



**VRAAGBAAK  
LUCHTHAVENS**

**Door**

**De Bont, R., Van Larebeke, N.**

**2003**

Luik 1: Beleidsondersteuning

## **1. Inleiding:**

---

Grote luchthavens in Europa zorgen voor het vervoer van tientallen miljoenen passagiers per jaar en ze vormen door hun zakenvluchten en luchttransport een hoeksteen van de wereldwijde economie. Maar de luchtvaart heeft, zowel op lokale als mondiale schaal, ook een negatieve invloed op het milieu en daardoor op de gezondheid. Enkele gevolgen van de activiteiten van luchthavens die een effect hebben op de volksgezondheid zijn louter te wijten aan het luchtvaartsysteem, zoals vliegtuiglawaai, kerosine-stank en de kans op vliegtuigongevallen. Andere gevolgen, zoals luchtvervuiling, aantasting van het landschap door de vervoersinfrastructuur, hinder van wegverkeers- en industrieel geluid, en arbeidsrisico's vindt men ook op andere stedelijke en industriële locaties. Meer indirecte gevolgen van de activiteiten van luchthavens die een effect hebben op de volksgezondheid zijn water- en bodemvervuiling, de verspreiding van ziekten ('airport malaria'), de verstoring van natuurlijke habitats en veranderingen van het landschap door transportinfrastructuur.

Uit Nederlands onderzoek, uitgevoerd tussen 1995 en 2000 in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES), Fase II, zijn de volgende effecten door blootstelling aan vliegtuiggeluid, of in relatie tot de afstand tot de luchthaven Schiphol naar voren gekomen (RIVM 1999):

- Hinder van geluid, geur, stof/roet/rook en trillingen afkomstig van vliegtuigen, in relatie tot blootstelling aan vliegtuiggeluid en de afstand tot de luchthaven.
- Slaapverstoring, in relatie tot de blootstelling aan vliegtuiggeluid.
- Medicijngebruik voor hart, bloedvaten en bloeddruk in relatie tot de blootstelling aan vliegtuiggeluid en de afstand tot de luchthaven. Een analyse van bestaande medische registraties, namelijk ziekenhuisopnames voor hart- en vaatziekten, liet geen duidelijke clustering rond de luchthaven zien.
- Slecht ervaren gezondheid, in relatie tot blootstelling aan vliegtuiggeluid en de afstand tot de luchthaven.

Er is geen consistente relatie gevonden tussen verschillen in blootstelling aan milieuverontreiniging van de luchthaven Schiphol en de volgende gezondheidseffecten:

- Luchtwegaandoeningen, in relatie tot blootstelling aan luchtverontreiniging afkomstig van het vliegverkeer. In twee onderzoeken (een onderzoek naar medicijngebruik en een vragenlijstonderzoek) werd een relatie gevonden tussen de afstand tot de luchthaven en luchtwegaandoeningen, onderzocht aan de hand van de indicatoren 'gebruik van medicijnen voor astma en/of allergie' en 'verschillende luchtwegklachten'. Een relatie met blootstelling aan luchtverontreiniging afkomstig van het vliegverkeer kon in deze onderzoeken niet worden gelegd. Analyses van bestaande medische registraties, namelijk ziekenhuisopnames voor luchtwegaandoeningen, lieten geen verband zien met de nabijheid van de luchthaven. In eenmalig onderzoek, speciaal gericht op luchtverontreiniging en luchtwegaandoeningen bij kinderen is geen verband gevonden tussen luchtverontreiniging van vliegverkeer en luchtwegaandoeningen of longfunctie. Uit onderzoek naar de kwaliteit van de binnenlucht van woningen bleken geluidsisolatie en verminderde ventilatie wegens geluid van buiten niet te leiden tot hogere concentraties van verschillende stoffen in de binnenlucht en in het huisstof, die van invloed kunnen zijn op luchtwegaandoeningen.
- Verlaagd geboortegewicht, in relatie tot blootstelling aan vliegtuiggeluid.

De incidentie van kanker bleek niet gerelateerd te zijn aan het wonen nabij een luchthaven (Visser *et al.* 1997).

## **2. Luchtvervuiling en geur:**

---

De bijdragen van vliegtuigen en die van verkeer naar en van het vliegveld en naar andere bestemmingen aan de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging zijn sterk met elkaar verbonden. Dit komt door de verspreiding van pollutanten in de atmosfeer door dispersie waardoor de totale luchtvervuiling ook beïnvloed wordt door andere bronnen dan de luchthaven. Het niveau van luchtverontreiniging rond een luchthaven is vergelijkbaar met die in geïndustrialiseerde gebieden en wordt voornamelijk bepaald door wegverkeer (Passchier *et al.* 2000). Bij zulke concentraties kunnen gezondheidseffecten verwacht

worden, ook al blijven de concentraties onder de officiële richtlijnen. De belangrijkste luchtpolluenten zijn: stikstofdioxide, zwaveldioxide, ozon, koolstofmonoxide, PM (particulate matter of fijne deeltjes) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Volgens de huidige inzichten verstoort luchtverontreiniging de ademhaling, zij het bij de meeste mensen niet blijvend (Nederlandse Gezondheidsraad 1999). Op lange termijn zijn de gevolgen ernstiger: voortijdige sterfte, longkanker, verergering van luchtwegklachten en cardiovasculaire klachten na een episode, longfunctievermindering, toename luchtwegaandoeningen, geurhinder. Tot hier toe is het bewijs dat lange-termijn blootstelling aan luchtvervuiling de prevalentie van allergie en astma beïnvloedt inadequaet (Passchier *et al.* 2000). Onderzoek naar de gevolgen van chronische blootstelling aan geur leverde naast gegevens over hinder ook aanwijzingen voor het optreden van allerhande somatische en psychosomatische aandoeningen (Lercher *et al.* 1995, Steinheider *et al.* 1998).

### **3. Veiligheid:**

---

De veiligheid van luchthavens kan bedreigd worden door neerstortende vliegtuigen, brand, terroristische aanslagen en verkeersaccidenten. Het voornaamste gevaar waarmee bewoners in de buurt van een luchthaven te maken zouden kunnen krijgen is neerstortende vliegtuigen. Passchier *et al.* (2000) bespraken het risico op neerstortende vliegtuigen gebaseerd op de volgende rapporten: Brady and Hillestad (1995), Hillestad *et al.* (1993), Piers *et al.* (1993), Evans *et al.* (1997) en Ranter and Lujan (1999). Ze vermelden dat het risico op neerstorten het grootst is bij het opstijgen of het landen. In de laatste decennia stortten er wereldwijd gemiddeld 50 vliegtuigen neer resulterend in ongeveer 1500 doden, waarvan 35 doden geen passagiers waren. Gezien het aantal vluchten, zijn neerstortende vliegtuigen dus zeldzaam. Passchier *et al.* (2000) vermelden ook een berekende crashfrequentie in de buurt van grote luchthavens van één of twee neerstortende vliegtuigen per 10 miljoen opstijgingen en landingen. Het jaarlijks individueel risico om te sterven door een neerstortend vliegtuig voor mensen die in de buurt van een groot vliegveld wonen ligt tussen 1 per 100000 en 1 per 1000000.

## 4. Lawaai:

---

### 4.1 Maten van geluid:

Geluid is te beschrijven door de toonhoogte van het geluid (frequentie). De sterkte van het geluid wordt gekarakteriseerd met het geluidsniveau in decibel A of dB(A). De A achter decibel geeft aan dat er met de gevoeligheid van het menselijk oor voor het horen van geluiden met verschillende toonhoogten rekening is gehouden. Een verdubbeling van de geluidsdruk (bijvoorbeeld 2 vliegtuigen tezamen) betekent een stijging van 3 dB(A). Geluid beschouwd over korte tijd levert geluidsbelastingsmaten zoals het hoogste gemiddelde geluidsniveau ( $L_{A,max}$ ) en de SEL (het equivalente geluidsniveau gedurende een geluidsgebeurtenis genormaliseerd op een periode van 1 seconde). De geluidsbelasting over een langere periode wordt veelal weergegeven door het equivalente geluidsniveau gedurende die periode. Dit is een gewogen gemiddeld geluidsniveau over een beschouwde periode ( $L_{Aeq,T}$ ). De gedurende bepaalde gedeelten van een etmaal optredende equivalente geluidsniveaus worden ook wel gecombineerd, waarbij aan de niveaus gedurende bepaalde perioden een extra weging wordt gegeven. Het 'day-night level' ( $L_{dn}$ ) is het equivalente geluidsniveau over een etmaal waarbij de nachtelijke geluidsniveaus met 10 dB(A) worden verhoogd. Bij het 'day-evening-night level' worden de geluidsniveaus gedurende de avond met 5 dB(A) en gedurende de nacht met 10 dB(A) verhoogd.

### 4.2 Inleiding:

Buitenshuis vliegtuiglawaai in residentiële gebieden rond grote luchthavens kan 60 en soms 70 dB(A) overschrijden (dag-nacht- of dag-avond-nachtniveau).

Blootstelling aan lawaai kan op een directe of indirecte manier de vegetatieve, hormonale, cognitieve en emotionele controlemechanismen van mensen beïnvloeden. Het is reeds voldoende bewezen dat er een causale relatie bestaat tussen de blootstelling aan lawaai en hypertensie, ischemische hartziekten (aandoeningen die een gevolg zijn van

een verminderde doorbloeding van het hart), ernstige hinder, slaapstoornissen en gereduceerde leerprestaties (Nederlandse Gezondheidsraad 1999).

Tabel 1 toont de effecten waarvoor er voldoende bewijs is van een causale relatie met blootstelling aan geluid. Effecten in blootgestelde bevolkingsgroepen worden pas bij geluidsniveaus groter dan de zogeheten waarnemingsdrempel waargenomen. In de tabel staat ‘slaapverstoring’ voor een veelheid van verschijnselen, waaronder ontwaken, veranderingen van slaapstadium en slaappatroon, veranderingen in hartslag en invloed op de stemming de volgende dag.

Tabel 1: effecten van geluidsblootstelling. Aangepast van Universiteit Maastricht 2002.

<i>Effect</i>	<i>Waarnemingsdrempel</i>
<i>Hypertensie</i>	Eq. Buitenshuis geluidsniveau (6-22h) van 70 dB(A).
<i>Ischemische hartziekte</i>	Eq. Buitenshuis geluidsniveau (6-22h) van 70 dB(A)
<i>Hinder</i>	Buitenshuis dag-en-nacht niveau van 42 dB(A)
<i>Slaapverstoring</i>	Binnenshuis: SEL (per overvlucht) van 35-50 dB(A) anhankelijk v.h. effect
<i>Schoolse prestaties</i>	Eq. Buitenshuis geluidsniveau (schooluren) van 70 dB(A)

In 1997 deden Morrell *et al.* een review studie naar de gezondheidseffecten van vliegtuiglawaai. Samenvattend waren hun bevindingen de volgende:

Psychologische gevolgen:

- Verschillende studies vonden een dosis-respons relatie tussen vliegtuigeluid en hinder, met een aantal psychologische symptomen gerelateerd aan die hinder.
- Het is twijfelachtig of vliegtuiglawaai is geassocieerd met een groter aantal psychiatrische ziekenhuisopnamen.
- Er is bewijs voor een associatie tussen blootstelling aan vliegtuigeluid en het gebruik van psychotrope medicatie.
- Mensen met een reeds bestaande psychologische of psychiatrische aandoening zijn vatbaarder voor de effecten van blootstelling aan vliegtuiglawaai.

Slaapstoornissen:

- Vliegtuiggeluid kan effecten produceren op slaappatronen en het kan slapeloosheid en inslaapmoeilijkheden veroorzaken.

Bloeddruk:

- Er werd reeds verschillende keren een associatie gevonden tussen blootstelling aan vliegtuiglawaai en toegenomen gemiddelde bloeddruk bij kinderen.

Mortaliteit:

- er bestaat geen overtuigend bewijs dat mortaliteit toeneemt met de blootstelling aan vliegtuiglawaai.

Perinatale effecten:

- Er bestaat geen sterk bewijs dat vliegtuiglawaai significante perinatale effecten teweegbrengt.

In 2002 onderzochten Devroey *et al.* de relatie tussen een aantal klachten en de oorzaak daarvan volgens de patiënt. Oorsuizingen, depressie, vermoeidheid, slapeloosheid, onverklaarbare spierpijn, angst, zenuwachtigheid en prikkelbaarheid bleken beduidend meer voor te komen bij patiënten die in de omgeving van de luchthaven van Zaventem wonen. Bijna 40% wordt minstens eenmaal per week wakker door de geluidsoverlast en niettegenstaande zij niet beduidend meer klagen over slapeloosheid of doorslaapproblemen, gebruiken zij meer slaap- en kalmeermiddelen.

De belangrijkste effecten van de blootstelling aan vliegtuiglawaai worden hieronder meer gedetailleerd besproken.

#### 4.3 Gehoorschade:

Luchthavenpersoneel en de vliegtuigbemanning lopen kans op gehoorsverlies, maar in het algemeen is lawaai-geïnduceerd gehoorsverlies geen relevant effect voor de populatie die woont rondom een luchthaven (Universiteit Maastricht 2002). Andrus *et al.* (1975) vonden rond de vlieghaven van Boston geen relatie tussen vliegtuiggeluid en gehoorsverlies. Er werden toch drie studies teruggevonden die concludeerden dat er een significante associatie bestaat tussen blootstelling aan vliegtuiglawaai en de prevalentie van geluid-geïnduceerd gehoorsverlies. Green *et al.* (1982) vergeleken schattingen van

geluidsblootstelling door vliegtuigen (m.b.v. geluidscontouren) van patiënten met gehoorsverlies in het hoge frequentie spectrum met controls. De resultaten toonden een positieve, maar niet statistisch significante associatie tussen vliegtuiglawaai en het risico of gehoorsverlies in het hoge frequentie gebied. Chen and Chen (1993) onderzochten kinderen die werden blootgesteld aan ongeveer 20 vluchten per schooldag en de piekniveaus gemeten op de speelplaats gingen tot 100 dB(A). Schade aan de perifere cochleaire organen werd aangetoond maar de centrale gehoorsweg bleek niet aangetast. In 1997 vergeleken ze twee groepen van individuen afkomstig van twee gemeentes gelokaliseerd op verschillende afstanden van de luchthaven van Taiwan (Chen *et al.* 1997). De gemeente dichtst de luchthaven lag binnen de 75 dB(A)-contour en de hoogste piekwaarde was ongeveer 86.8 dB(A). In deze gemeente vertoonden 68.7% van de inwoners gehoorsstoornissen in vergelijking met 6.5% in de verafgelegen gemeente. Schade aan het centraal zenuwstelsel (gehoorszenuw) was aantoonbaar bij 44.6% van de personen in de dichtbijgelegen gemeente en slechts 14.1% in de verafgelegen gemeente. De groep in de dichtbijgelegen gemeente vertoonde wel een grotere werkeloosheid en verbleef dus vaker thuis.

#### 4.4 Hinder:

Het voornaamste effect van lawaai afkomstig van vliegtuigen is hinder. Hinder is een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwettheid, dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloed. Blootstelling aan geluid is slechts één van de factoren die de hinder bepaalt. Uit onderzoek blijkt dat vliegtuiggeluid als hinderlijker wordt ervaren dan geluid van weg-treinverkeer bij dezelfde dag-nachtniveaus (Miedema and Oudshoorn 2001). Ook de mate van verontrusting over vliegtuigongevallen is van invloed. Angst roept immers hinder op. Andere zogeheten niet-akoestische factoren die een rol spelen zijn de mate van openheid van het luchthavenbedrijf of van de overheid en de wijze waarop de overheid de milieunormen handhaaft (Nederlandse Gezondheidsraad 1999).

Rylander (1982) analyseerde verschillende epidemiologische studies betreffende hinder te wijten aan verkeer. Hij vond een dosis-respons -relatie tussen hinder en de Laeq. Een

verbeterde relatie werd echter verkregen als de dosis werd uitgedrukt in termen van het piekniveau en het aantal gebeurtenissen. Een studie die de hinder bestudeerde rond twee Zweedse luchthavens toont aan dat hinder veel sterker correleert met het aantal overvliegende vluchten en het maximale geluidsniveau (LAmax) dan met de Laeq (Björkman *et al.* 1992).

#### 4.5 Hartziekten:

De Nederlandse Gezondheidsraad concludeerde dat hypertensie en ischemische hartziekten verwacht kunnen worden bij lawaainiveau's boven 70 dB(A) (Nederlandse Gezondheidsraad 1999). Rosenlund *et al.* (2001) onderzochten twee at random gekozen populaties: een eerste groep van 266 mensen van 19 tot 80 jaar die in de nabijheid van de luchthaven van Stockholm woonden en een tweede troep van 2693 personen die in andere delen van Groot-Stockholm resideerden. De personen werden ingedeeld volgens de gemiddelde en maximale geluidsbelasting in hun woning. De auteurs berekenden een odds ratio voor hypertensie, aangepast aan de leeftijd, het geslacht, al of niet roken en de opleiding, van 1.6 (95% CI: 1.0-2.5) wanneer de gemiddelde geluidsbelasting de 55 dB(A) overschreed en van 1.8 (95% CI: 1.1-2.8) wanneer deze meer bedroeg dan 72 dB(A). Vooral oudere personen waren het vatbaarst. Eerder vonden ze een odds ratio van 1.7 (95% CI 1.1-2.6) voor mensen die blootgesteld waren aan geluidsniveaus boven de 55 dB(A), na correctie voor leeftijd, geslacht, roken, opleidingsniveau en woontijd in het gebied (Rosenlund *et al.* 1999). Babisch (1998) heeft in een review de resultaten van 19 epidemiologische studies naar het effect van lawaai van weg- en vliegverkeer op hart- en vaatziekten op een rij gezet. Babisch concludeert in deze review dat er slechts beperkt bewijs bestaat voor een relatie tussen verkeerslawaai en hoge bloeddruk. Hij concludeerde ook dat de studies die betrekking hebben op ischemische hartziekten wel relatief consistente resultaten geven die duiden op een relatief risico tussen 1.1 en 1.5 voor hoog blootgestelden ten opzichte van laag blootgestelden. Vallet *et al.* (1999) deed onderzoek in huisartsenpraktijken rond het vliegveld Parijs Roissy. Patiënten werd een vragenlijst voorgelegd over hun woon- en werklocatie en hun genotsmiddelengebruik. Huisartsen verstrekten informatie over de medische diagnose, de bloeddruk en de

voorgeschreven medicijnen bij hun patiënten. Er werd geen significant verband gevonden tussen hoge bloeddruk en blootstelling aan vliegtuiglawaai. In een recente meta-analyse van 43 epidemiologische studies gepubliceerd tussen 1970 en 1999 die de relatie tussen blootstelling aan geluid en hoge bloeddruk en ischemische hartziekten onderzochten, werden er indicaties gevonden voor een relatie tussen vliegtuiglawaai en hypertensie (Van Kempen *et al.* 2002). Ze schatten een relatief risico per toename van het geluidsniveau met 5 dB(A) van 1.26 (1.14-1.39). Blootstelling aan vliegtuiglawaai bleek ook positief geassocieerd te zijn met de consultatie van een huisarts of specialist, het gebruik van cardiovasculaire medicijnen en angina pectoris. De auteurs verwijzen echter naar de vele confounders en limitaties bij het karakteriseren van de blootstelling, waardoor het bewijs voor een relatie tussen blootstelling aan geluid en ischemische hartziekten nog steeds niet voor honderd procent vast staat.

#### 4.6 Mortaliteit:

Het is tot op heden onduidelijk of luchthaven-gerelateerd geluid kan resulteren in toegenomen mortaliteit. In 1980 konden Frerichs *et al.* geen verschil in mortaliteit (all-cause of te wijten aan cardiovasculaire aandoeningen of cerebrovasculaire ziekten) aantonen tussen zones nabij de luchthaven van Los Angeles en controlezones. Meecham en Shaw (1993) toonden echter aan dat mensen in de buurt van het Los Angeles International Airport (LAX) een 5% toename van de mortaliteit vertoonden te wijten aan een toename van het aantal fatale ziekten. Er bleek zelfs een 100% toename te zijn van sterfte t.g.v. levercirrhose (meestal te wijten aan alcoholisme).

#### 4.7 Excretie van stresshormonen:

Blootstelling aan geluid heeft het potentieel om, zelfs bij lage niveaus en beneden de ontwakingsdrempel, stresshormonen vrij te stellen. Dit wordt veroorzaakt tussen de nauwe verbinding tussen delen van het gehoorstelsel en de hypothalamus-hypofysaire as (Spreng 2000, Ising and Prasher 2000). Herhaalde geluidsgebeurtenissen (zoals nachtvluchten) kunnen leiden tot de accumulatie van de cortisolconcentratie in het bloed

(Spreng 2002). Spreng (2002) gebruikte een model om het aantal aanvaardbare overvluchten per nacht te berekenen waarbij de cortisolconcentratie niet over de maximale drempel gaat. Voorbeelden van resultaten zijn bijvoorbeeld 11 gebeurtenissen met een piekniveau van 55 dB(A) binnenshuis gedurende een 8 uur durende nacht, of 5 overvluchten met een piekniveau van 75 dB(A).

Maschke *et al.* (1993) toonden aan dat er bij dezelfde proefpersonen een verschil in urinaire concentratie van adrenaline en noradrenaline bestaat tussen nachten met veel overvluchten t.o.v. nachten met weinig overvluchten.

#### 4.8 Slaapverstoring:

Uit de gepubliceerde gegevens valt af te leiden dat er voldoende bewijs is dat blootstelling aan geluid de slaap verstoort en veranderingen in slaappatroon, slaapstadium, subjectieve slaapkwaliteit en ontwaakreacties teweegbrengt. Daarnaast veroorzaakt geluid tijdens de slaap ook andere effecten zoals een versnelde hartslag en beïnvloedt het de stemming de volgende dag. Meetbare effecten op de slaap kunnen waargenomen worden vanaf een Laeq van ongeveer 30 dB(A) (WHO 1999).

Ontwaakreacties kunnen afhangen van de hoogte van de piekniveaus, het aantal geluidsgebeurtenissen en de spreiding van de gebeurtenissen in de tijd. Bij meerdere geluidsgebeurtenissen vlak achter elkaar zijn er verschillende effecten mogelijk. Men kan bijvoorbeeld bij de tweede gebeurtenis nog wakker zijn van de eerste of juist makkelijk wakker worden omdat door de eerste gebeurtenis een verschuiving in slaapstadia heeft plaatsgevonden (RIVM 1993). De resultaten van een onderzoek naar vliegtuiglawaai en slaapverstoring tonen aan dat er in het begin van de nacht minder kans op slaapverstoring is dan in de tweede helft (Ollerhead *et al.* 1992). Ook werd er reeds een verband aangetoond tussen slaapstadiaverschuivingen door geluid en een toename van de uitscheiding van catecholamines (Maschke 1992). Uit een analyse van 11 onderzoeken blijkt dat geluid tijdens de slaap tot een aantoonbare verhoging van de hartslagfrequentie leidt (Hofman 1991). Blockmans *et al.* (2002) toonden ook aan dat er een relatie bestaat tussen nachtelijk ontwaken door vliegtuiglawaai rond Zaventem en arteriële hypertensie. Een toename van de hartslag is waargenomen vanaf piekniveaus van 30 tot 40 dB(A)

(WHO 1993). Volgens het Nederlands Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (1993) kan gesteld worden dat bij een maximaal piekniveau van minder dan 40 dB(A) in de woning waarschijnlijk geen ontwaakreacties optreden, dat bij niveaus van 40-50 dB(A) de ontwaakkans klein is en dat bij niveaus groter dan 50 dB(A) sprake is van een aantoonbare ontwaakkans. Effecten op het slaappatroon kunnen al vanaf een piekniveau van 30 tot 35 dB(A) in de woning optreden.

Het meest recente en grootschalige onderzoek naar slaapverstoring werd uitgevoerd door Passchier-Vermeer *et al.* (RIVM, TNO, 2002). Er werd gebruik gemaakt van actiemeters, apparaatjes die om de pols gedragen worden en die bewegingen detecteren. Een hogere motorische onrust tijdens de slaap gaat samen met vaker in de nacht wakker worden, een slechtere beoordeling van de slaapkwaliteit, en meer klachten over de slaap. De deelnemers konden ook doormiddel van een drukknopje op de actimeter aangeven dat ze tijdens hun slaaperiode tussentijds wakker zijn geworden. De geluidsniveaus werden elke seconde bepaald met geluidsmeters zowel in de slaapkamer van elke deelnemer als buiten op een plaats centraal gelegen in de locatie. Aan het onderzoek hebben 418 mannen en vrouwen (18-81 jaar) deelgenomen. Hieronder zijn de belangrijkste bevindingen van het onderzoek samengevat:

- De toename in de kans op motiliteit begint bij veel lagere maximale geluidsniveaus van vliegtuigpassages op te treden dan tot nu toe werd verondersteld: de gemiddelde drempel van het maximale geluidsniveau van een vliegtuigpassage voor de toename van de kans op motiliteit is 32 dB(A) in de slaapkamer en ligt ongeveer 15 dB(A) lager dan gevonden in het CAA onderzoek uit 1992, dat is uitgevoerd in de omgeving van Britse vliegvelden (Ollerhead *et al.* 1992, Horne *et al.* 1994). Deze 32 dB(A) in de slaapkamer komt overeen met ongeveer 53 dB(A) buitenshuis.
- Mensen die tijdens de slaap aan veel vliegtuiggeluid blootstaan hebben een grotere kans op herinnerd tussentijds ontwaken door vliegtuiggeluid dan mensen met een lage nachtelijke vliegtuiggeluidsbelasting. Echter, omgerekend naar één vliegtuigpassage is deze kans bij mensen die tijdens de slaap aan veel vliegtuiggeluid blootstaan geringer.
- De kans op motiliteit door een vliegtuigpassage is tussen 6 en 7 uur 10% groter en tussen 23 en 24 uur 10% kleiner dan die kans tussen 24 en 6 uur.

- Vliegtuiggeluid tijdens inslapen maakt inslapen moeilijker, verlengt de duur van de inslaaptijd en verhoogt de motorische onrust tijdens de slaap.
- Vliegtuiggeluid tijdens de slaap heeft geen effect op de reactiesnelheid of het aantal fouten gemaakt tijdens het uitvoeren van een 10 minuten durende test.
- Er is een sterk verband tussen motorische onrust tijdens de slaap en vaker wakker worden, een slechtere beoordeling van de slaapkwaliteit en meer klachten over de slaap.
- Bij toenemend vliegtuiggeluid tijdens de slaap neemt het aantal personen dat slaapmiddelen gebruikt toe. Dit geldt met name voor oudere personen.
- Deze effecten voor nachtelijk vliegtuiggeluid komen in een groot gebied rond Schiphol voor. Slechts 2 tot 2.5% van de effecten treedt op bij personen die wonen binnen het door nachtelijk vliegtuiggeluid zwaarst belaste gebied rond Schiphol.

#### 4.9 Psychologische effecten en prestaties:

Een aantal studies konden geen significant verschil aantonen in het aantal opnames in psychiatrische inrichtingen tussen gebieden met een hoge en een lage geluidsbelasting. (Abey-Wickrama *et al.* 1969, Gattoni and Tarnopolsky 1973, Tarnopolsky *et al.* 1978). Uit latere analyse van deze gegevens blijkt echter dat het percentage mensen dat in psychiatrische inrichtingen is opgenomen, wel toeneemt met de geluidsbelasting door vliegtuigen (Kryter 1985, Kryter 1990). In het gebied met een door vliegtuiglawaai veroorzaakt equivalent geluidsniveau over een etmaal van 65 tot 75 dB(A) ligt het aantal opnames per 1000 personen 2 keer zo hoog dan in gebieden met geluidsbelastingen door vliegtuigen van minder dan 55 dB(A).

Kryter (1990) concludeerde op basis van gegevens van Jenkins *et al.* (1981) dat er een statistisch significante associatie bestaat tussen het aantal opnames in psychiatrische instellingen en de blootstelling aan vliegtuiglawaai.

Vaak werd er in studies geen associatie gevonden tussen bepaalde effecten en het niveau van geluidsblootstelling maar wel tussen die effecten en de mate van hinder. Tarnopolsky *et al.* (1980) bijvoorbeeld onderzochten het effect van vliegtuiggeluid op 27 chronische en acute psychiatrische symptomen. Hij toonde een positieve associatie aan tussen het

niveau van lawaai en depressie en prikkelbaarheid. Ze concludeerden dat de meeste symptomen, onafhankelijk van hun associatie met geluid, frequenter voorkwamen bij mensen die ook een hoge hinder ervaarden. Ook Watkins et al. (1981) vonden dat effecten zoals het gebruik van medicijnen en het bezoeken van medische faciliteiten niet vaker voorkwamen in gebieden met hoge geluidsniveaus t.g.v. overvliegende vliegtuigen. Ze konden wel besluiten dat in het gebied met hoge vliegtuiggeluidsblootstelling het gebruik van niet-voorgeschreven drugs significant hoger lag bij mensen die veel hinder ondervonden dan bij zij die minder hinder ervaarden. De inname van psychotrope medicijnen en het bezoeken van medische faciliteiten nam toe met toegenomen hinder in zowel gebieden met lage en hoge blootstelling aan vliegtuiggeluid, maar de verschillen bleken niet statistisch significant.

Smith and Stansfeld (1986) vergeleek het optreden van fouten in de dagelijkse prestatie (gebaseerd op zelfrapportage) bij onderzoekspersonen die in een gebied met veel vliegtuiglawaai wonen, met die afkomstig uit een gebied met weinig lawaai. De hoogbelaste groep rapporteerde een hogere frequentie van fouten in vragen betreffende de attentie en het geheugen.

#### 4.10 Effecten bij kinderen:

Uit onderzoek op school komt naar voor dat geluid een negatieve invloed heeft op de concentratie en prestatie van kinderen. Bij jongere kinderen blijkt het effect het grootst te zijn.

Evans *et al.* (1995) toonden bij schoolkinderen nabij het voormalige vliegveld van München leerachterstand en verlies van lange-termijngeheugen aan. Deze effecten verdwenen nadat het vliegveld in 1992 sloot. Na 1992 namen zij overeenkomstige effecten waar bij kinderen in de omgeving van het nieuwe vliegveld van München. De niveaus van catecholaminen in de ochtendurine van kinderen die jarenlang aan het vliegtuiggeluid van het voormalige vliegveld waren blootgesteld, waren statistisch significant hoger dan die bij referentiekinderen. Uit verder onderzoek bleek dat kinderen bij het nieuwe vliegveld in de loop van de tijd statistisch significant toegenomen niveaus van catecholaminen in de ochtendurine bevatten. Ook de systolische bloeddruk was

statistisch significant hoger bij kinderen die langdurig waren blootgesteld aan vliegtuiggeluid, dan bij niet blootgestelde kinderen (Evans *et al.* 1998). De geluidsniveaus (Laeq, 24h) bedroegen van 62 dB(A) voor de onderzoeksgroepen en niet meer dan 53 dB(A) voor de referentiekinderen. Verdere analyses van dit onderzoek gebeurden in 1999 en 2002 (Bullinger *et al.* 1999, Hygge *et al.* 2002). Voor en na de opening van het nieuwe vliegveld en de sluiting van het oude, werden 326 kinderen van beide sites vergeleken met elkaar. De Laeq rond de nieuwe luchthaven nam toe van 53 naar 62 dB(A) terwijl rond de oude luchthaven een afname te zien was van de Laeq van 68 naar 49 dB(A). Bij kinderen rondom de nieuwe luchthaven ziet men dat de motivatie voor het oplossen van complexe taken over 18 maand afneemt. Een vergelijkbaar laag niveau van motivatie werd waargenomen bij de kinderen rond de oude luchthaven bij de aanvang van de studie maar hier zag men geleidelijke verbetering over 18 maand (Bullinger *et al.* 1999). Na de switch ziet men bij de nieuw blootgestelde groep stoornissen in leesvaardigheid en lange-termijngeheugen terwijl bij de vroeger blootgestelden hier een verbetering optrad (Hygge *et al.* 2002). Rond de oude luchthaven trad er ook een verbetering op van het korte-termijngeheugen.

Een studie naar cognitieve prestaties en gezondheid vergeleek 340 schoolkinderen, in de omgeving van Heathrow, afkomstig van een gebied met veel vliegtuiglawaai (Laeq 16 uur buitenshuis >66 dB(A)) met kinderen wiens school blootgesteld werd aan minder vliegtuiglawaai (Laeq 16 uur buitenshuis <57 dB(A)). Chronisch lawaai van vliegtuigen bleek echter niet significant geassocieerd met mentale gezondheidsproblemen maar zorgt wel voor geluidshinder en een slechte score voor begrijpend lezen (Haines *et al.* 2001a). In een andere studie vergeleken de auteurs 451 kinderen, afkomstig van scholen blootgesteld aan veel vliegtuiggeluid (Laeq 16 uur buitenshuis >63 dB(A)) met kinderen afkomstig van scholen blootgesteld aan minder vliegtuiglawaai (Laeq 16 uur buitenshuis <57 dB(A)) (Haines *et al.* 2001b). Ze kwamen tot de conclusie dat vliegtuiglawaai specifieke cognitieve functiestoornissen veroorzaakt, zoals vereist bij het lezen van moeilijke teksten. In een derde studie vergeleken ze 275 kinderen blootgesteld aan vliegtuiglawaai rond Heathrow (Laeq 16 uur buitenshuis >66 dB(A)) met een controle groep (Laeq 16 uur buitenshuis <57 dB(A)) (Haines *et al.* 2001c). Na een jaar werden de testen herhaald om gewenning aan te tonen. Ze concludeerden dat kinderen rond de

luchthaven meer stress en hinder ervaren, minder goed lezen en zich minder goed kunnen concentreren. Voor deze verschijnselen treedt geen gewenning of aanpassing op. De meest recente studie van deze auteurs onderzocht 11000 kinderen van 126 scholen rond Heathrow. Ze kwamen tot de conclusie dat chronische blootstelling aan vliegtuiglawaai op een dosis-afhankelijke manier geassocieerd is met verminderde lees- en rekenvaardigheden maar de associatie bleek beïnvloed door socio-economische factoren. Ook Green *et al.* (1982) kwamen reeds tot de conclusie dat vliegtuiglawaai het leesvermogen van kinderen in het gedrang brengt. Piekniveaus lagen hier alle boven 84.7 dB(A) en de Laeq lag tussen 55.4 en 67.7 dB(A).

Cohen *et al.* (1980) heeft het effect bestudeerd van vliegtuiglawaai waaraan schoolkinderen tijdens schooltijd werden blootgesteld. De gegevens van 142 kinderen uit vier scholen onder een aanvliegroute van Los Angeles International Airport, met gemiddeld elke 2.5 minuut een vliegtuig dat in het klaslokaal een gemiddeld maximaal geluidsniveau van 74 dB(A) produceert, zijn vergeleken met die van 120 kinderen uit rustiger scholen met een gemiddeld maximale geluidsniveaus van 56 dB(A). De gemeten diastolische en systolische bloeddruk was gemiddeld ongeveer 3 mmHg hoger bij kinderen op de scholen met meer lawaai. Stansfeld *et al.* (2000) toonden aan dat chronische blootstelling aan vliegtuiglawaai bij kinderen het leesvermogen en langetermijngeheugen aantasten en dat het geassocieerd is met toegenomen bloeddruk.

#### 4.11 Geboortegewicht:

Ando and Hattori (1973) vergeleken babies geboren in Itami (bij de Internationale Luchthaven van Osaka) met babies uit naburige steden, zowel voor als na de introductie van jet vliegtuigen. Ze vonden een positieve associatie tussen de hoeveelheid lage gewichten en de geschatte geluidsniveau's. Ze concludeerden dat de groei van het menselijke embryo geïnhibeerd wordt door vliegtuiglawaai. Knipschild *et al.* (1981) bevestigden deze resultaten gedeeltelijk en rapporteerden een statistisch significante associatie tussen laag geboortegewicht bij meisjes en vliegtuiglawaai rond de luchthaven van Schiphol en dit na het in rekening brengen van ouderlijk inkomen. In een rapport van de effecten van geluid veroorzaakt door een militaire luchtbasis (VS) werd er een

toegenomen incidentie gerapporteerd van babies met een laag geboortegewicht te wijten aan vliegtuiglawaai in twee van de gecontroleerde steden, zelfs na het in rekening brengen van verschillende socio-economische variabelen (Hiramatsu 1999). Het aantal vroeggeboorten nam ook significant toe met toenemende geluidsniveaus. Rehm and Jansen (1978) observeerden nabij de luchthaven van Düsseldorf een tendens tot een groter aantal vroeggeboorten. Deze toename bleek echter niet significant.

## 5. Normen:

---

In tabel 2 ziet u de normen voor geluidsblootstelling die de WHO (1999) heeft vastgelegd.

Tabel 2: normen (WHO 1999)

<i>Plaats</i>	<i>Laeq</i> <i>dB(A)</i>	<i>Lamax</i> <i>dB(A)</i>
<i>Slaapkamer (binnen)</i>	30	45
<i>Slaapkamer (buiten of met raam open)</i>	45	60
<i>School (in klaslokaal)</i>	35	-
<i>School (op speelplaats)</i>	55	-

De 45 dB(A) Lamax norm voor de slaapkamer die de WGO naar voor schuift is het gevolg van onderzoek naar slaapverstoring waar correlatie werd gemaakt tussen slaapverstoring en geluid buitenshuis waarbij de 45 dB(A) Lamax norm werd afgeleid a.d.h.v. allerlei extrapolaties van gevelwering. De 45 dB(A) werd dus niet gemeten maar geëxtrapoleerd. Nieuw in de TNO studie is evenwel dat men is gaan inzien dat slaapverstoring reeds optreedt vanaf 32 dB(A) Lamax gemeten in de slaapkamer. Deze nieuwe herziene waarde werd voor het eerst bekomen a.d.h.v. grootschalig onderzoek rond Schiphol waarbij rechtstreeks de geluidsterkte per overvliegend toestel werd gemeten binnenshuis (TNO, RIVM 2002).

## 6. Besluit:

---

Het mag duidelijk zijn dat er duidelijke effecten zijn van het wonen nabij een luchthaven die de gezondheid kunnen beïnvloeden. Naast een (kleine) kans op een ongeval, zijn er de gezondheidsschadende effecten van luchtvervuiling (voornamelijk van het vliegtuiggerelateerde verkeer) en vooral de effecten van blootstelling aan vliegtuiggeluid. Wat de luchtvervuiling betreft is het niveau van luchtverontreiniging rond een luchthaven vergelijkbaar met dat in geïndustrialiseerde gebieden en wordt grotendeels bepaald door wegverkeer in en rond het vliegveld. Wellicht zijn de gezondheidseffecten van deze luchtverontreiniging zowel wat aard als wat incidentie/prevalentie betreft vergelijkbaar met deze die in grootsteden of industriegebieden waargenomen worden -en omvatten, wat lange termijn effecten betreft, onder meer longfunctievermindering, toename van luchtwegaandoeningen en longkanker. Wat lawaai betreft dienen volgende gezondheidseffecten als bewezen te worden beschouwd: hinder; slaapverstoring; arteriële hypertensie (ondermeer bij kinderen); medicijngebruik voor hart, bloedvaten en bloeddruk; gebruik van psychotrope geneesmiddelen; verstoring van cognitieve prestaties bij kinderen. Waarschijnlijk stijgen ook de incidentie van ischemische hartziekten en het aantal opnamen in psychiatrische instellingen. Nederlands onderzoek heeft aangetoond dat slaapverstoring reeds optreedt vanaf 32 dB(A) L<sub>max</sub> gemeten in de slaapkamer, dit in tegenstelling tot de waarde van 45 dB(A) gehanteerd door de WHO.

Het is dus nodig om de blootstelling aan vliegtuiglawaai dermate te minimaliseren dat de gezondheidseffecten te verwaarlozen zijn. Met betrekking op de huidige situatie in Brussel kunnen de volgende bedenkingen worden gemaakt:

Bij het evalueren van de effecten op de bewoners van de gemeenten rond de luchthaven moet er, meer dan met de Laeq, rekening gehouden worden met het aantal vluchten en de piekniveaus die ze behalen. De Nederlandse Gezondheidsraad (1997) kwam tot de conclusie dat de Laeq geen goede indicator is voor het aantal ontwaakreacties. De ontwaakreacties hangen af van het aantal geluidsgebeurtenissen gedurende de nacht die een bepaalde SEL overschrijden. Rylander (1982) analyseerde verschillende

epidemiologische studies betreffende hinder te wijten aan verkeer. Hij vond een dosis-respons relatie tussen hinder en de Laeq. Een verbeterde relatie werd echter verkregen als de dosis werd uitgedrukt in termen van het piekniveau en het aantal gebeurtenissen. Een studie die de hinder bestudeerde rond twee Zweedse luchthavens toont aan dat hinder veel sterker correleert met het aantal overvliegende vluchten en het maximale geluidsniveau (L<sub>Amax</sub>) dan met de Laeq (Björkman *et al.* 1992). Dus ook al is het totale equivalent geluidsniveau (L<sub>Aeq</sub>) hetzelfde, toch kan een groot aantal overvluchten met een betrekkelijk stil vliegtuig een grotere kans op ontwaking veroorzaken dan een klein aantal overvluchten met een hoge maximale geluidsdruk (Nederlandse Gezondheidsraad 1997). Bovendien maken veelvuldige vliegtuigpassages, naast een grotere kans op ontwaking, het herinslapen na een eventuele ontwaking ook veel moeilijker. **Normen voor vliegtuiglawaai moeten dus niet alleen worden uitgedrukt in Laeq maar vooral in L<sub>Amax</sub> of SEL en het aantal overvluchten. Om de verstoring van de nachtrust te beperken is het dus niet voldoende om de geluidshinder te beperken, ook het aantal passages en de L<sub>Amax</sub> moeten beperkt worden.**

De WHO (1999) stelt dat voor een goede nachtrust er per nacht maximaal 10 tot 15 gebeurtenissen in de buurt van 45 dB(A) (in de slaapkamer) mogen komen, tezamen goed voor een Laeq waarde gedurende een 8 uur durende nacht van 20 tot 25 dB(A). Deze Laeq-waarde ligt 5-10 dB(A) onder de limiet voorzien door de WHO nl. 30 dB(A). Rekeninghoudend met de mogelijkheid om 's nacht het raam open te laten staan (verluchting, afkoeling) zou de Laeq buitenshuis de 45 dB(A) niet mogen overschrijden. Bovendien is het zo dat er door een TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek) studie werd aangetoond dat slaapverstoring reeds optreedt vanaf 32 dB(A) L<sub>Amax</sub> gemeten in de slaapkamer. Deze nieuwe herziene waarde werd voor het eerst bekomen a.d.h.v. grootschalig onderzoek rond Schiphol waarbij rechtstreeks de geluidsterkte per overvliegend toestel werd gemeten binnenshuis (TNO, RIVM 2002).

Een tweede probleem is dat de nacht voor de luchthaven van Brussel-Nationaal bepaald is als van 23.00 tot 5.59. Er is echter reeds bewezen dat de kans op motiliteit tijdens de slaap tussen 6 en 7 uur 10% groter is dan tussen 24 en 6 uur.

Een ander probleem is dat vliegtuigen bronnen zijn van laag-frequent geluid. Bij lagere frequenties komt de gehoordrempel steeds hoger te liggen. Tegelijkertijd echter zijn we juist gevoeliger voor dat deel dat we wél horen waardoor er al hinder kan ontstaan bij kleine overschrijdingen van de gehoordrempel. Vliegtuigen stralen ook hoogfrequent geluid uit en dit aandeel kan heel goed de meteruitslag in een dB(A)-meting bepalen, maar is daarom niet altijd representatief voor de optredende hinder. Eigenlijk zou voor hogere geluidsniveaus in plaats van de A-weging, de B-weging en de C-weging moeten toegepast worden want in deze wegingen komt het hinderlijk effect van sterk laagfrequent geluid beter naar voor. Bovendien is het moeilijker om woningen te isoleren voor laagfrequent geluid dan voor hoogfrequent geluid.

## **Bibliografie:**

---

Abey-Wickrama, I., A'Brook, M.F., Gattoni, F.E.G., *et al.* (1969) 'Mental hospital admissions and aircraft noise.' *Lancet*, 2: 1275-1277.

Ando, Y., Hattori, H. (1973) 'Statistical studies on the effects of intense noise during human fetal life.' *J Sound Vibration*, 27: 101-110.

Andrus, W.S., Kerrigan, M.E., Bird, K.T. (1975) 'Hearing and para-airport children.' *Aviat Space Environ Med*, 46(5): 740-2.

Babisch, W. (1998) 'Epidemiological studies of cardiovascular effects of traffic noise.' 7th international congress on noise as a public health problem. Volume 1. Eds: Carter, N, Job, R.F.S. Sydney.

Björkman, M., Åhrlin, U., Rylander, R. (1992) 'Aircraft noise annoyance and average versus maximum noise levels.' *Arch Environ Health*, 47(5) : 326-329.

Blockmans, D., Vandeputte, A., Masschelein, R. (2002) 'Gezondheidsklachten bij omwonenden van een internationale luchthaven.' *Tijdschr voor Geneeskunde*, 58(21): 1398-1406.

Brady, S.D., Hillestad, R.J. (1995) 'Modelling the external risks for airports for policy analysis.' Santa Monica, California, USA: RAND.

Bullinger, M., Hygge, S., Evans, G.W., Meis, M., Mackensen, S.V. (1999) 'The psychological cost of aircraft noise for children.' *Zbl Hyg Umweltmed*, 202: 127-138.

Chen, T.J., Chen, S.S. (1993) 'Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of school-age children.' *Int Arch Occup Environ Health*, 65: 107-111.

Chen, T.J., Chen, S.S., Hsieh, P.Y. (1997) 'Auditory effects of aircraft noise on people living near an airport.' *Arch Environ Health*, 52(1): 45-50.

Cohen, S., Evans, G.W., Krantz, D.S., *et al.* (1980) 'Psychological, motivational and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field.' *Am Psychol*, 35: 231-243.

Devroey, D., Betz, W., Coigniez, P. (2002) 'Onderzoek naar de invloed van geluidsoverlast op de gezondheidswaarneming van stadsbewoners : epidemiologisch onderzoek.' *Tijdschrift voor Geneeskunde*, 58(1): 1392-1397.

Evans, A.W., Jones-Lee, M. *et al.* (1997) 'Third party risk near airports and public safety zone policy.' London, UK: Department of the Environment, Transport, and Regions.

Evans, G.W., Bullinger, M., Hygge, S. (1998) 'Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress.' *Psychological Science*, 9(1): 75-7.

Evans, G.W., Hygge, S., Bullinger, M. (1995) 'Chronic noise and psychological stress.' *Psychol Sci*, 6(6): 333-8.

Frerichs, R.R., Beeman, B.L., Coulson, A.H. (1980) 'Los Angeles airport noise and mortality-faulty analysis and public policy.' *Am J Public Health*, 70(4): 357-362.

Gattoni, F.E.G., Tarnopolsky, A. (1973) 'Aircraft noise and psychiatric morbidity.' *Psychol Med*, 3: 516-520.

Green, K.B., Pasternack, B.S., Shore, R.E. (1982) 'Effects of aircraft noise on reading ability of school-age children.' *Arch Environ Health*, 37(1): 24-31.

Haines, M.M., Stansfeld, S.A., Brentnall, S., Head, J., Berry, B., Jiggins, M., Hygge, S. (2001b) 'The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health.' *Psychological Medicine*, 31: 1385-1396.

Haines, M.M., Stansfeld, S.A., Job, R.F., Berglund, B., Head, J. (2001a) 'Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children.' *Psychol Med*, 31(2): 265-277.

Haines, M.M., Stansfeld, S.A., Job, R.F., Berglund, B., Head, J. (2001c) 'A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition.' *Int J Epidemiol*, 30: 839-845.

Hillestad, R., Solomon, K., Chow, B., et al. (1993) 'Airport growth and safety: a study of the external risks of Schiphol Airport and possible safety-enhancement measures. Santa Monica: European:American Centre for Policy Analysis, RAND.

Hiramatsu, K. (1999) 'Report on the aircraft noise as a public health problem in Okinawa.' Asahikawa, Japan: Department of Hygiene, Asahikawa Medical College.

Hofman, W.F. (1991) 'Vliegtuiglawaai, slaap en gezondheid.' Achtergrondstudie in opdracht van de Gezondheidsraad: A91/1, Den Haag.

Horne, J.A., Pankhurst, F.L., Reyner, L.A., Hume, K., Diamond, I.D. (1994) 'A field study of sleep disturbance: effects of aircraft noise and other factors on 5742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample.' *Sleep*, 17(2): 146-59.

Hygge, S., Evans, G., Bullinger, M. (2002) 'A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren.' *Psychol Sci*, 13(5): 469-474.

Ising, H., Prasher, D. (2000) 'Noise as a stressor and its impact on health.' *Noise and Health*, 7: 5-6.

Jenkins, L., Tarnopolsky, A., Hand, D. (1981) 'Psychiatric admissions and aircraft noise from London Airport: four-year, three-hospitals study.' *Psychological Medicine*, 11: 765-782

Knipschild, P., Meijer, H., Salle, H. (1981) 'Aircraft noise and birth weight.' *Int Arch Occup Environ Health*, 48(2): 131-136.

Kryter, K.D. (1985) *The effects of noise on man*. 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press, Orlando.

Kryter, K.D. (1990) 'Aircraft noise and social factors in psychiatric hospital admission rates: a re-examination of some data.' *Psychological medicine*, 20: 395-411.

Lercher, P., Schmitzberger, R., Kofler, W. (1995) 'Perceived traffic air pollution, associated behaviour and health in an alpine area.' *Sci Total Environ*, 169: 71-74.

Maschke, C. (1992) 'Der einfluß von nachfluglärm auf den schlafverlauf und die katecholaminausscheidung.' Dissertation. Technische Universität Berlin, Berlin.

Maschke, C., Breinl, S., Grimm, R., Ising, H. (1993) 'The influence of nocturnal aircraft noise on sleep and on catecholamine secretion.' *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*, 88: 395-407.

Meecham W.C. and Shaw N.A. (1993) 'Increase in mortality rates due to aircraft noise' *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*, 88: 428-441.

Miedema, H.M.E. and Oudshoorn C.G. (2001) 'Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals' *Environ Health Perspect* 109(4): 409-416.

Morrell, S., Taylor, R., Lyle, D. (1997) 'A review of health effects of aircraft noise.' *Aust NZ J Public Health*, 21(2): 221-236.

Nederlandse Gezondheidsraad (1997) 'Calculating environmental noise, proposal for a uniform system of noise measures for the determination of annoyance and sleep disturbance by noise.' Nr 1997/23, Den Haag.

Nederlandse Gezondheidsraad (1999) 'Grote luchthavens en gezondheid.' Nr 1999/14 Den Haag.

Ollerhead, J.V., Jones, G.J., Cadoux, R.E., *et al.* (1992) 'Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance.' Civil Aviation Authority, London.

Passchier, W., Knottnerus, A, Albering, H., Walda, I. (2000) 'Public health impact of large airports.' *Reviews on Environmental Health*, 15(1-2): 83-96.

Piers, M., Loog, M.P., Giesberts, M.K.H., *et al.* (1993) 'The development of a method for the analysis of societal and individual risk due to aircraft accidents in the vicinity of airports.' Amsterdam: National Aerospace Laboratory NLR. The Netherlands.

Ranter, H., Lujan, ,F.I. (1999) 'Aviation safety network: statistics. World Wide Web. <http://aviation-safety.net/statistics/index.html>.

Rehm, S., Jansen, G. (1978) 'Aircraft noise and premature birth.' *J Sound Vibration*, 59: 133-135.

RIVM (1993) 'Gezondheidskundige evaluatie Schiphol' Rapport nummer: 441520001, Bilthoven.

RIVM (1999) 'Health Impact Assessment Schiphol airport. Overview of results until 1999.' Report nr. 441520012.

RIVM 441520019, TNO 2002.028 (2002) 'Slaapverstoring door vliegtuiggeluid'  
Passchier-Vermeer, W., Miedema, H.M.E., Vos, H., Steenbekkers, H.J.M., Houthuijs, D.,  
Reijneveld, S.A.

Rosenlund, M., Berglind, N., Pershagen, G. (1999) 'Relation between aircraft noise and  
hypertension.' *Epidemiology*, 10(S): 140.

Rosenlund, M., Berglind, N., Pershagen, G., Järup, L., Bluhm, G. (2001) 'Increased  
prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise.' *Occup Environ  
Med*, 58: 769-773.

Rylander, R. (1982) 'Importance of the number of events and maximum noise level in  
evaluating annoyance.' *Soz Präventivmed*, 27(2-3): 115-9.

Smith, A., Stansfeld, S. (1986) 'Aircraft noise exposure, noise sensitivity, and everyday  
errors.' *Environ Behav*, 18-2: 214-226.

Spreng, M. (2000) 'Central nervous system activation by noise.' *Noise and Health*, 7: 49-  
57.

Spreng, M. (2002) 'Cortical excitations, cortisol excretion and estimation of tolerable  
nightly over-flights.' *Noise and Health*, 4(16): 39-46.

Stansfeld, S., Haines, M., Brown, B. (2000) 'Noise and health in the urban environment.'  
*Rev Environ Health*, 15(1-2): 43-82.

Steinheider, B., Both, R., Winneke, G. (1998) 'Field studies on environmental odours  
inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms.' *J  
Psychophysiol*, Suppl: 64-79.

Tarnopolsky, A., Barker, S.M., Wiggins, R.D., *et al.* (1978) 'The effect of aircraft noise on the mental health of a community sample: a pilot study.' *Psychol Med*, 8: 219-233.

Tarnopolsky, A., Watkins, G., Hand, D.J. (1980) 'Aircraft noise and mental health: I. Prevalence of individual symptoms.' *Psychol. Med.*, 10(4): 683-698.

Universiteit Maastricht, Department of Health Risk Analysis and Toxicology (2002) 'Healthy Airports: A proposal for a comprehensive set of airport environmental health indicators'.

Vallet, M., Cohen, J.M., Mosnier, A., Trucy, D. (1999) 'Airport noise and epidemiological study of health effects: a feasibility study.' Proceedings of Internoise. Volume 2. Eds: Cuschieri, J., Glegg, S., Yong, Y. Florida.

Van Kempen E.E.M.M., Kreuze H., Boshuizen H.C., Ameling C.B., Staatsen B.A.M., de Hollander A.E.M. (2002) 'The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis' *Environ Health Perspect*, 110(3): 307-317.

Visser, O., Van Wijnen J.H., Benraadt, J., Van Leeuwen, F.E. (1997) 'Incidentie van kanker in de omgeving van Schiphol in 1988-1993.' *Ned Tijdschr Geneeskunde*, 141(10): 468-473.

Watkins, G., Tarnopolsky, A., Jenkins, L.M. (1981) 'Aircraft noise and mental health: II. Use of medicines and health care services.' *Psychological Medicine*, 11: 155-168.

World Health Organization (1993) Community noise. Environmental criteria document. External review draft. WHO, Geneva.

World Health Organization (1999) Guidelines for community noise. Geneva.