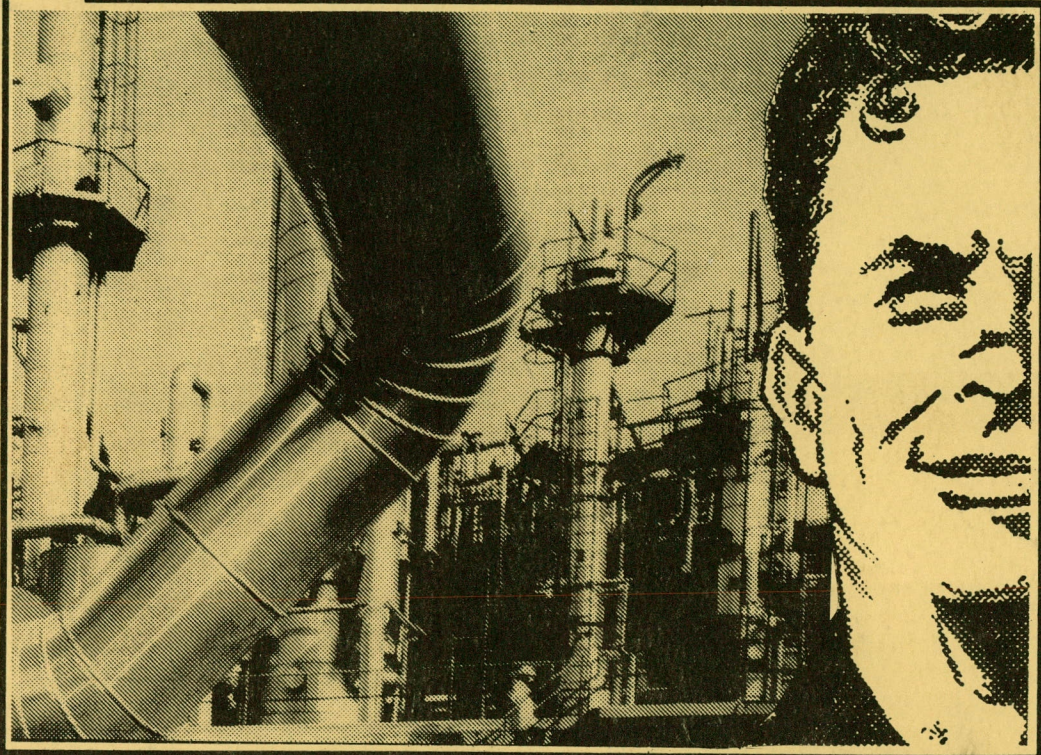


GELUID EN DE WERKENDE MENS

W.Passchier-Vermeer



Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NIPG-TNO

Leiden

GELUID EN DE WERKENDE MENS

W.Passchier-Vermeer

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NPG-TNO

april 1988

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56 Leiden

Postadres:
Postbus 124
2300 AC LEIDEN

Telefoon 071 - 178888

© 1986 Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Publikatienummer 88021

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NIPG-TNO.

INHOUD

blz.

VOORWOORD

1.	INLEIDING	1
2.	GELUID	3
3.	HET GEHOOR	9
4.	SOMATISCHE EFFECTEN	16
	4.1 Auditieve effecten	17
	4.2 Extra-auditieve effecten	29
5.	FUNCTIONELE EFFECTEN	37
	5.1 Belemmering spraakcommunicatie	37
	5.2 Effecten op de werkprestatie/taakuitvoering	42
6.	BELEVINGSEFFECTEN (HINDER)	45
	LITERATUUR	55

VOORWOORD

Zoals bekend vindt blootstelling aan geluid in de arbeidssituatie op grote schaal plaats. Het NIPG-TNO houdt zich vanuit de invalshoek van preventie bezig met de relatie geluid en gezondheid. Hierbij wordt getracht door middel van wetenschappelijk onderzoek en het beproeven en helpen toepassen van de resultaten hiervan een bijdrage te leveren aan de oplossing van de geluidproblematiek.

Dit rapport draagt een voorlichtend karakter. In principe kunnen de hoofdstukken afzonderlijk gelezen worden. De eerste drie hoofdstukken zijn echter met name bedoeld als inleiding tot de laatste drie en bestemd voor degenen die niet vertrouwd zijn met de beschreven onderwerpen.

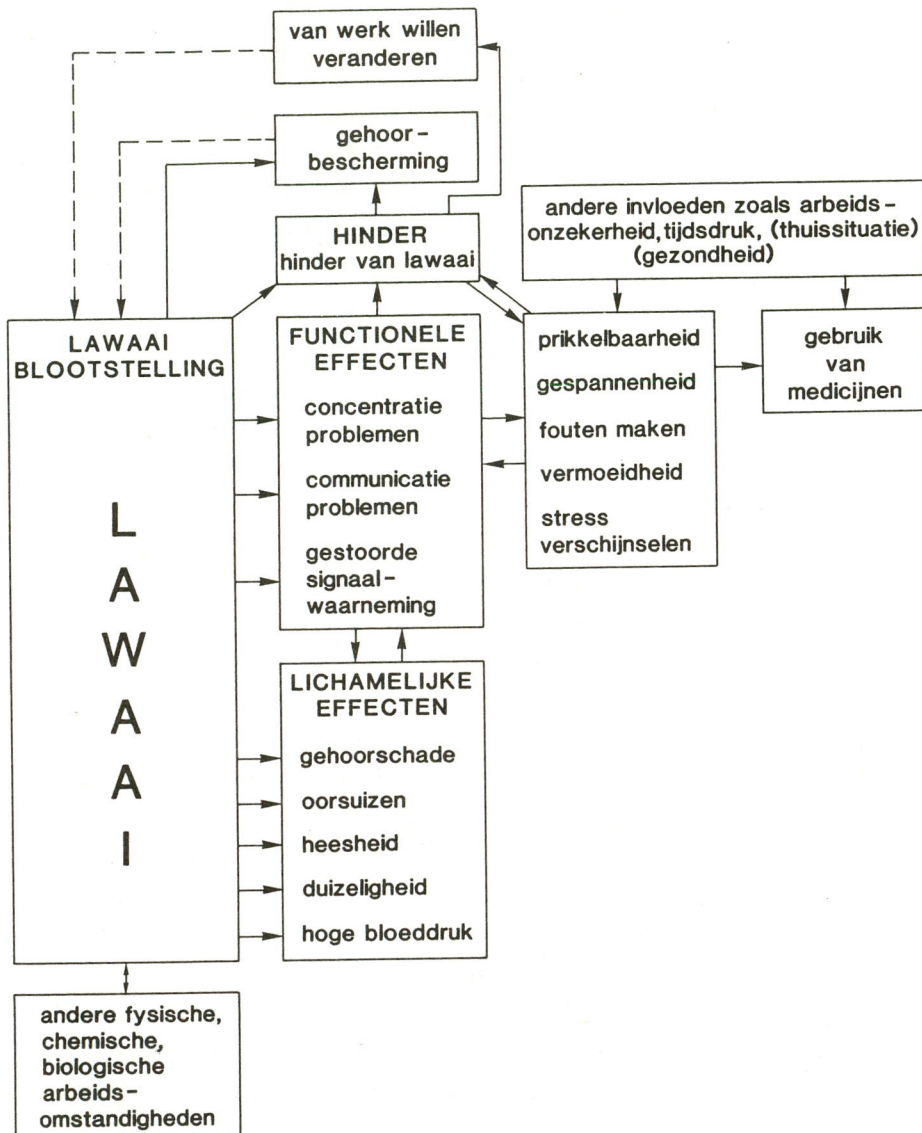
Dr. C.L. Ekkers
onderdirecteur
NIPG-TNO

1. INLEIDING

Geluid is in het werksmilieu de meest wijdverbreide vorm van milieuverontreiniging. Bij geen der andere fysische, chemische of biologische agentia betreft het zoveel personen die op enigerlei wijze overlast ondervinden. Geluid heeft daarbij op de mens diverse soorten effecten (zie figuur 1.1). Iemand die in lawaai (dat is subjectief of objectief gezien teveel geluid) werkt, kan door lawaai onder meer gehinderd worden, het voeren van een gesprek kan belemmerd zijn, het kan moeilijk zijn zich te concentreren. Ook kan blootstelling aan lawaai permanente lichamelijke effecten teweeg brengen, zoals gehoorschade en oorsuizen. Ten aanzien van de andere genoemde lichamelijke effecten door blootstelling aan lawaai, zoals hoge bloeddruk, duizeligheid en heesheid, zijn er sterke aanwijzingen dat expositie aan lawaai één van de factoren is die deze effecten (mede) veroorzaken. De interactie tussen blootstelling aan lawaai en de werkende mens is een complex verschijnsel, zoals gedemonstreerd wordt in figuur 1.1.

Maar ook al heeft een teveel aan geluid vele negatieve kanten, toch kan de mens, en dat geldt ook voor de werkende mens, niet volwaardig leven zonder geluid. Immers, geluid zoals de menselijke stem, is bij uitstek drager van informatie. Het verstoken zijn van spraakcommunicatie moet dan ook gezien worden als een ernstige sociale handicap. Ontbreken van elk geluid in de omgeving is voor velen een onaangename ervaring, dit in tegenstelling met de meeste vormen van luchtverontreiniging en bodemvervuiling. De dreigende stilte voor een onweer, waarbij de natuur stil valt, wordt door velen als angstaanjagend ervaren. Een verblijf in een volkomen stille ruimte wordt door bijna niemand gedurende langere tijd ongestoord verdragen. Geluid op zichzelf is dan ook een factor, die een onderdeel vormt van de normale levensuitingen van de mens. Negatieve effecten zullen eerst dan optreden, als er sprake is van "een teveel". In het vervolg worden deze negatieve effecten van blootstelling aan geluid in de werkomgeving systematisch beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in lichamelijke effecten, functionele effecten en hinder (belevingseffecten). Tevens worden de onderwerpen geluid en het gehoor behandeld.

Figuur 1.1. Schematische voorstelling van de interactie tussen lawaai en de werkende mens.



2. GELUID

Geluid bestaat uit snel opeenvolgende verdichtingen en verdunningen in de lucht, die zich vanaf een geluidbron in alle richtingen voortplanten. De voortplantingssnelheid van geluid in lucht bedraagt 344 m/s. Op een bepaalde plaats gaan de verdichtingen en verdunningen in de lucht gepaard met drukvariaties rond de atmosferische druk. Deze drukvariaties kunnen mathematisch als functie van de tijd beschreven worden met de som van een of meer sinusfuncties. Het mathematisch eenvoudigste geluid - een toon - kan beschreven worden door één sinus als functie van de tijd. Het aantal sinussen per seconde is dan de frequentie van de toon en wordt uitgedrukt in hertz (afgekort (Hz)). De frequentie is bepalend voor de toonhoogte: een hoge toon (bijvoorbeeld 4000 Hz) klinkt snerpnd, piepend en een lage toon (bijvoorbeeld 50 Hz) klinkt als een gebrom. Naast de frequentie van een toon kan ook de sterkte van een toon worden onderscheiden. De sterkte van een toon kan worden uitgedrukt in het geluidsdrukkniveau. Net zoals bij een elektrische wisselstroom (die ook een sinus als functie van de tijd kan zijn) de effectieve stroomsterkte wordt bepaald, zo wordt bij geluid de effectieve geluidsdruk bepaald. In de praktijk lopen de effectieve geluidsdrukken (p_{eff}) uiteen van minder dan 20 μPa tot meer dan 200 Pa, dat wil zeggen meer dan een factor 10 miljoen (zie figuur 2.1, linkerkant). Daarom gebruikt men in de akoestiek, om onhandelbare getallen te voorkomen, niet de effectieve geluidsdruk, maar een logaritmische maat van deze druk ten opzichte van een referentiedruk (20 μPa), met als eenheid de decibel (dB). Het nulpunt van de decibelschaal, dus bij de referentiedruk van 20 μPa , heeft men zo gekozen dat deze voor een 1000 Hz-toon overeenkomt met de normale gehoordrempel. Het resultaat noemt men het geluidsdrukkniveau. In formule:

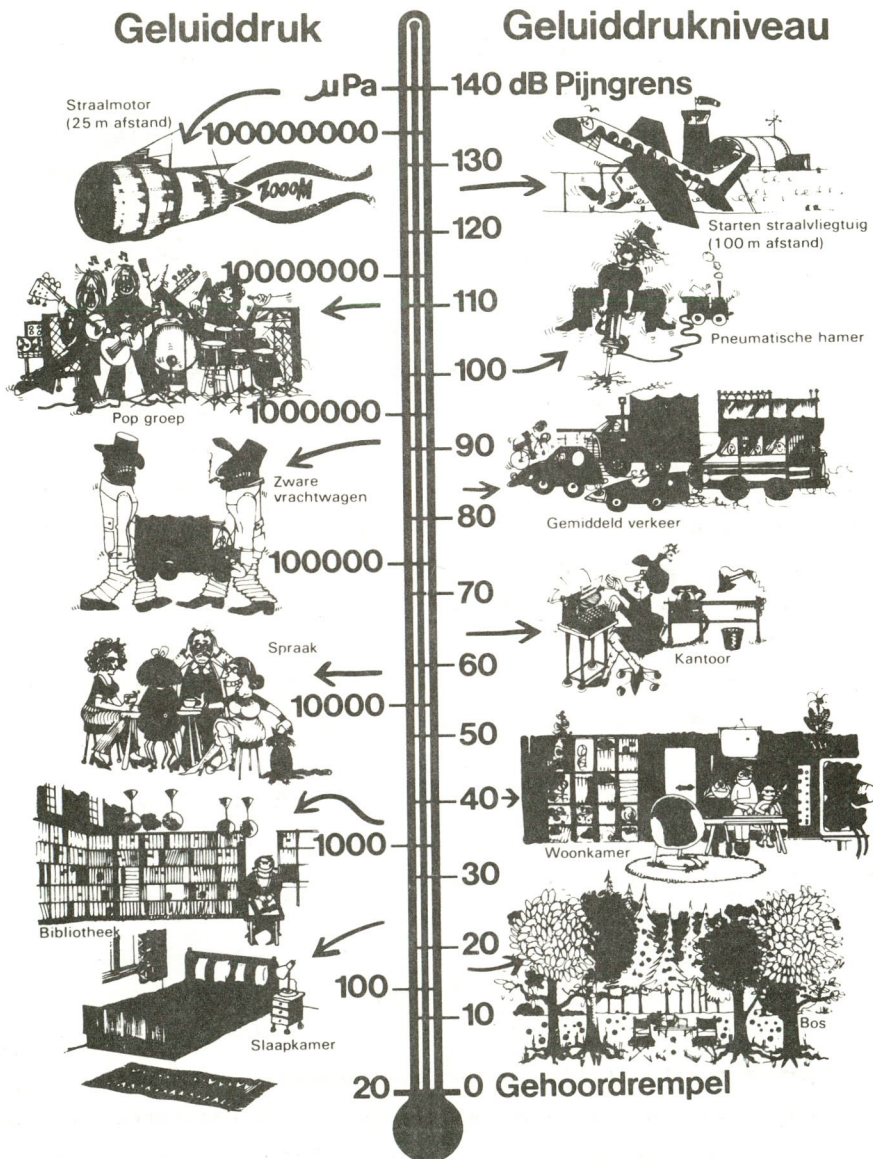
$$L = 10 \lg \frac{p_{\text{eff}}^2}{p_0^2} \quad (\text{dB})$$

$$(p_0 = 20 \mu\text{Pa})$$

In het algemeen heeft geluid niet één maar verscheidene toonhoogten en kan dan mathematisch worden voorgesteld als de som van tonen met verschillende frequenties en effectieve geluidsdrukken. Van een samengesteld geluid kan zowel het totale geluidsdrukkniveau als de geluidsdrukkniveaus in bepaalde frequentiebanden bepaald worden. Bij aaneengesloten banden levert dit een frequentiespectrum of geluidsspectrum op. Kiest men de fre-

quentiegebieden een octaaf breed, dan spreekt men van een octaafbandspectrum.

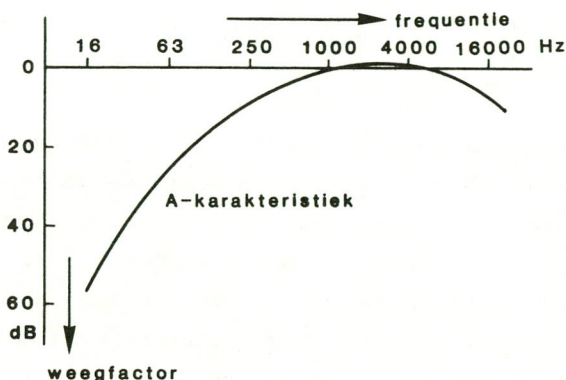
Figuur 2.1. Geluidsschaal.



Iemand met een normaal gehoor kan geluiden waarnemen met frequenties tussen 20 en 20 000 Hz. Nu is ons gehoororgaan niet even gevoelig voor

geluiden met verschillende frequenties. Lage tonen worden minder luid ervaren dan hoge tonen met hetzelfde geluidsdrukniveau. Om met deze gehoorgevoeligheid rekening te houden maakt men bij het meten van geluid vaak gebruik van een filter, dat de geluidsdruk niveaus bij de verschillende frequenties ongeveer zo waardeert in sterkte, als ons gehoor dat ook doet. Dit is een filter met een zogenaamde A-karakteristiek (zie figuur 2.2). Het geluidsdrukniveau dat is gemeten via het A-filter wordt het geluidniveau genoemd en wordt uitgedrukt in dB(A).

Figuur 2.2. Frequentie karakteristiek van het A-filter.



Als een aantal geluidbronnen tegelijkertijd geluid produceren, dan mogen de afzonderlijke geluidniveaus van de geluidbronnen niet zonder meer bij elkaar opgeteld worden om het totale niveau te berekenen. Het volgende voorbeeld moge dit verduidelijken. Stel een stofzuiger veroorzaakt op een bepaalde plaats (bijvoorbeeld op één meter afstand) een geluidniveau van 65 dB(A). Wordt daar een stofzuiger naast geplaatst, die op zichzelf ook 65 dB(A) geeft op de genoemde plaats, dan maken de stofzuigers te samen niet 130 dB(A) (het geluid van een startend straalvliegtuig) maar 68 dB(A). Dit komt omdat niet de geluidniveaus, maar de effectieve geluidsdrukken opgeteld moeten worden. Daarbij kan de volgende formule gebruikt worden:

$$L_A \text{ (totaal)} = 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n p_{A,i}^2}{p_o^2} \quad \text{dB(A)}$$

waarbij L_A (totaal) het resulterende geluidniveau van n geluidbronnen en $p_{A,i}$ de A-gewogen effectieve geluiddruk van de i -de geluidbron is. Bij n geluidbronnen met hetzelfde geluidniveau L_A (en dus dezelfde effectieve geluiddruk (p_A)) kan de formule herschreven worden als

$$L_A \text{ (totaal)} = 10 \lg \frac{np_A^2}{p_o^2} = L_A + 10 \lg n \quad \text{dB(A)}$$

waarbij L_A (totaal) het resulterende geluidniveau is als de n geluidbronnen tegelijkertijd geluid afgeven. Heeft men te maken met twee geluidbronnen dan is $10 \log n = 3$ en bij tien geluidbronnen is $10 \log n = 10$.

Bijna altijd zal het geluidniveau in normale omstandigheden in de loop van de tijd variëren, zeker in een ruimte waar verschillende werkzaamheden worden verricht. Als het geluidniveau zou worden uitgeschreven als functie van de tijd kan dit eruit zien als in figuur 2.3. Om één getal aan de verschillende geluidniveaus gedurende een bepaalde tijd toe te kennen, worden deze geluidniveaus op een bepaalde manier gemiddeld. Dit gemiddelde over die bepaalde tijd wordt het equivalent geluidniveau of L_{Aeq} genoemd (zie figuur 2.3). Bij deze middeling middelt men in feite de kwadraten van de effectieve geluiddrukken. Middeling kan over een korte tijd (bijvoorbeeld 1 minuut) maar ook over langere tijd (bijvoorbeeld 1 werkdag) plaatsvinden.

Ook de geluiddrukken van pieken (en impulsen) worden gemiddeld en in het equivalent geluidniveau meegenomen.

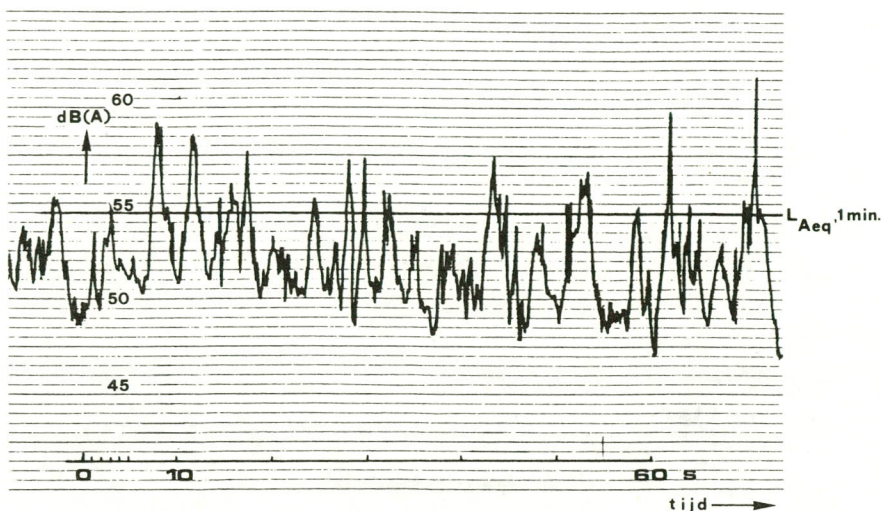
In formule kan de bepaling van het equivalente geluidniveau over een bepaalde tijd T als volgt worden weergegeven:

$$\begin{aligned} L_{AeqT} &= 10 \lg \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{L_A(t)/10} dt \\ &= 10 \lg \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_a^2(t)}{p_o^2} dt \quad \text{dB(A)} \end{aligned}$$

waarbij

L_{AeqT} : equivalent geluidniveau over de tijd T
 T : meet/beoordelingstijd, gelijk aan $t_2 - t_1$
 $L_A(t)$: tijdafhankelijk geluidniveau
 $p_A(t)$: tijdafhankelijk A-gewogen geluiddruk.

Figuur 2.3. Voorbeeld van een variërend geluidniveau gedurende één minuut.



Als de meet- of beoordelingstijd T zo gekozen wordt dat het de tijd is waarin gedurende een werkdag een bepaalde werkzaamheid wordt uitgevoerd, dan geeft men T wel het symbool w (van werkzaamheid).

Als het equivalente geluidniveau wordt bepaald over de werkdag van 8 uur en deze werkdag is representatief voor een langere periode (bijvoorbeeld een jaar) dan wordt het equivalente geluidniveau over zo'n representatieve dag het geluid- of lawaaioxpositieniveau L_{EX} genoemd. Het geluid-expositieniveau (L_{EX}) is dus veelal gekoppeld aan een persoon of groep van personen en karakteriseert de blootstelling aan geluid, gemiddeld over een representatieve werkdag, genormeerd op 8 uur.

Worden er door een persoon verschillende werkzaamheden bij n verschillende hoge geluidniveaus, L_{Aeqwi} , verricht en zijn de niveaus en de expositietijden, t_i , bekend, dan kan het expositieniveau worden berekend door de deelexpositieniveaus, L_{EXi} , te sommeren:

$$L_{EX1} = L_{Aeqw1} + 10 \cdot \lg[t_1/T] \quad \text{waarin } T = 8 \text{ uur}$$

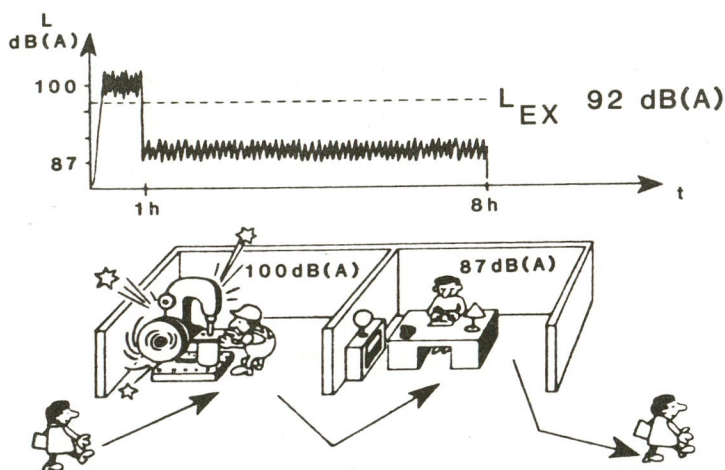
$$L_{EXi} = L_{Aeqwi} + 10 \cdot \lg[t_i/T]$$

... + ...

$$L_{EXn} = L_{Aeqwn} + 10 \cdot \lg[t_n/T]$$

$$L_{EX} = 10 \cdot \lg \left[10^{L_{EX1}/10} + \dots + 10^{L_{EXi}/10} + \dots + 10^{L_{EXn}/10} \right]$$

Figuur 2.4. Voorbeeld van lawaaiexpositieniveau en blootstellingstijden.



In het voorbeeld van figuur 2.4 wordt een persoon gedurende een uur van de werkdag blootgesteld aan een geluidniveau van 100 dB(A) , en gedurende de resterende zeven uur aan 87 dB(A) . Het totale expositieniveau bedraagt dan:

$$L_{EX1} = 100 + 10 \cdot \lg(1/8) = 91 \text{ dB(A)}$$

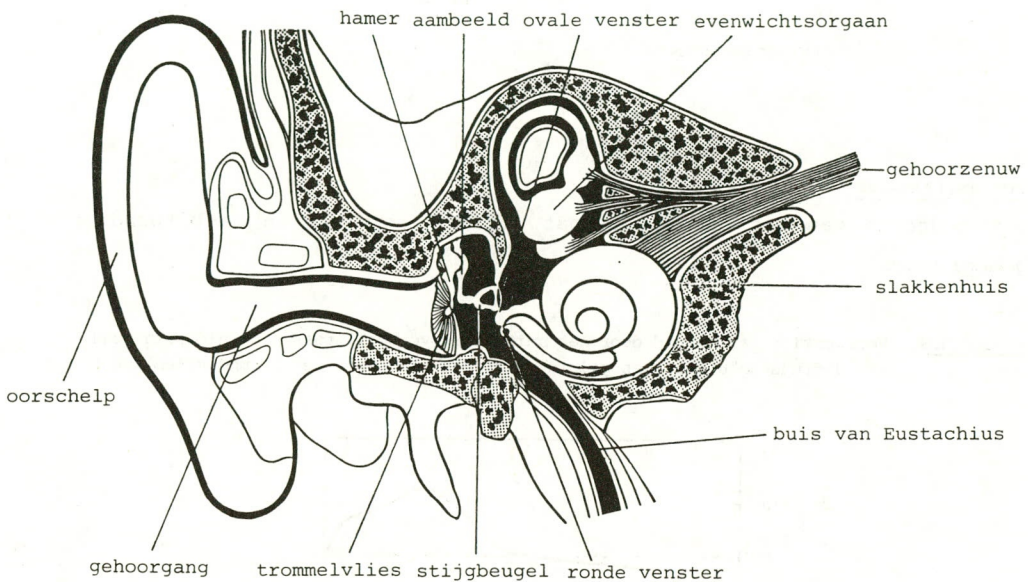
$$L_{EX2} = 87 + 10 \cdot \lg(7/8) = 86 \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX} = 10 \cdot \lg [10^{9,1} + 10^{8,6}] = 92 \text{ dB(A)}$$

3. HET GEHOOR

In het kort kan het horen van geluid als volgt worden voorgesteld. Geluid bereikt onze oorschelp (zie figuur 3.1). Via de uitwendige gehoorgang bereiken de geluidgolven het trommelvlies en brengen dit in trilling en deze trillingen worden in het middenoor doorgegeven door trilling van een keten van gehoorbeentjes aan het binnenoor. Daar wordt het binnenkomende signaal omgezet in zwakke elektrische stroompjes, die via de gehoorzenuw vervolgens naar de hersenen worden geleid. Dan nemen we het geluid waar en interpreteren deze geluidwaarneming.

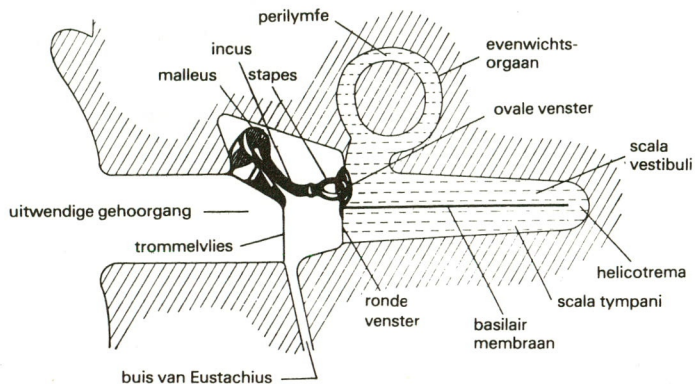
Figuur 3.1. Het gehoororgaan.



Aan deze simpele beschrijving van de geluidwaarneming zit meer vast. In feite is de geluidwaarneming een heel ingewikkeld proces, waarnaar nog steeds bij voortduring onderzoek wordt verricht.

In het vervolg wordt gedetailleerder ingegaan op de hiervoor gegeven eenvoudige beschrijving. Daarbij is in figuur 3.2 het oor schematisch weergegeven, waarbij het slakkenhuis (cochlea) uitgerold is getekend.

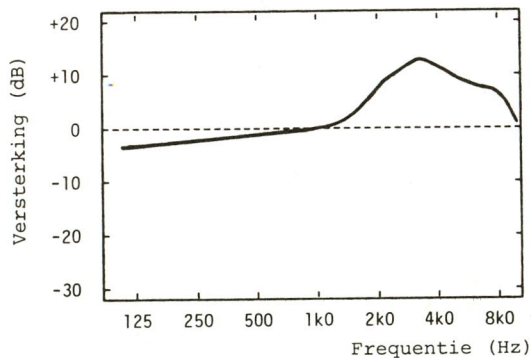
Figuur 3.2. Schema van het gehoororgaan met uitgerold slakkenhuis.



Het buitenoor

Dit gedeelte van het gehoor bestaat uit de oorschelp en de uitwendige gehoorgang.

Figuur 3.3. Versterking van geluid door het buitenoor (verschil tussen geluidsdruk-niveau van diffuus geluidsveld en geluidsdruk-niveau vlak voor het trommelvlies).

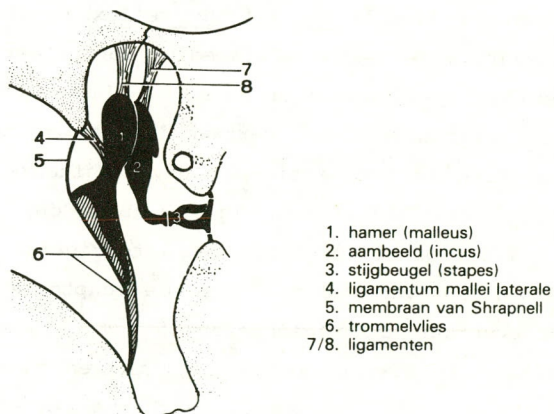


De oorschelp heeft een functie bij het richtinghoren. Omdat de uitwendige gehoorgang ten dele als een orgelpijp fungeert, treedt er resonantie op en wel bij ongeveer 3500 Hz. Mede hierdoor treedt er een versterking van het geluid op rond deze frequentie, van zo'n 10 tot 15 dB. Tevens fungeert de uitwendige gehoorgang als beschermer van het trommelvlies, vooral ten aanzien van mechanische beschadigingen.

Het middenoor

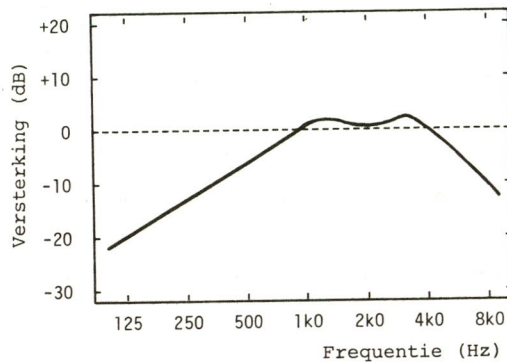
De middenoorholte is van het buitenoor afgesloten door het trommelvlies. Met de neus-keelholte is er een open verbinding via de buis van Eustachius. De middenoorholte bevat de gehoorbeentjesketen bestaande uit hamer (malleus), aambeeld (incus) en stijgbeugel (stapes). De steel van de hamer ligt in het trommelvlies ingebed, zodat de door geluid veroorzaakte trillingen van het trommelvlies op de gehoorbeentjes kunnen worden overgebracht. De gehoorbeentjes kunnen ten opzichte van elkaar scharnieren (zie figuur 3.4). Ze zijn door bindweefselbanden met elkaar en met de wand van de middenoorholte verbonden. Aan de gehoorbeentjes zijn nog twee spiertjes gehecht: de musculus stapedius aan de stijgbeugel en de musculus tensor tympani aan de hamer. Deze spiertjes regelen mede de impedantie van de keten van gehoorbeentjes. De voetplaat van de stijgbeugel rust tegen het ovale venster, een vlies dat het middenoor van het binnenoor scheidt.

Figuur 3.4. Schematische voorstelling van de gehoorbeentjesketen.



De belangrijkste functie van de gehoorbeentjesketen is de mechanische impedantie-aanpassing van het luchtgeluid aan de vloeistof die zich in het binnenoor bevindt. Door het verschil in oppervlak van trommelvlies (ongeveer 60 mm²) en ovale venster (ongeveer 3 mm²) en door de hefboomwerking van de gehoorbeentjes worden de trillingen van het trommelvlies versterkt naar het ovale venster overgebracht. Ook hier is sprake van een frequentie-afhankelijke versterking. De versterking door het middenoorsysteem ten opzichte van die versterking bij 1000 Hz is gegeven in figuur 3.5.

Figuur 3.5. Relatieve versterking van het middenoorsysteem.



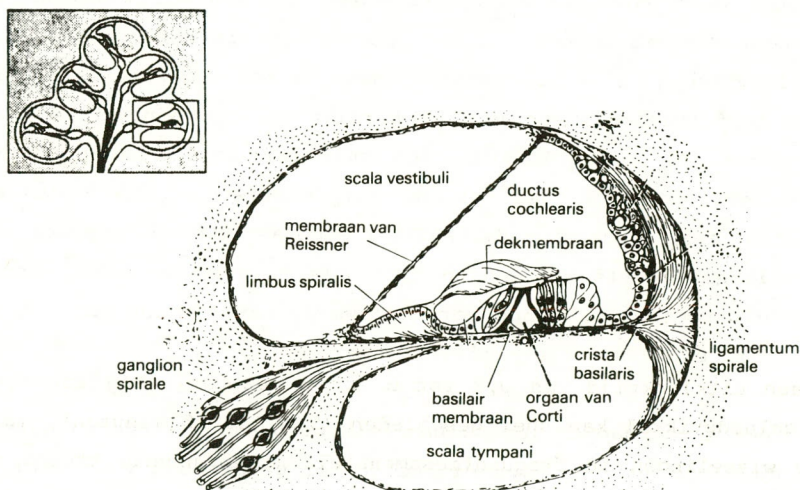
Deze relatieve versterking geldt slechts voor geluid met niveaus tot zo'n 80 dB(A). Daarboven kan de akoestische reflex in werking treden. Dat is een reflex waarbij de musculus stapedius contraheert waardoor de voetplaat van de stijgbeugel kantelt en zo de impedantie van het middenoorsysteem vergroot, waardoor er een verzwakking van de trillingen optreedt. Deze verzwakking is frequentie- en niveau-afhankelijk. Bij 130 dB is de verzwakking gemiddeld 30 dB, bij 120 dB 20 dB, bij 100 dB 10 dB, bij 90 dB zo'n 5 dB. De reflex heeft een latentietijd van gemiddeld 70 ms en een uitklinktijd van 0,2 tot 5 s. De adaptatie bij een zeer constante geluidsprikkel kan snel geschieden (5 s tot 15 minuten), maar bij kleine wisselingen in frequentiesamenstelling en niveau treedt de reflex opnieuw op. De werking is frequentie-afhankelijk en treedt voornamelijk op bij geluiden beneden 1000 Hz.

Naast een geleiding van trillingen via de gehoorbeentjesketen kunnen de trillingen ook worden voortgeleid via het bot van de schedel (beengeleiding naar het binnenoor). De geleiding van geluidtrillingen via de schedel is ongeveer 40 dB minder effectief dan die via de gehoorbeentjesketen.

Het binnenoor

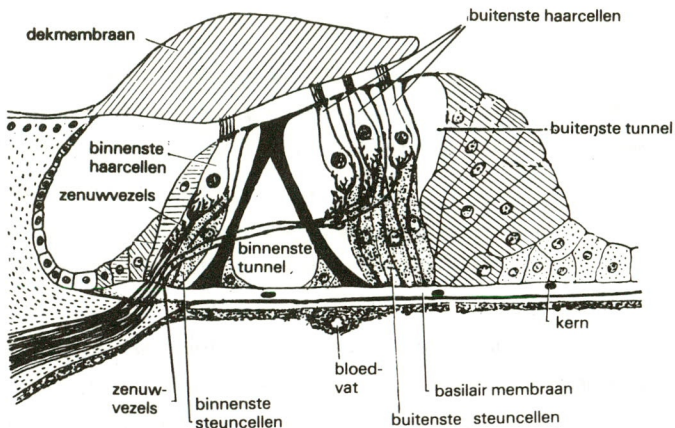
Dit is in principe een spiraalsgewijze gebouwde kanaal (slakkenhuis, cochlea), dat verdeeld is in drie parallelle ruimten, te vergelijken met drie wenteltrappen: de scala vestibuli, de scala media en de scala tympani. De scala vestibuli en de scala tympani staan bovenin de cochlea met elkaar in verbinding en zijn gevuld met vloeistof (perilymfe). De scala vestibuli begint bij het ovale venster en de scala tympani eindigt bij het ronde venster. De scala media ligt tussen de beide andere scala's in, is gevuld met endolymfe en is gescheiden van de scala tympani door de basilair membraan. In de scala media ligt op de basilair membraan het sensitieve deel van het gehoororgaan: het orgaan van Corti. Het orgaan van Corti bevindt zich over de gehele lengte van de basilair membraan en bestaat uit haarcellen die met hun haartjes in de zachte massa van de dekmembraan steken (zie figuur 3.6).

Figuur 3.6. Doorsnede van het slakkenhuis (linksboven) en het orgaan van Corti.



Er is één rij binnenste haarcellen en er zijn drie rijen buitenste haarcellen (zie figuur 3.7).

Figuur 3.7. Schematische dwarsdoorsnede door het orgaan van Corti.



Als het ovale venster trilt, dan fungeert dit venster als een soort zuiger en brengt de vloeistof in de scala vestibuli en de scala tympani in beweging. Door deze vloeistofbewegingen wordt de basilair membraan in beweging gebracht. Deze beweging is te beschrijven als een lopende golf van de basis (vlakbij het ovale venster) naar de top, waarbij de amplitude van de golf toeneemt, een maximum bereikt en weer afneemt. Dit is voor te stellen als een golf die zich over het wateroppervlak verplaatst. In het gebied van het maximum van de lopende golf worden de haarcellen die op die plaats op de basilair membraan rusten, geprikkeld. Door deze prikkeling ontstaan zenuwpulsen, die naar de hersenen worden geleid via de gehoorzenuw. In de hersenen wordt het binnengekomen signaal gedecodeerd en geïnterpreteerd.

De mechanische eigenschappen van de basilair membraan veranderen geleidelijk van de basis naar de top. Dit heeft tot gevolg dat voor geluidstrillingen met een hoge frequentie de bewegingsuitslag van de basilair membraan maximaal is aan de basis en voor geluidstrillingen met een lage frequentie aan de top. Bij een samengesteld geluid heeft de basilair membraan op diverse plaatsen een maximale uitwijking. Het geluid wordt

op deze wijze door de basilair membraan geanalyseerd (frequentie-analyse).

De hersenen zijn in staat de herkomst van de doorgezonden zenuwpulsen te bepalen en kunnen zodoende onderscheid maken tussen hoge en lage frequenties.

Niet alle haarcellen in het orgaan van Corti zijn gelijk. Er zijn haarcellen die reeds bij juist hoorbare tonen van de geschikte frequentie worden geprikkeld. Er zijn ook haarcellen die slechts worden geprikkeld als de tonen zeer luid zijn. Er wordt dan gezegd dat deze haarcellen verschillen in prikeldrempel. Door deze verschillen kan de sterkte van een toon worden waargenomen. Naarmate de toon sterker is, wordt de maximale uitslag van de basilair membraan groter en worden er meer haarcellen geprikkeld, ook degene met een hoge prikeldrempel. De hersenen zijn vervolgens weer in staat om het binnengekomen signaal te decoderen en zodoende onderscheid te maken tussen harde en zachte geluiden.

Als iemand op de arbeidsplaats in lawaai werkt, kan er op den duur een permamente gehoorbeschadiging optreden. Deze is gelocaliseerd in het orgaan van Corti. Door de voortdurende overprikkeling van de haarcellen door het lawaai, sterven er haarcellen af. Ze zijn dan niet meer in staat prikkels naar de hersenen door te geven. Allereerst sterven de haarcellen af die een lage prikeldrempel hebben en vervolgens de cellen met een hogere prikeldrempel. Dit heeft tot gevolg dat een lawaaidove zachte geluiden van bepaalde frequenties niet hoort, maar een hard geluid op volle sterkte waarneemt. Dit verschijnsel heet recruitment of regressie.

4. SOMATISCHE EFFECTEN

De somatische (lichamelijke) effecten worden wel onderverdeeld in

- auditieve effecten;
- extra-auditieve effecten.

Onder auditieve effecten worden verstaan de effecten die geluid op het gehoororgaan zelf heeft. Dat zijn gehoorbeschadiging en oorsuizen (tinnitus). Zoals reeds in het vorige hoofdstuk is uiteengezet is gehoor schade door lawaai gelocaliseerd in het binnenoor, waarbij haarcellen zijn vernietigd. Oorsuizen komt ten gevolge van een overprikkeling van de zenuwcellen, waarbij er niet alleen tijdens maar ook na de blootstelling aan lawaai impulsen naar de hersenen worden gezonden die geïnterpreteerd worden als een suizend geluid.

Extra-auditieve effecten van geluid kunnen ontstaan omdat bij de geluidswaarneming en reacties op geluid niet alleen het gehoororgaan en de hersenen zijn betrokken, maar ook nog andere onderdelen van het lichaam. Zoals reeds in het vorige hoofdstuk is uiteengezet worden de van buiten komende geluiden door het gehoororgaan omgezet in zenuwprikkels die via de gehoorzenuw worden doorgegeven naar de cortex (en wel naar de akoestische cortex in de temporale kwab). Dit cortexgebied is verbonden met cortexgebieden die informatie ontvangen van andere zintuigen. Het gehoororgaan staat via de gehoorzenuw ook rechtstreeks in verbinding met het reticulaire arousal-systeem (RAS), waardoor hogere cerebrale centra kunnen worden geactiveerd. Deze activering heeft over het algemeen een toeneming van de alertheid tot gevolg. Van het reticulaire arousal-systeem gaan stimuli naar het autonome zenuwstelsel (in de hypothalamus). Dit autonome zenuwstelsel, bestaande uit een sympathisch en para-sympathisch deel, beïnvloedt een groot aantal functies en organen, die bijvoorbeeld de bloedcirculatie en de ademhaling regelen. Ook wordt indirect het bijniemerg geactiveerd, zodat adrenaline-uitscheiding in het bloed mogelijk is. Van het RAS gaan via de hypothalamus signalen naar de hypofyse, zodat de bijniere gestimuleerd kunnen worden tot productie van cortisol. Tevens gaan er van het RAS signalen naar het limbische systeem, dat emoties en stemmingen beïnvloedt. Een bijzondere route voor prikkels vanuit het gehoororgaan loopt naar zenuwbanen in de hersenstam, zodat bepaalde motorische reflexen door geluid kunnen optreden, zoals bijvoorbeeld de schrikreflex. Het gehele beschreven systeem is er voor

verantwoordelijk dat de mens adequaat kan reageren op van buiten komende geluidsignalen.

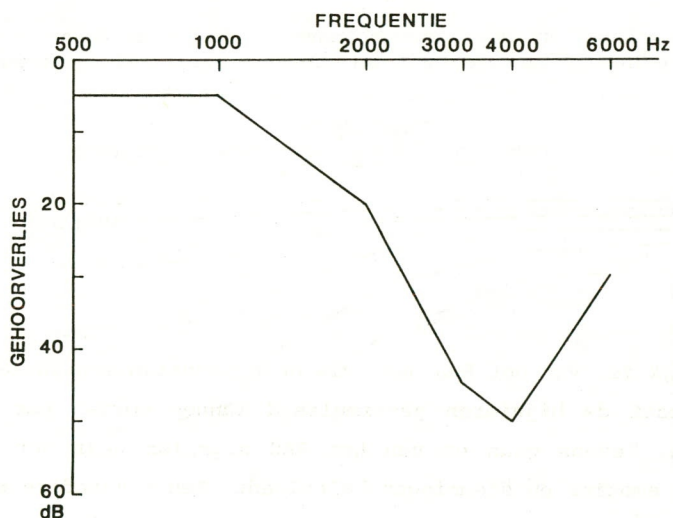
In het volgende worden allereerst de auditieve, somatische effecten beschreven en vervolgens de niet-auditieve effecten.

4.1 Auditieve effecten

Auditieve effecten van geluid betreffen gehoorschade door lawaai en oorsuizen.

Onder gehoorbeschadiging (gehoorverlies) wordt verstaan een vermindering van de gehoorscherpthe. Met behulp van een audiometer (audio = horen) kan iemands gehoorscherpthe worden bepaald. Daartoe neemt men van de betreffende persoon een audiogram op, door hem via de koptelefoon van de audiometer in een stille ruimte tonen van een aantal verschillende frequenties en met verschillende niveaus te laten horen, voor elk oor afzonderlijk. Bij de diverse frequenties wordt bepaald welk niveau door de persoon nog net gehoord kan worden. Deze niveaus uitgezet als functie van de frequentie leveren te zamen een audiogram.

Figuur 4.1. Audiogram.



Gehoorverlies kan door verscheidene oorzaken ontstaan, bijvoorbeeld door het werken in lawaai en door bepaalde ziekten, ongevallen, erfelijke

factoren en medicijnen. Ook met het vorderen der jaren neemt de gehoorscherppte af. Dit is een zeer geleidelijk proces en begint gemiddeld rond het dertigste levensjaar. In figuur 4.2 zijn de mediane ouderdomsgehoorverliezen ($A_{0,50}$) gegeven van groepen mannen. De mediane waarde is daarbij de waarde waarboven juist 50% der waarnemingen ligt. In het betrokken vakgebied wordt de mediane waarde aangegeven volgens de overeenkomstige fractie: 0,50. Uit figuur 4.2 blijkt dat het normale ouderdomsgehoorverlies begint met het afnemen van de gehoorscherppte bij de hoogste frequenties en dat, naarmate men ouder wordt, ook de gehoorscherppte vermindert bij de lagere frequenties. Vrouwen hebben over het algemeen een beter gehoor dan hun mannelijke leeftijdgenoten.

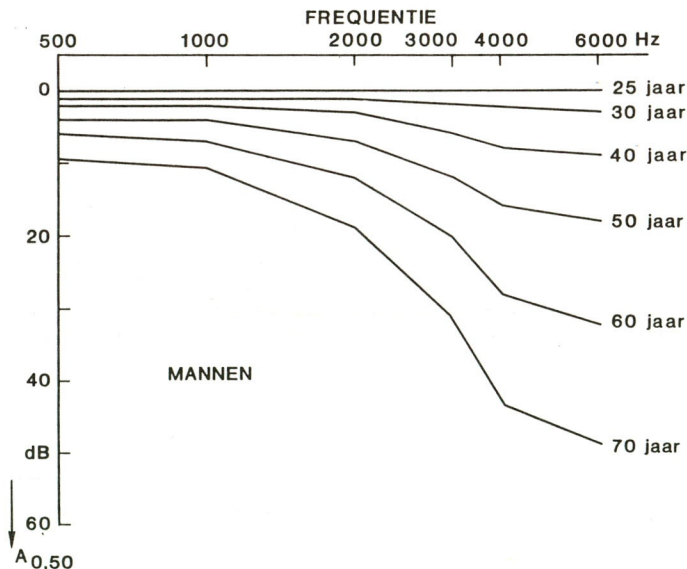
Het mediane ouderdomsgehoorverlies is (volgens ISO 7029) een kwadratische functie van de leeftijd en heeft de volgende formule

$$A_{0,50} = a (L-18)^2,$$

waarbij $A_{0,50}$ het mediane ouderdomsgehoorverlies op leeftijd L is, en a een constante, afhankelijk van de betrokken frequentie. De waarden van a zijn bij 500 Hz 0,0035, bij 1000 Hz 0,0040, bij 2000 Hz 0,0070, bij 3000 Hz 0,0115, bij 4000 Hz 0,0160 en bij 6000 Hz 0,0180.

In ISO 7029 zijn ook de normale ouderdomsgehoorverliezen gegeven voor andere fractielwaarden dan 0,50. De gepresenteerde waarden hebben betrekking op groepen mannen, die niet in lawaai werken.

Figuur 4.2. Het mediane normale ouderdomsgehoorverlies als functie van de frequentie, met de gemiddelde leeftijd van de betrokken groep mannen als parameter.



In de internationale standaard ISO 1999 zijn dosiseffectrelaties gegeven voor het verband tussen lawaai en gehoorschade door lawaai. Daarbij wordt de dosis uitgedrukt in het lawaaiexpositieniveau L_{EX} .

Volgens ISO 1999 hangen gehoorschade door lawaai en L_{EX} als volgt samen:

$$N_{0,50} = (u + v \lg T) (L_{EX} - L_0)^2$$

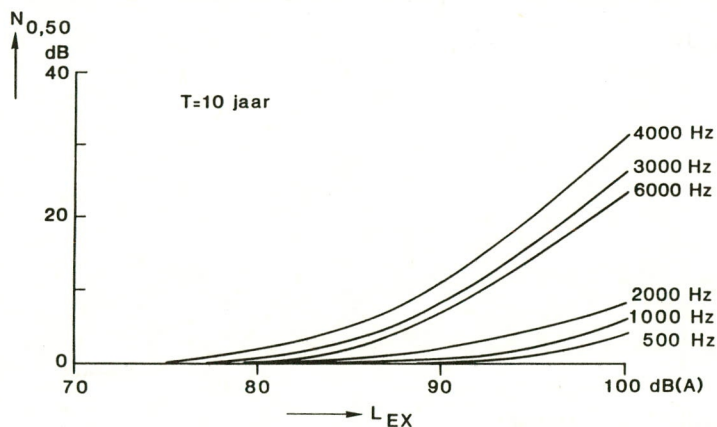
waarbij

- u en v frequentie-afhankelijke constanten zijn;
- T de expositietijd in jaren;
- L_0 een frequentie-afhankelijke grenswaarde;
- $N_{0,50}$ het mediane gehoorverlies door lawaai. Daarbij wordt er verondersteld dat er geen andere oorzaken van gehoorverlies zijn dan expositie aan lawaai op de arbeidsplaats.

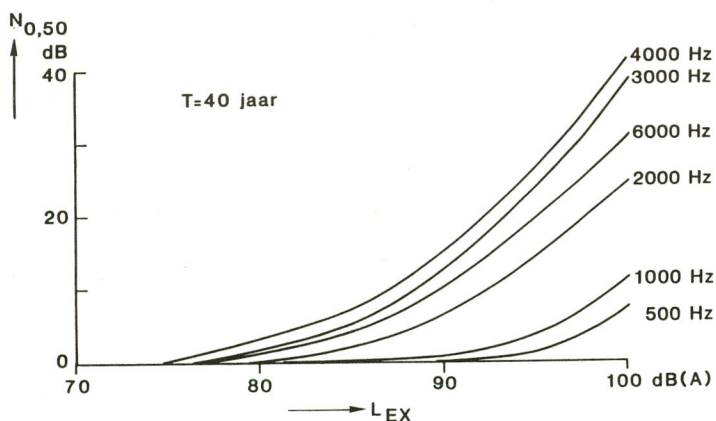
L_0 heeft voor de verschillende frequenties de volgende waarden: bij 500 Hz 93 dB, bij 1000 Hz 89 dB, bij 2000 Hz 80 dB, bij 3000 Hz 77 dB, bij 4000 Hz 75 dB en bij 6000 Hz 77 dB. Dit houdt in dat bij 4000 Hz gehoorschade door lawaai begint op te treden bij lawaaiexpositieniveaus vanaf 75 dB(A).

In de figuren 4.3 en 4.4 zijn de mediane gehoorverliezen door lawaai gegeven voor een expositietijd van 10 jaar en van 40 jaar.

Figuur 4.3. Het mediane gehoorverlies door lawaai ($N_{0,50}$) als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 10 jaar.



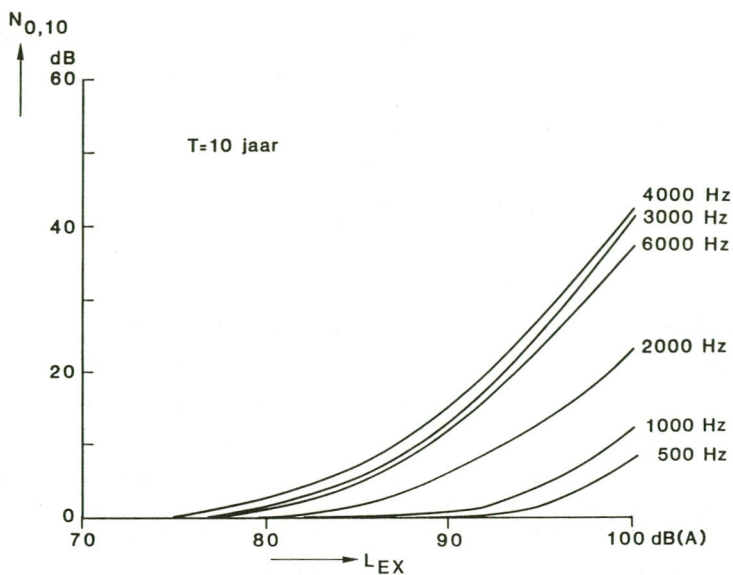
Figuur 4.4. Het mediane gehoorverlies door lawaai ($N_{0,50}$) als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 40 jaar.



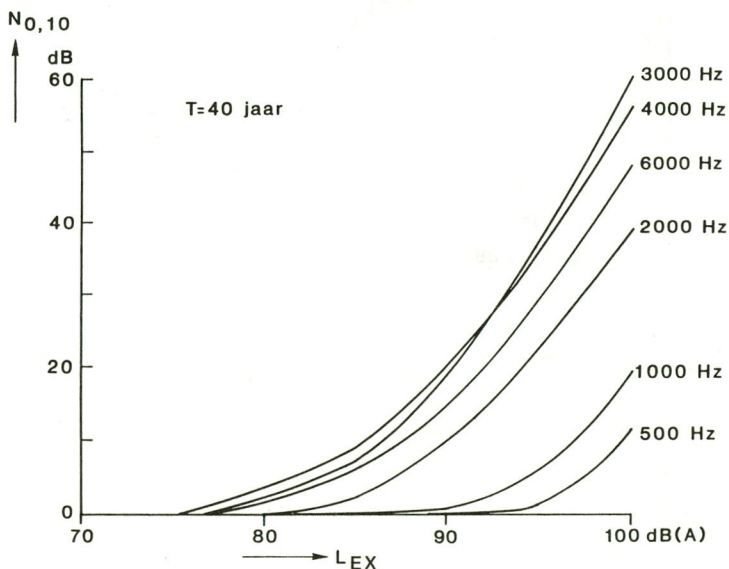
In ISO 1999 worden ook gehoorverliezen door lawaai gegeven voor andere fractielwaarden dan 0,50. Ter illustratie zijn in de figuren 4.5 en 4.6 de $N_{0,10}$ -waarden gegeven als functie van L_{EX} voor expositietijden van 10 en 40 jaar. Daarbij is $N_{0,10}$ de toename door expositie aan lawaai van de gehoordrempel, bij een groep personen, die juist door 10% van de gehoordrempels wordt overschreden.

Volgens ISO 1999 zijn de N-waarden van groepen mannen en van groepen vrouwen gelijk.

Figuur 4.5. De toename ($N_{0,10}$) door expositie aan lawaai van de gehoordrempel die door 10% van de groep juist wordt overschreden, als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 10 jaar.



Figuur 4.6. De toename ($N_{0,10}$) door expositie aan lawaai van de gehoordrempel die door 10% van de groep juist wordt overschreden, als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 40 jaar.



Het gecombineerde effect van leeftijd en lawaai wordt volgens ISO 1999 gegeven door

$$H = A + N - \frac{A \cdot N}{120}$$

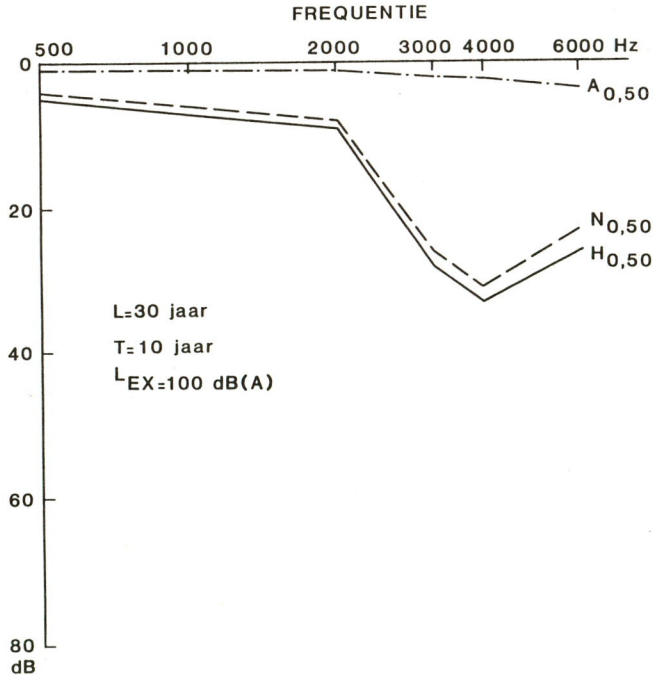
waarbij

- A het normale ouderdomsgehoorverlies is;
- N het lawaai-effect bij afwezigheid van andere effecten.

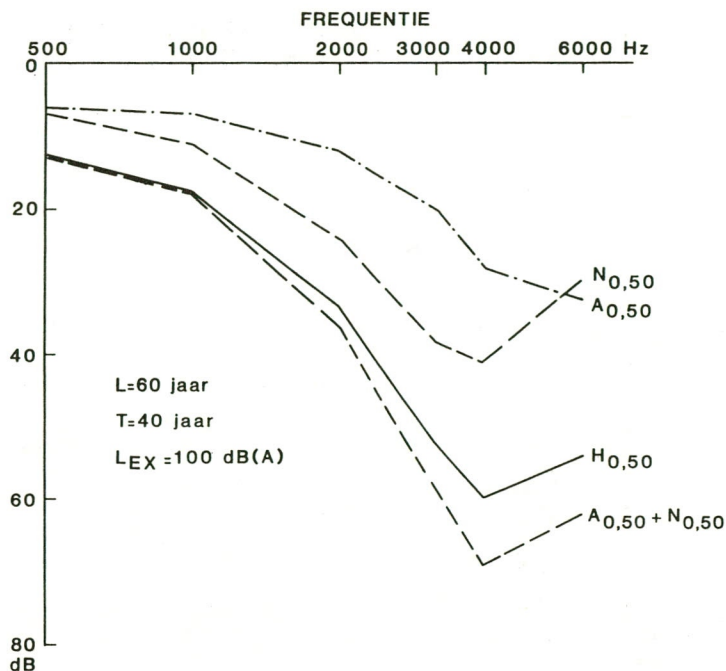
Deze formule geldt voor overeenkomstige fractielen.

Ter illustratie zijn in de figuren 4.7 en 4.8 voor een lawaai-expositie-niveau van 100 dB(A) voor groepen mannen met respectievelijk leeftijden van 30 jaar (expositietijd 10 jaar) en van 60 jaar (expositietijd 40 jaar) de mediane waarden gegeven van A, N, de som van A en N en van H.

Figuur 4.7. Voor groepen mannen, die gemiddeld 30 jaar oud zijn en 10 jaar in een lawaai-expositieniveau van 100 dB(A) hebben gewerkt, de mediane waarden van het normale ouderdomsgehoorverlies ($A_{0,50}$), van het lawaai-effect ($N_{0,50}$) en van de gehoordrempel ($H_{0,50}$) (het gecombineerde effect).

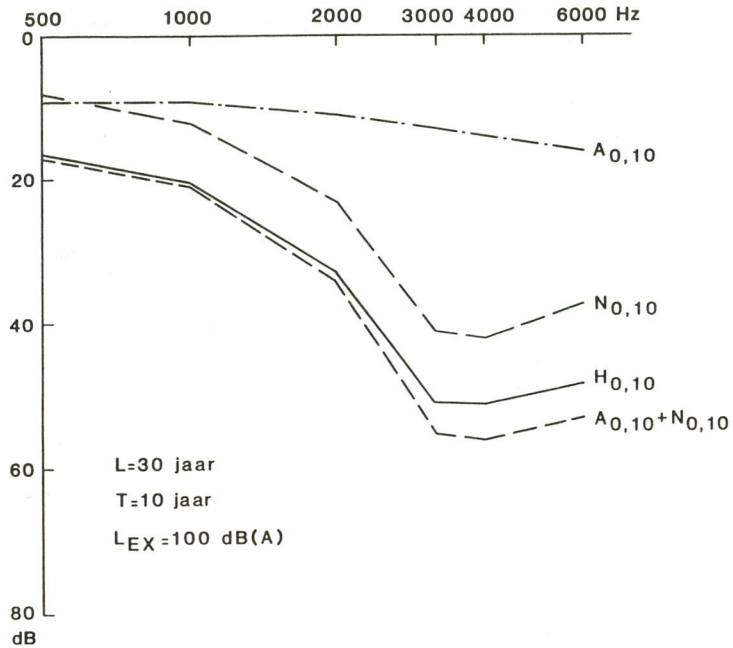


Figuur 4.8. Voor groepen mannen, die gemiddeld 60 jaar oud zijn en 40 jaar in een lawaai-expositieniveau van 100 dB(A) hebben gewerkt, de mediane waarden van het normale ouderdomsgehoorverlies ($A_{0,50}$), van het lawaai-effect ($N_{0,50}$), van de som van $A_{0,50}$ en $N_{0,50}$ en van de gehoordrempel ($H_{0,50}$) (het gecombineerde effect van leeftijd en lawaai).

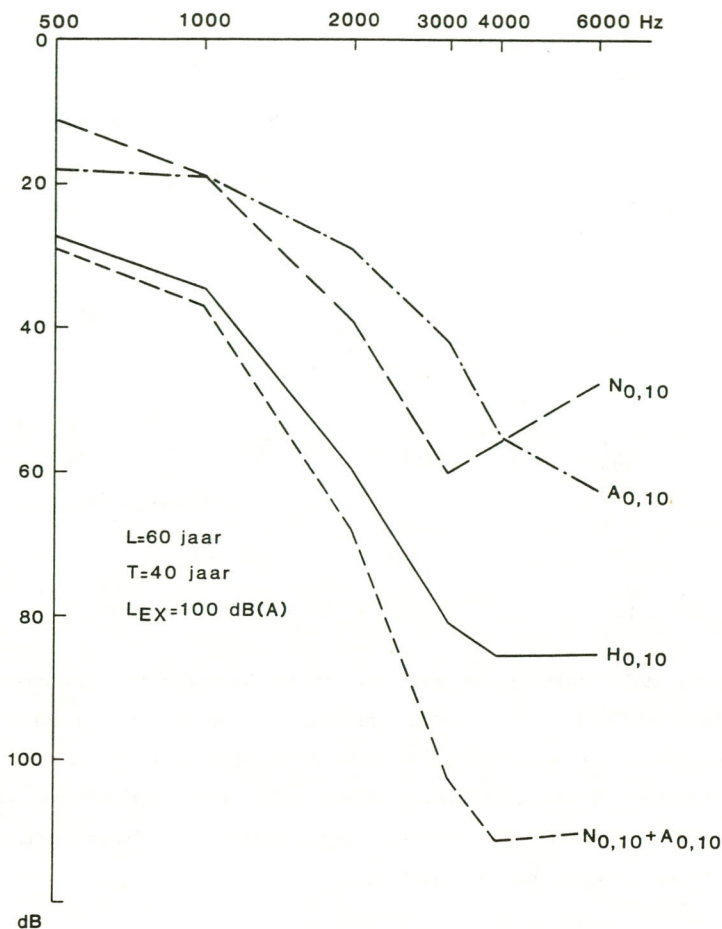


In de figuren 4.9 en 4.10 zijn de overeenkomstige 0,10-fractielen gepresenteerd.

Figuur 4.9. Voor groepen mannen, die gemiddeld 30 jaar oud zijn en 10 jaar in een lawaai-expositieniveau van 100 dB(A) hebben gewerkt, de 0,10 fractielwaarden van het normale ouderdomsgehoorverlies ($A_{0,10}$), van het lawaai-effect ($N_{0,10}$), van de som van $A_{0,10}$ en $N_{0,10}$ en van de gehoordrempel ($H_{0,10}$) (het gecombineerde effect van leeftijd en lawaai).

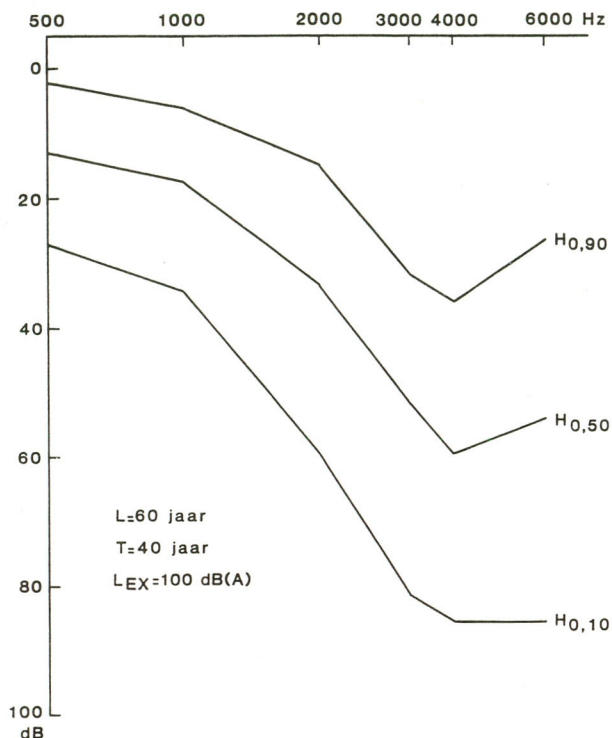


Figuur 4.10. Voor groepen mannen, die gemiddeld 60 jaar oud zijn en 40 jaar in een lawaaiexpositieniveau van 100 dB(A) hebben gewerkt, de 0,10 fractielwaarden van het normale ouderdomsgehoorverlies ($A_{0,10}$), van het lawaai effect ($N_{0,10}$), van de som van $A_{0,10}$ en $N_{0,10}$ en van de gehoordrempel ($H_{0,10}$) (het gecombineerde effect van lawaai en leeftijd).



Er bestaat een grote spreiding in de gehoordrempels van groepen aan lawaai geëxponeerden. In figuur 4.11 is dit gedemonstreerd voor een groep 60-jarige mannen, die 40 jaar in lawaai met een lawaaiexpositieniveau van 100 dB(A) hebben gewerkt. Tien procent van deze mannen heeft hoogfrequent gehoorverliezen van meer dan 85 dB, terwijl bij de beste tien procent het gehoorverlies bij de hoogste frequentie niet meer is dan zo'n 30 à 35 dB.

Figuur 4.11. De gehoordrempels van een groep mannen die gemiddeld 60 jaar oud is en 40 jaar heeft gewerkt in een lawaaioxpositieniveau van 100 dB(A).



In de jaren 1985/1986 is er een schatting gemaakt van de omvang van de lawaai­bloot­stelling in vier bedrijfsklassen van de Nederlandse industrie (van den Berg, 1986). Op basis van deze gegevens en eerder verrichte schattingen voor de gehele Nederlandse industrie zijn nieuwe schattingen voor de gehele Nederlandse industrie gemaakt (Passchier-Vermeer, 1988). Het resultaat is gegeven in tabel 4.1 .

Tabel 4.1. Omvang van de lawaai­problematiek in de Nederlandse industrie.

Lawaaioxpositieniveau (in dB(A))	Percentage werknemers	Aantal werknemers
minder dan 80	51	485.000
80 - 85	18	174.600
85 - 90	22	213.400
90 - 95	7	67.900
95 - 100	2	19.400
meer dan 10	1	9.700
totaal	100	970.000*

* Aantal werkzame personen in de Nederlandse industrie per 1 januari 1988.

Ook in andere bedrijfstakken, zoals in de bouwnijverheid, de landbouw, bij het beroepsgoederenvervoer, komen hoge lawaaiexpositieniveaus voor. Voor deze bedrijfstakken bestaan echter geen landelijke schattingen.

Extrapoleren we de in tabel 4.1 gegeven percentages naar lagere lawaai-expositieniveaus, dan kan geschat worden dat ongeveer 30% van de werknemers in de Nederlandse industrie in niveaus beneden 75 dB(A) werkt en 70% daarboven. In het voorgaande is aangegeven dat gehoorschade door lawaai begint op te treden vanaf lawaaiexpositieniveaus van 75 dB(A), ook al is het lawaai-effect en de kans bij de individuele werknemers op een effect van lawaai op de gehoorscherptheid gering.

Het belangrijkste sociale gevolg van een gehoorbeschadiging kan zijn, dat spraak in het leven van alledag minder goed of niet meer wordt verstaan. Aangezien spraak het meest gebruikte communicatiemiddel tussen mensen is, moet het niet of niet goed verstaan van spraak in het leven van alledag beschouwd worden als een sociale handicap. De vermindering van het verstaan van spraak is bij mensen, die op de arbeidsplaats in hoge geluidsniveaus werken een voortschrijdend proces dat jaren duurt. Allereerst begint het verstaan van spraak in een lawaaiige omgeving (bij verjaardagsfeestjes, rumoerige vergaderingen) moeilijkheden op te leveren. Vervolgens treden verstaansmoeilijkheden op bij het bezoeken van kerkdiensten, toneelvoorstellingen en openbare vergaderingen, ook wanneer men niet te ver van de spreker plaats neemt, en gaan anderen het verminderde hoorvermogen opmerken. Vervolgens gaat het voeren van een telefoongesprek problemen opleveren, terwijl men tevens in toenemende mate moeite heeft met het voeren van een gesprek in een rustige omgeving, te meer wanneer men met vreemden spreekt.

Ten slotte wordt ook het verstaan van spraak van mensen uit de naaste omgeving een moeilijke zaak. Een verminderd hoorvermogen kan wel ten dele gecompenseerd worden door middel van liplezen, overigens zonder dat de desbetreffende persoon zich daarvan bewust hoeft te zijn.

Al bij een geringe afwijking in het audiogram begint een vermindering van het verstaan van spraak op te treden. Onderzoek heeft aangetoond dat bij een gehoorverlies van 10 dB, gemiddeld over 2000 en 4000 Hz en gemiddeld over beide oren, er een statistisch significante verslechtering begint op te treden met betrekking tot de beoordeling van het verstaan van spraak onder alledaagse omstandigheden (Passchier-Vermeer, 1985). Uit figuur 4.2 kan worden afgelezen, dat bij mannen op 45-jarige leef-

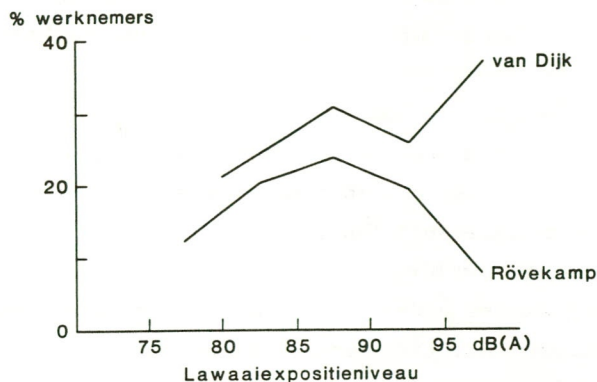
tijd het mediane ouderdomsgehoorverlies, gemiddeld bij de twee genoemde frequenties, zo'n 10 dB is. Dat houdt in, dat men ook zonder gehoorschade door lawaai al door het normale ouderdomsgehoorverlies op 45-jarige leeftijd in de gevarenzone komt. Voor velen geldt dan ook, dat ook een geringe gehoorschade door lawaai op den duur een negatief effect heeft op een goed functionerend gehoororgaan met betrekking tot het verstaan van spraak in het leven van alledag.

Treedt er al vanaf een gehoorverlies van 10 dB (gemiddeld over 2000 en 4000 Hz en gemiddeld over beide oren) een statistisch significante verslechtering in de beoordeling van de gehoortoestand op, een gehoorverlies van 30 dB (gemiddeld over 2000 en 4000 Hz en gemiddeld over beide oren) wordt beschouwd als grens van een duidelijke sociale handicap (Smootenburg, 1986; Passchier-Vermeer, 1987).

Met betrekking tot oorsuizen, dat kan ontstaan door expositie aan lawaai, is veel minder kwantitatief bekend dan van gehoorschade door lawaai.

Enige jaren geleden is in het kader van het uitvoeren van integrale gehoorbeschermingsprogramma's aan ruim 2000 werknemers uit 39 industriële bedrijven gevraagd naar het optreden van oorsuizen aan één of beide oren (Rövekamp, 1988). Ruim 20% van de ondervraagden bleek last te hebben van oorsuizen. Het optreden van oorsuizen aan een of beide oren lijkt niet sterk afhankelijk te zijn van het niveau waarin men werkt, noch van het aantal expositiejaren. Overigens werkten de ondervraagde werknemers allen in lawaaiexpositieniveaus van 75 dB(A) of meer. In figuur 4.12 is het resultaat gegeven. Het is niet bekend hoe hoog het percentage oorsuizingen is bij mensen die in niveaus lager dan 75 dB(A) werken.

Figuur 4.12. Het percentage werknemers dat last heeft van oorsuizen als functie van het lawaaioxpositieniveau. Volgens gegevens uit het project Preventie Gehoor-schade (Rövekamp, 1987) met betrekking tot 2008 personen en gegevens uit het project effecten van lawaai op gezondheid en welzijn in de industrie (van Dijk, 1984) met betrekking tot 423 personen.



Ook van Dijk (1984) heeft in zijn onderzoek naar extra-auditieve effecten van lawaai in de industrie gevraagd naar het voorkomen van oorsuizen. Zijn resultaten zijn eveneens in figuur 4.12 opgenomen. Ook uit deze resultaten blijkt geen duidelijke afhankelijkheid met het lawaaioxpositieniveau.

4.2 Extra-auditieve effecten

Extra-auditieve lichamelijke effecten kunnen in relatie tot de blootstellingsperiode als volgt worden ingedeeld:

1. Oriëntatiereacties: reacties, die optreden bij het begin van een nieuwe situatie. Deze reacties zijn er op gericht om het organisme in staat te stellen zich zo snel mogelijk aan te passen aan deze nieuwe situatie, nadat deze bewust is beoordeeld. Wordt de nieuwe situatie als bedreigend ervaren, dan kunnen schrik en angstverschijnselen optreden maar veelal zullen deze ontbreken.
2. Reacties bij kortdurende blootstelling, bijvoorbeeld gedurende 15 minuten, nadat het organisme zich heeft kunnen aanpassen aan de nieuwe situatie.

3. Reacties bij langer durende blootstelling, bijvoorbeeld gedurende een werkdag. Dit soort reacties kan ons inlichten over de vraag of er ten opzichte van bepaalde verschijnselen sprake is van aanpassing, of tegenovergesteld, overbelasting.
4. Verschijnselen na jarenlange, herhaalde blootstelling aan geluid. Dit soort verschijnselen is uitsluitend door middel van epidemiologisch onderzoek aan te tonen.

Vanuit arbeidshygiënisch standpunt zijn de oriëntatie-reacties nauwelijks interessant - bij herhaling van de prikkel neigen ze bovendien tot afzakken - omdat het op de arbeidsplaats vooral gaat om vaak langdurige blootstelling. De reacties bij langer durende blootstelling en uiteindelijk vooral na jarenlange blootstelling zijn veel meer relevant. Helaas zijn er over de reacties onder 1 en 2 wel veel onderzoekresultaten bekend maar veel minder over effecten bij langdurige blootstelling.

Onze inzichten over de fysiologische effecten van geluid, zoals genoemd onder 1 en 2, hebben jarenlang berust op het werk van het Max Planck Instituut te Dortmund, en speciaal op dat van Jansen (1967). Jansen zelf werkte vooral met de vingerplethysmograaf. Hiermee meet men de veranderingen in de omtrek van de vinger onder invloed van de veranderingen in de bloedsomloop. In de bloedstroom kent men momenten van hoge druk (de systole) en lage druk (de diastole) samenhangend met de momenten van het uitpompen van bloed door het hart en het verslappen van het hart. Deze golf zet zich voort tot in de vaten van de vinger, en veroorzaakt daar veranderingen in de vingeromtrek. Bij nauwe vaten of geringe bloeddruk zullen de veranderingen gering zijn, bij sterke wisselingen in de bloeddruk of slappe vaten, vooral achter de plaats van meting, groot.

Uit de resultaten van het onderzoek concludeerde Jansen, dat geluid de vaatvernauwing doet toenemen. Hij onderzocht verder de invloed van intensiteit, bandbreedte van het geluid, etc. De gezondheidkundige betekenis van deze serie onderzoeken is echter discutabel. De expositieduur was soms een halve minuut of minder en de betekenis van het gegeven: vaatvernauwing van oppervlakkige vaten is, zonder verdere gegevens over bijvoorbeeld de bloeddruk, niet duidelijk. Al eerder hadden Lehmann en Tamm (1958) proefpersonen aan lawaai blootgesteld. Ook zij vonden een toegenomen perifere vaatweerstand door vaatvernauwing en daling van het hartslagvolume, met daarnaast weinig invloed op polsfrequentie en bloeddruk. Zij stelden hun proefpersonen 60 minuten bloot aan lawaai. Mede op deze bevinding berust het schema van Lehman, dat aangeeft, dat boven 65

dB(A) vegetatieve reacties kunnen worden waargenomen. Anderen konden pas bij veel hogere niveaus effecten op de vaatvernauwing waarnemen.

Er zijn ook andere fysiologische mechanismen, die reacties vertonen op lawaai; zoals de pupilwijdte (neemt toe), de spierspanning, die ook toeneemt en de elektrische huidweerstand, die juist afneemt. Bij dit soort reacties blijkt de grens van 65 dB(A), genoemd door Lehmann, niet op te gaan. Invloed op de spierspanning werd bijvoorbeeld al gevonden bij veel lagere intensiteiten, tot 50 dB(A), mits natuurlijk het achtergrondlawaai in de controlesituatie duidelijk (meer dan 10-12 dB(A)) lager was. Zoals gemeld is de gezondheidkundige betekenis van deze bevindingen gering; dit misschien ook omdat relaties met resultaten van duurproeven nog grotendeels ontbreken.

Van Dijk (1984) geeft een overzicht van achttien meestal recent verrichte onderzoeken naar de bloeddruk, tijdens of kort na lawaaiblootstelling gemeten. In een groot aantal onderzoeken werd de bloeddruk onderzocht, terwijl de proefpersonen een bepaalde mentale taak uitvoerden. In de meeste gevallen is tegelijkertijd bijvoorbeeld de hartfrequentie of de vaatvernauwing gemeten. Het blijkt dat de diastolische bloeddruk in de meeste onderzoeken verhoogd is tijdens lawaaiblootstelling. Tevens blijkt, dat de diastolische bloeddruk niet verhoogd is, wanneer tegelijk met de lawaai blootstelling fysieke arbeid van enige betekenis wordt verricht. De diastolische bloeddruk lijkt evenmin verhoogd bij minder hoge lawaainiveaus, met name wanneer de geluiden minder betekenisvol zijn en wanneer de proefpersonen geen belastende taak uitvoeren. De eenvoudige taak, die de proefpersonen in het onderzoek door Rövekamp (1979, 1981) uitvoerden, werd niet als belastend ervaren, wat zou kunnen verklaren waarom de bloeddruk niet altijd steeg in zijn experimenten. In andere Nederlandse onderzoeken (Mosskov, 1976) is aangetoond, dat de combinatie van lawaai met de uitvoering van een taak een hogere diastolische bloeddruk geeft in vergelijking met elk van beide factoren afzonderlijk. Het effect van lawaai op de systolische bloeddruk is onduidelijk. Stijgen, dalen en gelijk blijven is geconstateerd. Hetzelfde geldt voor de hartslagfrequentie. Deze bleek soms verhoogd tijdens lawaai, soms juist verlaagd. Vrijwel altijd blijkt de ademprequentie verhoogd.

In de meeste onderzoeken worden slechts geringe gemiddelde veranderingen in de bloedcirculatie geconstateerd. Een groepsgemiddelde geeft echter beperkte informatie. Soms wordt bij een deel der proefpersonen een verandering van een functie in de ene richting geconstateerd en bij een ander deel juist een verandering in de andere richting. Er kan dus

afhankelijk van de proefpersoon, de lawaai-blootstelling en de situatie een reactie in een bepaalde richting optreden. Ook bestaan er grote inter-individuele verschillen in de mate, waarin reacties optreden. Zo bleek uit onderzoek door Rövekamp, 1981) dat mensen die zichzelf lawaai-gevoelig noemen uitermate heftig kunnen reageren op voor hen betekenisvolle geluiden. Bij één proefpersoon werd een systolische bloeddrukstijging gemeten van 115 naar 175 mm Hg als reactie op een voor deze proefpersoon zeer ongewenst geluid. De hartfrequentie kon heftig reageren door bijvoorbeeld van 75 naar 120 slagen per minuut op te lopen. De mogelijkheid, dat mensen met een hoge bloeddruk op lawaai met grotere bloeddrukveranderingen reageren dan mensen met een normale bloeddruk is door Windemuller (1980) onderzocht. In zijn onderzoek werden eerst 20 jonge mannelijke proefpersonen aan verkeersgeluid met een geluidsniveau van 70 en 80 dB(A) blootgesteld en vervolgens 24 mannen in de leeftijd van 45 tot 60 jaar. Bij de jonge mannen steeg zowel bij 70 als 80 dB(A) de diastolische bloeddruk bij degenen met een hogere bloeddruk gemiddeld 1,5 mm Hg meer dan bij de groep met normale bloeddruk. Verkeersgeluid van 80 dB(A) resulteerde bij de oudere mannen eveneens in een extra verhoging van de diastolische bloeddruk. Echter, het verkeersgeluid van 70 dB(A) gaf bij de oudere mannen geen verschil in reactie tussen de groep met een hoge bloeddruk en de groep met een normale bloeddruk. De onderzoekers concluderen dan ook, dat het er op lijkt, dat bij hard verkeersgeluid (80 dB(A) of meer) mensen met een hoge diastolische bloeddruk een iets grotere bloeddrukstijging krijgen door lawaai dan mensen met een normale diastolische bloeddruk. De resultaten met betrekking tot de systolische bloeddruk laten zich niet zo eenduidig verklaren. Deze bevindingen zijn op zichzelf geen bewijs dat in de praktijk nadelige gevolgen optreden; alleen een indicatie, dat het zou kunnen gebeuren. Epidemiologisch onderzoek moet duidelijk maken of werkelijk schade aan hart en bloedsomloop optreedt onder invloed van lawaai of men door lawaai lichamelijk ziek kan worden.

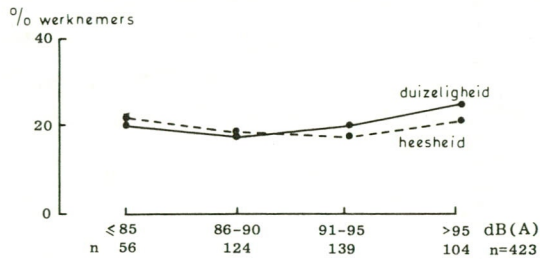
Het onderzoek naar de relatie tussen langdurige blootstelling aan lawaai en schade aan de gezondheid is zeer gecompliceerd. Mede daarom is het aantal onderzoeken beperkt. Daarbij hebben de onderzoeken ook nog veelal betrekking op effecten bij bevolkingsgroepen die in de woonomgeving aan lawaai, zoals vliegtuiglawaai en wegverkeerslawaai, zijn blootgesteld. Met betrekking tot onderzoek in eigen land kan dat door het Coronel Laboratorium (Knipschild, 1976; Knipschild, Meyer en Sallé,

1984) genoemd worden. Knipschild (1976) heeft daarbij aangetoond dat in gebieden met veel vliegtuiglawaai het percentage mensen met hoge bloeddruk bijna verdubbeld is ten opzichte van gebieden met weinig vliegtuiglawaai. Met betrekking tot wegverkeerslawaai kon geen verband aangetoond worden tussen hart- en vaatziekten en het niveau van het verkeerslawaai voor de woning op straat. De onderzoekers verklaren deze afwezigheid van positieve verbanden ten dele uit het feit dat mensen die aan een drukke straat wonen zich aan het wegverkeerslawaai kunnen onttrekken door de ramen aan de straatkant zelden of nooit open te hebben. Volgens Meyer (Meyer, Knipschild, Sallé, 1982) houdt bij een geluidniveau van minder dan 55 dB(A) 17% van de ondervraagden de ramen bij mooi weer dicht, bij 65-70 dB(A) was dit 41% en bij 70-80 dB(A) zelfs 80%. Tevens is te verwachten dat mensen die aan een rustige straat wonen in verband met winkelen of andere werkzaamheden toch een dosis verkeerslawaai zullen krijgen. De verschillen in expositie tussen bewoners aan een drukke dan wel rustige straat zijn dan ook waarschijnlijk niet zo groot als de metingen doen veronderstellen.

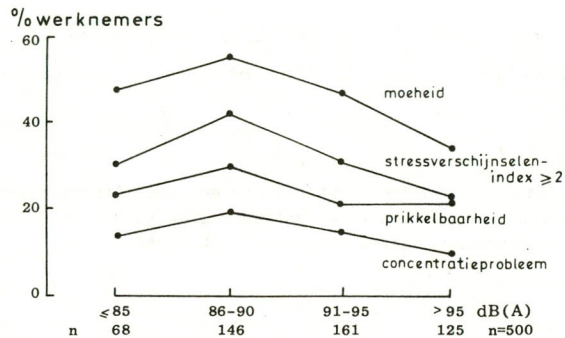
Mogelijke lichamelijke effecten op langere termijn van blootstelling aan lawaai op de arbeidsplaats zijn hoge bloeddruk, hartafwijkingen (EEG-afwijkingen), effecten op het centrale zenuwstelsel en maagzweren. Een aantal onderzoeken worden geciteerd in Verbeek (Verbeek, van Dijk, Knipschild e.a., 1979). Daarin wordt gesteld dat ook de frequent genoemde onderzoeken van Jansen (1961), Shatalov (1962) en Cohen (1976) methodologisch niet sterk genoeg zijn voor definitieve conclusies. In 1981 verscheen een Amerikaans rapport met een uitgebreid overzicht over vrijwel alle tot dan toe verschenen epidemiologische onderzoeken naar het effect van lawaai op de bloedcirculatie (Thompson, 1981). In 44 van de 55 onderzoeken met de bloeddruk als onderwerp werd een positieve associatie gevonden tussen lawaai-blootstelling (zowel vliegtuiglawaai, wegverkeerslawaai, als lawaai op de arbeidsplaats) en de bloeddruk. Thompson constateert echter dat in een groot aantal onderzoeken geen rekening gehouden is met verstorende variabelen zoals leeftijd, sexe, ras, gewicht en andere belastende arbeidsomstandigheden. De belangrijkste conclusie van Thompson is gelijk aan die van Verbeek, te weten dat er op basis van de epidemiologische onderzoeken tot 1982 geen definitieve conclusies getrokken kunnen worden, maar dat er voldoende aanwijzingen zijn dat lawaai op de arbeidsplaats gezondheidsschade kan veroorzaken om verder onderzoek te rechtvaardigen.

In het proefschrift van van Dijk (1984) wordt verder Nederlands onderzoek beschreven. Het betreft onder meer een aantal onderzoeken in de Nederlandse industrie naar het optreden van gezondheidsschade, in het bijzonder aan het hartvaatsysteem (hoge bloeddruk). Volgens de auteur is een eenvoudig oorzaak-gevolg-model voor een groot aantal extra-auditieve effecten van lawaai in de industrie niet geschikt. Lawaai-blootstelling is geen puur fysisch gegeven. Het maakt bijvoorbeeld verschil of lawaai zelf wordt voortgebracht of van elders afkomstig is. In de tweede plaats is gebleken dat de aandacht gericht moet worden op combinaties van arbeidsomstandigheden, en wel op die combinaties die leiden tot overbelasting van psychologische of fysiologische functies. Gedacht moet worden aan de combinatie van lawaai met mentaal belastend werk, tijdsdruk, noodzaak tot mondeling overleg en gevaarlijke arbeidssituaties. In de derde plaats kan opgemerkt worden dat niet altijd sprake is van éénrichtingsverkeer. Hinder van lawaai kan leiden tot het dragen van gehoorbescherming en tot de wens om van werk te veranderen. Lawaai-blootstelling leidt dus tot reacties die de blootstelling tegengaan. Tot slot kan gesteld worden dat grote verschillen in belastbaarheid tussen de werknemers evenmin passen in een eenvoudig oorzaak-gevolg-model. Toekomstig onderzoek dient daarom gebruik te maken van een meer uitgewerkt belasting-belastbaarheidsmodel. In vier onderzoeken door van Dijk is de aanwezigheid nagegaan van een groot aantal belastende arbeidsomstandigheden. Uit alle onderzoeken werd duidelijk dat belastende arbeidsomstandigheden vaak samen voorkomen (clusteren) op één werkplek. Lawaai-blootstelling blijkt bijvoorbeeld vaak samen te gaan met blootstelling aan vuil werk, stof, trillingen en gevaarlijk werk. Arbeidsomstandigheden als vuil werk en stof zullen vermoedelijk niet bijdragen tot een overbelasting door lawaai, maar dragen wél bij tot een negatieve werkbeleving. Een meeromvattende verbetering van de arbeidsplaats is dan noodzakelijk. Uit het belangrijkste onderzoek (in zeven bedrijven) door van Dijk kan geconcludeerd worden dat blootstelling aan lawaai op de arbeidsplaats leidt tot gehoorverlies, oorsuizen, hinder, belemmering van de spraakcommunicatie, en dat heesheid, duizeligheid en stress-verschijnselen in hogere geluidsniveaus niet vaker voorkomen dan in lagere niveaus (zie de figuren 4.13 en 4.14). Het betreffende onderzoek betrof 552 werknemers, waarvan 52% jonger dan 35 jaar en 48% ouder dan 35 jaar.

Figuur 4.13. Percentage werknemers met last van duizeligheid en heesheid als functie van het lawaaiexpositieniveau. Het aantal werknemers per lawaaiexpositieniveau-klasse is eveneens gegeven (naar van Dijk (1984)).

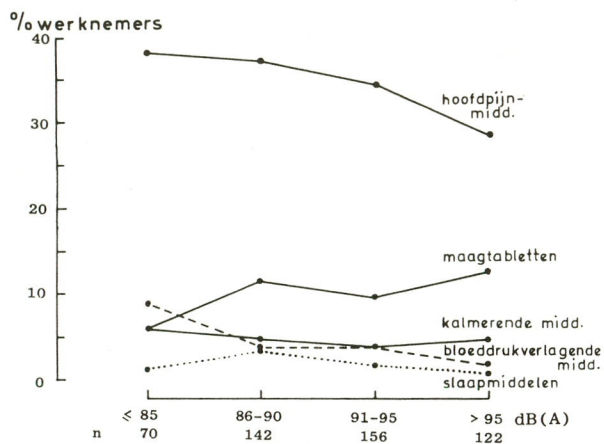


Figuur 4.14. Percentage werknemers met last van vermoeidheid, prikkelbaarheid, concentratieproblemen en stress-verschijnselen (index groter of gelijk aan 2) als functie van het lawaaiexpositieniveau. Het aantal werknemers per lawaaiexpositieniveau-klasse is eveneens gegeven (naar van Dijk, 1984)).



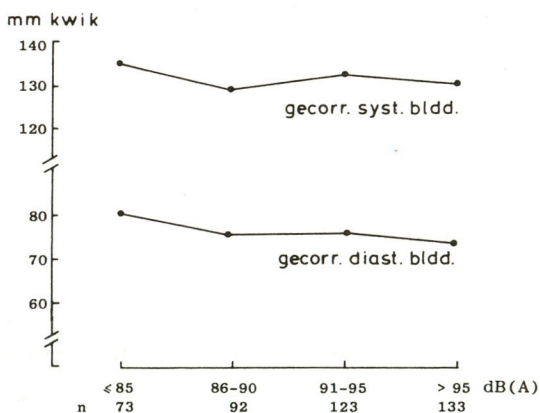
Ook zijn tussen medicijngebruik en lawaaiexpositieniveau geen statistisch significante afhankelijkheden gevonden.

Figuur 4.15. Percentage werknemers dat medicijnen gebruikt als functie van het lawaaiepositieniveau. Het aantal werknemers per lawaaiepositieniveaукlasse is eveneens gegeven (naar van Dijk (1984)).



Tevens moest geconcludeerd worden dat door langdurige blootstelling aan lawaai noch de systolische noch de diastolische bloeddruk verhoogd bleek (zie figuur 4.16).

Figuur 4.16. Gemiddelde (gecorrigeerde) systolische en diastolische bloeddruk als functie van het lawaaiepositieniveau. Het aantal werknemers per lawaaiepositie-klasse is eveneens gegeven (naar van Dijk (1984)).



5. FUNCTIONELE EFFECTEN

5.1 Belemmering spraakcommunicatie

Lawaai kan zeer ongewenst zijn in situaties waar spreken, horen en verstaan noodzakelijk zijn. Het is onjuist te veronderstellen dat bijvoorbeeld een kantoor rustig genoeg is als spraak net verstaanbaar is boven het omringende omgevingsgeluid. Een gesprek voeren onder dergelijke omstandigheden waarbij men tegen elkaar moet schreeuwen is hinderlijk en vermoeiend en men kan niet tegelijkertijd de aandacht gevestigd houden op ander werk omdat concentratie vereist is op hetgeen gezegd wordt. Op plaatsen waar de spraak gehoord moet worden dient er niet te veel omgevingslawaai aanwezig te zijn.

Over het algemeen wordt het verstaan van spraak beïnvloed door

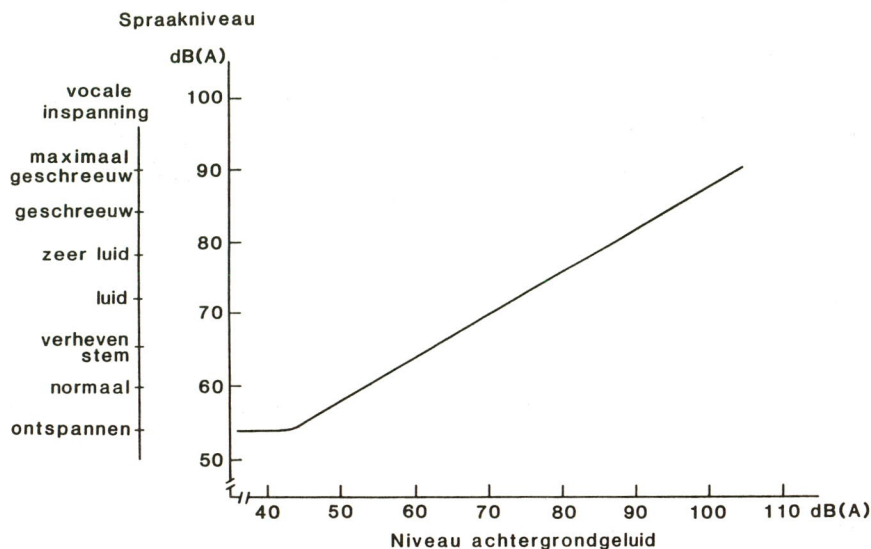
- de wijze van spreken (taal, dialect, vocabulaire, articulatie, vocale inspanning);
- de bekendheid van de luisteraar met de gesproken taal;
- de sterkte van de spraak, het spraakniveau;
- de afstand tussen spreken en luisteraar;
- het visuele contact tussen spreker en luisteraar;
- de akoestische omgeving (bijvoorbeeld nagalm);
- karakteristieken van het omgevingsgeluid;
- de hoormogelijkheden van de luisteraar; deze zijn onder meer afhankelijk van de gehoorscherptheid en kunnen ook beïnvloedt zijn door het dragen van gehoorbeschermingsmiddelen;
- de situatie waarin spraak plaatsvindt.

Afhankelijk van het door de spreker ervaren niveau van het omgevingsgeluid zal de spreker automatisch zijn stemniveau aanpassen.

In figuur 5.1 is het gemiddelde spraakniveau (gemeten op 1 m afstand van de spreker) gegeven als functie van het niveau van het omgevingsgeluid ter plaatse van de spreker. Het gemiddelde 'normale' spraakniveau op 1 m van de spreker is 60 dB(A). Reeds vanaf een omgevingsniveau van zo'n 45 dB(A) neemt het spraakniveau toe. Als men zo hard mogelijk schreeuwt is het spraakniveau op 1 m afstand van de spreker gemiddeld 90 dB(A). De

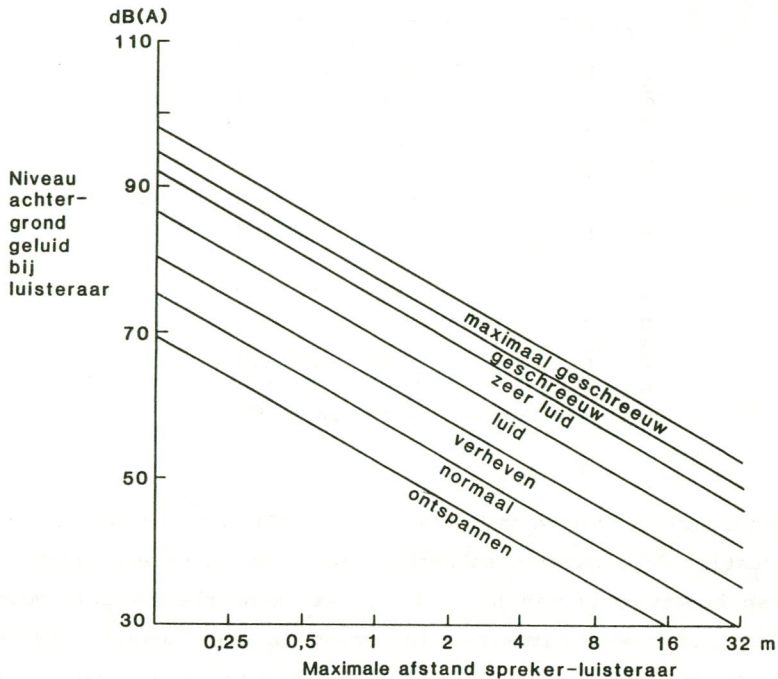
verticale as geeft tevens een kwalitatieve omschrijving van de bijbehorende vocale inspanning.

Figuur 5.1. Gemiddelde spraakniveau op 1 m afstand van de spreker als functie van het niveau van het omgevingsgeluid ter plaatse van de spreker. Tevens de kwalitatief beschreven vocale inspanningen bij diverse spraakniveaus.



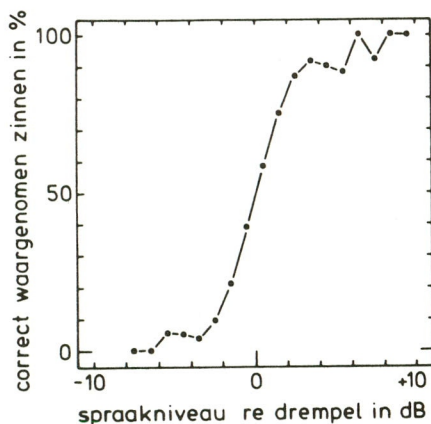
In figuur 5.2 is de maximale afstand tussen spreker en luisteraar gegeven waarbij, afhankelijk van het niveau van het omgevingsgeluid en van de vocale inspanning, nog juist een vrijwel volledige zinsverstaanbaarheid optreedt. Het blijkt dat zelfs als men zo hard mogelijk schreeuwt bij een omgevingsniveau van 80 dB(A) de afstand tussen spreker en luisteraar niet meer dan 1 m mag bedragen om spraak vrijwel volledig verstaanbaar te doen zijn.

Figuur 5.2. De maximale afstand tussen spreker en luisteraar voor een vrijwel volledige zinsverstaanbaarheid als functie van het niveau van het omgevingsgeluid bij de luisteraar voor diverse vocale inspanningen.



Met betrekking tot het verstaan van spraak nog het volgende. In figuur 5.3 (overgenomen uit Smoorenburg, 1986) is uitgezet het percentage correct waargenomen zinnen als functie van het spraakniveau. Dit spraakniveau is relatief gekozen ten opzichte van het niveau waarbij 50% der zinnen geheel correct wordt verstaan. Het blijkt dat kleine veranderingen in het spraakniveau het percentage correct waargenomen zinnen bijzonder beïnvloedt. Een verandering van spraakniveau van 1 dB wijzigt het percentage correct waargenomen zinnen met 18 in het gebied rond de 50% zinsverstaanbaarheid. In een nogal kritische situatie, waarbij de verhouding tussen spraakniveau en omgevingsniveau zo is dat 68% der zinnen correct wordt waargenomen zal bij een verlaging van het spraakniveau met 4 dB(A) de zinsverstaanbaarheid nog slechts 32% zijn, dat wil zeggen minder dan de helft.

Figuur 5.3. Het percentage volledig correct verstane zinnen als functie van het spraakniveau ten opzichte van het niveau waarbij 50% geheel correct wordt verstaan.



Een vermindering van het spraakniveau met 4 dB(A) kan derhalve in kritische situaties de zinsverstaanbaarheid meer dan halveren. Hiermee moet men bij een beoordeling van het gebruik van gehoorbeschermingsmiddelen terdege rekening houden. Immers, als iemand in een lawaaiige werkomgeving gehoorbeschermers draagt zal het door hem ervaren omgevingsniveau lager liggen dan in werkelijkheid, waardoor zijn spraakniveau zo'n 4 dB(A) lager ligt dan in de situatie waarin hij geen gehoorbeschermers draagt. Voor de luisteraar kan dit tot gevolg hebben dat zijn zinsverstaanbaarheid meer dan gehalveerd wordt. Zou dit effect van de verminderde vocale inspanning niet zijn opgetreden, dan mag verwacht worden dat het dragen van gehoorbeschermingsmiddelen geen effect heeft op de spraakverstaanbaarheid voor personen met een normaal gehoor. Heeft men een beduidende gehoorschade, dan kan ook zonder het effect van de verminderde vocale inspanning van de spreker de spraakverstaanbaarheid nadelig beïnvloed worden door het dragen van gehoorbeschermers omdat gehoorbescherming en gehoorschade te zamen een deel van de spraak onhoorbaar maken.

Het gegeven van een verminderde vocale inspanning bij het dragen van gehoorbeschermers zou in principe gecompenseerd kunnen worden door een verkleining van de afstand tussen spreker en luisteraar. Echter in gevallen waar het niveau van het omgevingsgeluid zo hoog is dat gehoor-

beschermers gedragen worden is de maximale afstand voor een vrijwel volledige zinsverstaanbaarheid over het algemeen toch al klein. Bijvoorbeeld, stel dat het omgevingsniveau 85 dB(A) is, dan zal de spreker zonder gehoorbeschermingsmiddelen een spraakniveau produceren van 78 dB(A) op 1 m afstand. De vocale inspanning kan worden omschreven als zeer luid. De maximale afstand tussen spreker en luisteraar is 0,40 m voor een vrijwel volledige zinsverstaanbaarheid. Bij het dragen van gehoorbeschermers zal de vocale inspanning van de spreker afnemen van zeer luid tot luid (74 dB(A) op 1 m afstand) en de maximale afstand voor een vrijwel volledige zinsverstaanbaarheid tot 0,20 m. Houdt men in een dergelijke situatie de afstand tussen spreker en luisteraar op 0,50 m, dan zal zonder gehoorbeschermers de zinsverstaanbaarheid ongeveer 68% zijn en met een gehoorbeschermer dragende spreker slechts ongeveer 32%. Bij het gaan dragen van gehoorbeschermingsmiddelen is het derhalve belangrijk dat men leert naar het eigen gevoel onnatuurlijk luid te spreken.

In het voorgaande is met betrekking tot de spraakverstaanbaarheid het omgevingsgeluid gekarakteriseerd door het (equivalente) geluidniveau. Naast deze geluidmaat worden in verfijndere spraakverstaanbaarheidsmodellen ook andere geluidmaten gebruikt, zoals Speech Interference Level (SIL, gemiddelde waarde van vier octaafbandniveaus van het omgevingsgeluid), Modified Articulation Index (MAI, waarin vijf octaafbandniveaus van het omgevingsgeluid betrokken zijn), Rapid Speech Transmission Index (RASTI, waarin ook de nagalmtijd van de betrokken werkruimte en eventueel de eigenschappen van een communicatiesysteem verdisconteerd zijn).

Bij het hiervoor gestelde dienen twee kanttekeningen geplaatst te worden. Ten eerste kan de maskering van spraak door omgevingsgeluid voor een deel gecompenseerd worden door training, gewinning en selectieve perceptie. Zo bleek bijvoorbeeld in een onderzoek dat werknemers in een lawaaiige fabriek in die fabriek spraak nog wel konden verstaan, maar niet onder andere even lawaaiige omstandigheden. Ten tweede weten we uit ervaring dat sprekers niet lange tijd achter elkaar schreeuwen. Ervaring van alledag toont aan dat ze alleen spreken als het absoluut noodzakelijk is, de inhoud van het gesprek veranderen en de informatie veelvuldig herhalen. Met andere woorden, lawaai van voldoende hoog niveau belemmert een gesprek, het vermindert de inhoud van verbale uitwisseling, en het vereist frequente herhaling van informatie, hetgeen kan leiden tot

irritatie, verwarring en vermoeidheid van de kant van de spreker en de luisteraar.

5.2 Effecten op de werkprestatie/taakuitvoering

Er zijn vele laboratoriumexperimenten met proefpersonen gedaan naar de invloed van lawaai op de uitvoering van mentale taken. Een beperking van deze experimenten als totaal is dat maar een gedeelte van de functies die bij het uitvoeren van taken een rol spelen op de effecten van geluid zijn onderzocht. Ook is het onderzoek nog te fragmentarisch geweest om dosiseffectrelaties op te stellen. De experimenten hebben wel als verdienste dat ze inzicht geven in de wijze waarop geluid de uitoefening van taken kan beïnvloeden. Een aantal resultaten wordt hierna zeer beknopt weergegeven.

- Invloed op de arousaltoestand.

Bij de mens zijn diverse arousalniveaus mogelijk: afhankelijk van de tijd van de dag, de genoten nachtrust, het gebruik van koffie, alcohol, slaapmiddelen zal men een lager of hoger alertheidsniveau hebben. Blootstelling aan geluid verhoogt over het algemeen het arousalniveau, terwijl slaperigheid een verlagende werking heeft op de arousal. Geluid kan de taakuitvoering ten goede komen wanneer men, bijvoorbeeld door slaaptekort of het monotone karakter van het werk, in een toestand van lage arousal verkeert.

- Invloed op mentale functies (horen, zien en onthouden).

Onder invloed van geluid kunnen korte onderbrekingen in de visuele taakwaarneming plaatsvinden en er kan versmalling van het blikveld optreden. Hiaten in de visuele taakwaarneming treden vooral op bij fluctuerend geluid met hoge niveaus (meer dan 80 dB(A)). In een aantal experimenten is aangetoond dat een door hiaten veroorzaakte vertraging in de taakuitvoering later goedge maakt wordt. Over het algemeen lijkt het effect niet van praktische betekenis. Met betrekking tot het geheugen zijn drie aspecten op de invloed van lawaai bestudeerd: de capaciteit van het onmiddellijke geheugen, rehearsal (innerlijk herhalen van informatie) en semantisch clusteren (het in inhoudelijke categorieën groeperen van te onthouden gegevens). Op al deze aspecten kan geluid invloed hebben. De invloed op het onmiddellijke geheugen komt het duidelijkst naar voren als de proefpersonen naast een primaire taak ook een secundaire taak moeten uitvoeren. Met

name het gebruik van het onmiddellijke geheugen bij de secundaire taak wordt door lawaai ongunstig beïnvloedt.

- Invloed op de gebruikte strategie.

Visuele waarneming, onmiddellijk geheugen en mentale operaties (semantisch clusteren, rekenkundige en grammaticale operaties) kunnen gezien worden als middelen waarmee een taak uitgevoerd wordt. Deze middelen worden met een bepaalde strategie aangewend. De gevolgde strategie kan door de geluidconditie beïnvloed worden, naar aannemelijk is vanwege het feit dat de gebruikte middelen beïnvloed worden. Resultaten wijzen erop dat onder invloed van lawaai de deelaspecten van een taak die prioriteit hadden een nog sterkere prioriteit krijgen ten opzichte van de overige taakonderdelen. Verder bestaan er aanwijzingen dat men onder invloed van lawaai sterker vasthoudt aan eerder ontwikkelde strategieën, ook al zijn deze niet de meest geschikte voor de onderhavige taak.

- Neveneffecten.

Een neiging tot extremer oordelen en een grotere mate aan zekerheid met betrekking tot het oordeel kunnen verondersteld worden een gevolg te zijn van de hiervoor besproken effecten van lawaai. Dit geldt eveneens voor de geconstateerde effecten die optreden bij het uitvoeren van taken na blootstelling aan geluid. Dat er onder bepaalde condities na-effecten optreden is redelijk aangetoond. Wat de aard van deze na-effecten is, is niet systematisch onderzocht.

Ten aanzien van de gevolgen van een effect van geluid op de taakuitvoering voor de ondervonden hinder, de volgende twee opmerkingen.

Door de strategie van taakuitvoering te veranderen kan hinder bij de uitvoering van een taak vermeden worden. Zo kan men vanwege geluid in de omgeving een optelling met een rekenmachine uitvoeren in plaats van uit het hoofd. Het resultaat zal niet onnauwkeuriger zijn en hinder door verstoring van het onmiddellijke geheugen wordt vermeden. In andere gevallen echter wordt hinder vermeden, maar lijdt het resultaat onder de aanpassing van de strategie. Bijvoorbeeld als iemand in een lawaaiige omgeving een tekst doorneemt en vanwege de beperking van het onmiddellijk geheugen er van afziet om de tekstonderdelen te integreren zal hij mogelijke hinder voorkomen. Het hierdoor optredende verminderde begrip van een tekst is vaak niet iets wat direct duidelijk is.

Ook als er geen totaal-effect in het taakresultaat gevonden wordt, bijvoorbeeld in het geval dat langzame reacties door hiaten in de taak-

waarneming gecompenseerd worden door snelle reacties, kan het feit dat men af en toe van de taak afgeleid wordt als hinderlijk ervaren worden.

Er is weinig onderzoek verricht in fabrieken en kantoren naar de invloed van geluid op de werkprestatie/taakuitvoering. Bij dergelijk onderzoek in bestaande situaties doet zich het probleem voor dat vergelijkbare taken gevonden moeten worden die in een verschillend omgevingsgeluid uitgevoerd worden. Aangezien dit tot nu toe niet gelukt is, is onderzoek uitgevoerd waarbij het oorspronkelijke omgevingsgeluid verlaagd werd door het aanbrengen van akoestische voorzieningen. Wanneer dan een verbetering van de taakuitvoering blijkt, is het moeilijk te bepalen of dat alleen aan de vermindering van het omgevingsgeluid kan worden toegeschreven of tevens aan de algehele verbetering van werkomstandigheden en aan de aandacht die de werknemers ondervinden.

In elk geval kan wel geconstateerd worden dat in de onderzochte praktische situaties de werkprestatie nooit verslechterde na het aanbrengen van akoestische voorzieningen.

6. BELEVINGSEFFECTEN (HINDER)

Als hinder kan ieder gevoel van wrevel, ontstemming, onbehagen, misnoegen, ergernis worden aangemerkt dat optreedt als geluiden in iemands gedachten en stemmingen of in zijn feitelijke activiteiten indringen en doordringen. Geluid is alleen dan hinderlijk als het door de betreffende persoon als niet in overeenstemming met diens momentane intenties beleefd wordt. Een hinderervaring staat gelijk met een benadeling van het welbevinden.

Hinder is weliswaar een subjectieve categorie, maar men kan de hinder toch met behulp van goede vraagtechnieken op de een of andere wijze kwantificeren en met fysische geluidgegevens correleren. Verder kan men hinder op grond van eigen ervaringen begrijpen.

De mate van geluidhinder hangt ten dele af van de fysische eigenschappen van geluid, zoals bijvoorbeeld het geluidniveau, de frequentiesamenstelling, de fluctuaties in het niveau, het verschil tussen optredende piekniveaus en het achtergrondniveau (impulsachtigheid, de stijgtijd van impulsen).

In veel gevallen zijn niet-fysische determinanten voor het ontstaan van hinderervaringen beslissend. Van bijzondere betekenis is de informatie-inhoud van geluiden. Andere belangrijke factoren zijn: de instelling tot degene die het lawaai veroorzaakt, tot de geluidbron, tot de techniek in het algemeen, tot het 'systeem', vroegere ervaring met het betreffende geluid, weten dat het lawaai vermeden had kunnen worden, verwachtingseffecten: verwachtingen m.b.t. de omgevingskwaliteit, het besef van de gepastheid van geluiden in de betreffende omgeving.

Met betrekking tot hinder op de arbeidsplaats zijn nog geen dosis-effectrelaties opgesteld. In West-Duitsland wordt een VDI-norm (2058, Blatt 3) gehanteerd waarin gesteld is dat geluidniveaus tot 55 dB(A) toelaatbaar zijn voor ruimten waarin overwegend hoofdarbeid wordt verricht en in was- en rustlokalen en geluidniveaus tot 70 dB(A) voor ruimten waarin eenvoudig of gemechaniseerd kantoorwerk verricht wordt of werkzaamheden waarbij de spraakverstaanbaarheid essentieel is.

Hoewel er nog geen dosis-effectrelaties met betrekking tot geluidhinder op de arbeidsplaats bekend zijn, komt geluidhinder op de arbeidsplaats toch zeer frequent voor. Voor de Nederlandse situatie bestaan er drie schattingen. De eerste betreft een CBS-onderzoek (1978) verricht in 1977 naar de leefsituatie van de Nederlandse bevolking van 15 jaar en ouder.

Door van Dijk (1984) is op het betreffende materiaal een secundaire analyse uitgevoerd ten aanzien van 1465 mannelijke werknemers. Het resultaat is omgerekend naar de totale beroepsbevolking in Nederland dat 31% van hen klachten heeft over geluid/lawaai op hun arbeidsplaats. Betrokken op werknemers in ambachts-, industrie- en transportberoepen betreft dit zelfs 52%. Lawaai is daarmee de meest voorkomende arbeidsbelasting van de tien gevraagde kenmerken. In de genoemde beroepen werd vervolgens vuil werk en lichamelijk zwaar werk genoemd.

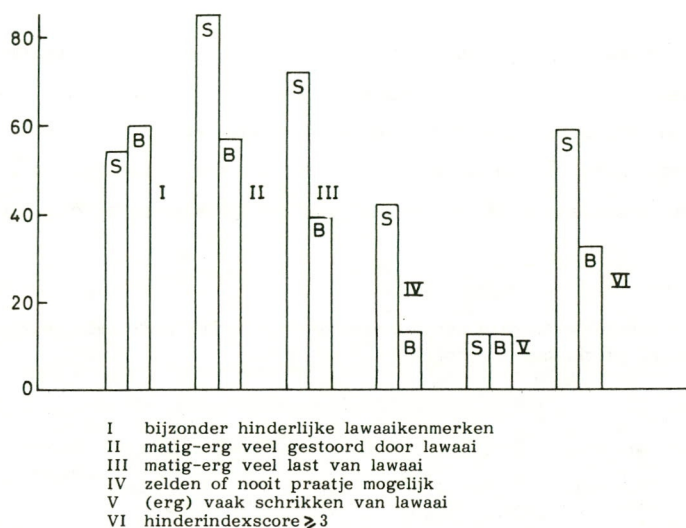
Er zijn ook gegevens bekend met betrekking tot een aantal arbeidsfactoren uit de CBS Arbeidskrachtentelling van 1975. Daaruit blijkt dat 45% van de vrouwelijke en mannelijke werknemers in ambachts-, industrie- en transportberoepen klachten heeft over teveel geluid/lawaai op het werk.

Ten derde levert onderzoek door Dijkstra (1981) informatie over het voorkomen van hinder in bepaalde bedrijven en instellingen. Het totaal aantal ondervraagden was 2443. Men werkte op een afdeling van een ministerie, bij een dienstverlenend bedrijf, een drukkerij en een scheepswerf. Het bleek dat bij industriële werkzaamheden 50,5% van de ondervraagden veel hinder van lawaai ondervond, gevolgd door veel hinder van stank (33,8%) en veel hinder van stof (33,5%). Van de werknemers in de dienstverlenende en administratieve beroepen antwoordde 15,2% veel hinder van lawaai te ondervinden, terwijl het percentage werknemers in deze beroepen veel frequenter hinder ondervond van klimaatfactoren (gebrek aan frisse lucht: 32,6%, droge lucht 32,5%; warmte 31,2%).

Met betrekking tot hinder kunnen twee werkomgevingen onderscheiden worden, t.w. ruimten waarin hoofdarbeid en kantoorwerkzaamheden worden verricht en ruimten waarin eventueel gemechaniseerde handarbeid (industriële werk) wordt uitgevoerd. Onderzoek naar geluidhinder in industriële werksituaties is schaars. Het eerder beschreven onderzoek door van Dijk (1984) levert enige gegevens, evenals onderzoek door Ohrström (1979). De gegevens door van Dijk betreffen een onderzoek bij een scheepsreparatiewerf (278 werknemers) en een onderzoek bij zeven industriële bedrijven (vier metaal-, een veevoeder-, een kunststofverwerkend en een chemisch bedrijf) (552 werknemers). De onderzochte werknemers van de scheepsreparatiewerf werkten op twee afdelingen, de bankwerkerij met een gemiddeld lawaaiexpositieniveau van 85 dB(A) en de scheepsmakerij met een niveau van 98 dB(A). Er is een aantal vragen gesteld naar hinder, last van en verstoring door lawaai. Het resultaat is gegeven in

figuur 6.1. De lawaaihinderindex is een gewogen additieve score van positieve antwoorden op vijf vragen naar hinder van lawaai: (erg) veel gestoord worden door lawaai, (erg) veel last hebben van lawaai, zelden of nooit een praatje kunnen maken, een bijzonder hinderlijke eigenschap van lawaai noemen en erg vaak schrikken van lawaai. Elk positief antwoord, volgens genoemde antwoordcategorieën, werd gewaardeerd met één punt en per persoon opgeteld. De spreiding van de index is dus van 0 tot 5.

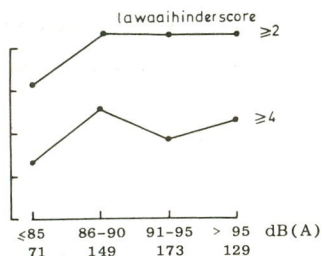
Figuur 6.1. Percentage werknemers in scheepsmakerij (n=162) en bankwerkerij (n=95) met hinder van lawaai op diverse aspecten.



Tevens bleek dat er geen gewenning aan lawaai ontstond naarmate men langer in lawaai werkte omdat de resultaten niet afhankelijk bleken van het aantal arbeidsjaren in lawaai of de leeftijd.

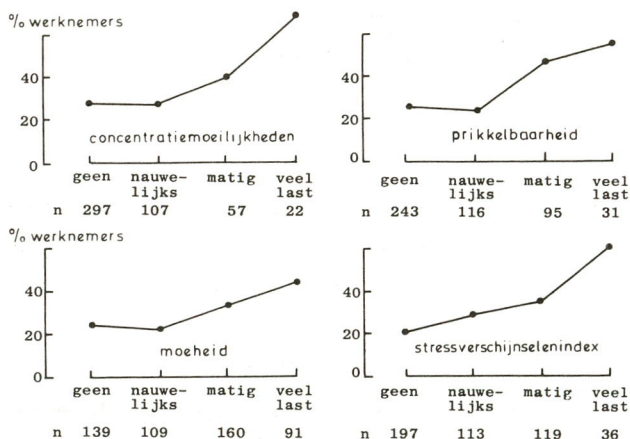
Een ander resultaat van het onderzoek door van Dijk is gegeven in figuur 6.2. Ook in dit onderzoek bleek dat het voorkomen van hinder niet afhankelijk is van aantal arbeidsjaren en leeftijd.

Figuur 6.2. Percentage werknemers met een geluidhinderindexscore van twee of meer en van 4 of meer, als functie van het lawaaiexpositieniveau.



Tevens bleek er een samenhang tussen hinder en psychische klachten: werknemers met meer stressverschijnselen hadden meer hinder van lawaai (figuur 6.3). Het duidelijkste verband werd gevonden met concentratiemoeilijkheden. Het verband tussen lawaaihinder en stressverschijnselen bleek in alle bedrijven en alle lawaaiexpositieniveaus ongeveer even sterk aanwezig.

Figuur 6.3. Percentage werknemers met erg veel of veel lawaaihinder als functie van een aantal psychische klachten.



Deze op de voorgrond tredende samenhang is volgens van Dijk op verschillende manieren te interpreteren. In de eerste plaats is het mogelijk dat lawaai psychische klachten veroorzaakt die als hinder ervaren worden:

een lawaaibron veroorzaakt concentratiestoornissen en daardoor gespannenheid, waardoor een werknemer zich gehinderd voelt door lawaai. Hinder en stressverschijnselen zijn in dit geval bijna synoniem. Deze interpretatie, waarbij lawaai als 'oorzaak' aangemerkt wordt, is met name voor concentratieproblemen en voor vervolgens daaruit voortvloeiende klachten aannemelijk te maken. Immers, uit antwoorden op de vraag naar lawaaigevoelige werkzaamheden bleek dat met name mentaal inspannende werkzaamheden lawaaigevoelig waren. Opvallend was ook het relatief hoge percentage werknemers met concentratieproblemen dat zelf lawaai als mede-oorzaak van de concentratiemoeilijkheden aangaf (75%). De samenhang tussen lawaaihinder en stressverschijnselen is wellicht in de tweede plaats verklaarbaar vanuit de hypothese dat de aanwezigheid van stressverschijnselen prikkeldrempelverlagend kan werken, waardoor hinder bevordert wordt. Deze mogelijkheid wordt ondersteund door een in het onderzoek gevonden verband tussen stressverschijnselen en de meeste andere gevraagde fysisch-chemische arbeidsomstandigheden. Een afdoende bewijs is hiermee echter niet geleverd. De gevonden verbanden kunnen evenzeer wijzen op het ontstaan van psychologische stressreacties of daarop lijkende fysiologische reacties ten gevolge van de genoemde arbeidsomstandigheden: blootstelling aan bijvoorbeeld oplosmiddelen of warmte kan immers concentratieproblemen en moeheid veroorzaken.

Een derde mogelijkheid is het bestaan van een schijnverband: zowel hinder van lawaai als stressverschijnselen zijn het gevolg van een gemeenschappelijke 'oorzaak'. Hierbij is wellicht te denken aan immateriële arbeidsomstandigheden zoals tijdsdruk, onzekerheid over de arbeidsplaats, een slechte onderlinge sfeer, onvoldoende waardering of een te grote of te kleine geestelijke belasting op het werk. Uit een multi-pele regressie-analyse bleek echter dat lawaaihinder een verklaring in de zin van verklaarde variantie bleef leveren voor stressverschijnselen, wanneer diverse immateriële arbeidsomstandigheden constant werden gehouden, al werd de correlatie wel wat minder.

Het onderzoek door Ohrström (1979) werd uitgevoerd in een machinefabriek en in een textielfabriek. In de machinefabriek werkten merendeels mannen van middelbare leeftijd, de mechanisatiegraad van het werk lag laag en de werknemers bepaalden zelf hun werktempo en het werk vereiste vaardigheid. De lawaaiexpositieniveaus lagen tussen 70 en 80 dB(A). Het bleek dat 75% van de werknemers de geluidssituatie enigszins, tamelijk of erg hinderlijk vonden. In de textielfabriek werkten vooral jonge vrouwen, de

mechanisatiegraad van het werk lag relatief hoog zodat het werktempo werd bepaald door de machines en het werk bestond uit telkens te herhalen handelingen. De percentages gehinderden bleken 46 bij lawaaioxpositieniveaus van 70 tot 80 dB(A), 50 bij 80 tot 90 dB(A) en 81 bij 90 tot 100 dB(A).

Hoewel het onderzoek naar hinder van geluid op industriële arbeidsplaatsen overschaduwd is door onderzoek naar gehoorschade blijkt uit het schaarse onderzoek toch dat geluidhinder op industriële arbeidsplaatsen zeer frequent voorkomt. Preventieve maatregelen in het kader van gehoorbescherming - d.w.z. geluidreductie - zullen dan ook veelal mede een vermindering van de geluidhinder teweegbrengen.

Naar geluidhinder bij werkzaamheden in kantoren is wat meer onderzoek gedaan (zie voor een uitgebreider overzicht rapport LA-DR-08-01 (1985) "Hinder door geluid op de arbeidsplaats; literatuurstudie" van Miedema). Daarbij kunnen werkzaamheden in kantoortuinen en in kleinere kantoorruimten onderscheiden worden.

In Nederland is door Bitter e.a. (1974) onderzoek gedaan naar de beleving van een aantal fysieke werkomstandigheden in een kantoorlandschap. In het onderzoek waren twee groepen van in totaal 136 werknemers van een ingenieursbureau betrokken, die voornamelijk technisch-adviserende werkzaamheden uitvoerden. Om de geluidssituatie te karakteriseren werd het meest voorkomende (modale) geluidniveau bepaald. De op de verschillende meetplaatsen geconstateerde modale waarden lagen tussen de 52 en de 54 dB(A). Het lawaaioxpositieniveau voor de onderzochte personen is niet gespecificeerd. Maar aan de hand van de modale waarden en de spreiding in de niveaus kan verwacht worden dat deze tussen de 55 en 60 dB(A) liggen.

De geluidssituatie bleek voor 36% van de ondervraagden niet (geheel) acceptabel (dat wil zeggen: 36% koos op een 7-puntsschaal, lopend van bepaald acceptabel, naar bepaald onacceptabel een van de drie hoogste categorieën). Verder zei 40% "vaak" of "altijd" gehinderd te worden door één of meer geluiden. Uit nadere vragen bleek dat het geluid van menselijke stemmen het meest hinderlijk en het minst acceptabel gevonden werd (zie tabel 6.1).

Tabel 6.1. Percentages werknemers die in de werkomgeving hinder ondervonden of geluiden niet acceptabel vonden, uit onderzoek door Bitter.

geluidcategorieën	niet acceptabel (%)	altijd, vaak of soms hinderlijk (%)
geluid van ventilatoren en luchtverversingssystemen	11	5
telefoon bellen	12	15
kantoormachines	24	19
pratende mensen	41	67
geluiden van buiten	2	1

Hoewel de conclusie voor de hand ligt dat stemgeluid hinderlijker is dan andere geluiden, moet hiermee voorzichtigheid betracht worden. Het lijkt bijvoorbeeld in dit geval goed mogelijk dat als kantoormachines een groter aandeel zouden hebben in de totale geluidproductie de hinder ten gevolge van deze machines ten opzichte van het percentage hinder door praten kan stijgen. Opvallend aan tabel 6.1 is dat voor praten het percentage "hinder" beduidend hoger is dan het percentage "onacceptabel", terwijl dit voor geluiden van ventilatoren en luchtverversingssystemen en voor geluiden van kantoormachines precies omgekeerd is. Wellicht is een verklaring voor dit verschil de mogelijkheid dat men de geluidproductie van genoemde systemen en machines als niet noodzakelijk (op het heersende niveau) beschouwt, terwijl men overleg en dergelijke als onvermijdelijk en noodzakelijk ziet.

Op de vraag of collega's kunnen horen wat men tijdens een telefoongesprek respectievelijk een direct gesprek zegt antwoordt 98% respectievelijk 93% "ja". Van degenen die "ja" antwoordden vond 18% respectievelijk 22% het hinderlijk dat men de gesprekken kon horen. Wat hier duidelijk wordt is dat niet alleen het horen van een gesprek, maar ook het gehoord worden door velen als hinderlijk ervaren kan worden. Dit laatste lijkt te wijten aan een gevoel van gebrek aan privacy.

Nemecek en Grandjean (1973) (zie ook Nemecek, 1980 en 1981) rapporteren een onderzoek dat in een vergelijkbare situatie als het voorgaande is uitgevoerd. Er werden 519 werknemers uit 15 kantoorlandschappen ondervraagd. Op grond van de geluidgegevens lijkt het waarschijnlijk dat het lawaaixpositieniveau rond of boven 55 dB(A) lag. Van de ondervraagden werd 35% erg gestoord (very much) door lawaai, 45% enigszins (slightly)

en 20% werd niet gestoord. De vraag welke geluidbronnen verstorend waren, leverde, voor de bronnen die zowel in dit onderzoek als in dat van Bitter e.a. opgenomen waren (praten, kantoormachines, telefoon en omgevingsbronnen) een identiek beeld op.

Ten slotte blijkt ook in dit onderzoek dat het gehoord worden door anderen een door velen als negatief ervaren aspect van een kantoorlandschap is. Op een open vraag naar de nadelen van een kantoorlandschap zijn 69% van de antwoorden samen te vatten als "concentratieverstoring" en 11% van de antwoorden als "vertrouwelijk gesprek onmogelijk". Uit dit tweede percentage blijkt dat het gehoord worden als nadeel ervaren kan worden. Het onderzoek door Langdon (1965) werd verricht in zeven kantoren met computers en uitgebreide installaties om ponskaarten te verwerken. Er werden 350 personen ondervraagd, die onder te verdelen waren in drie beroepscategorieën: "machine operators", "punch operators" en "clerical workers". De eerste categorie werkte gemiddeld in 82 dB(A), de tweede in 73 dB(A) als men aparte ruimten had en 75 dB(A) als er tevens machine operators werkten, en ten slotte, de derde categorie werkte in 64 dB(A) als men aparte ruimten had en 73 dB(A) als men de ruimte deelde met punch operators. De relaties die gevonden werden tussen de geluidniveaus waar men in de verschillende ruimten (25 in het totaal) aan blootgesteld was, en de gerapporteerde hinder zijn voor de drie beroepscategorieën apart weergegeven. De hinder is vastgesteld met een 7 puntsschaal lopend van "zeer rustig" (very quiet) naar "ontoelaatbaar lawaai" (intolerable noisy). Opvallend is dat de regressielijnen voor de drie beroepscategorieën min of meer parallel lopen. De toeneming van de (gemiddelde) hinder voor een zekere toeneming in geluidniveau is in de drie groepen gelijk. Echter, de hinder bij de machine operators ligt een constante onder die bij de punch operators en de hinder bij de punch operators ligt weer een constante onder de door de clerical workers ondervonden hinder. De auteur noemt een aantal factoren dat het verschil in ondervonden hinder kan verklaren, maar komt niet tot een sluitende verklaring.

In een onderzoek van Thorne (1981) is nagegaan wat in grote kantoorruimten de invloed van de aard van het geluid en het type werk is op het optreden van geluidhindereffecten. Het aantal in het onderzoek betrokken werknemers was 54: ze voerden een aantal taken uit, die omschreven worden als het lezen van documenten, het schrijven van rapporten en het werken met figuren. Hoewel de geluidssituatie onduidelijk wordt gekarak-

teriseerd, kunnen toch enkele resultaten vermeld worden. De werknemers werd gevraagd bij iedere concentratiestoring te noteren wat de oorzaak hiervan is, wat de bezigheid is waarbij ze gestoord worden en hoe intens zich bepaalde effecten (irritatie, hinder, vertraagd werk, frustratie, enz.) voordoen. Aangezien niet vermeld wordt hoe vaak bepaalde stoornissen voorkomen is het aantal maal dat de diverse typen geluid genoemd worden beperkt van betekenis. Ten opzichte van de twee eerder besproken onderzoeken is afwijkend dat niet het spreken van anderen, maar de categorie "korte toeneming van het geluidniveau" (omvattend het bellen van telefoons, en het werken van kantoor machines) het meest genoemd wordt. Het voornaamste resultaat van het onderzoek is de constatering dat plotselinge niveauveranderingen een intenser effect hebben dan andere stoorgeluiden. Nemecek (1980, 1981) heeft onderzoek verricht bij werknemers die alleen of met een of enkele mensen een kantoorruimte delen. Hij hield een enquête onder 228 werknemers, die verdeeld over 57 ruimten werkten. Het lawaaiexpositieniveau lag in de meeste ruimten tussen de 50 en 60 dB(A). In deze situatie voelde 25% van de ondervraagden zich sterk gestoord door lawaai en 28% van de ondervraagden vond dat lawaai hun prestatie beïnvloedde. Bij nadere analyse bleek dat de mate van voorkomen van verstoringen door lawaai dat in de ruimte geproduceerd werd nauwelijks uit variatie in de geluidsdosis te verklaren was. Eén reden hiervoor was de geringe variatie tussen de geluidssituaties in de verschillende ruimten. Andere redenen die aangegeven worden zijn dat van in de betrokken ruimte ontstaand lawaai niet zozeer het geluidniveau de hinder bepaalt als wel andere aspecten zoals het bevatten van informatie, en de noodzaak van het geluid. De stoornis die ondervonden wordt van lawaai dat in de betrokken ruimte is ontstaan, blijkt in dit onderzoek het best te verklaren vanuit, wat door de auteur genoemd wordt, individuele variabelen: de mate waarin men door het werk in beslag genomen wordt, geluidgevoeligheid, persoonlijke instelling ten opzichte van het lawaai en de geluidbron. Storingen ten gevolge van lawaai dat van buiten de ruimte komt, worden voor een geringer deel door dergelijke individuele factoren verklaard. Deze storingen vertonen, in tegenstelling tot die ten gevolge van in de ruimte ontstaand lawaai, wel een verband met de geluidsdosis.

In een recent gestart Nederlands onderzoek naar de geluidhinder bij beeldschermwerkers blijkt uit een bewerking van een deel van de onderzoekresultaten, die betrekking hebben op 165 beeldschermwerkers die

lawaaioxpositieniveaus hebben van 51 tot 67 dB(A), dat éénderde geen enkele geluidhinder ondervindt op de arbeidsplaats, ongeveer éénderde ondervindt enige geluidhinder en éénderde ondervindt veel geluidhinder.

LITERATUUR

Literatuur hoofdstuk 4.

- BERG, R., VAN DEN, D. VAN DER REE, A.A. JURRIENS. Analyse van factoren als basis voor een verbodswetgeving voor arbeidsplaatsen met een geluidexpositieniveau hoger dan 95 dB(A) en voor een daaraan gekoppeld ontheffingenstelsel; fase 1B: een toetsing van de geschatte omvang van de lawaaiproblematiek in vier bedrijfsklassen van de Nederlandse industrie. NIPG-TNO, Leiden, 1986.
- DIJK, F.J.H., VAN. Effecten van lawaai op gezondheid en welzijn in de industrie. Dissertatie. Amsterdam, 1984.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 389, 1975. Acoustics-Standard reference zero for the calibration of pure-tone air conduction audiometers.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 7029, 1984. Acoustics-Threshold of hearing by air conduction as function of age and sex for otologically normal persons.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 1999, 1988. Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced impairment.
- JANSEN, G. Zur nervösen Belastung durch Lärm, Beihefte 9 zum Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz. Darmstadt. Steinkopf Verlag, 1967.
- KNIPSCHILD, P. Medische gevolgen van vliegtuiglawaai. Dissertatie. Amsterdam, 1976.
- KNIPSCHILD, P., H. MEYER & H. SALLÉ. Wegverkeerslawaai, psychische problematiek en bloeddruk. T.Soc.Gezondheidszorg 62 (1984) (19), 758-765.
- KNIPSCHILD, P., H. SALLÉ. Verkeerslawaai en hartvaatziekte, een bevolkingsonderzoek in Doetinchem. T.Soc.Geneesk. 55 (1977), 334-337.
- LEHMANN, G. und J. TAMM. Die Beeinflussung vegetativer Funktionen des Menschen durch Geräusche. Forsch. Ber. Wirtsch. u. Verkehrsmin., NRW 517-Köln-Opladen, 1958.
- MEYER, H., P. KNIPSCHILD & H. SALLÉ. Geluidhinder door wegverkeer in Amsterdam. Geluid en Omg. 5 (1982), 157-161.
- MOSSKOV, J.I. Experimentelle Untersuchungen über Lärmwirkungen auf den Menschen. Dissertatie. Amsterdam, 1976.
- PASSCHIER-VERMEER, W. en A.A. JURRIENS. Omvang van de lawaaiproblematiek in de Nederlandse industrie. Geluid en Omgeving 8 (1985) 83-90.

- PASSCHIER-VERMEER, W. en A.J.M. ROVEKAMP. Verband tussen gehoorschade en de sociale handicap door een verminderd hoorvermogen bij groepen personen die tijdens hun werk aan lawaai zijn geëxponeerd. In: Passchier-Vermeer, et al. Preventie gehoorschade door lawaai. Leiden, NIPG-TNO, 1985, 185-202.
- PASSCHIER-VERMEER, W. en J.L. LEIJTEN. Beroepsslechthorendheid en de melding van beroepsziekten in Nederland. Leiden, NIPG-TNO. 's-Gravenhage, RBB, 1987.
- ROVEKAMP, A.J.M. Invloed van woonomgevingsgeluid op de mens. IMG-TNO. Delft, rapport B 432, 1980.
- ROVEKAMP, A.J.M. Geluidgevoelige proefpersonen en lawaai in de woonomgeving. IMG-TNO. Delft, rapport B 479, 1981.
- ROVEKAMP, A.J.M. & W. PASSCHIER-VERMEER. Anamnese tijdens gehooronderzoek bij de uitvoering van een gehoorbeschermingsprogramma. NIPG-TNO. Leiden, 1987.
- SMOORENBURG, G.J., W.G. VAN GOLSTEIN BROUWERS. Spraakverstaan in relatie tot het toonaudiogram bij slechthorendheid ten gevolge van lawaai. IZF-TNO, 1986.
- THOMPSON, S.J. Effects of noise on the cardiovascular system: appraisal of epidemiologic evidence. Columbia, University of South Carolina, 1981.
- VERBEEK, J., F. VAN DIJK, P. KNIPSCHILD & H. FERTIJOVA. Effecten van industrielawaai op de gezondheid, anders dan lawaaidoofheid. T. Soc. Geneesk. 57 (1979) suppl 1, 32-36.
- WINDEMULLER, F., P. BLINKHOF, J.H. ETTEMA. De bloeddrukveranderingen van hypertensieven en normotensieven door verkeersgeluid. Amsterdam, Coronel Laboratorium, 1980.

Literatuur hoofdstuk 5.

- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO/TC 159/SC 5/WG 3 N 235. Assessing the effects of noise on speech communication at the workers position, 1986.
- SMOORENBURG, G.F., W.G. VAN GOLSTEIN BROUWERS. Spraakverstaan in relatie tot het toonaudiogram bij slechthorendheid ten gevolge van lawaai. IZF-TNO. Soesterberg, 1986.
- MIEDEMA, H.M.E. Hinder door geluid op de arbeidsplaats; literatuurstudie. Rapport LA-DR-08-01 van de ICG, 1985.

Literatuur hoofdstuk 6.

- BITTER, C., P.A. BOSSERS, E. VAN GUNST et al. Onderzoek naar de fysische omstandigheden in de kantoortuin van ingenieursbureau Dwaars, Heederik en Verhey B.V. Werkrapport C345. IMG-TNO. Delft, 1974.
- CBS. De leefsituatie van de Nederlandse bevolking, 1977; deel I: Kerncijfers. Den Haag, Staatsuitgeverij, 1978.

- CBS. Arbeidskrachtentelling, 1975. Den Haag, Staatsuitgeverij, 1978.
- CBS. Arbeidskrachtentelling, 1977. Den Haag, Staatsuitgeverij, 1980.
- DIJK, F. VAN. Effecten van lawaai op gezondheid en welzijn in de industrie. Dissertatie. Amsterdam, 1984.
- DIJKSTRA, A., M.P. VAN DER GRINTEN, M.J.Th.SCHLATMANN et al. Funktioneren in de arbeidssituatie; uitgangspunten, ontwerp en handleiding voor onderzoek onder werknemers naar gezondheid, werk en werkomstandigheden. NIPG-TNO. Leiden, 1981.
- LANGDON, F.J. A study of annoyance caused by noise in Automatic Data Processing Offices. Building Science 1 (1965), 69-78.
- MIEDEMA, H.M.E. Hinder door geluid op de arbeidsplaats, literatuurstudie. Rapport LA-DR-08-01 van de ICG, 1985.
- NEMECEK, J. and E.GRANDJEAN. Noise in landscaped offices. Applied Ergonomics 4 (1973) 1, 19-22.
- NEMECEK, J. Kritische Bemerkungen zum Entwurf der Richtlinie VDI 2569 Schallschutz im Büro aufgrund von Untersuchungsergebnissen über Bürolärmstörungen. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 27 (1980) 172-174.
- NEMECEK, J. Individuelle und Arbeitsbedingte Einflüsse auf Lärmauswirkungen bei geistiger Arbeit. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 28 (1981), 111-116.
- OHRSTROM, E., M.BJORKMAN and R.RYLANDER. Subjective evaluation of work environment with special reference to noise. Journal of Sound Vibration 65 (1979) 2, 241-249.
- THORNE, R. Noise and other causes of interruption to work in offices. In: Tenth International Congress on Acoustics.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEUREN. Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. VDI 2058/Blatt 3. VDI. Düsseldorf, 1981.

HUISDRUKKERIJ NIPG-TNO

