dB(A) nodig (Plomp 1977, Kryter 1985, Dubbeldam-Marree 1985).



Figuur 3.16
Frequentiespectrum 6 minuut symfonische muziek (Axelsson 1981).

Omtrent de signaal-ruis verhouding in de muziek is weinig bekend. Wel is het minimum "ruis-niveau" door middel van frequentiespectra van een symfonie orkest bekend. Axelsson (1981) analyseerde in octaafbanden 6 minuut orkestmuziek van de opera Der Verkaufte Braut van Bedrich Smetana (figuur 3.16, zie ook figuur 2.3a-c, hoofdstuk 2).

Men dient te bedenken dat het een operabegeleiding vanuit een orkestbak betreft, derhalve voor de musici in acoustisch ongunstige omstandigheden.

Tussen 250 en 4000 Hz is het minimum geluidniveau van een symfonie orkest volgens figuur 3.16 ongeveer 45 dB. Een musicus zal dus een minimum ruis-aanbod krijgen van 45 dB tussen 250 en 4000 Hz. In dat minimum ruis-aanbod zal hij met zijn (met name zijn blaas-) instrument moeten aansluiten op toonhoogte en klankspectrum (timbre) van andere instrumenten. Omdat het samenklinken van diverse timbres aanleiding geeft tot maskering van het klankaanbod (zie 3.5.5) binnen de kritieke bandbreedte waarop hij zijn toonhoogte en harmonischen moet afstemmen zal een reductie van 5 tot 10 dB optreden (zie 3.5.6). In het ongunstigste geval is derhalve de totale geluids-informatie voor de orkestmusicus tussen 250 en 4000 Hz 35 dB.

Extrapolerend vanuit de signaal-ruis verhouding in de spraakaudiometrie zal de musicus derhalve een signaal van $35 - 10 = 25$ dB moeten kunnen opvangen temidden van de orkestruis van 35 dB. Dit komt overeen met het luidheidniveau van de hogere harmonischen van de meeste muziekinstrumenten (zie 3.4).

3.7. Lawaaibeschadiging en pathologie bij toonperceptie

Verblijf in geluidniveaus boven de 80 dB(A) kan blijvende beschadiging van het gehoororgaan teweeg brengen. Omstreeks het 60e tot 65e levensjaar en na een expositie gedurende ongeveer 40 jaar (8 uur per dag) heeft 2 % van de mensen die in een niveau van 80 dB(A) werkten een verminderd hoorvermogen. Bij zo'n verblijf in 90 dB(A) is dit 1 op de 6 mensen, bij 95 dB(A) is dit 1 op de 3 en bij 100 dB(A) is dit 2 op de 3 (Passchier-Vermeer 1986).

De geluidniveaus die vermindering van het gehoor teweeg brengen blijken echter nog lager te liggen. Verblijf van 8 uur per dag gedurende 50 jaar in 60 dB(A) geeft een drempelverschuiving van 2 tot 5 dB ten opzichte van de fysiologische presbycusis. Bij een dergelijk verblijf in 70 tot 75 dB(A) geeft dit bij mannen een drempelverschuiving van 8 tot 10 dB bij 4000 Hz en bij vrouwen 5 dB bij 4000 Hz (Kryter 1985).

Hoe ontstaat deze schade ?

Door inwerking van lawaai wordt het metabolisme van de haarcellen en de steuncellen in het orgaan van Corti sterk verhoogd. Hierdoor ontstaat een insufficiënte bloedvoorziening, die resulteert in een zuurstofgebrek. Aanvankelijk komen door dit zuurstofgebrek de haarcellen niet meer in contact met de tectoriële membraan en volgt een oedeemreactie van de sensore cellen en de steuncellen. De doorlaatbaarheid van de celwand neemt toe en de potentiaalverschillen nemen af, waardoor minder snel actiepotentialen zullen ontstaan (Salvi 1976). Tot zover betreft het een omkeerbaar proces; het geeft een tijdelijke drempelverschuiving (TTS = Temporary Threshold Shift).

Dierproeven toonden aan (Lipscomb 1965) dat bij expositie aan schadelijke geluidniveaus eerst de stereocilia van een aantal haarcellen gaan samenkleven en dat daarna veranderingen in de cel gaan optreden (in celkern en protoplasma), waarna na 24 uur de cel wordt aangetast en wegschrompelt. Aanvankelijk betreft dit de haarcellen die geluid percipiëren van 3000 Hz en hoger - met name het 4000 Hz gebied - maar later worden ook de lagere frequentiegebieden aangetast.

Hypotheses (maar omstreden) voor dit proces zijn:

- Decompensatie van het metabolisme van de haarcellen.
- Mechanische destructie van de haarcellen (vooral boven de 130 dB).
- Vermindering van de cochleaire microcirculatie (Dieroff 1979).

In rusttoestand heeft de cochlea weinig doorbloeding nodig om haar structuur in stand te houden. Bij lawaai blootstelling neemt het energieverbruik toe en kan de doorbloeding tekort schieten. De bovenvermelde oedeemvorming leidt vervolgens tot verdere vermindering van de microcirculatie.

In de endolymfe (zie figuur 3.2) van de scala media (ductus cochlearis) is een hoge concentratie kalium en een lage concentratie natrium aanwezig, terwijl dit in de perilymfe (in de scala vestibuli en scala tympani) juist omgekeerd is. De membrana basilaris heeft een grote permeabiliteit voor het doorlaten van stoffen met een klein moleculair gewicht. Aan de andere kant is het bekend dat de lamina reticularis van

het orgaan van Corti deze stoffen juist niet doorlaat. In het orgaan van Corti komt een vloeistof voor die vrijwel identiek is met perilymfe (Van het Schip 1983). Lawaai-expositie onderbreekt de continuïteit van de lamina reticularis zodat de endolymfe in het orgaan van Corti kan komen met als gevolg een onherstelbare beschadiging van de celmembranen door de hoge concentratie kalium (Lindeman en Stekelenburg 1981). De binnenste haarcellen blijken van belang te zijn voor de frequentie-discriminatie. Compleet verlies van de buitenste haarcellen tastte in dierexperimenten de frequentie-discriminatie niet aan (Nienhuys en Clark 1978, 1979).

Wat betekent dit voor de geluidwaarneming ?

Van personen met lawaaislechthorendheid is bekend dat zij een **gestoorde frequentie-analyse** hebben. Zij horen dan wel een toon, maar zijn niet of nauwelijks in staat te constateren of bij variëren van de frequentie deze lager of hoger wordt (Lindeman en Stekelenburg 1981).

Naast de gestoorde frequentie-analyse treedt een ander verschijnsel nadrukkelijk op de voorgrond, de **recruitment** of **regressie**. Hieronder verstaat men een abnormale en onaangename luidheidsensatie, het verschijnsel dat een gehoororgaan met een cochleaire stoornis bij een toename van geluidsdruk vanaf de pathologische drempel gerekend, een versnelde aangroei van luidheid toont. Als men op normale conversatiesterkte met iemand met recruitment spreekt klaagt die persoon over onverstaanbaarheid ("Wat zeg je, praat eens wat harder ?") terwijl geringe stemverheffing onmiddellijk als schreeuwen wordt ervaren ("Au ! Niet zo hard, ik ben niet doof !").

Voor een musicus met een gehoorafwijking zal recruitment hinderlijk zijn, maar mogelijk niet invaliderend. Wel invaliderend kan de reeds vermelde gestoorde frequentie-analyse zijn. Larkin (1983) constateerde bij proefpersonen met gehoorbeschadigingen een normale toonhoogteschatting en instelling van een zelf in te stellen toonhoogte t.o.v. een stimulusfrequentie bij zuivere sinustonen in vergelijking met normaal horenden. Bij een aanbod van meer tonen tegelijkertijd bleek een frequentie-verschuiving tot 44 % ten opzichte van de aangeboden tonen op te treden. Deze verschuivingen waren onafhankelijk van de ernst van de gehoorafwijking en de intensiteit van de stimulus. Larkin (1983) stelt dat het niet zozeer een verlies van discriminatiecapaciteit is, als wel een onzekerheid van de toonhoogteschatting. Bij getrainde musici is de standaarddeviatie bij toonhoogteschatting gemiddeld 0.6 % (Ward 1954).

De gestoorde toonwaarneming en toonhoogteschatting is vooral te vinden in het laagfrequente gebied (Zurek en Formby 1981) en in geval van gehoorbeschadiging in het laagfrequente gebied tot 1000 Hz (Turner, Burns en Nelson 1983, Florentine en Houtsma 1983).

Volgens Zurek en Formby (1981) doet het frequentiegebied waarin het gehoorverlies optreedt er niet toe, maar het fenomeen treedt meer op in het lage frequentiegebied. Een verschijnsel dat tevens kan optreden en in Angelsaksische literatuur mogelijk hetzelfde is als de gestoorde toonhoogteschatting (pitch vulnerability, abnormal pitch perception, pitch shift, pitch change) is de **diplacusis**, die zowel monauraal als binauraal kan optreden. In het geval van de monaurale diplacusis betreft dit zeker hetzelfde fenomeen van de gestoorde toonhoogteschatting (Formby en Gjerdingen 1981). De gestoorde toonhoogteschatting betrof hier het frequentiegebied tussen

1900 en 2750 Hz en een smal gebied tussen 2590 en 2750 Hz. Het betrof een proefpersoon met een normaal gehoor.

Binaurale diplacusis, waarbij een aangeboden toon door het ene oor een andere frequentie wordt toegekend dan door het andere oor, in het gebied rond de 2000 Hz maar ook in andere gebieden werd gevonden door Burns (1982) bij proefpersonen met een normaal gehoor. Robinson en Gaeth (1975) vonden zowel een monaurale als binaurale diplacusis die bij proefpersonen met gehoorverliezen in het hoge frequentiegebied (4000 Hz en meer) een grotere variatie en standaarddeviatie hadden in vergelijking met proefpersonen met een normaal gehoor. Dit verschijnsel werd eveneens waargenomen in het geval van een forse TTS (40 dB) bij 4000 Hz (Ward, Selters en Glorig 1961, Ward 1963).

Binaurale diplacusis treedt niet alleen op bij een aanbod van zuivere tonen, maar ook bij complexe tonen, waarbij de eerste 8 harmonischen (steeds in combinatie van 3 opeenvolgende harmonischen) het belangrijkste zijn (Van den Brink 1975).

Het mechanisme van de diplacusis wordt door de meeste onderzoekers geacht te zijn gesitueerd in de cochlea (Zurek en Formby 1981), hoewel een neurologische component van de achterliggende structuren niet uit te sluiten is. In het geval van gestoorde toonhoogteschatting wordt zowel een cochleair mechanisme als een degeneratie van de neurologische structuren achter de cochlea vermoed (Zurek en Formby 1981).

3.8. Conclusies

Voor een musicus met een gehoorafwijking kunnen de volgende fenomenen zijn beroepsuitoefening kunnen bemoeilijken:

- Recruitement.

Het onaangenaam luid klinken van harde geluiden die de pathologisch verhoogde gehoordrempel overschrijden.

- Gestoorde toonhoogteschatting

Het niet kunnen schatten van de toonhoogte van een aangeboden toon. Dit fenomeen treedt reeds op bij lage intensiteit en voornamelijk onder de 1000-2000 Hz. Dit is echter juist het gebied waaronder de meeste grondtonen en lage harmonischen van muziek worden aangeboden.

- Diplacusis (monauraal en binauraal)

Zowel zuivere als complexe tonen worden steeds met verschillende toonhoogte waargenomen. Dat wil zeggen dat monauraal de frequentie van een aangeboden toon te hoog of te laag wordt geschat en binauraal een aangeboden toon door het ene oor een andere frequentie wordt toegekend dan door het andere oor. Ook dit fenomeen vindt voornamelijk plaats in het gebied rond en beneden de 2000 Hz.

Hoofdstuk 4

Geluidexpositie

4.1. Het onderzoeksmodel

4.1.1. Inleiding

In hoofdstuk 2 (literatuurbespreking) is gebleken dat de geluidniveaus in symfonie orkesten veelal de veilig geachte grens van 80 dB(A) overschrijden. Uit de schaarse literatuur met betrekking tot de geluidniveaus in harmonie orkesten blijkt dat deze geluidniveaus in de meeste gevallen nog hoger zijn dan die in symfonie orkesten. Tevens is in hoofdstuk 2 gebleken dat musici van symfonie orkesten en harmonie orkesten gehoorafwijkingen hebben, die waarschijnlijk samenhangen met de hoge geluidniveaus in deze orkesten.

Zowel de literatuur met betrekking tot de geluidniveaus als met betrekking tot de gehoorafwijkingen geven geen eenduidige resultaten. Dit wordt met betrekking tot de geluidniveaus veroorzaakt door de verschillen in meetmethoden, meetopstellingen, repertoire, zalen en orkesttypen. Bij de literatuur met betrekking tot de gehoorafwijkingen bij musici zijn de verschillen in resultaten grotendeels te verklaren door de verschillende definities van een gehoorafwijking, onduidelijkheid met betrekking tot referentiepopulaties en verschillen in analysemethoden.

Derhalve zal dit onderzoek de mogelijke relatie onderzoeken tussen de geluidniveaus in een orkest en het voorkomen van gehoorafwijkingen. Daartoe is enerzijds een onderzoek nodig naar de geluidniveaus in een symfonie orkest en een harmonie orkest, een onderzoek dat niet de tekortkomingen heeft van de eerder in de literatuur vermelde onderzoeken. Anderzijds gaat dit ook op voor een onderzoek naar gehoorafwijkingen bij musici.

De onderzoeksopzet en de onderzoeksresultaten met betrekking tot geluidniveaus in een symfonie orkest en een harmonie orkest zullen beschreven worden in hoofdstuk 4. Het onderzoek naar gehoorafwijkingen bij musici en de mogelijke relatie met de geluidniveaus is beschreven in de hoofdstukken 5 t/m 8, waarbij hoofdstuk 5 de onderzoeksprobleemstelling, -vraagstelling en -doelstelling beschrijft, hoofdstuk 6 de onderzoeksmethoden en de onderzoekspopulatie, en hoofdstuk 7 en 8 de onderzoeksresultaten met betrekking tot de gehoorafwijkingen bij musici.

Het onderzoek naar de geluidniveaus is uitgevoerd in twee typen orkesten: symfonie orkest en harmonie orkest. Deze twee typen zijn gekozen omdat dit de meest voorkomende orkesttypen zijn waarin beroepshalve wordt gemusiceerd.

Een symfonie orkest is een groot orkest met de omvang van 80-110 musici, en omvat strijkers, houtblazers, koperblazers en slagwerkers. Vaak is er een additioneel instrumentarium aanwezig in de vorm van harpen, celesta, piano, orgel, etc. Een harmonie orkest heeft doorgaans de omvang van 35-50 musici en heeft alleen houtblazers,

koperblazers en slagwerkers; het is dus een blaasorkest. Het harmonie orkest vindt men als beroepsorkest meestal in de vorm van een militair orkest.

Eerst zullen voor het symfonie orkest de factoren die de geluidexpositie bepalen worden uiteengezet (deel 4.1.2, Orkest, composities en zalen). Mutatis mutandis gelden deze factoren ook voor het harmonie orkest. Vervolgens zullen de gemeten composities en zalen met betrekking tot het symfonie orkest worden beschreven (4.1.2.2). Als voorwaarde voor representatieve metingen wordt gesteld dat het steeds hetzelfde symfonie orkest dient te zijn, met hetzelfde repertoire, onder dezelfde dirigent. Dit laatste om geluidniveau verschillen in eenzelfde compositie door verschillende interpretaties door verschillende dirigenten uit te sluiten.

Het harmonie orkest wordt beschreven in 4.1.2.3. De gemeten composities en uitvoeringsruimten van het harmonie orkest zijn beschreven in 4.1.2.4.

Het onderzoek van beide orkesten is beschreven in 4.2 (meetapparatuur, -opstelling en -procedures). De gebruikte meetapparatuur is beschreven in 4.2.1, de meetopstelling in 4.2.2 en de meetprocedure in 4.2.3. Meetopstelling en meetprocedure zijn beiden onderverdeeld in de metingen van de equivalente geluidniveaus tijdens uitvoeringen (resp. 4.2.2.1 en 4.2.3.1) en piek- en octaafmetingen (resp. 4.2.2.2 en 4.2.3.2).

De onderzoeksresultaten zijn beschreven in deel 4.3. Voor het symfonie orkest (4.3.1) zijn deze verdeeld in de onderzoeksresultaten van metingen van het traditionele repertoire (4.3.1.1) en het moderne symfonische (contemporaine) repertoire (4.3.1.2). Bij het traditionele repertoire is tevens het mogelijke verschil in geluidniveaus tussen vier zalen onderzocht. Piekregistratie bij het contemporaine repertoire (4.3.1.3) en octaafanalyse (4.3.1.4) bij het traditionele repertoire zijn eveneens beschreven.

De onderzoeksresultaten van het harmonie orkest betreffen alleen niveaumetingen tijdens repetities en uitvoeringen (4.3.2). Er zijn geen piekmetingen en octaafanalyses verricht.

In deel 4.4 wordt de totale geluidexpositie voor de musici van beide orkesten beschreven. Voor het symfonie orkest zijn aan de hand van dienstlijsten de werktijden berekend (4.4.1.1). De gemeten geluidniveaus zijn vervolgens aan de werktijden gekoppeld, zodat een dag- resp. jaar equivalent (LEX) berekend kan worden van het traditionele, het contemporaine en het totale repertoire. Tevens zijn andere vormen van geluidexpositie berekend, zoals verkeerslawaaï, muziekstudie en overige vormen van sociale geluidexpositie (4.4.1.2).

Voor het harmonie orkest zijn bovenstaande resultaten op analoge wijze berekend (4.4.2).

In de discussie (4.5.1) worden de meetresultaten vergeleken met eerdere onderzoeken. Vervolgens wordt het onderzoek met betrekking tot de geluidniveaus in een symfonie orkest en een harmonie orkest samengevat (4.5.2) en worden de conclusies vermeld (4.5.3).

4.1.2 Orkest, composities en zalen

4.1.2.1. Het symfonie orkest

De te onderzoeken belastende factor is de geluidexpositie van musici. Deze expositie is afhankelijk van:

- het bespeelde instrument (als geluidproducent)
- de plaats in het orkest
- de orkestopstelling
- het gespeelde werk c.q. repertoire
- de acoustische eigenschappen van de uitvoeringsruimte
- de tijdsduur van de uitvoering

Instrument

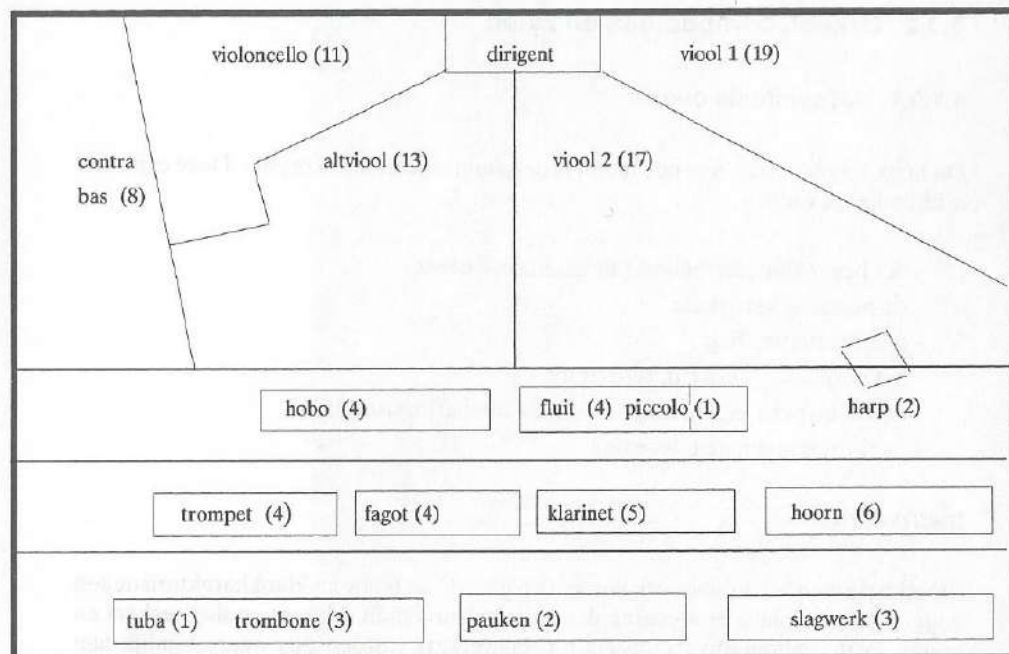
Blaasinstrumenten en slagwerk kunnen op grond van bouw en klankkenmerken hogere geluidniveaus produceren dan strijkinstrumenten. Blazers en slagwerkers en musici in de nabijheid van blazers en slagwerkers worden dus waarschijnlijk aan hogere geluidniveaus geëxposeerd dan strijkers.

Plaats in het orkest

De plaats die een musicus in het orkest inneemt, hangt samen met het bespeelde instrument (figuur 4.1) en zal daarom de expositie van de musicus beïnvloeden.

Orkestopstelling

De orkestopstelling is mede van invloed op de plaats van de musicus in het orkest en is daardoor mede van invloed op de expositie van de musicus. In de literatuurbespreking is er reeds op gewezen dat de opstelling van orkest tot orkest kan verschillen. De meeste verschillen liggen echter op internationaal vlak, bijvoorbeeld de Nederlandse- versus de Duitse orkestopstelling. Voor dit onderzoek is uitgegaan van de gangbare orkestopstelling in Nederland. (figuur 4.1).



Figuur 4.1.
(Nederlandse) orkestopstelling symfonie orkest.
(n) aantal musici per instrumentgroep.

Composities en repertoire

Composities voor strijkers zullen over het algemeen minder luid klinken dan composities voor volledige symfonie orkesten in bezettingen van ongeveer 110 musici. Grote symfonie orkesten spelen echter zelden composities voor alleen strijkers (dit wordt meer door kamerorkesten gedaan).

Het repertoire in de klassieke muziek is globaal onder te verdelen in:

- middeleeuws
- renaissance
- barok (vroeg-, hoog- en laat-)
- preklassiek
- klassiek
- romantiek (pre-, hoog- en laat-)
- modern
- eigentijds (contemporain)

Het voert te ver om al deze verschillende stijlen uitvoerig te behandelen. Volstaan wordt het gangbare repertoire van een groot symfonie orkest te behandelen. Dit omvat globaal het preklassieke tot het contemporaine repertoire.

Grofweg onderscheidt men het "traditionele" ("ijzeren") repertoire (men denke bijv. aan Mozart, Beethoven, Brahms, Schubert, Strauss, etc.) en het "contemporaine" repertoire. Dit laatste betreft met name composities van de 20e eeuw.

Bij het uitvoeren van eenzelfde compositie kunnen in het gemiddelde geluidniveau verschillen optreden door de verschillende opvattingen van dirigenten. Aanduidingen in de partituur zoals piano (zacht) en forte (hard) zijn tenslotte relatieve begrippen.

Uitvoeringsruimte

Het is helaas een gegeven dat er met betrekking tot de acoustiek goede, minder goede en slechte zalen zijn. Een bekend symfonie orkest was dermate ontevreden over zijn eigen "slechte" zaal, dat besloten werd tot het op eigen kosten bouwen van een goede zaal.

Te verwachten is dat de acoustische kwaliteit van een zaal het geluidniveau zal beïnvloeden. Een belangrijke parameter voor de acoustische kwaliteit van de zaal is de nagalmtijd. Voor enkele "goede" zalen varieert deze tussen de 2.2 en 2.8 seconden (afhankelijk van resp. frequentie van het geluid en bezettingsgraad van de zaal, (Peutz 1988, persoonlijke mededeling)).

4.1.2.2. Gemeten composities en zalen symfonie orkest

*Als alleen maar gekeken zou worden
naar de publieke smaak van het
ogenblik, zouden orkesten heden ten
dage alleen nog maar Bach en Mozart
spelen, want zelfs Beethoven werd
in zijn dagen al soms afgewezen als
"te modern".
(Schilham 1983)*

De geluidmetingen vonden plaats in oktober en november 1984 en betroffen twee concertseries met resp. een traditioneel- en contemporain repertoire. Uit vergelijkingen met programma's van voorgaande en volgende jaren blijkt dat de series representatief zijn voor het repertoire van het symfonie orkest door de jaren heen.

Traditioneel repertoire:

Wagenaar
Busoni

Ouverture Cyrano de Bergerac
Vioolconcert

pauze

Schubert
J.Strauss Sohn

Symfonie nr. 3 D-dur, D. 200
Wo die Zitronen blüh'n
Perpetuum mobile
Ouverture Der Zigeunerbaron

Contemporain repertoire:

Krenek
Alsina

Symphonie Elegie opus 105
Prima sinfonia per tre solisti
(soprano, flauto, violoncello) e
orchestra

pauze

Kurtag
Vermeulen

Fragmente von Attila Josef
Symfonie 2

Tabel 4.1.
Composities en zalen.

zaal	repertoire
Nieuwe Kerk 's-Gravenhage	traditioneel
Prins Willem Alexander Zaal 's-Gravenhage	traditioneel
Concertgebouw Amsterdam	traditioneel
Stadsgehoorzaal Leiden	traditioneel
Arnold Schönbergzaal 's-Gravenhage	contemporain
Dr. Anton Philipszaal 's-Gravenhage	traditioneel

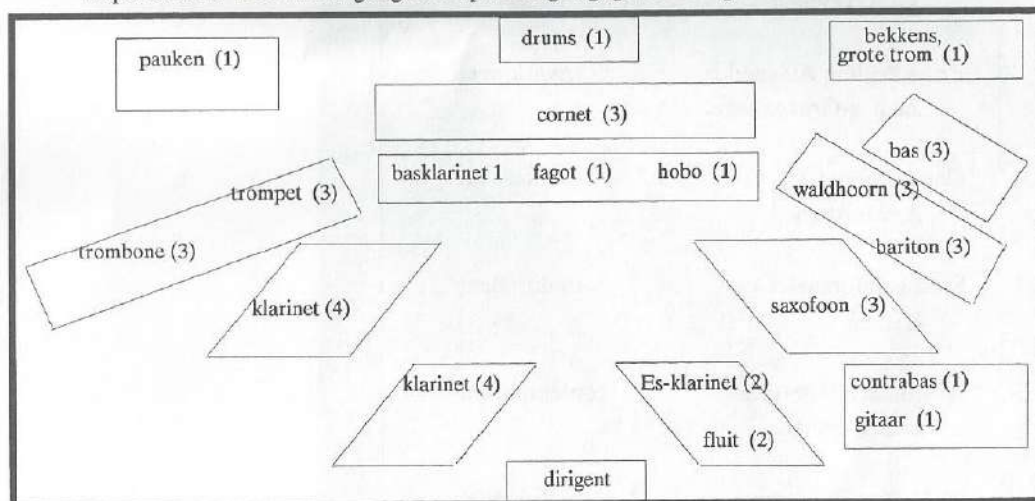
Daarnaast werden in mei 1985 piekmetingen verricht bij uitvoeringen van het contemporaine repertoire (Bernd Alois Zimmermann: Sinfonie in einem Satz).

Bovendien werd in juni 1988 een octaafanalyse verricht bij uitvoering van Symfonie nr. 9 van Ludwig van Beethoven.

De metingen betroffen steeds hetzelfde symfonie orkest. Tijdens de metingen bij de uitvoeringen van het traditionele repertoire stond het symfonie orkest steeds onder leiding van dezelfde dirigent (m.u.v. Beethovens Symfonie nr. 9). Bij uitvoeringen van het contemporaine repertoire stond het orkest onder leiding van een andere dirigent. De metingen vonden plaats in de volgende zalen (tabel 4.1).

4.1.2.3. Het harmonie orkest

Harmonie orkesten zijn doorgaans kleiner dan symfonie orkesten (dit harmonie orkest heeft 41 musici) en bevatten geen strijkers. Het repertoire is doorgaans gericht op het ten gehore brengen van marsmuziek en "verstrooiingsmuziek" (bijv. parkconcerten). De bespeelde instrumenten zijn te verdelen in slagwerk, "houtblazers" en "koperblazers". De meest gangbare opstelling is gegeven in figuur 4.2.



Figuur 4.2.
Opstelling harmonie orkest. (n) aantal musici per instrumentgroep.

Repetities vinden doorgaans niet plaats in de uitvoeringszaal, maar in een eigen repetitieruimte. Dit soort repetitieruimten is doorgaans klein. Concerten vinden plaats in zalen en in de open lucht (dit i.t.t. symfonie orkesten).

4.1.2.4. Composities en uitvoeringsruimten harmonie orkest

In 1981 zijn geluidniveaumetingen verricht bij het harmonie orkest. Het repertoire was samengesteld uit marsmuziek, "licht repertoire" voor harmonie orkesten en traditioneel orkestrepertoire, gearrangeerd voor harmonie orkesten (o.a. Hongaarse Dansen van Dvorak). De metingen vonden plaats in de volgende uitvoeringssituaties:

- repetitielokaal (kazerne)
- De Meerpaal (Dronten)
- Slot Zeist (Zeist, open lucht)

Men zou op grond van de afmetingen van het repetitielokaal verwachten dat daar het geluidniveau het hoogste zal zijn en in de open lucht het laagste.

4.2. Meetapparatuur, -opstelling en -procedures.

4.2.1. Meetapparatuur

Gedurende het onderzoek zijn bij het symfonie orkest drie soorten metingen verricht: equivalent geluidniveau bij een uitvoering (L_{Aeqw}), piekmetingen (dB(A)) en octaaf-analyse. Bij het harmonie orkest zijn alleen L_{Aeqw} metingen verricht.

De gebruikte apparatuur is de volgende:

L_{Aeqw} : CEL Noise Dosimeter 122 (voldoet aan IEC 123)
Bruel & Kjaer Noise Dose Meter 4428 (idem)

Piekmeting: Bruel & Kjaer Sound Level Meter 2225 (voldoet aan IEC 651)

Octaafanalyse: Rion Precision Integrating Sound Level Meter NL-1R
met Octave band filter NX-01A (voldoet aan IEC 651)

De CEL apparatuur en de Bruel & Kjaer (B & K) apparatuur werden bij het onderzoek in het symfonie orkest simultaan gebruikt. Teneinde mogelijke registratieverschillen te onderzoeken werden in een proefopstelling de CEL- en B & K apparatuur (na ijking) simultaan gebruikt op dezelfde meetplaatsen (tabel 4.2).

Tabel 4.2.
Vergelijking CEL Noise Dose Meter 122 en Bruel & Kjaer Noise Dose Meter 4428.
Meetduur 52 minuten. Scores in L_{Aeqw} .
Procentueel verschil $[|(CEL - B\&K)|/B\&K] \cdot 100 \%$.

meter	type B & K CEL		% verschil
1	94.2	94.7	0.5 %
2	95.7	96.2	0.5 %
3	95.2	96.2	1.0 %
4	94.7	95.7	1.0 %
5	95.7	95.7	0.0 %
6	97.2	98.2	1.0 %

Student-T = -4 (2-zijdig) $P < 0.01$ 95% CI (-1.1) - (-0.24).

Gemiddeld bedraagt het meetverschil 0.7 %.

De CEL apparatuur geeft significant hogere scores dan de B & K apparatuur (Student-T toets voor gepaarde waarnemingen). Gezien de ligging van het 95%-betrouwbaarheidsinterval en de grootte van het verschil is echter de conclusie gerechtvaardigd dat beide typen apparatuur simultaan te gebruiken zijn.

4.2.2. Meetopstelling

4.2.2.1. Equivalent geluidniveau (LAeqw)

In het **symfonie orkest** werd de meetapparatuur (19 stuks) verspreid over het gehele orkest opgesteld (tabel 4.3, figuur 4.3). Tabel 4.3 behoeft enige uitleg.

De microfoons van de meters 1 t/m 3 zijn opgesteld vlak bij een oor van de desbetreffende musicus. De musici zitten achter hun instrumenten. Wil men de expositie van deze musici meten, dan zal de meetplaats derhalve zijn "achter" het desbetreffende instrument. De microfoons van de meters 4 t/m 9 zijn opgesteld vlak bij een oor van de dichtstbijzijnde musicus/ci ("belaste musicus") vóór het instrument/de instrumenten zoals vermeld in tabel 4.3 onder "meetplaats". Meetplaats nr. 6 (klarinetten) wil zeggen dat feitelijk de expositie wordt gemeten van de musici vóór de klarinetten, in dit geval de fluitisten.

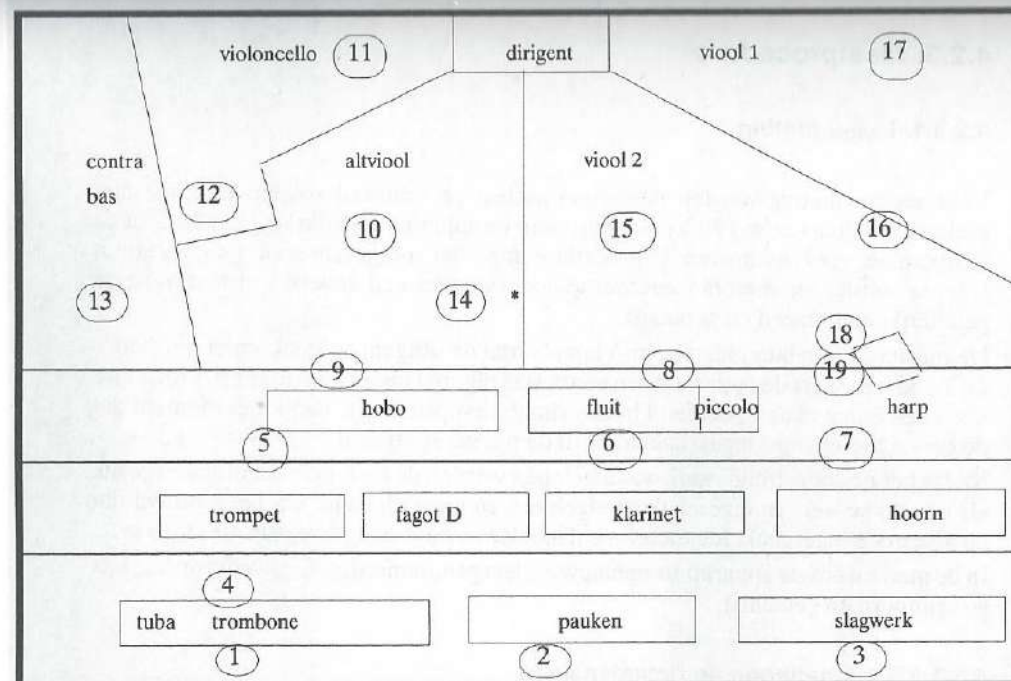
Tabel 4.3.

Meetopstelling LAeqw-meting symfonie orkest.

nr.	meetplaats	belaste musicus/musici
1	achter trombones ¹	trombone*
2	achter pauken ¹	paukenist
3	achter slagwerk ¹	slagwerkers
4	vóór trombones	trompetten
5	vóór trompetten	hobo's/altviool achter
6	vóór klarinetten	fluiten
7	vóór hoorns	fluiten/viool 2 achter
8	vóór fluiten	viool 2 achter
9	vóór hobo's	altviool achter
10	altviool midden	altviool
11	celli rand podium	celli
12	bas midden/rand	bas/celli achter
13	bassen achter	bas/altv. zij-achter
14	altv. achter/mid.	altviool midden
15	viool 2 midden	viool 2
16	viool 1-2 midden	viool 1-2 midden
17	viool 1 rand pod.	viool 1 rand podium
18	viool 2 mi/achter	viool 2 midden/achter
19	viool 2 achter	viool 2 achter

¹ musici zitten achter hun instrument.

* In het muziekjargon is het gebruikelijk musici soms aan te duiden met het instrument dat bespeeld wordt. Trombone en trombonist duiden beiden op de bespeler van het instrument.



Figuur 4.3.

Meetopstelling symfonie orkest.

* piekmeting en octaafmeting

De microfoons van de meters 10 t/m 19 zijn opgesteld vlak bij een oor van de dichtstbijzijnde musicus van de vermelde meetplaats. Meetplaats en belaste musicus/ci betreffen hier steeds gelijksoortige instrumenten.

Bij het onderzoek in het **harmonie orkest** werd gedurende diverse repetities en uitvoeringen de meetapparatuur op verschillende plaatsen in het orkest opgesteld.

4.2.2.2. Piekmeting en octaafanalyse

De Bruel & Kjaer Sound Level Meter 2225 werd opgesteld tussen de altviolen en tweede violen, op de achterste rij (zie figuur 4.3) 2 meter vóór de hobo's.

De Rion apparatuur voor octaafanalyse werd op dezelfde plaats opgesteld.

4.2.3. Meetprocedure

4.2.3.1. LAeqw-meting

Vóór iedere meting werden de meters aselekt genummerd volgens een lijst met aselekte getallen (1 t/m 19). Vervolgens werd de apparatuur geijkt volgens de door de fabrikanten voorgeschreven ijkprocedure met de voorgeschreven ijkapparatuur. Daarna werden de meters wederom aselekt (volgens een andere lijst met aselekte getallen) genummerd en geplaatst.

De musici namen hun plaatsen in. Vlak vóórdat de dirigent zou opkomen werd door 2 á 3 onderzoekers de apparatuur in een vaste volgorde ingeschakeld (deze procedure was eerst enige malen geoefend in een simulatie-opstelling). Vanaf het moment dat de eerste meter werd ingeschakeld werd de tijd geregistreerd.

Nadat het desbetreffende stuk was afgelopen werden de meters in dezelfde volgorde als waarin ze werden ingeschakeld afgelezen en uitgeschakeld. Op het moment dat de als eerste ingeschakelde meter werd afgelezen werd de tijdsregistratie stilgezet.

In de pauze werd de apparatuur opnieuw aselekt genummerd, geijkt, wederom aselekt genummerd en geplaatst.

4.2.3.2. Piekmetingen en octaafanalyse

Tijdens de uitvoering van een contemporaine compositie (Bernd Alois Zimmermann: Sinfonie in einem Satz, 1951) werden piekmetingen verricht.

De Bruel & Kjaer Sound Level Meter 2225 stond ingeschakeld in de stand "peak". Het hoogste piekniveau binnen iedere 30 seconden werd geregistreerd.

Gedurende een uitvoering van Beethovens 9^e symfonie werd over de gehele symfonie octaafanalyse verricht (31.5 Hz - 16000 Hz). Per octaafband werden gedurende 30 seconden de hoogste en laagste waarden genoteerd. Dit werd gedurende de gehele uitvoering gedaan. De gemiddelde hoogste en laagste waarden zijn grafisch weergegeven in figuur 4.7.

4.3. Onderzoeksresultaten

4.3.1. Symfonie orkest

4.3.1.1. Traditioneel repertoire (LAeqw)

In vier zalen (Nieuwe Kerk en Prins Willem Alexanderzaal te 's-Gravenhage, de Leidse Stadsgehoorzaal en het Concertgebouw te Amsterdam) werden geluidmetingen verricht. De resultaten met betrekking tot het gedeelte na de pauze (Schubert en Strauss) zijn weergegeven in tabel 4.4. Naast de equivalente geluidsniveaus gedurende de uitvoeringen zijn ook de 8-uurs equivalenten gegeven (LEX). De repetities betreffen dezelfde composities.

Tabel 4.4.

Gemiddelden over 4 metingen (4 zalen).

Schubert: Symfonie nr.3 D-dur, D. 200

J. Strauss Sohn: Wo die Zitronen blüh'n; Perpetuum mobile;

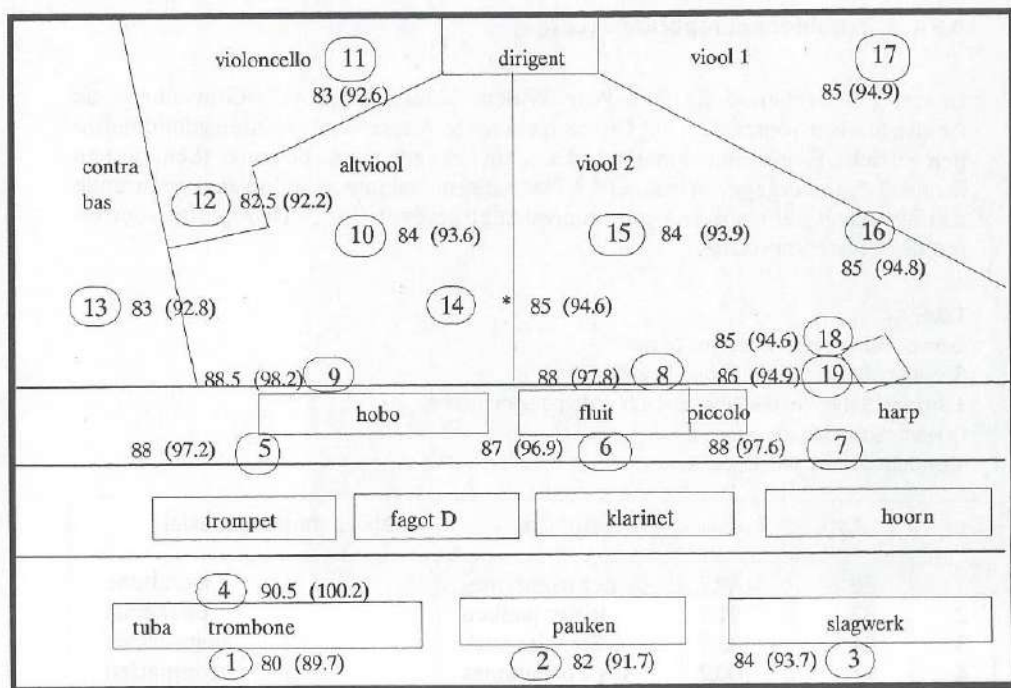
Ouverture Der Zigeunerbaron.

Meetduur 54 minuten, LEX en LAeqw.

nr	LEX	LAeqw	meetplaats	belaste musicus/musici
1	80	89.7	achter trombones	trombone
2	82	91.7	achter pauken	paukenist
3	84	93.7	achter slagwerk	slagwerkers
4	91	100.2	vóór trombones	trompetten
5	88	97.7	vóór trompetten	hobo's/altviool achter
6	87	96.9	vóór klarinetten	fluiten
7	88	97.6	vóór hoorns	fluiten/viool 2 achter
8	88	97.8	vóór fluiten	viool 2 achter
9	89	98.2	vóór hobo's	altviool achter
10	84	93.6	altviool midden	altviool
11	83	92.6	celli rand podium	celli
12	83	92.2	bas midden/rand	bas/celli achter
13	83	92.8	bassen achter	bas/altv. zij-achter
14	85	94.6	altv. achter/midden	altviool midden
15	84	93.9	viool 2 midden	viool 2
16	85	94.8	viool 1-2 midden	viool 1-2 midden
17	85	94.9	viool 1 rand podium	viool 1 rand podium
18	85	94.6	viool 2 mi/achter	viool 2 midden/achter
19	86	94.9	viool 2 achter	viool 2 achter

De gemiddelden over de 4 metingen betreffen rekenkundige gemiddelden. Uit tabel 4.5 blijkt dat de getallen per meetplaats minder dan 5 dB(A) verschillen. In dat geval mag een rekenkundig gemiddelde berekend worden (Ruyten 1987).

De geluidsniveaus op de verschillende plaatsen in het orkest zijn weergegeven in figuur 4.4.



Figuur 4.4.

Gemiddelden over 4 metingen (4 zalen).

Schubert: Symfonie nr.3 D-dur, D. 200

J.Strauss Sohn: Wo die Zitronen blüh'n; Perpetuum mobile; Ouverture Der Zigeunerbaron.

Meetduur 54 minuten, Lex en (LAeqw).

De verschillen tussen de geluidsniveaus in vier verschillende zalen is weergegeven in tabel 4.5.

Het verschil tussen de geluidsniveaus in de vier zalen is significant (toets van Friedman). De hoogste geluidsniveaus werden gemeten in de Leidse Stadsgehoorzaal, de laagste in de Prins Willem Alexanderzaal te 's-Gravenhage.

Tabel 4.5.

Verschil tussen 4 zalen.

Schubert: Symfonie nr.3 D-dur, D. 200

J.Strauss Sohn: Wo die Zitronen blüh'n; Perpetuum mobile; Ouverture Der Zigeunerbaron.

LAeqw (meetduur 54 minuten).

NK = Nieuwe Kerk SGZ = Stadsgehoorzaal C = Concertgebouw PWA = Prins Willem Alexanderzaal.

nr.	NK	SGZ	C	PWA	belaste musicus/musici
1	90.4	89.5	89.6	89.4	trombone
2	92.3	91.5	91.6	91.4	paukenist
3	94.3	93.5	93.5	93.4	slagwerkers
4	97.3	102.2	101.6	99.4	trompetten
5	95.3	100.5	96.6	98.4	hobo's/altviool achter
6	97.3	97.5	96.6	96.4	fluiten
7	98.3	96.5	98.1	97.4	fluiten/viool 2 achter
8	98.3	97.5	97.6	97.9	viool 2 achter
9	100.3	97.0	96.6	98.9	altviool achter
10	93.8	94.5	93.6	92.4	altviool
11	93.8	93.0	93.1	90.4	celli
12	90.8	93.5	93.1	91.4	bas/celli achter
13	92.8	93.0	93.6	91.9	bas/altv. zij-achter
14	95.3	96.5	93.6	92.9	altviool midden
15	94.3	95.5	92.6	93.4	viool 2
16	93.3	96.0	94.6	95.4	viool 1-2 midden
17	95.3	96.0	95.1	93.4	viool 1 rand podium
18	95.3	95.0	95.1	92.9	viool 2 midden/achter
19	96.3	95.5	96.1	91.9	viool 2 achter
rang	3	1	2	4	Friedman 62.95

4.3.1.2. Contemporain repertoire (LAeqw)

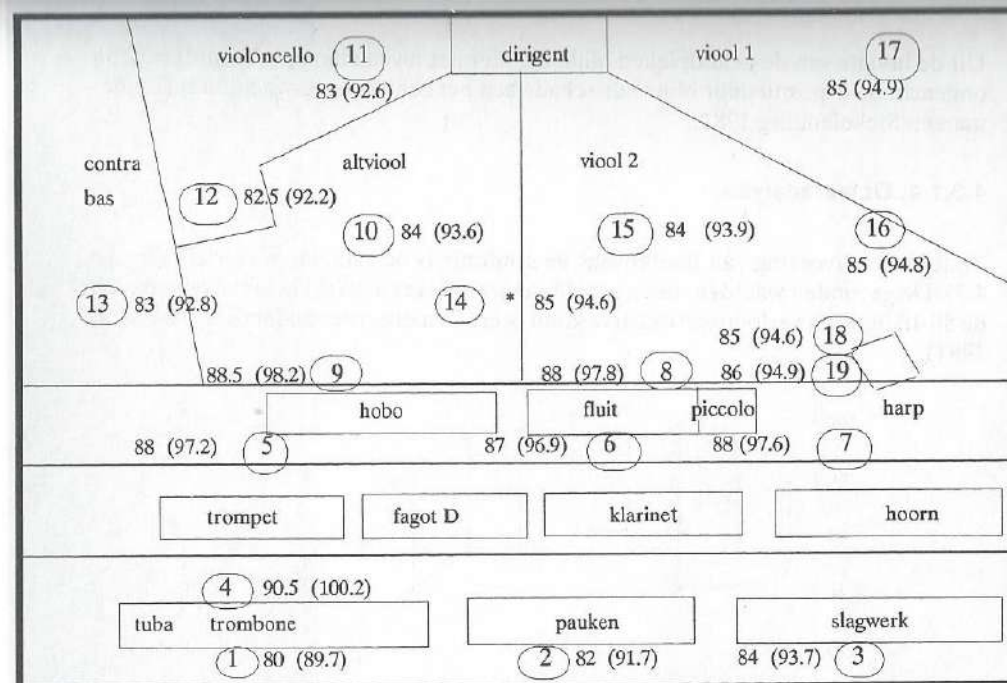
In het contemporaine repertoire zijn geluidmetingen verricht in de Arnold Schönbergzaal van het Koninklijk Conservatorium te 's-Gravenhage. De resultaten met betrekking tot de composities van Vermeulen (Symfonie 2) en Zimmermann (Sinfonie in einem Satz) zijn weergegeven in tabel 4.6 en figuur 4.5.

Tabel 4.6.

Vermeulen: Symfonie 2.

Zimmermann: Sinfonie in einem Satz (1951). Meetduur 54.5 minuten, LEX en LAeqw.

nr.	LEX	LAeqw	meetplaats	belaste musicus/musici
1	83.5	95.7	achter trombones	trombone
2	83	95.2	achter pauken	paukenist
3	86.5	98.7	achter slagwerk	slagwerkers
4	94	104.0	vóór trombones	trompetten
5	94.3	104.2	vóór trompetten	hobo's/altviool achter
6	91.5	101.5	vóór klarinetten	fluiten
7	91.3	101.2	vóór hoorns	fluiten/viool 2 achter
8	90	100.0	vóór fluiten	viool 2 achter
9	90	100.0	vóór hobo's	altviool achter
10	87.8	97.7	altviool midden	altviool
11	85.8	95.7	celli rand podium	celli
12	85.5	95.5	bas midden/rand	bas/celli achter
13	85.5	95.5	bassen achter	bas/altv. zij-achter
14	87.8	97.7	altv. achter/mid.	altviool midden
15	86.8	96.7	viool 2 midden	viool 2
16	87.8	97.7	viool 1-2 midden	viool 1-2 midden
17	86.2	96.2	viool 1 rand pod.	viool 1 rand podium
18	86.5	96.5	viool 2 mi/achter	viool 2 midden/achter
19	87.8	97.7	viool 2 achter	viool 2 achter



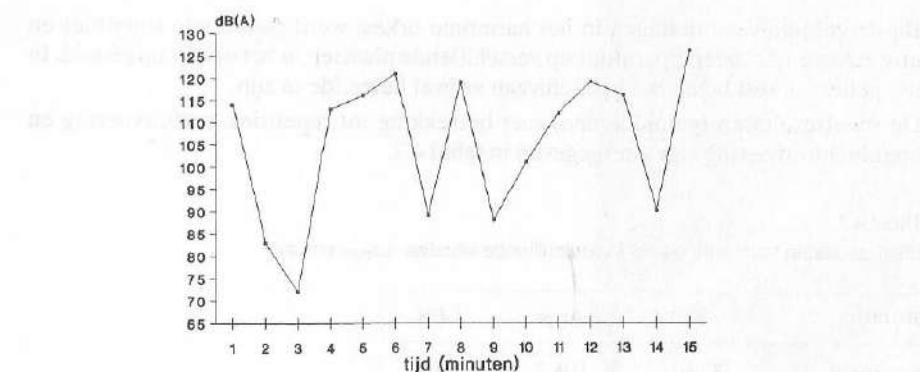
Figuur 4.5.

Vermeulen: Symfonie 2. Zimmermann: Sinfonie in einem Satz (1951)

Meetduur 54.5 minuten. LEX en LAeqw.

4.3.1.3. Piekregistratie

Tijdens de uitvoering van Zimmermann's Sinfonie in einem Satz werden piekregistraties uitgevoerd (figuur 4.6).



Figuur 4.6.

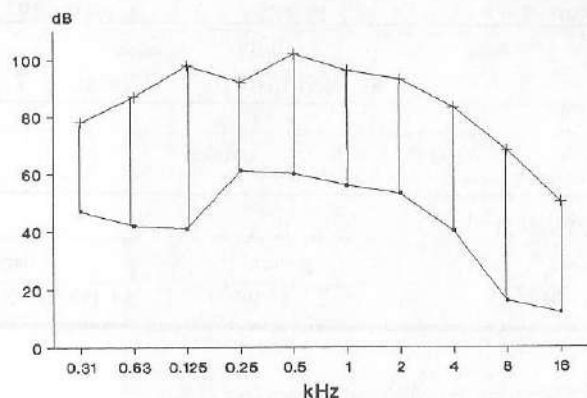
Piekregistratie in dB(A). Zimmermann: Sinfonie in einem Satz (1951). Arnold Schönbergzaal.

Duur 15.5 minuten.

Uit de hoogte van de geluidspieken blijkt dat hier het niveau benaderd wordt waarbij ongeacht de expositieduur blijvende schade aan het gehoor te verwachten is (Lindeman en Stekelenburg 1981).

4.3.1.4. Octaafanalyse

Tijdens de uitvoering van Beethovens 9e symfonie is octaafanalyse verricht (figuur 4.7). De gevonden waarden tonen aan dat tussen 63 Hz en 4000 Hz het niveau boven de 80 dB ligt. Het verloop van de curve komt overeen met eerder onderzoek (Axelsson 1981).



Figuur 4.7.
Frequentiespectrum Negende Symfonie Beethoven.
Duur 64 minuten, L_{Aeqw} 97 dB(A). Dr. Anton Philipszaal.

4.3.2. Harmonie orkest (L_{Aeqw})

Bij de geluidniveaumetingen in het harmonie orkest werd gedurende repetities en uitvoeringen de meetapparatuur op verschillende plaatsen in het orkest opgesteld. In het gehele orkest bleek het geluidniveau vrijwel hetzelfde te zijn.

De meetresultaten (gemiddelden) met betrekking tot repetities, zaaluitvoering en openluchtuitvoering zijn weergegeven in tabel 4.7.

Tabel 4.7.
Meetresultaten harmonie orkest in verschillende situaties. L_{Aeqw} en L_{EX} .

situatie	duur	L_{Aeqw}	L_{EX}
repetitie	3 uur	108.3	104
zaal	1 1/2 uur	102.7	85
open lucht	1 uur	103.4	94

4.4. Totale geluidexpositie

4.4.1. Symfonie orkest

4.4.1.1. Werktijden en geluidexpositie

Het symfonie orkest heeft vaste repetitie- en uitvoeringstijden.

Ochtend- en avondrepetitie op dezelfde dag:

09.30 - 12.30 uur (pauze 20 minuten, wissel 10 minuten)

19.30 - 22.00 uur (idem)

totaal 4.5 uur geluidexpositie.

Alleen avondrepetitie (ochtend vrij):

19.30 - 22.30 uur (pauze 20 minuten, wissel 10 minuten)

totaal 3 uur geluidexpositie.

Generale repetitie:

09.30 - 13.00 uur (pauze 20 minuten, wissel 10 minuten)

totaal 3 uur geluidexpositie.

Uitvoeringen nemen gemiddeld 2 uur in beslag. Uitzonderingen zijn operabegeleidingen.

Voor het seizoen 1984-1985 is aan de hand van de dienstenlijst berekend hoeveel werkuren de orkestleden per seizoen maakten. De werkuren zijn omgerekend naar uren geluidexpositie.

In Nederland is de norm voor het aantal werkdagen per jaar 220 werkdagen van 8 uur per dag. Dit komt neer op 1760 werkuren per jaar.

Uit de dienstlijst 1984-1985 blijkt dat het orkest 257 dagen heeft gespeeld. Ieder orkestlid heeft recht op 15% "rouleervrij", dat wil zeggen vrij van (een) repetitiereeks plus uitvoeringen. Dit komt neer op 37-38 dagen "rouleervrij" per jaar. Er resteren dan 220 werkdagen.

In deze 220 werkdagen per orkestlid worden 685 uren besteed aan het traditionele repertoire en 252 uren aan het contemporaine repertoire.

Op een "representatieve" werkdag wordt derhalve 3.11 uur traditioneel repertoire (685 uur/220 dgn.) en 1.15 uur contemporain repertoire (252 uur/220 dgn.) gespeeld.

De berekening van de geluidexpositie door het traditionele repertoire ($L_{EX,T}$) is als volgt (zie voorbeeld Passchier-Vermeer et al 1988).

$$L_{EX,T} = L_{Aeqw,T} + 10 \cdot \log(685/1760) \text{ (representatief jaar)}$$

of

$$L_{EX,T} = L_{Aeqw,T} + 10 \cdot \log(3.11/8) \text{ (representatieve dag)}$$

In beide gevallen levert dit op: $LEX_T = LA_{eqw,T} + (-4.10)$

De berekening van de geluidexpositie door het contemporaine repertoire (LEX_C) geschiedt op analoge wijze.

$$LEX_C = LA_{eqw,C} + 10 \cdot \log(252/1760)$$

De berekening van de totale geluidexpositie door het traditionele- en contemporaine repertoire tezamen is als volgt.

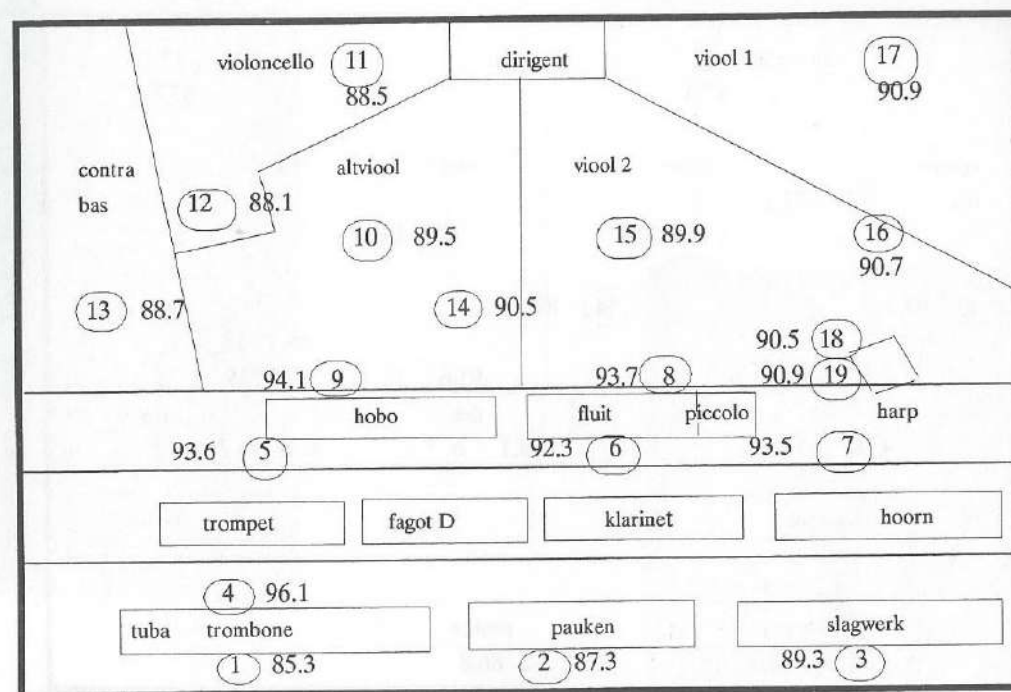
$$LEX = 10 \cdot \log[10^{\exp(LEX_T/10)} + 10^{\exp(LEX_C/10)}]$$

De resultaten van deze berekeningswijze met betrekking tot de gemeten waarden in het orkest zijn weergegeven in tabel 4.8 en de figuren 4.8, 4.9 en 4.10.

Tabel 4.8.

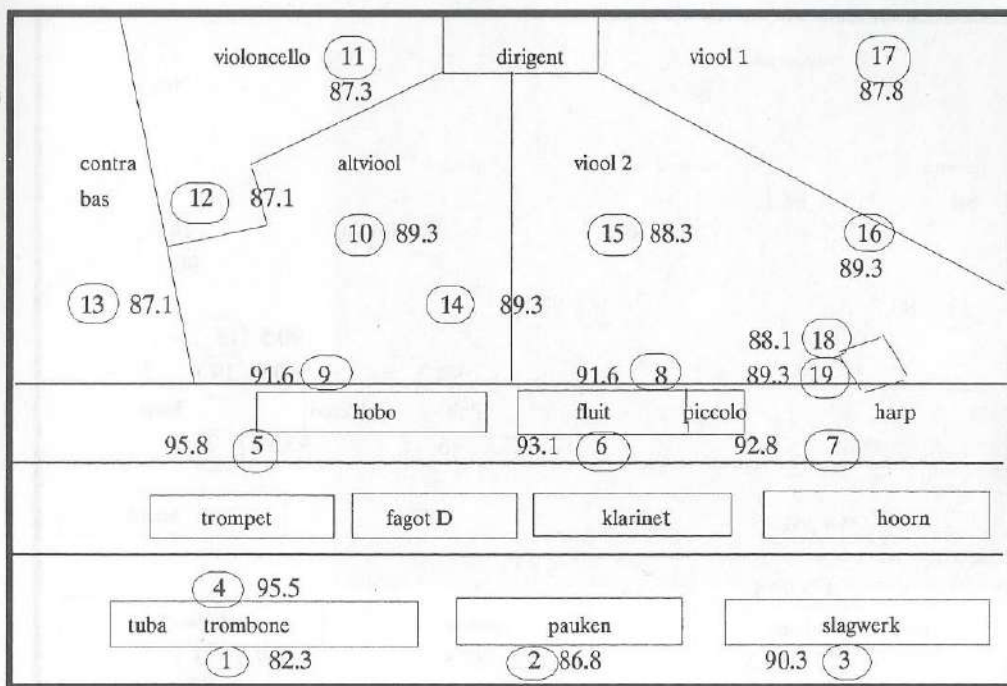
Partiële geluidexpositieniveaus op representatieve werkdag/jaar van traditioneel repertoire (LEX_T) en contemporair repertoire (LEX_C), en totale geluidexpositieniveaus (LEX) op representatieve werkdag/jaar.

nr.	LEX_T	LEX_C	LEX	belaste musicus/musici
1	85.3	87.3	89.4	trombone
2	87.3	86.8	90.1	paukenist
3	89.3	90.3	92.8	slagwerkers
4	96.1	95.5	98.8	trompetten
5	93.6	95.8	97.9	hobo's/altviool achter
6	92.3	93.1	96.0	fluiten
7	93.5	92.8	96.2	fluiten/viool 2 achter
8	93.7	91.6	95.8	viool 2 achter
9	94.1	91.6	96.0	altviool achter
10	89.5	89.3	92.4	altviool
11	88.5	87.3	90.9	celli
12	88.1	87.1	90.6	bas/celli achter
13	88.7	87.1	91.0	bas/altv. zij-achter
14	90.5	89.3	92.9	altviool midden
15	89.9	88.3	92.2	viool 2
16	90.7	89.3	93.1	viool 1-2 midden
17	90.9	87.8	92.6	viool 1 rand podium
18	90.5	88.1	92.4	viool 2 midden/achter
19	90.9	89.3	93.2	viool 2 achter

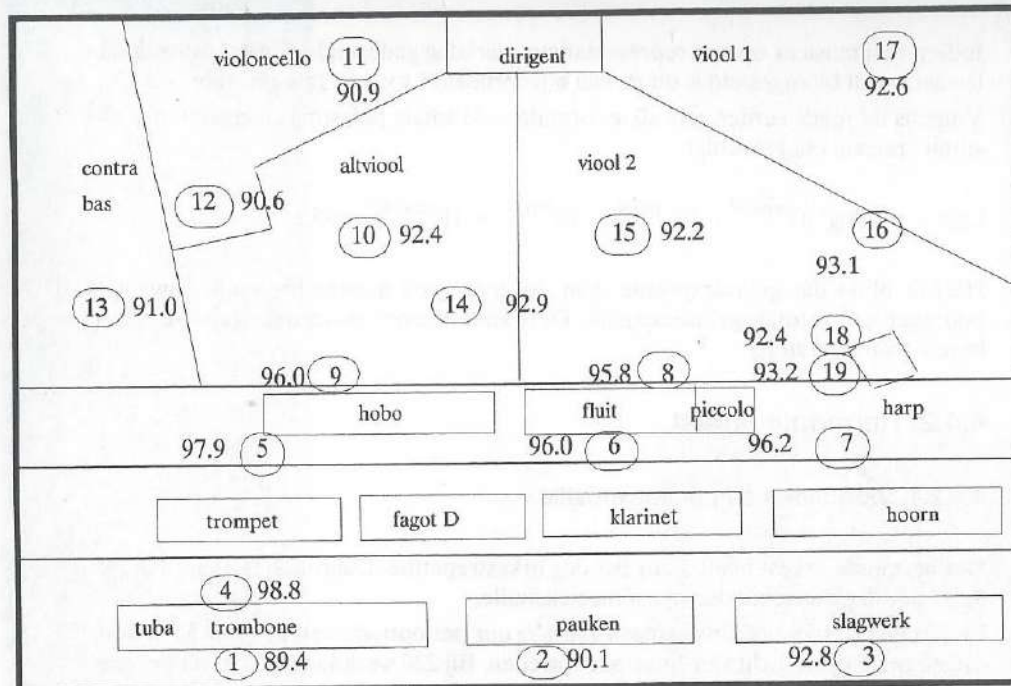


Figuur 4.8.

Deel-geluidexpositieniveaus op representatieve werkdag/jaar, traditioneel repertoire (LEX_T).



Figuur 4.9.
Deel-geluidexpositieniveaus op representatieve werkdag/jaar, contemporair repertoire (LEX,C).



Figuur 4.10.
Totale geluidexpositieniveaus op representatieve werkdag/jaar (LEX).

4.4.1.2. Andere vormen van geluidexpositie

Musici moeten naar en van de repetitie- en uitvoeringsruimten reizen. Men is derhalve blootgesteld aan verkeerslawaaï.

Aan muziekstudie of lesgeven wordt ongeveer 2 uur per dag besteed. Daarnaast verblijft men ongeveer 6 uur per dag in een huiskamer o.i.d.

Metingen bij musici thuis toonden aan dat deze in de 2 uur muziekstudie aan een L_{Aeqw} is blootgesteld van 82 db(A). Gezien deze algemene activiteit van musici mag dit resultaat gegeneraliseerd worden. Dit geeft het volgende totaalbeeld (figuur 4.9).

Tabel 4.9.
Andere vormen van geluidexpositie.

bron	uur	$L_{Aeqw,t}$	LEX
verkeerslawaaï*	2	80	74
muziekstudie	2	82	76
huiskamer etc.*	6	65	64

* naar Heyne 1976 (Jongh en Docter 1979).

Indien een musicus op een representatieve werkdag gedurende zijn orkestwerk aan lawaai wordt blootgesteld is dit niveau bijvoorbeeld $LEX = 95$ (zie o.a. tabel 4.8).

Volgens de reeds eerder gebruikte formule is de totale belasting (inclusief muziekstudie, reizen, etc.) als volgt.

$$LEX = 10 \cdot \log(10^{\exp 9.5} + 10^{\exp 7.4} + 10^{\exp 7.6} + 10^{\exp 6.4}) = 95.1$$

Hieruit blijkt dat geluidexpositie door de genoemde andere bronnen nauwelijks bijdragen aan de totale geluidexpositie. Deze andere bronnen worden derhalve buiten beschouwing gelaten.

4.4.2. Harmonie orkest

4.4.2.1. Werktijden en geluidexpositie

Het harmonie orkest heeft 3 uur per dag orkestrepetitie. Daarnaast is er sprake van 3 uur per dag muziekonderwijs of muziekstudie.

Er zijn per jaar 55 zaaluitvoeringen van 1½ uur per optreden en per jaar 55 uitvoeringen in de open lucht van 1 uur per optreden. Bij 220 werkdagen komt dit per jaar neer op 660 uren repetitie, 82.5 uren zaaluitvoeringen en 55 uren openluchtuitvoeringen (totaal 797.5 uren).

Indien de gegevens van tabel 4.7 gebruikt worden, geeft dit de volgende waarden.

$LEX_{rep.}$	104.0 dB(A)
LEX_{Zaal}	89.4 dB(A)
LEX_{buiten}	88.3 dB(A)

De totale belasting per representatief jaar of per representatieve werkdag komt hiermede op

$$LEX = 10 \cdot \log(10^{\exp 10.4} + 10^{\exp 8.94} + 10^{\exp 8.83}) = 104.26 \text{ dB(A)}.$$

4.4.2.2. Andere vormen van geluidexpositie

Zoals reeds in 4.4.1.2. is uiteengezet zullen andere bronnen van geluidexpositie zoals woon-werkverkeer, muziekstudie en sociaal verkeer nauwelijks iets toevoegen aan de totale geluidexpositie. Bij een militair harmonie orkest denkt men echter aan een andere militaire functie, het hanteren van vuurwapens. De musici van dit harmonie orkest zijn echter werkzaam in de functie van musicus en niet als paraat militair. De vuurwapenanamnese bij deze musici is derhalve vrijwel blanco.

4.5. Discussie, samenvatting en conclusies

4.5.1. Discussie

De meetresultaten van dit onderzoek komen overeen met eerder onderzoek.

Bij vergelijkbare meetmethoden, directe dosimetrie (Axelsson 1981, Jansson 1983, Kwiatowski 1986) blijken de gemeten waarden, met in achtname van de repertoires, redelijk overeen te stemmen wat betreft de symfonie orkesten.

Er bestaat geen vergelijkingsmateriaal in de literatuur met betrekking tot geluidniveauverschillen tussen verschillende zalen bij uitvoering van dezelfde composities. De verschillen tussen de geluidniveaus in de diverse zalen zijn in de literatuur alle repertoire gebonden en berusten tevens op verschillen tussen uitvoeringen op het podium of in de orkestbak (o.a. Katschke 1981, Axelsson 1981, Kwiatowski 1986).

Zo is het ook moeilijk het in dit onderzoek gevonden verschil tussen geluidniveaus van traditioneel repertoire en contemporain repertoire te vergelijken met gegevens uit de literatuur. Weliswaar geven diverse auteurs (Axelsson 1981, Katschke 1981, Jansson 1983) verschillen tussen geluidniveaus van diverse composities aan, maar dit betreft vrijwel uitsluitend composities binnen het traditionele repertoire. Wel is uit de literatuur bekend dat uitvoeringen van contemporain repertoire meer klachten met betrekking tot subjectief te hoge niveaus (last c.q. hinder van lawaai) geven (Axelsson 1981).

Uit dit onderzoek blijkt een samenhang tussen de plaats in het orkest en de gemeten geluidniveaus. Bij de blaasinstrumenten worden de hoogste waarden gemeten en binnen de groep blaasinstrumenten geven de koperblazers de hoogste niveaus. Dit is in overeenstemming met eerdere onderzoeken (Folprechtova 1981, Frei 1981, Jansson 1983, Kwiatowski 1986). Axelsson (1981) vond daarentegen slechts geringe verschillen in geluidniveaus tussen de verschillende meetposities in de diverse instrumentengroepen.

De in dit onderzoek gemeten piekwaarden komen overeen met de piekwaarden in de literatuur (Frei 1979, Folprechtova 1981, Katschke 1981, Jansson 1983, Kwiatowski 1986).

De octaaf- c.q. frequentieanalyse is eveneens in overeenstemming met de literatuur (Axelsson 1981, Jansson 1983).

Met betrekking tot de harmonie muziek blijkt uit dit onderzoek dat de L_{Aeqw} -niveaus met betrekking tot de repetities op ongeveer dezelfde niveaus liggen als de L_{Aeqw} -niveaus bij de koperblazers van het symfonie orkest bij contemporaine muziek.

De gevonden waarden komen overeen met eerdere onderzoeken (Jatho 1972, Zeleny 1975). Naast het repertoire en het instrumentarium wordt in de literatuur als een oorzaak van de hoge geluidniveaus de kleine afmetingen van de repetitieruimten genoemd, alsmede de slechte acoustische omstandigheden door kale wanden en plafonds met slechte geluidsabsorptiekenmerken (Jatho 1972, Karlsson 1983).

Sinds 1 augustus 1987 is in Nederland de wettelijke norm voor schadelijk geluid 80 dB(A). Geluidniveaus boven 80 dB(A) worden schadelijk geacht voor de gezondheid. Of deze norm van 80 dB(A) werkelijk de grens is waaronder geen schade aan het gehoor zal optreden is echter discutabel. Passchier-Vermeer (1986) stelt dat er een verwaarloosbare kans op gehoorschade door lawaai is bij lawaaiexposities van 75 dB(A) en lager. Stekelenburg (1982) stelt dat een veilige grens lager dan 75 dB(A) zal uitkomen.

Kryter (1985) stelt dat de drempel waaronder geen schadelijk effect gemeten kan worden bij 60 dB(A) ligt.

In dit onderzoek overschrijden alle gemeten waarden de veilig geachte grens van 80 dB(A). Dit heeft als consequentie dat te verwachten is dat na enige jaren expositie aan deze niveaus gehoorschade zal optreden (tabel 4.10).

Tabel 4.10.

Percentage werknemers met een detecteerbaar gehoorverlies (10 dB of meer bij 4000 Hz) door lawaai (Passchier-Vermeer 1987).

niveau dB(A)	expositie (in jaren)									
	0	4	8	10	12	14	16	20	30	40
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	2	4	5	5	6	8	13	18
90	0	1	7	11	14	16	18	23	32	40
95	0	7	22	28	33	36	38	42	50	58

Op grond van de expositieniveaus, zoals vermeld in tabel 4.9 zou te verwachten zijn dat in het symfonie orkest bij blazers vaker een detecteerbaar gehoorverlies zal optreden dan bij strijkers en bij musici in een harmonie orkest vaker dan bij blazers c.q. andere musici in een symfonie orkest.

4.5.2. Samenvatting

De geluidexpositie van musici in een symfonie orkest en een harmonie orkest zijn onderzocht. Deze twee vormen van orkesten zijn gekozen omdat in deze twee vormen "klassieke" muziek de meeste beroepsmusici werkzaam zijn.

In het symfonie orkest en het harmonie orkest zijn de geluidexposities gedurende de uitvoeringstijd en de repetitietijd gemeten door middel van directe dosimetrie. Uit deze meetresultaten en de werktijdschema's zijn de geluidsdoses berekend zoals deze voor een heel werkjaar c.q. representatieve werkdag gelden.

Bij het symfonie orkest zijn metingen verricht met betrekking tot het traditionele repertoire en het contemporaine repertoire ("zwarte" symfonische muziek van de 20e eeuw). Daarnaast zijn bij het symfonie orkest octaafanalyse en piekmetingen verricht.

Tevens is in het traditionele repertoire onderzocht of bij eenzelfde compositie verschillen in geluidniveaus bestaan met betrekking tot verschillende expositieruimtes. Voorwaarde hiertoe was dat het steeds hetzelfde orkest met dezelfde compositie en dezelfde dirigent betrof. Aan al deze voorwaarden is voldaan.

Bij het symfonie orkest blijkt uit de meetresultaten van afzonderlijke concerten dat bij het contemporaine repertoire het geluidniveau hoger is dan bij het traditionele repertoire (tabel 4.5 en tabel 4.6). In tabel 4.6 zijn de meetresultaten van een contemporaine uitvoering c.q. repetitie in de Nieuwe Kerk (= NK) verwerkt. Ook de LEX-waarden van tabel 4.4 (traditioneel repertoire) en tabel 4.6 (contemporain repertoire) laten zien dat de geluidniveaus van contemporaine symfonische muziek hoger liggen.

Indien echter naar de totale geluidexpositie door musiceren in een symfonie orkest wordt gekeken blijkt uit tabel 4.8 dat de partiële geluidexpositie door het contemporaine repertoire (LEX,C) op een "representatieve werkdag" c.q. over het gehele jaar bij de strijkers lager is dan de totale geluidexpositie door het traditionele repertoire (LEX,T), maar bij de trombones, het slagwerk, de hobo's (vóór de trompetten) en de fluiten nog steeds hoger is.

De geluidexpositie door andere bronnen dan orkestgeluid (verkeerslawaai, muziekstudie, huiskamerverblijf, sociaal verkeer) blijkt nauwelijks bij te dragen tot de totale geluidexpositie.

Alle geluidexpositieniveaus liggen boven de schadelijk geachte grens van 80 dB(A). De niveaus bij de koperblazers zijn het hoogste, gevolgd door de houtblazers. Naarmate meer naar de rand van het podium wordt gemeten (naar het publiek in de zaal toe) neemt het geluidniveau af. De eerste violen, violoncelli en de bij de rand zittende contrabassen hebben daarmede de laagste expositieniveaus (welke nog altijd de 80 dB(A) overschrijden).

Bij vergelijking van de geluidniveaus tussen verschillende uitvoeringsruimten blijkt dat wanneer aan bovengenoemde voorwaarden voor deze vergelijking voldaan is, er een significant verschil tussen de geluidniveaus op dezelfde plaatsen in verschillende uitvoeringsruimten bestaat.

Bij octaafanalyse blijkt dat de hoogste geluidniveaus (boven de 80 dB) tussen de 63 Hz en de 4000 Hz liggen. Piekmetingen lieten waarden tussen 120 en 125 dB(A) zien. Dit zijn niveaus waarbij ongeacht de expositieduur blijvende schade aan het gehoor te verwachten is (Lindeman en Stekelenburg 1981).

Bij het harmonie orkest is de geluidexpositie in het gehele orkest vrijwel hetzelfde. Dit is voor een groot deel terug te voeren op het instrumentarium (allemaal blaasinstrumenten en slagwerk), het repertoire (mars- en verstrooiingsmuziek) en de meestal kleine afmetingen van de repetitieruimten.

Het totale geluidexpositieniveau voor musici in een harmonie orkest is 104 dB(A). Dit is beduidend hoger dan voor musici in een symfonie orkest.

Als conclusies gelden:

1.

De geluidniveaus bij afzonderlijke uitvoeringen in een symfonie orkest liggen tussen de 89 en 104 dB(A). Voor de totale expositie over een werkjaar c.q. werkdag liggen de LEX-waarden tussen de 89 en 99 dB(A). Voor het harmonie orkest is dit 104 dB(A).

De veilig geachte grens van 80 dB(A) wordt voor alle musici overschreden.

2.

De geluidexpositie door koperblazers en door houtblazers is het hoogste. De geluidexpositie van de strijkers aan de rand van het podium en van de blazers en slagwerkers aan de achterzijde van het podium zijn het laagste.

In het harmonie orkest is het geluidniveau in het gehele orkest vrijwel hetzelfde.

3.

De geluidniveaus zijn afhankelijk van het bespeelde instrument, zoals uit de meetresultaten blijkt. Hieruit volgt conclusie 4.

4.

Doordat de plaats die een musicus in een symfonie orkest inneemt voornamelijk bepaald wordt door het instrument dat hij bespeelt volgt daaruit en uit punt 2 en punt 3 dat het geluidexpositieniveau afhankelijk is van de plaats in het orkest.

5.

De geluidniveaus bij uitvoering van het contemporaine repertoire zijn hoger dan die van het traditionele repertoire. Over het algemeen zijn de deel-geluidexposities over een werkjaar c.q. "representatieve" werkdag voor het traditionele repertoire hoger dan voor het contemporaine repertoire. Dit hangt samen met het feit dat slechts een klein deel van de tijd wordt besteed aan het contemporaine repertoire.

Als algemene conclusie geldt echter dat het geluidniveau afhankelijk is van de compositie.

6.

Indien dezelfde compositie door hetzelfde orkest onder dezelfde dirigent in verschillende zalen wordt uitgevoerd is er bij dezelfde meetopstelling een significant verschil tussen de geluidniveaus in de verschillende zalen.

7.

Musici in het harmonie orkest hebben een hogere geluidexpositie dan musici in het symfonie orkest, in het bijzonder door acoustisch slechte repetitieruimten.

Hoofdstuk 5

Probleemstelling, doelstelling en vraagstelling

5.1. Probleemstelling

Muziek bestaat door geluid. In hoofdstuk 4 is beschreven dat dit geluid in een symfonie orkest en een harmonie orkest de veilig geachte grens van 80 dB(A) (LEX) overschrijdt.

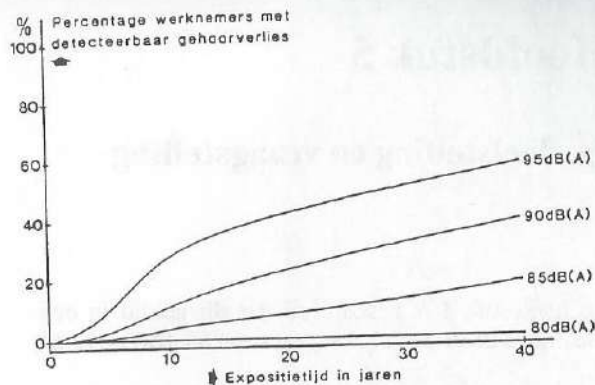
In arbeidsgesondheidskundige termen geldt een orkest als een bedrijf met een lawaai-probleem. In dat opzicht is een orkest een ambivalent bedrijf. Lawaai is in de industrie een schadelijk produkt, dat zoveel mogelijk vermeden moet worden. Is dit laatste niet mogelijk, dan dient men gehoorbescherming toe te passen.

Voor een orkest en de daarin werkende musici gaat dit niet op. Het "produkt" van een orkest is geluid. Dit produkt moet niet afgeschermd of bestreden worden, integendeel. Er moet sprake zijn van een optimale kwaliteit (dit is de esthetisch optimale balans tussen o.a. luidheid, timbre en dynamiek). Voor deze optimale kwaliteit is een goed gehoor een vereiste. Het toepassen van gehoorbescherming is dan hetzelfde als het creëren van een kunstmatige slechthorendheid. Ook geavanceerde gehoorbeschermingsmiddelen zullen slechts ten dele bruikbaar zijn, aangezien timbrevervorming altijd zal optreden.

Expositie aan geluid met een niveau van 80 dB(A) en meer zal op den duur leiden tot gehoorbeschadigingen. Verslechtering van het gehoor met het stijgen van de leeftijd (presbycusis) is tevens een fysiologisch verschijnsel. De ISO 7029 (1984) geeft deze zogenaamde presbycusiswaarden voor personen, waarvan mag worden aangenomen dat slechts de veroudering invloed heeft gehad op de gehoorscherppte en waarbij geen andere oorzaken van gehoorverlies (infectieziekten, ototoxische farmaca, oorontstekingen, hoofdletstels, lawaaiexpositie) aanwezig zijn. Aan deze referentiewaarden van de ISO 7029 wordt gerefereerd als **data base A**.

In hoofdstuk 4 is beschreven dat na verblijf van een aantal jaren in een bepaald expositieniveau bij een zeker percentage werknemers een detecteerbaar gehoorverlies (10 dB of meer bij 4000 Hz) te verwachten is (tabel 4.9, pagina 81). Figuur 5.1 geeft deze verwachting grafisch weer.

Op grond van de gegevens omtrent geluidexpositie uit hoofdstuk 4, tabel 4.9 en figuur 5.1 is te verwachten dat een deel der musici van zowel een symfonie orkest als een harmonie orkest na een aantal jaren expositie aan muziek een gehoorafwijking zal krijgen. Gezien de verscheidenheid van geluidniveaus in het symfonie orkest is te verwachten dat bij blazers en slagwerkers en musici in de nabijheid van blazers en slagwerkers vaker en in ernstiger mate een gehoorafwijking zal voorkomen dan bij strijkers. Verondersteld wordt dat er een samenhang zal bestaan tussen het instrument en de plaats in het orkest, en de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking.



Figuur 5.1.
Percentage werknemers met een detecteerbaar gehoorverlies als functie van het aantal jaren dat men in lawaai werkt.
Het lawaaiexpositieniveau is parameter (Passchier-Vermeer 1987).

Een gehoorafwijking die het functioneren van een musicus niet bedreigt is arbeidsgesondheidskundig minder relevant dan een gehoorafwijking die tot een mogelijke invalidering leidt.

Wat is nu voor een musicus een invaliderende gehoorafwijking?

Een invaliderende gehoorafwijking voor een musicus is een zodanige achteruitgang van zijn gehoor dat hij niet meer kan voldoen aan de kwaliteitseisen dat het ensemble waarin hij speelt aan hem stelt.

Dit zal per ensemble c.q. orkest verschillen.

Een muzikkenner zal bijvoorbeeld herkennen of een orkest goede blazers heeft of niet. De kwaliteitseisen die aan het onderzochte symfonie orkest, dat tot de wereldtop behoort, worden gesteld, zijn anders dan de kwaliteitseisen voor een plaatselijk orkest. Deze kwaliteitseisen gelden mutatis mutandis ook voor het gehoor van de in dat orkest werkzame musici.

De invalidering is tevens afhankelijk van het bespeelde instrument. Het volgende zal dit duidelijk maken.

In hoofdstuk 3 is reeds besproken dat met name blazers aangewezen zijn op een goede perceptie van hogere harmonischen om een juiste intonatie en grondtoonafleiding te verkrijgen. Die hogere harmonischen bepalen nu juist de klankkleur en de kwaliteit van de toon. Het tragische is dat indien een blazer het vermogen verliest om hogere harmonischen te horen hij zijn kwaliteit verliest, maar dit niet bemerkt, omdat hij dit niet meer hoort. Anderen horen daarentegen wel zijn achteruitgang. Een bron van frustraties en een potentiële psychische afknapper. Dit is te illustreren met het tragische voorbeeld van een bekend hoboïst die keer op keer in een bepaalde passage werd afgetikt door de dirigent omdat de toon niet klopte. Uiteindelijk werd hem ten overstaan van het gehele orkest te verstaan gegeven dat een andere hoboïst zijn partij

maar moest overnemen. De man begreep echt niet wat er mis was, want in zijn oren klonk het goed.....

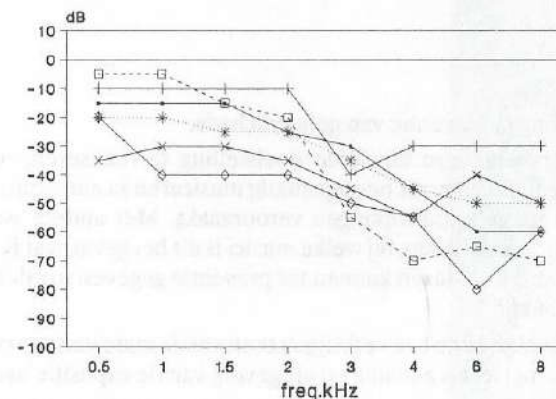
De perceptie van de geluidsterkte hoeft niet in het geding te zijn. Door de fysieke inspanning en het fysieke contact met het instrument kan men aan andere parameters dan het gehoor (spierspanning, trilling van het instrument aan de vingers, exspiratoire inspanning) bepalen hoe hard of hoe zacht men speelt.

Het blijft echter behelpen.

Voor een slagwerker of een paukenist is dit echter anders. Deze heeft door middel van zijn stokken een minimaal fysiek contact met zijn instrument en de geproduceerde geluidsterkte is tevens sterk afhankelijk van het soort knoppen op de stokken. Er is een groot verschil tussen de harde knoppen waarmee de pauken in bijvoorbeeld een Mozart- of Haydn symfonie worden geslagen of de meer wollige knoppen in bijvoorbeeld een symfonie van Brahms. Een slagwerker of paukenist is meer gericht op geluidsterkte dan op harmonischen.

Wat is nu de invalidering in getallen?

Uit onderzoek van Van Straaten (1987) blijkt dat in de periode 1976-1985 bij een gemiddelde population-at-risk van 1139 musici (die bij het ABP verzekerd zijn) 134 (12 %) voor invaliditeitspensioen zijn voorgedragen. In 10 % van de gevallen in dit onderzoek betrof dit het gehoor (zie ook hoofdstuk 2). In de periode 1980-1988 zijn van de 159 musici die in die periode bij het symfonie orkest werkzaam waren 25 (16 %) voor invaliditeitspensioen voorgedragen. Van deze 25 pensioenkeuringen betroffen er 6 (24 %) het gehoor; dit waren allen blazers. De overige redenen voor blijvende arbeidsongeschikt bij de resterende 19 musici zijn aandoeningen van het bewegingsapparaat (12), psychische problematiek (5), neurologische problematiek (1) en gebitsafwijkingen (1). De niet voor presbycusis gecorrigeerde audiogrammen van de 6 musici die wegens gehoorafwijkingen blijvend arbeidsongeschikt zijn verklaard zijn weergegeven in figuur 5.2.



Figuur 5.2.
Niet voor presbycusis gecorrigeerde audiogrammen van 6 wegens gehoorafwijkingen blijvend arbeidsongeschikte musici van het symfonie orkest.

Bij de totale population-at-risk van het symfonie orkest is het bij 6 van de 159 musici (4 %) in een periode van 9 jaar zover gekomen dat zij op grond van een gehoorafwijking niet meer konden voldoen aan de eisen die gesteld werden door het ensemble waarin zij speelden. Dat wil zeggen dat, bij gelijkblijvende omstandigheden, na een expositieperiode van 40 jaar 17 % van de musici zal zijn afgekeurd wegens een gehoorafwijking. Deze musici worden derhalve geconfronteerd met het feit dat na verloop van tijd hun "produkt" tevens het einde van hun orkestloopbaan betekent. Omtrent het harmonie orkest zijn geen invalideringscijfers bekend.

De bedrijfsgezondheidszorg heeft tot doel het beschermen en bevorderen van de gezondheid, waar sprake is van een relatie tussen mens en arbeid. Om de gezondheid te beschermen en te bevorderen is het voorwaarde dat de mens zich bewust is van een gezondheidsbedreiging en de arbeidsomstandigheden veranderd kunnen worden.

Uit de literatuur (hoofdstuk 2) blijkt dat het probleem van geluid als gezondheid bedreigende factor vooral aanwezig is in combinatie met andere factoren als fysieke belasting en perceptief-mentale stress, waarbij deze laatste twee aanzienlijk meer nadruk krijgen dan de factor geluid. Geluid wordt als bedreigend, maar vooral als hinderlijk ervaren in combinatie met moderne, minder motiverende composities. Het is voorts nog niet duidelijk hoe musici het probleem van expositie aan hoge geluidsniveaus ervaren.

Al eerder is gewezen op de onmogelijkheid de huidige gehoorbeschermingsmiddelen te gebruiken. Wel blijkt uit de literatuur dat enige vermindering van de expositieniveaus van de musici is te verwachten bij toepassing van een steiler podium of het aanbrengen van schotten. Geavanceerde gehoorbescherming door middel van oto-plastieken met elektronische niveauregeling zijn voorts nog niet beschikbaar en zullen door elektronische timbrevervorming toch ook nadelen hebben.

Gezien het feit dat beschermingsmiddelen en repertoirekeuze als preventieve maatregelen voorts nog niet te realiseren zijn, zal de voornaamste preventie moeten komen van bouwkundige voorzieningen.

5.2. Doelstelling

De primaire doelstelling is preventie van gehoorschade.

Daartoe is het noodzakelijk een afgeleide doelstelling te realiseren, namelijk te onderzoeken in welke mate en ernst beroepsmatig musiceren in een symfonie orkest of een harmonie orkest gehoorafwijkingen veroorzaakt. Met andere woorden, in hoeverre treedt er gehoorschade op, bij welke musici is dit het geval, wat is een goede opsporingsmethode, welke adviezen kunnen ter preventie gegeven worden en zullen deze adviezen effectief zijn?

Daartoe is het noodzakelijk kennis te verkrijgen omtrent de mate van voorkomen van gehoorafwijkingen bij musici als zodanig en als gevolg van de expositie aan muziek.

Tevens is het noodzakelijk te onderzoeken of musici bewust zijn van het probleem van de geluidsexpositie en de mogelijk gehoorbeschadigende invloed daarvan. Een volgende doelstelling wordt dan gezondheidsvoorlichting en -training in dit opzicht te realiseren.

Hiertoe zal de inbreng van de bedrijfsgezondheidszorg onontbeerlijk zijn. Deze inbreng zal vooral zijn beslag moeten vinden in een beleid met betrekking tot advisering omtrent mens en arbeidsomstandigheden en monitoring van musici met betrekking tot expositieniveaus en de auditieve gevolgen daarvan bij de musici.

Tenslotte zal onderzocht moeten worden of preventie door middel van bouwkundige voorzieningen etc. mogelijk is. Doelstelling wordt dan deze bouwkundige en andere voorzieningen te adviseren c.q. te realiseren.

5.3. Vraagstelling

Uit de probleemstelling en de doelstelling volgen een aantal vragenstellingen.

De centrale vraagstelling is:

Veroorzaakt beroepsmatig musiceren in een symfonie orkest of een harmonie orkest gehoorafwijkingen en met welke variabelen hangt dit samen?

De meer uitgewerkte vragenstellingen luiden:

1. Veroorzaakt beroepsmatig musiceren in een symfonie orkest of een harmonie orkest gehoorafwijkingen ten opzichte van een referentiepopulatie?
2. Is er een relatie tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking en het aantal jaren dat men in een orkest werkt (expositieduur)?
3. Is er een relatie tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking en het expositieniveau?
4. Is er een relatie tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking en de plaats die een musicus in een orkest heeft?
5. Is er een relatie tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking en het instrument dat de musicus bespeelt?
6. Is er een relatie tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking en het soort orkest waarin de musicus speelt?
7. Zijn musici zich bewust van de mogelijk gehoorbeschadigende invloed van hun werk?
8. Is er een goede methodiek voor het opsporen van gehoorschade?

9. Zijn er mogelijkheden tot preventie ?

10. Wat zou de bedrijfsgezondheidszorg moeten en kunnen doen met betrekking tot de geluidsexpositie van musici ?

Hoofdstuk 6

Onderzoeksmethoden en populatie

6.1. Onderzoeksmethoden

6.1.1. Inleiding

Zoals reeds in hoofdstuk 5 is opgemerkt is de centrale vraagstelling of beroepsmatig musiceren gehoorafwijkingen veroorzaakt.

Teneinde dit te onderzoeken zijn musici van een symfonie orkest en een harmonie orkest audiometrisch onderzocht. Deze twee orkestvormen zijn gekozen omdat dit de meest voorkomende vormen van beroepsorkesten zijn. Omdat symfonie orkesten doorgaans zijn bezet door beroepsmusici en de expositie aan orkestgeluid langduriger is dan bij amateurs, dient met deze factor bij de keuze van een fanfare- of harmonie orkest rekening gehouden te worden. De keuze van een groot harmonie orkest ligt dan voor de hand. In het merendeel van de gevallen zal een harmonie orkest dat is samengesteld uit beroepsmusici een militair orkest zijn.

In de grote militaire orkesten zijn beroepsmusici werkzaam die een rechtspositionele status als militair hebben. Hun functie is musicus; aan overige militaire activiteiten nemen zij doorgaans geen deel. In de KNO-anamnese vindt men derhalve geen geregelde oefening met vuurwapens.

De totale populatie van het symfonie orkest en het harmonie orkest bestaat uit 200 musici. Van deze 200 musici zijn van 168 musici voor dit onderzoek bruikbare audiogrammen geselecteerd om aldus de onderzoekspopulatie te vormen.

Van het symfonie orkest zijn de medische gegevens over de periode 1975 t/m 1988 bekend. De gegevens van het harmonie orkest betreffen een dwarsdoorsnede onderzoek uit 1981. Van beide deelpopulaties zijn alle relevante anamnestiche gegevens bekend.

6.1.2. Audiometrie

Beide deelpopulaties zijn geaudiometreerd met behulp van de Peekel D77 handbediende continu audiometer. Een klein aantal van de "symfoniepopulatie" is geaudiometreerd met behulp van de Peekel D4 handbediende continu audiometer; deze is vrijwel gelijk aan de Peekel D77.

De apparatuur is regelmatig gecalibreerd volgens de richtlijnen van de fabrikant en de richtlijnen volgens ISO 6189 (1980, 1983). De audiometrie vond plaats in ruimten die voldoen aan de limieten voor toelaatbare achtergrondniveaus in audiometreer-ruimten (ISO 389 1975). De "symfoniepopulatie" is vanaf 1975 geaudiometreerd door twee dezelfde audiometristen, de "harmoniepopulatie" door één audiometrist.

Beide populaties zijn geaudiometreerd volgens de continuee methode (Passchier-Vermeer et al 1988). Hierbij wordt een testtoon op een niveau van 15 dB gepresenteerd, welke met een gelijkmatige snelheid verloopt van ongeveer 100 Hz naar 8000 Hz. Indien de proefpersoon aangeeft op dit niveau op het traject tussen 100 en 8000 Hz ergens niets te horen wordt een testtoon met een hoger niveau volgens dezelfde procedure aangeboden.

Als de proefpersoon aangeeft een toon niet meer te horen, wordt de verlooprichting van lage naar hoge frequenties (bij constant geluidniveau) omgekeerd tot de proefpersoon aangeeft weer te horen. Daarna wordt weer getest met oplopende frequentie vanaf de plaats waar de proefpersoon aangaf niet meer te horen. Op deze manier wordt de andere zijde (de hogere frequentie) afgebakend van het gebied dat de proefpersoon aangeeft niet meer te horen.

Vervolgens worden bij lagere geluidniveaus (resp. 10 dB, 5 dB en 0 dB) de gehoorgrenzen bepaald.

De grenzen van het gebied dat bij 15 dB niet wordt gehoord worden vanuit het midden van het niet gehoorde gedeelte bepaald totdat op beide flanken de proefpersoon aangeeft de testtoon weer te horen. Er wordt dus met betrekking tot de frequentie geaudiometreerd van niet naar wel horen.

Door middel van toenemend geluidniveau wordt deze "dip" "uitgepeild" totdat bij een geluidniveau aangekomen is waarbij het gehele traject gehoord wordt (het "gat" van de "dip" is aan de onderzijde "gedicht"). Door dit "uitpeilen" van de "dip" enige malen te herhalen kan nauwkeuriger dan bij de gangbare continuee screeningsmethode een audiogram vervaardigd worden.

Indien vanaf de lage frequenties een continu verlies van minstens 30 dB werd geconstateerd, werd tevens beëindigingsaudiometrie verricht, zulks ter uitsluiting of bevestiging van middenoorpathologie (Gerlings en Hammelburg 1971).

De proefpersonen zijn vóór audiometrie otoscopisch onderzocht. Bovendien zijn de proefpersonen verzocht vóór een orkestrepetitie en bij voorkeur 's-ochtends voor audiometrie te komen, opdat een zo lang mogelijke lawaai-vrije periode bereikt kon worden. In de meeste gevallen bedroeg de lawaai-vrije periode meer dan 8 uur.

Gezien de expositieniveaus bij orkestwerk (zie hoofdstuk 4) is een lawaai-vrije periode van 2 uur voldoende (Kryter 1985).

Audiometrie en afname van KNO-anamnese worden verricht bij aanstellingskeuring en periodiek bedrijfsgezondheidskundig onderzoek. Daarnaast is een "open deur" beleid gevolgd met betrekking tot audiometrie. Een ieder die zijn gehoor wil laten onderzoeken kan dit doen. Voor het merendeel komen deze verzoeken voort uit klachten omtrent het gehoor (tinnitus na lawaai-expositie, verkoudheid, cerumen, "verstopt gevoel" in de oren, oorsuizen, subjectief gevoel van "slecht horen"). Het merendeel van deze aldus vervaardigde audiogrammen is echter van verdere bewerking uitgesloten (zie 6.1.4, uitsluiting van audiogrammen).

Per proefpersoon is steeds één audiogram in het onderzoeksbestand opgenomen. Indien na uitsluiting van audiogrammen wegens belaste anamnese alsnog meer dan één audiogram overbleef, werd in 6 gevallen het meest recente audiogram opgenomen in het onderzoeksbestand. Dit werd gedaan om een zo groot mogelijke homogeniteit van gebruikte apparatuur en audiometristen te krijgen.

6.1.3. Anamnese en overige variabelen

Naast audiometrisch onderzoek zijn de proefpersonen ondervraagd met betrekking tot de anamnese op KNO-gebied. Vóór 1981 geschiedde dit met behulp van de audiogramkaart van Plomp (1972). Vanaf 1981 wordt de KNO-anamnesekaart van CARGO gebruikt.

Uit de aanstellingskeuring en het periodiek geneeskundig onderzoek zijn de volgende gegevens verkregen:

persoons- en arbeidsgegevens

- geslacht
- leeftijd
- leeftijd bij aanvang orkestwerk (aanvang expositie)
- leeftijd bij aanvang werk in onderzoeksorkest
- instrument
- plaats in orkest
- overige arbeidsanamnese (m.n. lawaai-expositie)

medische gegevens

- KNO- en neurologische anamnese

Bij het deelonderzoek met betrekking tot de beleving der musici omtrent de geluid-expositie is een vragenlijst gebruikt, welke bij hoofdstuk 10 nader besproken zal worden.

Door de plaats in het orkest en het bespeelde instrument te koppelen aan de gegevens omtrent de geluidniveaus in het orkest is het mogelijk aan iedere musicus een expositieniveau te koppelen. Tevens is het mogelijk de "symfoniepopulatie" in te delen in expositiezones (zie tabel 6.4 en figuur 6.1).

Door de leeftijd bij aanvang van het werk in een orkest te koppelen aan de datum van audiometrie is het mogelijk een expositieduur in jaren te berekenen. In het deel betreffende de expositiematen (6.1.6) zal hierop nader worden ingegaan.

6.1.4. Uitsluiting van audiogrammen

In een aantal gevallen is een audiogram uitgesloten van opname in het onderzoeksbestand. Redenen voor uitsluiting van het audiogram voor het onderzoeksbestand zijn:

- geen continue audiometrie
- pathologische bevindingen bij otoscopie
- verkoudheden
- tinnitus t.t.v. audiometrie
- Menière
- belaste otologische anamnese
- belaste vuurwapenanamnese
- lawaaiervrije periode < 2 uur

Aldus zijn in de groep van musici met slechts één audiogram 7 audiogrammen voor het onderzoeksbestand uitgesloten.

Een aantal proefpersonen (31) is meer dan éénmaal geaudiometreerd. Naast audiometrie bij aanstellingskeuring en periodiek geneeskundig onderzoek is geaudiometreerd op verzoek van musici. Deze verzoeken kwamen in de meeste gevallen voort uit ongerustheid over het gehoor na recente lawaaiexpositie, verkoudheid, cerumen, "verstopt gevoel" in de oren, oorsuizen, subjectief gevoel van "slecht horen". Audiogrammen vervaardigd vanwege een dergelijk verzoek naar aanleiding van (veronderstelde) KNO-problematiek, zijn van verdere bewerking uitgesloten. Dit betrof 25 audiogrammen. De overige 6 zijn als meest recent audiogram wel voor verdere bewerking geaccepteerd. Dit betrof audiogrammen in het kader van een Periodiek Bedrijfsgezondheidskundig Onderzoek.

6.1.5. Maten voor gehoorverlies

Om vast te kunnen stellen dat het gehoorverlies van de proefpersonen is veroorzaakt door andere factoren dan presbycusis is het gebruik van een referentiepoulatie noodzakelijk. Hiertoe is een referentiepoulatie nodig, onderverdeeld in mannen en vrouwen, waarvan mag worden aangenomen dat slechts de veroudering invloed heeft gehad op de gehoorscherpthe en er geen andere oorzaken van gehoorverlies (infectieziekten, ototoxische farmaca, oorontstekingen, hoofdletsels, lawaaiexpositie) aanwezig zijn. Internationaal zijn de door de ISO gepresenteerde referentiewaarden in gebruik. Deze referentiewaarden zijn opgenomen in ISO 7029 (1984) en worden gerefereerd als **data base A**.

Om de dosis-respons relatie binnen de onderzoekspoulatie te bestuderen zijn diverse subpopulaties van de totale onderzoekspoulatie met elkaar vergeleken. Voordelen hiervan zijn dat er sprake is van hetzelfde meetinstrumentarium, dezelfde audiometristen en dezelfde selectiecriteria.

De audiometrische gegevens, zoals verkregen door audiometrie bij de onderzoekspoulatie, zijn gecorrigeerd met behulp van de mediaan (**Hearing Level, HL50**), in het vervolg aangeduid als **HL50-correctie**, en de 25e percentiel (**HL25**), in het vervolg aangeduid als **HL25-correctie**, van deze data base A. De HL50 betreft een waarde, overeenkomende met 50 % met het "beste" gehoor van de data base A, de HL25 betreft een waarde, overeenkomende met 75 % met het "beste" gehoor van de data base A. Deze correctie geschiedt als volgt.

Voor iedere proefpersoon worden de audiometrische gegevens van de frequenties 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4, 6 en 8 kHz van beide oren vergeleken met de referentiewaarden van data base A van hetzelfde geslacht en dezelfde leeftijd als de proefpersoon.

In geval van HL50-correctie worden per frequentie de referentiewaarden van de best horende 50 % van data base A afgetrokken van de gemeten waarden van de proefpersoon. In geval van HL25-correctie worden per frequentie de referentiewaarden van de best horende 75 % van data base A afgetrokken van de gemeten waarden van de proefpersoon.

De aldus voor presbycusis gecorrigeerde waarden worden resp. **C50-waarden** (C = correctie) en **C25-waarden** genoemd.

Een negatieve C50-waarde betekent dat de proefpersoon op de desbetreffende frequentie een slechter gehoor heeft dan 50 % van de referentiepoulatie. Een positieve C50-waarde betekent dat de proefpersoon op de desbetreffende frequentie een beter gehoor heeft dan de slechtst horende 50 % van de referentiepoulatie (dus geen ongunstige gehoorafwijking heeft) en een C50-waarde van nul wil zeggen dat er geen verschil is.

HL50-correctie, op deze wijze uitgevoerd, geeft op groepsniveau informatie over het aantal c.q. percentage personen van de onderzoekspoulatie met een gehoorafwijking, maar kan geen onderscheid maken tussen een groot en een klein gehoorverlies op groepsniveau.

Daarom is tevens gecorrigeerd door middel van de HL25 van data base A. Deze vergelijking met de "best horende" 75 % van de referentiepoulatie zeft als het ware de ernstiger gevallen eruit. Een aldus ontstane negatieve C25-waarde wil zeggen dat de proefpersoon een slechter gehoor heeft dan de best horende 75 % van de referentiepoulatie op de desbetreffende frequentie. Een positieve C25-waarde betekent dat de proefpersoon een beter gehoor heeft dan de slechtst horende 25 % van de referentiepoulatie.

Als definitie van een gehoorafwijking wordt gesteld:

Een musicus wordt beschouwd als hebbende een audiogramafwijking* indien hij/zij op één of beide oren een negatieve C50-waarde resp. C25-waarde bij 4 kHz heeft.

* Het woord "afwijking" is hier gebruikt als een neutrale, beschrijvende term zonder interpretatie van de achterliggende oorzaken of verklaringen.

Het verschil in onderscheidend vermogen tussen HL50- en HL25-correctie is in het volgende (gefingerde) voorbeeld duidelijk gemaakt.

	populatie A % afw. audiogrammen.	populatie B % afw. audiogrammen.
HL50-cor.	70 %	52 %
HL25-cor.	26 %	35 %

Bij HL50-correctie lijkt het alsof populatie A meer audiogramafwijkingen heeft dan populatie B. Populatie A heeft 20 % audiogramafwijkingen "teveel", populatie B heeft slechts 2 % meer audiogramafwijkingen dan de referentiepopulatie. Bij HL25-correctie blijkt echter dat in populatie A 26 % audiogramafwijkingen heeft, maar in populatie B 35 %. In populatie A is dit 1 % teveel, in populatie B is dit 10 % teveel. De audiogramafwijkingen bij A zijn dus minder ernstig dan die bij B, hetgeen pas blijkt bij HL25-correctie. Bij een (te verwachten) scheve verdeling van een schadelijk effect van lawaai expositie in een onderzoekspopulatie geeft HL25-correctie vermoedelijk een grotere trefkans op het registreren van de meer relevante gehoorafwijkingen dan HL50-correctie.

Het effect van de expositie

Teneinde een grotere mate van zekerheid te verkrijgen omtrent de vraag of de audiogramafwijking veroorzaakt is door de expositie aan orkestgeluid is tenslotte ook nog gecorrigeerd met behulp van de HL10 van de ISO 7029, data base A.

In een onderzoek van Passchier-Vermeer (1986) stelt zij dat als het (niet voor presbycusis gecorrigeerde) gemiddelde gehoorverlies van beide oren van een aan lawaai blootgesteld individu bij 2, 3, 4 en 6 kHz groter is dan het gemiddelde gehoorverlies bij dezelfde frequenties van 90 % van de referentiepopulatie (HL10) van dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht, dat dit gehoorverlies (naast de presbycusis) vrijwel zeker door lawaai is ontstaan. Een dergelijke, op individuele identificatie georiënteerde benadering houdt bij aggregatie op groepsniveau in dat 10 % van de referentiepopulatie eveneens een audiogramafwijking heeft.

Een negatieve gemiddelde waarde van de C10-waarden bij 2, 3, 4 en 6 kHz aan beide oren wordt in overeenstemming daarmee, onder bepaalde voorwaarden, opgevat als een aanwijzing dat de audiogramafwijking met grote mate van zekerheid aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven. In hoofdstuk 9 wordt hier dieper op ingegaan.

Het groepsaudiogram

De definitie van een audiogramafwijking in geval van negatieve C50- of C25-waarde bij 4 kHz geeft als dichotome variabele alleen maar informatie of er een afwijking bij 4 kHz is of niet. Als zodanig heeft deze werkwijze het voordeel overzichtelijke informatie te geven over de fractie van de populatie met een audiogramafwijking. De werkwijze geeft echter geen informatie over de ligging van de gehele audiogrammen

ten opzichte van resp. de referentiepopulatie en de subgroepen onderling. Daarom en vanwege de informatie over meer dan één audiogramfrequentie, is gebruik gemaakt van groepsaudiogrammen. Voorwaarde hiertoe is wel dat als het effect van een bepaalde expositiemaat (bijv. duur) onderzocht wordt, de overige expositiematen (bijv. geluidniveau) voor de subgroepen zoveel mogelijk gelijk moeten zijn.

Indien gecorrigeerd is met behulp van de HL50 van data base A zouden, indien er geen verschil zou zijn tussen de referentiewaarden van data base A en de C50-waarden van de audiogrammen van de onderzoekspopulatie, 50 % van de C50-waarden per frequentie (dit is de mediaan = P50) boven de nullijn en 50 % onder de nullijn moeten liggen. Indien de mediaan (= P50) van de C50-waarden onder de nullijn ligt wil dit zeggen dat de onderzoekspopulatie als groep een slechter gehoor heeft dan 50 % van de referentiepopulatie.

Zoals eerder is gesteld is de C50-waarde geen ideale maat.

Volgens bovenstaande redeneringen is derhalve eveneens gecorrigeerd met behulp van de HL25. Aldus is met deze C25-waarden eveneens een groepsaudiogram opgesteld. Dit C25-groepsaudiogram verdeelt zich weer volgens percentiellijnen (bijv. P75, P50, P25). Indien er geen verschil is met de referentiepopulatie van data base A, zou de P25 van de verdeling van de C25-waarden moeten samenvallen met de nullijn. Wanneer deze P25 van het C25-groepsaudiogram onder de nullijn ligt wil dat zeggen dat (de slechtst horende) 25 % van de onderzoekspopulatie een slechter gehoor heeft dan 75 % van de referentiepopulatie.

De beroepshandicap en de sociale handicap

Een tweede parameter om de groep musici met een afwijking te kenmerken is de mate waarin de musici door de gehoorafwijking een beperking ondervinden.

De bovenstaande definitie van een audiogramafwijking bij 4 kHz zal de groep musici met zo'n afwijking in zekere zin met een negatief gezondheidseffect, een "ziekte" kenmerken. Het is de vraag in hoeverre en bij wie deze "ziekte" (of biologisch effect) zich verder zal ontwikkelen tot een stoornis, welke voor de desbetreffende musicus een beperking in zijn functioneren zal worden en aldus tot een handicap zal leiden.

Het feit dat er in epidemiologische zin sprake is van "ziekte" hoeft nog geen stoornis of beperking in te houden. Wel is er sprake van een signaal dat met betrekking tot de desbetreffende musicus aanleiding moet geven tot waakzaamheid.

De beperking door de gehoorafwijking kent twee aspecten. Enerzijds zal een gehoorafwijking kunnen leiden tot een verminderde spraakverstaanbaarheid. Dit zal een **sociale handicap** betekenen. Tevens zal dit in zekere mate ook de beroepsuitoefening beïnvloeden, indien de desbetreffende musicus de mondelinge aanwijzingen tijdens repetities niet goed kan verstaan. Van een **beroepshandicap** is sprake indien een musicus door het gehoorverlies problemen ondervindt in zijn werk.

Een maat voor de sociale handicap is de Lafon-index. Deze wordt berekend uit het gemiddelde verlies bij 2 en 4 kHz van beide oren, waarbij niet voor presbycusis is gecorrigeerd. De formule voor de Lafon-index is

$$(2\text{kHzRe} + 4\text{kHzRe} + 2\text{kHzLi} + 4\text{kHzLi})/4.$$

Boven een verlies van 10 dB wordt reeds een verslechtering van de spraakverstaanbaarheid ondervonden, terwijl bij een verlies van 30 dB sprake is van een ernstig verminderde spraakverstaanbaarheid (Smoorenburg 1987, Smoorenburg en Plomp 1987, Passchier-Vermeer en Rövekamp 1987).

Als beroepshandicap die de musicus in zijn werk ondervindt is met name te omschrijven een zodanig gehoorverlies dat hij problemen ondervindt met het waarnemen van toonhoogten en harmonischen en met het afleiden van de grondtoon uit harmonischen. In hoofdstuk 3 (3.6, signaal-ruis verhouding) is reeds gesteld dat zo'n handicap vermoedelijk optreedt indien er tussen 0.25 en 4 kHz aan één of beide oren op één of meer frequenties een verlies van 25 dB of meer is. Deze grens is een "educated guess".

Anderzijds kan aansluiting gezocht worden bij het door de auteur geconstateerde feit dat in het symfonie orkest voor incidentele gehoorbescherming wel glasdonswatten, maar geen wasproppen (bijv. Ohropax^R) of schuimplastic rolletjes (bijv. EAR^R) worden gebruikt.

Bij het testen van de acceptatie van diverse gehoorbeschermingsmiddelen in een orkest bleek dat glasdonswatten acceptabel werden gevonden voor incidenteel gebruik bij zeer luide passages, maar wasproppen of schuimplastic rolletjes unaniem niet vanwege het feit dat deze een onacceptabel grote demping gaven, met name in het hoge tonen gebied.

De dempingskarakteristieken van deze in de gehoorgang gedragen gehoorbeschermingsmiddelen in een laboratoriumsituatie zijn de volgende (V.d. Berg, Grundel en Passchier-Vermeer 1986):

Type	Aangenomen gemiddelde verzwakking in dB bij				
	0.25	0.5	1	2	4kHz
glasdonsw (gem.)	6	9	10	23	28
wasproppen (gem.)	11	14	18	27	30
rolletjes (gem.)	13	17	20	28	35

In de praktijksituaties blijken de spreidingen van de dempingen aanzienlijk groter te zijn en de gemiddelden aanzienlijk lager. Haastig ingebrachte glasdonswatten zullen vaak slecht dempen. Gezien de demping bij 2 kHz en 4 kHz is de overeenkomst duidelijk met de hiervoor beredeneerde signaal-ruis verhouding in het orkest en de grens van 25 dB gehoorverlies.

Een beroepshandicap wordt daarom voorlopig als werkhypothese gedefinieerd als een verlies van 25 dB of meer op één of meer frequenties tussen 0.25 en 4 kHz aan één of beide oren.

6.1.6. Expositiematen

Geluidniveau

In hoofdstuk 4 is de geluidexpositie van de onderzoekspopulatie weergegeven.

Aan iedere musicus van het orkest is een geluidniveau gekoppeld, zoals dit is gemeten tijdens de geluidmetingen in het orkest (zie hoofdstuk 4). De geluidniveaus kunnen representatief geacht worden voor het repertoire van het symfonie orkest door de jaren heen. Aan de musici binnen een afstand van 2-3 meter van het meetpunt is het geluidniveau van dat meetpunt toegekend.

De totale geluidexpositie over een representatieve werkdag c.q. een representatief werkjaar van de onderscheidene musici op verschillende plaatsen in het orkest is bekend (tabel 4.8 en figuur 4.10). Tevens is bekend hoeveel jaar iedere musicus aan deze niveaus is geëxponeerd.

De expositieduur

De observatieperiode van het symfonie orkest beslaat 1975 t/m 1988. Musici die echter vóór de aanvang van de observatieperiode in het orkest werkzaam waren, waren aan dezelfde geluidniveaus geëxponeerd als tijdens de observatieperiode.

Musici die tijdens de observatieperiode in het onderzoek komen zullen of aan het begin van hun expositieperiode staan in het geval dat zij voor het eerst met orkestwerk beginnen (in dat geval is de observatieperiode gelijk aan de expositieperiode) of van een ander orkest komen, waarin zij reeds enige tijd aan een soortgelijke expositie blootstonden (voorwaarde is dat zij uit een soortgelijk orkest afkomstig zijn). In dat geval nemen zij de expositiejaren van vóór hun indiensttreding naar het onderzoeksorkest mee. Als parameter voor de duur van de expositie zal derhalve de feitelijke expositieduur en niet de observatieperiode gehanteerd worden. Hierbij is sprake van een beperkte onderschatting van de echte blootstellingsduur. Vóórdat musici in dienst van een orkest treden, is immers een beroepsopleiding aan een conservatorium gevolgd. In deze opleiding komt samenspel in een (symfonie)orkest voor; derhalve is er reeds vóór de aanvang van de orkestcarrière sprake van expositie aan orkestgeluid. Meestal vindt dit plaats vanaf het 14e levensjaar, maar het is niet duidelijk of dit los van andere factoren reeds gehoorbeschadigingen geeft (Van Hees 1989). Bij musici met een korte beroepsmatige expositie aan orkestgeluid is dus feitelijk sprake van bepaalde expositie tijdens de opleiding.

Voor het harmonie orkest zijn de gegevens uit een dwarsdoorsnede onderzoek in het jaar 1981 beschikbaar. De bovenvermelde gegevens omtrent instroom zijn ook voor het harmonie orkest bekend. Ook hier zal de expositieduur gebruikt worden als maat voor de duur van de blootstelling.

Niveau maal Duur

Bepalend voor de intensiteit van expositie is de plaats waar de musicus zit en het instrument dat hij bespeelt. Bepalend voor de duur van de expositie is het aantal jaren dat hij in een orkest speelt. Als expositiemaat waarin zowel niveau als duur verdisconteerd zijn wordt dan onder meer gebruikt de expositieduur (in jaren) maal het geluidniveau (in klassen) (Van Dijk 1984), aangeduid als N*D (niveau maal duur).

De daarbij gehanteerde indeling in klassen van geluidniveau (LEX) is als volgt:

- $\leq 90 \text{ dB(A)} = 1$
- 91-95 dB(A) = 2
- 96-99 dB(A) = 3
- $> 100 \text{ dB(A)} = 5$

De expositiemaat N^*D legt vooral de nadruk op de duur van de expositie.

Equal Energy

Uit empirisch onderzoek van Burns en Robinson (1970) volgde het equal-energy principe: een bepaalde hoeveelheid geluidsenergie geeft een bepaalde mate van gehoorverlies, ongeacht de concrete invulling van geluidniveau en expositieduur (binnen zekere grenzen). Deze relatie blijkt uit de formule (afgeleid door Van Dijk (1984) naar Burns en Robinson):

$$\text{geluidsenergie} = \text{energetisch gem. geluidniveau (8h) in dB(A)} (+3.7) + 10 \text{ maal log blootstellingsduur (in jaren).}$$

Deze expositiemaat, aangeduid als EE (Equal Energy), legt vooral de nadruk op het expositieniveau, met name (door de logaritme) gedurende de eerste expositiejaren (het gehoorverlies neemt, afhankelijk van het geluidniveau, de eerste expositiejaren snel toe).

Instrumentgroepen en orkestzones

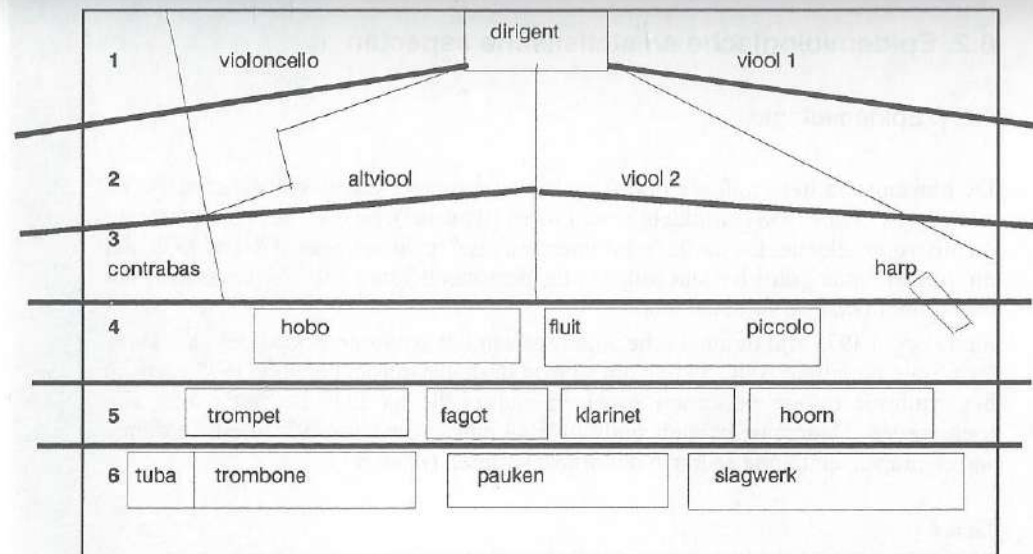
Als een voor de hand liggende benadering van de expositie is gekozen voor de instrumentgroep waarin de musicus speelt. Gekozen is voor de indeling in de instrumentgroepen strijkers, blazers en slagwerkers, omdat een indeling in instrumenten tot (te) kleine celfrequenties per groep zou leiden.

Aan de indeling in instrumentgroepen zijn echter aanzienlijke nadelen verbonden. De groep strijkers omvat de eerste violen, tweede violen, altviolen, violoncelli en contrabassen. Het deel van het podium waarop de strijkers zitten loopt van de voorrand tot aan de eerste rij houtblazers. Daardoor treedt een variatie in expositieniveaus op (zie hoofdstuk 4). Behalve de eerste lessenaars zijn er in de groepen strijkinstrumenten geen vaste plaatsen. Men rouleert binnen een zeker aantal lessenaars van achter naar voren en omgekeerd (gerekend vanaf de eerste lessenaars).

De indeling in expositiezones (figuur 6.1, zie ook hoofdstuk 4) is bij de strijkers zodanig dat deze roulatie meestal binnen dezelfde zone optreedt. Het verblijf in de zone zal derhalve voor de strijkers een betere samenhang met het geluidniveau vertonen dan de indeling in één instrumentgroep of in diverse instrumenten.

Ook bij de blazers treden binnen de instrumentgroep verplaatsingen op, die echter meestal niet van voren naar achteren zijn, maar evenwijdig aan de podiumrand.

Klarinetten, fagotten, hobo's en fluiten willen nogal eens, afhankelijk van het gespeelde stuk, van plaats wisselen. Bij de koperblazers worden met name de hoorns nogal eens links naast de pauken geplaatst in plaats van rechts (vanuit de zaal gezien). De verplaatsingen blijven echter steeds binnen dezelfde zones. Een beschrijving van de populatiekenmerken van de musici werkend in verschillende expositiezones wordt



Figuur 6.1.
Indeling symfonie orkest in zes expositie zones.

gegeven in paragraaf 6.3.

De zone-indeling is feitelijk een indeling in werkgebieden van de musici. Deze keuze is opgelegd door de bewegingen van de musici op het podium in de loop van de jaren. Het geluidniveau in de zones is het gemiddelde van de geluidniveaus van de meetpunten binnen de afzonderlijke zones.

Door middel van de zone als expositiemaat is het mogelijk de plaats in het orkest te koppelen aan de expositie en aan bijvoorbeeld de beleving met betrekking tot de geluidexpositie van musici. Tevens kan het beleid van de bedrijfsgezondheidszorg worden ondersteund voor wat betreft het geven van professionele adviezen met betrekking tot geluidniveaus en preventieve activiteiten, gekoppeld aan het feitelijke werkgebied van de onderscheiden groepen musici.

De eigenlijke geluidexpositie, zoals gemeten door dosimetrie heeft voordelen, de zone-indeling ook. Aan de eigenlijke geluidexpositie kleefte het nadeel dat tijdrovende persoonlijke dosimetrie verricht moet worden. Bij de zone-indeling kan volstaan worden met geluidmetingen binnen het werkgebied, en de duur van het verblijf in het werkgebied vast te stellen. Aldus heeft voor de BGZ-praktijk zone-indeling voordelen ten opzichte van persoonlijke dosimetrie.

Samenvattend worden als expositiematen gehanteerd:

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. geluidniveau werkdag/jaar (LEX) | 4. N^*D (niveau * duur) |
| 2. expositieduur (in jaren)5. | 5. Instrumentgroep |
| 3. EE (LEX + 3.7 + 10*log expositieduur in jaren) | 6. Orkestzone |

6.2. Epidemiologische en statistische aspecten

6.2.1. Epidemiologie

De omvang van het symfonie orkest en het harmonie orkest is vrij constant (in de periode 1975 t/m 1988 gemiddeld resp. 110 en 40 musici). Er is echter een instroom- en uitstroomselectie. De totale "symfoniepopulatie" in de periode 1975 t/m 1988 met en zonder audiogram bestaat volgens de personeelslijsten uit 159 personen, het harmonie orkest uit 41 personen.

Sinds begin 1975 zijn de medische gegevens van het symfonie orkest bekend. Deze "symfonie populatie" van 159 personen bevat derhalve musici die vóór 1975 reeds in het symfonie orkest werkzaam waren en musici die na 1975 tot het orkest zijn toegetreden. Daarnaast hebben sinds 1975 49 musici die voor 1975 reeds in dienst waren om verschillende redenen het orkest verlaten (tabel 6.1).

Tabel 6.1.

Reden van orkestverlating in de observatieperiode 1975-1988 en gemiddelde leeftijd bij orkestverlating (symfonie orkest).

reden	n	gem. leeftijd	sd
overlijden	1	55	-
AOW/VUT	5	64	1.3
arb.ongesch.	25	56.4	7.6
ander orkest	18	32.5	5.2

Tussen 1975 en 1988 zijn 75 musici tot het orkest toegetreden. De gemiddelde leeftijd van deze groep bij orkesttoetreding is 29 jaar (sd 5.9 jaar). Van deze 75 musici zijn 66 afkomstig uit andere (soortgelijke) orkesten. Voor 9 musici van deze groep toetreders betreft het eerste symfonie orkest waarin zij werkzaam zijn.

Van de 75 musici die na 1975 tot het orkest toetraden hebben 17 het orkest gedurende de observatieperiode weer verlaten, 16 zijn naar een ander orkest gegaan, 1 musicus is blijvend arbeidsongeschikt. De gemiddelde diensttijd van deze "doorstromers" is 3.4 jaar (sd 2.2 jaar).

In epidemiologisch opzicht derhalve is de onderzoekspopulatie een dynamische populatie.

Gedurende de observatieperiode van 1975-1988 is het grootste deel van de onderzoekspopulatie minstens éénmaal geaudiometreerd. Tegelijkertijd zijn expositieduur en expositieniveau bekend. Aan- en afwezigheid van "ziekte" en aan- en afwezigheid van expositie worden gelijktijdig gemeten. Het betreft derhalve een **dwarsdoorsnede-onderzoek met prevalentie gevallen**. Vandenbroucke en Hofman (1988) noemen het

onderzoek naar de invloed van lawaai op het gehoor het typevoorbeeld van een dwarsdoorsnede-onderzoek.

Gezien het feit dat er sprake is van verschillende categorieën van expositieduur heeft dit dwarsdoorsnede-onderzoek echter ook kenmerken van een longitudinaal onderzoek. Het longitudinaal aspect van dit dwarsdoorsnede-onderzoek zal echter alleen gebruikt worden om de invloed van de expositieduur te onderzoeken.

6.2.2. Risicoparameters

Bij de onderzoekspopulatie is op basis van eenmalige audiometrie in verschillende expositiecategorieën sprake van een dwarsdoorsnede-onderzoek met prevalentie gevallen. Volgens Kleinbaum et al (1982) is de Prevalentie Odds Ratio (POR) in dat geval een maat voor het relatieve risico. Ook het attributieve risico kan geschat worden als in een case-control onderzoek met incidentie gevallen.

De risicoparameters worden dan als volgt berekend:

relatieve risico	Prevalentie Odds Ratio (POR)
attributieve risico	$AR = (POR - 1) / POR$
attributieve risicopercentage	$AR\% = [(POR - 1) / POR] * 100$

6.2.3. Statistische aspecten

Het significantieniveau is 5 % ($P < 0.05$), tenzij anders is vermeld. Toetsing is tweezijdig.

Door stratificatie voor diverse variabelen die van invloed kunnen zijn op het gehoor (leeftijd, expositieduur, expositieniveau, orkesttype, instrument, zone) zal de invloed van iedere variabele aangegeven worden. Deze wijze van analyse en presentatie heeft het grote voordeel van helderheid. Het nadeel van stratificatie is dat de informatie per stratum spoedig te klein wordt (de celfrequentie wordt te klein).

Associatie in 2*2 kruistabellen is in de voorkomende gevallen onderzocht met behulp van de χ^2 -toets of de Fisher exacte toets. Op aanwezigheid van samenhang in de andere kruistabellen is getoetst met behulp van de χ^2 -toets op onafhankelijkheid. De mate waarin in kruistabellen een toe- of afname van gehoorafwijking optreedt in samenhang met een expositiemaat is getoetst met behulp van Kendall's tau-b.

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de POR is bij benadering berekend.

Daar waar een bij benadering normale verdeling aangenomen kan worden, zoals bij leeftijd en expositieduur, is voor toetsing van verschillen tussen groepen gebruik gemaakt van de Student-t toets. Correlaties tussen variabelen met bij benadering normale verdelingen zijn berekend met behulp van Pearsons correlatie coëfficiënt.

De verdeling van de gehoorverliezen in de populatie is niet-normaal, en naar links vanwege het feit dat men zelden beter hoort dan 0 dB. Daarnaast zullen door grote gehoorverliezen extreme waarden naar rechts voorkomen. Voor toetsing van verschillen tussen gemiddelden is daarom gekozen voor de Mann-Whitney U-toets

(tweezijdig) voor ongepaarde waarnemingen, als verdelingsvrij alternatief voor de Student-t toets.

De gelijknamige percentiellijnen van de C-waarden van de groepsaudiogrammen van de verschillende (sub)populaties zijn per frequentie paarsgewijze op significante verschillen getoetst met behulp van (een variant van) de mediaan toets, waarbij de exacte toets van Fisher is gebruikt (Siegel 1956). De C-waarden van de groepsaudiogrammen van de expositiematen zijn op de relatie tussen expositiemaat en mate van gehoorverlies (C-waarde) per frequentie getoetst met behulp van Kendall's tau-b.

6.3. De onderzoekspopulatie

6.3.1. Het symfonie orkest.

Van de 159 musici van het symfonie orkest in de observatieperiode van 1975-1988 zijn van 127 musici (80 %) voor dit onderzoek bruikbare audiogrammen geselecteerd. Van de overige 32 musici zijn de redenen dat geen of geen bruikbare audiogrammen aanwezig waren:

uitsluiting (zie 6.1.4)	7
weigerend	9
gegevens vernietigd	10
door onbekende oorzaak geen onderzoek	6

De onderzoekspopulatie van het symfonie orkest bestaat uit 98 mannen en 29 vrouwen. Variabelen die met name gerelateerd zijn aan de expositieduur, zoals leeftijd, leeftijd bij aanvang van orkestwerk, leeftijd bij aanvang in dit orkest, expositieduur en aantal dienstjaren in dit orkest zijn weergegeven in tabel 6.2.

Tabel 6.2.

Gemiddelde leeftijd, -leeftijd bij aanvang orkestwerk, -leeftijd aanvang dit orkest, gemiddelde expositieduur en -aantal jaren in dit orkest. Symfonie orkest.

	x	sd	min.	max.
leeftijd	37.1	10.9	22	64
lft. orkestwerk	21.5	2.3	16	29
lft. dit orkest	27.5	5.2	17	45
expositieduur	15.6	11.6	< 1	46
jaren dit orkest	9.6	11.1	< 1	44

De correlatie tussen leeftijd en expositieduur is 0.99 en tussen leeftijd en aantal jaren werk in dit orkest 0.89. De gemiddelde leeftijd bij aanvang van orkestwerk is 21.5 jaar.

In andere onderzoeken (o.a. Passchier-Vermeer 1988) wordt als expositietijd gehanteerd de leeftijd minus 20 jaar. Indien de dosis-respons relatie bestudeerd moet worden is het evenwel juist de expositieduur te gebruiken en niet de leeftijd.

Tabel 6.3.

Gemiddelde leeftijd, -leeftijd bij aanvang orkestwerk, -leeftijd aanvang dit orkest, gemiddelde expositieduur en -aantal jaren in dit orkest. Strijkers, blazers en slagwerk, symfonie orkest.

strijkers n = 75 (50 mannen, 25 vrouwen)				
variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	36.4	10.3	22	64
lft. orkestwerk	22.1	2.3	17	29
lft. dit orkest	28.5	5.2	17	45
expositieduur	14.2	10.5	0	44
jaren dit orkest	7.9	10.0	0	44
blazers n = 43 (41 mannen, 2 vrouwen)				
variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	37.5	12.1	22	63
lft. orkestwerk	20.6	2.0	16	24
lft. dit orkest	26.5	5.1	17	42
expositieduur	16.9	12.9	1	46
jaren dit orkest	11.0	12.0	0	37
slagwerk n = 7 (7 mannen)				
variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	38.4	14.0	23	54
lft. orkestwerk	20.0	2.2	17	24
lft. dit orkest	22.7	1.7	21	26
expositieduur	18.4	15.7	2	37
jaren dit orkest	15.7	14.7	0	33

Het bespeelde instrument en de plaats in het orkest zijn variabelen die met name van invloed zijn op de intensiteit van de expositie.

De gemiddelde leeftijd, leeftijd bij aanvang orkestwerk en bij dit orkest, alsmede de gemiddelde expositieduur en werk in dit orkest zijn voor de groepen strijkers, blazers en slagwerk weergegeven in tabel 6.3. De twee harpisten zijn bij de indeling in instrumentgroepen en zones niet bij de populatie betrokken.

Tabel 6.4.

Gemiddelde leeftijd, -leeftijd bij aanvang orkestwerk, -leeftijd aanvang dit orkest, gemiddelde expositieduur en -aantal jaren in dit orkest. Verdeling over zes expositiezones (symfonie orkest).

variabele	x	sd	min.	max.
zone 1 n = 31				
leeftijd	38.3	9.7	24	64
lft. orkestwerk	22.2	2.2	19	28
lft. dit orkest	29.1	5.8	19	45
expositieduur	16.1	9.8	3	44
jaren dit orkest	9.2	10.1	0	44
zone 2 n = 18				
leeftijd	33.3	10.1	22	61
lft. orkestwerk	22.5	2.3	19	27
lft. dit orkest	27.4	4.5	21	39
expositieduur	10.8	10.7	1	34
jaren dit orkest	5.8	11.1	0	32
zone 3 n = 25				
leeftijd	37.2	10.7	23	61
lft. orkestwerk	22.1	2.3	17	29
lft. dit orkest	29.0	4.4	22	39
expositieduur	15.1	11.1	0	39
jaren dit orkest	8.2	9.5	0	26
zone 4 n = 12				
leeftijd	39.8	15.3	22	63
lft. orkestwerk	19.9	2.3	17	23
lft. dit orkest	24.7	3.1	21	30
expositieduur	19.9	16.1	1	46
jaren dit orkest	15.2	13.7	0	37
zone 5 n = 25				
leeftijd	35.9	10.5	23	56
lft. orkestwerk	21.1	2.0	16	24
lft. dit orkest	27.3	5.6	17	42
expositieduur	14.8	11.4	2	37
jaren dit orkest	8.6	11.4	0	33
zone 6 n = 14				
leeftijd	38.7	12.7	23	56
lft. orkestwerk	19.9	1.6	17	24
lft. dit orkest	24.6	4.5	20	37
expositieduur	18.8	13.9	2	37
jaren dit orkest	14.1	12.4	0	33

De gemiddelde leeftijd en gemiddelde expositieduur van strijkers, blazers en slagwerkers zijn ongeveer gelijk. De medianen van leeftijd en expositieduur vallen vrijwel samen met de gemiddelden.

Gezien het feit dat de gemiddelde leeftijd en expositieduur voor de drie instrumentgroepen vrijwel niet verschillen, is het voornaamste verschil derhalve gelegen in de geluidsniveaus van de instrumentgroepen.

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat het geluidsniveau grosso modo het grootste is bij de blazers aan de achterzijde van het podium en kleinste aan de rand van het podium bij het publiek.

Teneinde de plaats in het orkest te operationaliseren is het podium ingedeeld in zes evenwijdige zones (figuur 6.1, zie tevens hoofdstuk 4). De gemiddelde leeftijd, leeftijd bij aanvang orkestwerk en bij dit orkest, alsmede de gemiddelde expositieduur en werk in dit orkest zijn voor de zes zones weergegeven in tabel 6.4.

Bij stratificatie naar resp. instrumentgroep (tabel 6.3) en zone (tabel 6.4) blijken weliswaar verschillen tussen de strata op te treden met betrekking tot de duur-gereleerde variabelen. De verschillen en dan met name wat betreft de expositieduur zijn anderzijds beperkt van invloed op het mogelijk ontstaan van gehoorschade. Uitzondering is in tabel 6.4 zone 2, waar de waarden van de variabelen lager zijn dan bij de overige strata. Dit is te verklaren door het feit dat jongere (minder ervaren) strijkers meestal aan de middelste lessenaars zitten en bij de "doorstromers" de 2e violisten en altviolisten (die het grootste deel van de populatie van zone 2 vormen) het meest vertegenwoordigd zijn.

6.3.2. Het harmonie orkest

Van het harmonie orkest zijn gegevens van een dwarsdoorsnede onderzoek uit het jaar 1981 beschikbaar. De voor de analyse van het symfonie orkest gehanteerde gegevens zijn eveneens voor het harmonie orkest beschikbaar.

Het harmonie orkest bestaat uit 41 mannelijke musici (18 koperblazers, 19 houtblazers, 3 slagwerkers, 1 strijker). De onderzoeksrespons was volledig. De anamnese gaf geen reden tot uitsluiting.

Leeftijd, leeftijd bij aanvang van orkestwerk, leeftijd bij aanvang in dit orkest, expositieduur en aantal dienstjaren in dit orkest zijn weergegeven in tabel 6.5.

Tabel 6.5.

Gemiddelde leeftijd, -leeftijd bij aanvang orkestwerk, -leeftijd aanvang dit orkest, gemiddelde expositieduur en -aantal jaren in dit orkest. Harmonie orkest.

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	37.0	9.5	20	54
lft. orkestwerk	20.0	1.3	17	22
lft. dit orkest	23.5	5.6	17	43
expositieduur	17.1	9.0	1	34
jaren dit orkest	13.5	8.9	1	32

De correlatie tussen leeftijd en expositieduur is 0.99 en tussen leeftijd en aantal jaren werk in dit orkest 0.82. De gemiddelde leeftijd bij aanvang van orkestwerk is 20 jaar (zie ook bijlage hoofdstuk 6, tabel 3 en 4).

Bij het harmonie orkest vindt men, in tegenstelling tot het symfonie orkest geen musici boven de 55 jaar. Dit is te verklaren door het feit dat de leeftijd voor Functioneel Leeftijdsontslag (FLO) bij de Koninklijke Landmacht 55 jaar is.

Verdeling in instrumentgroep of expositiezones, zoals bij het symfonie orkest, is bij het harmonie orkest niet relevant. Uit hoofdstuk 4 blijkt dat het geluidniveau door het gehele harmonie orkest heen hetzelfde is.

6.3.3. Vergelijking beide onderzoekspopulaties

De gemiddelde leeftijd van de "symfoniepopulatie" is ongeveer dezelfde als die van de "harmonie populatie". Ook de gemiddelde leeftijd waarop met werken in een orkest wordt begonnen en het gemiddeld aantal jaren dat men in een orkest werkt (expositieduur) verschillen niet van die van het symfonie orkest. Bovendien is er geen noemenswaardig verschil in gemiddelde leeftijd en gemiddelde expositieduur tussen de blazers van het symfonie orkest en de musici van het harmonie orkest.

Stratificatie in expositieduurklassen laat zien dat per stratum met betrekking tot de gemiddelde leeftijd waarop met orkestwerk wordt begonnen orkest werkt geen grote verschillen bestaan.

Geconcludeerd mag worden dat de deel-onderzoekspopulaties (harmonie orkest, symfonie orkest, instrumentgroep, zones) over het algemeen goed vergelijkbaar zijn met betrekking tot de expositieduur.

Hoofdstuk 7

Algemene resultaten

7.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven met betrekking tot de totale onderzoekspopulatie, onderverdeeld in symfonie orkest en harmonie orkest. Nadere detaillering van de resultaten bij de onderzoekspopulatie met betrekking tot de diverse instrumenten en de plaats in het orkest vindt plaats in hoofdstuk 8. Dezelfde berekeningen en expositiematen als in hoofdstuk 7 zullen daarbij gebruikt worden.

De geluidexpositie in het symfonie orkest verschilt van die van het harmonie orkest; diengevolge zijn de resultaten met betrekking tot het symfonie orkest en het harmonie orkest apart beschreven (deel 7.2.1). Deze resultaten zijn per orkest beschreven in de vorm van het aantal en percentage musici met een negatieve C50- resp. C25-waarde bij 4 kHz. Deze methode geeft echter nog geen informatie over de diepte en de breedte van de gehoorafwijking, hoogstens een indicatie dat er "een afwijking is".

Om een indruk te krijgen van de onderlinge positie van de audiogrammen van beide subpopulaties van symfonie orkest en harmonie orkest ten opzichte van elkaar zijn vervolgens de groepsaudiogrammen van beide populaties met elkaar vergeleken. Deze groepsaudiogrammen zijn op verschillende manieren berekend.

Van resp. de C50- en C25-waarden zijn per meetfrequentie voor beide orkesten de gemiddelden berekend (tabel 7.3). Wegens de verschillen in samenstelling van symfonie orkest en harmonie orkest is dit ook gedaan voor mannelijke blazers en slagwerkers van het symfonie orkest voor een tweede vergelijking met het harmonie orkest (bestaande uitsluitend uit mannelijke blazers en slagwerkers).

Enkele extreme waarden met lage of hoge waarden kunnen de gemiddelden sterk beïnvloeden. In hoofdstuk 2 is in de literatuurbespreking reeds op dit bezwaar gewezen. In de audiometrie verdient het daarom bij vergelijking van groepen de voorkeur gelijknamige percentiellijnen van de onderscheiden groepsaudiogrammen met elkaar te vergelijken. Dit geeft bovendien meer informatie omtrent de ligging van de verschillen dan uitsluitend een vergelijking van de gemiddelden en maakt onder meer door de mogelijkheid van een vergelijking met de gelijknamige percentiellijnen een vergelijking met de referentiepopulatie mogelijk. Een ander argument voor het hanteren van percentiellijnen komt voort uit beleidsoverwegingen. Het is vaak belangrijker te weten welk percentage van de populatie een bepaalde afwijking heeft, dan te weten welke gemiddelde waarden voorkomen.

Een analyse van de invloed van het geslacht is beschreven in deel 7.2.2.

De presbycusis verloopt voor mannen anders dan voor vrouwen, in die zin dat de presbycusis bij vrouwen minder grote gehoorverliezen geeft dan bij mannen. Dit fenomeen is bij herhaling beschreven (o.a. Spoor 1972, ISO 1984, Kryter 1985).

Met betrekking tot gehoorvermindering door lawaai werd in een onderzoek (Burns en Robinson 1970) geconstateerd dat het effect van lawaai op het gehoor bij vrouwen minder is. Ettema (1976) constateerde in een literatuurstudie dat er aanwijzingen zijn voor een iets grotere gevoeligheid voor lawaai bij mannen in vergelijking met vrouwen. Ook Kryter (1985) komt tot deze conclusie. Redenen derhalve om ook in dit onderzoek het verschil in dit opzicht tussen mannen en vrouwen van het symfonie orkest te onderzoeken.

Met behulp van de expositiematen (zie hoofdstuk 6, deel 6.1.6) geluidniveau (LEX), expositieduur (in jaren), Equal Energy (EE) en expositieniveau maal duur (N*D) is vervolgens een nadere analyse verricht naar de dosis-respons relatie van geluidexpositie bij de orkestmusici van beide orkesten (deel 7.2.3). Voor alle vermelde expositiematen worden zowel de percentages* negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz voor beide orkesten (tabel 7.6) als de groepsaudiogrammen (figuur 7.3 en 7.4 en bijlage hoofdstuk 7) gegeven.

Tenslotte wordt in deel 7.3 ingegaan op een systematisch verschil in audiometrische bevindingen tussen de in dit onderzoek onderzochte orkestpopulatie en de ISO-populatie. Er worden een aantal verklaringen voor dit systematische verschil gegeven. Deze verklaringen betreffen het verschil in drempelwaarde bij audiometrie (deel 7.3.2), verschillende audiometrieprocedures (deel 7.3.3), verschillen in geluidexpositie (deel 7.3.4), verschillen in sociocusis en nosocusis in de hier onderzochte populaties en de referentiepopulatie (deel 7.3.5), de keuze van de drempelwaarde en de daarmee samenhangende verdeling van de scores (deel 7.3.6) en de leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulaties (deel 7.3.7).

7.2.1. Audiogrammen totale onderzoekspopulatie: symfonie orkest en harmonie orkest.

De percentages negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz van het symfonie orkest en het harmonie orkest zijn weergegeven in tabel 7.1. Bij het symfonie orkest heeft 61 % van de musici een negatieve C50-waarde bij 4 kHz, dus 11 % teveel ten opzichte van de HL50 van de referentiepopulatie van de ISO 7029. Bij het harmonie orkest heeft 95 % van de musici een negatieve C25-waarde bij 4 kHz (45 % teveel). Het percentage van het symfonie orkest dat een negatieve C25-waarde bij 4 kHz heeft, is 31 % (6 % teveel) en 73 % bij het harmonie orkest (48 % teveel).

Tabel 7.1.

Percentages (%) en aantallen (#) musici met negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz bij symfonie orkest (n = 127) en harmonie orkest (n = 41).

orkest		negatieve C50-waarde				negatieve C25-waarde			
		ja		neen		ja		neen	
	n	%	#	%	#	%	#	%	#
symfonie	127	61	77	39	50	31	39	69	88
harmonie	41	95	39	5	2	73	30	27	11

Indien de Prevalentie Odds-Ratio (POR) wordt gebruikt als maat voor het relatieve risico (zie 6.2.2.), dan hebben volgens tabel 7.2 zowel het symfonie orkest als het harmonie orkest een significant verhoogd relatief risico met betrekking tot een negatieve C50-waarde bij 4 kHz (POR resp. 1.54 en 19.5). Het relatieve risico met betrekking tot een negatieve C25-waarde bij 4 kHz is bij beide orkesten eveneens verhoogd, maar alleen bij het harmonie orkest is dit significant. Bij het harmonie orkest lijkt er sprake van een aanzienlijk relatief risico op gehoorschade door het werken in een harmonie orkest. Bovendien geldt met name voor het harmonie orkest een aanzienlijk verhoogd attributief risico met betrekking tot het voorkomen van een negatieve C50- resp. C25-waarde bij 4 kHz door het werken in een harmonie orkest.

Tabel 7.2.

Prevalentie Odds-Ratio (POR), 95%-betrouwbaarheidsinterval en attributief risico percentage (AR%) m.b.t. een negatieve C50- resp. C25-waarde bij 4 kHz bij symfonie orkest en harmonie orkest.

orkest	n	negatieve C50-waarde			negatieve C25-waarde		
		POR	95% CI	AR%	POR	95% CI	AR%
symfonie	127	1.54	1.1-2.2	35	1.34	0.9-2.0	25
harmonie	41	19.5	5-166	95	8.18	4-18	88

* Met "percentage negatieve C-waarden" wordt uiteraard bedoeld het aantal en percentage musici met negatieve C-waarden. Omwille van de leesbaarheid wordt veelal slechts het woord percentage gebruikt.

Tabel 7.3.

Gemiddelde C50- en C25-waarden per frequentie.

1. symfonie orkest (n = 127) - harmonie orkest (n = 41).

2. symfonie orkest (mannen: blazers, slagwerk, n = 48) - harmonie orkest (idem, n = 40).

3. symfonie orkest, strijkers: mannen (n = 50) - vrouwen (n = 25).

C50-waarden kolom Hz	te vergelijken groepen					
	1		2		3	
	symf.harm.		blaz. & slag. symf. harm.		strijkers man vrouw	
500	-6.2	-9.1*	-7.7	-9.1*	-4.8	-6.4
1000	-5.6	-8.8*	-6.8	-8.7*	-4.8	-5.0
1500	-5.2	-9.4*	-6.4	-9.4*	-4.7	-4.0
2000	-4.7	-11.0*	-5.6	-10.9*	-4.2	-3.8
3000	-5.0	-14.8*	-6.5	-14.8*	-4.3	-3.7
4000	-5.3	-18.4*	-6.0	-18.3*	-5.4	-4.2
6000	-9.1	-17.7*	-9.4	-17.9*	-11.0	-5.4
8000	-9.1	-13.9*	-9.4	-13.9	-10.2	-7.2

C25-waarden kolom Hz	1		2		3	
	symf.harm.		blaz. & slag symf. harm.		strijkers man vrouw	
500	-1.7	-4.6*	-3.0	-4.6	-0.3	-1.9
1000	-0.9	-4.1*	-2.1	-4.0	0.0	-0.6
1500	-0.1	-4.3*	-1.2	-4.3*	0.6	1.0
2000	1.1	-5.2*	0.3	-5.1*	1.8	1.7
3000	1.8	-8.0*	0.7	-8.0*	2.7	2.3
4000	2.2	-10.7*	2.0	-10.6*	2.6	1.9
6000	-0.3	-9.0*	-0.1	-9.1*	-1.9	2.4
8000	1.1	-3.6*	1.5	-3.6	0.2	1.9

* significant slechter (Mann-Whitney U-toets, tweezijdig) bij vergelijking tussen symfonie orkest en harmonie orkest (kolom 1); tussen mannelijke blazers en slagwerkers van resp. symfonie orkest en harmonie orkest (kolom 2); tussen mannelijke en vrouwelijke strijkers (kolom 3).

De gemiddelde C50- en C25-waarden per meetfrequentie van het symfonie orkest (n = 127) en het harmonie orkest (n = 41) zijn vergeleken met behulp van de Mann-Whitney U-toets (tweezijdig). De gemiddelde C50- en C25-waarden per meetfrequentie van het harmonie orkest tonen een significant groter gehoorverlies dan die van het symfonie orkest (tabel 7.3, kolom 1).

De samenstelling van het harmonie orkest verschilt echter van die van het symfonie orkest. Het harmonie orkest bestaat uit mannen (blazers en slagwerkers). Daarom is een tweede vergelijking gemaakt met een deelpopulatie (n = 48) van het symfonie orkest, bestaande uit mannelijke blazers en slagwerkers (tabel 7.3, kolom 2). Ook hier zijn de gemiddelde C50- en C25-waarden van de gehoorverliezen van het harmonie orkest voor het merendeel groter dan die van het symfonie orkest. De gevonden verschillen kunnen niet worden verklaard door verschillen in expositieduur; deze zijn vrijwel gelijk (symfonie orkest 16 jaar, blazers en slagwerkers 18 jaar; harmonie orkest 17 jaar). Het verschil wordt naar alle waarschijnlijkheid grotendeels verklaard door het hogere geluidniveau in het harmonie orkest.

Bij de percentiellijnen van de groepsaudiogrammen ontstaat het volgende beeld.

De P50 (mediaan) van het groepsaudiogram van de C50-waarden van het symfonie orkest heeft op alle frequenties significant (mediaan toets) kleinere gehoorverliezen dan de P50 van de C50-waarden van het harmonie orkest (figuur 7.1) (zie ook bijlage hoofdstuk 7, tabel 1 en 2).

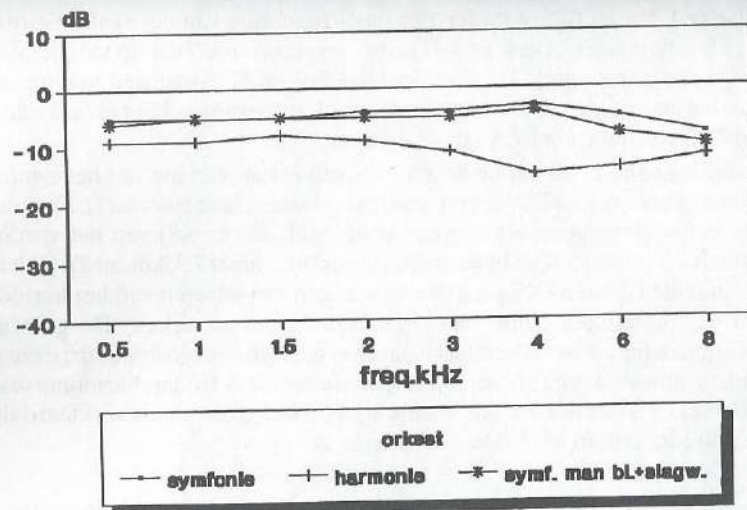
Als er geen verschil zou zijn met de HL50 van de referentiepopulatie van de ISO 7029 zouden de medianen (P50) van de C50-waarden van de drie deelpopulaties moeten samenvallen met de nullijn in het groepsaudiogram. De C50-waarden van de drie deelpopulaties hebben een P50 die 5-10 dB onder de nullijn ligt. Dit houdt in dat de deelpopulaties als groep grotere gehoorverliezen hebben dan op grond van de leeftijd verwacht mag worden.

De P25 van het groepsaudiogram van de C25-waarden van het symfonie orkest toont op alle frequenties (m.u.v. 0.5 kHz) significant kleinere gehoorverliezen dan bij het harmonie orkest (figuur 7.1).

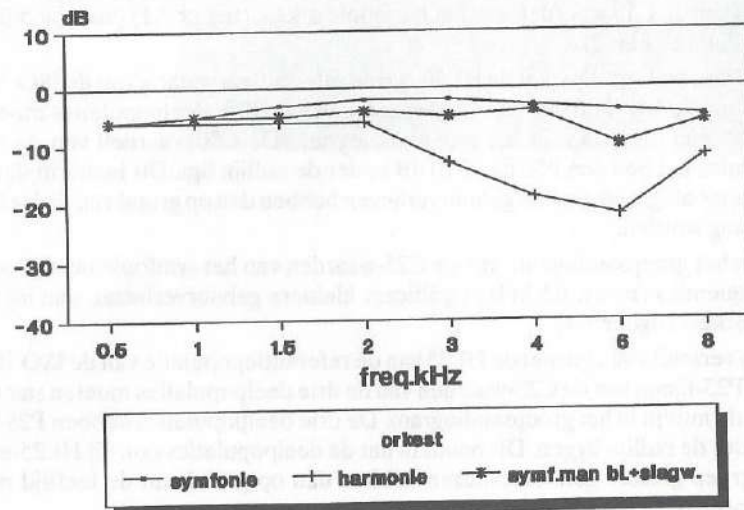
Als er geen verschil zou zijn met de HL25 van de referentiepopulatie van de ISO 7029 zouden de P25-lijnen van de C25-waarden van de drie deelpopulaties moeten samenvallen met de nullijn in het groepsaudiogram. De drie deelpopulaties hebben P25-lijnen die onder de nullijn liggen. Dit houdt in dat de deelpopulaties ook bij HL25-correctie als groep grotere gehoorverliezen hebben dan op grond van de leeftijd mag worden verwacht.

Bij vergelijking van het harmonie orkest met de deelpopulatie van het symfonie orkest, bestaande uit mannelijke blazers en slagwerkers, toont de mediaan (P50) van de C50-waarden van dit deel van het symfonie orkest slechts bij 2, 3 en 4 kHz significant kleinere gehoorverliezen dan het harmonie orkest (figuur 7.1 en bijlage hoofdstuk 7, tabel 2 en 3).

Ook de P25 van de C25-waarden bij de frequenties van 2, 3 en 4 kHz van de mannelijke blazers en slagwerkers van het symfonie orkest toont significant kleinere gehoorverliezen dan die in het harmonie orkest. Vergelijking van de populaties van blazers en slagwerkers uit beide orkesten doet het verschil tussen symfonie orkest en harmonie



P50 van C50-waarden



P25 van C25-waarden

Figuur 7.1. Groepsaudiogrammen symfonie orkest (totaal, $n = 127$), harmonie orkest ($n = 41$) en mannelijke blazers en slagwerkers ($n = 48$) van het symfonie orkest. P50 van C50-waarden, P25 van C25-waarden (naar tabel 1, 2 en 3, bijlage hoofdstuk 7).

orkest in figuur 7.1 nauwelijks verminderen. Als groep blijft het harmonie orkest een groter gehoorverlies hebben.

Vergelijking van gemiddelde C50- en C25-waarden (tabel 7.3) van symfonie orkest en harmonie orkest, resp. van blazers en slagwerkers van beide orkesten geeft andere verschillen tussen de groepsaudiogrammen dan gebruik van medianen van C50-waarden en C25-waarden (figuur 7.1 en bijlage hoofdstuk 7, tabel 1, 2 en 3). Gesteld wordt dat gebruik van gemiddelde audiogramwaarden methodologisch niet de voorkeur verdient. Gebruik ervan leidt tot onjuiste informatie. Gebruik van percentiellijnen heeft de voorkeur.

7.2.2. De invloed van het geslacht

De invloed van het geslacht zal uitsluitend bij het symfonie orkest beschreven worden. De mannelijke populatie van het symfonie orkest bestaat uit strijkers, blazers en slagwerkers. De groep vrouwelijke musici ($n = 29$) bestaat grotendeels uit strijkers ($n = 25$). Uit hoofdstuk 4 is gebleken dat strijkers en blazers qua geluidbelasting verschillen. Het is derhalve juist de invloed van het geslacht binnen dezelfde instrumentgroep te onderzoeken.

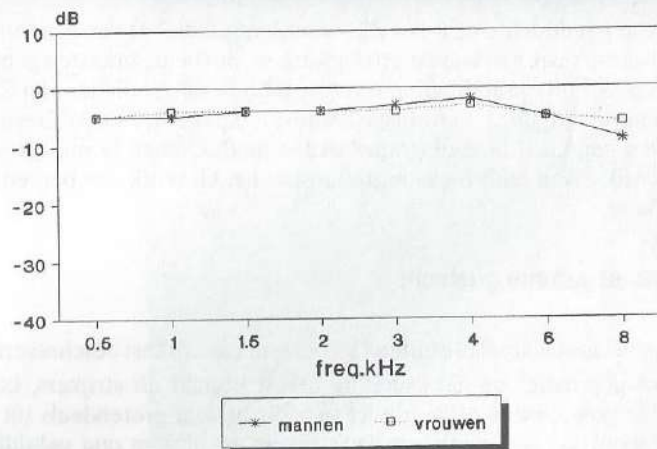
Aan het geslacht blijken echter een aantal andere variabelen te zijn verbonden. De gemiddelde leeftijd van de mannelijke strijkers is hoger dan van de vrouwelijke strijkers (resp. 38 en 34 jaar). Het gemiddelde aantal expositiejaren is bij de mannelijke strijkers hoger dan bij de vrouwelijke strijkers (resp. 16 en 12 jaar). De expositiemaat Niveau maal Duur is bij de mannelijke strijkers gemiddeld 35 en bij de vrouwelijke strijkers gemiddeld 24. De gemiddelde Equal Energy waarde is voor beide groepen evenwel vrijwel gelijk (mannen 107, vrouwen 105). Hetzelfde geldt voor de gemiddelde expositieniveaus (beiden 92 dB(A)).

Indien mannelijke strijkers en vrouwelijke strijkers van het symfonie orkest worden vergeleken, dan blijkt dat er vrijwel geen verschil is ($p = 0.93$) tussen de percentages negatieve C50-waarden bij 4 kHz bij mannelijke en vrouwelijke strijkers (tabel 7.4). Het percentage negatieve C25-waarden bij 4 kHz is bij de mannelijke strijkers hoger (32 % tegen 16 %), maar dit verschil is niet significant ($p = 0.23$).

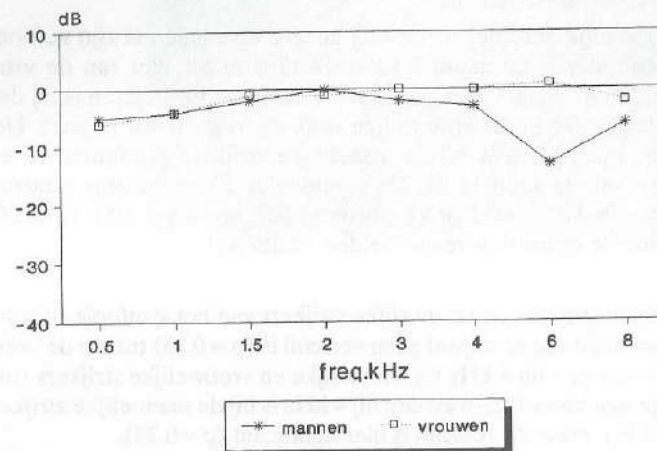
Tabel 7.4.

Percentages (%) en aantallen (#) musici met negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz bij mannelijke ($n = 50$) en vrouwelijke ($n = 25$) strijkers van het symfonie orkest.

symfonie orkest strijkers		negatieve C50-waarde				negatieve C25-waarde			
		ja		neen		ja		neen	
	n	%	#	%	#	%	#	%	#
mannen	50	56	28	44	22	32	16	68	34
vrouwen	25	60	15	40	10	16	4	84	21



P50 van C50-waarden



P25 van C25-waarden

Figuur 7.2.
Groepsaudiogrammen strijkers mannen (n = 50) en vrouwen (n = 25).
P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Symfonie orkest (naar bijlage hoofdstuk 7, tabel 6 en 7).

Vergelijking van de medianen van de C50-waarden van mannelijke en vrouwelijke strijkers (figuur 7.2 en bijlage hoofdstuk 7, tabel 6 en 7) laat zien dat er nauwelijks een verschil bestaat.

De P25-lijnen van de groepsaudiogrammen van de C25-waarden van mannelijke en vrouwelijke strijkers geven een enigszins afwijkend beeld te zien. De mannelijke strijkers hebben ten opzichte van de referentiepopulatie een significant groter gehoorverlies bij 6 kHz dan op grond van de leeftijd mag worden verwacht.

Al eerder is opgemerkt dat de mannelijke strijkers een langere gemiddelde expositieduur (16 jaar) dan de vrouwelijke strijkers (12 jaar) hebben. Stratificatie naar expositieduur (tabel 7.5) toont aan dat er vrijwel geen verschil is tussen de percentages mannelijke en vrouwelijke strijkers met een gehoorafwijking per stratum. De geringe aantallen laten echter geen definitieve conclusies toe.

Tabel 7.5.

Percentages (%) en aantallen (#) musici met negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz bij mannelijke (n = 50) en vrouwelijke (n = 25) strijkers per expositieduurklasse van resp. 0-19 jaar en 20-45 jaar.

exp.duur	man	vr.	negatieve C50-waarde		negatieve C25-waarde	
			man	vrouw	man	vrouw
	n	n	%	#	%	#
0-19 jaar	30	20	60	18	60	12
20-45 jaar	20	5	50	10	60	3
			%	#	%	#
			27	8	20	6
			40	8	40	2

Geconcludeerd wordt dat alleen bij HL25-correctie bij 6 kHz een gering verschil optreedt tussen mannelijke en vrouwelijke strijkers. De analyses suggereren evenwel een invloed van de langere expositieduur bij de mannen. Er zijn geen aanwijzingen dat dit verschil aan het geslacht is toe te schrijven.

Gezien het ontbreken van aantoonbare invloed van het geslacht binnen de onderzoekspopulatie zullen, daar waar het totale symfonie orkest met het totale harmonie orkest wordt vergeleken, en mannen en vrouwen van het symfonie orkest gecombineerd worden tot één populatie.

7.2.3. De expositiematen

In deze paragraaf worden analyses gepresenteerd met als expositiematen:

1. geluidniveau op representatieve werkdag c.q. werkjaar (LEX)
2. expositieduur (in jaren)
3. EE (LEX + 3.7 + 10*log expositieduur in jaren)
4. N*D (expositieniveau maal expositieduur)

De expositiematen zijn elk in klassen ingedeeld. De aantallen musici per klasse en de percentages negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz zijn weergegeven in tabel 7.6. Bij de expositiemaat geluidniveau is in de geluidniveauklasse ≤ 90 dB(A) de gemiddelde expositieduur 18.6 jaar, in de geluidniveauklasse 91-94 dB(A) 14.6 jaar, in de geluidniveauklasse 95-99 dB(A) 16.3 jaar en in de geluidniveauklasse ≥ 100 dB(A) (het harmonie orkest) 17.1 jaar. Derhalve geldt dat de gemiddelde expositieduur tussen de geluidniveauklassen niet sterk varieert.

Bij de expositiemaat expositieduur bij het symfonie orkest is in de expositieduurklasse 0-9 jaar het gemiddelde geluidniveau (LEX) 93.6 dB(A), in de klasse 10-19 jaar 92.2 dB(A), in de klasse 20-29 jaar 93.2 dB(A) en in de klasse 30-45 jaar 94.1 dB(A). Derhalve geldt dat bij het symfonie orkest het gemiddelde geluidniveau voor alle expositieduurklassen evenmin sterk varieert. Bij het harmonie orkest is voor alle musici het gemiddelde geluidniveau gelijk, namelijk 104 dB(A) (LEX).

Tabel 7.6.

Percentages (%) en aantallen (#) musici met negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz van symfonie orkest en harmonie orkest.

Indeling per klassen van geluidniveau, N*D, Equal Energy, en expositieduur in jaren.

expositiemaat	symfonie orkest						harmonie orkest					
	negatieve C-waarden						negatieve C-waarden					
	C50			C25			C50			C25		
geluidniveau	n	%	#	%	#		n	%	#	%	#	
≤ 90 dB(A)	11	55	6	18	2		-	-	-	-	-	
91 - 94 dB(A)	68	55	37	18	12		-	-	-	-	-	
95 - 99 dB(A)	48	71	34	52	25		-	-	-	-	-	
≥ 100 dB(A)	-	-	-	-	-		41	95	39	73	30	
N*D												
≤ 15	44	66	29	23	10		2	100	2	0	0	
16 - 35	32	69	22	34	11		9	100	9	89	8	
36 - 66	32	47	15	28	9		8	100	8	88	7	
67 - 104	16	56	9	50	8		18	89	16	67	12	
≥ 105	3	67	2	33	1		4	100	4	75	3	
Equal Energy												
< 100	8	88	7	13	1		-	-	-	-	-	
100 - 104	34	59	20	21	7		-	-	-	-	-	
105 - 109	46	57	26	28	13		1	100	1	0	0	
110 - 114	30	70	21	53	16		2	100	2	50	1	
115 - 119	8	38	3	25	2		16	100	16	88	14	
120 - 125	-	-	-	-	-		22	91	20	68	15	
expositieduur												
0 - 9 jaar	56	70	39	29	16		12	100	12	75	9	
10 - 19 jaar	26	62	16	27	7		12	100	12	92	11	
20 - 29 jaar	26	50	13	35	9		13	85	11	54	7	
30 - 45 jaar	19	47	9	37	7		4	100	4	75	3	

Bij toename van het **geluidniveau** in het symfonie orkest is een significante toename aantoonbaar in de percentages negatieve C50- en C25-waarden (Kendall's tau-b resp. $p < 0.05$ en $p < 0.0001$). Merk op dat de niveauklasse ≥ 100 dB(A) alleen het harmonie orkest betreft.

De expositiemaat **Niveau maal Duur (N*D)** legt vooral de nadruk op de duur van de expositie (zie 6.1.6, Expositiematen). Bij geen van beide orkesten is er een significante toe- of afname van de percentages negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz bij toename van de N*D.

De expositiemaat **Equal Energy (EE)** legt in tegenstelling tot de N*D meer de nadruk op het geluidniveau. Bij geen van beide orkesten is er een significante toe- of afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz bij toename van de EE.

Bij HL25-correctie is bij het symfonie orkest sprake van een significante toename ($p < 0.01$) van het percentage negatieve C25-waarden bij toename van de EE. Bij het harmonie orkest is geen significante relatie aantoonbaar.

Bij de **expositieduur** is bij het symfonie orkest een significante afname ($p < 0.05$) van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz met het toenemen van de expositieduur. Bij HL25-correctie is er geen significante daling van het percentage negatieve C25-waarden met het toenemen van de expositieduur.

Bij het harmonie orkest is geen sprake van een significante toe- of afname.

Tabel 7.7 geeft de stratificatie van klassen expositieniveau naar klassen expositieduur. De expositieniveauklasse ≥ 100 dB(A) betreft uitsluitend het harmonie orkest.

Zoals reeds eerder is opgemerkt is het gemiddelde niveau in de expositieduurklassen vergelijkbaar. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde expositieduur in de geluidniveau-klassen.

Tabel 7.7 kan in twee richtingen gelezen worden: per klasse expositieduur met toenemend geluidniveau of per klasse geluidniveau met toenemende expositieduur. De toename van de percentages negatieve C50- en C25-waarden bij toename van het geluidniveau is in alle klassen expositieduur significant ($p < 0.05$), met uitzondering van de hoogste klasse expositieduur bij HL25-correctie ($p = 0.13$).

Per klasse geluidniveau is geen significante relatie aantoonbaar tussen expositieduur en percentages negatieve C50- resp. C25-waarden.

Tabel 7.7.

Percentages (%) en aantallen (#) musici met negatieve C50-en C25-waarden bij 4 kHz van symfonie orkest en harmonie orkest bij klasse expositieniveau naar klasse expositieduur.

(n) aantal musici per klasse.

negatieve C50-waarden												
niveau	symfonie orkest									harmonie orkest		
	≤ 90 dB(A)			91-94 dB(A)			95-99 dB(A)			≥ 100 dB(A)		
duur	n	%	#	n	%	#	n	%	#	n	%	#
0-9 jr.	4	100	4	31	61	19	21	76	16	12	100	12
10-19	3	66	2	14	50	7	9	78	7	12	100	12
20-29	1	0	0	17	41	7	8	75	6	13	85	11
30-45	3	0	0	6	67	4	10	50	5	4	100	4

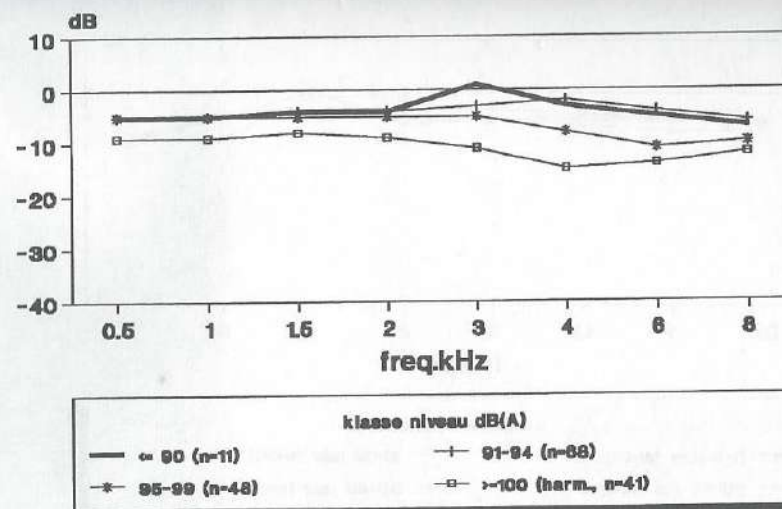
negatieve C25-waarden												
niveau	≤ 90 dB(A)			91-94 dB(A)			95-99 dB(A)			≥ 100 dB(A)		
	neg.C25			neg.C25			neg.C25			neg.C25		
duur	n	%	#	n	%	#	n	%	#	n	%	#
0-9 jr.	4	25	1	31	16	5	21	48	10	12	75	9
10-19	3	33	1	14	7	1	9	56	5	12	92	11
20-29	1	0	0	17	18	3	8	75	6	13	54	7
30-45	3	0	0	6	50	3	10	40	4	4	75	3

De groepsaudiogrammen van het symfonie orkest en het harmonie orkest zijn te beschouwen als een aanvulling van het geconstateerde in tabel 7.6.

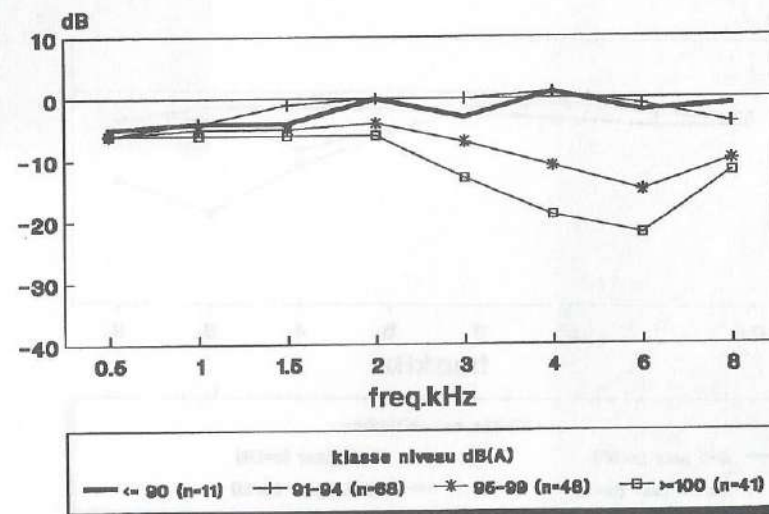
Bij de groepsaudiogrammen van de C50-waarden van resp. de klassen expositiematen geluidniveau, N*D, EE en expositieduur worden de medianen (P50) van iedere klasse gegeven. Bij de groepsaudiogrammen van de C25-waarden worden de P25-lijnen gegeven. Dit is gedaan omdat bij resp. HL50- en HL25-correctie, indien er geen verschil zou zijn ten opzichte van de referentiepopulatie, de groepsaudiogrammen op de nullijn zouden liggen. Indien de groepsaudiogrammen onder de nullijn liggen, wil dit zeggen dat de desbetreffende groep een groter gehoorverlies heeft dan ten opzichte van de referentiepopulatie mag worden verwacht.

De relatie tussen expositiemaat (in klassen) en mate van gehoorverlies (C50- resp. C25-waarde) is per frequentie getoetst door middel van Kendall's tau-b.

Alleen bij het geluidniveau zijn symfonie orkest en harmonie orkest tesamen gepresenteerd. Bij de overige expositiematen zijn vanwege het sterk verschillende geluidniveau tussen symfonie orkest en harmonie orkest de groepsaudiogrammen voor beide orkesten afzonderlijk gepresenteerd.

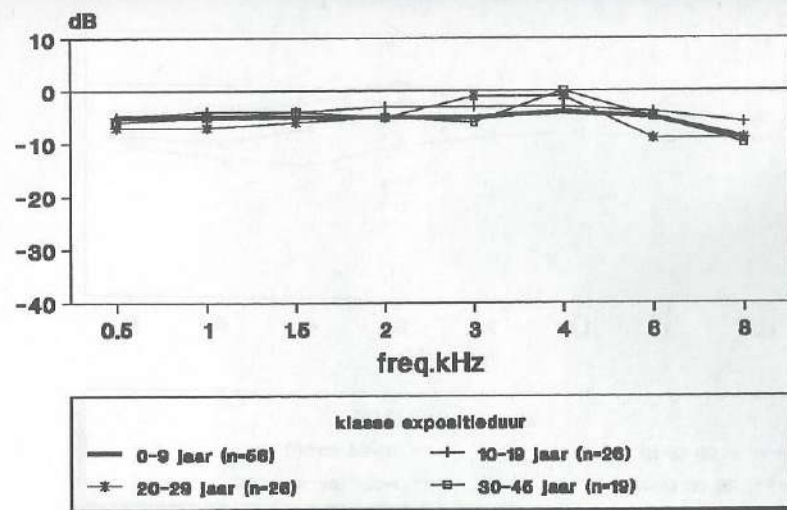


P50 van C50-waarden

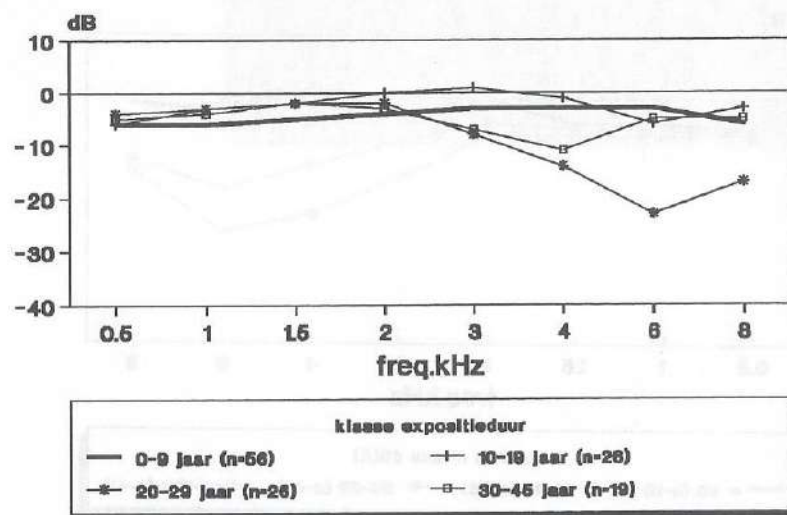


P25 van C25-waarden

Figuur 7.3.
Audiogrammen per geluidniveau klasse. P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden.
Symfonie orkest en harmonie orkest (geluidniveauklasse ≥ 100 dB(A)).



P50 van C50-waarden



P25 van C25-waarden

Figuur 7.4.
Audigrammen per klasse expositieduur. P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Symfonie orkest.

Figuur 7.3 geeft per klasse **geluidniveau** de groepsaudiogrammen van het symfonie orkest en het harmonie orkest. Het beeld komt overeen met dat van tabel 7.6: bij zowel de C50- als de C25-waarden in de klassen geluidniveau ≤ 90 dB(A) en 91-94 dB(A) is weinig verschil met de referentiepopulatie te constateren, daarna is bij toename van het geluidniveau een toename van de gehoorverlies te zien. De relatie tussen toename van geluidniveau en toename van gehoorverlies is bij alle frequenties van zowel C50- als C25-waarden significant ($p < 0.05$; bijlage hoofdstuk 7, tabel 8).

Bij de expositiemaat **N*D** hebben alleen bij het symfonie orkest de C25-waarden bij 4 en 8 kHz een significante relatie ($p < 0.001$) met de toename van N*D (bijlage hoofdstuk 7, figuur 1). Bij het harmonie orkest is er geen relatie aantoonbaar tussen N*D en gehoorverlies (bijlage hoofdstuk 7, figuur 2).

De expositiemaat **EE** heeft bij beide orkesten geen significante relatie met de mate van gehoorverlies (bijlage hoofdstuk 7, figuur 3 en 4).

De expositiemaat klasse **expositieduur** (figuur 7.4) heeft bij het symfonie orkest voor de C50-waarden geen significante relatie met de mate van gehoorverlies per frequentie (bijlage hoofdstuk 7, tabel 9). De medianen van de C50-waarden zijn vrijwel gelijk. De C25-waarden vertonen bij de frequenties van 2 kHz en hoger een relatie ($p < 0.05$) met de expositieduur (meer gehoorverlies bij langere expositieduur).

Bij het harmonie orkest (bijlage hoofdstuk 7, figuur 5, tabel 9) is er echter bij 2 kHz en hogere frequenties juist géén significante relatie aantoonbaar tussen gehoorverlies en expositieduur.

7.2.4. Discussie m.b.t. de resultaten

Bij de expositiemaat **geluidniveau** is bij beide orkesten zowel bij de percentages negatieve C-waarden bij 4 kHz (tabel 7.6 en 7.7) als de groepsaudiogrammen (figuur 7.3) een relatie gevonden tussen geluidniveau en gehoorverlies.

Bij analyse van de gevolgen van de expositieduur treedt met name bij het symfonie orkest een ander beeld op.

Bij het symfonie orkest is bij toename van de expositieduur een afname gevonden van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz, bij de C25-waarden is er een kleine, maar niet significante toename. Bij HL50-correctie hebben steeds minder musici van het symfonie orkest bij toename van de expositieduur een negatieve C50-waarde bij 4 kHz, maar dat deel dat wel een negatieve C50-waarde heeft, heeft in toenemende mate ook een negatieve C25-waarde bij 4 kHz. Er is dus een groep die ten opzichte van de presbycusis "minder gehoorverlies" krijgt, en een groep waarbij de gehoorbeschadiging zich voortzet, en steeds grotere gehoorverlies krijgt. De eerste groep representeert blijkbaar dat deel dat weinig gevoelig is voor de gehoorbeschadigende invloed van geluid, de tweede groep representeert vermoedelijk het deel dat meer gevoelig is voor de gehoorbeschadigende invloed van geluid. Dit sluit aan bij het bekende feit dat er grote verschillen bestaan in gevoeligheid tussen individuen voor gehoorverlies door geluid.

De groepsaudiogrammen van de C50- en C25-waarden per klasse expositieduur (figuur 7.4 en bijlage hoofdstuk 7, tabel 9) verduidelijken het voorafgaande. De medianen van de C50-waarden vertonen geen relatie met de expositieduur en uit figuur 7.4 blijkt dat de onderlinge positie van de medianen van de C50-waarden weinig verschilt. Uit tabel 7.6 is reeds gebleken dat bij toename van de expositieduur het deel dat bij HL50-correctie alsnog een negatieve C50-waarde bij 4 kHz heeft, in toenemende mate eveneens een negatieve C25-waarde bij 4 kHz heeft. Dit wordt bevestigd door figuur 7.4, waarin blijkt dat er een significante relatie bestaat tussen de expositieduur en de mate van gehoorverlies van de P25 van de C25-waarden, hoewel uit de figuur de indruk kan ontstaan dat dit uitsluitend bij 4 kHz het geval is.

De ogenschijnlijke tegenstelling tussen de gevolgen van de expositieduur in tabel 7.6 en figuur 7.4 kan door een aantal factoren verklaard worden.

De eerste verklaring is het verschil in methoden. De definitie van een negatieve C-waarde bij 4 kHz als audiogramafwijking heeft een dichotoom karakter en geeft alleen de fractie met een negatieve C-waarde, maar niet de mate van gehoorverlies. Het groepsaudiogram zegt daarentegen wel iets over de mate van gehoorverlies aan en dan blijkt dat er toch een groep is die bij toename van de expositieduur een toename van gehoorverlies heeft. Echter, de groepsaudiogrammen geven slechts informatie over de ligging van de medianen van de C50-waarden en de P25-lijnen van de C25-waarden. Extreme waarden worden in het groepsaudiogram niet aangegeven. Wordt nu per frequentie de relatie onderzocht tussen expositieduur en C50- resp. C25-waarden met behulp van de Kendall's tau-b, dan geeft dit wel informatie over de extreme waarden, omdat deze in de Kendall's tau-b veel gewicht krijgen.

Een tweede verklaring is het mogelijk optreden van uitstroomelectie. Musici met een groter gehoorverlies zullen op den duur het orkest wegens een invaliderende gehoorafwijking moeten verlaten. Zodoende komen in de hogere klassen expositieduur de grootste gehoorverliezen niet meer voor en daalt het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz bij toename van de expositieduur. De (significante) toename van de mate van gehoorverlies van de C25-waarden in het groepsaudiogram bij toename van de expositieduur is hiermee ogenschijnlijk in tegenspraak, maar in hoofdstuk 8 zal blijken dat deze toename voornamelijk optreedt bij de groep die minder afhankelijk is van een goed gehoor, de strijkers. In de totale orkestpopulatie van het symfonie orkest zijn de strijkers in de meerderheid en wordt het effect van de mogelijke uitstroomelectie bij de C25-waarden hierdoor gedeeltelijk gemaskeerd.

Een derde verklaring is het mogelijk optreden van interindividuele gevoeligheidsverschillen. Een **hypothese** voor de afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz bij toename van de expositie duur is de volgende.

Zoals eerder is gesteld is de HL50-correctie een tamelijk grove methode, 50 % van de referentiepopulatie heeft dan immers ook een "gehoorafwijking". De invloed van lawaai op het audiogram is met name de eerste 10-20 jaren van de expositie merkbaar (Corso 1980, Passchier-Vermeer et al 1988). De overschrijding van de nullijn bij HL50-correctie (en dus het hebben van een audiogramafwijking) zal de eerste 10 à 20 jaar gedurende die expositieperiode geschieden. De afwijking zal zich daarna

voornamelijk in de breedte uitbreiden (Glorig 1962, Passchier-Vermeer 1972). Daarna kan de presbycusis een niet te grote overschrijding van de nullijn (de "lawaaidip") inhalen en neemt dan de lawaaidip als het ware in zich op. Bij HL50-correctie is er dan geen sprake meer van een afwijkend audiogram.

Voor die personen in het symfonie orkest die een ernstiger gehoorverlies hebben zal de beschadiging ook bij HL25-correctie zichtbaar zijn. Kennelijk zijn dit de personen die gevoeliger zijn voor de beschadigende werking van de expositie. Met het stijgen van de expositieduur zet zich dan ook de gehoorbeschadiging voort, samen met de presbycusis. Dit is het bekende beeld van de veronderstelde summatie van lawaai-beschadiging en presbycusis en is in overeenstemming met de bevindingen van Ostri et al (1989) in een onderzoek bij 95 musici van een symfonie orkest. Longitudinaal onderzoek is echter nodig om deze hypothese te toetsen.

Resumerend wordt gesteld dat de toename van het geluidniveau een toename van de gehoorafwijkingen toont, maar dat bij de expositieduur waarschijnlijk een vertekend effect van een uitstroomelectie zichtbaar wordt, mede als gevolg van interindividuele gevoeligheidsverschillen. Deze uitstroomelectie is afhankelijk van de functie-eisen van de instrumentgroep. In hoofdstuk 8 (De invloed van het instrument en de plaats van het orkest) zal de complexe interactie van deze factoren nader besproken worden.

7.3. Het systematische meetverschil

7.3.1. Inleiding

De groepsaudiogrammen van symfonie orkest, harmonie orkest en van de mannelijke blazers en slagwerkers van het symfonie orkest verschillen na resp. HL50- en HL25-correctie niet alleen bij 4 kHz van de referentiepopulatie, maar ook bij 0.5, 1, 1.5 en 2 kHz (zie figuur 7.1). Bij HL50-correctie betreft dit bij de frequenties van 0.5 - 2 kHz voor het symfonie orkest ongeveer 5 dB, voor het harmonie orkest ongeveer 10 dB verlies ten opzichte van de nullijn. Bij HL25-correctie is bij beide populaties sprake van een verlies van ongeveer 8 dB ten opzichte van de nullijn bij de frequenties 0.5 - 2 kHz. Ook bij een deel van de overige groepsaudiogrammen is dit het geval.

De gangbare opvatting is dat gehoorverlies door lawaai-expositie met name in de hoge frequenties merkbaar is. Verslechtering van het audiogram in de lage frequenties zou op onbetrouwbaarheid van audiometrische bepalingen in de lagere frequenties kunnen wijzen. Uit de literatuur (Passchier-Vermeer et al 1988) komen echter geen aanwijzingen voor een bijzondere onbetrouwbaarheid van meetresultaten bij lage frequenties. Een negatieve score, zelfs na presbycusiscorrectie, in het lage frequentiegebied kan derhalve op een mogelijk systematisch meetverschil ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029 wijzen. Deze referentiepopulatie heeft namelijk een verdeling van audiogramwaarden per frequentie, die wel op de 0 dB-lijn of zelfs hoger liggen (beter horen dan 0 dB). Indien er werkelijk sprake is van een systematisch meetverschil in die zin dat in de lage frequenties een groter gehoorverlies wordt gemeten dan met de apparatuur en de methoden zoals bij de ISO 7029

gebruikt zijn, zou dit een overschatting van het effect van orkestgeluid op het gehoor betekenen. Dit zou dan overigens ook gelden voor de frequenties boven de 2 kHz.

Binnen de onderlinge vergelijkingen van subpopulaties van de onderzoekspopulatie heeft het hier te bediscussieren meetverschil geen invloed; het meetverschil betreft immers de gehele onderzoekspopulatie.

Verklaringen voor het optreden van het systematische verschil in audiometrische bevindingen tussen de in dit onderzoek onderzochte orkestpopulatie en de in de ISO 7029 vermelde onderzoeksresultaten kunnen zijn:

- verschil in drempelwaarde bij audiometrie onder de nullijn
- verschillende audiometrie procedures
- verschillen in geluidexpositie
- socioculus en nosocus; verschillen tussen onderzoeks- en referentiepopulatie.
- drempelwaardekeuze en andere verdeling van de scores
- leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie.

Achtereenvolgens zullen deze mogelijke verklaringen behandeld worden.

7.3.2. Verschil in drempelwaarde bij audiometrie

Bij de onderzoeken zoals die vermeld zijn in de ISO 7029 is geaudiometreerd met drempelwaarden die hoger liggen dan 0 dB. De procentuele verdeling van de meetwaarden van de ISO 7029 toont aan dat men beter kan horen dan 0 dB.

In de bedrijfsgezondheidszorg wordt vaak een audiometrie procedure aangetroffen waarbij men omwille van snelheid en efficiëntie een drempelwaarde instelt bij een gehoorverlies van 10 of 15 dB.

Zowel bij het symfonie orkest als het harmonie orkest is evenwel volgens hetzelfde audiometrie protocol van de continue audiometrie geaudiometreerd bij een drempelwaarde van 0 dB met dezelfde apparatuur (Peekel D77). Tabel 7.8 toont de verdeling van de ongecorrigeerde audiogramwaarden bij het symfonie orkest en het harmonie orkest voor de frequenties van 0.5 - 2 kHz. Bij het symfonie orkest ligt de piek (33 %) van de procentuele verdeling van de niet voor presbycusis gecorrigeerde gehoorverliezen tussen 0.5 en 1.5 kHz bij 0 dB. Doordat gedrempeld is bij 0 dB zal bij 0 dB een clustering van de verdeling optreden, die bij een drempeling van "beter dan 0 dB horen", zoals in de ISO 7029, zich meer naar links zou uitstrekken.

Audiometrie met een drempelwaarde van een groter verlies dan 0 dB kan derhalve geen verklaring vormen voor het optreden van een systematisch meetverschil bij het symfonie orkest.

Bij het harmonie orkest ligt de piek van de verdeling van de ongecorrigeerde gehoorverliezen tussen 0.5 en 2 kHz bij 10 dB verlies. Ondanks het feit dat volgens hetzelfde protocol is geaudiometreerd en bij 0 dB is gedrempeld is geen enkele maal 0 dB verlies gemeten. Wel zijn de musici van het harmonie orkest door een andere audiometrist geaudiometreerd. Uit eerder onderzoek (Passchier-Vermeer en van den Eijk 1972) met betrekking tot de reproduceerbaarheid der continue audiometrie is gebleken dat

een gehoordrempel gemiddeld door verschillende audiometristen, op gelijke wijze geïnstrueerd en met gebruik van hetzelfde protocol, op ongeveer hetzelfde niveau wordt gemeten.

Tabel 7.8.

Verdeling van de ongecorrigeerde audiogramwaarden van symfonie orkest (n = 127) en harmonie orkest (n = 41) over de frequenties 0.5 - 2 kHz.

symfonie orkest								
freq.	0 dB		5 dB		10 dB		≥ 15 dB	
	%	#	%	#	%	#	%	#
0.5 kHz	33	42	24	31	25	32	18	22
1 kHz	33	42	27	34	26	33	14	18
1.5 kHz	30	38	27	41	27	34	11	14
2 kHz	29	37	39	49	20	25	12	16

harmonie orkest								
freq.	0 dB		5 dB		10 dB		≥ 15 dB	
	%	#	%	#	%	#	%	#
0.5 kHz	-	-	22	9	71	29	7	3
1 kHz	-	-	22	9	71	29	7	3
1.5 kHz	-	-	22	9	66	27	12	5
2 kHz	-	-	17	7	63	26	20	8

7.3.3. Verschillende audiometrie procedures

Zoals in hoofdstuk 6 (Onderzoeksmethoden en populatie, 6.1.2. Audiometrie) reeds is uiteengezet zijn de orkestpopulaties geaudiometreerd met behulp van de Peekel D77 handbediende continue audiometer en volgens de continue methode. De apparatuur werd regelmatig geijkt volgens de richtlijnen van de fabrikant en volgens ISO 6189. De audiometreerruimten voldeden aan de eisen met betrekking tot de limieten voor toelaatbare achtergrondniveaus in audiometreerruimten (ISO 389).

De ISO 7029 verwijst met betrekking tot de gevolgde audiometrie procedure naar de ISO 6189 (1983). Deze procedure gaat uit van audiometrie bij vaste frequenties.

De onderzoekspopulatie uit dit onderzoek is echter geaudiometreerd volgens de continue methode, zoals in Nederland gebruikelijk is. Dit kan verschillende resultaten opleveren. Uit eerder onderzoek (Passchier-Vermeer en Dijkers 1979) is evenwel gebleken dat continue audiometrie en audiometrie bij vaste frequenties bij handbediende audiometers resultaten opleveren die onderling gelijk zijn. Een recent onderzoek (Passchier-Vermeer et al 1990) naar de verschillen van de meetuitkomsten tussen de handbediende continue audiometrie met de Peekel D77 bij

bedrijfsgezondheidsdiensten en Madsen audiometers (automaat) bij o.a. audiologische centra bij vaste frequenties, toonde echter aan dat er wel meetverschillen optreden. Deze bevindingen zijn voor dit onderzoek evenwel van beperkte waarde, omdat bij de ISO 7029 sprake is van andere apparaten, een ander protocol en een niet-geautomatiseerde methode.

In een onderzoek naar gehoorschade bij orkestmusici (Ostri et al 1989) wordt in het groepsaudiogram van de onderzoekspopulatie eveneens een mediaan gehoorverlies gevonden van 5 dB tussen 0.25 en 2 kHz. Deze populatie van 95 musici van een symfonie orkest is manueel geaudiometreerd volgens de methode van vaste frequenties.

Het systematisch meetverschil in de lage frequenties kan derhalve vermoedelijk niet verklaard worden door een verschil in audiometrie-procedures.

7.3.4. De invloed van expositie aan geluid.

Reeds na 1.5 jaar expositie aan geluid van 90 dB(A) of meer neemt de gehoorschade significant toe bij alle frequenties, behalve bij 0.5 kHz (Passchier-Vermeer et al 1988). Uit een onderzoek van Passchier-Vermeer (1972) blijkt dat na 10 jaar expositie aan geluid met een NR 95 (Noise Rating 0.5 - 2 kHz van 95, dit komt overeen met ongeveer 100 dB(A)), 50 % van de onderzoekspopulatie bij 0.5 kHz een verlies van 4 - 5 dB heeft, bij 1 kHz een verlies van 7 dB en bij 2 kHz een verlies van 10 dB heeft. Bij expositie aan NR 95 gedurende 10 jaar blijkt dat de gehoorbeschadiging bij 4 kHz nauwelijks verder toeneemt bij voortgezette expositie, maar zich wel uitbreidt naar de lagere frequenties.

In de populatie van het symfonie orkest heeft 56 % een expositieduur van 10 jaar of meer aan orkestgeluid, derhalve heeft de P50 van deze populatie reeds een kans op verliezen in de lage frequenties. Feitelijk is deze kans voor de populatie van het symfonie orkest iets kleiner dan bovenvermeld, want de geluidexpositie ligt onder de 100 dB(A).

In de populatie van het harmonie orkest heeft 73 % een expositieduur van 10 jaar of meer aan orkestgeluid, derhalve heeft de P50 van deze populatie van het harmonie orkest waarschijnlijk genoemde verliezen in de lage frequenties. Gezien het feit dat de geluidexpositie in het harmonie orkest 104 dB(A) is, kan het effect zelfs groter zijn dan hierboven beschreven.

In een recent onderzoek (Van Hees 1989) wordt aannemelijk gemaakt dat bij conservatoriumstudenten in de leeftijd van 14 - 22 jaar, expositie aan muziek door middel van een walkman een verslechtering van het audiogram teweeg bracht ten opzichte van de niet-geëxponeerde populatie van conservatoriumstudenten. Dit verschil was ook in de lage frequenties waarneembaar.

Geconcludeerd mag worden dat expositie aan geluid boven een zeker niveau na een zekere tijd een mogelijke verklaring is voor het optreden van een systematisch meetverschil in de lage frequenties.

7.3.5. Socioculus en nosoculus

De referentiepopulatie ISO 7029 wordt gevormd door personen waarbij uitsluitend de veroudering van invloed is geweest op het gehoor. Andere factoren zoals lawaai-expositie, middenoorontstekingen, andere relevante infecties, ototoxische farmaca, neurologische pathologie, zijn afwezig. Aan deze referentiepopulatie wordt doorgaans gerefereerd als database A.

De bovenvermelde factoren worden over het algemeen socioculus en nosoculus genoemd.

Nosoculus wordt door Kryter (1985) een oorzaak genoemd voor het feit dat bij alle meetfrequenties bij audiometrisch onderzoek bij een algemene onderzoekspopulatie een verschuiving van gemiddeld 5 dB extra verlies optreedt. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door bovenste luchtweginfecties, trommelmviesafwijkingen, afsluitende cerumenproppen en expositie aan schadelijke geluidniveaus.

Socioculus is de audiologische tol die de moderne Westerse maatschappij betaalt voor het geluid van het dagelijks leven, waarbij vaak een mengvorm van socioculus en nosoculus (lawaai!) optreedt (Kryter 1985), naast de presbycusis.

Het is bekend dat een aantal van bovengenoemde factoren juist hun invloed doen gelden in het frequentiegebied van 0.5 - 1.5 kHz (Kryter 1985).

In de onderzoekspopulatie zijn overige oorzaken van gehoorbeschadigingen (behalve orkestgeluid) zoveel mogelijk uitgesloten (dit betrof 7 personen).

Lafon et al (1977) betrokken bij hun onderzoek naar de gevolgen van lawaai-expositie in de industrie de 0.5 en 1 kHz niet in het onderzoek vanwege het feit dat juist deze frequenties nadelig worden beïnvloed door de pathologie van het middenoor en de uitwendige gehoorgang. Ook hen ging het uiteindelijk om pathologie c.q. gehoorvermindering veroorzaakt door lawaai die in de hogere frequenties optreedt (zie ook: Lindeman en Stekelenburg 1981).

Het is niet volledig uit te sluiten dat andere aetiologische factoren dan geluidexpositie minder stringent zijn weggeselecteerd in het onderzoek bij de orkesten, in vergelijking met de referentiepopulatie van de ISO 7029. Dit vormt een mogelijke verklaring voor het optreden van het meetverschil in de lage frequenties.

7.3.6. De drempelwaarde en de verdeling van de scores

Bij de verdeling van de audiogramscores van de ISO 7029 is zichtbaar gemaakt dat men beter kan horen dan 0 dB. Dit betreft met name de percentiellijnen boven de HL50 bij mensen tot ongeveer 30 jaar. De normale verdeling van de spreiding van presbycusisgehoorverliezen betreft derhalve een gebied dat beter is dan 0 dB en gebied dat slechter is dan 0 dB. Pas bij mannen en vrouwen van 54 - 55 jaar heeft nog slechts de bovenste 25 % (de HL75) van de referentiepopulatie een gehoor dat beter is dan 0 dB in de lage frequenties van 0.5-1.5 kHz.

De audiometrie volgens de continue methode, zoals die in grote delen van de bedrijfsgezondheidszorg gangbaar is (thans verdienen volgens het Directoraat-Generaal van de Arbeid andere vormen zoals geautomatiseerde audiometrie de voorkeur

(Passchier-Vermeer et al 1988)) drempelt bij 0 dB. Dit heeft tot gevolg dat waarden beter dan 0 dB, eveneens als 0 dB gescoord worden.

Dit heeft tot gevolg dat van de te verwachten normale verdeling alle waarden die beter zijn dan 0 dB van het linker deel van de normale verdeling worden afgehaald en op de nulwaarde geconcentreerd worden. De top van de verdeling wordt derhalve hoger, met name door de toename van de modus bij de jongeren (= 0 dB) en de scheefheid van de verdeling neemt relatief toe naar rechts.

Bedacht moet worden dat de ISO 7029 met betrekking tot de audiometrie-procedures verwijst naar de ISO 6189, die audiometrie voorschrijft bij vaste frequenties, eveneens met stappen van 5 dB. Dit zou dus minder verschil met de verdeling van de meetresultaten van de onderzoekspopulatie moeten geven. De presbycusiswaarden volgens de ISO 7029 worden echter berekend volgens formules die op empirisch materiaal gebaseerd zijn; daardoor ontstaan waarden van minder dan 5 dB verschil.

Door het feit dat de continue audiometrie meet in stappen van 5 dB treedt bovendien een fenomeen op dat een systematisch meetverschil in de hand werkt. Indien men slechter dan 0 dB verlies hoort, maar beter dan 5 dB verlies, zal dit toch in de absolute audiogramscore als 5 dB verlies genoteerd worden. De eerstvolgende waarde die men na 0 dB krijgt aangeboden is immers 5 dB. Gehoorverliezen tussen 0 en 5 dB kunnen derhalve niet gescoord worden als 0 dB, hetgeen te verdedigen zou zijn met een sd van 3 - 4 dB in de lage frequenties (Passchier-Vermeer en van den Eijk 1972), maar wel als 5 dB verlies. Deze kunstmatige (door de meetprocedure veroorzaakte) verlaging van de waarden trekt als het ware de verdeling wat uit elkaar en werkt het optreden van een systematisch meetverschil in de hand.

7.3.7. De leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie

De HL50 van de mannen van de referentiepopulatie van de ISO 7029 heeft op de leeftijd van 36 jaar een verlies van -1 dB bij 0.5 kHz. Op een continu audiometer, zoals gebruikt bij het onderzoek van de orkesten, wordt een verlies van -1 dB als een verlies van -5 dB gemeten, want -1 dB is niet meetbaar bij meetstappen van 5 dB. Van het symfonie orkest is 49 % van de mannen ouder dan 36 jaar. De HL50 van de vrouwen van de referentiepopulatie van de ISO 7029 heeft eveneens op 36 jaar een verlies van -1 dB bij 0.5 kHz. Bij het symfonie orkest is 25 % van de vrouwen ouder dan 36 jaar. Van het harmonie orkest is 60 % van de mannen ouder dan 36 jaar.

Alleen al op grond van presbycusis hebben de P50 van twee van de drie genoemde groepen een kans op een verlies van -1 dB (dus -5 dB bij continu audiometrie) vanaf 0.5 kHz. Dit betekent dat er een meetfout wordt geïntroduceerd, omdat -5 dB wordt genoteerd. Derhalve werkt de leeftijdsverdeling van zowel symfonie orkest als harmonie orkest een meetverschil in de hand.

7.3.8. Conclusies met betrekking tot het meetverschil

Er blijken een aantal factoren te zijn die een meetverschil ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029 kunnen verklaren.

Verskil in drempelwaarde bij audiometrie zal in dit onderzoek hoogstens een clustering van audiogramwaarden bij 0 dB verlies geven, maar is geen verklaring voor een systematisch meetverschil. Er is immers bij 0 dB gedrempeld.

Het verschil in audiometrie-procedures is vermoedelijk niet de verklaring. De literatuur op dit gebied is evenwel niet eenduidig.

De sociocusis en nosocusis zijn in de onderzoekspopulatie zo goed mogelijk uitgesloten. Voor de nosocusis geldt dat lawaaioxpositie inherent is aan de onderzoeksvraag. Het is echter niet geheel uit te sluiten dat socio- en nosocusis-effecten een rol spelen.

De audiometrie-procedure waarbij in stappen van 5 dB wordt gemeten kan van enige invloed zijn. Verliezen van kleiner dan 5 dB worden dan als 5 dB genoteerd, hetgeen een kleine verschuiving van de verdeling naar 5 dB verlies teweeg kan brengen.

Eveneens van wezenlijke invloed kan zijn de leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie, en dit dan in combinatie met het effect van meetstappen in 5 dB, waardoor een kunstmatig gehoorverlies in het groepsaudiogram zal ontstaan. Geluidexpositie en expositieduur tenslotte, zijn inherent aan de onderzoeksvraagstelling en veroorzaken derhalve een gezocht verschil ten opzichte van de referentiepopulatie. Van een systematisch meetverschil in de zin van een systematische meetfout is dan geen sprake.

Gesteld wordt dat er een systematisch meetverschil is. Dit meetverschil lijkt met name bij 0.5 - 2 kHz aanwezig te zijn en wordt waarschijnlijk veroorzaakt door geluidexpositie en de combinatie van meetstappen van 5 dB en leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie. Deels zijn andere factoren niet geheel uit te sluiten, zoals verschillende audiometrie-procedures (hoewel de literatuur hieromtrent niet eensluidend is) en sociocusis en nosocusis. De meetverschillen ten opzichte van de ISO 7029 zijn niet van belang bij vergelijkingen van de subpopulaties onderling in dit onderzoek.

7.4. Samenvatting en conclusies

7.4.1. Samenvatting

Musici van het harmonie orkest hebben een sterk verhoogd risico met betrekking tot het voorkomen van een audiogramafwijking door werken in het harmonie orkest.

Zowel bij HL50- als bij HL25-correctie hebben zowel musici van het symfonie orkest als het harmonie orkest een hogere mate van voorkomen van een negatieve C-waarde bij 4 kHz dan op grond van de leeftijd mag worden verwacht.

Indien van beide orkestpopulaties dezelfde instrumentgroepen worden vergeleken (mannen: blazers en slagwerk) worden de verschillen kleiner, maar blijven bestaan. Dit geldt eveneens voor de vergelijking van groepsaudiogrammen.

De mogelijke invloed van het geslacht is alleen in het symfonie orkest onderzocht (het harmonie orkest bestaat uitsluitend uit mannen). Bij vergelijking van mannen en vrouwen zijn alleen de strijkers onderzocht, teneinde te corrigeren voor de invloed van de instrumentgroep.

Alleen bij HL25-correctie is bij 6 kHz een gering verschil in gehoorverlies tussen mannelijke en vrouwelijke strijkers. De analyses suggereren een invloed van de langere expositieduur bij de mannen. Er zijn geen aanwijzingen dat dit verschil aan het geslacht is toe te schrijven.

Er is een relatie tussen de toename van het **geluidniveau** en de toename van de percentages negatieve C50-en C25-waarden bij 4 kHz. Dit is eveneens het geval bij alle C-waarden in de groepsaudiogrammen.

Bij de **expositieduur** is bij het symfonie orkest een afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz met het toenemen van de expositieduur. Bij HL25-correctie is er geen duidelijke aanwijzing voor stijging of daling van het percentage negatieve C25-waarden met het toenemen van de expositieduur. De toename van de expositieduur toont bij de groepsaudiogrammen daarentegen wel een significante relatie met de toename van gehoorverlies bij de P25 lijnen van de C25-waarden van het symfonie orkest.

Bij het harmonie orkest is geen sprake van een toe- of afname.

Bij de toename van de expositieduur is er een groep die ten opzichte van de presbycusis "minder gehoorverlies" krijgt, en een groep waarbij de gehoorbeschadiging zich voortzet. De eerste groep representeert blijkbaar dat deel dat weinig gevoelig is voor de gehoorbeschadigende invloed van geluid, de tweede groep die meer gevoelig is voor de gehoorbeschadigende invloed van geluid.

De ogenschijnlijke tegenstelling bij toename van de expositieduur tussen de afname van de percentages negatieve C50-waarden bij 4 kHz en de toename van het gehoorverlies bij de C25-waarden in het groepsaudiogram kan deels verklaard worden door het dichotome karakter van de definitie van een negatieve C-waarde bij 4 kHz als audiogramafwijking en het discrete karakter van de C-waarde in de groepsaudiogrammen. Een andere oorzaak van de tegenstelling is het optreden van uitstroomselectie.

De expositiematen N*D en EE geven niet méér informatie dan de expositiematen geluidniveau en expositieduur.

Het systematische meetverschil ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029, dat bij de frequenties 0.5 - 2 kHz zichtbaar is, is vermoedelijk te verklaren door expositie aan geluid en door de leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie in combinatie met meetstappen van 5 dB. Andere factoren zijn echter niet geheel uit te sluiten, zoals verschillende audiometrie-procedures (hoewel de literatuur hieromtrent niet eensluidend is) en sociocusis en nosocusis.

In dit onderzoek worden voornamelijk subpopulaties van de onderzoekspopulatie met elkaar vergeleken. Een systematisch meetverschil ten opzichte van de ISO 7029 is daarbij niet van belang.

7.4.2. Conclusies

Over het algemeen kan gesteld worden dat musici, werkzaam in een symfonie orkest of harmonie orkest een verhoogd risico hebben op een audiogramafwijking bij 4 kHz, ten opzichte van een referentiepopulatie. Dit risico is echter niet voor alle musici hetzelfde.

Binnen de totale onderzoekspopulatie hebben de musici van het harmonie orkest een aanzienlijk groter risico dan de musici van het symfonie orkest. De gehoorverliezen bij het harmonie orkest zijn immers aanzienlijk groter dan bij het symfonie orkest.

Tussen de mannelijke en vrouwelijke strijkers is alleen bij HL25-correctie bij 6 kHz een gering verschil in gehoorverlies. Er zijn geen aanwijzingen dat dit verschil aan het geslacht is toe te schrijven. De analyses suggereren een invloed van de langere expositieduur bij de mannen.

De mate van voorkomen van audiogramafwijkingen hangt voor de totale onderzoekspopulatie samen met type orkest, instrumentgroep, geluidniveau en duur van de expositie. Daarbij blijkt het geluidniveau een grotere invloed te hebben dan de duur, mogelijk als gevolg van de transversale opzet van het onderzoek.

De expositiemaat geluidniveau geeft bij zowel HL50- als HL25-correctie bij toename van het geluidniveau een toename van het percentage afwijkende audiogrammen te zien. Bij de groepsaudiogrammen is er eveneens een relatie tussen de mate van gehoorverlies en het geluidniveau gevonden.

Bij toename van de expositieduur is bij het symfonie orkest enerzijds een groep die ten opzichte van de presbycusis "minder gehoorverlies" krijgt, anderzijds een groep die een steeds groter gehoorverlies krijgt. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door uitstroomselectie, mede als gevolg van interindividuele gevoeligheidsverschillen.

HL50-correctie geeft een minder consistent beeld dan HL25-correctie. Dit hangt samen met het feit dat HL50-correctie geen onderscheid kan maken tussen kleine en grote gehoorverliezen. HL25-correctie is daarentegen wel in staat de ernstiger gevallen aan het licht te brengen, omdat HL25-correctie als het ware de kleinere gehoorverliezen wegfiltert. Dit is echter geen reden om van HL50-correctie af te zien. Immers, HL50-correctie detecteert de beginnende gehoorverliezen, die bij HL25-correctie nog niet gedetecteerd zouden worden. Beide correcties dienen dan ook gebruikt te worden.

De 4 kHz-definitie geeft door het dichotome karakter wel de fractie afwijkende audiogrammen, maar niet de ernst en de spreiding van de afwijkende audiogrammen. De C50- en C25-waarden bij de groepsaudiogrammen geven wel de ernst en de spreiding van de afwijkende audiogrammen, maar niet de fractie afwijkende audiogrammen in de onderzoekspopulatie. Bovendien geven de C-waarden bij de groepsaudiogrammen ook informatie over andere frequenties dan 4 kHz.

De 4 kHz-definitie en de groepsaudiogrammen dienen voor een volledig beeld dan ook in combinatie gebruikt te worden.

Hoofdstuk 8

De invloed van het instrument en de plaats in het orkest

8.1. Inleiding

De plaats die een musicus in het orkest op het podium inneemt hangt in hoge mate samen met het instrument dat de musicus bespeelt. Daarnaast bepaalt het instrument dat bespeeld wordt in belangrijke mate het geluidniveau waaraan de musici in de nabijheid van het instrument zijn blootgesteld. De plaatsen van de musici in samenhang met de door hen bespeelde instrumenten en de daarbij behorende geluidniveaus zijn beschreven in hoofdstuk 4, Geluidexpositie.

Tabel 8.1.

Aantal instrumenten per instrumentgroep. Symfonie orkest en harmonie orkest.

Symfonie orkest		Harmonie orkest
Strijkers	n	n
viool 1	14	
viool 2	21	
altviool	16	
violoncello	13	
contrabas	10	1 tvs.tuba
Blazers hout		
fluit	5	2
hobo	7	1
klarinet & sax	7	15
fagot	7	1
Blazers koper		
trompet	4	6
hoorn	7	5
trombone/tuba	7	7
Slagwerk		
Overig (harp)	2	3

Teneinde de mogelijke invloed van het instrument op het gehoor te onderzoeken is de onderzoekspopulatie verdeeld in vier instrumentgroepen (tabel 8.1).

Duidelijk is dat bij het harmonie orkest de strijkers ontbreken. De ene contrabassist bij het harmonie orkest speelt tevens tuba en is daardoor feitelijk een blazer. Gezien de aard van het orkest en de geluidexpositie zal hij tot de blazers gerekend worden. Het aantal musici en percentage musici met een negatieve C-waarde bij 4 kHz zal per instrumentgroep beschreven worden (8.2.1).

Samenvoegen tot instrumentgroepen is verkozen boven de splitsing in afzonderlijke instrumenten. Dit om te kleine celfrequenties te vermijden. Het aantal musici in de groep "overig" is echter zo klein ($n=2$) dat deze vrijwel niet in de analyse zal worden betrokken. Deze groep "overig" zal vanwege het afwijkende expositieniveau ($LEX < 80$) ook nergens anders bij ingedeeld worden.

Per instrumentgroep worden tevens de expositiematen beschreven. De gemiddelde leeftijd en gemiddelde expositieduur van de verschillende instrumentgroepen zijn vrijwel gelijk (zie hoofdstuk 6, tabel 6.3). In hoofdstuk 7 is gebleken dat de expositiemaat N^*D geen relevante informatie geeft. De N^*D zal derhalve bij de volgende analyses niet meer gebruikt worden.

Voor iedere instrumentgroep worden de percentages afwijkende en niet-afwijkende audiogrammen beschreven (8.2.2). Daarnaast worden de gemiddelde expositiematen voor afwijkende en niet-afwijkende audiogrammen beschreven (bijlage hoofdstuk 8, tabel 3 en 4), zulks teneinde te onderzoeken of de mate van expositie verschilt voor afwijkende en niet-afwijkende audiogrammen. Tevens wordt onderzocht of er een verband is tussen de ernst van de afwijking en de grootte van de expositiemaat (figuur 8.1). Vervolgens worden de groepsaudiogrammen van strijkers, blazers en slagwerkers met elkaar vergeleken (8.2.3).

Naast de indeling in instrumentgroepen is bij het symfonie orkest gekozen voor een indeling in **orkestrzones** (zie tevens hoofdstuk 6). Het aan een musicus toegekende geluidniveau op basis van de indeling in zones correleert goed met het individuele geluidniveau (Kendall's tau-b = 0.66). De gemiddelde expositieduur is per orkestrzone niet sterk afwijkend (zie hoofdstuk 6).

Per orkestrzone zullen de percentages afwijkende audiogrammen (8.3.1), expositiematen voor afwijkende en niet-afwijkende audiogrammen en de groepsaudiogrammen worden beschreven (8.3.2).

In hoofdstuk 2, Literatuurbespreking, is gewezen op de mogelijke asymmetrische geluidexpositie in samenhang met de orkestopstelling. In het onderzochte symfonie orkest betreft dit bij de eerste violen voornamelijk de grotere belasting van het linker oor, bij de celli betreft dit het rechter oor.

Om een mogelijke invloed van deze asymmetrische geluidexpositie te onderzoeken zijn van de (musici van de) eerste violen en de celli de rechter en linker oren met elkaar vergeleken, zowel met betrekking tot een negatieve C50-waarde bij 4 kHz (8.4.1) als met betrekking tot de groepsaudiogrammen (8.4.2).

8.2. De instrumentgroepen

8.2.1. De instrumentgroepen en afwijkend audiogram bij 4 kHz

Het aantal musici en het percentage negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz per instrumentgroep zijn weergegeven in tabel 8.2. Er is tussen de instrumentgroepen geen significant verschil in de percentages afwijkende audiogrammen.

Tabel 8.2.

Aantallen musici en percentages negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz van symfonie orkest en harmonie orkest per instrumentgroep.

instrument- groep	symfonie orkest					harmonie orkest				
	negatieve C-waarde					negatieve C-waarde				
	C50		C25			C50		C25		
	n	%	#	%	#	n	%	#	%	#
strijkers	75	57	43	27	20	-	-	-	-	-
blazers	43	63	27	40	17	38	95	36	71	27
slagwerk	7	71	5	14	1	3	100	3	100	3
overig	2	100	2	50	1	-	-	-	-	-

Het harmonie orkest (waarvan de populatie een gemiddelde expositieduur heeft die ongeveer gelijk is aan de van het symfonie orkest) heeft van beide orkestpopulaties het hoogste percentage negatieve C-waarden bij 4 kHz (zie hoofdstuk 7, tabel 7.1).

Door de vergelijkbare expositieduur van de blazers van het symfonie orkest en het harmonie orkest zijn de verschillen in gehoorverliezen op plausible wijze te verklaren uit het reeds vastgestelde aanzienlijke verschil in geluidniveau.

8.2.2. Instrumentgroep en expositiematen

Voor het symfonie orkest zijn de musici met afwijkende audiogrammen verdeeld over de expositiematen, verdeeld over strijkers en blazers weergegeven in tabel 8.3.

Alleen bij HL25-correctie is bij de strijkers en blazers sprake van een significante relatie (Kendall's tau-b, $p < 0.05$) tussen **geluidniveau** en het percentage negatieve C25-waarden bij 4 kHz.

De expositiemaat **Equal Energy (EE)** toont zowel bij strijkers als bij blazers geen relatie met de percentages negatieve C-waarden.

De expositiemaat **expositieduur** toont alleen bij de blazers een significante afname ($p < 0.005$) van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz bij toename van de expositieduur. Bij HL25-correctie is geen significant verschil geconstateerd.

Tabel 8.3.

Percentages en aantallen musici met negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz per instrument-groep strijkers en blazers van het symfonie orkest.

Indeling per klassen van geluidniveau, Equal Energy en expositieduur in jaren.

exp.maat	strijkers negatieve C-waarde					blazers negatieve C-waarde				
	C50			C25		C50			C25	
dB(A)	n	%	#	%	#	n	%	#	%	#
≤ 90	-	-	-	-	-	7	43	3	14	1
91-94	63	52	33	18	11	-	-	-	-	-
95-99	12	83	10	75	9	36	67	24	44	16
≥ 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EE										
< 100	4	75	3	0	0	-	-	-	-	-
100-104	25	56	14	20	5	8	75	6	25	2
105-109	30	53	16	23	7	14	64	9	43	6
110-114	15	67	10	53	8	13	69	9	54	7
≥ 115	-	-	-	-	-	8	38	3	25	2
exp.duur										
0-9 jr.	34	62	21	24	8	19	84	16	42	8
10-19 jr.	16	56	9	13	2	8	63	5	50	4
20-29 jr.	19	47	9	32	6	5	40	2	40	2
30-45 jr.	6	67	4	67	4	11	36	4	27	3

8.2.3. Interindividuele gevoeligheidsverschillen ?

In hoofdstuk 7 is bij tabel 7.6 reeds gewezen op het verschijnsel dat er enerzijds een groep is waarbij het gehoorverlies ten opzichte van de presbycusis relatief minder wordt bij toename van de expositieduur, anderzijds een groep is waarbij de gehoorverliezen zich voortzetten en zelfs groter worden.

De vraag wordt dan of de musici die een audiogramafwijking hebben, verschillen in mate van expositie ten opzichte van de musici die geen audiogramafwijking hebben (bijlage hoofdstuk 8, tabel 3 en 4). Tevens is de vraag of een groot gehoorverlies wordt veroorzaakt door een hoog geluidniveau en/of een lange expositieduur en een klein c.q. geen gehoorverlies wordt veroorzaakt door een laag geluidniveau dan wel een korte expositieduur.

De gemiddelde waarden van de expositiematen geluidniveau en expositieduur voor musici met en zonder afwijkend audiogram zijn weergegeven in bijlage hoofdstuk 8, tabel 3. Bij resp. HL50- en HL25-correctie worden van het symfonie orkest de mannelijke strijkers en blazers en voor de blazers van het harmonie orkest de gemiddelde waarden (x) en standaarddeviaties (sd) van de expositiematen

geluidniveau in LEX (dB(A)) en expositieduur (duur) gegeven voor musici met afwijkende en niet-afwijkende audiogrammen. De slagwerkers van het symfonie orkest zijn vanwege het kleine aantal (n = 7) buiten beschouwing gelaten.

De gemiddelde expositieduur is voor mannelijke blazers en strijkers van het symfonie orkest en de musici van het harmonie orkest vrijwel gelijk (resp. 16, 17 en 17 jaar). De gemiddelde waarden van de expositiewaarden geluidniveau en expositieduur voor de totale groep strijkers en voor de vrouwelijke strijkers met en zonder audiogramafwijking van het symfonie orkest zijn weergegeven in bijlage hoofdstuk 8, tabel 4.

Bij de totale strijkersgroep (bijlage hoofdstuk 8, tabel 4) zijn bij HL25-correctie zowel gemiddeld geluidniveau als gemiddelde expositieduur significant hoger resp. langer (Mann-Whitney U-toets, $p < 0.05$) bij strijkers met een audiogramafwijking ten opzichte van strijkers zonder audiogramafwijking. Bij de mannelijke blazers van het symfonie orkest is bij HL50-correctie bij blazers met een audiogramafwijking de gemiddelde expositieduur korter dan bij blazers zonder audiogramafwijking ($p < 0.05$). Bij deze geringe verschillen in gemiddeld geluidniveau en gemiddelde expositieduur kan de resterende variatie in audiogramafwijkingen voornamelijk verklaard worden door interindividuele gevoeligheidsverschillen, en de eventueel daarmee samenhangende selectieprocessen. Bovendien is de definitie van een audiogramafwijking bij 4 kHz gebaseerd op een dichotome waarde. Het contrast tussen wel of geen audiogramafwijking is daardoor niet groot.

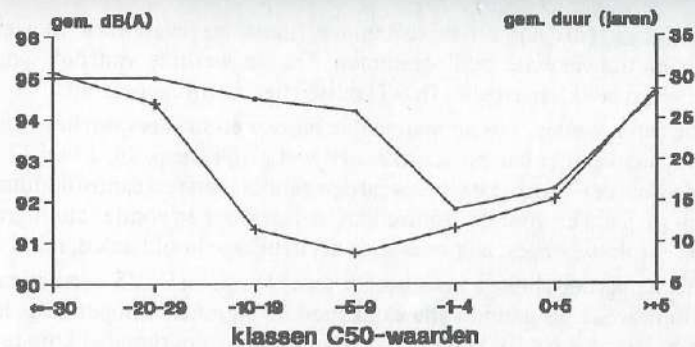
Figuur 8.1 toont voor verschillende klassen C50- en C25-waarden bij 4 kHz voor het symfonie orkest de gemiddelde waarden van de expositiematen geluidniveau en expositieduur. De aantallen musici per klasse gehoorverlies zijn weergegeven in bijlage hoofdstuk 8, tabel 5. In hoofdstuk 7 (deel 7.2.3, de expositiematen) is reeds vermeld dat per klasse geluidniveau de gemiddelde expositieduur niet sterk afwijkend is. Tevens is per klasse expositieduur het gemiddelde geluidniveau niet sterk afwijkend.

De grafieken van de C50- en de C25-waarden zijn vrijwel gelijk.

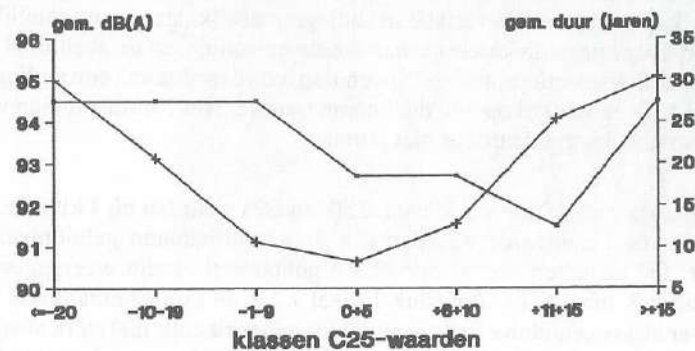
Uit figuur 8.1 blijkt dat de groep met het grootste gehoorverlies (resp. ≤ -30 dB voor de C50-waarde en ≤ -20 dB voor de C25-waarde) aan nagenoeg hetzelfde gemiddelde geluidniveau (resp. 95 dB(A) en 94.5 dB(A)) is blootgesteld als de groep met het beste gehoor (resp. $\geq +5$ dB voor de C50-waarde met 94.6 dB(A) geluidexpositie en $\geq +15$ dB voor de C25-waarde met 94.5 dB(A) geluidexpositie).

Voor de expositieduur geldt een analoog beeld.

Bij de groepen met een groter gehoorverlies dan de referentiepopulatie is het voornamelijk de gemiddelde expositieduur die de mate van gehoorbeschadiging bepaalt, in combinatie met een hoog geluidniveau.



expositiemant
—•— gem. dB(A) —+— gem. duur (jaren)



expositiemant
—•— gem. dB(A) —+— gem. duur (jaren)

Figuur 8.1.

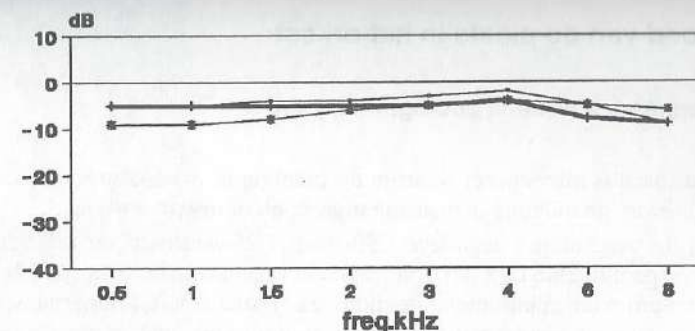
Gemiddeld geluidniveau (gem. dB(A)) (linker Y-as) en gemiddelde expositieduur (gem. duur) (rechter Y-as) per klasse van resp. C50-waarden (boven) en C25-waarden (onder).

Symfonie orkest (n = 126).

Klassen gehoorverlies: - teken (bijv. -20-29) betekent gehoorverlies groter dan 0, dus een slechter gehoor t.o.v. de referentiepopulatie; + teken (bijv. 0 + 5 of > + 5) betekent gehoor beter dan de referentiepopulatie.

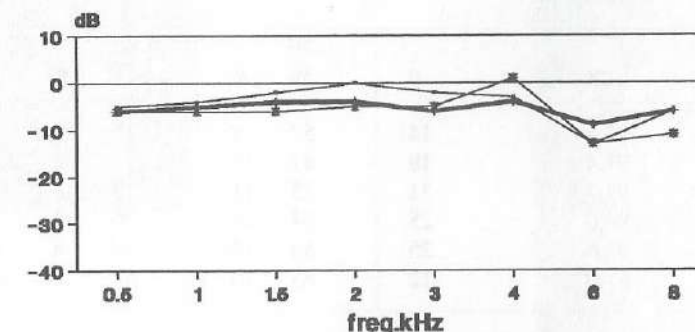
8.2.4. Audiogrammen van instrumentgroepen

In 7.2.2. is de mogelijke invloed van het geslacht geanalyseerd. Vanwege de kleine aantallen kunnen evenwel geen definitieve conclusies gertrokken worden. Teneinde deze mogelijke invloed te vermijden zijn van het symfonie orkest de groepsaudiogrammen weergegeven van mannelijke strijkers, mannelijke blazers en slagwerkers (figuur 8.2).



groep
—•— strijkers man (n=50) —+— blazers man (n=43)
—*— slagwerk man (n=7)

P50 van C50-waarden.



groep
—•— strijkers man (n=50) —+— blazers man (n=43)
—*— slagwerk man (n=7)

P25 van C25-waarden.

Figuur 8.2.

Groepsaudiogrammen symfonie orkest, mannelijke strijkers (n = 50), blazers (n = 41) en slagwerkers (n = 7). P50 van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. (naar resp. bijlage hoofdstuk 7, tabel 7.1 en bijlage hoofdstuk 8, tabel 1 en 2).

Geconcludeerd kan worden dat de gehoorverliezen van de drie instrumentgroepen niet significant verschillen (mediaan toets). De drie instrumentgroepen hebben allen een groter gehoorverlies ten opzichte van de referentiepopulatie dan op grond van de leeftijd verwacht mag worden.

8.3. De invloed van de plaats in het orkest

8.3.1. Orkestzone en afwijkend audiogram bij 4 kHz

Reeds in hoofdstuk 6 is uiteengezet waarom de indeling in orkestzones voordelen heeft ten opzichte van de indeling in instrumentgroepen of instrumenten.

Tabel 8.4 geeft de percentages negatieve C50- resp. C25-waarden per orkestzone weer. Tevens is de gemiddelde LEX per orkestzone weergegeven. De orkestzones zijn ordinaal genummerd naar opklimmend geluidniveau (zone dB(A)). Daarnaast zijn de orkestzones nominaal genummerd vanaf de podiumrand naar achteren (zone plaats).

Tabel 8.4.

Percentages en aantallen negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz, ordinaal ingedeeld naar geluidniveau per orkestzone (zone dB(A)) en naar opklimmende zone, vanaf de voorzijde van het podium (zone plaats). Symfonie orkest.

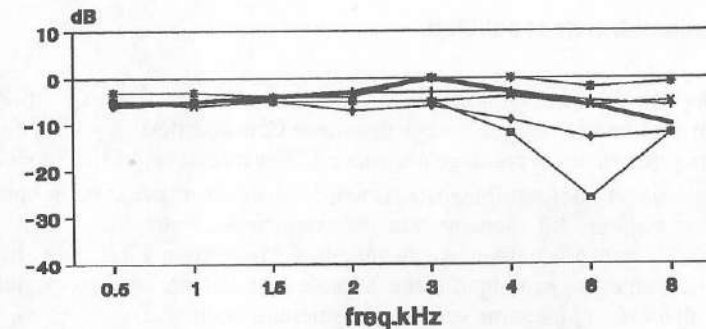
zone dB(A)	zone plaats	LEX	n	C50 %	#	C25 %	#
1	6	90.7	14	57	8	14	2
2	2	91.4	18	61	11	11	2
3	1	91.7	31	35	11	13	4
4	3	94.0	25	84	21	56	14
5	5	96.4	25	56	14	32	8
6	4	97.0	12	83	10	67	8

Indien het percentage negatieve C-waarden bij 4 kHz per zone ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029 wordt gezien, dan bestaan zowel bij HL50- als bij HL25-correctie tussen de zones verschillen in het percentage negatieve C-waarden ten opzichte van de referentiepopulatie (Chi²-toets op onafhankelijkheid in Contingency tabellen, resp. $p < 0.001$ en $p < 0.0001$).

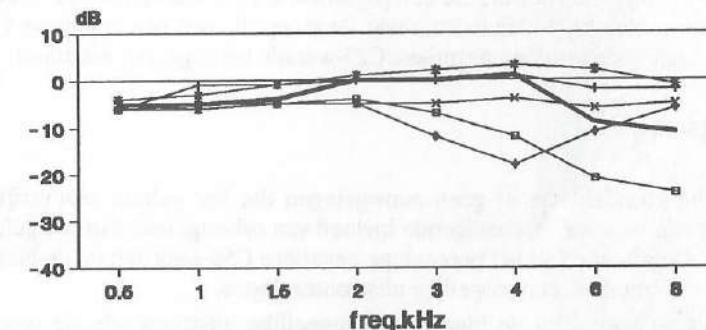
De gemiddelde waarden van de expositiematen geluidniveau en expositieduur per zone voor musici met en zonder afwijkend audiogram bij 4 kHz (zie bijlage hoofdstuk 8, tabel 7) geven nauwelijks meer informatie dan de gemiddelde waarden van de expositiematen per instrumentgroep. Deels wordt dit veroorzaakt door de stratificatie in 6 zones en in klassen met en zonder afwijkend audiogram, waardoor de aantallen in sommige cellen klein worden. Over het algemeen wordt het beeld van de indeling in instrumentgroepen bevestigd: strijkers (zone plaats 1-3) met een afwijkend audiogram hebben over het algemeen een langere expositieduur en een hoger geluidniveau dan strijkers met een niet-afwijkend audiogram. Blazers (zone plaats 4-6) met een afwijkend audiogram hebben over het algemeen een vrijwel gelijk geluidniveau maar een kortere expositieduur dan de blazers met een niet-afwijkend audiogram.

8.3.2. Orkestzone en groepsaudiogrammen

Bij toetsing van de samenhang tussen de zones en de mate van gehoorverliezen (figuur 8.3) zijn de zones met vrijwel gelijk geluidniveau samengevoegd tot drie groepen (groep 1: zone 1, 2 en 3; groep 2: zone 4; groep 3: zone 5 en 6).



P50 van C50-waarden



P25 van C25-waarden

Figuur 8.3.

Groepsaudiogrammen symfonie orkest, orkestzones 1 - 6, ordinaal naar geluidniveau. P50 van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden.

De relatie tussen de aldus getransformeerde zones en de C50- resp. C25-waarden per frequentie is onderzocht met behulp van Kendall's tau-b (zie bijlage hoofdstuk 8, tabel 7). De C50- en C25-waarden bij de frequenties van 1.5 kHz en hoger tonen een significante relatie met de indeling in ordinaal geschaalde niveaus per getransformeerde zone. De presentatie van de groepsaudiogrammen is evenwel volgens de ordinale indeling in zes geluidniveaus.

8.3.3. Discussie m.b.t. de resultaten.

Bij de totale populatie van het symfonie orkest is er bij toename van de expositieduur sprake van een afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz, en van geen toe- of afname van het percentage negatieve C25-waarden bij 4 kHz (tabel 7.6). Indien de populatie van het symfonie orkest wordt verdeeld in strijkers en blazers, dan is er bij de strijkers bij toename van de expositieduur een niet-significante toename ($p=0.13$) van het percentage negatieve C25-waarden bij 4 kHz. Bij de blazers is er daarentegen een significante afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz bij toename van de expositieduur (tabel 8.3).

Hoewel de aantallen klein zijn, is bij nadere beschouwing van tabel 8.3 te zien dat bij toename van de expositieduur het percentage negatieve C50-waarden bij de strijkers nagenoeg gelijk blijft, maar dat het percentage negatieve C25-waarden toeneemt. Dezelfde groep strijkers die een negatieve C50-waarde hebben, heeft bij hoge expositieduur eveneens een negatieve C25-waarde bij 4 kHz. Bij de blazers treedt dit "uit elkaar drijven" in de loop van de expositieduur nog sterker op. Ten opzichte van de presbycusis is er een groep blazers die een (significante) afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz toont, maar de groep die wel een negatieve C50-waarde heeft, heeft eveneens een negatieve C25-waarde bij hoge expositieduur.

Uitstroomselectie

Op theoretische gronden zijn er geen aanwijzingen dat het gehoor van strijkers gevoeliger zou zijn voor de beschadigende invloed van orkestgeluid dan het gehoor van de blazers. De afname van het percentage negatieve C50-waarden bij de blazers kan verklaard worden door een mogelijke uitstroomselectie.

Waarom treedt nu vooral bij de blazers een mogelijke uitstroomselectie wegens gehoorafwijkingen op?

In hoofdstuk 3 is reeds uiteengezet dat met name blazers voor een goede toonvorming afhankelijk zijn van een goede perceptie van harmonischen. Eenzelfde gehoorafwijking zal bij een blazer eerder tot problemen in de toonvorming leiden dan bij een strijker.

Omdat strijkers minder afhankelijk zijn van een goed gehoor dan blazers, kunnen strijkers doorgaan met het ontwikkelen van een gehoorafwijking. Bovendien is een blazer een solist; problemen met toonvorming zullen bij een blazer eerder opvallen dan bij een strijker. Blazers die na een zekere expositietijd door gehoorafwijkingen problemen met toonvorming krijgen, zullen dan ook uit de populatie verdwijnen.

In hoofdstuk 5 is uiteengezet dat in de periode 1980 t/m 1988 25 orkestmusici wegens blijvende arbeidsongeschiktheid uit de populatie zijn verdwenen. Primair wegens een gehoorafwijking waren dit 6 personen en dit waren allen blazers. Voor de overige 19 afgekeurde musici was er sprake van andere primaire selectiecriteria, zoals pathologie van het bewegingsapparaat en psychische klachten. De gehoorafwijking kan in die gevallen een extra factor zijn geweest om tot blijvende arbeidsongeschiktheid te beslissen. In die gevallen is er sprake van een comorbiditeit. Niet uitgesloten kan worden dat er een samenhang bestaat tussen gevoeligheid van het gehoororgaan voor lawaai en andere pathologie.

Uit een onderzoek naar invalidering van orkestmusici (Van Straaten 1987) blijkt eveneens dat relatief meer blazers dan strijkers wegens gehoorafwijkingen blijvend arbeidsongeschikt worden. Wat in de populatie achterblijft is de groep die óf minder afhankelijk is van een goed gehoor (bijv. strijkers), óf minder gevoelig is voor de gehoorbeschadigende invloed van orkestgeluid.

Deze uitstroomselectie, een onderdeel van het zogenaamde healthy worker effect, is een veel voorkomend verschijnsel in de arbeidsgesondheidskunde. Van Dijk (1984) toonde dit aan bij o.a. de diastolische bloeddruk, Kompier (1988) bij buschauffeurs bij slaapklachten, gezondheidsklachten en klachten van het bewegingsapparaat. In een studie met betrekking tot gezondheidsklachten in het kader van het Periodiek Bedrijfsgezondheidskundig Onderzoek (Broersen, Weel en Van Dijk 1989) is deze uitstroomselectie bij de meeste gezondheidsitems aanwezig.

Harmonie orkest

Bij het harmonie orkest zijn er geen aanwijzingen voor een mogelijke uitstroomselectie. Het groepsaudiogram (bijlage hoofdstuk 7, figuur 5) toont vanaf 4 kHz een consequente, maar niet significante toename van de ernst van het gehoorverlies bij toename van de expositieduur.

Waarom blijven deze musici met dit gehoorverlies dan wel in het harmonie orkest functioneren, in tegenstelling tot het symfonie orkest?

De kwaliteitseisen voor het harmonie orkest liggen minder hoog dan voor het symfonie orkest (dat een toporkest is). De tweede verklaring is dat ook de zachte passages in het harmonie orkest in vergelijking met het symfonie orkest nog steeds met een relatief hoog geluidniveau gespeeld worden, zodanig dat de zachter klinkende harmonischen ook door een musicus met een forse gehoorafwijking (die in het symfonie orkest bij een blazer al invaliderend zou zijn) nog gehoord kunnen worden.

Een complex van factoren

Uit het voorafgaande komt voor het symfonie orkest een complex beeld naar voren. Van invloed op de mate van gehoorbeschadiging bij musici zijn geluidniveau en expositieduur. Door verschil in gevoeligheid voor de gehoorbeschadigende werking van orkestgeluid zal wel of geen uitval door gehoorverlies voorkomen. Het is afhankelijk van de instrumentgroep waarin men speelt of het gehoorverlies tot uitval zal leiden. Aan de blazers worden hogere functie-eisen met betrekking tot het gehoor

gesteld dan aan strijkers. Deze hogere functie-eisen leiden tot een versterkte selectie bij de blazers. Deze differentiele uitstroomelectie bij de blazers leidt tot een onderschatting van het gehoorbeschadigende effect van orkestgeluid bij de blazers in vergelijking met de strijkers. Immers, blazers met grote gehoorverliezen verdwijnen in tegenstelling tot strijkers uit de populatie. Door deze differentiele uitstroomelectie treedt een vermindering op van het contrast van gehoorverlies tussen blazers en strijkers.

Hierdoor ontstaat een complex beeld met drie verklaringen:

1. De expositieduur zal in combinatie met een hoog geluidniveau gehoorschade tweeweg brengen.
2. Dit geldt niet voor de musici die minder gevoelig zijn voor de gehoorbeschadigende werking van orkestgeluid.
3. Bij de musici die wel gevoelig zijn voor de gehoorbeschadigende werking van orkestgeluid zal door uitstroomelectie weinig lange expositieduur voorkomen.

Derhalve is verklaarbaar dat musici met een afwijkend audiogram door het eerste proces vooral een lange expositieduur hebben en door proces drie vooral een middellange of korte expositieduur hebben.

Musici met een niet-afwijkend audiogram kunnen door proces één een korte expositieduur hebben, door proces twee een gemiddelde (modale) of lange expositieduur en door proces drie een lange expositieduur hebben.

Door de complexe interactie van deze drie processen treedt een vermindering op van de samenhang tussen de mate van schade enerzijds, en geluidniveau en expositieduur anderzijds, met name in een transversaal onderzoek met selectie-bias.

8.4. Eenzijdige geluidbelasting

Zoals in hoofdstuk 2, Literatuurbespreking, onder punt 2.3.2.5 reeds is gesteld is het asymmetrische gehoorverlies een controversieel onderwerp. Frei (1979,1981) vond bij de door hem onderzochte populatie wel gevolgen van de relatieve eenzijdige geluidbelasting. Axelsson (1981) en Johnson (1985) vonden in dit opzicht geen asymmetrie van het gehoor. Ostri et al (1989) vonden in een recent, goed opgezet onderzoek bij de strijkers een significant slechter linker oor bij 3 kHz en 4 kHz.

Een wat ouder onderzoek van Flach en Aschoff (1966) vermeldt dat bij geluidmetingen van individuele eerste violisten het geluidniveau aan het linker oor gemiddeld 5-8 DIN-Phon hoger is dan rechts. Flach en Aschoff stellen: "Diese Differenzen sind durch die Haltung der Geige unter dem linken Kinn ohne weiteres erklärbar".

Uit de overige tekst is echter op te maken dat de metingen waarschijnlijk zijn verricht tijdens orkestspel, dus naast de geluidexpositie door het eigen instrument zou tevens de geluidbelasting door het gehele orkest gemeten kunnen zijn.

Passchier-Vermeer et al. (1986, 1988) constateerden verschillen tussen de gehoordrempels aan het linker oor en het rechter oor, onafhankelijk van de leeftijd en ook niet afhankelijk van het lawaaiexpositieniveau. Tevens was er geen verschil tussen de

uitkomsten van hun onderzoeksgroep (1985 industriële werknemers) en die van de referentiegroep (351 niet aan lawaai geëxponeerde mannen). Het gehoorverlies aan het linker oor was steeds groter dan dat aan het rechter oor (gemiddeld verschil 1 dB bij 0.5 kHz en 1 kHz, 2 dB bij 2 kHz, 4 kHz en 6 kHz en 4.5 dB bij 3.5 kHz).

8.4.1. Eenzijdige belasting en afwijkend audiogram bij 4 kHz

Teneinde de mogelijke invloed voor het gehoor van een (relatieve) eenzijdige geluidbelasting te onderzoeken zijn rechter en linker oren van resp. de eerste violisten en de cellisten vergeleken.

Vooronderstelling hierbij is dat voor de eerste violisten het orkestgeluid voornamelijk het linker oor belast en bij de cellisten voornamelijk het rechter oor. Tabel 8.5 toont dat er met betrekking tot een negatieve C50- resp. C25-waarde bij 4 kHz nauwelijks verschil is tussen rechter en linker oren.

Tabel 8.5.

Percentages en aantallen negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz bij rechter en linker oren van resp. eerste violisten (n = 14) en cellisten (n = 13).

		negatieve C50-waarde		negatieve C25-waarde	
instrument	n	%	#	%	#
viool 1 re.	14	50	7	14	2
viool 1 li.		43	6	7	1
cello re.	13	23	3	23	3
cello li.		15	2	15	2

8.4.2. Eenzijdige belasting en groepsaudiogrammen

De P50 van de C50-waarden van rechts en links, alsook de P25 van de C25-waarden zijn bij de eerste violisten nauwelijks verschillend (zie bijlage hoofdstuk 8, tabel 8 en 9), in tegenstelling tot de verwachting (zie Passchier-Vermeer et al 1986, 1988).

Gezien de houding van het hoofd van een violist (het hoofd in lateroflexie naar links met de viool gekanteld naar rechts) kan van deze houding mogelijk een geluid-dempende werking uitgaan. Pogingen om dit veronderstelde dempende effect c.q. een asymmetrische geluidbelasting te meten konden echter niet gerealiseerd worden aangezien de microfoons de musici teveel in het spel hinderden.

De C50- en C25-waarden van het rechter en linker oor van de cellisten verschillen eveneens niet duidelijk, terwijl op grond van de veronderstelde overheersende rechter geluidbelasting door orkestgeluid een groter gehoorverlies van het rechter oor verwacht zou worden (zie bijlage hoofdstuk 8, tabel 10 en 11).

Geconcludeerd kan worden dat in dit onderzoek bij eerste violisten en cellisten geen duidelijke auditieve gevolgen van een eenzijdig overheersende geluidbelasting zijn aangetoond. De kleine aantallen relativeren de betekenis van deze analyse echter in aanzienlijke mate.

8.5. Samenvatting en conclusies

8.5.1. Samenvatting

In dit hoofdstuk zijn beschreven de mogelijke invloed van de instrumentgroep, van de plaats in een orkestzone en van de eenzijdig overheersende geluidbelasting op het gehoor. Daarnaast zijn beschreven de gemiddelde waarden van de expositiematen voor musici met en zonder negatieve C-waarde bij 4 kHz, per instrumentgroep en per orkestzone.

Bij de vergelijking van de negatieve C-waarden bij 4 kHz tussen de instrumentgroepen van het symfonie orkest zijn alleen de mannelijke musici van de instrumentgroepen met elkaar vergeleken, om de mogelijk versturende invloed van het geslacht uit te schakelen.

Bij vergelijking van de percentages negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz is er vrijwel geen verschil tussen de drie instrumentgroepen van het symfonie orkest. Tussen de blazers van het symfonie orkest en van het harmonie orkest is echter wel een groot verschil. Bij vrijwel gelijke gemiddelde expositieduur voor beide groepen is dit te verklaren door het aanzienlijk hogere expositieniveau in het harmonie orkest.

Worden de percentages negatieve C-waarden bij 4 kHz bij toename van de expositiematen bezien, dan is zowel bij de strijkers als bij de blazers bij een toename van het **geluidniveau** een toename van het percentage afwijkende audiogrammen te zien. Bij toename van de **expositieduur** gaan de blazers zich anders gedragen: er is een afname van het percentage negatieve C50-waarden bij de blazers. De strijkers tonen daarentegen geen verandering. Dit verschijnsel is bij de blazers waarschijnlijk te verklaren door een uitstroomselectie wegens gehoorbeschadiging, die alleen bij de blazers is opgetreden.

Het "uit elkaar drijven" van de mate van gehoorverlies voor de groepen met en zonder afwijkend audiogram lijkt het gevolg te zijn van interindividuele gevoeligheidsverschillen, in combinatie met selectie-effecten, voor de gehoorbeschadigende werking van orkestgeluid. De interindividuele gevoeligheidsverschillen blijken ook uit de bevinding dat musici met het grootste gehoorverlies vrijwel dezelfde gemiddelde waarden van expositiematen hebben als de musici met de beste audiogrammen.

De groepsaudiogrammen van de C50- en C25-waarden van de instrumentgroepen tonen dat de instrumentgroepen een groter gehoorverlies hebben dan de referentiepopulatie. Onderling verschillen de drie instrumentgroepen weinig.

De indeling in orkestzones correleert aanzienlijk beter met de expositiemaat geluidniveau dan de indeling in instrumenten of instrumentgroepen. Er is bij toename van het expositieniveau per zone een toename van het percentage negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz.

De groepsaudiogrammen van de C50- en C25-waarden van de orkestzones tonen een toename van de gehoorverliezen bij toename van het geluidniveau per zone.

Onderzoek naar het mogelijk asymmetrische gehoorverlies tengevolge van eenzijdig overheersende geluidbelasting laat geen duidelijke asymmetrische gehoorverliezen zien bij eerste violisten en cellisten. De kleine aantallen (resp. 14 en 13) laten echter geen definitieve conclusies toe.

8.5.2. Conclusies

8.5.2.1. Conclusies m.b.t. de methoden

Presbycusiscorrectie door middel van de HL50 van de ISO 7029 kan geen onderscheid maken tussen kleine en grote gehoorverliezen en kan tot paradoxale resultaten leiden. HL25-correctie filtert kleine gehoorverliezen weg en geeft daarom over het algemeen zowel bij de beoordeling van het audiogram bij 4 kHz als bij de groepsaudiogrammen meer consistente beelden dan de HL50-correctie. Gebruik van de HL25-correctie is bij onderzoek naar de gehoorbeschadigende invloed van lawaai dan ook aan te bevelen.

Arbeidsgezondheidskunde is er op gericht gezondheidschade door arbeid te voorkomen. Daarom is het voor een adequaat arbeidsgezondheidskundig beleid noodzakelijk reeds in een vroeg stadium gehoorbeschadigingen op te sporen. Daarom is het zeker niet zo dat HL50-correctie als overbodig gezien moet worden. Indien alleen HL25-correctie wordt toegepast zullen de minder ernstige gevallen gemist worden. HL50-correctie en HL25-correctie dienen dan ook naast elkaar gebruikt te worden.

Vergelijking van gelijknamige (P25) percentiellijnen is daarbij aan te bevelen, waarbij de HL25 van de ISO 7029 als referentie moet dienen. De referentielijn in het groepsaudiogram is de nullijn. Een negatieve score bij presbycusiscorrectie door middel van de HL25 wil zeggen dat er een verslechtering is van de P25 van het audiogram ten opzichte van de HL25 van de referentiepopulatie.

De definitie van een afwijkend audiogram bij 4 kHz bij HL25-correctie geeft wel het percentage afwijkende audiogrammen, maar niet de ernst en de spreiding en breedte van de gehoorverliezen van de groep. Het gebruik van groepsaudiogrammen geeft wel de ernst en de spreiding van de gehoorverliezen, maar niet het percentage afwijkende audiogrammen ten opzichte van de referentiepopulatie. De 4 kHz definitie en de groepsaudiogrammen dienen voor een volledig beeld dan ook in combinatie met elkaar gebruikt te worden.

Indeling in orkestzones is een geschikte indeling, gericht op de geluidexpositie gedurende een langere periode, en correleert goed met het huidige geluidniveau, zoals bepaald is in dit onderzoek. Bij de indeling in orkestzones worden evenwel de aantallen kleiner. Indeling in instrumentgroepen is enerzijds weinig zinvol vanwege de ontbrekende relatie met het geluidniveau, maar is anderzijds wel van belang vanwege het optreden van aan instrumentgroepen verbonden selectie-effecten.

Het is aan te bevelen bij onderzoek naar de auditieve gevolgen van expositie aan geluid, personen niet te kenmerken naar functie of werkzaamheid (i.c. strijker, blazer of slagwerker) en persoonsgebonden metingen te verrichten, maar om de zone vast te stellen waarin deze persoon zich meestal beweegt, en het gemiddelde geluidniveau in die zone vast te stellen.

In dit onderzoek geven de expositiematen geluidniveau en expositieduur de meest consistente resultaten, mits de complementaire expositiemaat gelijk is. De expositiematen Equal Energy en Niveau maal Duur geven inconsistente resultaten.

De expositieduur blijkt verstorend op te kunnen treden indien fenomenen als inter-individuele gevoeligheidsverschillen en uitstroomselectie gaan optreden. Indien ogenschijnlijk inconsistente of tegengestelde onderzoeksresultaten optreden moet, indien de onderzoeksopzet en de groepsgrootte dit toelaten altijd naar uitstroomselectie en inter-individuele gevoeligheidsverschillen worden gezocht. Dit geldt overigens voor alle belastende factoren in de bedrijfsgezondheidszorg.

In hoofdstuk 7 en 8 is beschreven hoe hiernaar gezocht kan worden.

8.5.2.2. Conclusies m.b.t. de resultaten

Reeds in hoofdstuk 7 is uiteengezet dat voor de totale onderzoekspopulatie het expositieniveau in belangrijke mate bepalend is voor de mate van gehoorschade bij musici. Daarnaast blijkt de expositieduur een belangrijke en soms verwarrende rol te spelen. De resultaten bij de indeling in instrumentgroepen en orkestzones maken dit nog eens duidelijk.

Bij de indeling in instrumentgroepen is er weinig verschil in percentages afwijkende audiogrammen. Dit geldt eveneens voor de groepsaudiogrammen.

Toename van de expositieduur toont bij de strijkers een toename van het percentage negatieve C25-waarden bij 4 kHz en bij de blazers een afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz. Bij de blazers is vermoedelijk een uitstroomselectie aanwezig.

De indeling in orkestzones heeft een aanzienlijk betere correlatie met de expositiemaat geluidniveau dan de indeling in instrumentgroepen. De gemiddelde expositieduur is voor alle zones niet sterk verschillend. Er is een samenhang tussen het voorkomen van een negatieve C-waarde bij 4 kHz en de orkestzone: naarmate het geluidniveau per orkestzone toeneemt neemt ook het percentage negatieve C-waarden bij 4 kHz toe. Ook de groepsaudiogrammen tonen dit duidelijk.

In dit onderzoek kan niet worden aangetoond dat eenzijdig overheersende geluidbelasting tot asymmetrische gehoorverliezen leidt. De geringe omvang van beide onderzoeksgroepen (resp. 13 en 14 musici) laten geen definitieve conclusies toe.

Strijkers, blazers en slagwerkers hebben over het algemeen een groter gehoorverlies dan de referentiepopulatie. Onderling verschillen de groepen niet veel.

Van invloed op de mate van gehoorbeschadigingen bij musici zijn geluidniveau en expositieduur. Daarnaast is het afhankelijk van de individuele gevoeligheid voor de gehoorbeschadigende werking van orkestgeluid of er gehoorschade optreedt en zo ja, in welke mate dit geschiedt. Door de combinatie van inter-individuele gevoeligheidsverschillen en functie-eisen (verschillend per instrumentgroep) kan uitstroomselectie optreden.

De hoge functie-eisen met betrekking tot het gehoor zijn bij de blazers vermoedelijk verantwoordelijk voor het vroegtijdig vertrek van blazers met meer ernstige gehoorafwijkingen, met als gevolg een relatief korte expositieduur bij blazers met een audiogramafwijking.

Hoofdstuk 9

Spraakverstaanbaarheid, beroepshandicap en beroepsziekte

9.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zullen achtereenvolgens worden behandeld de mate van voorkomen van verminderde spraakverstaanbaarheid, de mate waarin de onderzochte musici door het gehoorverlies problemen ondervinden in de uitoefening van hun beroep (de beroepshandicap) en de gehoorschade die met zekerheid aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven.

De spraakverstaanbaarheid wordt onder meer bepaald door de signaal-ruis verhouding. De spraakdrempel wordt gedefinieerd als het minimum dB-niveau van de spraak (signaal) waarbij een bepaald percentage woorden, monosyllaben of zinnen correct wordt verstaan tegen een lawaai-achtergrond (ruis) van een bepaald luidheidniveau in dB. Deze verhouding in de spraakaudiometrie is bij normaal horenden gemiddeld 10 dB, d.w.z. bij bijvoorbeeld een ruis van 60 dB(A) is een spraakniveau van 50 dB(A) nodig (Plomp 1977, Kryter 1985, Dubbeldam-Marree 1985). Men spreekt dan van een signaal-ruisverhouding van -10 dB (de spraakdrempel in omgevingslawaai).

Als het omgevingslawaai toeneemt gaat men onwillekeurig luider praten. Bij een geluidniveau van 68 dB(A) wordt de grens bereikt en is door luider spreken geen betere verstaanbaarheid te bereiken bij conversatiespraak op 1 meter afstand (Plomp 1977). Ook al gaat men luider spreken, het percentage correct verstane woorden zal hierdoor niet stijgen.

De verstoorde spraakverstaanbaarheid kan leiden tot een sociale handicap (zie hoofdstuk 6). Met betrekking tot de spraakverstaanbaarheid bleek uit een onderzoek van Passchier-Vermeer en Rövekamp (1987) dat de beste schatting hiervoor de "Lafon-index" is. Als maat voor de sociale handicap zal hier derhalve de Lafon-index gehanteerd worden. Deze wordt berekend uit het gemiddelde verlies bij 2 en 4 kHz van beide oren, waarbij niet voor presbycusis is gecorrigeerd. (Smoorenburg 1987, Smoorenburg en Plomp 1987, Passchier-Vermeer en Rövekamp 1987). De formule voor de Lafon-index is:

$$([\text{score } 2 \text{ kHz} + 4 \text{ kHz}]_{\text{rechts}} + [\text{score } 2 \text{ kHz} + 4 \text{ kHz}]_{\text{links}})/4$$

Wanneer het gemiddelde van de verliezen bij 2 en 4 kHz een waarde van slechts 10 dB (Lafon > 10) overschrijdt, wordt er reeds een achteruitgang in spraakverstaanbaarheid in omgevingslawaai gevonden (figuur 9.1).

Elke toename van de Lafon-waarde met 10 dB betekent een verhoging van de spraakdrempel van ongeveer 1.2 dB. Deze waarde lijkt laag, maar dat is misleidend. Elke verhoging van de spraakdrempel met 1 dB betekent een achteruitgang in het verstaan van zinnen van 18 % in situaties waarin mensen met een normaal gehoor bijna alle zinnen goed verstaan. Bij een Lafon-waarde van 30 wordt een verhoging van de spraakdrempel van 2.5 dB bereikt en derhalve een terugval in het verstaan van zinnen van 45 %. Een groter verlies betekent een ernstige handicap (Smoorenburg en Plomp 1987) (figuur 9.1).

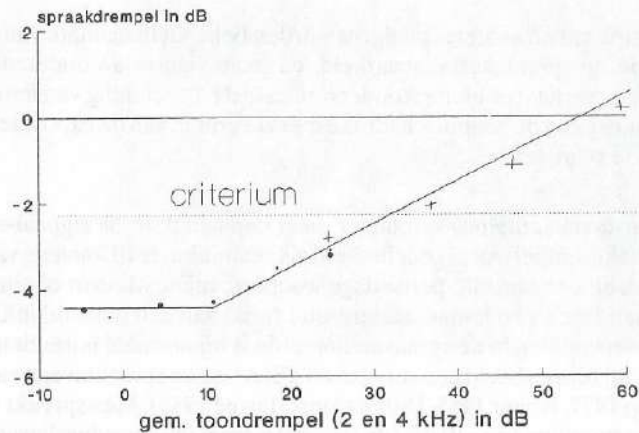


fig.9.1.

Figuur 9.1.

Spraakdrempel in omgevingslawaai als functie van het gemiddelde gehoor-verlies bij 2 en 4 kHz. Elke verhoging van de drempel met 1 dB betekent een daling van 18 % van het goed verstaan van zinnen (Smoorenburg en Plomp 1987).

In dit hoofdstuk is gekozen voor een verdeling van de Lafon-index in drie klassen van spraakverstaanbaarheid:

- Lafon < 10: geen achteruitgang spraakverstaanbaarheid.
- Lafon 10-30: merkbare achteruitgang spraakverstaanbaarheid.
- Lafon ≥ 30: ernstige achteruitgang spraakverstaanbaarheid.

Een achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid kan naast een sociale handicap voor een musicus tevens een beroepshandicap zijn, in zoverre dat hij in het orkest door zijn verstoorde spraakverstaanbaarheid instructies en commentaar (over afstanden van 2 tot 15 meter !) niet meer kan verstaan.

De beroepshandicap in engere zin is reeds besproken in hoofdstuk 3 (3.6, signaal-ruis verhouding) en hoofdstuk 6 (6.1.5, maten voor gehoorverlies).

De beroepshandicap die de musicus in het werk ondervindt is een zodanig gehoorverlies dat hij problemen ondervindt met het waarnemen van toonhoogten, harmonischen en met het afleiden van de grondtoon uit harmonischen. In hoofdstuk 3 en hoofdstuk 6 is geschat dat dit neerkomt op een verlies van 25 dB of meer aan één of beide oren op één of meer frequenties tussen 0.25 en 4 kHz waarbij niet voor presbycusis is gecorrigeerd. Vanwege de onbetrouwbaarheid van de metingen bij lage frequenties zijn de frequenties gemeten vanaf 0.5 kHz.

In dit hoofdstuk is gekozen voor een indeling in twee frequentiegebieden en een totaalgebied:

- Overschrijding van 25 dB-grens tussen:
0.5 - 1.5 kHz (lage frequentie gebied)
2 - 4 kHz (midden frequentie gebied).
- Overschrijding van 25 dB-grens tussen:
0.5 - 4 kHz (totale gebied).

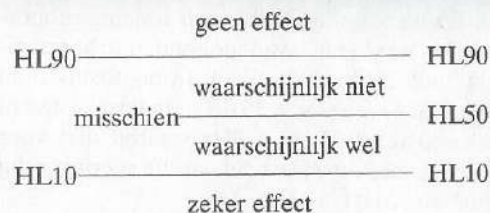
Het lage frequentiegebied (0.5-1.5 kHz) is gekozen omdat hierin de meeste grondtonen en lage harmonischen van de gangbare orkestratie liggen.

Het midden frequentiegebied (2-4 kHz) is gekozen omdat in de meeste gevallen de eerste 5-7 harmonischen van de grondtonen van de gangbare orkestratie in dit gebied liggen. Hogere harmonischen dragen nauwelijks bij tot de grondtoonafleiding (zie hoofdstuk 3: Het gehoor, basale aspecten; 3.5.8. Toonhoogte).

De beroepshandicap, zoals deze in dit onderzoek is gedefinieerd, berust op een gehoorverlies. Dit gehoorverlies wordt veroorzaakt door een verminderde functie van het gehoororgaan. In een bepaald geval is het gehoorverlies van de desbetreffende musicus zodanig dat hij met betrekking tot het gehoor niet meer kan voldoen aan de eisen die het orkest waarin hij speelt aan hem stelt. Het gehoorverlies heeft in dat geval een nadelig effect op het arbeidsvermogen dat hierdoor is afgenomen. Derhalve is er sprake van een stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin (Timmer 1985).

De normale presbycusis heeft een grote spreiding. Bij het beoordelen van een individueel audiogram is er een ruime marge van onzekerheid welk effect lawaai heeft gehad op het gehoorverlies. Als een gehoorverlies veel groter is dan op grond van de leeftijd verwacht mag worden - het verlies is met name bij 3,4 en 6 kHz het grootste - en er zijn geen andere duidelijke redenen voor de gehoorschade, dan is het bij een aan lawaai geëxponeerde persoon waarschijnlijk dat er gehoorverlies door lawaai is opgetreden.

Passchier-Vermeer (1986) stelt met betrekking tot het beslissen op individueel niveau of gehoorverlies door lawaai is veroorzaakt het volgende beslissingsschema voor:



In dit schema komt het er op neer dat als het (niet voor presbycusis gecorrigeerde) gemiddelde gehoorverlies van het desbetreffende individu bij 2, 3, 4 en 6 kHz groter is dan het gemiddelde gehoorverlies bij dezelfde frequenties van 90 % van de referentiepopulatie (HL10) van dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht, dit gehoorverlies (naast de presbycusis) vrijwel zeker door lawaai is ontstaan. Passchier-Vermeer tekent hierbij aan dat men er zeker van moet zijn dat de expositieniveaus wel in het schadelijke gebied moeten liggen. Immers, ook voor 10 % van een op de arbeidsplaats niet aan lawaai geëxponeerde populatie zal gelden dat er sprake is van "gehoorschade door lawaai". Deze kans van 10 % op een fout-positieve conclusie is h.i. echter verantwoord bij het beoordelen van het audiogram i.v.m. de praktische uitvoering van gehoorbeschermingsprogramma's.

Indien de methode van Passchier-Vermeer ten behoeve van dit onderzoek gevolgd wordt, dan zal hier uit volgen dat een zeker percentage musici een gehoorverlies heeft dat op individueel niveau aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven.

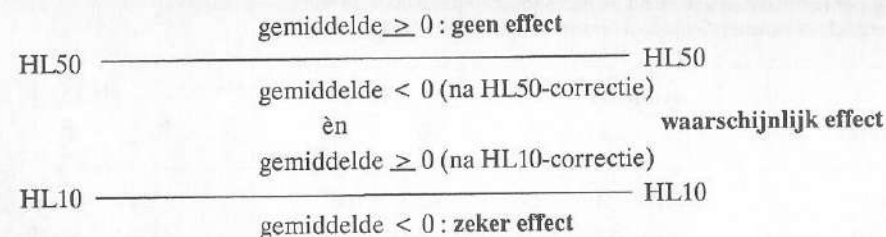
In dit onderzoek is gekozen voor een driedeling in plaats van de vierdeling van Passchier-Vermeer.

Indien na correctie met behulp van de **HL10** van de referentiepopulatie van de ISO 7029 (database A) het gemiddelde van de C10-waarden bij 2, 3, 4 en 6 kHz kleiner is dan nul, dan wordt verondersteld dat dit gehoorverlies **zeker** is veroorzaakt door expositie aan orkestgeluid. Deze methode is vergelijkbaar met de methode van Passchier-Vermeer.

Indien na correctie met behulp van de **HL50** van de referentiepopulatie van de ISO 7029 het gemiddelde van de C50-waarden bij 2, 3, 4 en 6 kHz kleiner is dan nul, en na correctie met behulp van de **HL10** (zie boven) het gemiddelde van de C10-waarden bij 2, 3, 4 en 6 kHz groter dan of gelijk is aan nul, dan wordt verondersteld dat dit gehoorverlies **waarschijnlijk wel** is veroorzaakt door expositie aan orkestgeluid.

Indien na correctie met behulp van de **HL50** van de referentiepopulatie van de ISO 7029 het gemiddelde van de C50-waarden bij 2, 3, 4 en 6 kHz groter is dan of gelijk is aan nul, dan wordt verondersteld dat de expositie aan orkestgeluid **geen** effect heeft gehad op het gehoorverlies.

Schematisch is dit als volgt voor te stellen:



Indien er van een zodanig gehoorverlies sprake is, dat expositie aan orkestgeluid zeker effect heeft gehad, is er sprake van een **beroepsziekte**. Het betreft een ziekte of aandoening die in hoofdzaak het gevolg is van arbeid of arbeidsomstandigheden (Willems 1987).

Indien de expositie aan orkestgeluid waarschijnlijk van invloed is geweest op het gehoorverlies, is er sprake van een **vermoede beroepsziekte**. Het betreft dan een ziekte of aandoening ten aanzien waarvan er voldoende aanwijzingen zijn dat deze in hoofdzaak het gevolg is van arbeid of arbeidsomstandigheden (Willems 1987). In beide gevallen is echter een relatie met arbeid of arbeidsomstandigheden aanwezig. Derhalve is in beide gevallen sprake van een beroepsziekte.

9.2. De spraakverstaanbaarheid

De percentages musici per Lafonklasse per orkest (tabel 9.1) zijn vergeleken met de percentages per Lafonklasse van dezelfde populatie, indien deze niet aan lawaai zou zijn blootgesteld. Deze vergelijkings Lafon-waarden zijn derhalve berekend voor de HL50- en de HL25 van de referentiepopulatie.

In het geval van ernstige achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid is de populatie van het symfonie orkest slechter dan de HL25 van de referentiepopulatie (resp. 5% en 1%).

De populatie van het harmonie orkest verschilt in alle Lafonklassen in ongunstige zin significant van de HL50 ($p < 0.0001$) en van de HL25 van de referentiepopulatie ($p < 0.001$).

Bovendien verschilt de populatie van het harmonie orkest in ongunstige zin significant ($p < 0.0001$) van de populatie van het symfonie orkest in alle Lafonklassen.

Indien de gemiddelde Lafonwaarde per leeftijdsklasse van 10 jaar wordt berekend voor de populaties van beide orkesten, dan heeft het symfonie orkest een hogere gemiddelde Lafonwaarde dan in de vergelijkbare leeftijdsklassen van de HL50 van de referentiepopulatie, maar lagere gemiddelde Lafonwaarden dan de vergelijkbare leeftijdsklassen van de HL25 van de referentiepopulatie (zie bijlage hoofdstuk 9, tabel 1).

Tabel 9.1.

Percentages en aantallen musici per Lafonklasse en percentages van de referentiepopulatie (ISO 7029) per Lafonklasse van HL50 en HL25 (gecorrigeerd voor de leeftijdsopbouw van de onderzoekspopulatie). Symfonie orkest en harmonie orkest.

Lafonkl.	symfonie		HL50		HL25	
	%	#	%	#	%	#
≤10	66%	84	82%	104	58%	74
10 - 30	29%	37	18%	23	41%	52
>30	5%	6	0%	0	1%	1
	harmonie		HL50		HL25	
	%	#	%	#	%	#
≤10	12%	5	90%	37	42%	17
10 - 30	71%	29	10%	4	58%	24
>30	17%	7	0%	0	0%	0

Het harmonie orkest heeft hogere gemiddelde Lafonwaarden dan de HL25 van de referentiepopulatie en dan het symfonie orkest in alle leeftijdsklassen. In het symfonie orkest zal men met betrekking tot de gemiddelde Lafonwaarden pas in de leeftijds-klasse van 50 jaar en ouder een merkbare achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid ondervinden, terwijl dit in het harmonie orkest al vanaf de jongste leeftijds-klasse het geval is.

Wordt gekeken naar de "relatieve veroudering" van het gehoor van beide orkestpopulaties, dan valt op dat de populatie van het symfonie orkest op een gemiddelde leeftijd van 40 jaar een merkbare achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid heeft, terwijl dit bij de HL50 van de referentiepopulatie pas bij een gemiddelde leeftijd van 59 jaar het geval is en bij de HL25 van de referentiepopulatie bij 48 jaar (bijlage hoofdstuk 9, tabel 2).

Voor de Lafonklasse met een ernstige achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid geldt een analoog beeld. Deze groep heeft een gemiddelde leeftijd van 55 jaar, terwijl de HL50 van de referentiepopulatie een gemiddelde leeftijd van meer dan 70 jaar heeft en de HL25 een gemiddelde leeftijd van meer dan 63 jaar.

Ten opzichte van de referentiepopulatie heeft de populatie van het symfonie orkest een "ouder" gehoor dan op grond van de leeftijd verwacht mag worden.

Voor het harmonie orkest geldt dit in nog sterkere mate.

Bovendien heeft de populatie van het harmonie orkest ten opzichte van het symfonie orkest eveneens een "ouder" gehoor.

9.3. De beroepshandicap

Van een beginnende beroepshandicap is, zoals reeds eerder gesteld, vermoedelijk sprake als er een verlies bestaat van 25 dB of meer aan één of beide oren op één of meer frequenties tussen 0.25 en 4 kHz waarbij niet voor presbycusis is gecorrigeerd. Vanwege de onbetrouwbaarheid van de metingen bij lage frequenties zijn de frequenties gemeten vanaf 0.5 kHz.

In het lage frequentiegebied (0.5-1.5 kHz) heeft 5 % van de musici van zowel symfonie orkest als harmonie orkest een beroepshandicap. In het midden frequentiegebied (2-4 kHz) heeft echter 15 % van de musici van het symfonie orkest een beroepshandicap, tegen 46 % van de musici van het harmonie orkest (tabel 9.2). Dit laatste geldt eveneens voor het totale frequentiegebied.

Tabel 9.2.

Overschrijding 25 dB-grens (> 25 dB) in twee gebieden (resp. 0.5-1.5 kHz en 2-4 kHz) en tussen 0.5-4 kHz door musici van symfonie orkest (n = 127) en harmonie orkest (n = 41).

frequentie gebied	symfonie orkest > 25 dB		harmonie orkest > 25 dB	
	%	#	%	#
0.5-1.5 kHz	5%	6	5%	2
2 - 3 kHz	15%	19	46%	19
0.5 - 4 kHz	15%	19	46%	19

Aangezien bij het vaststellen of een audiogram de 25 dB-grens overschrijdt de voor presbycusis ongecorrigeerde audiogrammen worden gebruikt, is de kans dat de 25 dB-grens tussen 0.5 en 4 kHz wordt overschreden afhankelijk van de leeftijd. Bij vergelijking van de mate van voorkomen van de beroepshandicap in verschillende groepen moet derhalve rekening gehouden worden met de mogelijke verschillen in leeftijdsopbouw van die groepen.

In hoofdstuk 6 is reeds berekend dat de gemiddelde leeftijd en expositieduur van symfonie orkest en harmonie orkest vrijwel gelijk zijn (gemiddelde leeftijd resp. 37.1 en 37 jaar, gemiddelde expositieduur resp. 15.6 en 17.1 jaar). In het symfonie orkest zijn gemiddelde leeftijd en expositieduur van strijkers, blazers en slagwerkers eveneens vrijwel gelijk (gemiddelde leeftijd resp. 36.4, 37.5 en 38.4 jaar, gemiddelde expositieduur resp. 14.2, 16.9 en 18.4 jaar).

Bij indeling in instrumentgroepen (tabel 9.3) hebben strijkers en blazers in vrijwel gelijke mate een beroepshandicap (resp. 13 % en 16 %). Het hoogste percentage is aanwezig bij de slagwerkers (29 %), maar door de geringe celomvang (2 van de 7) mogen hieraan geen conclusies verbonden worden.

Tabel 9.3.

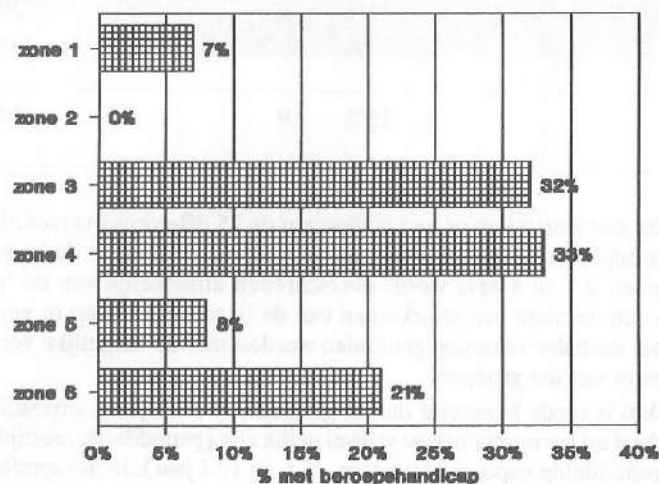
Overschrijding 25 dB-grens (25 dB) in twee gebieden (resp. 0.5-1.5 kHz en 2-4 kHz) en tussen 0.5-4 kHz door strijkers, blazers en slagwerkers. Symfonie orkest.

frequentie gebied	strijkers		blazers		slagwerkers	
	> 25 dB %	#	> 25 dB %	#	> 25dB %	#
0.5-1.5 kHz	4%	3	5%	2	14%	1
2 - 4 kHz	13%	10	16%	7	29%	2

De indeling in orkestrzones operationaliseert de koppeling tussen plaats in het orkest, het bespeelde instrument en het geluidniveau. De gemiddelde leeftijd en expositie-duur per zone in het symfonie orkest zijn nagenoeg gelijk (hoofdstuk 6), met uitzondering van zone 2 met een ongeveer 5 jaar lagere leeftijd en expositieduur.

Figuur 9.2 geeft de percentages met een beroepshandicap in het totale frequentiegebied voor de orkestrzones in het symfonie orkest.

orkestrzone



Figuur 9.2.

Percentage musici met een beroepshandicap per orkestrzone. Symfonie orkest.

Er ontstaat in figuur 9.2 een beeld dat ongeveer vergelijkbaar is met de percentages afwijkende audiogrammen bij 4 kHz per orkestrzone na HL25-correctie (hoofdstuk 8, tabel 8.6).

9.4. Het effect van de expositie, de beroepsziekte

9.4.1. Het effect van de expositie

De percentages musici van symfonie orkest en harmonie orkest, waarbij op individueel niveau de expositie aan orkestgeluid resp. geen, waarschijnlijk en zeker effect op het gehoorverlies heeft gehad, zijn weergegeven in tabel 9.4.

Tabel 9.4.

Percentages en aantallen musici van symfonie orkest en harmonie orkest waarvan de expositie aan orkestgeluid resp. "geen effect", "waarschijnlijk effect" en "zeker effect" heeft gehad op het gehoorverlies bij 2, 3, 4 en 6 kHz en over beide oren.

	symfonie orkest		harmonie orkest	
	%	#	%	#
geen effect	22 %	28	3 %	1
wsch. effect	62 %	79	46 %	19
zeker effect	16 %	20	51 %	21

Aangezien gecorrigeerd is met behulp van de HL10 van de ISO 7029 heeft 10 % van de referentiepopulatie eveneens een "expositie effect". Derhalve heeft 6 % van de musici van het symfonie orkest en 41 % van de musici van het harmonie orkest een gehoorafwijking die zeker aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven.

Indien de musici van het symfonie orkest worden verdeeld in strijkers, blazers en slagwerkers, blijkt dat bij de strijkers 12 % (dus 2 %) van de gehoorverliezen zeker aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven, 23 % (dus 13 %) bij de blazers en 14 % (dus 4 %) bij de slagwerkers (tabel 9.5). De geringe celomvang bij de slagwerkers maakt conclusies bij deze groep niet mogelijk.

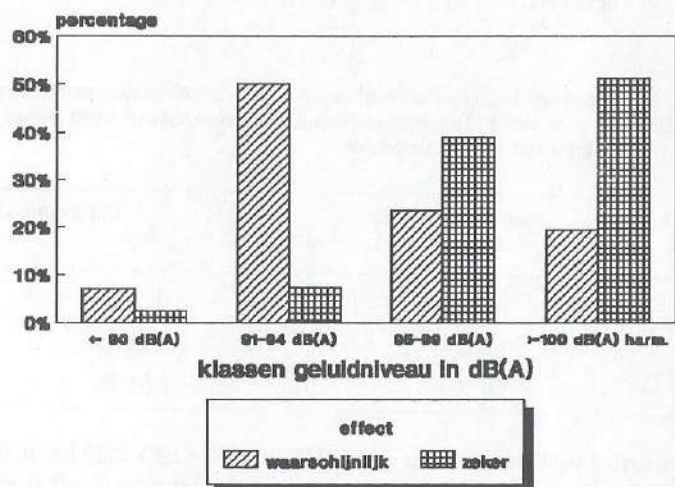
Tabel 9.5.

Percentages en aantallen musici van symfonie orkest, verdeeld over strijkers, blazers en slagwerkers waarvan de expositie aan orkestgeluid resp. "geen effect", "waarschijnlijk effect" en "zeker effect" heeft gehad op het gehoorverlies bij 2, 3, 4 en 6 kHz en over beide oren.

	strijkers		blazers		slagwerk	
	%	#	%	#	%	#
geen effect	23 %	17	23 %	10	15 %	1
wsch. effect	65 %	49	54 %	23	71 %	5
zeker effect	12 %	9	23 %	10	14 %	1

Deze procentuele verhoudingen zijn min of meer in overeenstemming met eerdere resultaten volgens het criterium van een gehoorafwijking bij 4 kHz (zie hoofdstuk 8).

Uit figuur 9.3 blijkt dat het percentage musici waarvan het gehoorverlies met zekerheid aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven, toeneemt met de toename van het geluidsniveau.



Figuur 9.3. Procentuele verdeling per klasse geluidsniveau van het gehoorverlies dat resp. waarschijnlijk en zeker aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven. **Totale populatie.** De klasse ≥ 100 dB(A) betreft het harmonie orkest.

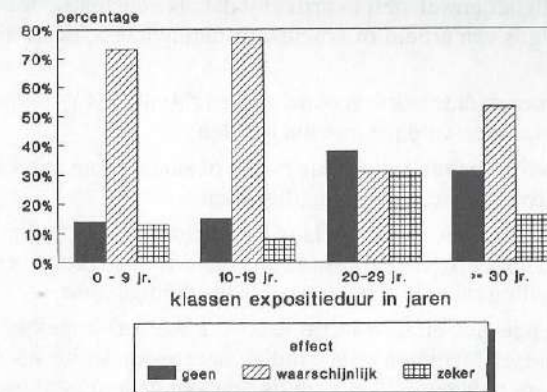
Duidelijk is te zien dat het percentage waarvan met zekerheid het gehoorverlies aan de expositie aan orkestgeluid mag worden toegeschreven, toeneemt met het toename van het geluidsniveau. De gemiddelde expositieduur per geluidsniveaукlasse is ongeveer gelijk (zie hoofdstuk 7, deel 7.3.2: De expositiematen).

De invloed van de expositieduur op de gehoorbeschadiging is weergegeven in figuur 9.4 (zie ook bijlage hoofdstuk 9, tabel 3). Het geluidsniveau per klasse expositieduur is ongeveer gelijk (zie hoofdstuk 7, deel 7.3.2: De expositiematen).

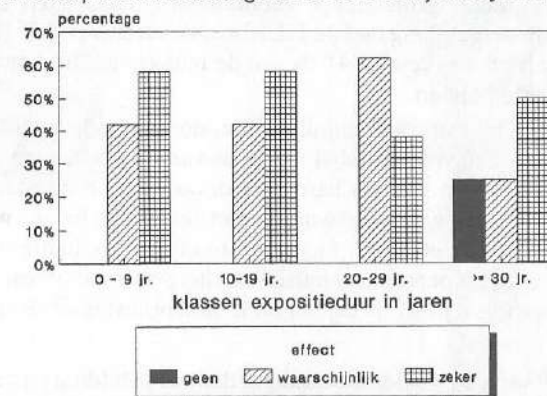
In het symfonie orkest is een toename van het percentage musici dat met toename van het aantal expositiejaren geen effect van expositie aan orkestgeluid ondervindt. Evenzo is er een afname van het percentage musici waarbij met de toename van het aantal expositiejaren waarschijnlijk een effect van expositie aan orkest geluid merkbaar is.

De piek van het percentage musici van het symfonie orkest waarvan het gehoorverlies zeker aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven ligt bij een expositieduur van 20-29 jaar, in plaats van bij een expositieduur van 30 jaar en langer. Dit hangt mogelijk samen met het reeds eerder beschreven "healthy worker" effect: musici met

grote gehoorverliezen komen in de groep met de langste expositieduur niet meer voor.



Figuur 9.4a. Procentuele verdeling per klasse expositieduur van het gehoorverlies dat resp. niet, waarschijnlijk en zeker aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven. **Symfonie orkest.**



Figuur 9.4b. Procentuele verdeling per klasse expositieduur van het gehoorverlies dat resp. niet, waarschijnlijk en zeker aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven. **Harmonie orkest.**

Bij het harmonie orkest (figuur 9.4b) is een tendens te zien dat met toename van de expositieduur het percentage musici met gehoorverliezen, die waarschijnlijk aan expositie aan orkestgeluid zijn toe te schrijven stijgt, om in de klasse met de langste expositieduur weer te dalen. Het percentage musici met gehoorverlies dat zeker aan expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven blijft vrijwel stabiel. Gezien het feit dat in de klasse met de langste expositieduur het percentage met "geen effect" toeneemt, moet ook hier aan een mogelijk "healthy worker effect" gedacht worden.

Gezien de kleine aantallen in de klasse met de langste expositieduur moeten deze getallen echter met omzichtigheid geïnterpreteerd worden.

9.4.2. Beroepsziekte en stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin

De Arbeidsomstandighedenwet stelt in artikel 9 dat als een ziekte of aandoening in hoofdzaak het gevolg is van arbeid of arbeidsomstandigheden, er sprake is van een **beroepsziekte**.

Alvorens tot een beroepsziekte wordt geconcludeerd zal volgens Willems (1987) eerst aan een aantal voorwaarden voldaan moeten worden.

Er moet een **oorzakelijk verband** zijn en de ziekte of aandoening moet **in hoofdzaak** het gevolg zijn van arbeid of arbeidsomstandigheden.

Door de selectie van de onderzoekspopulatie zijn factoren buiten de arbeidssituatie zoveel mogelijk geëlimineerd. De expositie aan geluid is omschreven en gekwantificeerd, dit in tegenstelling tot vele andere arbeidsomstandigheden.

In het deel betreffende het effect van de expositie aan orkestgeluid is reeds het uitgangspunt uiteengezet dat indien bij een individuele beoordeling, na HL10-correctie een negatieve score ontstaat uit het gemiddelde van de audiogramwaarden bij 2, 3, 4 en 6 kHz over beide oren, het gehoorverlies **zeker** aan de expositie aan orkestgeluid mag worden toegeschreven. Doordat andere oorzaken bij de selectie van het onderzoeksmateriaal reeds grotendeels geëlimineerd zijn, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat in vergelijking met de HL10 van de referentiepopulatie 6 % van de musici van het symfonie orkest en 41 % van de musici van het harmonie orkest **zeker** een beroepsziekte hebben.

Gezien het feit dat ook bij een waarschijnlijk effect door geluidsexpositie een relatie met arbeid aanwezig is, zou volgens tabel 9.4 78 % van de musici van het symfonie orkest en 97 % van de musici van het harmonie orkest een beroepsziekte hebben. Daarbij moet echter rekening gehouden worden met het feit dat bij een waarschijnlijk effect 50 % en bij een zeker effect 10 % van de referentiepopulatie eveneens een "gehoorafwijking" heeft. Het percentage musici van het symfonie orkest dat derhalve een beroepsziekte heeft, is dan 28 %. Bij het harmonie orkest is 47 % van de musici.

De tekst van artikel 9 van de Arbeidsomstandighedenwet (Melding en registratie van ongevallen en beroepsziekten) spreekt in lid 4 van het lijden aan een beroepsziekte of het het gevaar lopen van de gezondheid in verband met de arbeid.

Zoals reeds in de inleiding van dit hoofdstuk en in het deel betreffende de beroepshandicap is uiteengezet zal een musicus die door zijn gehoorafwijking potentieel een beroepshandicap heeft, niet per sé arbeidsongeschikt zijn, c.q. een stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin hebben. Indien een gehoorafwijking wordt beschouwd als een ziekte of gebrek zal deze gehoorafwijking pas een stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin zijn als de musicus een zodanig gehoorverlies heeft dat hij met betrekking tot het gehoor niet meer kan voldoen aan de eisen die het orkest waarin hij speelt aan hem stelt.

De stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin, zoals door Timmer (1985) is gedefinieerd, veronderstelt een beïnvloeding van het arbeidsvermogen in negatieve zin. Dit arbeidsvermogen is onder meer opgebouwd uit beroepsvaardigheden, persoonlijkheidskenmerken en lichaamskenmerken. Elk van deze elementen kan door stoornissen in verzekeringsgeneeskundige zin worden beschadigd, zodat het arbeidsvermogen kan afnemen.

Het zal afhangen van het bespeelde instrument en de overige beroepsvaardigheden van de musicus die een gehoorverlies heeft of hij de problemen, die dit gehoorverlies met zich meebrengt, kan compenseren. Indien er naast een gehoorverlies tevens sprake is van (in hoofdstuk 3 beschreven) gestoorde frequentie-analyse, gestoorde toonhoogteschatting en diplacusis, dan zullen andere compensatiemechanismen zoals het schatten van de toonhoogte door middel van bijvoorbeeld vibraties aan de vingers of de mond of het corrigeren door middel van bepaalde lage verschiltönen vermoedelijk snel ontoereikend zijn.

9.5. Correlaties tussen diverse maten

De maat voor beroepshandicap (25 dB tussen 0.5 en 4 kHz) en mate waarin de geluidsexpositie resp. geen, waarschijnlijk en zeker effect op het gehoor heeft gehad (de "effectmaat"), geven resultaten die min of meer overeenkomen met de resultaten bij het hanteren van de criteria voor een gehoorafwijking bij 4 kHz na resp. HL50- en HL25-correctie. Met name is dit het geval bij resp. de beroepshandicap en het effect van de expositie aan orkestgeluid en de verdeling over de orkestzones van het symfonie orkest. De aldus verkregen percentages vertonen een min of meer overeenkomstig beeld met de resultaten indien als criterium voor een gehoorafwijking wordt gebruikt een negatieve waarde bij 4 kHz na HL25-correctie.

De Lafon-index heeft een hoge significante correlatie ($r = 0.70$, $p < 0.001$) met dit criterium. De "effectmaat" heeft de hoogste correlatie met het criterium na HL50-correctie ($r = 0.65$, $p < 0.001$), de maat voor een beroepshandicap heeft voor het criterium van een gehoorafwijking bij 4 kHz de hoogste correlatie met de HL10-correctie ($r = 0.65$, $p < 0.01$; met HL25-correctie $r = 0.53$, $p < 0.001$).

De berekening voor het effect van de geluidsexpositie geschiedt door het gemiddelde van de audiogramwaarden van 2, 3, 4 en 6 kHz van beide oren na HL10-correctie te berekenen. Van deze afzonderlijke frequenties hebben na resp. HL50-, HL25- en HL10-correctie de aldus ontstane audiogramwaarden bij 4 kHz de hoogste correlaties met de "effectmaat" (resp. $r = -0.77$, $r = -0.80$ en $r = -0.77$, allen $p < 0.0001$).

Ook de Lafon-index en de maat voor beroepshandicap hebben na resp. HL50-, HL25- en HL10-correctie de audiogramwaarden van alle frequenties de hoogste correlaties bij 4 kHz (Lafon resp. $r = -0.78$, $r = -0.65$ en $r = -0.51$; beroepshandicap resp. $r = -0.73$, $r = -0.62$ en $r = -0.51$, allen $p < 0.001$).

HL50-, HL25- en HL10-correctie bij 4 kHz geven derhalve een goede indicatie met betrekking tot problemen bij spraakverstaanbaarheid, mogelijke problemen in de beroepsuitoefening en het gehoorverlies dat aan de expositie aan orkestgeluid is toe te schrijven.

9.6. Samenvatting en conclusies

9.6.1. Samenvatting

Van het symfonie orkest heeft 29 % van de musici een merkbare achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid en 5 % een ernstige achteruitgang. Bij het harmonie orkest is dit resp. 71 % en 17 %. De musici van het symfonie orkest hebben een hogere gemiddelde Lafonwaarde dan op grond van de leeftijd ten opzichte van de HL50 van de referentiepopulatie verwacht mag worden. De musici van het harmonie orkest hebben een hogere gemiddelde Lafonwaarde dan zelfs op grond van de leeftijd ten opzichte van de HL25 van de referentiepopulatie verwacht mag worden. De gemiddelde Lafonwaarden van het harmonie orkest zijn hoger dan van dezelfde leeftijdsklassen van het symfonie orkest.

Musici van zowel symfonie orkest als van harmonie orkest hebben een relatief "ouder gehoor" dan de referentiepopulatie, waarbij dat van de musici van het harmonie orkest bovendien "ouder" is dan dat van de musici van het symfonie orkest.

Volgens het criterium overschrijding door het ongecorrigeerde audiogram van de 25 dB-grens tussen 0.5 en 4 kHz heeft 15 % van de musici van het symfonie orkest en 46 % van de musici van het harmonie orkest een beroepshandicap.

De procentuele verdeling van de beroepshandicap per orkestzone in het symfonie orkest is min of meer analoog aan de verdeling van de percentages musici met een gehoorafwijking bij 4 kHz na HL25-correctie.

De gehoorverliezen van de musici die met zekerheid aan de expositie aan orkestgeluid mogen worden toegeschreven zijn berekend volgens een methode die afgeleid is van Passchier-Vermeer (1987), waarbij er van wordt uitgegaan dat 10 % de referentiepopulatie van de ISO 7029 eveneens de "afwijking" heeft.

Er vindt derhalve een presbycusiscorrectie plaats met behulp van de HL10 van de ISO 7029. In die zin heeft expositie aan orkestgeluid bij 22 % van de musici van het symfonie orkest geen effect, bij 62 % waarschijnlijk effect en bij 16 % zeker effect gehad op het gehoorverlies. Bij het harmonie orkest zijn deze percentages resp. 3 %, 46 % en 51 %. Voor 6 % van de musici van het symfonie orkest en 41 % van de musici van het harmonie orkest geldt dat er zeker sprake is van een beroepsziekte. In het symfonie orkest is bij 13 % van de blazers het gehoorverlies zeker aan de expositie aan orkestgeluid toe te schrijven en bij 2 % van de strijkers.

Bij de verdeling per orkestzone van het symfonie orkest van de percentages gehoorverliezen die zeker aan de expositie aan orkestgeluid zijn toe te schrijven, neemt dit percentage toe met de toename van het geluidniveau per zone.

Zowel de procentuele verdeling over de instrumentgroepen als over de orkestzones geeft een min of meer analoog beeld te zien als bij het gebruik van het criterium voor een gehoorafwijking indien een negatieve score bij 4 kHz na HL25-correctie resteert.

Noch het hebben van een beroepsziekte noch het hebben van een beroepshandicap betekent dat er sprake is van een stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin.

Of het arbeidsvermogen in negatieve zin is beïnvloed hangt af van compensatiemogelijkheden in de beroepsvaardigheid van de desbetreffende musicus. Of er sprake is van een stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin is een geheel individuele zaak. Wel moet op theoretische en empirisch geschatte gronden (zie hoofdstuk 3, deel 3.6: signaal-ruis verhouding) een musicus met de in dit onderzoek gedefiniëerde beroepshandicap in meerdere of mindere mate problemen ondervinden met het waarnemen van klanken in zijn of haar beroep. Hoe groot deze problemen zijn op individueel niveau is op basis van deze studie niet aan te geven.

9.6.2. Conclusies

De musici van het harmonie orkest hebben een grotere mate van voorkomen van een ernstige achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid dan de musici van het symfonie orkest. De gemiddelde leeftijd en expositieduur van beide orkesten zijn ongeveer gelijk. In het symfonie orkest zal men met betrekking tot de gemiddelde Lafonwaarden pas in de leeftijdsklasse van 50 jaar en ouder een merkbare achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid ondervinden, terwijl dit in het harmonie orkest al vanaf de jongste leeftijdsklasse het geval is.

Het verschil in de mate van voorkomen kan hoogstwaarschijnlijk verklaard worden door de expositie aan hogere geluidniveaus in het harmonie orkest. Dit wordt min of meer bevestigd door het feit dat per dezelfde leeftijdsklasse de gemiddelde Lafonwaarden van de musici van het harmonie orkest hoger zijn dan die van het symfonie orkest.

De musici van beide orkesten hebben een relatief "ouder gehoor" dan op grond van de leeftijd verwacht mag worden.

Op grond van dezelfde overwegingen is het verschil in voorkomen van een beroepshandicap verklaarbaar. De procentuele verdeling van musici met een beroepshandicap in het symfonie orkest correspondeert min of meer (bij vergelijkbare gemiddelde leeftijd en expositieduur) met het geluidniveau in de orkestzones.

Het effect van de expositie aan orkestgeluid is dat bij 6 % van de musici van het symfonie orkest en 41 % van de musici van het harmonie orkest zeker een door deze expositie veroorzaakt gehoorverlies is opgetreden. Als zodanig is er zeker sprake van een beroepsziekte. De mate waarin dit effect optreedt is afhankelijk van de hoogte van het geluidniveau en bij het symfonie orkest tevens afhankelijk van de expositieduur. Ook hier is in het symfonie orkest het reeds eerder beschreven "healthy worker effect" vermoedelijk aanwezig: het hoogste percentage is aanwezig in de één na hoogste expositieduurklasse, om in de hoogste klasse weer te dalen.

Bij een beroepsziekte is het afhankelijk van het bespeelde instrument, de compensatiemogelijkheden in de beroepsvaardigheden en het al dan niet optreden van oorpathologie of dit voor de desbetreffende musicus een echte beroepshandicap betekent.

HL25-correctie bij 4 kHz geeft over het algemeen de beste correlaties met betrekking verstoorde spraakverstaanbaarheid, beroepshandicap en effect van geluidexpositie. Het heeft dan ook de voorkeur om deze wijze van effectbepaling te gebruiken bij wetenschappelijk onderzoek alsook bijvoorbeeld in de bedrijfsgezondheidskundige praktijk.

Hoofdstuk 10

Beleving van de geluidexpositie in het symfonie orkest

10.1.1. Inleiding

Geluidmetingen in beide orkesten hebben aangetoond dat de geluidsniveaus schadelijk genoemd kunnen worden (zie hoofdstuk 4). De expositie aan deze niveaus heeft bij een zeker deel der musici een gehoorafwijking tot gevolg.

Wat is nu de risicobeleving der musici omtrent de geluidsniveaus waaraan zij geëxposeerd zijn? Zijn zij zelf van mening aan te hoge niveaus te zijn geëxposeerd en daar op den duur gehoorschade door te krijgen?

Het antwoord op deze vragen kan een aangrijpingspunt zijn voor preventie van gehoorschade. Indien blijkt dat het probleem leeft onder de musici zal dit een vruchtbaarder bodem zijn voor preventie activiteiten dan wanneer blijkt dat het probleem van de hoge geluidsniveaus en de eventuele gehoorschade hen onverschillig laat.

Teneinde dit te onderzoeken is door middel van een vragenformulier nagegaan wat de meningen zijn van de musici van het symfonie orkest met betrekking tot de geluidsniveaus, de eventuele gehoorschade en de gewenste periodiciteit van audiometrie.

10.1.2. De vragenlijst

Onder de musici van het symfonie orkest werd een vragenlijst verspreid (zie bijlage hoofdstuk 10), met als doel te inventariseren wat de meningen der musici waren omtrent de luidheid van diverse zalen, muziekstukken, schadelijkheid van geluidsniveaus, de mogelijke gevolgen hiervan voor het gehoor en de beroepsuitoefening, of men reeds eerder audiometrisch onderzocht was, de plekken in het orkest met het hoogste en het laagste geluidsniveau en de gewenste periodiciteit van audiometrisch onderzoek.

Daarnaast werden de persoonskenmerken zoals leeftijd, geslacht, geboortedatum, instrument en jaar van indiensttreding gevraagd. Een waarborg voor anonimiteit werd eveneens gegeven.

De vragenlijst is ontworpen in samenwerking met musici uit diverse instrumentgroepen en de afdeling Epidemiologie van de GG & GD van 's-Gravenhage (hoofd van de afdeling: H.J. Nijhuis, arts-epidemioloog).

De proefversies van de vragenlijst werden door 12 personen met een tussentijd van twee maanden twee maal ingevuld. Slechts één persoon beantwoorde de tweede maal afwijkend van zijn vorige beantwoording. Dit betrof een verwisseling van de tweede

en de derde plaats van vraag 5. Derhalve mag geconcludeerd worden dat de beantwoording van de vragenlijst goed reproduceerbaar lijkt.

10.1.3. De onderzoekspopulatie en de respons

De onderzoekspopulatie met betrekking tot de vragenlijst bestaat uit de leden van het symfonie orkest die allen in het seizoen 1984 - 1985 werkten aan het volgende programma:

Wagenaar	Ouverture Cyrano de Bergerac
Busoni	Violonconcert
Schubert	Symfonie nr.3 D-dur
Strauss Jr.	Wo die Zitronen blüh'n
	Perpetuum Mobile
	Ouverture der Zigeunerbaron
	<i>(...en het concert eindigde, zoo als een deugdzzaam concert behoort eindigen, met eene ouverture.)</i>
	<i>Hildebrand, De Familie Kegge. "Een concert".)</i>

Het aantal musici dat aan deze uitvoeringen deel nam was in totaal 94.

Op de vragenlijst kwam een respons van 81 personen (86 %). Van de 81 geretourneerde vragenlijsten waren 10 onbruikbaar door taalbarrière (4), onvolledig invullen (3) of weigering (3). De 13 non-respondenten gaven als redenen voornamelijk op het nut van de vragenlijst niet in te zien of deze niet representatief voor de orkestproblematiek te achten.

10.2. Algemene resultaten

Van de 71 personen van de uiteindelijke onderzoekspopulatie hebben 21 personen (30 %) geen audiometrisch onderzoek en 50 personen (70 %) wel audiometrisch onderzoek gehad. Controle van het antwoord op de vraag of men ooit audiometrisch onderzocht was, door middel van het nazoeken van het audiogram in de bedrijfsgezondheidskundige status van de respondent, leverde op dat bij 51 personen (72 %) audiometrie was verricht.

Indien echter gevraagd wordt door wie audiometrisch onderzoek is gedaan, verschijnt het beeld van tabel 10.1.

Tabel 10.1.
Audiometrisch onderzoek volgens respondenten.

onderzoek door	%	n
geen	24	17
bedrijfsarts	61	43
KNO-arts	7	5
huisarts	1	1
anderen	7	5

Dan blijkt dat 17 personen van mening zijn nooit eerder audiometrisch onderzocht te zijn (i.t.t. 20 personen in werkelijkheid) en 43 personen menen door de bedrijfsarts geaudiometreerd te zijn (i.t.t. 51 personen in werkelijkheid).

Geconcludeerd mag worden dat de anamnese met betrekking tot de vraag door wie reeds eerder audiometrisch onderzoek is verricht, niet geheel betrouwbaar is.

Op de vraag wat de gewenste periodiciteit van audiometrie is, wordt door 10 personen geantwoord dat audiometrie niet nodig is. De piek ligt bij ieder jaar audiometrie gewenst (tabel 10.2). Deze wens komt overeen met de door de Arbeidsinspectie geadviseerde periodiciteit bij de geluidniveaus in het symfonie orkest.

Tabel 10.2.
Gewenste periodiciteit audiometrie.

periodiciteit	%	n
geen audiometrie	14	10
elk half jaar	4	3
elk jaar	41	29
1 maal per 2 jaar	25	18
1 maal per 3 jaar	16	11

Of men van mening is aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, daar op den duur een gehoorafwijking door te krijgen of daardoor problemen in de uitoefening van het beroep te krijgen, is weergegeven in tabel 10.3.

Tabel 10.3.
Aantallen en percentages musici dat van mening is aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, een gehoorafwijking te krijgen of problemen in de beroepsuitoefening te krijgen.

	%	n
te hoog niveau	83	54
gehoorafwijking	34	24
problemen	34	24

Het merendeel (42 %) van de ondervraagden die van mening zijn wel een gehoorafwijking te krijgen, denkt dit na een expositieduur van 20-29 jaar te krijgen.

Indien aan de musici wordt gevraagd welke zaal het hoogste geluidniveau heeft met betrekking tot de uitvoering van de genoemde composities, dan is 82 % van de musici van mening dat de Nieuwe Kerk de zaal met het hoogste geluidniveau is en 18 % van mening dat dit de Leidse Stadsgehoorzaal is. Uit geluidniveaumetingen blijkt echter dat de Nieuwe Kerk op de derde plaats komt achter de Leidse Stadsgehoorzaal en het Amsterdamse Concertgebouw (zie hoofdstuk 4, tabel 4.5). De verschillen in geluidniveau zijn echter gering.

Wordt gevraagd naar de zaal met het laagste geluidniveau, dan noemt 59 % van de musici de Prins Willem Alexanderzaal en 31 % het Amsterdamse Concertgebouw (9 % heeft geen mening). De subjectieve indruk van de meerderheid der musici

met betrekking tot de zaal met het laagste geluidniveau komt overeen met de resultaten van de geluidmetingen (zie hoofdstuk 4, tabel 4.5).

10.3. De instrumentgroepen en de orkestzone

De verdeling van de onderzochte populatie met betrekking tot het vragenformulier komt qua verhouding tussen strijkers (n=42, 59 %), blazers (n=25, 35 %) en slagwerkers (n=4, 6 %) overeen met de grote onderzoekspopulatie van het symfonie orkest (strijkers 60 % blazers 34 % en slagwerkers 6 %).

De meningen aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, daar op den duur een gehoorafwijking door te krijgen of daardoor problemen in de beroepsuitoefening te krijgen, zijn weergegeven in tabel 10.4.

Tabel 10.4.
Aantallen en percentages musici per instrumentgroep dat van mening is aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, een gehoorafwijking te krijgen of problemen in de beroepsuitoefening te krijgen.

	strijkers		blazers		slagwerkers	
	%	#	%	#	%	#
te hoog niveau	79	33	92	23	50	2
gehoorafwijking	24	10	56	14	0	0
problemen	24	10	52	13	0	0

De meningen aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, zelf op een plaats met een te hoog geluidniveau te zitten, op den duur een gehoorafwijking te krijgen, en de mening op den duur problemen in de beroepsuitoefening te krijgen, verdeeld per zone, zijn weergegeven in tabel 10.5.

De mening aan een te hoog geluidniveau te worden blootgesteld volgt grotendeels de geluidniveaus zoals die per zone gemeten zijn (zie hoofdstuk 4). De musici van zone 6 zijn procentueel het minste de mening toegedaan aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld. Zij zitten echter "achter het geluid" dat zij zelf produceren. De verschillen tussen de zones met betrekking tot de mening omtrent een te hoog geluidniveau zijn echter niet significant (Chi²-toets op onafhankelijkheid in Contingency-tabel, p = 0.15).

Naarmate men meer naar achteren op het podium zit is men procentueel vaker van mening zèlf op een plaats met een te hoog geluidniveau te zitten. De uitzondering vormt hier wederom zone 6, waarvan de musici procentueel het minst van mening zijn op zo'n plaats te zitten. De geconstateerde verschillen zijn significant ($p < 0.05$).

Tabel 10.5.

Aantallen en percentages musici per orkestzone die van mening zijn aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, zelf op plaats met te hoog geluidniveau te zitten, op den duur een gehoorafwijking te krijgen, en op den duur problemen in het beroep te krijgen.

orkestzone	te hoog niveau		plaats hoog		gehoor afwijking		problemen in beroep	
	%	#	%	#	%	#	%	#
zone 1	75	12	38	6	19	3	19	3
zone 2	70	7	50	5	30	3	30	3
zone 3	94	17	72	13	33	6	33	6
zone 4	100	5	80	4	60	3	40	2
zone 5	93	14	73	11	53	8	53	8
zone 6	57	4	14	1	14	1	29	2

Met de toename van het geluidniveau per zone stijgt het percentage musici dat van mening is op den duur een gehoorafwijking te krijgen. Dit is eveneens het geval met de mening per orkestzone op den duur problemen in de beroepsuitoefening te zullen krijgen door de expositie aan orkestgeluid. In beide gevallen zijn de verschillen tussen de zones echter niet significant (resp. $p = 0.81$ en $p = 0.61$).

10.4. Samenvatting en conclusies

10.4.1. Samenvatting

Aan 94 musici van het symfonie orkest is door middel van een vragenformulier de mening gevraagd omtrent de mogelijke schadelijke invloed van de expositie aan de geluidniveaus in het symfonie orkest, of hier op den duur een gehoorafwijking door kan ontstaan en of hierdoor problemen in de beroepsuitoefening kunnen ontstaan. Tevens is gevraagd naar de gewenste periodiciteit van de audiometrie.

In totaal waren 71 vragenlijsten (76 %) geschikt voor analyse.

De anamnese met betrekking tot door wie eerder audiometrisch onderzoek werd verricht is niet geheel betrouwbaar.

De gewenste periodiciteit van audiometrie is gemiddeld één maal per jaar.

In 83 % van de gevallen is men van mening aan te hoge geluidniveaus te zijn blootgesteld, maar slechts 34 % van de musici is van mening daar zèlf op den duur een gehoorafwijking door te krijgen. Eveneens 34 % is van mening op den duur problemen problemen in de beroepsuitoefening te krijgen.

De procentuele verdeling van de onderzochte populatie over de instrumentgroepen is dezelfde als bij de totale populatie van het symfonie orkest. Van de instrumentgroepen zijn de blazers in 92 % van de gevallen van mening aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, tegen de strijkers in 79 % van de gevallen.

Van de blazers is 56 % van mening op den duur gehoorafwijkingen te krijgen en 52 % problemen in de beroepsuitoefening. Bij de strijkers is dit in beide gevallen 24 %.

Bij de indeling in orkestzones stijgen de percentages met betrekking tot de drie bovenvermelde meningen met de toename van het geluidniveau per zone, om in zone 6 (trombones en slagwerk) weer te dalen. De musici van zone 6 zitten echter "achter het geluid" dat zij zelf produceren.

10.4.2. Conclusies

Voor wat betreft de procentuele verhouding tussen de instrumentgroepen van de door middel van de vragenlijst onderzochte populatie is deze representatief voor de totale onderzoekspopulatie van het symfonie orkest.

Het besef aan te hoge geluidniveaus te zijn blootgesteld, leeft bij 83 % van de musici. Echter, slechts 34 % is van mening hierdoor op den duur een gehoorafwijking door te krijgen en 32 % zodanig dat dit op den duur problemen zal geven in de beroepsuitoefening.

Het probleem van expositie aan te hoge geluidniveaus leeft wel, maar het besef met betrekking tot het risico op gezondheidsschade lijkt minder aanwezig, evenals het besef met betrekking tot de consequenties voor het beroep van musicus. Dit besef kan mogelijk ingegeven zijn door het feit dat slechts weinig (4 %) van de 159 musici

in de periode 1980 - 1988 wegens een verminderd gehoor geïnvaleerd zijn. Hierdoor kan de indruk ontstaan dat het met het risico wel zal meevallen.

Objectief heeft 15 % van de populatie van het symfonie orkest een zodanige gehoorafwijking, dat problemen in de beroepsuitoefening te verwachten zijn (hoofdstuk 9, deel 9.3: de beroepshandicap). De mening op den duur problemen te krijgen is echter bij 32 % van de musici aanwezig.

De individuele musicus zelf kan zijn eigen kans op problemen in de beroepsuitoefening moeilijk bepalen, maar als geheel is de onderzochte populatie twee maal zo hoog van mening op den duur door gehoorvermindering problemen in het beroep te krijgen dan objectief het geval is. Of deze 32 % inderdaad problemen zullen krijgen is echter een open vraag.

De mening aan te hoge geluidniveaus te zijn blootgesteld, op den duur een gehoorafwijking of problemen in de beroepsuitoefening te krijgen neemt overigens toe met de toename van het geluidniveau waaraan men is blootgesteld.

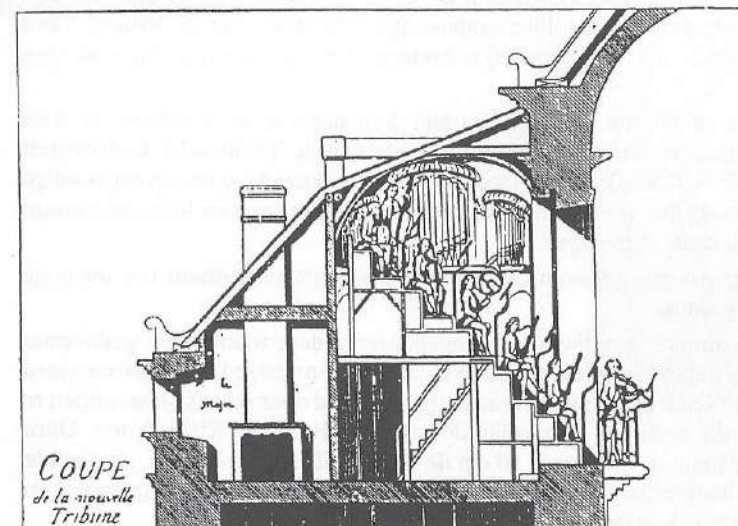
Hoofdstuk 11

Bouwkundige aspecten van preventie

11.1. Inleiding

In de literatuurbespreking (hoofdstuk 2) is reeds gewezen op de mogelijke bouwkundige preventieve maatregelen (zie 2.3.3.1. Bouwkundige aspecten). Axelsson (1981) adviseert schotten tussen de meest luidruchtige secties. Westmore (1981) en Axelsson (1981) pleiten voor een steiler podium, zodat het geluid wel ongehinderd de zaal bereikt, maar niet in alle hevigheid de musici die vooronder de blazers zitten. Westmore (1981) stelt dat waar dit is gerealiseerd, de klachten van musici met betrekking tot hoge geluidniveaus vrijwel zijn verdwenen. Geen van de genoemde auteurs onderbouwt de beweringen echter met meetresultaten.

Het steile podium is niet nieuw. Sedert de 18^e eeuw komt deze orkestopstelling incidenteel voor (figuur 11.1).

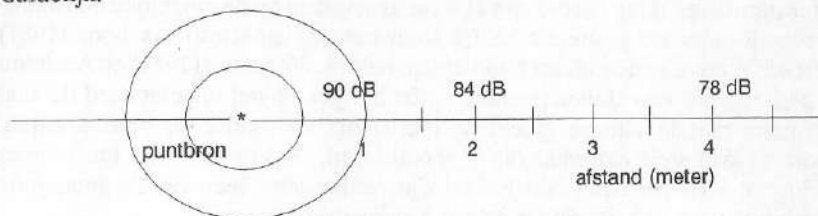


Figuur 11.1.

De orkestopstelling van Chapelle du Roi in het Chateau de Fontainebleau. Naar Metoyen (1773).

De geluidmetingen, zoals vermeld in hoofdstuk 4, betreffen het gehele orkest. Voor het meten van het geluidniveau van een enkel instrument is een andere meetopstelling noodzakelijk. De gedachte achter het meten van het geluidniveau van een enkel instrument is dat reductie van de geluidbelasting bereikt kan worden door de afstand tot de geluidbron te vergroten, of door de geluidbron af te schermen.

Geluid dat zich vanuit een puntbron voortplant in het vrije veld verzwakt met 6 dB bij iedere verdubbeling van de afstand tot de geluidbron. Figuur 11.2 maakt dit duidelijk.



Figuur 11.2.

Verzwakking van het geluidniveau op diverse afstanden van de puntbron in het vrije veld (naar v.d. Berg 1985).

11.2.1. Meetopstelling en meetmethode

Een muziekinstrument in een concertzaal is echter moeilijk voor te stellen als een puntbron. Teneinde de twee mogelijke aanpassingen (vergroten van de afstand of een steiler podium, al dan niet met schotten) te onderzoeken zijn twee meetopstellingen gerealiseerd.

Teneinde de afname van het geluidniveau met de afstand te onderzoeken werd na overleg met de afdeling Technische Natuurkunde van de Technische Universiteit Delft (Prof. Dr Ir F.A. Bilsen) voor een meetopstelling gekozen die het op eenvoudige wijze mogelijk maakt de verzwakking van het geluidniveau van een blaasinstrument over de afstand in kaart te brengen.

Als blaasinstrument werd gekozen de trompet, een koperinstrument dat tot hoge geluidniveaus in staat is.

Het is voor een trompettist vrijwel niet mogelijk om iedere toonhoogte gedurende enige tijd op exact hetzelfde geluidniveau te blazen als een vorige keer. Daarom werd het optreden van wisselende geluidniveaus uitgeschakeld door steeds 30 seconden te laten blazen en door middel van geluidsdosimeters (Bruel & Kjaer Noise Dose Meter 4428) op afstanden van steeds 50 cm de LEX in dB(A) te bepalen. Zodoende wordt per keer alleen de afname van het geluidniveau over de afstand gemeten en speelt de ongelijkheid van geluidniveau per meetperiode geen rol.

Voor het meten van de afname van het geluidniveau met de afstand tot het blaasinstrument is een meetruimte gebruikt van ongeveer 25 bij 30 bij 3,50 meter. De vloer is bekleed met tapijt, de wanden grotendeels met gordijnen, deels met grof textielbehang. Het plafond is bekleed met acoustisch dempende plafondplaten. De meetopstelling was in het midden van de zaal.

Gekozen werd voor een meetopstelling van dosimeters, op iedere 50 cm geplaatst op statieven met de microfoons op dezelfde hoogte als de beker van de trompet.

Vóór iedere meting werden de meters geijkt volgens de door de fabrikant voorgescreven methode en met de door de fabrikant geleverde apparatuur.

Gemeten werd in drie richtingen: 0° (in het verlengde van de meterrij), 45° en 90° aan een zijde ten opzichte van de meterrij.

De metingen werden in deze drie richtingen verricht op vijf natuurtonen van de trompet: C1, G1, C2, E2 en G2.

De meters werden gelijktijdig ingeschakeld en na 30 seconden geluid weer afgelezen. De scores werden volgens de door de fabrikant geleverde nomogrammen omgerekend naar LEX-niveaus. De geluidniveaus werden genoteerd in dB(A) en in afname ten opzichte van de eerste dosimeter op 50 cm afstand van de bron.

11.2.2. De podiumaanpassing

Bij de meetopstelling op het podium van een concertzaal werd dezelfde trompettist met dezelfde trompet geplaatst op de gebruikelijke plaats van een trompettist in een symfonie orkest.

Dosimeters werden opgesteld op iedere 50 cm op dezelfde horizontale lijn als de beker van de trompet. Tevens werden dosimeters opgesteld op oorhoogte van een musicus vóór de trompettist, alsmede op kniehoogte en op vloerhoogte (teneinde meer "verdiepingen" te simuleren, zie figuur 11.5).

Er waren vier verschillende meetopstellingen:

1. Gebruikelijk podiumhoogteverschil van 15 cm, zonder schot.
2. Gebruikelijk podiumhoogteverschil van 15 cm, met schot.
3. Podiumhoogteverschil van 50 cm, zonder schot.
4. Podiumhoogteverschil van 50 cm, met schot.

Een schot van 85 cm hoog werd voor de trompettist geplaatst, zodanig dat dit in het horizontale vlak ruim onder de hoogte van de beker van het instrument kwam. Het schot was aan beide zijden bekleed met acoustisch dempend materiaal (laagpolig wol).

Er werd steeds gemeten in één richting, in het verlengde van de rij dosimeters. De meetprocedure was verder gelijk aan het vorige experiment.

11.3. De meetresultaten

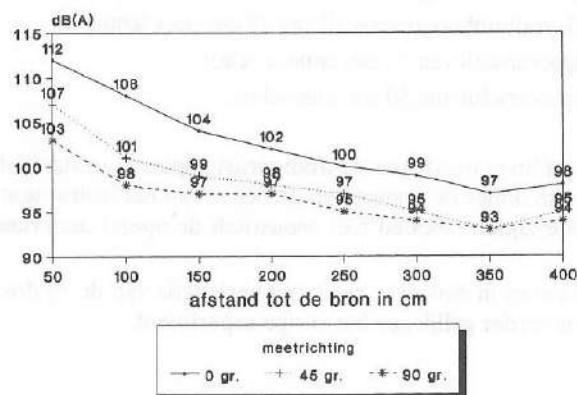
11.3.1. De afname met de afstand

De gemiddelde geluidniveaus in dB(A) (LEX) van de vijf toonhoogten over de richtingen 0°, 45° en 90° zijn weergegeven in tabel 11.1 en figuur 11.3. In tabel 11.1 is tevens de afname van het geluidniveau weergegeven.

Tabel 11.1.

Gemiddelde waarden en afname (vanaf de bron) per 50 cm in dB(A) (LEX) van 5 toonhoogten onder 0°, 45° en 90°.

afstand	meetrichting								
	0°			45°			90°		
	x	sd	afn.	x	sd	afn.	x	sd	afn.
50 cm	112	2.5	-	107	4.1	-	103	3.0	-
100 cm	108	3.2	4	101	2.9	6	98	2.8	5
150 cm	104	3.4	8	99	2.9	8	97	2.7	6
200 cm	102	3.0	10	98	3.1	9	97	2.4	6
250 cm	100	2.6	12	97	3.0	10	95	2.6	8
300 cm	99	3.1	13	95	2.6	12	94	2.6	9
350 cm	97	2.4	15	93	2.7	14	93	3.3	10
400 cm	98	3.3	14	95	2.5	12	94	2.4	9



Figuur 11.3.

Gemiddelde waarden en afname per 50 cm in dB(A) (LEX) van 5 toonhoogten bij 0°, 45° en 90°.

Uit de meetresultaten blijkt een afname van het geluidniveau tot 3.5 meter, daarna gaat een galmveld optreden. Op een afstand van 3.5 meter is er een afname van 10-15 dB(A), maar blijkt nog steeds een schadelijk geluidniveau aanwezig te zijn. Zodanige vergroting van de afstand op het podium dat er een niveau van minder dan 80 dB(A) zal zijn zal tot onwerkbaar podiumafmetingen leiden.

11.3.2. De podiumopstelling

De meetresultaten van de podiumopstelling met een podiumhoogteverschil van 15 cm (de gangbare opstelling) alsmede met een schot van 85 cm hoogte vóór de trompettist, zijn weergegeven in tabel 11.2 en figuur 11.4.

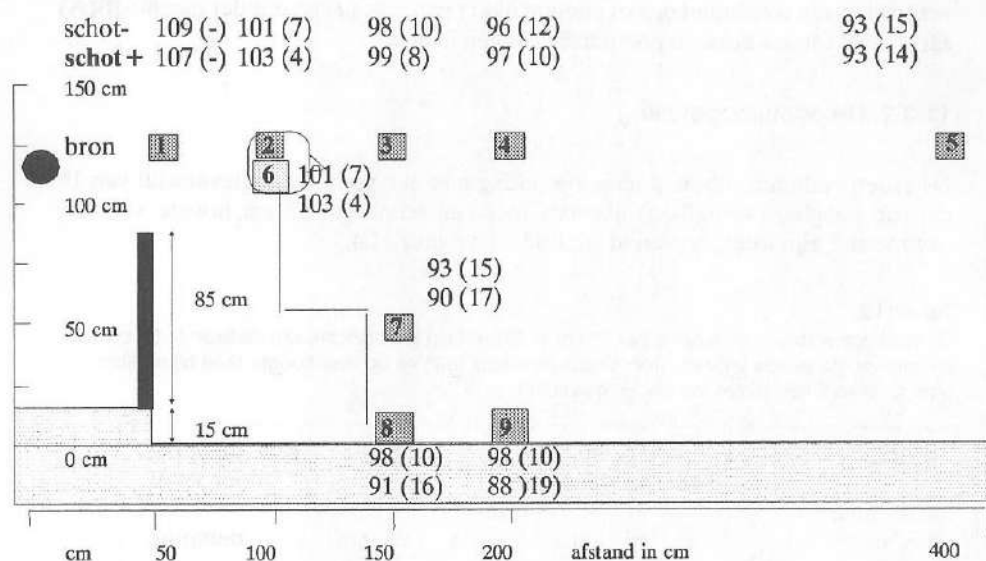
Tabel 11.2.

Gemiddelde waarden en afname per 50 cm in dB(A) (LEX) ten opzichte van de bron (1-5), op oor- en kniehoogte van de vóór de bron zittende musicus (6-7) en op vloerhoogte (8-9) bij podiumhoogteverschil van 15 cm, zonder en met schot.

meetpunt	opstelling zonder schot			opstelling met schot			gem. demping door schot
	x	sd	afn.	x	sd	afn.	
horizontaal t.o.v. bron							demping
1. 50 cm	108	1.4	-	107	1.2	-	-
2. 100 cm	101	2.0	7	103	0.9	4	-3
3. 150 cm	98	3.2	10	99	1.8	8	-2
4. 200 cm	96	0.6	12	97	1.1	10	-2
5. 400 cm	93	1.4	15	93	1.4	14	-1
6. oorhoogte	101	1.4	7	103	1.1	4	-3
7. kniehoogte	93	1.5	15	90	1.4	17	2
8. voet (vloer)	98	1.9	10	91	1.9	16	6
9. vloer 200 cm	98	2.1	10	88	2.0	19	9

De horizontale geluidafname (meter 1-5) ten opzichte van de bron is ongeveer gelijk aan de experimentele opstelling zoals beschreven in de vorige paragraaf 11.3.1. Bij een podiumhoogteverschil van 15 cm doet de aanwezigheid van een schot er niet veel toe.

Dit geldt ook voor het geluidniveau op oorhoogte (meter 6) van de vóór de bron zittende musicus. Verder schuin naar beneden (meter 7, 8 en 9) is er met schot wel een grote afname van het geluidniveau ten opzichte van de gangbare podiumopstelling zonder schot te zien.



legenda

meter met nummer

schot - : zonder schot schot + : met schot

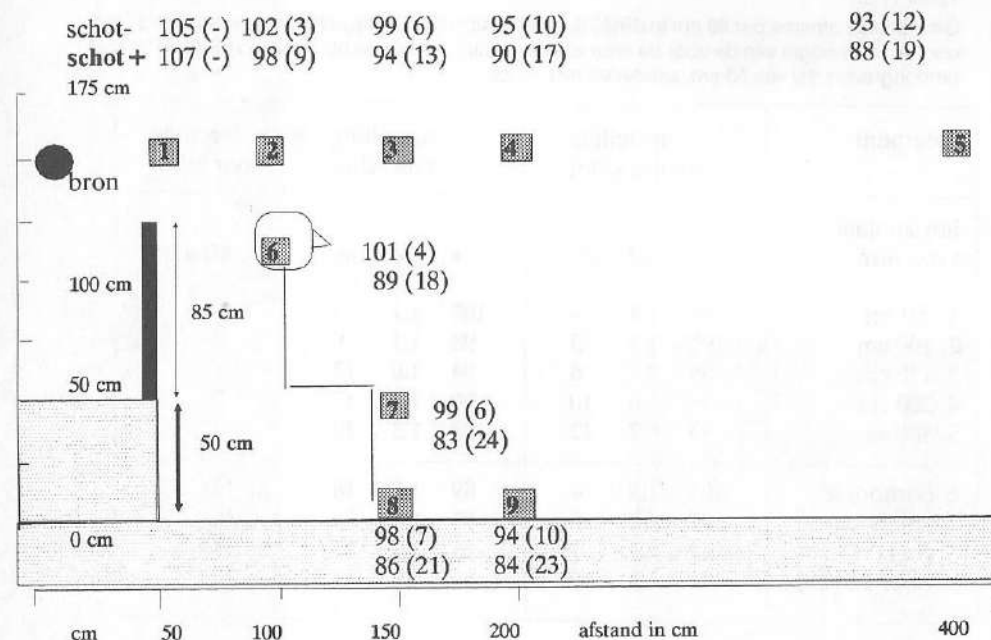
90 (10) : Lex waarde in dB(A) en (afname)

Figuur 11.4.

Gemiddelde waarden en afname per 50 cm in dB(A) (Lex) ten opzichte van de bron (1-5), op oor- en kniehoogte van de vóór de bron zittende musicus (6-7) en op vloerhoogte (8-9) bij podiumhoogteverschil van 15 cm, zonder en met schot.

De meetresultaten van de podiumopstelling met een podiumhoogteverschil van 50 cm, met en zonder een schot, zijn weergegeven in tabel 11.3 en figuur 11.5.

Uit deze meetopstelling blijkt dat alleen podiumverhoging tot 50 cm verschil geen wezenlijke verlaging van het geluidniveau voor de vóór de bron zittende musicus teweeg brengt. Combinatie met plaatsing van een schot van 85 cm hoogte, bekleed met acoustisch dempend materiaal, doet dit wel. Op oorhoogte brengt dit een reductie van 18 dB(A) teweeg, tegen een reductie van 7 dB(A) bij de normale podiumopstelling. Op knie- en vloerhoogte (geëxtrapoleerde oorhoogten van de verder lager en naar voren zittende musici) geeft dit zelfs een reductie van 21-24 dB(A) en kan een Lex niveau onder de 85 dB(A) bereikt worden.



legenda

meter met nummer

schot - : zonder schot schot + : met schot

90 (10) : Lex waarde in dB(A) en (afname)

Figuur 11.5.

Gemiddelde waarden en afname per 50 cm in dB(A) (Lex) ten opzichte van de bron (1-5), op oor- en kniehoogte van de vóór de bron zittende musicus (6-7) en op vloerhoogte (8-9) bij podiumhoogteverschil van 50 cm, zonder en met schot.

Tabel 11.3.

Gemiddelde afname per 50 cm in dB(A) (Lex) en procenten ten opzichte van de bron (1-5), op oor- en kniehoogte van de vóór de bron zittende musicus (6-7) en op vloerhoogte (8-9) bij podiumhoogteverschil van 50 cm, zonder en met schot.

meetpunt	opstelling zonder schot			opstelling met schot			gem. demping door schot
horizontaal t.o.v. bron	x	sd	afn.	x	sd	afn.	afname
1. 50 cm	105	1.4	-	107	1.4	-	-
2. 100 cm	102	1.3	3	98	1.1	9	6
3. 150 cm	99	1.1	6	94	1.0	13	7
4. 200 cm	95	1.6	10	90	1.3	17	7
5. 400 cm	93	0.7	12	88	1.3	19	7
6. oorhoogte	101	1.5	4	89	1.8	18	14
7. kniehoogte	99	1.3	6	83	1.8	24	18
8. voet (vloer)	98	1.6	7	86	1.9	21	14
9. vloer 200 cm	94	1.3	10	84	1.9	23	13

Merk op dat de meetresultaten op vloerhoogte (meter 8 en 9) mogelijk beïnvloed zijn door reflectie door de vloer.

11.4. Samenvatting en conclusies

11.4.1. Samenvatting

In de literatuur wordt gewezen op de mogelijkheid van bouwkundige preventie in de zin van een steiler orkestpodium en/of schotten ter afscherming van de meest luidruchtige secties. In die zin gaat het symfonie orkest wellicht terug naar de oorsprong van het symfonie orkest in de tweede helft van de achttiende eeuw.

Onderzoek naar de afname van het geluidniveau met de afstand geschiedde door middel van dosimetrie op steeds 50 cm afstand van de bron. Vergroten van de afstand (binnen praktische grenzen) alleen levert een behoorlijk grote, maar nog onvoldoende reductie op van het geluidniveau.

Onderzoek naar de afname van het geluidniveau op het orkestpodium bij het normale podiumhoogteverschil van 15 cm en bij plaatsing van een schot, bekleed met acoustisch dempend materiaal, van 85 cm hoogte vóór-onder de bron, levert eveneens geen adequate reductie op voor de direct daar vóór zittende musicus.

Vergroting van het podiumhoogteverschil tot 50 cm, in combinatie met bovenvermeld schot, geeft op oorhoogte van de vóór-onder de bron gezeten musicus een geluidniveau-reductie van 18 dB(A), tegen 7 dB(A) bij de gangbare podiumopstelling. Nog verder naar vóór-onder is een reductie gemeten van 21-24 dB(A) ten opzichte van de bron, tegen 10-15 dB(A) bij de gangbare orkestopstelling.

Door deze gewijzigde opstelling is het mogelijk Lex-waarden beneden 90 dB(A) en soms beneden 85 dB(A) te bereiken.

11.4.2. Conclusies

In hoofdstuk 2 (literatuur, 2.3.3.3, gehoorbescherming) is gewezen op de nadelen van gehoorbescherming bij musici. Gebruik hiervan komt neer op het creëren van een kunstmatige hoge tonen slechthorendheid. Tevens vindt bij blazers een demaskering van de beenresonantie plaats, waardoor de bedoelde toon niet meer juist wordt gepercipiëerd. Mogelijk dat in de toekomst elektronisch regelbare gehoorbescherming dit wel mogelijk maakt.

Uit experimentele geluidniveaumetingen is gebleken dat een podiumhoogteverschil van 50 cm en de plaatsing van een schot van 85 cm hoogte, bekleed met acoustisch dempend materiaal, het Lex-niveau voor de musici vóór-onder de bron (koperblazer) kan reduceren tot onder de 90 dB(A), soms tot onder de 85 dB(A), hetgeen een belangrijke vooruitgang betekent.

Deze opstelling beïnvloedt nauwelijks het geluidniveau op 4 meter afstand van de bron, horizontaal ten opzichte hiervan gemeten. Te verwachten is dat deze opstelling het uiteindelijke geluidniveau voor het publiek in de zaal weinig zal beïnvloeden. Nader acoustisch onderzoek hiernaar is echter aan te bevelen.

Hoofdstuk 12

Discussie, conclusies en aanbevelingen

12.1. Discussie

12.1.1. De resultaten in vergelijking met de literatuur

In hoofdstuk 2, literatuur, zijn de resultaten van diverse onderzoeken naar gehoorafwijkingen bij musici besproken. De literatuur hieromtrent zal vergeleken worden met de resultaten van dit onderzoek.

De musici van het symfonie orkest hebben in 61 % van de gevallen een gehoorafwijking, indien het HL50-criterium bij 4 kHz wordt gebruikt. Bij het HL25-criterium is dit 31 %. Ten opzichte van de HL50 van de ISO 7029 is dit 11 % teveel, ten opzichte van de HL25 is dit 6 % teveel.

Bij het harmonie orkest is het deel met afwijkende audiogrammen bij het HL50-criterium 95 % en bij het HL25-criterium 73 %. Ten opzichte van de HL50 van de ISO 7029 is dit 45 % teveel, ten opzichte van de HL25 is dit 48 % teveel.

Vergelijking met eerdere onderzoeken is moeilijk vanwege de verschillende definities van een gehoorafwijking (hoofdstuk 2, tabel 2.5). Toch is enige vergelijking wel mogelijk.

Johnson (1985) gebruikt de medianen van de referentiewaarden van Spoor en komt tot 8 % afwijkende audiogrammen. Dit komt vrijwel overeen met de 11 % van het symfonie orkest in dit onderzoek bij HL50-gebruik.

Johnson (1985) en Karlsson (1983) constateren bij de groepsaudiogrammen geen significant verschil met de medianen van Spoor. In dit onderzoek is er een duidelijk verschil met de HL50- en de HL25 van de ISO 7029.

Ostri et al (1989) constateren over het algemeen bij de groepsaudiogrammen een slechtere mediaan bij hun onderzoekspopulatie ten opzichte van de HL50 van de ISO 7029 van overeenkomstige leeftijdsgroepen van 10 jaar.

De diversiteit van methoden en definities laat verdere vergelijkingen niet toe.

12.1.2. De geluidexpositie in vergelijking met de literatuur

Omtrent de expositieniveaus, zoals die in dit onderzoek in hoofdstuk 4 zijn vastgesteld, kan opgemerkt worden dat ook hier slechts ten dele een vergelijking met eerdere publicaties gemaakt kan worden.

In vergelijking met de meetresultaten van Axelsson (1981) (zie tabel 2.3) zijn de gemeten waarden in dit onderzoek hoog tot zeer hoog te noemen. Dit ligt echter grotendeels aan het verschil in repertoire (Axelsson meet deels barokrepertoire met een laag geluidniveau).

Vergelijking met de meetresultaten van Kwiatowski et al (1986) (zie tabel 2.4) laat enigszins een repertoirevergelijking toe met de meetresultaten van het traditionele repertoire van dit onderzoek, hoewel het onderzoek van Kwiatowski et al een orkestbak betreft en dit onderzoek is verricht op een open podium.

Toch zijn de meetresultaten van Kwiatowski et al enigszins in overeenstemming met de meetresultaten van dit onderzoek bij het traditionele repertoire (tabel 4.4).

Met betrekking tot het contemporaine repertoire is geen vergelijkingsmateriaal beschikbaar.

12.1.3. De methoden

In hoofdstuk 2, literatuur, is reeds gewezen op de tekortkomingen van vele publicaties met betrekking tot gehoorafwijkingen bij musici. In hoofdstuk 6 zijn de onderzoeksmethoden en de onderzoekspopulatie beschreven.

Bij het onderzoek van de audiogrammen is in dit onderzoek gekozen voor twee methoden: de beoordeling van het individuele audiogram en het vergelijken van het groepsaudiogram met de referentiepopulatie van de ISO 7029.

Bij de beoordeling van het individuele audiogram wordt onderzocht of het audiogram van een proefpersoon afwijkend is ten opzichte van de "maatpersoon" van de ISO 7029. Daartoe wordt bij 4 kHz de presbyacusiswaarde van of de HL50 of de HL25 van de referentiegroep van de ISO 7029 van dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht afgetrokken van de werkelijk gemeten audiogramwaarde bij 4 kHz. De aldus ontstane waarde van het oor met het grootste gehoorverlies wordt als doorslaggevend beschouwd. Een aldus ontstane negatieve waarde wil zeggen dat de proefpersoon een ongunstige audiogramafwijking heeft ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029.

Binnen een groep proefpersonen kan vervolgens aangegeven worden welk percentage van die groep een (ongunstige) audiogramafwijking heeft.

Reeds eerder is opgemerkt dat er een veelvoud van definities is van wat een afwijkend audiogram is.

Doorgaans wordt niet op individueel niveau gesteld dat er een afwijkend audiogram is, en zo dit wel het geval is wordt veelal het gehele audiogram van het individu vergeleken met percentiellijnen van het audiogram van de leeftijdsgroep van de referentiepopulatie van de ISO 7029 (doorgaans 10 jaar breed). Vervolgens wordt geconcludeerd dat het audiogram van het individu een bepaalde ligging heeft ten opzichte van de mediaan van de bijbehorende leeftijdsgroep van de referentiepopulatie (o.a. Passchier-Vermeer et al 1986, 1987, 1988). Ook met groepsaudiogrammen wordt deze methode gevolgd (o.a. Passchier-Vermeer et al 1986, 1987, 1988, Ostri et al 1989).

Deze methode heeft enige nadelen, zowel op individueel niveau als in geval van groepsaudiogrammen.

Ten eerste kan alleen de ligging van het audiogram ten opzichte van de referentiepopulatie aangegeven worden. De fractie afwijkende audiogrammen blijft onbekend, terwijl dit voor het gezondheidszorgbeleid nu juist van belang is.

Ten tweede heeft vergelijking met een leeftijdsgroep van 10 jaar breed tot gevolg dat altijd een midden genomen wordt, hetgeen voor personen jonger dan het midden een onderschatting en voor personen ouder dan het midden een overschatting van het aantal afwijkende audiogrammen kan geven. De presbyacusis is immers een voortschrijdende vermindering van het gehoor met het stijgen van de leeftijd.

Ten derde heeft deze methode als nadeel dat er altijd een verdeling in leeftijdsklassen zal moeten worden gemaakt, met als gevolg een extra stratificatie, waardoor een verkleining van de aantallen per stratum zal optreden.

Het gebruik van individuele presbyacusiscorrectie door middel van resp. de HL50 en de HL25 van de ISO 7029, ook ten behoeve van het samenstellen van het groepsaudiogram, ondervangt deze nadelen. Bij presbyacusiscorrectie van de audiogramwaarde van 4 kHz of het gehele audiogram (in het geval van het gebruik van het audiogram voor groepsaudiogrammen) kan het percentage afwijkende audiogrammen van de groep worden aangegeven, er wordt per leeftijdjaar gecorrigeerd (en niet in groepen van 10 jaar) en de referentielijn is voor alle groepen de nullijn (overschrijding bij presbyacusiscorrectie wil zeggen dat het audiogram of het groepsaudiogram afwijkend is ten opzichte van de referentiepopulatie). Eenzelfde redenering geldt voor het groepsaudiogram.

Een groot voordeel is dat de gehele onderzoekspopulatie als één groep kan worden gepresenteerd, waarbij meer aandacht kan worden besteed aan de invloed van diverse expositiematen.

Het gebruik van rekenkundig gemiddelde audiogramwaarden wordt door Karlsson (1983) ontraden. Karlsson wijst er op dat dit de verschillen van de bevindingen van Axelsson (1981) met de controlegroep kan verklaren (Axelsson gebruikt gemiddelde audiogramwaarden en vergelijkt deze met de medianen van Spoor). Ook Talbott (1985) maakt deze methodische fout.

In dit onderzoek blijkt in hoofdstuk 7 en 8 eveneens dat het gebruik van gemiddelde audiogramwaarden ten opzichte van percentiellijnen door extreme waarden een overschatting of onderschatting kan geven omtrent de audiologische status van de onderzoekspopulatie.

Als maat voor de gestoorde spraakverstaanbaarheid wordt in Nederland aanbevolen de Lafon-index te gebruiken (Smooenburg 1987, Smooenburg en Plomp 1987, Passchier-Vermeer en Rövenkamp 1987).

In dit onderzoek is in hoofdstuk 9 gebleken (zie punt 9.2 en punt 9.5) dat de negatieve score bij 4 kHz bij presbyacusiscorrectie door middel van resp. de HL50 en de HL25 van de ISO 7029 goed correleert met de mate van gestoorde spraakverstaanbaarheid.

Een beoordeling op individueel niveau van de mate van waarschijnlijkheid dat de ontstane gehoorschade is ontstaan door de expositie aan lawaai (met uitsluiting van andere oorzaken) is beschreven door Passchier-Vermeer (1986) (zie punt 9.1). Zij stelt dat het gemiddelde gehoorverlies bij 2, 3, 4 en 6 kHz aan beide oren bij een individu groter moet zijn dan bij 90 % van de referentiepopulatie (HL10) van de

ISO 7029.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de overschrijding bij 4 kHz bij HL50-, HL25- of HL10 correctie goed correleert met deze "effectmaat". Voor het vaststellen dat met grote mate van waarschijnlijkheid de gehoorschade is ontstaan door de expositie aan orkestgeluid c.q. lawaai is een negatieve waarde bij 4 kHz bij HL10-correctie voldoende.

12.1.4. De preventie van gehoorschade

In hoofdstuk 6 is beschreven dat persoonlijke beschermingsmiddelen in de vorm van in het oor gedragen effectief dempende oordopjes voor de musici in dit onderzoek een onacceptabel grote demping geven. Dit komt overeen met hetgeen wordt gesteld in eerdere publicaties (Meyer 1974, Frei 1979, 1981, Westmore 1981, Düsseldorfse Arbeitskreis 1983, Van Hees 1986).

De bouwkundige voorzieningen, zoals beschreven in hoofdstuk 10, in de vorm van een steiler podium met schotten geven in dit onderzoek een aanzienlijke niveaureductie. Aldus is met getallen onderbouwd datgene wat voorgaande publicaties suggereerden (Frei 1979, 1981, Axelsson 1981, Westmore 1981, Düsseldorfse Arbeitskreis 1983, Ostri et al 1989). Het onderzoek in dit proefschrift wijst in een experimentele opstelling erop dat preventie door middel van bouwkundige voorzieningen mogelijk kan zijn. Nader onderzoek is nodig om de effecten van de geluidweergave en -kwaliteit voor het publiek te onderzoeken.

12.2. Conclusies

12.2.1. De beantwoording van de vraagstelling

Aan het einde van ieder hoofdstuk zijn gedetailleerde conclusies vermeld.

In hoofdstuk 5, onder punt 5.3, is de vraagstelling verdeeld in tien onderzoeksvragen. Deze tien onderzoeksvragen zullen achtereenvolgens in hoofdstukken worden beantwoord.

1. Het is gebleken dat beroepsmatig musiceren in een symfonie orkest of een harmonie orkest ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029 - database A - gehoorafwijkingen kan veroorzaken. Bij het harmonie orkest treedt dit in sterkere mate op dan bij het symfonie orkest. Voor orkesten met hetzelfde repertoire en dezelfde acoustische omstandigheden is deze conclusie generaliseerbaar.

2. Over het algemeen kan gesteld worden dat naarmate men langer in een orkest werkt, men in ernstiger mate een gehoorafwijking krijgt. Factoren als interindividuele gevoeligheidsverschillen en uitstroomselectie (healthy worker effect) doen echter hun invloed op dit verschijnsel gelden. Aldus is er een oudere groep met minder gehoorafwijkingen dan verwacht zou worden.

3. Uit dit onderzoek blijkt dat er een relatie is tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijkingen enerzijds en het geluidniveau anderzijds. Zoals bij de expositieduur zijn ook hier factoren als interindividuele gevoeligheidsverschillen en het healthy worker effect op deze relatie van invloed.

4. Indien het orkestpodium van het symfonie orkest wordt verdeeld in werkzones blijkt er een significante samenhang te zijn tussen de plaats van de musici (zone) en de mate en ernst van de gehoorafwijkingen.

5. Er is vrijwel geen verband tussen de mate en ernst van de gehoorafwijking enerzijds en de instrumentgroepen anderzijds.

6. Er is een relatie tussen de mate van voorkomen en de ernst van de gehoorafwijking en het soort orkest. Musici van het harmonie orkest hebben vaker en ernstiger gehoorafwijkingen dan musici van het symfonie orkest. Bij vergelijkbare expositieduur is dit voornamelijk toe te schrijven aan de aanzienlijk hogere geluidniveaus in het harmonie orkest.

7. Musici zijn zich voor het merendeel bewust van de mogelijk gehoorbeschadigende invloed van hun werk. Er is geen verband tussen dit bewustzijn en de hoogte van het expositieniveau.

Musici van het symfonie orkest schatten hun individuele kans op den duur een potentieel invaliderende gehoorafwijking te krijgen twee maal zo hoog in als objectief het geval is in de gehele onderzoekspopulatie van het symfonie orkest.

8. Uit dit onderzoek is gebleken dat individuele presbycusiscorrectie door middel van de HL50, en nog meer door middel van de HL25 van de ISO 7029 bij zowel 4 kHz in het individuele geval als bij groepsaudiogrammen een goede methode is voor het vaststellen c.q. opsporen van gehoorschade bij musici.

Deze methode heeft tevens een goede correlatie met de mate van gestoorde spraakverstaanbaarheid en met het vaststellen van een beroepsziekte.

9. De mogelijkheden tot preventie zijn vooralsnog gelegen in bouwkundige aanpassingen in de vorm van een steiler podium met schotten, waardoor een aanzienlijke geluidsreductie voor de musici op het podium bereikt kan worden.

Bij de huidige stand van zaken met betrekking tot de techniek van persoonlijke beschermingsmiddelen zijn op dit gebied vooralsnog weinig mogelijkheden.

10. Het beleid van de bedrijfsgezondheidszorg met betrekking tot de geluidexpositie van musici dient gericht te zijn op het realiseren van bouwkundige aanpassingen, verbetering van acoustische omstandigheden van repetitieruimtes, het stimuleren van waar mogelijk het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen en het regelmatig audiometreeren van musici, teneinde gehoorafwijkingen in een vroeg stadium te

ontdekken en te begeleiden. Dit teneinde arbeidsongeschiktheid en beroepsziekten te voorkomen. Bij de aanvang van een muziekcarrière dient daarom dan ook een audiologisch onderzoek plaats te vinden teneinde een uitgangswaarde te verkrijgen.

12.3 Aanbevelingen

Uit het oogpunt van preventie verdient het aanbeveling persoonlijke beschermingsmiddelen te ontwikkelen die over het gehele frequentiegebied van de gespeelde muziek zonder vervorming op cochleair niveau het geluidniveau tot acceptabele hoogte reduceren. Indien de stand van de techniek dit nog niet toelaat zal gestreefd moeten worden naar bouwkundige aanpassingen. Een type van bouwkundige aanpassingen is in dit onderzoek getoetst op effectiviteit door middel van een kleine proefopstelling. Het is aan te bevelen nader onderzoek te verrichten naar de mogelijkheden van geluidreductie voor musici in een proefopstelling waarbij het gehele orkest is betrokken.

Met betrekking tot het harmonie orkest dient naar acoustisch betere en grotere repetitieruimten gestreefd te worden.

Op pragmatische gronden is het aan te bevelen bij onderzoek naar de auditieve gevolgen van expositie aan geluid personen niet te kenmerken naar functie of werkzaamheid en persoonsgebonden metingen te verrichten, maar het verblijf gedurende een langere periode in de werkomgeving (de zone, zoals omschreven in dit proefschrift) waar deze persoon zich bevindt vast te stellen. Vervolgens dient men het gemiddelde geluidniveau in die werkomgeving te hanteren als maat voor expositie aan geluid.

Bij audiometrie van musici verdient continu audiometrie de voorkeur. Op de aldus vastgestelde audiogramwaarden dient individuele presbycusiscorrectie per leeftijdsjaar en per geslacht door middel van de ISO 7029 verricht te worden.

Presbycusiscorrectie door middel van de HL50 van de ISO 7029 kan geen onderscheid maken tussen kleine en grote gehoorverliezen en kan tot paradoxale resultaten leiden. HL25-correctie is te zien als een filter dat geringe afwijkingen buiten het beeld houdt en aldus grotere gehoorverliezen aantoonst. HL25-correctie geeft over het algemeen zowel bij de beoordeling van het audiogram bij 4 kHz als bij de groepsaudiogrammen meer consistente beelden dan de HL50-correctie. Gebruik van de HL25-correctie is dan ook aan te bevelen.

Gebruik van gemiddelde gehoorverliezen bij groepsaudiogrammen geeft onjuiste resultaten en dient daarom vermeden te worden.

Vergelijking van bijvoorbeeld de P25 percentiellijn is aan te bevelen, waarbij de HL25 van de ISO 7029 als referentie moet dienen. De referentielijn in het groepsaudiogram is de nullijn. Een negatieve score bij presbycusiscorrectie door middel van de HL25

wil zeggen dat er een verslechtering is van de P25 van het audiogram ten opzichte van de HL25 van de referentiepopulatie.

De definitie van een afwijkend audiogram bij 4 kHz bij HL25-correctie geeft wel het percentage afwijkende audiogrammen, maar niet de ernst en de spreiding van de gehoorverliezen van de groep. Het gebruik van groepsaudiogrammen geeft wel de ernst en de spreiding van de gehoorverliezen, maar niet het percentage afwijkende audiogrammen ten opzichte van de referentiepopulatie. Het 4 kHz-criterium en de groepsaudiogrammen dienen voor een volledig beeld dan ook in combinatie gebruikt te worden.

In dien ogenschijnlijk inconsistente onderzoeksresultaten gaan optreden moet, indien de omvang van de onderzoekspopulatie dit toelaat, altijd naar uitstroomselectie en interindividuele gevoeligheidsverschillen worden gezocht, aangezien deze een mogelijke verklaring kunnen vormen voor het optreden van deze ogenschijnlijk inconsistente onderzoeksresultaten. Dit geldt overigens voor alle belastende factoren in de bedrijfsgezondheidszorg.

De negatieve score bij 4 kHz bij HL25-correctie geeft voor een snelle oriëntatie een redelijke indicatie omtrent het bestaan van een verminderde spraakverstaanbaarheid en het bestaan van een beroepsziekte. Voor een nauwkeuriger onderzoek naar gestoorde spraakverstaanbaarheid verdient het aanbeveling de Lafon-index te berekenen.

Om vast te stellen dat een individuele gehoorafwijking met grote mate van zekerheid aan lawaaioxpositie is toe te schrijven (bij uitsluiting van andere oorzaken), is het constateren van een negatieve score bij 4 kHz bij HL10-correctie voldoende.

Voor een volledig beeld van de audiologische status van een onderzoekspopulatie en de mogelijke gehoorbeschadigende invloed van het werk van die populatie is het volgende programma aan te bevelen, bij voorkeur uit te voeren door een gekwalificeerde Bedrijfsgezondheidsdienst:

1. Geluidniveaumetingen:

Geluidniveaumetingen als boven beschreven, in de vorm van het vaststellen van gemiddelde geluidniveaus in de werkomgeving.

2a. Audiogramanalyse en uitspraken op individueel niveau:

Gebruik maken van HL25-correctie bij 4 kHz om aan te geven dat er een gehoorafwijking is.

HL10-correctie teneinde met grotere mate van zekerheid vast te stellen dat op individueel niveau de gehoorbeschadigingen (met uitsluiting van andere oorzaken) door expositie aan lawaai zijn veroorzaakt. Het 4 kHz-criterium is hierbij voldoende. Het oor met het grootste gehoorverlies is doorslaggevend.

2b. Analyse en uitspraken op groepsniveau:

HL50-correctie zoals boven beschreven teneinde aan te geven dat er gehoorbeschadigingen aanwezig zijn en ook de minder ernstige gevallen aan te geven. Zowel het 4 kHz-criterium als groepsaudiogrammen moeten gebruikt worden.

HL25-correctie teneinde de lichte en daarmee twijfelachtige gevallen weg te filteren. Ook hier moeten het 4 kHz-criterium en groepsaudiogrammen worden gebruikt.

Voor beiden geldt:

Lafon-index berekening teneinde aan te geven welk individu dan wel welk deel van de populatie een sociale handicap heeft.

Voorts is aan te bevelen op het gebied van onderzoek naar gezondheidsproblematiek bij musici meer nationale en internationale samenwerking te bewerkstelligen, teneinde grootschaliger onderzoek met grotere populaties mogelijk te maken (multicenter onderzoek). Deze onderzoeken dienen zich te richten op de beschrijving, inventarisatie en analyse van de problematiek, de mogelijke therapieën hiervoor en het effect van deze oplossingen.

Gezien het geconstateerde in de literatuur is het aan te bevelen deze onderzoeken onder gedegen epidemiologische begeleiding op te zetten.

Daarnaast dient onderzocht te worden wat de behoefte is aan gezondheidszorg en preventieve activiteiten onder musici. Gezien de vele aspecten van het musiceren is het aan te bevelen een vorm van (bedrijfs)gezondheidszorg voor musici organisatorisch gestalte te geven. Deze zorg dient zich overigens uit te strekken naar alle beoefenaars van de kunsten.

Het vormen van een kenniscentrum op het gebied van gezondheidsaspecten van kunstbeoefening is hiertoe onontbeerlijk. Gezien het feit dat het hier merendeels gezondheidsproblematiek door arbeid betreft zal een grote arbeidsgesondheidskundige inbreng een conditio sine qua non zijn. Ook de curatieve aspecten dienen in de organisatie van de zorg en het kenniscentrum betrokken te worden, doch de nadruk dient te liggen op de preventie van gezondheidsklachten door kunstbeoefening en de studie van de belasting door deze arbeid.

Gezien de structuur van gezondheidszorg en wetenschappelijk onderzoek zal een universitair centrum als eerste keuze voor de hand liggen. Gezien de omvang van de problematiek is het aan te bevelen een leerstoel op het gebied van de arbeidsgesondheidskunde, in het bijzonder ten aanzien van de kunstbeoefening in te stellen.

Hoofdstuk 13

Samenvatting

In dit proefschrift wordt het gevolg van expositie aan orkestgeluid voor het gehoor van musici, werkzaam in een symfonie orkest en een harmonie orkest beschreven. Tevens beschrijft dit proefschrift nieuwe methoden voor het vaststellen van de geluidsexpositie in het orkest en voor het vaststellen en beoordelen van een gehoorafwijking. Eén methode om de geluidsexpositie te verminderen wordt middels een testopstelling beoordeeld op het effect.

In hoofdstuk 2, literatuurbespreking, worden eerst algemene (arbeid)gezondheidskundige aspecten van musiceren beschreven.

Het merendeel van de literatuur met betrekking tot gezondheidskundige aspecten van musiceren betreft het bewegingsapparaat en neurologische aspecten. Aan de stress-aspecten van de uitvoerende kunst is eveneens veel aandacht besteed.

Opvallend is dat over het algemeen vóór 1980 veel casuïstische mededelingen worden gedaan en dat bij onderzoeken in de meeste gevallen controlegroepen ontbreken. De '80-er jaren laten een toename van de kwaliteit van onderzoeken zien. Meer en meer komen er betrouwbare aanwijzingen dat musiceren gezondheidsbedreigende aspecten kent. De laatste jaren wordt meer aandacht besteed aan preventie en therapie. Hier en daar is een bescheiden begin gemaakt met follow up onderzoek.

Op het gebied van de arbeidsomstandigheden is weinig onderzoek gedaan.

Met betrekking tot de geluidsexpositie en de mogelijk daaruit voortvloeiende gehoorbeschadigingen bij musici moet geconcludeerd worden dat hiernaar weliswaar veel onderzoek is verricht, maar dat de kwaliteit van het merendeel der publicaties van deze onderzoeken discutabel is.

Publicaties van de '80-er jaren brengen enige duidelijkheid in het probleem van de niveau's van de geluidsexposities. De zwakke punten van het merendeel van de publicaties met betrekking tot gehoorafwijkingen bij musici zijn de afwezigheid van referentiepopulaties, de analysemethoden en de definitie van een gehoorafwijking. Standaardisatie op dit punt is aan te bevelen.

Hoofdstuk 3 behandelt enige basale aspecten van het gehoor, waarbij achtereenvolgens de anatomie van het gehoor, de fysiologie van het gehoor, de klankspectra van muziekinstrumenten (timbre), klank- c.q. toonperceptie en grondtoonafleiding, signaal-ruisverhouding, en pathologie bij toonperceptie worden beschreven.

Voor het juist percipiëren en het zelf voortbrengen van een goede toon met een juist boventonenspectrum is het noodzakelijk met name de eerste vijf harmonischen te percipiëren. De grondtoonafleiding vindt voornamelijk uit deze vijf harmonischen plaats. De sterkteverhouding van deze harmonischen verschilt van instrument tot instrument.

Factoren die van invloed zijn op de toonhoogtewaarneming zijn frequentieresolutie, combinatietonen, niet-lineaire vervorming en maskering.

De frequentieresolutie stelt het menselijk gehoororgaan in staat twee tonen van elkaar te onderscheiden. Combinatietonen zijn tonen die het gehoororgaan als het ware zelf kan samenstellen, bij maskering worden hoge tonen door lage gemaskeerd.

Bij de beschouwingen van de signaal-ruisverhouding wordt vanuit de spraakaudiometrie geëxtrapoleerd naar de signaal-ruisverhouding in de muziek. Het minimum ruisniveau in een orkest is 45 dB. Een musicus mag, om de zachtste klanken te kunnen percipiëren een maximum gehoorverlies van 25 dB tussen 250 en 4000 Hz hebben.

Bij de pathologie van de toonperceptie (die soms los van het gehoorverlies kan optreden) kunnen recruitment, gestoorde toonhoogteschatting en diplacusis (zowel monoraal als binauraal) het functioneren van de musicus met betrekking tot zijn gehoor bemoeilijken.

In hoofdstuk 4 wordt de geluidexpositie van de musici van het symfonie orkest en het harmonie orkest beschreven.

Deze twee vormen van orkesten zijn gekozen omdat de meeste beroepsmusici werkzaam zijn in deze twee vormen van "klassieke" muziek.

In het symfonie orkest en het harmonie orkest zijn de geluidexposities gedurende de uitvoeringstijd en de repetitietijd gemeten door middel van directe dosimetrie. Uit deze meetresultaten en de werktijdschema's zijn de geluidsdoses berekend zoals deze voor een heel werkjaar c.q. representatieve werkdag gelden.

Bij het symfonie orkest zijn metingen verricht met betrekking tot het traditionele repertoire en het contemporaine repertoire ("zware" symfonische muziek van de 20e eeuw). Daarnaast zijn bij het symfonie orkest octaafanalyse en piekmetingen verricht. Tevens is in het traditionele repertoire onderzocht of bij eenzelfde compositie verschillen in geluidniveau's bestaan met betrekking tot verschillende expositieruimtes.

Bij het symfonie orkest blijkt uit de meetresultaten van afzonderlijke concerten dat bij het contemporaine repertoire het geluidniveau hoger is dan bij het traditionele repertoire.

Indien echter naar de totale geluidexpositie door musiceren in een symfonie orkest wordt gekeken blijkt dat de bijdrage van de geluidexpositie door het contemporaine repertoire (LEX,C) op een "representatieve werkdag" c.q. over het gehele jaar bij de strijkers lager is dan de bijdrage van de geluidexpositie door het traditionele repertoire (LEX,T) aan de totale geluidexpositie, maar bij de trombones, het slagwerk, de hobo's (vóór de trompetten) en de fluiten nog steeds hoger is.

Alle geluidexpositieniveau's liggen boven de schadelijk geachte grens van 80 dB(A). De niveau's bij de koperblazers zijn het hoogste, gevolgd door de houtblazers. Naarmate meer naar de rand van het podium wordt gemeten (naar het publiek in de zaal toe) neemt het geluidniveau af. De eerste violen, violoncelli en de bij de rand zittende contrabassen hebben daarmede de laagste gemiddelde expositieniveau's (welke nog altijd de 80 dB(A) overschrijden).

Bij vergelijking van de geluidniveau's tussen verschillende uitvoeringsruimten blijkt dat er een significant verschil tussen de geluidniveau's in verschillende uitvoeringsruimten bestaat. Piekmetingen laten waarden tussen 120 en 125 dB(A) zien.

Bij het harmonie orkest is de geluidexpositie in het gehele orkest vrijwel hetzelfde. Dit is voor een groot deel terug te voeren op het instrumentarium (allemaal blaasinstrumenten en slagwerk), het repertoire (mars- en verstrooiingsmuziek) en de meestal kleine afmetingen van de repetitieruimten.

Het totale geluidexpositieniveau voor musici in een harmonie orkest is 104 dB(A) LEX. Dit is beduidend hoger dan voor musici in een symfonie orkest.

In hoofdstuk 5 worden probleemstelling, doelstelling en vraagstelling beschreven. De referentiepopulatie ISO 7029 - database A - wordt beschreven, alsmede het probleem dat het geluid van een orkest moeilijk aan de bron kan worden afgeschermd. De doelstelling richt zich primair op de preventie van gehoorschade, de vraagstelling op de vraag of musiceren gehoorafwijkingen kan veroorzaken en zo ja met welke factoren dit kan samenhangen.

Hoofdstuk 6 beschrijft de onderzoeksmethode en de onderzoekspopulatie.

Beschreven wordt de methode van audiometreeren: handbediende continu audiometrie. Daarnaast worden criteria gesteld voor het uitsluiten van het audiogram van het onderzoek. De methode van presbycusiscorrectie wordt beschreven, waarbij gesteld wordt dat individuele presbycusiscorrectie plaatsvindt door middel van de HL50 en de HL25 van de ISO 7029 - database A - per leeftijdsjaar en per geslacht. Presbycusiscorrectie door middel van de HL50 vergelijkt de audiogramwaarden met de beste 50 % van de controlepopulatie van de ISO 7029 van dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht; dit resulteert in een C50-waarde. Presbycusiscorrectie met behulp van de HL25 vergelijkt de audiogramwaarden met de beste 75 % van de ISO 7029; dit resulteert in een C25-waarde. Als definitie van een gehoorafwijking geldt een negatieve C50- resp. C25-waarde bij 4 kHz aan een of beide oren.

Tevens worden de sociale handicap en de beroepshandicap beschreven.

Als expositiematen worden gehanteerd het geluidniveau gedurende een werkjaar, de expositieduur in jaren, de Equal Energy, de Niveau maal Duur maat, de instrumentgroep en de orkest- c.q. expositiezone. Dit laatste is de plek waar de musicus in het orkest zit.

Voor het symfonie orkest worden de instroom en uitstroom beschreven. Als zodanig geldt de onderzoekspopulatie als een dynamische populatie.

In epidemiologische zin is het onderzoek een dwarsdoorsnede onderzoek met prevalente gevallen. Gezien de verschillende categorieën van expositieduur heeft dit onderzoek ook kenmerken van een longitudinaal onderzoek.

De beide onderzoekspopulaties zijn met betrekking tot leeftijd, expositieduur, en leeftijd bij aanvang van muziekbeoefening in orkestverband vergeleken. Geconcludeerd kan worden dat zowel bij vergelijking van beide populaties als geheel, als bij indeling in diverse subgroepen de aldus ontstane (sub)populaties onderling vergelijkbaar zijn met betrekking tot de bovenvermelde populatiekenmerken.

In **hoofdstuk 7** worden de onderzoeksresultaten met betrekking tot de totale onderzoekspopulatie, onderverdeeld in symfonie orkest en harmonie orkest beschreven.

Zowel bij HL50- als bij HL25-correctie hebben zowel musici van het symfonie orkest als het harmonie orkest een hogere mate van voorkomen van een negatieve C-waarde bij 4 kHz dan op grond van de leeftijd mag worden verwacht. Het harmonie orkest heeft dit in veel sterkere mate dan het symfonie orkest.

Indien van beide orkestpopulaties dezelfde instrumentgroepen worden vergeleken (mannen: blazers en slagwerk) worden de verschillen kleiner, maar blijven bestaan. Dit geldt eveneens voor de vergelijking van groepsaudiogrammen.

De mogelijke invloed van het geslacht is alleen in het symfonie orkest onderzocht (het harmonie orkest bestaat uitsluitend uit mannen). Bij vergelijking van mannen en vrouwen zijn alleen de strijkers onderzocht, teneinde te corrigeren voor de invloed van de instrumentgroep.

Er is bij stratificatie voor expositieduur vrijwel geen verschil in gehoorverlies tussen mannelijke en vrouwelijke strijkers. De analyses suggereren een mogelijke invloed van de langere expositieduur bij de mannen.

Bij toename van het geluidniveau is er een toename van de percentages negatieve C50- en C25-waarden bij 4 kHz. Dit is eveneens het geval bij alle C-waarden in de groepsaudiogrammen.

Bij de **expositieduur** is bij het symfonie orkest een afname van het percentage negatieve C50-waarden bij 4 kHz met het toenemen van de expositieduur. Bij HL25-correctie is er geen duidelijke aanwijzing voor stijging of daling van het percentage negatieve C25-waarden met het toenemen van de expositieduur. De toename van de expositieduur toont bij de groepsaudiogrammen daarentegen wel een significante relatie met de toename van gehoorverlies bij de P25-lijnen van de C25-waarden van het symfonie orkest.

Bij het harmonie orkest is geen sprake van een toe- of afname.

De ogenschijnlijke tegenstelling bij toename van de expositieduur tussen de afname van de percentages negatieve C50-waarden bij 4 kHz en de toename van het gehoorverlies bij de C25-waarden in het groepsaudiogram kan deels verklaard worden door het dichotome karakter van de definitie van een negatieve C-waarde bij 4 kHz als audiogramafwijking en het discrete karakter van de C-waarde in de groepsaudiogrammen. De vermoedelijke oorzaak van de tegenstelling is het mogelijk optreden van een uitstroomelectie.

De expositiematen N*D en EE geven niet méér informatie dan de expositiematen geluidniveau en expositieduur.

In **hoofdstuk 8** zijn beschreven de mogelijke invloed van het instrument, van de plaats in het orkest en van de eenzijdig overheersende geluidbelasting op het gehoor. Daarnaast zijn beschreven de gemiddelde waarden van de expositiematen voor musici met en zonder negatieve C-waarde bij 4 kHz, ook dit per instrumentgroep en per orkestzone.

De bespeelde instrumenten zijn verdeeld in drie groepen: strijkers, blazers en slagwerkers. Bij de vergelijking van de negatieve C-waarden bij 4 kHz tussen de instrumentgroepen van het symfonie orkest zijn alleen de mannelijke musici van de instrumentgroepen met elkaar vergeleken, dit om de mogelijk versturende invloed van het geslacht uit te schakelen.

Bij vergelijking van de percentages negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz is er vrijwel geen verschil tussen de drie instrumentgroepen van het symfonie orkest.

Tussen de blazers van het symfonie orkest en van het harmonie orkest is echter wel een groot verschil. Bij vrijwel gelijke gemiddelde expositieduur voor beide groepen is dit te verklaren door het aanzienlijk hogere expositieniveau in het harmonie orkest.

Worden de percentages negatieve C-waarden bij 4 kHz bij toename van de expositiematen bezien, dan is zowel bij de strijkers als bij de blazers bij een toename van het **geluidniveau** een toename van het percentage afwijkende audiogrammen te zien. Bij toename van de **expositieduur** gaan strijkers en blazers zich tegengesteld gedragen: toename van het percentage negatieve C25-waarden bij de strijkers en afname van het percentage negatieve C50-waarden bij de blazers. Dit verschijnsel is bij de blazers waarschijnlijk te verklaren door de uitstroomelectie wegens gehoorbeschadiging, die alleen bij de blazers is opgetreden.

Gezien het "uit elkaar drijven" van de mate van gehoorverlies door de groepen met en zonder afwijkend audiogram lijkt er sprake te zijn van interindividuele gevoeligheidsverschillen, in combinatie met selectie-effecten, voor de gehoorbeschadigende werking van orkestgeluid. De interindividuele gevoeligheidsverschillen kunnen blijken uit het feit dat musici met het grootste gehoorverlies vrijwel dezelfde gemiddelde waarden van expositiematen hebben als de musici met de beste audiogrammen.

De groepsaudiogrammen van de C50- en C25-waarden van de instrumentgroepen tonen dat de instrumentgroepen een groter gehoorverlies hebben dan de referentiepopulatie. Onderling verschillen de drie instrumentgroepen weinig.

De indeling in orkestzones correleert aanzienlijk beter met de expositiemaat geluidniveau dan de indeling in instrumenten of instrumentgroepen. Er is bij toename van het expositieniveau per zone een toename van het percentage negatieve C50- resp. C25-waarden bij 4 kHz.

De groepsaudiogrammen van de C50- en C25-waarden van de orkestzones tonen een toename van de gehoorverliezen bij toename van het geluidniveau in de zone.

Opvallend is dat over het algemeen de grootste verliezen bij 6 kHz optreden in plaats van bij de te verwachten 4 kHz.

Onderzoek naar het mogelijk asymmetrische gehoorverlies tengevolge van eenzijdig overheersende geluidbelasting laat geen duidelijke asymmetrische gehoorverliezen zien bij eerste violisten en cellisten.

In **hoofdstuk 9** zijn de mate van verstoorde spraakverstaanbaarheid, de mogelijke beroepschade en de gehoorbeschadigingen als beroepsziekte beschreven.

Van het symfonie orkest heeft 29 % van de musici volgens de Lafon-index een merkbare achteruitgang van de spraakverstaanbaarheid en 5 % een ernstige achteruitgang. Bij het harmonie orkest is dit resp. 71 % en 17 %. De musici van het symfonie orkest hebben een hogere gemiddelde Lafonwaarde dan op grond van de leeftijd ten opzichte van de HL50 van de referentiepopulatie verwacht mag worden. De musici van het harmonie orkest hebben een hogere gemiddelde Lafonwaarde dan zelfs op grond van de leeftijd ten opzichte van de HL25 van de referentiepopulatie verwacht mag worden. De gemiddelde Lafonwaarden van het harmonie orkest zijn slechter dan van dezelfde leeftijdsklassen van het symfonie orkest.

Volgens het criterium "overschrijding door het ongecorrigeerde audiogram van de 25 dB-grens tussen 0.5 en 4 kHz" heeft 15 % van de musici van het symfonie orkest en 46 % van de musici van het harmonie orkest een zekere mate van beroepshandicap, zoals deze in dit onderzoek is gedefiniëerd.

De procentuele verdeling van de beroepshandicap per orkestzone in het symfonie orkest is min of meer analoog aan de verdeling van de percentages musici met een gehoorafwijking bij 4 kHz na HL25-correctie.

De gehoorverliezen van de musici die met grote mate van zekerheid aan de expositie aan orkestgeluid mogen worden toegeschreven zijn berekend volgens een methode die afgeleid is van Passchier-Vermeer (1987), waarbij er van wordt uitgegaan dat 10 % de referentiepopulatie van de ISO 7029 eveneens de "afwijking" heeft.

Er vindt derhalve een presbycusiscorrectie plaats met behulp van de HL10 van de ISO 7029. In die zin heeft expositie aan orkestgeluid bij 16 % van de musici van het symfonie orkest "zeker" effect gehad op het gehoorverlies. Bij het harmonie orkest is dit percentage 51 %.

In het symfonie orkest is bij 23 % van de blazers het gehoorverlies "zeker" aan de expositie aan orkestgeluid toe te schrijven en bij 12 % van de strijkers.

Bij de verdeling per orkestzone van het symfonie orkest van de percentages gehoorverliezen die "zeker" aan de expositie aan orkestgeluid zijn toe te schrijven, neemt dit percentage toe met de toename van het geluidniveau per zone.

Voor 28 % van de musici van het symfonie orkest en 47 % van de musici van het harmonie orkest geldt dat volgens eerder genoemde criteria, er sprake is van een beroepsziekte.

Nòch het hebben van een beroepsziekte nòch het hebben van een hier gedefiniëerde beroepshandicap betekent dat er sprake is van een verminderd arbeidsvermogen. Of het arbeidsvermogen in negatieve zin is beïnvloed hangt immers af van compensatiemogelijkheden in de beroepsvaardigheid van de desbetreffende musicus. Of er sprake is van een stoornis in verzekeringsgeneeskundige zin is daarom een geheel individuele zaak, waarbij de werkkuitvoeringseisen in de beschouwing betrokken moeten worden. Wel moet op theoretische en empirisch geschatte gronden een musicus met een in dit onderzoek gedefiniëerde beroepshandicap in meerdere of mindere mate problemen ondervinden met het waarnemen van klanken in zijn of haar beroep. Hoe groot deze problemen zijn op individueel niveau is op basis van deze studie niet aan te geven.

In hoofdstuk 10 is de beleving van de geluidsexpositie in het symfonie orkest beschreven.

Aan 94 musici van het symfonie orkest is door middel van een vragenformulier de mening gevraagd omtrent de mogelijke schadelijke invloed van de expositie aan de geluidniveau's in het symfonie orkest. Gevraagd is of men van mening is dat hier op den duur een gehoorafwijking door kan ontstaan en of dat hierdoor problemen in de beroepsuitoefening kunnen ontstaan. Tevens is gevraagd naar de gewenste periodiciteit van de audiometrie.

In 83 % van de gevallen is men van mening aan te hoge geluidniveau's te zijn blootgesteld, maar slechts 34 % van de musici is van mening daar zelf op den duur een gehoorafwijking door te krijgen. Eveneens 34 % is van mening op den duur problemen in de beroepsuitoefening te krijgen.

De procentuele verdeling van de onderzochte populatie over de instrumentgroepen is dezelfde als bij de totale populatie van het symfonie orkest. Van de blazers is 92 % van mening aan een te hoog geluidniveau te zijn blootgesteld, tegen 79 % van de strijkers.

Van de blazers is 56 % van mening op den duur gehoorafwijkingen te krijgen en 52 % problemen in de beroepsuitoefening. Bij de strijkers is dit in beide gevallen 24 %.

Bij de indeling in orkestzones stijgen de percentages met betrekking tot de mening aan te hoge geluidniveau's te zijn blootgesteld, een gehoorafwijking te krijgen, en problemen daardoor in het beroep te krijgen, met de toename van het geluidniveau per zone, om in zone 6 (trombones en slagwerk) weer te dalen. De musici van zone 6 zitten echter "achter het geluid" dat zij zelf produceren.

De gewenste periodiciteit van audiometrie is gemiddeld één maal per jaar.

In hoofdstuk 11 worden de mogelijkheden van preventie door wijziging van de orkestopstelling beschreven. In de literatuur wordt gewezen op de mogelijkheid van bouwkundige preventie in de zin van een steiler orkestpodium en/of schotten ter afscherming van de meest luidruchtige secties.

Onderzoek naar de afname van het geluidniveau met de afstand geschiedde door middel van dosimetrie per 50 cm afstand van de bron. Vergroten van de afstand (binnen praktische grenzen) alleen levert een behoorlijk grote, maar nog onvoldoende reductie op van het geluidniveau.

Vergroting van het podiumhoogteverschil tot 50 cm, in combinatie met bovenvermeld schot, geeft op oorhoogte van de vóór-onder de bron gezeten musicus een geluidniveau-reductie van 18 dB(A), tegen 7 dB(A) bij de gangbare podiumopstelling. Nog verder naar vóór-onder is een reductie gemeten van 21-24 dB(A) ten opzichte van de bron, tegen 10-15 dB(A) bij de gangbare orkestopstelling. Door deze gewijzigde opstelling is het mogelijk LEX-waarden beneden 90 dB(A) en soms beneden 85 dB(A) te bereiken.

In hoofdstuk 12 wordt in de discussie gesteld dat door de veelheid van definities van een gehoorafwijking, vergelijking van de resultaten van dit onderzoek met eerdere publicaties niet eenvoudig is. In vergelijking met eerdere publicaties kunnen de expositieniveau's hoog tot zeer hoog genoemd worden. Evenals dit bij de

gehoorafwijkingen het geval is, is vergelijking met eerdere publicaties door de verschillende meetmethoden, zalen en repertoires moeilijk.

Uit vergelijking met andere methoden van presbycusiscorrectie blijkt dat individuele presbycusiscorrectie door middel van de HL25 van de ISO 7029 - database A - voordelen heeft. Er vindt geen data-aanpassing of data-vertaling plaats en de groepsgrootte blijft intact doordat niet in leeftijdsklassen hoeft te worden ingedeeld, bij individuele audiogrambeoordeling bij 4 kHz kan voor de groep het percentage afwijkende audiogrammen worden aangegeven en bij de groepsaudiogrammen kan de ligging van het groepsaudiogram ten opzichte van de referentiepopulatie of andere populaties in één audiogram worden gegeven. Bovendien correleert HL25-correctie in hoge mate met andere effectparameters, zoals de Lafon-index, de mate van beroepshandicap en de grote mate van zekerheid dat de gehoorbeschadiging aan lawaai is toe te schrijven.

Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat beroepsmatig musiceren in een symfonie orkest of een harmonie orkest ten opzichte van de referentiepopulatie van de ISO 7029 gehoorafwijkingen teweeg kan brengen. In het harmonie orkest is dit in aanzienlijk grotere mate het geval dan in het symfonie orkest. De mate waarin dit geschiedt is afhankelijk van het geluidsniveau en de expositieduur. Factoren als interindividuele gevoeligheidsverschillen en uitstroomelectie zijn echter van invloed op de onderzoeksresultaten. Aldus is er een groep met geringe gehoorbeschadigingen waarbij een even hoog expositieniveau en een even lange expositieduur heeft bestaan als bij de groep met de grootste gehoorafwijkingen.

Er is vrijwel geen verband tussen de instrumentgroep waarin men speelt en de mate van gehoorafwijking. Wel is er een verband tussen de orkestzone waarin gewerkt wordt en de mate van gehoorafwijking. Dit is te verklaren doordat de zone een grotere samenhang heeft met het geluidexpositieniveau dan de instrumentgroep.

Voortkomende uit de onderzoeksresultaten en het literatuuronderzoek zijn een aantal aanbevelingen gedaan. Deze aanbevelingen zijn onder te verdelen in methodische aanbevelingen, aanbevelingen tot beter en verder onderzoek en beleidsaanbevelingen.

De methodische aanbevelingen luiden dat individuele presbycusiscorrectie de voorkeur verdient, waarbij zowel het 4 kHz-criterium als groepsaudiogrammen gebruikt dienen te worden.

Op het gebied van onderzoek naar gezondheidskundige aspecten van musiceren dient grootschaliger, en bij voorkeur longitudinaal onderzoek opgezet te worden. Tevens dient de mogelijkheid van een systeem van gezondheidszorg voor musici (en overige kunstbeoefenaars) in zowel preventieve als curatieve zin onderzocht te worden.

Het verdient aanbeveling een (universitair) kenniscentrum voor gezondheidskundige aspecten van kunstbeoefening in te stellen, waarbij grote nadruk dient te liggen op de (preventieve) arbeidsgesondheidskundige aspecten, zonder overigens de curatieve aspecten te verwaarlozen.

Summary

Noise induced hearing impairment in orchestral musicians

This thesis describes the hearing impairment in musicians of a symphony orchestra and a wind orchestra (woodwind and brass), probably induced by orchestral noise. New methods also are described to investigate the noise exposure levels in an orchestra, to confirm and to estimate the hearing impairment.

In **chapter 2**, a literature review, the general aspects of health problems in musicians are discussed. Most publications in this field concern the orthopaedic and neurological aspects of music making. Much attention has also been paid to aspects of stress. It is remarkable that prior to 1980 most publications refer to case reports and that in most studies there is no use of control groups. In recent years the quality of publications has improved.

It is becoming clear that making music can jeopardize health. There is an increasing interest in preventive and therapeutic aspects and even signs of some follow-up studies.

Few studies have addressed the work environment.

With regard to noise exposure and possible hearing impairment the conclusion is that though many studies have been performed, many publications in this field are of poor quality. Studies from the beginning of the 80's give some information about the soundlevels of orchestral music. In most studies with regard to hearing impairment in musicians the greatest weakness lies in the herd of so called "control groups", analytical methods and definitions of hearing impairment. There is a great need for standardization on this point.

Chapter 3 deals with some basic aspects of hearing and tone perception, the anatomy of the hearing organ, the sound spectra of musical instruments, pitch estimation, relation between signal and noise and disturbances in tone perception.

For good pitch estimation of a complex tone it is necessary to hear the first five harmonics of this complex tone. The volume of each of these harmonics differs from instrument to instrument.

The factors that influence the pitch estimation are frequency resolution, combination tones, non-linear distortion and masking. Frequency resolution enables the human ear to hear different tones. Combination tones are tones that are made by the hearing organ itself. Masking occurs when high tones are "overshadowed" by low tones.

The concept of signal-background noise relationship can be transferred from audiometry to music. The minimal background noise level in a symphony orchestra is 45 dB. To be able to hear the weakest tones in an orchestra, the hearing loss of a musician should not exceed 25 dB between 250 and 4000 Hz.

In disturbances of tone perception (abnormality that may occur even when hearing loss is absent) three are phenomena important: recruitment, impaired pitch

estimation and diplacusis. These three phenomena may severely hamper the performance of a musician.

Chapter 4 describes the noise exposure of musicians of a symphony and a wind orchestra (marching band). These two types of orchestra were chosen because most professional musicians are employed in these types of "classical" music.

Noise exposure in both orchestras was examined by direct dosimetry. From these results the total noise exposure was calculated for a whole year of normal playing.

In the symphony orchestra the sound levels of traditional classical repertoire and contemporary classical repertoire ("heavy" symphonic music of the 20th century) were measured. Soundpeak measurements and octave analyses were also performed. Investigations were done to examine the differences in sound levels (using the traditional repertoire) in different concert halls.

The sound levels of the contemporary repertoire were higher than those of the traditional classical repertoire. For the strings, however, the proportion of total noise exposure attributable to contemporary music was lower than that of the traditional repertoire. This can be explained by the fact that the traditional repertoire is more often played. On the other hand, the proportion of noise exposure to contemporary music for wind players exceeded that of the traditional repertoire, even when calculated on a year basis.

All sound levels exceeded the estimated safety level of 80 dB(A). Sound levels of the brass were the highest, followed by the woodwind. The nearer to the public, the lower the sound levels were. First violins, violoncelli and the first row of the contrabasses had the lowest sound levels, though these still exceeded 80 dB(A).

There were significant differences between sound levels in different concert halls.

Peak measurements showed levels between 120 and 125 dB(A).

In the wind orchestra the sound levels in the whole orchestra were the same. This is mainly caused by the type of instruments (all wind and percussion instruments), the repertoire (marching and entertainment music) and the small rehearsal rooms. The over all noise exposure level for the members of the wind orchestra was 104 dB(A) LEX. This is much higher than for musicians of a symphony orchestra.

Chapter 5 describes the problems, aims and goals of this research field, and also the impossibility of reducing the orchestral sound at source. The prime goal was the prevention of hearing impairment. The research objectives centred on whether music-making in an orchestra may cause such impairment, and on which factors may permit this to take place. The control population of the ISO 7029 - database A - is described.

Chapter 6 describes the research design, the methods and the study populations.

Audiometry was performed by the manual continuous method. Criteria for excluding an audiogram from this study is given.

The method of correction for age (presbycusis correction) is described. In the case of HL50-correction by ISO 7029 - database A - each study audiogram was compared with the best 50 % of a control group of the same age and sex. The same went for the

HL25-correction (comparison with the best 75 % of the control group). Correction with HL50 resulted in a C50-value, with HL25 in a C25-value. Impaired hearing was defined by a negative C50-, or C25-value (after resp. HL50- or HL25-correction) at 4 kHz frequency in one or both ears.

Definitions for social and professional handicap are given.

The total noise exposure dose in one year, the exposure time in years, Equal Energy (EE), Noise Level * Exposure Time (N*D), instrumental group and the orchestral zone were used as exposure parameters.

Entrance and drop out selection are described in quantity and quality; in some respects the study population is a dynamic one. The study is described as a transversal study with prevalent cases. With regard to the different exposure time categories it has some characteristics of a longitudinal study.

The study populations of the symphony and the wind orchestras were compatible with each other in regard to mean age, exposure time and age at the start of a musical career.

In **chapter 7** the results are presented for the total study population are given, dividing according to orchestra. Both populations had a higher prevalence of hearing impairment (irrespective of HL corrections) at 4 kHz in regard to age-matched controls. This was more evident in the wind group than in the symphony orchestra.

When identical instrumental groups (male wind instrument players and percussionists) of the two orchestras were compared, the differences diminished slightly. The same held true for the group audiograms.

There was no difference in prevalence of hearing impairment between male and female musicians (only string players were examined, doth to exclude the influence of instrumental differences and because the wind orchestra was all male).

There existed relation between the increase in the sound level and the increase in the percentages negative C50- and C25-values at 4 kHz. The same was true for all C-values at all frequencies in the group audiograms.

With regard to the increase in exposure time there was in the symphony orchestra a decrease of the percentages negative C50-values at 4 kHz. There was no indication of any change in the negative C25-values at 4 kHz. For the group audiograms there was however a relation between the increase in exposure time and the hearing loss after HL25-correction.

The wind orchestra showed no change in hearing impairment with regard to exposure time.

The contradiction that seems to occur with increasing exposure time between the decrease of the percentages hearing impairment at 4 kHz after HL50-correction and the increase in hearing loss in the group audiograms after HL25-correction can be explained by the dichotomous character of the definition of hearing impairment at 4 kHz and the discrete character of the C-values in the group audiogram. The most obvious explanation of the contradiction seems to be a drop out selection.

The exposure parameters N*D and EE do not add more information than the parameters total exposure dose and the exposure time.

Chapter 8 describes the possible influences of the type of musical instrument, the position in the orchestra and the unilateral domination of noise exposure. The mean values of the exposure parameters are also given for musicians with and without hearing impairment, stratified for instrumental group and orchestral zone. The musical instruments in the symphony orchestra are subdivided into three groups: strings, wind and percussion.

When the 4 kHz definition is used, for the comparison of the instrumental groups of the symphony orchestra only male musicians were used to exclude the possible influence of sex and difference in mean exposure time.

After HL50- and HL25-correction the percentages of impaired audiograms at 4 kHz of the three instrumental groups of the symphony orchestra did not differ from each other. There was a great difference between the wind instrument players of the symphony orchestra and the wind orchestra. It is clear that this difference could be ascribed to the higher sound levels in the wind group because both groups were nearly identical in respect of exposure duration.

When the effects of the increase in the exposure parameters on the percentages of impaired audiograms were investigated, both string and wind instrument players showed an increase in these percentages relating to the increase in overall noise exposure. The increase in exposure time resulted for the string players, after HL25-correction, in a rise in impaired audiograms, but for the wind instrument players in a decrease. A possible explanation for this phenomena in the wind instrument players is the drop out selection for reason of hearing impairment, as has been described in this study.

There seem to be differences in interindividual susceptibility to the damaging effect of noise exposure. These differences in susceptibility are possibly reflected by the fact that musicians with the greatest hearing losses have the same mean noise levels and mean exposure times as the musicians with no hearing loss at all.

Both after HL50 and HL25-correction, the percentile distribution clearly shows that all instrumental groups have a worse hearing than the control group. Compared with each other, there are only slight differences between the various instrumental groups.

The classification into orchestral zones gave considerably better correlations with the total noise exposure than classification into instruments or instrumental groups. Both after HL50 and HL25-correction there was a significant association between orchestral zone and the prevalence of hearing impairment at 4 kHz. There was a correlation, per zone, between noise level and both the percentage of impaired audiograms at 4 kHz and the group audiograms.

There is no evidence of asymmetric hearing impairment due to unilateral dominance of noise exposure in violin and violoncello players.

The degree of impaired speech audibility, the possible professional handicap and hearing impairment as occupational disease are described in **chapter 9**. In the symphony orchestra 29 % had an impaired speech audibility and 5 % a severe speech audibility. In the wind orchestra these percentages were 71 % and 17 % respectively. The musicians of the symphony orchestra had a higher mean Lafon value (that is a parameter for impaired speech audibility) with regard to their age when compared with that of the HL50 of the control group. The musicians of the wind orchestra even had higher mean Lafon values with regard to their age when compared with the HL25 of the control group.

If a hearing loss of 25 dB in the range 0.5 to 4 kHz is defined as a professional handicap then 15 % of the symphony orchestra musicians and 46 % of the wind orchestra musicians were thus affected. The distribution of this handicap in the symphony orchestra per zone was analogous to the distribution of the 4 kHz definition after HL25-correction.

Hearing impairment as occupational disease was computed by a method that is derived from Passchier-Vermeer (1987). It was hereby assumed that 10 % of the control group (ISO 7029) also had the disorder. Consequently a correction for presbycusis was performed by using the HL10 of ISO 7029. Using this approach, exposure to orchestral noise was considered to have no effect on 22 % of the symphony orchestra musicians, to be probably damaging in 62 % and definitely harmful in 16 %. For the wind orchestra these percentages were 3, 46 and 51 % respectively.

In the symphony orchestra the definite attribution of noise exposure to hearing impairment was 23 % for the wind instrument players and 12 % for the string players. The distribution of the percentages of definite attribution per zone of the symphony orchestra rose with the increase in sound level per zone.

Of the musicians of the symphonic and wind orchestras, 28 % and 47 % respectively had an occupational disease.

Neither a professional handicap nor a occupational disease means that there is disability. The ability to perform music depends on other skills. Disability therefore is a strictly individual matter, with the different function demands taken into consideration. On observational and theoretical grounds a musician who has the professional handicap as defined in this study must have some problems in his or her perception of sounds. The size of this problem in the individual case was ascertainable in this study.

Chapter 10 reports the symphonic musician's experience of exposure to orchestral noise. A questionnaire to 94 musicians asked their opinion about the possible damaging effect of noise in the orchestra. The questions included one about the likelihood of impaired hearing in the long run and one about whether this could affect the quality of performance. The desired periodicity of audiometry was also asked.

Though 83 % were of the opinion that they had been exposed to too many decibels, only 34 % thought it likely that the individual would suffer impaired hearing. In the long run, 34 % thought problems in performance were likely to come. The percentages for the wind players for these three features were 92, 56 and 52 % respectively and for the string players 79, 24 and 24 %. When considered by zone there was a good correlation between these views and the measured sound level.

The percentages recorded in zone 6 were very low; here the musicians are positioned "behind" the sound levels they produce.

The desired periodicity of audiometry is one year.

Chapter 11 describes the possibilities of prevention of hearing damage by means of altered orchestral placement.

The literature points out the possibility of architectural prevention by means of a steeper stage and/or screens for diminishing the sound levels.

An investigation into the reduction of a sound level emanating of a sound source was made by measurements at intervals of 50 cm. Increasing distance (i.e. separation of players within practical limits) resulted in a considerable but insufficient reduction in noise level.

Increase of the height difference between sections to 50 cm, together with a screen of 85 cm height gave a reduction at ear level of the musician in front of this screen of 18 dB(A), in contrast to 7 dB(A) in the case of the usual stage position. By means of these architectural alterations noise reduction below 90 dB(A) 8hLeq and even sometimes below 85 dB(A) 8hLeq is possible.

Chapter 12 contains the conclusions of the whole study.

It is hardly possible to compare the results of this study with other studies, because of the differences in definitions of hearing impairment. In comparison with other publications the sound levels in this study can be regarded as very high. However, for methodological reasons comparisons are difficult.

When compared with other methods for correcting for age, HL25-correction with ISO 7029 - database A - has advantages. There is no data distortion or data transformation and the size of the study population remains intact because there is no stratification into age groups. In the case of the individual 4 kHz definition the percentage of impaired hearing for the group can be given and in the case of group audiograms the position of the audiogram of the relevant group in regard to the control population or other populations can be given in one figure. Furthermore, HL25-correction has strong correlations with other effect parameters such as the Lafon-index, the degree of professional handicap and the degree of definite attribution of sound exposure to the hearing impairment.

From the studies presented in this thesis it can be concluded that professional music performance in a symphony orchestra or a wind orchestra leads to impaired hearing when compared with a control population. The degree to which this occurs depends on the type of orchestra, the sound exposure level and the exposure time. These are also influenced by individual susceptibility to the damaging effect of noise exposure and by the drop out selection possibly prompted by the acoustical demands of the profession. As a result, there exists a group of musicians with slightly impaired hearing who have had the same exposure to orchestral noise (both in time and level) as the group with the most severe impairment.

There is hardly any association between the instrumental group and the degree of hearing impairment. There is however a significant association between the orchestral zone and the degree of hearing impairment. This is probably caused by the fact that

the orchestral zone has a stronger correlation with the sound level than the instrumental group.

Several recommendations are proffered. These can be divided into methodological, research and policy recommendations. In any future studies, an individual correction for age by means of the ISO 7029 is to be recommended, incorporating the use of both the 4 kHz definition and group audiograms.

Investigations about the health aspects of professional music making should be performed on a larger scale and with larger groups. At the same time the possibilities of a system of specialised health care for musicians (and other artists) should be studied, in terms of both prevention and therapy.

The establishment of an academic centre with special interest in, and knowledge of, the health aspects relating to the arts is strongly advised. There should be an emphasis on the preventive aspects without disregarding the therapeutic possibilities. The size of both the occupational and health aspects of the performing arts would suggest that it might be advisable to concentrate these activities at an university.

Literatuuropgave

- Ademello, B. Sull' Isolamento di micobatteri atipici da strumenti musicali. Boll. Soc. Ital. Biol. Sper. 50(1974)967-969.
- Ahnert, W. Sound energy of different sound sources. 75th. Audio Engineering Society Congress Paris 1974.
- Arnold, G.E. Pure-tone threshold of professional pianists. AMA Arch. Otolaryngol. 71(1960)938-947.
- Astrand, P-O., K. Rodahl. Textbook of Work Physiology. McGraw-Hill New York 1977.
- Axelsson, A., F. Lindgren. Hearing in classical musicians. Acta Otolaryngol. supp. 377(1981)3-74.
- Banks, P. Non-neoplastic parotid swellings. Oral Surg. 25(1968)732-745.
- Barkvoll, P., A. Attramadal. Recurrent herpes labialis in a military brass band. Scand. J. Dent. Res. 95(1987)256-258.
- Bejjani, F.J. Effect of the instrument on the musician's musculo-skeletal system. Proc. 84 Int. Conf. Occup. Ergon. (1984)247-251.
- Beranek, L.L. Music, Acoustics and Architecture. John Wiley and Sons, New York London 1962.
- Berg, R. van den. Lawaaibestrijding. Achtergronden, aanpak en methoden. Praktijkvoorbeelden. NIPG-TNO 1985.
- Berg, R. van den, A.H. Grundel, W. Passchier-Vermeer. De effectiviteit van in de gehoorgang gedragen gehoorbeschermingsmiddelen in praktijksituaties. NIPG-TNO Leiden 1986.
- Bergstroem, J., S. Eliasson. Alveolar bone heigth in professional musicians. Acta. Odontol. Scand. 44(1986)141-147.
- Bergstroem, J., S. Eliasson. Periodontal health in Swedish professional musicians. Swed. Dent. J. 12(1988)33-38.
- Bettenhausen, F., F. van Krevelen, H. van Krevelen. Clavecimbel, clavichord en pianoforte. Stemmen, stemmingen en onderhoud. Uitgeverij De Toorts, Haarlem 1984.
- Beugen, P.A. van. Noot-toestand. Literatuuronderzoek naar de arbeidsgeneeskundige aspecten van het muziek maken als beroep. Instituut voor Sociale Geneeskunde Nijmegen, 1983.

Bilsen, F.A. On the influence of the number and phase of harmonics on the perceptibility of the pitch of complex signals. *Acustica* 28(1973)60-65.

Bloemsma, Th. M. et al. Invloed van lawaai op de hartfrequentie en de bloeddruk. *T. Soc. Gez.* 64(9186)232-237.

Borgia, J.F. Some physiological observations on French Horn musicians. *JOM* 17(1975)696-701.

Bouhuys, A. Lung volumes and breathing patterns in wind instrument players. *J. Appl. Physiol.* 19(1964)967-975.

Braak, A.J. Wat kan een musicus van een tandarts verwachten? *Medici voor Musici* 1985, pag. 29-34. Hilversum 1985.

Bradley, R., H. Fortnum, R. Coles. Research note: patterns of exposure of schoolchildren to amplified music. *Br. J. Audiol.* 21(1987)119-125.

Brattstroem, V., L. Odenrick, E. Kvam. Dentofacial morphology in children playing musical wind instruments: a longitudinal study. *Eur. J. Orthod.* 11(1989)197-185.

Brink, G. van den. Monaural frequency-pitch relations as the origin of binaural diplacusis for pure tones and residue sounds. *Acustica* 32(1975)166-173.

Brink, G. van den. The relation between binaural diplacusis for pure tones and for complex sounds under normal conditions and with induced monaural pitch shift. *Acustica* 32(1975)159-165.

Broersen, J.P.J., A.N.H. Weel, F.J.H. van Dijk. Rapport PBGO-Informatie. Een bijdrage voor de Basisanalyse van de Scenariostudie Arbeid en Gezondheid. Universiteit van Amsterdam, Coronal Laboratorium. Amsterdam 1989.

Brok, A.G.M. Muziek maken is niet altijd een genoegen. *Modern Medicine* 78 (1978)1312-20.

Bryant, G.W. Myofascial pain dysfunction and viola playing. *Br. Dent. J.* 166(1989)335-336.

Burger, G.C.E. Arbeids- en Bedrijfsgezondheid. Stenfort Kroese. Leiden 1974.

Burns, E.M. Pure-tone pitch anomalies. I. Pitch-intensity effects and diplacusis in normal ears. *J. Acoust. Soc. Am.* 72(1982)1394-1402.

Burns W., D.W. Robinson. Hearing and noise in industry. HM Stationary Office, London 1970.

Cardozo, B.L., Geluidswaarneming. Hogere Kursus Akoestiek. Antwerpen 1986.

Champagne, P. Functional cramps or functional dystonias in writers and musicians. *Ann. Chir. Main* 5(1986)148-152.

Champagne, D. Vann Chin Rest. *The Strad* 89(1979)877-881.

Corso, J.F. Age correction factor in noise-induced hearing loss: a quantitative model. *Audiology* 19(1980)221-232.

Curtis, P. Letter: Guitar nipple. *Brit. Med. J.* 2(1974)226.

Cynamon, K.B. Flutist's neuropathia. *New Engl. J. Med.* 305(1981)961.

Dahl, M.G.C. Flautist's chin: a companion to fiddler's neck? *Brit. Med. J.* (1978)1023.

Dallos, P. The Auditory Periphery: Biophysics and Physiology. Academic Press Inc. New York 1973.

Dibbel, D.G. Succesfull correction of velopharyngeal stress-incompetence in musicians playing wind instruments. *Plast. Reconstr. Surg.* 64(1979)662-664.

Dibbel, D.G. The incompetent Palate: A trumpeting disaster. *J. Int. Trumpet Guild* 2(1977)37-38.

Dieroff, H.G. Der unterschiedliche Schademechanismus bei Dauer- und Impuls-lärmbelastung in der Industrie und seine Bedeutung in der Praxis. *Z. ges. Hyg.* 25(1979)143-147.

Dijk, F.J.H. van. Effecten van lawaai op gezondheid en welzijn in de industrie. Onderzoeksproject m.b.t. extra-auditieve effecten van lawaai. Academisch proefschrift. Universiteit van Amsterdam. Amsterdam 1984.

Dubbeldam-Marree, A.L. Bedrijfsspraakaudiometrie. NIPG-TNO, Afdeling Onderwijs. Leiden 1985.

Dunn, R.H. Selecting a musical wind instrument for a student with orofacial problems. *Int. J. Orthod.* 20(1982)19-22.

Düsseldorfer Arbeitskreis. Ergebnisniederschrift über die Sitzung am 25.3.1983 des Düsseldorfer Arbeitskreises: Gehörbelastung bei Orchestermusikern. Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, 1983.

Ettema, J.H. Extra-auditieve lawaai-invloeden. *Tijdschr. Soc. Geneesk.* 54(1976)769-773.

Ettema, J.H. De vrouw en het lawaai. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 54(1976)19-21.

Evans, E.F., J.P. Wilson. The frequency selectivity of the cochlea. In: *Basic Mechanics in Hearing*. Moller, A.R. (red). Pg. 519-554. Academic Press New York 1973.

Fastl, H. Transient masking pattern of narrow band maskers. In: *Facts and Models in Hearing*. E. Zwicker, E. Terhardt (red.). Pg. 251-257. Springer Verlag Berlin Heidelberg 1974.

Faulkner, M. Circulatory effects of trumpet playing. *Brit. Med. J.* 1(1959)685-686.

Flach, M. Das Gehör des Musikers aus ohrenärztlicher Sicht. *Msch. Ohrhk.* 106(1972)424-432.

Flach, M. Otoskleroseoperation bei Musiker. *HNO-Prax.* 1(1981)66-70.

Flach, M., E. Aschoff. Zur Frage berufsbedingter Schwerhörigkeit beim Musiker. *Z. Laryngol.* 45(1966)595-605.

Flach, M., E. Aschoff. Zur Frage berufsbedingter Schwerhörigkeit beim Musiker. *Z. Laryngol.* 45(1966)49-54.

Flach, M., et al. The risk of occupational deafness in musicians. *German Medical Monthly* 12(1967)49-54.

Florentine, M., A.J.M. Houtsma. Tuning curves and pitch matches in a listener with unilateral, low-frequency hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am.* 73(1983)961-965.

Flottorp, G. Effects of noise upon the upper frequency limit of hearing. *Acta Otolaryngol. (Stockholm)* 75(1972)329-335.

Flottorp, G. Music - A noise hazard? *Acta Otolaryngol. (Stockholm)* 75(1973)345-347.

Folprechtova, A., O. Miksovska. The acoustic conditions in a symphony orchestra. *Pracov. Lek.* 28(1976)1-2.

Folprechtova, A. et al. Acoustic conditions in the theatre orchestra. *Pracov. Lek.* 33(1981)175-177.

Formby, C.D.B. Gjerdingen. Some systematic observations on monaural diplacusis. *Audiology* 20(1981)219-233.

Frei, J. Die Gehörbelastung des Orchestermusikers in der Konzert- und in der Opernformation der Tonhalle Zürich. Vortrag vom 26. Januar 1979 anlässlich des 6. Audio-Symposiums der Bommer Int. AG, Fabrikant der Rexton Hörgeräte, Zürich 1979.

Frei, J. Die Gehörbelastung des Orchestermusikers in der Tonhalle Zürich. *Das Orchester* 29(1981)439-441.

Frei, J. Gehörschäden durch laute Musik. *Das Orchester* 29(1981)630-641.

Fry, H.J. Overuse syndrome of the upper limb in musicians. *Med. J. Aust.* 144(1986)182-183, 185.

Fry, H.J. Prevalence of overuse (injury) syndrome in Australian music schools. *Brit. J. Ind. Med.* 44(1987)35-40.

Führmeister, M., E. Wiesenhütter. *Metamusk. Psychosomatik der Ausübung zeitgenössischer Musik.* J.F. Lehmanns Verlag München 1973.

Gardner, L.D. Flautist's Chin. *Brit. Med. J.* 1987, 1295.

Gerlings, P.G., E.M. Hammelburg (reds.). *Keel-, neus- en oorheelkunde.* De Erven F. Bohn N.V., Haarlem 1971.

Glorig, A., J. Nixon. Hearing loss as a function of age. *Laryngoscope* 72(1962)1596-1616.

Glucksmann, J.E.A. Pulse frequency and blood pressure during the performance of a concert in members of the Symphonic Orchestra of the Czechoslovak Broadcasting Corporation in Prague. *Casopis Lecara Ceskych* 26(1975)787-791.

Goderie, P.A.H.M. Voorwoord Symposium Medici voor Musici 1985, pag.3-4. Hilversum 1985.

Goldstein, J.L. An optimum processor theory for the central formation of the pitch of complex tones. *J. Acoust. Soc. Am.* 54(1973)1496-1516.

Groen, J.J. Fysiologie van het gehoororgaan. In: *Keel-, neus- en oorheelkunde.* P.G. Gerlings en E.M. Hammelburg (red.). Pg. 1-14. De Erven F. Bohn N.V., Haarlem 1971.

Gryczynska, D., I. Czyzewski. Damaging effect of music in the hearing organ in musicians. *Otolaryngol. Pol.* 31(1977)527-531.

Gualterie, P.A. May Johnny or Janie play the clarinet? *Am. J. Orthod.* 76(1979)269-276.

Haider, M. Belastung des Musikers in einem Symphonie Orchester. In: *Stress und Kunst*, pag. 15-36. M. Piperek. Braumüller Universitäts-Verlagbuchhandlung Ges. m.b.H., Wien 1971.

Harman, S.E. Occupational diseases of instrumental musicians. Literature Review. *MD State Med.J.* 1982;39-42.

Havas, K. Stage fright. Its causes and its cures. With special reference to violin playing. *Bosworth & Comp.* London 1980.

Hees, O.S. van. Audiogramafwijkingen bij musici. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 64(1986)274.

Hees, O.S. van. Geluidbelasting bij musici. *Medici voor Musici* 1986. Hilversum 1986.

Hees, O.S. van. Gehoorafwijkingen bij conservatoriumstudenten en het gebruik van de Walkman. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 67(1989)329-334.

Hees, O.S. van. *Musica Medicinea.* Enige voetnoten bij notenbalken. NIPG-TNO, afdeling Onderwijs. Leiden 1986.

Hees, O.S. van. Gezondheidszorg voor Musici. In: *Medicus en Musicus*, pag 66-78 (red. A.N. de Wolf). Nederlandse Bibliotheek der Geneeskunde, Deel 191. Samson Stafleu. Alphen aan den Rijn/Brussel 1987.

Helmholtz, H.L.F. von. Die Lehre von dem Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. F. Vieweg und Sohn Verlag, Braunschweig 1863.
Vertaling in het Engels A.J. Ellis. Dover Publications, New York 1954.

Herman, E. Influence of musical instruments on tooth position. Am. J. Orthod. 80(1981)145-155.

Herman, E. Dental considerations in the playing of musical instruments. JADA 83(1974)661-669.

Herman, E. Orthodontic aspects of musical instrument selection.
Am. J. Orthod. 65(1974)519-530.

Hindson, T.C. Clarinettist's cheilitis. Brit. Med. J. 1978, 129.

Hirsch, J.A. Jaw dysfunction in viola and violin players. JADA 104(1982)838-843.

Hirschler-Schulte, C.J.W. Geen beta-blokkeerders zonder CARA-anamnese.
Ned Tijdschr Geneesk 129(1985)265-267.

Hochberg, F.H. Hand difficulties among musicians. J. Am. Med. Assoc. 249(1983)1869-1872.

Hofmann, H. Über den Ansatz der Blechbläser. Bärenreiter Verlag Kassel. Zonder jaartal.

Hoppmann, R.A., N.A. Patrone. A review of musculoskeletal problems in instrumental musicians.
Semin. Arthritis Rheum. 19(1989)117-126.

Houtgast, T. Lateral supression in hearing. Academisch proefschrift. Vrije Universiteit.
Amsterdam 1974.

Houtgast, T. Lateral supression and loudness reduction of a tone in noise.
Acustica 30(1974)214-221.

Houtgast, T. Masking patterns and lateral inhibition. In: Facts and Models in Hearing. E. Zwicker,
E. Terhardt (red.). Pg. 258-265. Springer Verlag Berlin Heidelberg 1974.

Houtgast, T. Subharmonic pitches of a pure tone at low S/N ratio. J. Acoust. Soc. Am.
60(1976)405-409.

Huiberts, O. Het bewegingsapparaat van musici - houdingsafwijkingen, beroepsziekten.
Literatuurrecherche. CORVU, Universiteit van Amsterdam 1985.

Hunter, D. The diseases of Occupations. 6th. Edition. Hodder and Stoughton London 1978.

ILO, International Labour Organization. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety,
3rd.ed. Volume 2, pg.1417-18. Geneva ILO 1983.

International Organization for Standardization. ISO 389. Acoustics-standard reference zero for
calibration of pure-tone air conduction audiometers. 1975.

International Organization for Standardization. ISO 6189. Acoustics-pure tone air conduction
threshold audiometry for hearing conservation purposes. 1983.

International Organization for Standardization. ISO 7029. Acoustics-threshold of hearing by air
conduction as a function of age and sex for otologically normal persons. 1984.

International Organization for Standardization. ISO 1999. Acoustics - Determination of
occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.
Geneve 1990.

Jansen, D., A.I.F. Vernooij. De Nederlandse Orkestbak. Scriptie basiscursus Sociale
Geneeskunde, Nijmegen 1978.

Jansson, E., K. Karlsson. Sound levels recorded within the symphony orchestra and risk criteria for
hearing loss. Scand. Audiol. 12(1983)215-221.

Jatho, K., H. Hellmann. Zur Frage des Lärm und Klangtraumas des Orchestermusikers.
HNO 20(1972)21-29.

Jerger, J. et al. Temporary Threshold Shift in rock & roll musicians. J. Speech Hearing Res.
13(1970)221-224.

Johnson, D.W. et al. Effects of instrument type and orchestral position on hearing sensitivity for
0.25 to 20 kHz in the orchestral musician.Scand. Audiol. 14(1985)215-221.

Jongh, J., H.J. Docter. Bedrijfsgezondheidszorg. Stafleu B.V. Leiden 1979.

Kahle, J. Die Reaktion bestimmter Organsysteme auf Arbeitsbelastung. Handbuch der gesamte
Arbeitsmedizin, Teil V. Stuttgart 1956.

Karlsson, K., P.G. Lundquist, T. Olaussen. The hearing of symphony orchestra musicians.
Scan. Audiol. 12(1983)257-264.

Katschke, N. Untersuchungen des Schallpegels in Orchestern. Das Orchester 29(1981)437-439.

Keldel, W. D. (red). Physiologie des Gehörs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1975.

Klashorst, G.O. Evolutie van de houding. Medici voor Musici 1985, 5-19. Hilversum 1985.

Klashorst, G.O. Indispositie en pijn bij de musicus. Samenklank november 1976, 409-411.

Kleinbaum, D.G., L.L Kupper, H. Morgenstern. Epidemiologic Research. Principles and
quantitative methods. Van Nostrand Reinhold Company New York 1982.

Klijn, F. "Lawaa"-doofheid bij leden van een Symfonie Orkest. Universiteit van Nijmegen,
Nijmegen 1984.

Koelsch, F. Handbuch der Berufskrankheiten. Fischer Verlag Jena 1959.

Kompier, M.A.J. Arbeid en Gezondheid van stadsbuschouffeurs. Academisch proefschrift. Rijksuniversiteit Groningen. Groningen 1988.

Krvin, M. An embouchure aid for clarinet and saxophone players. J. Am. Dental Assoc. 90(1981)1277-1281.

Kryter, K.D. Exposure to Steady-State Noise and Impairment of Hearing. J. Acoust. Soc. Am. 35(1963)1515-1525.

Kryter, K.D. Damage Risk Criterion and Contours Based on Permanent and Temporary Hearing Loss Data. J. Am. Ind. Hyg. Assoc. 26(1965)34-44.

Kryter, K.D. The effect of noise on man. 2nd. Ed. Academic Press Inc. New York 1985.

Kwiatowski, E.A. Schalldruckpegel im Orchestergraben eines Opernhauses. Zbl. Arbeitsmed. 36(1986)58-64.

Lafon, J.C. et al. Estimation et indemnisation de la perte auditive due au bruit industriel. Rev. Laryng. d'otologie et rhinologie 98(1977)541-545.

Landeck, E. Methodical auxiliary apparatus; an aid for the wind instrument player. Dtsch. Stomatol. 23(1973)438-443.

Landeck, E. Lippenlaesionen bei Blechblasinstrumenten. Dermatol. Monatschr. 160(1974)762-765.

Landeck, E. Funktionell-morphologische Aspekte der orofaziale Muskulatur der Blechblasinstrumentalisten. Anat. Anz. Bd. 135(1974)465-469.

Lapten, V. An orthodontic approach to playing wind instruments. Lijec Vjesn 10(1979)441-442.

Larkin, W.D. Pitch vulnerability in sensorineural hearing impairment. Audiology 22(1983)480-493.

Lederman R.J. Peripheral nerve disorder in instrumentalists. Ann. Neurol. 26(1989)640-646.

Leebeek, H.J. Verlichtingstheorie in de praktijk. NIPG-TNO Leiden 1982.

Lehrer, P.M., et al. Treating stage fright in musicians: the use of beta blockers. N. J. Med. 84(1987)27-33.

Levee, J.R. EMG Feedback for relief of tension in the face and throat muscles of a woodwind musician. Biofeedback and Selfregulation 1(1976)113-120.

Liden, S. Beta-blocking agents in the treatment of catechol-amine induced symptoms in musicians. Lancet II(1974)529.

Lindeman, H.E., M. Stekelenburg. Lawaal. Stafleu Alpen aan den Rijn/Brussel 1981.

Lipscorn, D.M. Ear damage from exposure to rock and roll music. Acta Otolaryngol. (Chicago) 90(1965)545-555.

Lockwood, A.H. Medical problems of musicians. N. Engl. J. Med. 320(1989)221-227.

Lodha, S., O.P. Sharma. Letter: Hypersensitivity pneumonitis in a saxophone player. Chest 93(1988)1322.

Luongo, E. Hornblowers disease. Arch. Environm. Health 12(1966)410.

Macfie, D.D. Asymptomatic laryngoceles in wind instrument players. Arch. Otolaryngol. 83(1966)102-107.

Mattheson J. Das Neu eröffnete Orchestre. Hamburg 1713.

Mellerowicz, H. Ergometrie. Grundriss der medizinische Leistungsmessung. Dritte Auflage. Urban & Schwarzenberg. München 1979.

Metoyen, C. Plans des tribunes et orchestres de la musique du Roy, Avec les noms des sujets qui en occupent les places en 1773. Présentées a Sa Majesté par son très-humble et très-fidèle sujet, Metoyen, ordinaire de sa musique. Bibliothèque de Versailles. Collectie Van Hees.

Meyer, J. Acoustics and the Performance of Music. Verlag Das Musikinstrument Frankfurt/Main 1978.

Meyer, J.J. A study of high noise levels in symphony orchestras. St. Louis 1974.

Middlestadt S.E., M. Fishbein. Health and occupational correlates of perceived occupational stress in symphony orchestra musicians. J. Occup. Med. 30(1988)687-692.

Mijnsbergen, W.C.J. Bedrijfsgeneeskundig survey van het Gelders Orkest. Universiteit van Nijmegen, Nijmegen 1977.

Mills, O.H. Acne mechanica. Arch. Dermatol. 111(1975)481-483.

Moller, A.R. (red). Basic Mechanics in Hearing. Academic Press New York 1973.

Murphy, J.M. Letter: Cello scrotum. Brit. Med. J. 2(1974)335.

Newmark, J., F.H. Hochberg. Isolated painless manual incoordination in 57 musicians. J. Neurol. Neurosurg. Psych. 50(1987)291-295.

Nienhuys, T.G.W., G.M. Clark. Frequency discrimination following the selective destruction of cochlear inner and outer hair cells. Science 199(1978)1356-1357.

Nienhuys, T.G.W., G.M. Clark. Critical bands following the selective destruction of cochlear inner and outer hair cells. *Acta Otolaryngol* 88(1979)350-358.

Olson, H.F. *Music, Physics and Engineering*. Dover Publications Inc. New York 1967.

Oskam, J. Beroepsziekten bij musici. *Algemene muziekencyclopaedie*. Uitgeverij De Haan (zonder jaartal).

Ostri, B. et al. Hearing impairment in orchestral musicians. *Scand. Audiol.* 18(1989)243-249.

Pang A. Relation of musical wind instrument to malocclusion. *J. Am. Dent. Assoc.* 92(1976)565-570.

Passchier-Vermeer, W. Gehoorverlies tengevolge van continue expositie aan constant lawaai met een breed frequentiespectrum. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 50(1972)supp.2, 16-20.

Passchier-Vermeer, W. Popmuziek van weinig belang bij gehoorverlies bij jongeren. *TNO project 7/8* 1977.

Passchier-Vermeer, W. Gehoorschade door lawaai I. Analyse van onderzoekgegevens ter bepaling van de relatie tussen lawaai en gehoorschade door lawaai. *NIPG-TNO Leiden* 1986.

Passchier-Vermeer, W. Gehoorschade door lawaai II. Methoden om op individueel en groepsniveau gebruik te maken van het verband tussen lawaai en gehoorschade. *NIPG-TNO Leiden* 1986.

Passchier-Vermeer, W. Regelingen en aanbevelingen voor de aanpak van de lawaai-problematiek in bedrijven ter voorkoming van gehoorschade door lawaai op de arbeidsplaats. *NIPG-TNO Leiden* 1986.

Passchier-Vermeer, W. Analyse van audiometrische gegevens ten behoeve van gehoorbeschermingsprogramma's. *NIPG-TNO Leiden*. September 1987.

Passchier-Vermeer, W., J. van den Eijk. Reproduceerbaarheid der continue audiometrie. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 50(1972)supp.2, 7-10.

Passchier-Vermeer, W., J.H.G.M. Dijkers. Audiometrie in de bedrijfsgezondheidszorg. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 57(1979)4-10.

Passchier-Vermeer, W., A.J.M. Rövekamp. De relatie tussen de gehoordrempels aan het linker- en het rechter oor. *NIPG-TNO Leiden* 1986.

Passchier-Vermeer, W., A.J.M. Rövekamp. De beoordeling van het gehoor met betrekking tot het verstaan van spraak en de gehoorverliezen in het toondrempelaudiogram. *NIPG-TNO Leiden* 1987.

Passchier-Vermeer, W., R. van den Berg, A.J.M. Rövekamp, D. van der Ree. *Integrale gehoorbeschermingsprogramma's*. Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg 1988.

Passchier-Vermeer, W., H.E. Lindeman, J. Verschuure. *Audiologisch onderzoek in het kader van de bedrijfsgezondheidszorg en door audiologische centra; vergelijking van meetuitkomsten*. *NIPG-TNO Leiden*. Publicatienummer 90.079. Augustus 1990.

Piperek, M. *Stress und Kunst*. Wilhelm Braumüller, Universitäts-Verlags-Buchhandlung. Ges.m.b.H. Wien 1971.

Plomp, R. Het audiometrisch onderzoek. Suppl. 2, bij nr. 9 *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 50(1972)3-5.

Plomp, R. *Aspects of tone sensation. A Psychophysical Study*. Academic Press Inc. (London) Ltd. London 1976.

Plomp, R. Slechthorendheid en het beperkte nut van het hoortoestel. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 55(1977)604-613.

Plomp, R., G.F. Smoorenburg (red). *Frequency Analysis and Periodicity Detection in Hearing*. Sijthoff, Leiden 1970.

Porter, M.M. The embouchure and dental hazards of wind instrumentalists. *Proc. R. Soc. Med.* 66(1973)1075-1078.

Porter, M.M. Dental aspects of orchestral wind instrument players with special reference to the embouchure. *Am. Assoc. Endod. Meeting* 1974. Colony Offset Company, Inc., Boston, Massachusetts.

Porter, M.M. Dental factors adversely influencing the playing of wind instruments. The role of artificial aids. *Am. Assoc. Endod. Meeting* 1974. Colony Offset Company, Inc., Boston, Massachusetts.

Porter, M.M. The embouchure and some of its endodontic problems. *Br. Endod. Soc.* May 1974, 27-28.

Prensky, H.D., G.I. Shapiro, S.I. Silverman. Dental diagnosis and treatment for musicians. *Spec. Care Dentist* 6(1986)198-202.

Pritchett, E.L.C. Wind parotitis. *New Engl. J. Med.* 1973, 1094.

Rabinowitz, J. et al. Etude des effets de la musique de forte intensité chez les musiciens de l'Orchestre de la Suisse Romande. *Médecine et Hygiène* 1470(1982)1-9.

Rahlf, V. *Psychometrische Untersuchungen zur Wahrnehmung musikalischer Klänge*. Akademisch proefschrift, Hamburg 1966.

Reitlinger, A. Parotid changes in musicians. *Mschr. Ohrenheilk.* 98(1964)101-103.

Rejsek, K. On the problem of emphysema in persons playing wind instruments. *Pravoc Lek* 12(1964)64-67.

Reynolds, C. Using biofeedback to reduce left arm extensor EMG of string players. *Biofeedback Selfreg.* 6(1981)565-572.

Rice, C.G., M. Breslin, R.G. Roper. Sound levels from personal cassette players. *Br. J. Audiol.* 21(1987a)273-278.

Rice, C.G., G. Rossi, M. Olina. Damage risk from personal cassette players. *Br. J. Audiol.* 21(1987b)279-288.

Rieder, C.E. Possible premature degenerative temporomandibular joint disease in violin players. *J. Prost. Dent* 35(1976)662-664.

Rintelmann, W.F. TTS and recovery patterns from two types of rock and roll music presentation. *J. Acoust. Soc. Am.* 51(1972)1249-1255.

Robinson, D.O., J.H. Geath. Diplacusis associated with bilateral high frequency hearing loss. *J. Speech Hear. Res.* 18(1975)5-16.

Ruyten, M. Gehoorbeschermingscampagnes. Gezondheidsleer, Landbouwwuniversiteit Wageningen, Wageningen 1987.

Rysenaer, L., J.B.E. van Deinse, L.B.J. Stuyt. Pneumoparotitide recidivante. *Pract. Otorhinolaryngol.* (Basel) 25(1963)128-132.

Salvi, R.J. Central Components of the temporary threshold shift. Effects of noise on Hearing (D. Henderson ed.) pg. 247-262. Raven Press, New York 1976.

Samama, A. Muscle control for musicians. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht 1981.

Samama, A. Stress bij musici. Koninklijk Conservatorium Reeks, 's-Gravenhage 1984.

Sanden, A., A. Axelsson. Comparison of cardiovascular responses in noise-resistant and noise-sensitive workers. *Acta Otolaryngol. Supp.* 377(1981)75-100.

Saunders, H.F. Wind parotitis. *New Engl. J. Med.* 1973, 698.

Schilham, P. Toj-toj. Achter de schermen van het orkestbedrijf. Nijgh en Van Ditmar, 's-Gravenhage 1983.

Schip, E.P. van het. Het Binnenoor. Duphar Nederland, Amsterdam 1983.

Schottner, H.J. Studies on players of wind instruments. *Dtsch. Stomatol.* 21(1971)931-936.

Schouten, J.F. The residue, a new component in subjective sound analysis. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.* 43(1940)356-365.

Schouten, J.F. The residue and the mechanism of hearing. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.* 43(1940)991-999.

Schulman, A. Letter to the editor: English horn player's thumb. *J. Hand Surg.* 7 (1982)424.

Schwartz, E. A viol paraesthesia. *Lancet* 2, 1980.

Shea, M.J. Saxophonist's diverticulosis. *Brit. Med. J.* 1979, 1217.

Shimida, T. A morphological study on the effect of wind instrument on the dento-oral region. *J. Nihon Univ. School* 20(1978)23-36.

Siegel, S. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill New York 1956, pag. 111-115, 179-184.

Sieswerda, D., J. Wielinga, L. Tijsma. Kopzorgen door hoofdtelefoons. *Tijdschr. Soc. Gezondhz.* 64(1986)134-138.

Singer, K. Berufskrankheiten der Musiker. Verlag Max Hesse Berlin 1926.

Siroky, J., et al. Audiological examination of musicians of a symphony orchestra in relation to acoustic conditions. *C.S. Otolaryngol.* 25(1976)288-294.

Smooorenburg, G.F. Audibility region of combination tones. *J. Acoust. Soc. Am.* 52(1972)603-614.

Smooorenburg, G.F. Combination tones and their origin. *J. Acoust. Soc. Am.* 52(1972)615-632.

Smooorenburg, G.F. On the mechanism of combination tone generation and lateral inhibition in hearing. In: *Facts and Models in Hearing.* E. Zwicker, E. Terhardt (red.). Pg. 332-343. Springer Verlag Berlin Heidelberg 1974.

Smooorenburg, G.F., et al. Correlates of combination tones observed in the respons of neurons in the anteroventral cochlear nucleus of the cat. *J. Acoust. Soc. Am.* 59(1976)945-962.

Smooorenburg, G.F., R. Plomp. Het lawaaitrauma. *Ned. Tijdschr. Geneesk* 131(1987)706-709.

Smooorenburg, G.F., R. Plomp. Het lawaaitrauma. *Tijdschr. Bedrijfsaudiom.* 12(1987)4-9.

Soderquist, D.R. Frequency analysis and the critical band. *Psychon. Sci.* 21(1970)117-119.

Speaks, C. Hearing loss in rock and roll musicians. *J. Occup. Med.* 12(1970)216-219.

Spoor, A. Presbycusis values in relation to noise induced hearing loss. *Int. Audiol.* 6(1967)48-57.

Spoor, A. Audiogram en leeftijd. Tijdschr. Soc. Gezondhz. 50 (1972) supp.2-11.

Spoor, A., W. Passchier-Vermeer. Spread in hearing levels of nonnoise exposed peoples at various ages. Int. Audiol. 8(1969)328-331.

Stekelenburg, M. Is 80 dB(A) werkelijk de grens tussen schadelijk en onschadelijk geluid ? Tijdschr. Soc. Gezondhz. 60(1982)425-432.

Stenberg, J., et al. Hemodynamic response to work with different muscle groups in sitting and supine. J. Appl. Physiol. 22(1967).

Stephoe A., H. Fidler. Stage fright in orchestral musicians: a study of cognitive and behavioural strategies in performance anxiety. Br. J. Psychol. 78(1987)241-249.

Stern, J.B. The edema of fiddler's neck. J. Am. Acad. Dermatol. 1(1979)538-540.

Straaten, E.M.C. Arbeidsomgeschiktheid bij beroepsmusici (daar zit geen muziek meer in). Scriptie vervaardigd in het kader van de opleiding Sociale Geneeskunde, tak Verzekeringsgeneeskunde, van de Stichting Sociale gezondheidszorg te Utrecht. Voorschoten 1987.

Streda, A. Morphological and functional changes in the spine of members of a philharmonic orchestra. Cesk. Radiol. 26(1973)325-331.

Stumpf, C. Tonpsychologie. Teil 2. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1890.

Szende, O. Handbuch des Geigenunterrichts. Institut für Saiteninstrumente, Gitarre und Laute, Düsseldorf 1977.

Talbott, E. et al. Occupational noise exposure, noise induced hearing loss, and the epidemiology of high blood pressure. Am. J. Epidemiol. 121(1985)501-514.

Tennstedt, B. Dermatoses of the neck affecting violin and viola players. Derm. Beruf. Umwelt 27(1979)165-169.

Terhardt, E. Pitch, consonance, and harmony. J. Acoust. Soc. Am. 55(1974)1061-1069.

Timmer, M.M. Verzekeringsgeneeskundig referentiekader. Tijdschr. Verz. Geneesk. 23(1985)22-24.

Timmer, M.M. Verzekeringsgeneeskundig referentiekader (deel II). Tijdschr. Verz. Geneesk. 23(1985)40-42.

Tonnaer, E.L.G.M., R. Weijers. In: Het Binnenoor. E.P. van het Schip (red.). Duphar Nederland, Amsterdam 1983.

Tucker, A. Electrocardiography and lung function in brass instrument players. Arch. Environm. Health 23(1971)327-334.

Turner, C., E.M. Burns, D.A. Nelson. Pure tone pitch perception and low frequency hearing loss. J. Acoust. Soc. Am. 73(1983)966-975.

Ulrich, R.F. Temporary hearing losses in teenagers attending rock and roll sessions. Acta Otolaryngol. (Stockholm) 77(1974)51-55.

Vandenbroucke, J.P., A. Hofman. Grondslagen der epidemiologie. Wetenschappelijke uitgeverij Bunge. Utrecht 1988.

Verbeek, J. Effecten van industrielawaai op de gezondheid, anders dan lawaaidoofheid. Supp. 1 Tijdschr. Soc. Gezondhz. 57(1979)32-36.

Verschuure, J., M. Rodenburg, A.J.J. Maas. Presentation conditions of the pulsation threshold method. Acustica 35(1976)47-54.

Wagner, C. What demands does playing an instrument on the hand? Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 19(1987)23-32.

Walter, W.G., et al. Bacteriological and cleaning studies on the mouthpieces of musical instruments. Applied Microbiology (Baltimore) 7(1959)126-130.

Ward, D.W. Subjective musical pitch. J. Acoust. Soc. Am. 26(1954)369-380.

Ward, D.W., W. Selters, A. Glorig. Exploratory studies on temporary threshold shift from impulses. J. Acoust. Soc. Am. 33(1961)781-793.

Ward, D.W. Diplacusis and auditory theory. J. Acoust. Soc. Am. 35(1963)1746-1747.

Weber, W.J.R. Stress velopharyngeal incompetence in an oboe player. Cleft Palate J. 7(1970)858-861.

Wei, L.Y. French Horn affairs. J. Am. Med. Assoc. 227(1974)657.

Westmore, G.A., I.D. Eversden. Noise-induced hearing loss and orchestral musicians. Arch. Otolaryngol. 107(1981)761-764.

Wightman, F.L. The pattern-transformation model of pitch. J. Acoust. Soc. Am. 54(1973)407-416.

Willems, J.H.B.M. De melding van beroepszlekten. Academisch proefschrift. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam 1987.

Wolf, A.N. de, A.J. Braak, O.S. van Hees. Medicus en Musicus. De Nederlandse Bibliotheek der Geneeskunde, Deel 191. Samson Stafleu. Alphen aan den Rijn/Brussel 1987.

Zeleny, A., V. Kulajova. Evaluation of the work load of the members of the Symphonic Orchestra of the Czechoslovak Broadcasting Corporation in Prague on the basis of catecholamine excretion. Cas. lek. ces. 114(1975)795-799.

Zeleny, M., et al. Relation of hearing disorders to the acoustic composition of working environment of musicians in a wind orchestra. *Cs. Otolaryngol.* 24(1975)295-299.

Zurek, P.M., C. Formby. Frequency-discrimination ability of hearing-impaired listeners. *J. Speech Hear. Res.* 24(1981)108-112.

Zwicker, E. Über psychologische und methodische Grundlagen der Lautheit. *Acustica* 8(1958), supp. 1, 237-258.

Zwicker, E. Über die Lautheit von ungedrosselten und gedrosselten Schallen. *Acustica*(1963)194-211.

Zwicker, E., G. Flottorp, S.S. Stevens. Critical band width in loudness summation. *J. Acoust. Soc. Am.* 29(1957)548-557.

Zwicker, E., E. Terhardt (red.). *Facts and Models in Hearing*. Pg. 258-265. Springer Verlag Berlin Heidelberg 1974.

Bijlagen

Bijlage hoofdstuk 6

Tabel 1

Verdeling in leeftijdsklassen van 10 jaar. Symfonie orkest.

Per klasse gemiddelde leeftijd, leeftijd bij aanvang orkestwerk (lft. orkestwerk) en bij aanvang in dit orkest (lft. dit orkest), gemiddelde expositieduur en -in dit orkest (jaren dit orkest).

20-29 jaar n = 41 (27 mannen, 14 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	25.9	2.1	22	29
lft. orkestwerk	21.6	1.8	17	27
lft. dit orkest	25.3	2.4	21	29
expositieduur	4.4	2.3	0	9
jaren dit orkest	0.7	1.4	0	7

30-39 jaar n = 38 (29 mannen, 9 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	33.2	2.7	30	39
lft. orkestwerk	22.0	2.5	17	29
lft. dit orkest	28.7	4.3	20	39
expositieduur	11.2	3.9	4	20
jaren dit orkest	4.6	5.3	0	16

40-49 jaar n = 25 (21 mannen, 4 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	45.0	2.8	40	49
lft. orkestwerk	21.9	2.4	17	28
lft. dit orkest	29.4	6.9	17	45
expositieduur	23.1	3.5	17	30
jaren dit orkest	15.6	6.7	0	30

≥50 jaar n = 23 (21 mannen, 2 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	54.4	3.8	50	64
lft. orkestwerk	20.0	2.2	16	24
lft. dit orkest	27.4	6.5	17	41
expositieduur	34.4	4.7	28	46
jaren dit orkest	27.0	7.3	12	44

Tabel 2.

Verdeling in expositieduurklassen van 10 jaar (jaren orkest). Symfonie orkest.

Per klasse gemiddelde leeftijd, leeftijd bij aanvang orkestwerk en bij aanvang in dit orkest, gemiddelde expositieduur en -in dit orkest.

0-9 jaar n = 56 (39 mannen, 17 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	27.5	3.1	22	34
lft. orkestwerk	22.2	2.2	17	29
lft. dit orkest	26.5	3.1	21	33
expositieduur	5.3	2.6	0	9
jaren dit orkest	1.0	1.8	0	8

10-19 jaar n = 26 (19 mannen, 7 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	35.5	4.2	30	45
lft. orkestwerk	21.5	2.2	19	28
lft. dit orkest	28.1	4.7	20	39
expositieduur	14.1	3.3	10	19
jaren dit orkest	7.4	6.4	0	17

20-29 jaar n = 26 (23 mannen, 3 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	46.2	3.9	37	53
lft. orkestwerk	21.7	2.0	17	25
lft. dit orkest	29.5	6.7	19	45
expositieduur	24.5	3.3	20	29
jaren dit orkest	16.7	7.1	0	27

≥30 jaar n = 19 (17 mannen, 2 vrouwen)

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	55.0	4.1	47	64
lft. orkestwerk	19.3	2.0	16	23
lft. dit orkest	27.0	7.3	17	41
expositieduur	35.7	4.1	30	46
jaren dit orkest	28.0	7.7	12	44

Tabel 3.

Verdeling in leeftijdsklassen van 10 jaar. Harmonie orkest. Per klasse gemiddelde leeftijd, leeftijd bij aanvang orkestwerk en bij aanvang in dit orkest, gemiddelde expositieduur en -in dit orkest.

20-29 jaar n = 13

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	25.5	3.1	20	29
lft. orkestwerk	19.2	1.5	17	21
lft. dit orkest	20.8	3.0	17	27
expositieduur	6.3	2.4	1	10
jaren dit orkest	4.7	2.8	1	10

30-39 jaar n = 11

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	36.3	2.8	32	39
lft. orkestwerk	20.1	1.0	19	22
lft. dit orkest	23.6	3.6	19	28
expositieduur	15.6	3.0	11	19
jaren dit orkest	12.6	4.9	6	19

40-49 jaar n = 13

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	44.7	1.9	42	47
lft. orkestwerk	20.2	1.1	18	22
lft. dit orkest	25.6	7.7	18	43
expositieduur	24.5	1.2	22	26
jaren dit orkest	19.1	7.2	4	24

50-59 jaar n = 4

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	51.5	1.9	50	54
lft. orkestwerk	20.0	0.0	20	20
lft. dit orkest	25.5	6.7	20	35
expositieduur	31.5	1.9	30	34
jaren dit orkest	26.0	7.6	15	32

Tabel 4.

Verdeling in expositieduurklassen van 10 jaar. Harmonie orkest.

Per klasse gemiddelde leeftijd, leeftijd bij aanvang orkestwerk en bij aanvang in dit orkest, gemiddelde expositieduur en -in dit orkest.

0-9 jaar n = 12

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	25.2	3.1	20	29
lft. orkestwerk	19.2	1.6	17	21
lft. dit orkest	20.9	3.1	17	27
expositieduur	6.0	2.2	1	9
jaren dit orkest	4.3	2.4	1	8

10-19 jaar n = 13

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	35.7	3.4	29	39
lft. orkestwerk	20.5	1.1	19	22
lft. dit orkest	23.3	3.7	19	28
expositieduur	15.2	3.3	10	19
jaren dit orkest	12.4	4.7	6	19

20-29 jaar n = 13

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	44.7	1.9	42	47
lft. orkestwerk	20.1	1.1	18	22
lft. dit orkest	25.6	7.7	18	43
expositieduur	24.5	1.2	22	26
jaren dit orkest	19.1	7.2	4	24

30-39 jaar n = 4

variabele	x	sd	min.	max.
leeftijd	51.5	1.9	50	54
lft. orkestwerk	20.0	0.0	20	20
lft. dit orkest	25.5	6.6	20	35
expositieduur	31.5	1.9	30	34
jaren dit orkest	26.0	7.6	15	32

Bijlage hoofdstuk 7

Tabel 1.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest (n=127) bij correctie m.b.v. HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	0*	-5*	-10	-15	-1*	-6	-11
1000	0*	-5*	-10	-15	0*	-5*	-10
1500	0*	-5*	-8*	-11	0*	-3*	-6
2000	0*	-4*	-7*	-11	1*	-2*	-5
3000	0*	-4*	-8*	-17	2*	-2*	-10
4000	1*	-3*	-9*	-20	3*	-3*	-13
6000	0*	-5*	-14*	-29	2*	-4*	-20
8000	0	-8*	-14	-29	1*	-5*	-17

* significant ($P < 0.05$) beter dan harmonie orkest (mediaan test en Fisher exacte toets, tweezijdig).

Tabel 2.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) harmonie orkest (n=41) bij correctie m.b.v. HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	-8	-9	-10	-14	-5	-6	-10
1000	-7	-9	-10	-13	-4	-6	-8
1500	-6	-8	-10	-17	-3	-6	-11
2000	-6	-9	-12	-25	-4	-6	-20
3000	-6	-11	-21	-34	-4	-13	-28
4000	-7	-15	-29	-39	-9	-19	-31
6000	-9	-14	-31	-37	-7	-22	-26
8000	-6	-12	-20	-31	-3	-12	-19

Tabel 3.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest (mannen, blazers en slagwerk, n=48) bij correctie m.b.v. HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	-3*	-6	-10	-15	-1	-6	-11
1000	-1*	-5	-10	-15	-1	-5	-10
1500	-2*	-5	-9	-15	-1*	-5	-10
2000	0*	-5*	-9	-12	0*	-4*	-6
3000	1*	-5*	-10*	-25	1*	-5*	-17
4000	2*	-4*	-9*	-31	2*	-4*	-19
6000	1	-8	-17*	-29	0*	-10	-19
8000	1	-10	-19	-28	-1	-6	-17

* significant ($P < 0.05$) beter dan harmonie orkest (mediaan test en Fisher exacte toets, tweezijdig).

Tabel 4.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, mannen (n=98), bij correctie m.b.v. HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	0	-5	-10	-15	-1	-6	-11
1000	0	-5	-10	-15	0	-5	-10
1500	0	-5	-8	-14	0	-3	-6
2000	0	-5	-8	-11	1	-2	-5
3000	1	-4	-9	-20	3	-3	-14
4000	2	-4	-9	-25	3	-3	-14
6000	1	-7	-18	-32	1	-11	-20
8000	1	-9	-18	-33	0	-6	-21

Tabel 5.
Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, vrouwen (n = 29), bij correctie m.b.v.
HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	0	-5	-10	-15	-1	-6	-11
1000	0	-4	-9	-15	0	-5	-11
1500	0	-4*	-7	-10	1	-3	-6
2000	0	-4	-5	-10	1	-1	-6
3000	0	-4	-5	-9	2	0	-4
4000	0	-3	-5	-12	3	0	-5
6000	-2	-4	-8*	-10*	2	0*	-3*
8000	-1	-5	-10	-18	2	-2	-11

* significant ($P < 0.05$) beter dan mannen symfonie orkest (mediaan test en Fisher exacte toets).

Tabel 6.
Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, strijkers mannen (n = 50), bij correctie
m.b.v. HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	0	-5	-9	-13	0	-5	-8
1000	0	-5	-9	-15	0	-4	-10
1500	0	-4	-7	-14	1	-2	-6
2000	0	-4	-6	-11	2	0	-5
3000	1	-3	-8	-16	4	-2	-8
4000	2	-2	-12	-25	5	-3	-12
6000	0	-5	-23	-37	2	-13	-29
8000	2	-9	-18	-37	2	-6	-29

Tabel 7.
Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, strijkers vrouwen (n = 25), bij correctie
m.b.v. HL50 resp. HL25 van ISO 7029.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	0	-5	-10	-17	-1	-6	-13
1000	0	-4	-9	-17	0	-4	-13
1500	0	-4	-7	-12	1	-1	-7
2000	0	-4	-5	-12	1	-1	-7
3000	0	-4	-5	-9	2	0	-3
4000	0	-3	-5	-15	3	0	-7
6000	-2	-5	-8*	-10*	2	1*	-3*
8000	-1	-6	-11	-18	2	-2	-11

* significant ($P < 0.05$) beter dan mannen strijkers symfonie orkest (mediaan test en Fisher exacte toets).

Tabel 8.

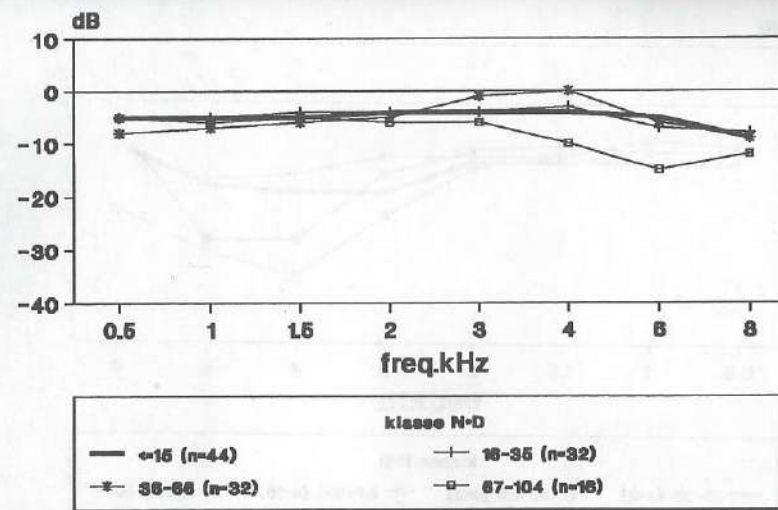
Relatie tussen klasse geluidniveau en C50- resp. C25-waarden per frequentie. Kendall's tau-b, tweezijdig. Symfonie orkest en harmonie orkest tesamen.

freq. kHz	C50-waarden		C25-waarden	
	Kendall's	p	Kendall's	p
0.5	-0.22	0.00	-0.21	0.00
1	-0.24	0.00	-0.22	0.00
1.5	-0.28	0.00	-0.28	0.00
2	-0.36	0.00	-0.34	0.00
3	-0.39	0.00	-0.37	0.00
4	-0.38	0.00	-0.36	0.00
6	-0.28	0.00	-0.28	0.00
8	-0.17	0.01	-0.16	0.01

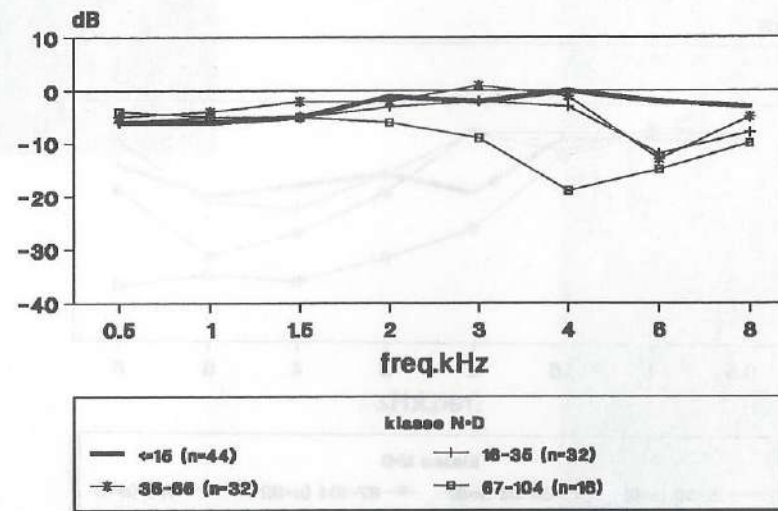
Tabel 9.

Relatie tussen klasse expositieduur en C50- resp. C25-waarden per frequentie. Kendall's tau-b, tweezijdig. Symfonie orkest en harmonie orkest.

freq. kHz	Symfonie orkest				Harmonie orkest			
	C50-waarden		C25-waarden		C50-waarden		C25-waarden	
	Kendall's	p	Kendall's	p	Kendall's	p	Kendall's	p
0.5	0.04	0.55	0.10	0.13	0.32	0.01	0.04	0.01
1	0.04	0.59	0.10	0.13	0.34	0.01	0.42	0.01
1.5	0.03	0.69	0.11	0.11	0.19	0.13	0.24	0.05
2	0.02	0.81	0.17	0.01	0.18	0.15	0.29	0.01
3	0.11	0.11	0.20	0.00	-0.03	0.77	0.05	0.69
4	0.11	0.09	0.19	0.00	-0.13	0.28	-0.08	0.54
6	0.03	0.67	0.12	0.06	-0.15	0.24	-0.06	0.63
8	0.06	0.35	0.18	0.01	-0.06	0.63	0.04	0.73



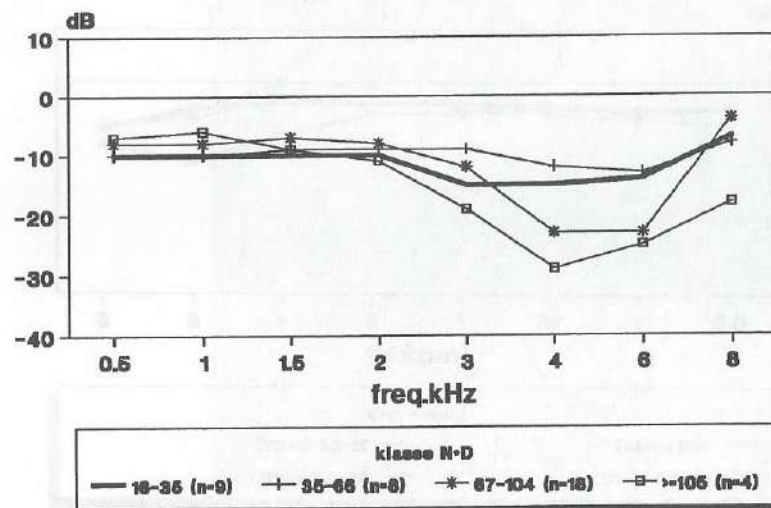
P50 van C50-waarden



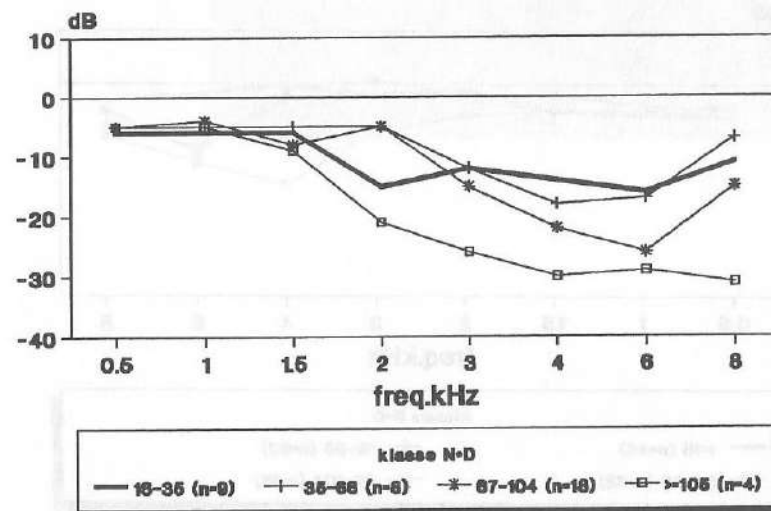
P25 van C25-waarden

Figuur 1.

Audiogrammen per klasse niveau maal duur (N*D). P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Symfonie orkest.

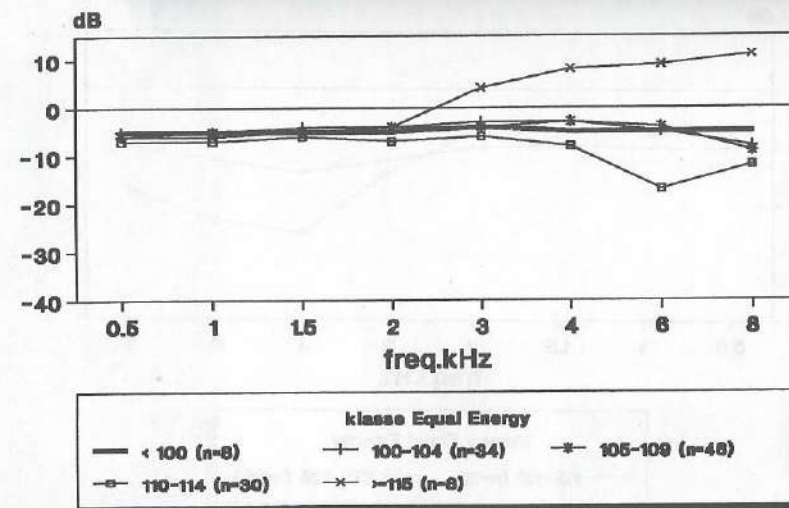


P50 van C50-waarden

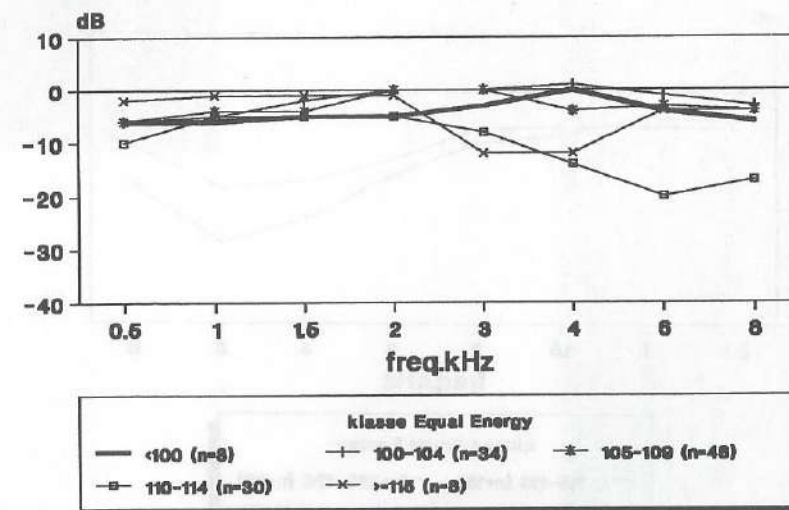


P25 van C25-waarden

Figuur 2.
Audiogrammen per klasse niveau maal duur (N*D). P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Harmonie orkest.

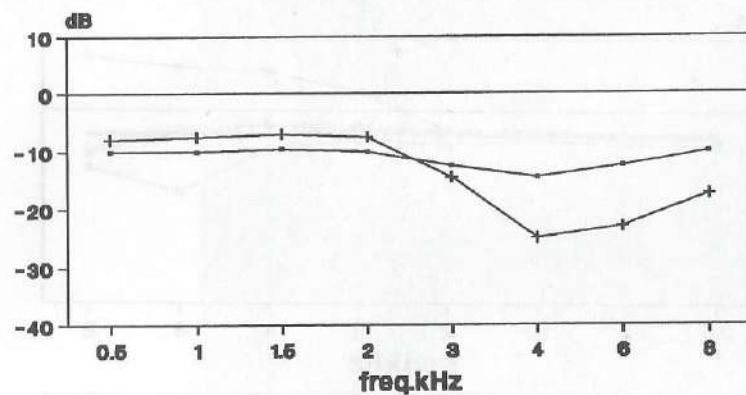


P50 van C50-waarden



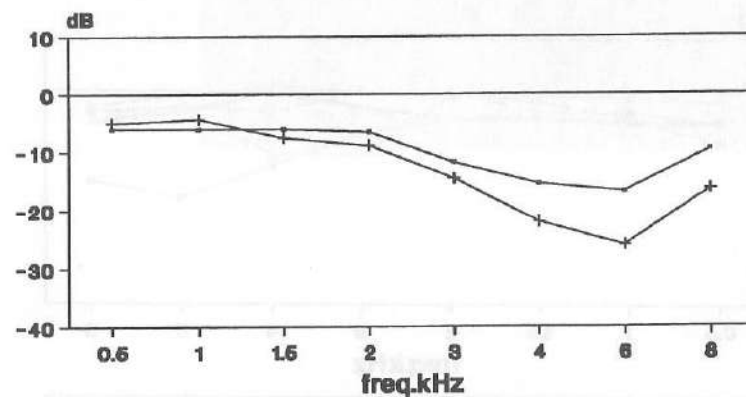
P25 van C25-waarden

Figuur 3.
Audiogrammen per klasse Equal Energy (EE). P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Symfonie orkest.



klasse Equal Energy
 —●— 115-119 (n=16) —+— 120-125 (n=22)

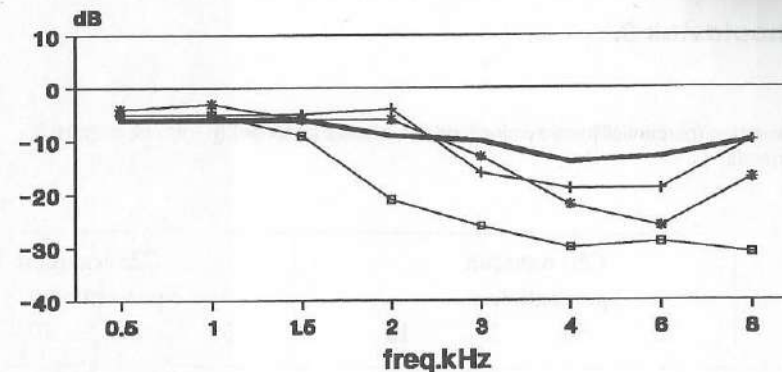
P50 van C50-waarden



klasse Equal Energy
 —●— 115-119 (n=16) —+— 120-125 (n=22)

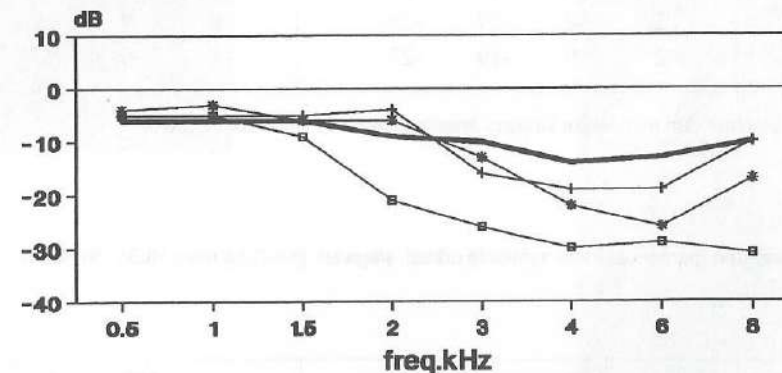
P25 van C25-waarden

Figuur 4.
 Audiogrammen per klasse Equal Energy (EE). P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Harmonie orkest.



klasse expositieduur
 — 0-9 jaar (n=12) —+— 10-19 jaar (n=12)
 —*— 20-29 jaar (n=13) —□— 30-45 jaar (n=4)

P50 van C50-waarden



klasse expositieduur
 — 0-9 jaar (n=12) —+— 10-19 jaar (n=12)
 —*— 20-29 jaar (n=13) —□— 30-45 jaar (n=4)

P25 van C25-waarden

Figuur 5.
 Audiogrammen per klasse expositieduur. P50 (medianen) van C50-waarden, P25-lijnen van C25-waarden. Harmonie orkest.

Bijlage hoofdstuk 8.

Tabel 1.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, blazers (mannen) (n=41) bij resp. HL50- en HL25-correctie.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	-3	-5	-10	-15	-1	-6	-11
1000	-3	-5	-10	-15	-1	-5	-10
1500	-3	-5	-9	-14	0	-4	-9
2000	-1	-5*	-9	-12	0	-4	-5
3000	1	-5*	-12	-25	1	-6	-18
4000	3	-4	-10	-29	2	-4	-18
6000	2	-8	-17	-29	0	-9	-19
8000	2	-9	-19	-27	-1	-6	-17

* significant slechter dan mannelijke strijkers (mediaan test en Fisher exacte toets).

Tabel 2.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, slagwerk (n=7) bij resp. HL50- en HL25-correctie.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	0	-9	-11		-4	-6	
1000	0	-9	-10		-4	-6	
1500	0	-8	-10		-2	-6	
2000	0	-6	-10		1	-5	
3000	0	-5	-10		4	-5	
4000	0	-4	-5		1	1	
6000	-2	-5	-19		1	-13	
8000	-3	-6	-18		0	-11	

Tabel 3.

Gemiddelde waarden expositiematen bij afwijkende en niet-afwijkende audiogrammen bij 4 kHz bij resp. HL50- en HL25-correctie. Geluidniveau (dB(A)) en expositieduur (duur).

Symfonie orkest: mannelijke strijkers en blazers. Harmonie orkest: blazers.

	mannen strijkers HL50				mannen strijkers HL25			
	afwijkend n=28		niet afw. n=22		afwijkend n=16		nietafw. n=34	
dB(A) duur	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
	93*	2.1	92	1.2	94*	2.0	92	1.3
	mannen blazers HL50				mannen blazers HL25			
	afwijkend n=27		niet afw. n=16		afwijkend n=17		nietafw. n=26	
dB(A) duur	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
	96	2.5	95	3.4	96	2.1	95	3.2
	harmonie blazers HL50				harmonie blazers HL25			
	afwijkend n=35		niet afw. n=2		afwijkend n=26		niet afw. n=11	
dB(A) duur	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
	104	-	104	-	104	-	104	-
	mannen blazers HL50				mannen blazers HL25			
	afwijkend n=27		niet afw. n=16		afwijkend n=17		nietafw. n=26	
dB(A) duur	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
	13.3*	12.3	23.7	11.7	15.2	13.1	18.5	13.0
	harmonie blazers HL50				harmonie blazers HL25			
	afwijkend n=35		niet afw. n=2		afwijkend n=26		niet afw. n=11	
dB(A) duur	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
	17.1	8.9	24.5	2.1	17.1	8.5	18.4	10.4

* significant verschil (P < 0.05). Mann-Whitney U-toets, tweezijdig.

Tabel 4.

Gemiddelde waarden expositiematen bij afwijkende en niet-afwijkende audlogrammen bij 4 kHz bij resp. HL50- en HL25-correctie.

Geluidniveau (dB(A)) en expositieduur.

Symfonie orkest: strijkers totaal, strijkers mannen en strijkers vrouwen.

	strijkers HL50				strijkers HL25			
	afw. n = 43		niet afw. n = 32		afw. n = 20		niet afw. n = 55	
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
dB(A)	93*	1.8	92	1.3	94*	2.0	92	1.2
duur	13.7	11.0	15.2	9.9	18.3*	13.1	12.9	9.1
	mannen strijkers HL50				mannen strijkers HL25			
	afw. n = 28		niet afw. n = 22		afw. n = 16		niet afw. n = 34	
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
dB(A)	93*	2.1	92	1.2	94*	2.0	92	1.3
duur	14.7	11.2	16.7	10.0	17.1	12.9	14.9	9.5
	vrouwen strijkers HL50				vrouwen strijkers HL25			
	afw. n = 15		niet afw. n = 10		afw. n = 4		niet afw. n = 21	
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
dB(A)	92	0.5	92	1.6	92	0.9	92	1.1
duur	11.9	10.9	11.9	9.2	23.3*	14.5	9.8	7.7

* significant verschil ($P < 0.05$). Mann-Whitney U-toets, tweezijdig.

Tabel 5.

Klassen C50- en C25-waarden bij 4 kHz en de gemiddelde waarde per expositie maat (expositieniveau in dB(A), Niveau maal Duur (N*D), Equal Energy (EE) en expositieduur) per klasse van gehoorverlies. Symfonie orkest.

C50-waarden bij 4 kHz score dB	n	dB(A)		N*D		EE		duur	
		x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
≤ -30	7	95.0	2.3	84.6	31.3	113	3.0	30.7	8.1
-20 -29	7	95.0	1.5	68.7	23.8	122	2.0	26.9	12.4
-10 -19	14	94.5	2.7	28.1	27.5	107	4.0	11.6	11.1
-5 -9	23	94.2	2.6	21.7	19.8	106	5.4	8.7	8.4
-1 -4	26	91.8	4.3	23.9	22.1	105	4.6	11.7	8.0
0 +5	38	92.3	2.1	28.6	19.2	107	3.6	15.2	10.8
> +5	11	94.6	3.3	74.6	28.0	113	4.0	28.6	6.6
C25-waarde bij 4 kHz score dB	n	dB(A)		N*D		EE		duur	
		x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
≤ -20	6	94.5	2.2	81.2	32.8	113	2.8	30.0	8.7
-10 -19	14	94.5	2.4	52.4	34.0	110	4.6	20.6	14.0
-1 -9	19	94.5	4.4	26.7	23.8	107	5.1	10.6	8.7
0 +5	35	92.7	3.3	17.0	12.3	104	4.3	8.2	5.7
+6 +10	29	92.7	2.0	28.1	25.3	106	4.0	12.8	10.2
+11 +15	12	91.5	1.9	44.5	14.1	109	2.0	25.3	6.7
> +15	11	94.5	3.4	74.9	27.3	113	3.7	30.4	5.8

Tabel 6.

Gemiddelde waarden expositiematen per orkestzone bij afwijkende en niet-afwijkende audio-grammen bij 4 kHz bij resp. HL50- en HL25-correctie. Geluidniveau (dB(A)), en expositieduur (duur). Symfonie orkest.

	bij HL50-correctie				bij HL25-correctie			
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
zone 1	afw. n = 11 niet afw. n = 20				afw. n = 4 niet afw. n = 27			
dB(A)	92.0	0.9	91.5	0.8	92.0	1.0	91.5	0.9
duur	14.9	12.5	16.8	8.2	22.8	18.3	15.2	8.0
zone 2	afw. n = 11 niet afw. n = 7				afw. n = 2 niet afw. n = 16			
dB(A)	92	0.7	92	0.8	92.7	0.4	92	0.7
duur	7.9	7.5	15.3	13.7	8.5	6.4	11.1	11.2
zone 3	afw. n = 21 niet afw. n = 3				afw. n = 14 niet afw. n = 10			
dB(A)	94.1	1.9	93.4	1.6	94.7	1.8	93.1*	1.5
duur	16.1	11.2	9.5	10.2	18.4	12.2	10.8*	8.1
zone 4	afw. n = 10 niet afw. n = 2				afw. n = 8 niet afw. n = 4			
dB(A)	97.0	1.1	96.9	1.3	97.1	1.0	96.9	1.1
duur	20.5	16.2	17.0	21.2	20.5	15.5	18.8	14.6
zone 5	afw. n = 14 niet afw. n = 11				afw. n = 8 niet afw. n = 17			
dB(A)	96.3	1.1	96.5	1.1	96.2	1.1	96.5	1.1
duur	9.4	7.5	21.7*	11.9	11.1	9.3	16.5	12.1
zone 6	afw. n = 8 niet afw. n = 6				afw. n = 2 niet afw. n = 12			
dB(A)	91.2	1.8	90.1	1.4	91.1	2.4	90.6	1.6
duur	13.9	12.7	25.3	13.6	17.0	17.0	19.1	14.2

* significant verschil (Mann-Whitney U-toets, tweezijdig).

Tabel 7.

Relatie tussen geluidniveau per orkestzone en C50- resp. C25-waarde per frequentie. Kendall's tau-b, tweezijdig. Symfonie orkest.

freq. kHz	C50-waarden		C25-waarden	
	Kendall's	p	Kendall's	p
0.5	-0.11	0.13	-0.12	0.09
1	-0.10	0.15	-0.09	0.20
1.5	-0.13	0.05	-0.13	0.07
2	-0.19	0.09	-0.19	0.07
3	-0.25	0.01	-0.24	0.01
4	-0.21	0.00	-0.22	0.01
6	-0.16	0.01	-0.18	0.01
8	-0.11	0.09	-0.12	0.07

Tabel 8.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, viool 1 (n = 14) bij resp. HL50- en HL25-correctie. Rechter oor.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	1	-4	-8	-18	1	-3	-13
1000	0	-5	-9	-17	0	-4	-13
1500	0	-3	-8	-14	3	-2	-8
2000	1	-2	-7	-15	4	-1	-8
3000	2	1	-6	-13	6	0	-4
4000	4	-1	-3	-18	6	3	-8
6000	5	-1	-7	-11	8	2	-3
8000	8	1	-9	-17	9	1	-6

Tabel 9.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, viool 1 (n = 14) bij resp. HL50- en HL25-correctie. Linker oor.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	1	-4	-8	-13	1	-3	-8
1000	2	-3	-7	-10	2	-2	-6
1500	0	-4	-6	-10	4	0	-5
2000	0	-4	-6	-10	3	1	-5
3000	1	1	-4	-9	7	3	-4
4000	4	1	-3	-7	7	3	-1
6000	2	0	-6	-15	8	5	-1
8000	5	0	-6	-15	10	4	-7

Tabel 10.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, cello (n = 13) bij resp. HL50- en HL25-correctie. Rechter oor.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	2	-4	-9	-13	0	-5	-9
1000	2	-3	-9	-13	2	-4	-9
1500	1	-2	-7	-10	3	-1	-5
2000	2	-2	-5	-8	4	1	-3
3000	2	-1	-4	-8	5	2	-2
4000	3	0	-2	-15	7	5	-8
6000	2	0	-5	-8	7	5	0
8000	3	0	-8	-13	11	3	-5

Tabel 11.

Audiogramwaarden (percentiellijnen) symfonie orkest, cello (n = 13) bij resp. HL50- en HL25-correctie. Linker oor.

freq. Hz	C50-waarden percentielen				C25-waarden percentielen		
	75	50	25	10	50	25	10
500	1	-3	-8	-10	1	-4	-6
1000	1	-3	-6	-9	2	-2	-5
1500	1	-2	-6	-9	3	0	-4
2000	1	-2	-5	-8	4	1	-3
3000	4	0	-4	-8	5	2	-2
4000	6	0	-2	-15	7	5	-8
6000	6	0	-5	-10	9	3	-1
8000	6	-1	-9	-15	8	-1	-4

Bijlage hoofdstuk 9.

Tabel 1.

Gemiddelde Lafonwaarde per leeftijdsklasse van de studiepopulatie en van de referentiepopulatie (ISO 7029) voor HL50 en HL25 (gecorrigeerd voor de leeftijdsopbouw van de studiepopulatie). Symfonie orkest en harmonie orkest.

leeftijd klasse	symfonie orkest		ref. HL50		ref. HL25	
	x	sd	x	sd	x	sd
29 jr.	4.2	4.1	0.1	0.3	5.5	0.6
30-39 jr.	5.7	4.0	2.0	1.2	8.0	1.3
40-49 jr.	9.5	8.4	7.5	2.0	14.9	2.5
≥ 50 jr.	17.8	11.3	14.3	3.2	23.9	4.3
leeftijd klasse	harmonie orkest		ref. HL50		ref. HL25	
	x	sd	x	sd	x	sd
≤ 29 jr.	10.7	4.3	0.3	0.5	5.9	0.8
30-39 jr.	18.6	10.3	3.6	1.1	9.9	1.3
40-49 jr.	18.9	8.4	7.9	1.2	15.2	1.4
≥ 50 jr.	28.4	10.9	12.3	1.3	21.5	1.7

Tabel 2.

Gemiddelde leeftijd per Lafonklasse van de studiepopulatie en van de referentiepopulatie (ISO 7029) voor HL50 en HL25 (gecorrigeerd voor de leeftijdsopbouw van de studiepopulatie). Symfonie orkest en harmonie orkest.

Lafon klasse	symfonie orkest		ref. HL50		ref. HL25	
	x	sd	x	sd	x	sd
< 10	34.4	9.2	35.6	7.6	29.1	3.6
10 - 30	40.2	11.8	59.0	-	47.9	-
≥ 30	54.8	7.3	> 70	-	> 63	-
Lafon klasse	harmonie orkest		ref. HL50		ref. HL25	
	x	sd	x	sd	x	sd
< 10	28.0	9.0	35.3	8.5	27.2	4.2
10 - 30	36.9	9.0	59.0	-	43.9	4.7
≥ 30	43.9	6.5	> 70	-	> 63	-

Tabel 3.

Aantallen en percentages musici van symfonie orkest en harmonie orkest, verdeeld over vier klassen expositieduur in jaren waarvan de expositie aan orkestgeluid resp. geen, waarschijnlijk en zeker effect heeft gehad op het gehoorverlies bij 2, 3, 4 en 6 kHz en over beide oren.

symfonie orkest	0 - 9 jr.		10 - 19 jr.		20 - 29 jr.		≥ 30jr.	
	%	n	%	n	%	n	%	n
geen	14%	8	15%	4	38%	10	31%	6
wsch.	73%	41	77%	20	31%	8	53%	10
zeker	13%	7	8%	2	31%	8	16%	3
harmonie orkest	0 - 9 jr.		10 - 19 jr.		20 - 29 jr.		≥ 30jr.	
	%	n	%	n	%	n	%	n
geen	-	-	-	-	-	-	25%	1
wsch.	42%	5	42%	5	62%	8	25%	1
zeker	58%	7	58%	7	38%	5	50%	2

Begeleidende brief enquête

Enqueteformulier

's-Gravenhage, december 1984

Geacht Orkestlid,

Deze enquête is het vervolg op de geluidmetingen die de bedrijfsarts de afgelopen maanden heeft verricht.

Deze enquête heeft tot doel Uw wensen en klachten m.b.t. de geluidssituatie in het orkest te inventariseren en om te onderzoeken of de gemeten waarden overeenkomen met Uw indrukken.

Met deze enqueteresultaten zal uiteindelijk een rapport worden opgesteld, dat voor iedereen verkrijgbaar is.

Het invullen van de enquête geschiedt onder medisch beroepsgeheim, d.w.z. niemand anders dan de bedrijfsarts krijgt Uw enquêteformulier te zien. Uw antwoorden worden geanonimiseerd, d.w.z. in het rapport is een individu niet meer terug te vinden.

Om verbanden te kunnen leggen met eventuele medische gegevens moge ik U vragen Uw naam in te vullen. Na verwerking van het formulier wordt Uw naam onleesbaar gemaakt.

In principe wordt het ingevulde formulier niet bij Uw bedrijfsgeneeskundige gegevens opgeslagen, zodat van Uw medewerking nu naderhand niets tegen U gebruikt zal worden, mochten er negatieve resultaten m.b.t. Uw gezondheid gevonden worden. Indien U het wenst (vraag 16) zal het formulier wél bewaard worden bij Uw medische gegevens.

Het welslagen van het onderzoek hangt af van Uw medewerking.

De bedrijfsarts is altijd bereid vragen die van Uw kant rijzen n.a.v. deze enquête te beantwoorden.

Met vriendelijke groeten,

O.S. van Hees, bedrijfsarts.

Enquetevragen

Naam. man/vrouw

Geboortedatum (dag-maand-jaar)

Hoeveel jaren bent U in dienst van dit orkest?jaren

Hoeveel jaren werkt U in een orkest?jaren

Op welke plaats zit U in het orkest?

strijkers voor
 strijkers midden
 strijkers achter
 hobo-fluit
 trompet-fagot-clarinet-hoorn
 trombones
 slagwerk

Is Uw gehoor eerder onderzocht? ja/nee

Wat voor instrument bespeelt U?

.....

strijker
 blazer
 slagwerk
 overig

1. Bent U van mening dat U aan te hoge geluidniveaus wordt blootgesteld in Uw beroep? ja/nee

2. Wat is volgens U het muziekstuk met de hoogste geluidniveaus?
(Geef volgorde d.m.v. cijfers. Het hoogste niveau krijgt cijfer 1)

Schubert symf. no.3 nr..

Vermeulen symf. no.2 nr..

Wagenaar Ouverture Cyrano nr..

Strauss jr. Ouverture der Zigeunerbaron nr..

3. Wat is volgens U de bron van het hardste geluid
(de hardste bron krijgt nr.1)?

Strijkers nr..

Pauken nr..

Slagwerk nr..

Houtblazers nr..

Trompetten nr..

Trombones nr..

Anderen, nl..... nr..

4. Wat is volgens U de zaal waarin de musici het meeste last hebben van geluid? (De meeste last krijgt nr.1)

P.W.A. zaal nr..

Concertgebouw nr..

Nieuwe Kerk nr..

Stadsgehoorzaal Leiden nr..

5. Wat is volgens U de zaal waar de geluidniveaus op het podium het hoogste zijn? (Het hoogste niveau krijgt nr.1)

P.W.A. zaal nr..

Concertgebouw nr..

Nieuwe Kerk nr..

Stadsgehoorzaal Leiden nr..

6. Wat is volgens U de zaal met de slechtste acoustiek m.b.t. de vier muziekstukken in vraag 2? (De slechtste acoustiek krijgt nr.1)

P.W.A. zaal	nr..
Concertgebouw	nr..
Nieuwe Kerk	nr..
Stadsgehoorzaal Leiden	nr..

7. Wat is volgens U de plek in het orkest waar men het meeste last heeft van hard geluid?

.....

7. Wat is volgens U de plek in het orkest waar men het minste last heeft van hard geluid?

.....

9. Is U van mening dat U m.b.t. geluid op een slechte, "lawaai"-, plek zit?

ja/nee

10. Denkt U dat U op den duur een gehoorafwijking krijgt door Uw beroep?

ja/nee

Zo ja, na hoeveel jaren?

...jaren

11. Zal dit nadelig zijn voor Uw beroepsuitoefening?

ja/nee

12. Door wie is Uw gehoor eerder onderzocht?

niet
bedrijfsarts
KNO-arts
huisarts
anderen

13. Om de hoeveel tijd acht U gehooronderzoek wenselijk?

niet
elk half jaar
ieder jaar
1 maal per 2 jaar
1 maal per 3 jaar

Stellingen

I

Voor het vaststellen van een audiogramafwijking dient aan vergelijking van een audiogram met de HL25 van dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht van de ISO 7029 de voorkeur gegeven te worden boven een vergelijking met de HL50.

Bovendien is voor een snelle orientatie vergelijking met de audiogramwaarde bij 4 kHz van het oor met het grootste gehoorverlies voldoende.

II

Voor een volledig audiologisch beeld van een groep dient HL50-, HL25- en HL10-correctie d.m.v. de ISO 7029 te worden toegepast en moeten de resultaten gepresenteerd worden zowel als fractie afwijkende audiogrammen bij 4 kHz als in een groepsaudiogram.

III

Bij groepsaudiogrammen kan gebruik van gemiddelde gehoorverliezen door extreme waarden ten opzichte van percentiellijnen een overschatting geven van de omvang van de gehoorschade in de populatie, en dient daarom vermeden te worden. De voorkeur dient gegeven te worden aan percentiellijnen.

IV

Een toontje lager zingen of spelen kan weliswaar volgens Frei* (1979) een bijdrage leveren aan de vermindering van eventuele gehoorschade bij musici, maar draagt niet wezenlijk bij tot een vermindering van schadelijke geluidniveau's in orkesten.

* Frei, J. Die Gehörbelastung des Orchestermusikers in der Konzert- und in der Opernformation der Tonhalle Zürich. Vortrag vom 26. Januar 1979 anlässlich des 6. Audio-Symposiums der Bommer Int. AG, Fabrikant der Rexton Hörgeräte, Zürich 1979.

V

Asymptomatische laryngokèles zijn bij bespelers van blaasinstrumenten en bij de Orang Oetang een normaal verschijnsel.

(Naar: Macfie, D.D. Asymptomatic laryngoceles in wind instrument players. Arch. Otolaryng. 83(1966)102-107)

VI

Papierformaten en zwarting m.b.t. het gedrukte woord zijn in hoge mate gestandaardiseerd. In de muzieknotering is dit echter nog niet het geval.

Voor een optimale belichting van de partijen op de lessenaar is ook hier een standaardisatie van het papierformaat alsmede van het notatiecontrast aan te bevelen.

VII

Epidemiologisch onderzoek beoogt variatie in gezondheid te verklaren, niet in gezondheidszorg, aldus Hofman* (1983). Het verdient echter aanbeveling ook epidemiologisch onderzoek te verrichten naar variatie in gezondheidszorg bij gelijke gezondheid.

* Hofman, A. Blood pressure in childhood. Epidemiological probes in aetiology of high blood pressure. Academisch proefschrift, Rotterdam 1983.

VIII

In de epidemiologie verklaart men gaarne een mogelijk oorzakelijk verband d.m.v. de Odds-ratio. Men dient zich echter wel te realiseren dat deze term uit de gokwereld afkomstig is.

IX

Bij de verklaring van het optreden van mictieklachten na uterus-extirpatie spelen de pariteit en de hormonale status van de vrouw een belangrijke rol.

Well-Krouwel, H.J.W. van, P.J.R.O. van Helsdingen, G. Gerretsen, O.S. van Hees. Urinary symptoms due to abdominal hysterectomy? Urogynaecologia Int. Journal 1(1987)2:5-11.

X

De bijnaam "kissing disease" voor mononucleosis infectiosa doet ten onrechte vermoeden dat het een venerische aandoening betreft.

XI

Door de betiteling "deftig vermaak buitenshuis" m.b.t. de Vrijmetselarij en dit zelfs na de jacht en opera-, theater- en concertbezoek te plaatsen geeft de Jong* (1985) een onjuist beeld van de Vrijmetselarij.

* Jong, J.J. de. Met goed Fatsoen. De elite in een Hollandse stad, Gouda 1700-1780 (pag 221). Academisch proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden. De Bataafsche Leeuw / Stichting Hollandse Historische Reeks, 's-Gravenhage 1985.

XII

Toekomstige dienstverleners in de non profit-sector moeten iets weten over organisaties en over beleid ten aanzien van doelgroepen, omdat velen onder hen met deze managementproblematiek in de praktijk te maken krijgen. De opleiding tot geneeskundige dient daarom marketingkennis en organisatiekunde te bevatten.

XIII

Uit oogpunt van Gezondheidsvoorlichting en -Opvoeding (GVO) verdient het aanbeveling de schoorstenen van crematoria in de vorm en kleur van sigaretten te vervaardigen.