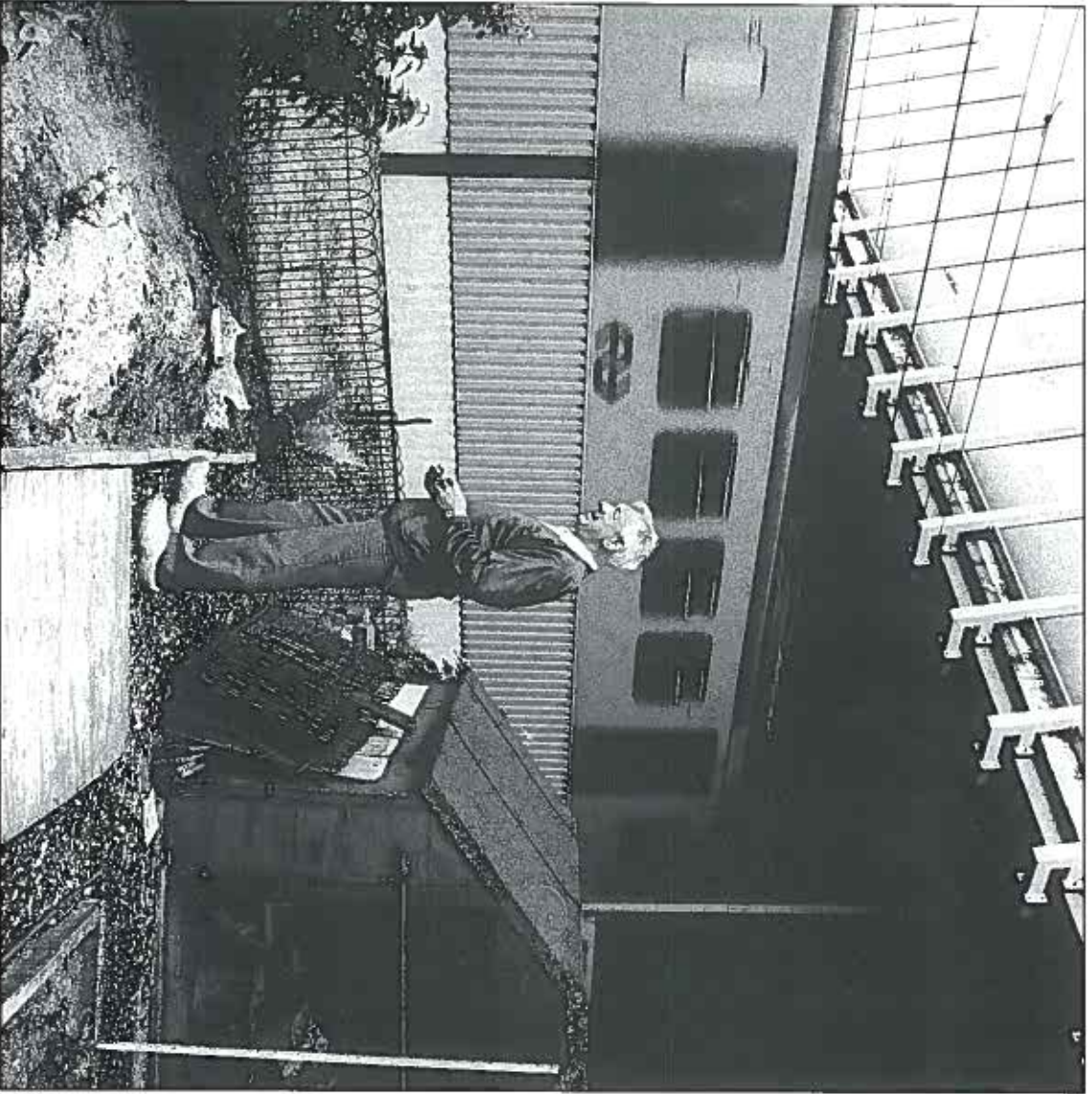


Inhoud

INLEIDING	3
1 GELUID EN GELUIDSMATEN	5
2 GEHOORSCHADE	14
3 HINDER	19
4 SLAAPVERSTORING	26
5 STRESS	31
TOT SLOT	34
ADRESSEN	36



Inleiding

VOOR WIE IS DEZE BROCHURE?

Wat gebeurt er in mijn slaap als er vier keer per nacht een trein met veel lawaai langs mijn huis rijdt? Kun je wennen aan nachtelijke geluiden? Hoe bepaalt men de geluidsbelasting in de woonomgeving? En hoe kun je geluidshinder meten? Waar komen oorsuizingen vandaan? Kun je een hoge bloeddruk krijgen van geluids-overlast? Is een walkman schadelijk voor het gehoor van mijn kind? Beelden mensen die last hebben van lage bromtonen zich maar wat in?

Deze brochure is geschreven voor iedereen die zich afvraagt hoe schadelijk (te veel) geluid is voor de geestelijke en lichamelijke gezondheid. Mensen die onder een aanvliegroute van een vliegveld wonen, beleidsmakers, verontruste ouders, milieugroeperingen, mensen die geconfronteerd worden met een milieu-effectrapportage (MER) over bijvoorbeeld een hogesnelheidslijn of gewoon mensen die last hebben van geluid, kunnen in deze brochure lezen welke gevolgen te veel en ongewenst geluid kan hebben.

WAAR GAAT DE BROCHURE OVER?

Deze brochure gaat over de negatieve effecten van geluid op de gezondheid. Onder gezondheid verstaan we zowel de lichamelijke als de geestelijke gezondheid en het algemene welbe-

vinden. We gaan in op vier soorten effecten van geluid:

- gehoorschade;
- geluidshinder;
- slaapverstoring;
- stress en de langetermijengevolgen daarvan.

Of deze effecten optreden en in welke mate, hangt af van een aantal factoren. In de eerste plaats kenmerken van het geluid zelf: hoe sterk is het geluid, hoe lang houdt het aan, wat voor soort geluid is het en hoe vaak treedt het op? Daarnaast zijn er persoonlijke eigenschappen, zoals de eigen gezondheid, gevoeligheid voor geluid, de manier van omgaan met stress, die bepalen waarom de één wel schadelijke gevolgen ondervindt van geluid en de ander niet. Ten slotte kunnen ook andere invloeden op de gezondheid, zoals stress op het werk of medicijngebruik, van belang zijn voor de mate waarin iemand last heeft van geluid.

Er zijn grote verschillen tussen mensen in de manier waarop ze reageren op geluid. Zoals niet iedereen ziek wordt van te veel roken of last heeft van luchtverontreiniging, zo zal ook geluid niet bij iedereen hetzelfde effect hebben. We weten uit onderzoek dat geluid bij een deel van de bevolking negatieve effecten heeft op de gezondheid, maar we kunnen niet voorspellen waarom

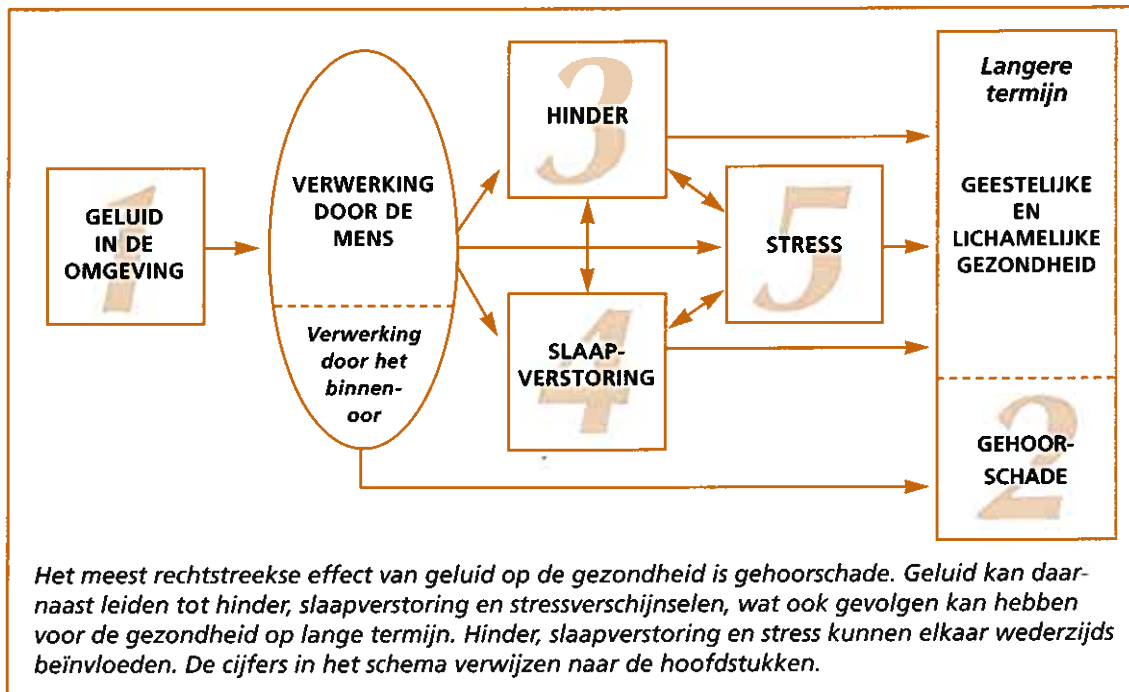
INLEIDING

de één er wel ziek van wordt en de ander niet. In deze brochure beschrijven we dan ook effecten van geluid op de mens in het algemeen.

WAAR GAAT DE BROCHURE NIET OVER?

De brochure gaat over geluid in de *woon- en recreatie-omgeving*. We hebben het dan vooral over de gevolgen van weg-, rail- en vliegverkeer (geluidsbronnen die met transport te maken hebben) en over stationaire geluidsbronnen als industrieterreinen. We gaan niet

specifiek in op geluid in werksituaties, omdat de beleving en acceptatie van geluid op de arbeidsplaats vaak anders zijn dan in de woonomgeving. Verder gaan we hoofdzakelijk in op *gevolgen* van geluid. Wie meer wil weten over de maatregelen tegen geluid, kan zich wenden tot bijvoorbeeld de NSG die achter in de brochure staat genoemd. Tot slot beperken we ons tot de *negatieve* gevolgen van geluid. De positieve effecten, zoals de goede invloed van muziek of de alarmeringsfunctie van geluid, blijven in deze brochure buiten beschouwing.

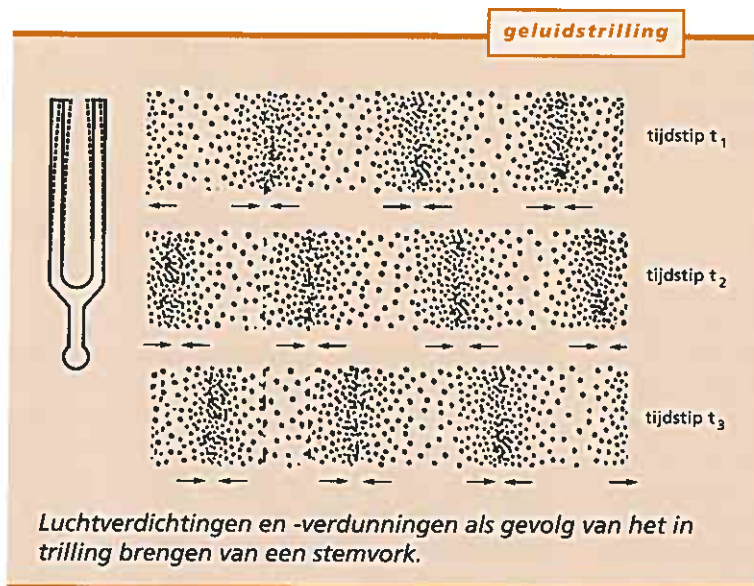


Geluid en geluidsmaten

WAT IS GELUID?

Geluid is een trilling van de lucht. Om precies te zijn: geluid zorgt voor verdichtingen en verdunningen in de lucht, doordat de geluidsbron, bijvoorbeeld een stemvork die in trilling wordt gebracht, de deeltjes in de lucht telkens 'aanstoot'. Deze verdichtingen en verdunnin-

gen verplaatsen zich vanaf de geluidsbron achter elkaar door de lucht. We nemen dit waar als één geluid. Het geluid dat de stemvork voortbrengt, is een toon. Een toon kenmerkt zich door een simpel patroon van verdichtingen en verdunningen. De meeste geluiden in het dagelijkse leven bestaan uit een heel ingewikkeld patroon van verdichtingen en verdunningen. We horen dit niet als een toon maar meer als een soort geruis. Soms kun je in zo'n ruis nog wel afzonderlijke tonen waarnemen.



TOONHOOGTE EN STERKTE

Geluid heeft twee kenmerken: toonhoogte en sterkte. De *toonhoogte* (de frequentie, uitgedrukt in Hertz) wordt bepaald door het aantal verdichtingen per seconde. Bij een toon van 50 Hertz bijvoorbeeld zijn er vijftig verdichtingen per seconde. Een ruisachtig geluid

GELUID EN GELUIDSMATEN

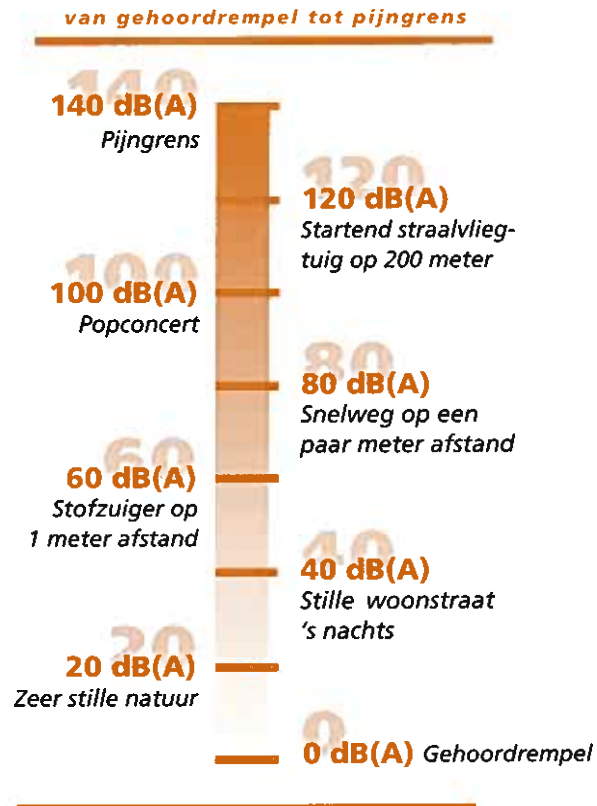
is opgebouwd uit een veelheid van tonen (frequenties). De *sterkte* van een geluid - we noemen dit meestal het *geluidsniveau* - hangt af van de mate van verdichting van de lucht. Hoe meer de lucht in elkaar gedrukt wordt, hoe harder het geluid. De geluidsterkte wordt gemeten met een geluidsmeter en wordt uitgedrukt in decibel (dB).

FREQUENTIEGEBIEDEN

Het menselijk oor kan frequenties horen vanaf ongeveer 20 Hertz (heel laag gebrom) tot bijna 20.000 Hertz (heel hoog gesis). Hoe hoger de frequentie, hoe hoger en scherper het geluid klinkt. *Laagfrequent geluid* (zie ook hoofdstuk 3) heeft frequenties beneden de 100 Hertz. Dit is geluid dat je ook met andere zintuigen dan het gehoor waarneemt: je kunt het voelen. Beneden de 20 Hertz spreken we over *infrageluid* en boven de 20.000 Hertz over *ultrageluid*.

dB OF dB(A)

Het aantal decibellen van een geluid komt niet precies overeen met hoe hard ons oor geluid hoort. Bij gelijke aantallen decibellen klinken lage en heel hoge tonen minder hard dan tonen in het middengebied. We noemen dit de selectieve gevoeligheid van het oor. Om de sterkte van een geluid te meten zoals een mens het ongeveer ervaart, wordt gewerkt met een zogenaamd A-filter op de geluidsmeter. De sterkte (het geluidsniveau L_A), wordt dan uitgedrukt in dB(A).



GELUIDSMATEN

Voor nationale en internationale regelgeving zijn maten ontwikkeld om de blootstelling van de mens aan geluid (de geluidsbelasting) in verschillende situaties te beschrijven. Hieronder volgt een overzicht van een aantal veel voorkomende geluidsmaten. De eerste twee geluidsmaten hebben betrekking op de geluidsbelasting gedurende een korte tijd. De overige

REKENEN MET DECIBELLEN

Decibellen kun je niet zomaar optellen of aftrekken. Een decibel is een zogenaamde logaritmische maat en geen lineaire maat, zoals grammen en centimeters.

80 EN 80 IS 83

Voor geluidsbronnen met dezelfde sterkte geldt:

- Een verdubbeling van het aantal bronnen levert een toename van het geluid met 3 dB(A).
- Elke halvering van het aantal bronnen betekent een afname van het geluid met 3 dB(A).

Twee geluidsbronnen van ieder 80 dB(A) geven dus samen een geluidsniveau van 83 dB(A).

Bij tien bronnen van ieder 80 dB(A) wordt het totale geluidsniveau 90 dB(A).

Dergelijke regels gelden ook voor verkeersstromen. Zo zorgt een verdubbeling van de verkeersintensiteit op een weg voor een geluidstoename van 3 dB(A) en leidt een halvering van het aantal auto's tot een afname van 3 dB(A).

80 EN 90 IS 90,4

Tellen we de decibellen van twee geluidsbronnen van ongelijke sterkte bij elkaar op, dan is het sterkste geluid het meest bepalend voor de totale geluidsterkte. Een vrachtwagen van 90 dB(A) en een personenauto van 80 dB(A) produceren een gezamenlijk geluidsniveau van 90,4 dB(A).

AFSTAND VERANDEREN

Bij het vergroten of verkleinen van de afstand tot een geluidsbron verandert het geluidsniveau. We maken daarbij onderscheid tussen lijnbronnen en puntbronnen. Een puntbron is een op zichzelf staande geluidsbron, bijvoorbeeld een drillboor of een enkele auto. Een lijnbron is een lange strook met gelijksoortige geluidsbronnen, bijvoorbeeld een snelweg. Elke verdubbeling van de afstand van de waarnemer tot de bron betekent een afname van de geluidsterkte van 6 dB(A) bij een puntbron en een afname van 3 dB(A) bij een lijnbron (loodrecht op de lijnbron).



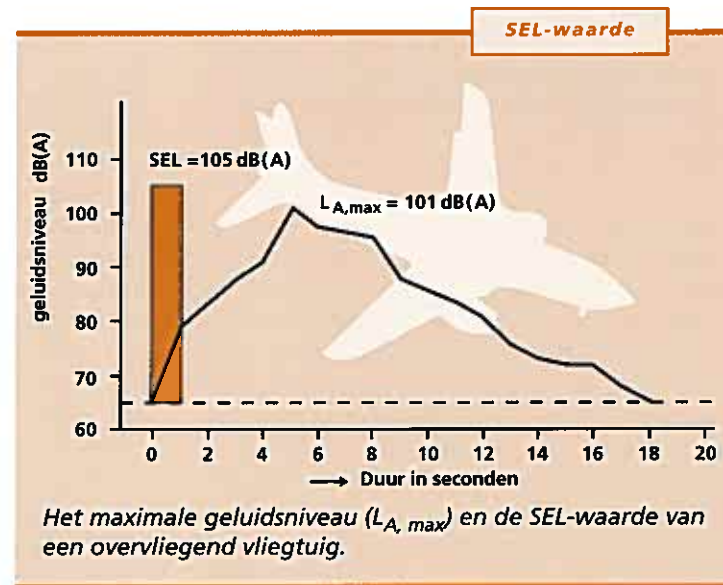
geluidsmaten worden gebruikt om een gemiddelde blootstelling over een langere periode te beschrijven.

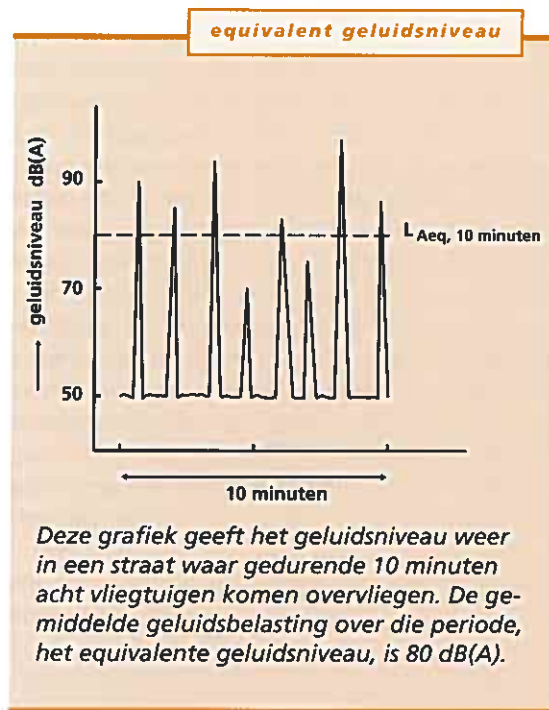
In veel gevallen hebben we niet te maken met één constant geluidsniveau, maar varieert de sterkte van het geluid in de loop van de tijd, zoals bij een overvliegend vliegtuig of een voorbijrijdende trein. Het geluid begint zacht, bereikt een maximale sterkte en ebt vervolgens weer weg. Van zo'n 'geluidsgebeurtenis' kan het *maximale geluidsniveau* ($L_{A, \max}$) worden vastgesteld.

Deze geluidmaat zegt echter niet zo veel over de totale hoeveelheid geluid die een geluidsgebeurtenis produceert. Twee passerende treinen met eenzelfde maximale geluidsterkte kunnen verschillen in de totale hoeveelheid geluid die ze tijdens het voorbijkomen produceren, bijvoorbeeld als de ene trein veel langer is dan de andere. Om de blootstelling aan één *geluidsgebeurtenis* (bijvoorbeeld een langsrijdende trein of een overvliegend vliegtuig) in een totaalmaat uit te drukken, wordt de SEL-waarde (SEL staat voor *Sound Exposure Level*) gebruikt. Dit is een soort optelsom van alle geluidsniveaus van die gebeurtenis, waarbij het hardere gedeelte van het geluid meer gewicht krijgt dan het zachtere deel.

Op ongeveer dezelfde manier als bij de SEL-waarde (van een geluidsgebeurtenis) kan het gemiddelde geluidsniveau over een bepaalde periode vastgesteld worden, bijvoorbeeld het geluidsniveau dicht bij een spoorlijn of een snelweg gedurende een nacht. Dit wordt het *equivalente geluidsniveau* (L_{Aeq}) over die periode genoemd. De term 'equivalent' betekent gelijkwaardig: het in sterkte wisselende geluidsniveau gedurende een bepaalde periode is gelijk te stellen aan een constant geluid over die periode. Het *equivalente geluidsniveau over 24 uur* ($L_{Aeq, 24 \text{ uur}}$) is een maat voor de geluidsbelasting van mensen in hun woonomgeving.

De Wet geluidhinder gebruikt de aan L_{Aeq} verwante *etmaalwaarde* (L_{etm}). De Wet geluid-





hinder heeft betrekking op weg-, rail- en industrie­geluid in de woon­omgeving. Om de etmaal­waarde te bepalen, wordt een rekensom ge­maakt met de equivalente geluidsniveaus. Voor rail­verkeer en industrie­geluid gaat dat als volgt. Eerst wordt het equivalente geluidsniveau over­dag (van 7.00 tot 19.00) bepaald en hetzelfde wordt gedaan voor de avond (van 19.00 uur tot 23.00 uur) en de nacht (van 23.00 tot 7.00 uur). Vervolgens wordt bij het geluidsniveau 's avonds 5 dB(A) opgeteld en bij het geluidsniveau 's nachts 10 dB(A). De etmaal­waarde voor

rail­verkeer en industrie­geluid is nu de hoogste van die drie waarden. Deze hoogste waarde wordt vervolgens getoetst aan de wettelijk nor­men voor lawaai in de woon­omgeving.

Voor het vaststellen van de etmaal­waarde van weg­verkeer wordt alleen het equivalente ge­luidsniveau over­dag (van 7.00 tot 19.00 uur) en 's nachts (van 23.00 tot 7.00 uur) bepaald. Ver­volgens wordt bij het geluidsniveau 's nachts 10 dB(A) opgeteld. De etmaal­waarde is de hoogste van die twee waarden. Om een vergelijking te kunnen maken met de grenswaarden in de Wet geluid­hinder, wordt de geluids­belasting bepaald op basis van berekeningen over een kalender­jaar.

In het buitenland, vooral in de Verenigde Staten, hanteert men de geluidsmaat L_{dn} (dag-nacht-niveau). Dit is het equivalente geluidsniveau in 24 uur, gecorrigeerd met een straffactor van 10 dB(A) voor de geluids­belasting 's nachts (van 22.00 tot 7.00 uur).

Het *luchtverkeersgeluid (B)* wordt in Nederland uitgedrukt in de *Kosten-eenheid (Ke)*, genoemd naar een commissie onder leiding van professor Kosten. Deze geluidsmaat beschrijft de geluids­belasting van de overvluchten in een kalender­jaar en wordt bepaald op basis van de maximale geluidsniveaus van overvliegende vliegtuigen, het aantal vluchten per jaar en uiteenlopende straffactoren voor het tijdstip waarop een over­vlucht plaatsvindt. Overigens wordt deze maat alleen gebruikt voor de beschrijving van de bloot­stelling aan geluid van overvluchten rond­om de grote luchthavens en militaire luchtvaart-

terreinen. Voor de belasting van de kleinere luchtvaart wordt de *BKL* (Belasting Kleine Luchtvaart) gebruikt. Deze geluidsmaat is een soort equivalent geluidsniveau waarbij ook rekening wordt gehouden met de drukste maanden van het jaar.

GELUIDSCONTOUREN

Om de geluidssituatie rond bijvoorbeeld snelwegen of vliegvelden in kaart te brengen, wordt gebruikgemaakt van geluidscontouren. Dat zijn lijnen op een kaart die punten van gelijke geluidsbelasting met elkaar verbinden. Zo wordt voor vliegverkeer gebruikgemaakt van de 35 Ke-contour, die de geluidsbelasting rond de grote vliegvelden beschrijft. Binnen de 35 Ke-contour



GELUIDSMATEN *samenvatting*

$L_{A, \max}$	Maximale geluidsniveau.
SEL	Sound Exposure Level. Totaalmaat voor het geluidsniveau van één geluidsgebeurtenis.
$L_{Aeq, T}$	Equivalent geluidsniveau. Totaalmaat voor het geluidsniveau in een bepaalde periode.
$L_{Aeq, 24 \text{ uur}}$	Equivalent geluidsniveau over 24 uur. Totaalmaat voor het geluidsniveau in 24 uur.
L_{etm}	Etmaalwaarde. Hoogste waarde van de twee (dag en nacht) of drie (dag, avond en nacht) aangepaste equivalente geluidsniveaus van een etmaal.
L_{dn}	Dag-nachtniveau. Totaalmaat voor het geluidsniveau overdag en 's nachts, met een aangepaste waarde voor de nacht.
Ke	Kosten-eenheid. Hierin wordt de geluidsbelasting door vluchten rond grote luchthavens en militaire vliegvelden uitgedrukt.
BKL	Maat voor de geluidsbelasting door de kleine luchtvaart.

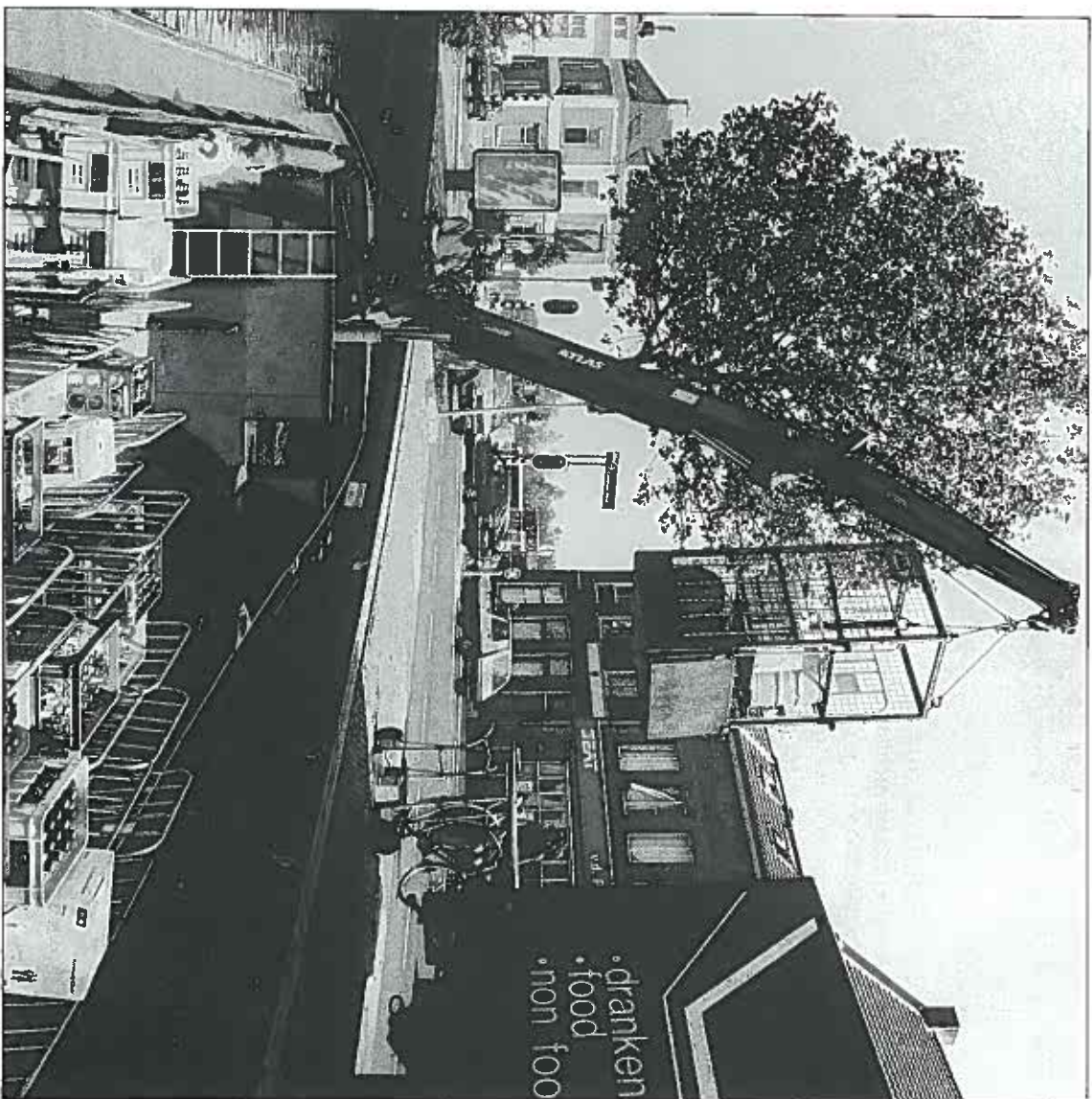
is de belasting hoger dan 35 Ke en zijn op grond van de Luchtvaartwet geluidswerende maatregelen vereist. Om de geluidsbelasting rond snelwegen en industrieterreinen in kaart te brengen, worden L_{etm} -contouren gemaakt.

BESTRIJDING VAN GELUIDSOVERLAST

Te veel en ongewenst geluid kan op verschillende manieren aangepakt worden: bij de bron, bij de overdracht van het geluid (van bron naar ontvanger) en bij de ontvanger zelf. Voorbeelden van maatregelen om de bron aan te pakken, zijn het ontwerpen van stillere motoren in auto's (stille technologie) en het zachter zetten van de muziek in de discotheek. De overdracht van geluid kan beperkt worden door bijvoorbeeld geluidsschermen te plaatsen langs een snelweg of spoorbaan. Wanneer bestrijding bij de bron of bij de overdracht niet mogelijk is, kan de ontvanger nog maatregelen treffen, zoals oordopjes indoen, de ramen sluiten en dubbele beglazing aanbrengen in de woning. Achter in deze brochure is het adres opgenomen van de Nederlandse Stichting Geluidhinder die meer informatie kan geven over de bestrijding van geluidsoverlast.

ANTI-GELUID

Geluid zorgt voor verdichtingen en verdunningen van deeltjes in de lucht. Wanneer je nu twee geluidstrillingen hebt, waarbij de verdichtingen van het ene geluid samenvallen met de verdunningen van het andere geluid en andersom, treedt middeling op en daardoor dooft het geluid uit. De twee geluiden heffen elkaar als het ware op. Aan de hand van dit principe hebben wetenschappers anti-geluidsinstallaties ontwikkeld. Een microfoon vangt een geluid op, stuurt het door naar een computer die de verdichtingen en verdunningen analyseert en vervolgens het tegengestelde geluid, het anti-geluid, via een luidspreker uitzendt. In de praktijk wordt het niet helemaal stil, maar de sterkte van het geluid neemt wel aanzienlijk af. Het principe van anti-geluid wordt op kleine schaal toegepast, onder andere bij schoorstenen van industriecomplexen, in vliegtuigcabines en in oorkappen voor werknemers die in oorverdovend lawaai werken.



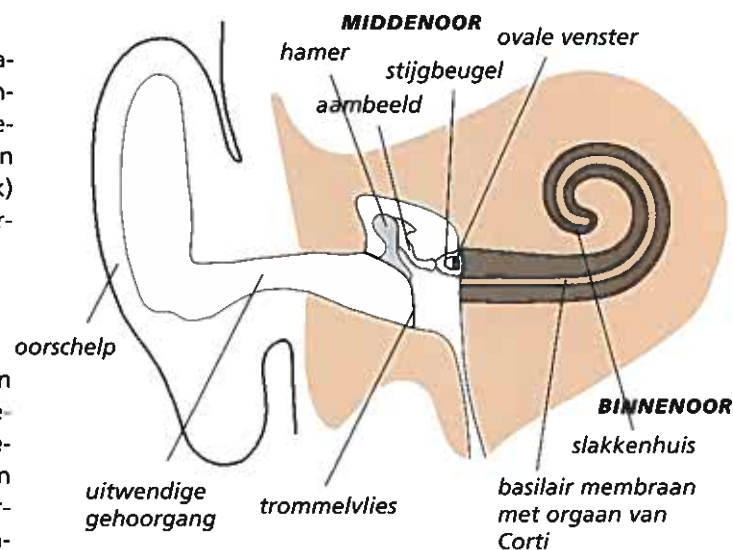
Gehoorschade

GEHOORSCHADE DOOR GELUID

Gehoorschade is het meest rechtstreekse negatieve effect van geluid op de gezondheid. Onder gehoorschade verstaan we geleidelijk gehoorverlies door langdurige blootstelling aan lawaai, oorsuizingen (permanent of tijdelijk) en acute gehoorbeschadigingen door heel harde geluiden.

HOE HOREN WE?

Hoe komt het dat we geluid (de verdichtingen en verdunningen in de lucht) kunnen waarnemen? Via de oorschelp en de uitwendige gehoorgang bereikt geluid het trommelvlies en brengt dit in trilling. De trillingen worden overgebracht via de gehoorbeentjes in het middenoor (hamer, aambeeld en stijgbeugel) naar het zogenaamde ovale venster. Dit is de toegang tot het binnenoor, waar zich het slakkenhuis bevindt. Dit is een met vloeistof gevulde ruimte. In dit slakkenhuis worden de trillingen omgezet in zwakke elektrische stroompjes (zenuwimpuls). Via de gehoorzenuw worden de zenuwimpuls naar de hersenen geleid. Op dat moment 'horen' we het geluid. Het orgaan van Corti, dat zich op een vlies (de basilair membraan) midden in het slakkenhuis bevindt, zorgt voor de omzetting van trillingen in zenuwimpuls.



Schematische weergave van het oor

HOE ONTSTAAT GEHOORVERLIES?

Bij gehoorverlies door lawaai is er schade ontstaan in het orgaan van Corti. Dit orgaan bestaat uit heel kleine haarcellen, die geprikkeld worden wanneer de vloeistof in het slakkenhuis door geluidstrillingen in beweging wordt gebracht. Die prikkeling van de haarcellen zorgt voor zenuwimpuls naar de hersenen. Wanneer de haarcellen door langdurig lawaai te veel geprikkeld worden, krijgen ze een tekort aan

voedingsstoffen en sterven ze af. Ze zijn dan niet meer in staat impulsen aan de hersenen door te geven.

GELEIDELIJK GEHOORVERLIES

Gehoorverlies door het afsterven van haarcellen is een geleidelijk proces. Dit heeft te maken met het feit dat niet alle haarcellen even gevoelig zijn. Sommige reageren al bij heel zachte geluiden en hebben dus een lage prikkel drempel. Haarcellen met een hoge prikkel drempel reageren pas bij heel harde geluiden. Hoe harder het geluid, hoe meer haarcellen geprikkeld worden.

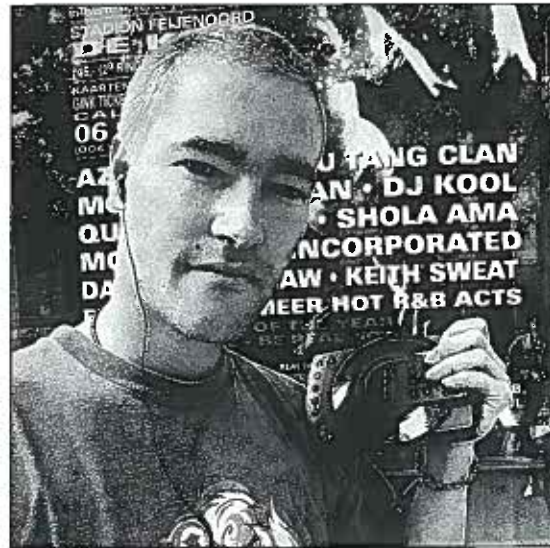
Bij langdurige blootstelling aan lawaai sterven de haarcellen met een lage prikkel drempel het eerst af. Bij beginnend gehoorverlies hoort iemand daarom zachte geluiden niet meer goed en hardere geluiden nog op volle sterkte. Een simpel hoortoestel is in zo'n geval geen goede oplossing. De zachte geluiden worden versterkt, maar de harde ook, en die klinken dan oorverdovend. Tegenwoordig zijn er hoortoestellen die dit kunnen compenseren.

GEVOLGEN VAN GEHOORVERLIES

Het belangrijkste gevolg van gehoorverlies is de vermindering van het verstaan van spraak. Dat begint bij problemen met de verstaanbaarheid in luidruchtige situaties (feestjes, cafés, grote gezelschappen), vervolgens ontstaan moeilijkheden met het verstaan van spraak tijdens theatervoorstellingen, kerkdiensten en dergelijke, ge-

volgd door problemen met telefoneren en gesprekken met onbekenden in rustige omstandigheden. Spraak van vrienden en familie blijft het langst verstaanbaar voor iemand die aan gehoorverlies lijdt. Vaak compenseert iemand zijn gehoorverlies door liplezen, overigens meestal zonder zich daarvan bewust te zijn.

Bij een gehoorverlies van 10 decibel bij beide oren (bij frequenties tussen de 2000 en 4000 Hz) begint de verstaanbaarheid van spraak in luidruchtige situaties te verminderen. Wanneer het gehoorverlies meer dan 30 decibel bedraagt (bij bovengenoemde frequenties), kan gesproken worden over een sociale handicap, omdat er dan ook problemen zijn in rustigere omgevingen.



GEHOORVERLIES METEN

Met een audiometer (*audio* = horen) kan worden bepaald wat iemand wel en niet kan horen. Zo'n meting gaat als volgt. In een stille ruimte laat de onderzoeker iemand via de koptelefoon van de audiometer tonen horen van verschillende toonhoogtes (frequenties) en met verschillende geluidsniveaus. Dit gebeurt voor beide oren afzonderlijk. Degene die onderzocht wordt, moet aangeven of hij een geluid hoort. Voor de verschillende toonhoogtes wordt op die manier vastgesteld welk niveau net niet meer gehoord kan worden. Het resultaat wordt weergegeven in een audiogram, een grafiek die het gehoorverlies aangeeft bij een aantal frequenties. Een audiometer wordt zo geijkt dat een groep jonge mensen zonder gehoorafwijkingen alle tonen hoort bij een waarde van 0 decibel op de audiometer.

OORSUIZINGEN (TINNITUS)

Na blootstelling aan harde geluiden kunnen de haarcellen in het binnenoor overgeprikkeld raken. Ze blijven dan impulsen naar de hersenen sturen, ook al is de geluidsbron verdwenen. Dit ervaren we als oorsuizingen: gezoem en gesis in je oren of een bonkend geluid. Veel mensen hebben dit wel eens meegemaakt na hard vuurwerk of een popconcert. Na enkele uren verdwijnen de oorsuizingen meestal weer. Hinderlijker is het wanneer de oorsuizingen chronisch worden. Dit komt in lichte en ernstige mate voor bij 10% van de bevolking. Soms verdwijnen de oorsuizingen enige tijd, om dan weer plotseling de kop op te



steken. Het optreden van oorsuizingen wordt in de medische wereld 'tinnitus' genoemd.

OORZAAK EN GEVOLG VAN OORSUIZINGEN

Een belangrijke oorzaak van chronische oorsuizingen is langdurige, jarenlange blootstelling aan lawaai. Vaak gaat gehoorverlies door la-

waai gepaard met oorsuizingen. Leeftijd speelt ook een rol: oorsuizingen komen vaker voor naarmate men ouder wordt. Oorsuizingen kunnen veel gevolgen hebben voor het dagelijkse leven. Ze kunnen, net als bij gehoorverlies, het verstaan van spraak nadelig beïnvloeden. Soms vermijden mensen die last hebben van oorsuizingen gezelschap en rumoerige of juist stille situaties. Ook kunnen oorsuizingen invloed hebben op de nachtrust, op de lichamelijke gezondheid (hoofdpijn, medicijngebruik) en op de geestelijke gezondheid (concentratieverlies, wanhoop, depressies, onzekerheid).

ACUTE GEHOORBESCHADIGING

Bij zeer harde geluiden, zoals knallend vuurwerk, explosies of een pistoolschot, kan er plotseling een ernstige gehoorbeschadiging optreden, doordat het trommelvlies scheurt, de keten van gehoorbeentjes onderbroken wordt of de basilair membraan in het slakkenhuis scheurt. Daardoor kunnen geluidstrillingen niet meer goed worden doorgegeven.

GEHOORGEVOELIGHEID VAN BABY'S EN JONGE KINDEREN

Hoe gevoelig zijn baby's en jonge kinderen voor het ontstaan van gehoorschade? Daarover is nog weinig bekend. Bij proeven met pasgeboren dieren met een soortgelijk gehoororgaan als de mens bleek dat tijdens het laatste stadium van de ontwikkeling van het binnenoor een periode van maximale geluidsgevoeligheid op-

treedt. Wanneer we dit gegeven toepassen op baby's, zou dat betekenen dat zij tussen de één en twee maanden vóór de geboorte (bij een zwangerschap van negen maanden) maximaal gevoelig zijn voor geluid. In die periode vindt namelijk bij de mens de laatste ontwikkeling van het binnenoor plaats. Uit experimenten met jonge dieren blijkt ook dat zij nog enige tijd na de geboorte gevoeliger zijn voor geluid dan volwassen dieren. Of dit ook geldt voor jonge kinderen is niet bekend.

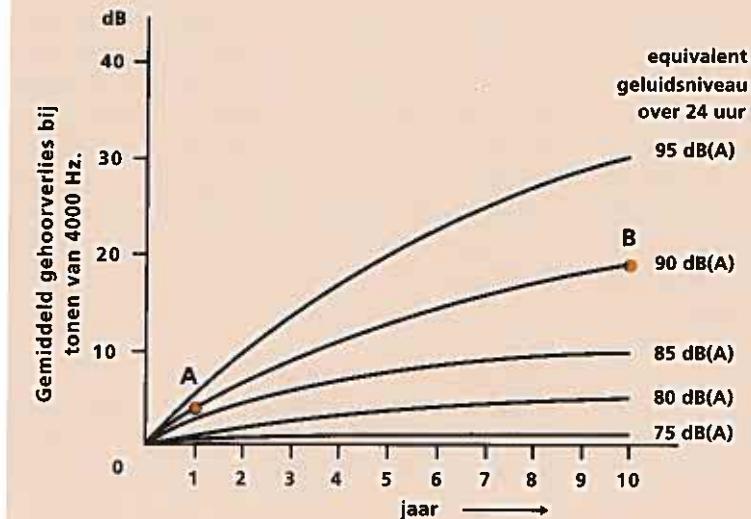
GEHOORSCHADE BIJ JONGEREN

Jongeren lopen tegenwoordig een groter risico op gehoorverlies dan vroeger. Zij staan bloot aan harde geluiden van onder andere brommers

ANDERE OORZAKEN VAN GEHOORVERLIES

Naast langdurige blootstelling aan geluid zijn er nog andere oorzaken van gehoorverlies, zoals bepaalde ziektes, ongevallen, medicijngebruik en erfelijke factoren. Ook leeftijd speelt een rol. Rond het dertigste levensjaar begint bij de meeste mensen het gehoor langzaam af te nemen. Dit noemen we ouderdomsgehoorverlies. Het begint bij de hoogste tonen, gevolgd door gehoorverlies bij de lagere tonen.

gehoorverlies



Gehoorverlies door lawaai ontstaat na langdurige blootstelling aan hoge geluidsniveaus. Wanneer iemand elke dag aan een equivalent geluidsniveau van 90 dB(A) is blootgesteld (bijvoorbeeld door twee uur per dag naar popmuziek te luisteren via een walkman die op z'n hardst staat), heeft hij na een jaar een gehoorverlies van bijna 5 decibel (punt A in de grafiek). Na tien jaar blootstelling aan hetzelfde niveau, is het gehoorverlies opgelopen tot 18 decibel (punt B in de grafiek).

en popmuziek (via walkmans, popconcerten, discotheken en autoradio's). Naar schatting 15% van de 2,5 miljoen jongeren tussen de 15 en 25 jaar heeft een klein gehoorverlies van 2 tot 3 decibel opgelopen door bezoeken aan popconcerten en discotheken. Spelen in een popgroep heeft bij 5% van de jongeren een gehoorverlies veroorzaakt van 5 tot 10 decibel. Ook door naar popmuziek te luisteren via walkmans kan gehoorverlies optreden: 5% van de jongeren heeft daardoor een gehoorverlies van 10 tot 15 decibel. Overigens kan ook het spelen van klassieke muziek in een symfonieorkest op den duur leiden tot gehoorschade.

BIJ WELKE GELUIDSNIVEAUS?

Gehoorverlies door lawaai kan optreden bij blootstelling aan een equivalent geluidsniveau over 24 uur ($L_{Aeq, 24 \text{ uur}}$) van 70 dB(A) of meer gedurende elke dag van een jaar. Vanaf die geluidsniveaus kunnen ook oorsuizingen optreden. Acute gehoorbeschadiging door zeer hard lawaai kan ontstaan bij piekniveaus ($L_{A, \text{max}}$) vanaf ongeveer 120 dB(A).

Hinder

WAT IS GELUIDSHINDER?

Ongewenste geluiden kunnen een gevoel geven van ergernis, wrevel, ontstemming of onbehagen. Dit noemen we geluidshinder. We spreken over specifieke geluidshinder als iemand bepaalde activiteiten (bijvoorbeeld naar de radio luisteren, een boek lezen of een gesprek voeren) niet meer ongestoord kan uitvoeren als gevolg van geluid. Slaapverstoring (hoofdstuk 4) is ook een vorm van specifieke geluidshinder.

Hinder is een persoonlijke beleving. Iemand kan alleen voor zichzelf bepalen hoe hinderlijk hij een bepaald geluid vindt. Of iemand gehinderd wordt door geluid, heeft voor een deel te maken met de kenmerken van het geluid, zoals de sterkte en de duur van het geluid, het type geluidsbron en de toonhoogte. Maar de mate van hinder hangt ook af van de situatie en van de persoon zelf.

HINDER IN VERSCHILLENDE SITUATIES

De reacties van mensen op ongewenst geluid kunnen verschillen. De houding tegenover het geluid speelt daarbij een rol. Zo zal een liefhebber van autoraces minder last hebben van het lawaai van het circuit van Zandvoort dan een omwonende. Iemand die goed kan opschieten met de burens, zal minder snel last

hebben van burengeluid dan iemand die zijn buurman niet graag mag.

Ook de controle die iemand heeft over de geluidsbron is van belang voor de hinder. Wanneer iemand zich makkelijk kan onttrekken aan het geluid of het geluid zachter kan zetten, zal hij minder snel gehinderd zijn dan wanneer hij die controle niet heeft. Gaat geluid gepaard met gevoelens van onveiligheid (bijvoorbeeld als lawaai van vliegtuigen mensen doet denken aan de Bijlmer-ramp), dan kan dat de hinder vergroten.



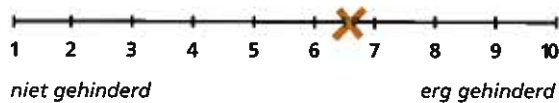
HINDER

Ook iemands stemming en gezondheidstoestand zijn van invloed op de ervaren hinder. En ten slotte zijn sommige mensen gevoeliger voor geluid dan anderen.

HINDER METEN

Hoe meten onderzoekers zoets persoonlijks als geluidshinder? Eenvoudigweg door het de mensen te vragen. In onderzoek naar hinder van bijvoorbeeld wegverkeer kan die vraag als volgt worden gesteld aan de betrokken omwonenden:

'Wilt u op onderstaande lijn aangeven in hoeverre u hier (in of rond uw woning) in het afgelopen jaar hinder heeft ondervonden van het geluid van het wegverkeer? Zet een kruisje op de plek die overeenkomt met de mate van hinder die u heeft ondervonden.'



De scores van alle geïnterviewden worden vervolgens gezamenlijk beschouwd. Volgens internationale afspraken worden de mensen die een kruisje hebben gezet boven de 7,2 de groep 'ernstig gehinderden' genoemd. Scores vanaf 5 zijn van de 'gehinderden' (inclusief de 'ernstig gehinderden') en alle mensen die een score van 2,8 en hoger hebben aangekruist, zijn de 'ten minste enigszins gehinderden' (hierbij zijn dus de gehinderden en de ernstig gehinderden inbegrepen).

HINDER IN DE WOONOMGEVING

Uit onderzoek naar hinder in de woonomgeving blijkt dat veel mensen last hebben van dezelfde soorten geluiden. De onderstaande top-5 van geluidshinder laat dit zien. Voor wie dicht bij een drukbereden treintraject, naast een sportveld of boven een discotheek woont, kan de persoonlijke top-5 er natuurlijk heel anders uitzien.

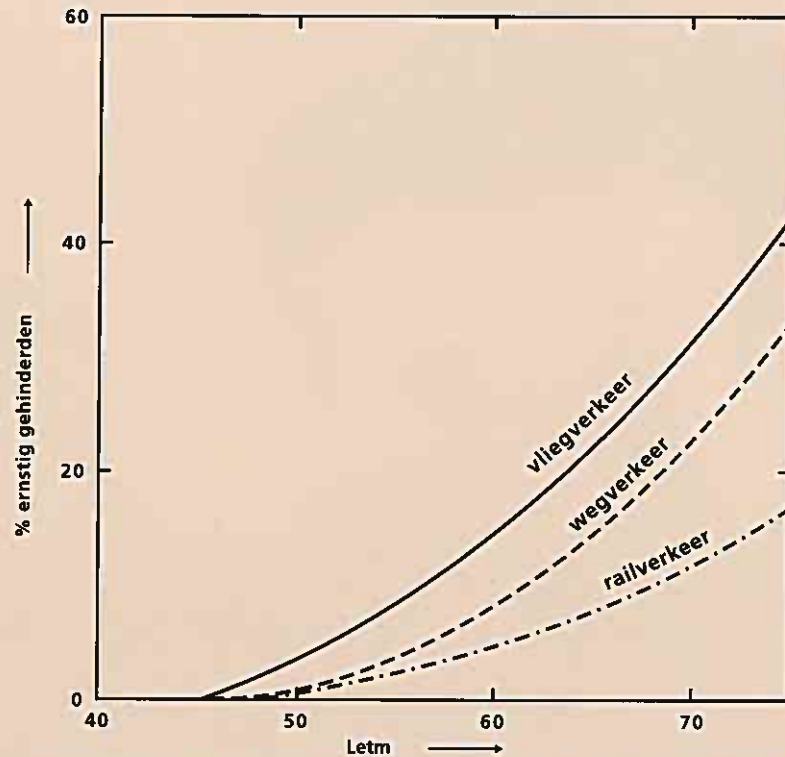
	Geluidsbron	Erg gehinderd	Ten minste enigszins gehinderd
1	wegverkeer	25%	58%
2	buren	13%	39%
3	vliegverkeer	12%	35%
4	recreatie (w.o. horeca)	6%	21%
5	bedrijven	5%	16%

GELUIDSHINDER DOOR WEGVERKEER

Zo'n 40% van de Nederlanders woont in een gebied waarin de etmaalwaarde van geluid veroorzaakt door wegverkeer meer dan 50 dB(A) is. Vanaf die waarde begint het percentage ernstig gehinderden sterk toe te nemen. 7% van de



dosis-effectrelaties



Wanneer we kijken naar het wegverkeer, dan blijkt bij een etmaalwaarde van 55 dB(A) 4% van de mensen ernstig gehinderd te zijn. Een etmaalwaarde van 65 dB(A) geeft 15% ernstig gehinderden. Het geluid van luchtverkeer wordt over het algemeen als hinderlijker ervaren dan het geluid van wegverkeer bij eenzelfde geluidsbelasting. Het geluid van railverkeer wordt als minder hinderlijk ervaren dan het geluid van wegverkeer. Dit zijn voorbeelden van dosis-effectrelaties voor aparte geluidsbronnen. Er zijn ook methoden om hinder in situaties met meer dan één geluidsbron (bijvoorbeeld een snelweg plus een vliegveld) in kaart te brengen. We spreken dan over cumulatie van geluid.

woningen heeft zo'n hoge geluidsbelasting, meer dan 65 dB(A), dat de Wet geluidhinder voor deze woningen geluidswerende voorzieningen (bijvoorbeeld een geluidsscherm of dubbele beglazing) voorschrijft.

DOSIS-EFFECTRELATIES

Met een hele verzameling geluidsmetingen en geluidshindermetingen kunnen zogenaamde dosis-effectrelaties worden opgesteld. De dosis is de geluidsbelasting (bijvoorbeeld het $L_{Aeq, 24 \text{ uur}}$, L_{dn} of L_{etm} van een snelweg of van een spoorlijn) en het effect is de hinder (bijvoorbeeld het percentage ernstig gehinderden). De geluidsbelasting wordt daarbij bepaald op basis van berekeningen over een langere tijd, bijvoorbeeld een jaar. Als al die gegevens in een grafiek worden gezet, kun je precies aflezen hoe hoog de hinder is bij een bepaalde geluidsbelasting.

HINDERVOORSPELLINGEN

Aan de hand van dosis-effectgrafieken kunnen plannenmakers voorspellingen doen over de hinder die zal ontstaan van bijvoorbeeld een snelweg die ze overwegen aan te leggen. Uit een schatting van de hoeveelheid verkeer die over de snelweg zal komen, kunnen ze de geluidsbelasting berekenen (de dosis) en vervolgens kunnen ze van de grafieken aflezen welk percentage gehinderden (het effect) er bij die dosis geluidsbelasting te verwachten valt. Aan de hand van het aantal omwonenden kunnen ze dan nagaan om hoeveel mensen het in die concrete situatie gaat.

De uitslag kan bijvoorbeeld tot gevolg hebben dat de geplande snelweg wat verder van de woningen aangelegd wordt of dat de weg door een tunnel wordt geleid.

EXTRA HINDERLIJKE GELUIDEN

Sommige geluiden zijn extra hinderlijk. Dit is het geval bij geluid met harde pieken, overheersende tonen of laagfrequente componenten (beneden de 100 Hertz). Geluid met harde pieken (impulsgeluid) ontstaat wanneer voorwerpen met veel kracht tegen elkaar stoten, zoals bij het rangeren van treinen, bij heien, en bij een groot aantal industriële activiteiten, zoals metaal- en houtbewerking. Ook explosies en schietgeluiden zijn impulsgeluiden. Een voorbeeld van geluid met een overheersende toon is het geluid van een tram die door de bocht giert met een (hoogfrequent) piepend geluid. Ook als geluid snel in sterkte toeneemt, bijvoorbeeld bij straaljagers of een hogesnelheidstrein, is het extra hinderlijk. Bij een dergelijk geluid treden ook vaak schrikreacties op, vooral bij kinderen.

DE GEVOLGEN VAN HINDER

'Ik word gek van die herrie', hoor je mensen wel eens verzuchten. Kunnen mensen inderdaad gek worden van lawaai? Of geluidshinder tot gevolg kan hebben dat iemand in een psychiatrische inrichting terechtkomt, is wel onderzocht, maar eigenlijk moeilijk aan te tonen. Er kunnen zo veel andere factoren meespelen, zo-



als reeds aanwezig psychische problemen. Wel is bekend dat lawaai spanningen meebrengt, die zich op verschillende manieren vertalen in psychische klachten, bijvoorbeeld agressiviteit en depressiviteit. Het algemene welbevinden kan verminderen wanneer iemand langdurig gehinderd wordt. Vooral geluidshinder tijdens de slaaperiode heeft invloed op iemands welbevinden. Naast psychische reacties op langdurige geluidsoverlast kunnen er ook allerlei lichamelijke klachten optreden als gevolg van spanningen (stress) door lawaai (zie ook hoofdstuk 5). Ook op lange termijn kan geluidshinder dus negatieve effecten hebben op de geestelijke en lichamelijke gezondheid.

BIJ WELKE GELUIDSNIVEAUS?

Vanaf een geluidsniveau van ongeveer 40 dB(A) (etmaalwaarde) begint ernstige hinder op te treden, veroorzaakt door verschillende soorten verkeer. Bij een geluidsbelasting die bestaat uit kortdurende harde geluidstoten (impulsgeluid) begint ernstige hinder al vanaf een etmaalwaarde van 30 dB(A). Geluiden met overheersende tonen (bijvoorbeeld hoge pieptonen) zijn 5 dB(A) hinderlijker dan geluid met hetzelfde niveau zonder deze tonen. Voor laagvliegende straaljagers geldt dat deze naar schatting zo'n 10 dB(A) hinderlijker zijn dan gewone vliegtuigen met dezelfde SEL-waarde. Deze waarden hebben betrekking op geluidsbelastingen die geruime tijd hetzelfde zijn, dus geluiden waaraan mensen al 'gewend' zijn. Nieuwe ongewenste geluiden zijn vaak nog hinderlijker.

HINDER DOOR LAAGFREQUENT GELUID

Niet iedereen kan het horen als het er is, maar degene die het wel hoort, heeft er veel last van: laagfrequent geluid, ofwel heel lage tonen beneden de 100 Hz. Mensen die last hebben van laagfrequent geluid, klagen over bromtonen, zoemen, dreunen, een geluid dat overal doorheen komt en geluid dat je kunt voelen in je maag of in je ledematen. In vergelijking met de hinder van 'gewoon' lawaai is de hinder die laagfrequent geluid veroorzaakt heel groot. Als iemand het geluid eenmaal gehoord heeft en erdoor is gehinderd, dan blijft hij het geluid horen. De reacties op laagfrequent geluid variëren van druk op de oren, zweten, hoofdpijn, evenwichtsstoornissen, angsten, slecht slapen tot ernstige vermoeidheid.

BESTRIJDING VAN LAAGFREQUENT GELUID

Bronnen van laagfrequent geluid zijn vaak grote, zware machines met een laag toerental, zoals pompen en ventilatoren. In vergelijking met hogere frequenties worden lage tonen bij toenemende afstand minder goed gedempt. Bestaande geluidsisolatie in woningen is niet afgestemd op laagfrequent geluid. Het geluid kan zelfs versterkt worden in of tussen woningen.

Het probleem bij hinder door laagfrequent geluid is dat de bron vaak lastig op te sporen is. De richting is moeilijk in te schatten, want bij lage tonen neemt de richtingsgevoeligheid van het oor af. Ook kan laagfrequent geluid niet op de gebruikelijke manier met een geluidsmeter (met A-filter) gemeten worden. Meestal worden aan de hand van klachten mogelijke bronnen in kaart gebracht. Door bepaalde bronnen enige tijd uit te schakelen, kan soms de oorzaak van de hinder achterhaald worden.

Overigens kan het bovengenoemde klachtenpatroon ook optreden door oorsuizingen of andere lichamelijke aandoeningen, of overgevoeligheid voor geluid door stress. Bij blijvende klachten over laagfrequent geluid op verschillende locaties zal dan ook vaak een lichamelijk onderzoek plaatsvinden bij degene die klachten heeft.

4 Slaapverstoring

SLAAPVERSTORING DOOR GELUID

Nachtelijk geluid kan de slaap verstoren. Slaapverstoring is hinderlijk en kan een negatieve invloed hebben op de gezondheid, doordat het afbreuk doet aan de kwaliteit van de slaap. Slapen is namelijk belangrijk voor de herstelprocessen in lichaam en geest.

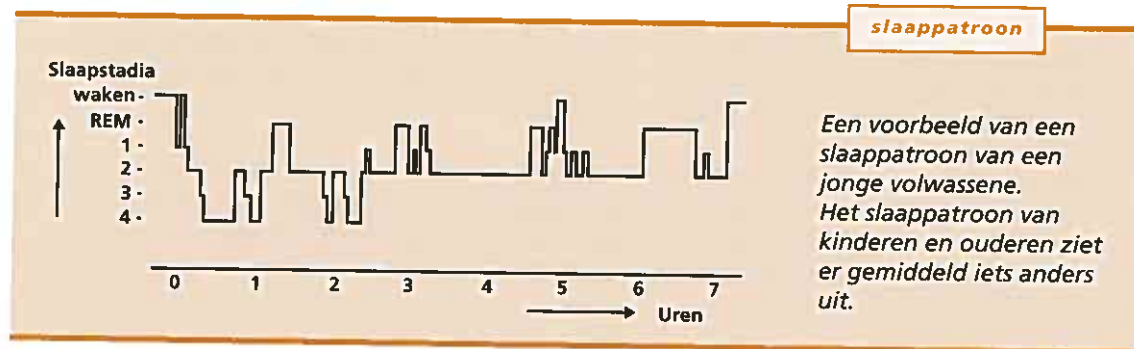
HOE ZIET DE SLAAP ERUIT?

Tijdens de slaap wisselen vijf slaapstadia elkaar met een zekere regelmaat af. Deze stadia verschillen in de mate van hersen- en spieractiviteit en bewustzijn. Stadium 1 is de overgang tussen waken en slapen. Bij stadium 2 begint de eigenlijke slaap. Stadium 1 en 2 vormen samen de lichte slaap. In stadium 3 en 4 vindt de diepe slaap plaats, ook wel 'deltaslaap' genoemd. Ten

slotte is er nog de droomslaap ofwel REM-slaap, genoemd naar de snelle oogbewegingen (*Rapid Eye Movements*) die in dit stadium optreden.

SLAAP IS EEN HERSTELPROCES

De functie van slaap is herstellen van lichamelijke en mentale inspanningen. De precieze betekenis van elk van de vijf slaapstadia voor dit herstelproces is nog niet bekend. Uit experimenten blijkt dat onthouding van de REM-slaap kan leiden tot vermindering van de leerprestaties. Ook zijn er aanwijzingen dat dit slaapstadium een rol speelt bij het verwerken van problemen en spanningen. Onthouding van de fase van de diepe slaap kan leiden tot loomheid en prikkelbaarheid. Men veronderstelt dat lichamelijk herstel vooral in deze fase plaatsvindt.





PRIKKELVERWERKING TIJDENS DE SLAAP

Geluiden kunnen de slaap verstoren zonder dat er sprake is van ontwaakreacties. Het lichaam verwerkt namelijk tijdens de slaap nog steeds prikkels van buitenaf, zij het op een lager bewustzijnsniveau. Geluiden worden geregistreerd, en tijdens de slaap weeg je af of het nodig is om wakker te worden. Zo kan iemand ontwaken van een zacht maar ongewoon of relevant geluid, terwijl hij doorslaapt bij een trein die elke nacht langsrijdt. Omdat het lichaam geluid blijft registreren, hebben ook geluiden waar je niet (bewust) wakker van wordt invloed op de slaap. De kans op verstoring van de slaap is het grootst tijdens de lichte slaap, dus vooral in de tweede helft van de nacht.

VERMINDERING SLAAPKWALITEIT

Nachtelijk geluid kan op verschillende manieren afbreuk doen aan de slaapkwaliteit.

Wakker liggen en wakker worden

Geluid dat tot in de slaapkamer doordringt, kan tot gevolg hebben dat iemand moeilijker inslaapt en, als hij eenmaal slaapt, tussentijds ontwaakt. De totale hoeveelheid slaap kan daarvoor minder worden.

Slaapstadiumveranderingen

Ook kunnen er, naast de normale overgangen tussen de slaapstadia, extra verschuivingen plaatsvinden, zoals een overgang van diepe naar minder diepe slaap of een verkorting van de REM-slaap.

Hartritmeveranderingen

Tijdens de slaap varieert de hartslag voortdurend. Door geluiden in de slaapkamer kan de hartslag extra toenemen. Of dit gevolgen heeft voor de gezondheid op langere termijn is niet bekend.

Ervaren slaapkwaliteit

Mensen die in een rumoerige omgeving slapen, zeggen dat de kwaliteit van hun slaap minder goed is en dat ze overdag minder uitgerust zijn.

DE VOLGENDE DAG

Vermoeidheid, een slechter humeur en een lagere reactiesnelheid kunnen het gevolg zijn van een nacht slecht slapen. Als deze verslechtering van het functioneren en de stemming lang aanhoudt, kan dit allerlei ongewenste gevolgen hebben, zowel voor de persoon zelf als voor de mensen om hem heen. Iemand kan bijvoorbeeld prikkelbaar, ongeduldig of ontevreden worden omdat hij minder goed functioneert.

GEWENNING

Veel mensen denken dat je kunt wennen aan nachtelijk geluid. Dat is in zekere zin ook zo. Na een bepaalde periode word je niet meer zo vaak wakker van de intercity die 's nachts langskomt of van de nachtvluchten boven de stad. Maar omdat je tijdens de slaap toch prikkels van buiten blijft verwerken, treedt gewenning nauwelijks of niet op bij onbewuste fysieke reacties als slaapstadiumveranderingen en verhoging van

de hartslag. Dat je niet helemaal kunt wennen aan geluid, blijkt ook uit het feit dat mensen die al jarenlang in een gebied wonen met veel verkeersgeluid, toch het gevoel houden dat ze relatief slechter slapen en minder uitgerust zijn, met alle mogelijke praktische gevolgen van dien.

GEVOELIGE GROEPEN

Kinderen zijn over het algemeen minder gevoelig voor slaapverstoring door geluid dan volwassenen. Daar staat tegenover dat ze slapen in een periode dat er nog veel geluiden zijn, zoals van het verkeer, van burens en van lawaaiige bezigheden in huis. Zieken, ouderen en slechte slapers hebben meer moeite om weer in slaap te komen na een ontwaakreactie. Als ze eenmaal slapen, worden slechte slapers niet sneller wakker door geluid dan goede slapers. Ouderen hebben wel een verhoogde kans om door nachtelijk geluid wakker te worden.

LANGETERMIJNEFFECTEN

Hoe ongezond zijn deze veranderingen van de slaapkwaliteit nu eigenlijk op de lange termijn? Het is moeilijk om daar een algemene uitspraak over te doen. Slaapverstoring door geluid is een van de factoren die inwerken op de gezondheid. De mate waarin slaapverstoring ook daadwerkelijk de gezondheid aantast, hangt onder meer af van iemands gezondheidstoestand (zie ook de inleiding).

BIJ WELKE GELUIDSNIVEAUS?

In onderstaande tabel staat vanaf welke geluidsniveaus van omgevingsgeluid (binnenshuis gemeten) slaapverstoring kan optreden. De geluidsniveaus zijn SEL-waardes (zie hoofdstuk 1).

<i>Ontwaakreacties</i>	vanaf 60 dB(A)
<i>Toename hartslag</i>	vanaf 40 dB(A) bij plotseling optredend geluid
<i>Slaapstadium- veranderingen</i>	vanaf 35 dB(A)

De ervaren slaapkwaliteit begint te verminderen vanaf equivalente geluidsniveaus gedurende de nacht (23.00 tot 07.00 uur) van 40 dB(A), buitenshuis gemeten. Lichamelijke reacties als ontwaaken en verhoging van de hartslag zijn overigens niet goed te onderscheiden van reacties op hinder of irritatie door geluid. Wanneer je al een paar nachten last hebt gehad van vliegtuiggeluid, kan dat ertoe leiden dat je slechter slaapt, ook al is het vliegtuiggeluid die nacht minder erg. Wanneer je wakker wordt van lawaai, kan dat irritatie veroorzaken, zodat je minder snel weer in slaap komt. Bij slaapverstoring zijn de reacties op geluiden vaak verweven met eerdere ervaringen van geluidsoverlast.



Stress

GELUID IS EEN STRESSOR

Geluid kan spanningen (stress) veroorzaken. We noemen geluid daarom een 'stressor'. Mensen kunnen op verschillende manieren reageren op een stressor. Er zijn korte-termijn-stressreacties, die lichamelijk, psychisch of gedragsmatig van aard zijn. Op de lange termijn heeft stress gevolgen voor de geestelijke en lichamelijke gezondheid.

LICHAMELIJKE STRESSREACTIES OP KORTE TERMIJN

We zijn zo gewend aan allerlei geluiden om ons heen, dat we ze lang niet altijd meer bewust waarnemen. Toch blijft ons lichaam zonder ophouden de ons omringende geluiden registreren en verwerken. Bij onverwachte of onbekende geluiden reageren we acuut met een aantal lichamelijke veranderingen: een verhoogde afscheiding van het stresshormoon adrenaline, een versnelling van de hartslag en een verhoging van de bloeddruk. Dit is het gevolg van de activering van het hormoonsysteem en het autonome zenuwstelsel. Al deze veranderingen (lichamelijke stressreacties op korte termijn) zorgen ervoor dat we in verhoogde staat van paraatheid komen om zo nodig onmiddellijk te kunnen reageren op bedreigende situaties.

ANDERE STRESSREACTIES OP KORTERE

TERMIJN

Naast bovengenoemde lichamelijke stressreacties zijn er ook psychische reacties op geluid, zoals angstgevoelens, depressie, frustratie, irritatie, woede en machteloosheid. Ook kunnen mensen als reactie op een stressor andere gedragspatronen ontwikkelen. Voorbeelden daarvan zijn agressief gedrag, het ontlopen van bedreigende situaties (vermijdingsgedrag), een verminderde hulpvaardigheid en overmatig gebruik van alcohol, tabak, drugs of voedsel. We noemen dit gedragsmatige stressreacties.

GEVOLGEN VAN STRESS OP LANGERE

TERMIJN

Op langere termijn kunnen bovengenoemde lichamelijke, psychische en gedragsmatige stressreacties gevolgen hebben voor de lichamelijke en geestelijke gezondheid. In het algemeen geldt voor stress dat het op de langere termijn direct het functioneren van het lichaam kan schaden, bijvoorbeeld doordat stress het risico op hart- en vaatziekten vergroot. Men veronderstelt dat stress ook een rol speelt bij andere gezondheidsproblemen. Ook indirect kan stress op de langere termijn gevolgen hebben voor de gezondheid. Dit is het geval als stress zich uit in een bepaald gedrag (bijvoorbeeld meer roken

of alcohol gebruiken) dat schadelijk is voor de gezondheid.

Wanneer iemand niet in staat is om op een of andere manier de stressor het hoofd te bieden, kan dit leiden tot overspannenheid, uitputting en andere psychische en lichamelijke aandoeningen. Hierbij geldt, zoals in de inleiding al naar voren kwam, dat allerlei factoren (de omstandigheden, de gezondheid, de manier van omgaan met stress) bepalen in hoeverre stressreacties daadwerkelijk resulteren in verslechtering van de gezondheid.

ONDERZOEK NAAR STRESS DOOR GELUID

Tot nu toe is er nog weinig goed onderzoek gedaan naar de lichamelijke gevolgen van stress door geluid in de woonomgeving op lange termijn. Het is ook gecompliceerd om hier onderzoek naar te doen, omdat het vaak niet mogelijk is om lichamelijke gevolgen van geluid te onderscheiden van lichamelijke gevolgen die veroorzaakt zijn door andere factoren die invloed hebben op de gezondheid. Het onderzoek naar de lichamelijke gevolgen van stress door geluid heeft zich tot nu toe toegespitst op hart- en vaatziekten, en in mindere mate op effecten op de samenstelling van het bloed (hormonale veranderingen, immuunsysteem), op het geboortegewicht en op geboorte-afwijkingen.

HART- EN VAATZIEKTEN

Wetenschappers zijn het erover eens dat langdurige hoge geluidsniveaus in de woonomge-



ving het risico op hart- en vaatziekten verhogen. De kans op hartaandoeningen is groter wanneer iemand in meer dan één situatie wordt blootgesteld aan lawaai. Zo blijkt dat mensen die blootstaan aan zowel veel lawaai van wegverkeer in de woonomgeving als veel lawaai op de werkplek een grotere kans hebben op hartaandoeningen dan mensen die alleen blootstaan aan lawaai van wegverkeer. Ook slaapverstoring door geluid speelt een rol bij het risico op een hoge bloeddruk en hartaandoeningen. Wanneer twee groepen mensen in dezelfde leefsituatie vergeleken worden, blijkt dat mensen die last hebben van slaapverstoring door lawaai een grotere kans hebben op hoge bloeddruk en hartaandoeningen dan mensen die geen last hebben van slaapverstoring.

HORMOON- EN IMMUNUSYSTEEM

Onder invloed van een hoge blootstelling aan lawaai kunnen veranderingen optreden in de samenstelling van het bloed. Dit betreft onder andere bepaalde hormonale veranderingen die een indicatie zijn voor stress. Er is echter nog te weinig onderzoek gedaan om te kunnen vaststellen in welke mate en onder welke omstandigheden de samenstelling van het bloed verandert onder invloed van geluid. Te verwachten valt dat deze veranderingen zich voordoen bij dezelfde geluidsniveaus als die waarbij hart- en vaatziekten optreden, omdat hormonale veranderingen indicatoren zijn van stress. Er is één veldonderzoek bekend waarbij het effect van geluid in de woonomgeving op het immuunsysteem onderzocht is. In dat onderzoek werd een iets verhoogde concentratie witte bloedlichaampjes (leukocyten) aangetoond onder invloed van geluid. Leukocyten vervullen een belangrijke rol als onderdeel van het immuunsysteem.

GEBOORTEGEWICHT EN GEBOORTE-AFWIJKINGEN

Er zijn lichte aanwijzingen dat zwangere vrouwen die in een gebied wonen met veel vliegtuiglawaai een verhoogde kans hebben op een baby met een laag geboortegewicht (minder dan 2500 gram). De oorzaak hiervan zou een verminderde doorbloeding van de placenta door stress kunnen zijn. In gebieden met veel vliegtuiggeluid blijkt de kans op aangeboren afwijkingen niet groter te zijn dan in gebieden met lagere geluidsniveaus.

BIJ WELKE GELUIDSNIVEAUS?

Bij mensen die wonen in een omgeving met equivalente geluidsniveaus vanaf circa 70 dB(A) over 24 uur ($L_{Aeq, 24 \text{ uur}}$) is er een verhoogde kans op hartaandoeningen, zoals hartinfarcten, en een hoge bloeddruk. We spreken van hoge bloeddruk als de bovendruk (systolische bloeddruk) ten minste 160 mmHg bedraagt en/of de onderdruk (diastolische bloeddruk) ten minste 95 mmHg. Bij gezonde jonge mensen liggen deze waardes rond de 110/120 mmHg en 70/80 mmHg.

Tot slot

Hoe ongezond is geluid nu eigenlijk? Het overzicht op pagina 35 geeft een samenvatting van wat er tot nu toe uit onderzoek bekend is over de effecten van geluid op de gezondheid. Het gaat hierbij om de resultaten van veldonderzoek, dat wil zeggen: onderzoek bij mensen die in hun dagelijkse leven blootstaan aan een bepaald geluid in hun woonomgeving (zoals geluid van wegverkeer, vliegtuigen, treinen, fabrieken en muziek).

Een aantal effecten is voldoende bewezen. In het overzicht wordt dit aangeduid met 'voldoende bewijs'. Dat betekent dat er geen twijfel mogelijk is dat geluid het betreffende effect kan veroorzaken. 'Beperkt bewijs' betekent dat het waarschijnlijk is dat er een verband is tussen geluid en het betreffende gezondheidseffect, maar dat dit niet helemaal zeker is. De invloed van het toeval en van verstoringende factoren op de uitkomsten van de betreffende veldonderzoeken is niet geheel uit te sluiten. 'Geen bewijs' houdt in dat er wel goed onderzoek is verricht, maar dat daarbij geen verband is aangetoond tussen geluid en het betreffende effect, ook niet bij hoge geluidsniveaus.

De derde kolom geeft aan bij welke geluidsniveaus de verschillende effecten kunnen optreden. Afhankelijk van de aard van het effect zijn deze geluidsniveaus weergegeven als equi-

valent geluidsniveau (waarmee de gemiddelde blootstelling over een bepaalde periode wordt beschreven), als etmaalwaarde (een aangepast equivalent geluidsniveau) of als SEL-waarde (het totale geluidsniveau van een geluidsg gebeurtenis). Zie ook hoofdstuk 1 voor een uitleg van deze geluidsmaten.

De laatste kolom geeft een schatting van het aantal mensen in Nederland dat mede door de blootstelling aan geluid in de woonomgeving een dergelijk effect op de gezondheid heeft ondervonden. Omdat zo'n schatting niet heel nauwkeurig kan worden uitgevoerd, is er een indeling gemaakt in de volgende klassen.

Klasse 1	niemand
Klasse 2	1 tot 100 mensen
Klasse 3	100 tot 1000 mensen
Klasse 4	1000 tot 10.000 mensen
Klasse 5	10.000 tot 100.000 mensen
Klasse 6	100.000 tot 1 miljoen mensen
Klasse 7	meer dan 1 miljoen mensen

Het samenvattend overzicht geeft weer wat er in 1995 bekend was over de effecten van geluid op de gezondheid.

Gezondheidseffect	Bewijs	Bij welke geluidsniveaus?	Geschatte omvang in Nederland
gehoorverlies	voldoende	$L_{Aeq, 24 \text{ uur}} = 70 \text{ dB(A)}$ (gemeten in de woning)	klasse 1 (door omgevingsgeluid)
ten minste een heel klein gehoorverlies	voldoende	$L_{Aeq, 24 \text{ uur}} = 70 \text{ dB(A)}$ (gemeten in disco's, bij popconcerten en in koptelefoons van walkmans)	klasse 6 (bij jongeren door popmuziek)
hoge bloeddruk	voldoende	$L_{Aeq, 24 \text{ uur}} = 70 \text{ dB(A)}$ (gemeten vlak voor de woning)	klasse 4
hartziektes	voldoende	$L_{Aeq, 24 \text{ uur}} = 70 \text{ dB(A)}$ (gemeten vlak voor de woning)	klasse 3 (aantal patiënten per jaar dat in ziekenhuis wordt opgenomen)
hormonale systeem	beperkt		
immuunsysteem	beperkt		
geboortegewicht	beperkt		
aangeboren afwijkingen	geen bewijs		
psychiatrische stoornissen	beperkt		
geluidshinder (verkeer)	voldoende	$L_{etm} = 40 \text{ dB(A)}$ (gemeten vlak voor de woning)	klasse 7
slaapverstoring, onder andere:			
- ontwaakreacties	voldoende	SEL = 60 dB(A)	onbekend
- veranderingen in slaapstadialhartslag	voldoende	SEL = 35 dB(A) (slaapstadia) SEL = 40 dB(A) (hartslag)	onbekend
- ervaren slaapkwaliteit	voldoende	$L_{Aeq, \text{nacht}} = 40 \text{ dB(A)}$ (gemeten vlak voor de woning)	klasse 7

Adressen

VOORLICHTING OVER GELUIDSHINDER EN GELUIDSHINDERBESTRIJDING

Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG)
Postbus 381
2600 AJ Delft
tel. (015) 256 27 23
fax (015) 257 86 63
E-mail: info@nsg.nl
Internet: <http://www.nsg.nl>

OVERHEIDSBELEID OP HET GEBIED VAN GELUID

Ministerie van VROM
Directoraat Generaal Milieubeheer
Directie Geluid en Verkeer
Interne Postcode 635
Postbus 30945
2500 GX Den Haag
tel. (070) 339 45 57
fax (070) 339 12 80

TOEGEPAST WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK NAAR EFFECTEN VAN GELUID

TNO Preventie en Gezondheid
sector Milieu
Postbus 2215
2301 CE Leiden
tel. (071) 518 16 57
fax (071) 518 19 20
E-mail: info@pg.tno.nl