



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Gezondheidsonderzoek vliegbasis Geilenkirchen (Desk Research) I

Hoofdrapportage: samenvatting,
conclusies en aanbevelingen

Gezondheidsonderzoek Vliegbasis
Geilenkirchen

RIVM rapport 630028011/2014

R. van Poll (ed.) et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen (Desk Research) I

Hoofdrapportage: samenvatting, conclusies en
aanbevelingen Gezondheidsonderzoek
Vliegbasis Geilenkirchen

RIVM Rapport 630028011/2014

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Caroline Ameling
Oscar Breugelmans
Danny Houthuis
Elise van Kempen
Marten Marra
Ric van Poll (editor)
Wim Swart

Contact:
ric.van.poll@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen'.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

www.rivm.nl

Voorwoord

Voor u ligt de hoofd rapportage van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen (GVG)'. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), directie Luchtvaart. Het onderzoek is uitgevoerd door het Centrum voor Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid (DMG) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Met dit rapport wordt antwoord gegeven op de kennisvraag van het ministerie van IenM over de invloed van de langetermijnblootstelling aan (piek)geluid van passages van militair vliegverkeer op verschillende welzijns- en gezondheidseindpunten van de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen (D).

Diverse personen zijn betrokken geweest bij de uitvoering van het onderzoek en de totstandkoming van de rapportage, allen met hun eigen rol. Voor de opdrachtgever (IenM) trad dr. Rob Morsink als contactpersoon op gedurende het onderzoek. Het RIVM-projectteam bestond uit Caroline Ameling, ir. Oscar Breugelmans, ir. Danny Houthuijs, dr. Elise van Kempen, ing. Marten Marra, dr. Ric van Poll (opdrachtcoördinator) en drs. ing. Wim Swart.

Gedurende het project heeft het RIVM-team dankbaar gebruik kunnen maken van de inzichten uit twee adviescommissies: een maatschappelijke en een wetenschappelijke adviescommissie. De maatschappelijke adviescommissie (MAC) bestond uit vertegenwoordigers uit de regio van bestuur, (bewoners)belangenorganisaties, de vliegbasis en de GGD. In de MAC hadden zitting: Diana Metsemakers, gemeente Onderbanken; Huub Kockelkoren, gemeente Brunssum; Wim van Buggenum, gemeente Schinnen; Peter Simons/Peter Kupperts, provincie Limburg, Jac Fijnaut, vereniging 'Stop AWACS Overlast'; Hans Hermans, Artsen platform Zuid-Limburg; Wilko ter Horst/Rene Moerland, vliegbasis Geilenkirchen en Paola Essers, GGD Zuid Limburg. In de wetenschappelijke adviescommissie hadden onderzoekers van universiteiten, GGD en TNO zitting. De leden van de WAC waren: prof. dr. Wim Passchier, emeritus hoogleraar Risicoanalyse, Universiteit Maastricht, dr. Anke Huss, epidemioloog, Universiteit Utrecht, dr. KlaasJan Hajema, epidemioloog, GGD Zuid Limburg en dr. Arno Eisses, geluidexpert, TNO.

De berekeningen voor de blootstellingsgegevens van het vliegverkeer in Zuid-Limburg zijn uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van ir. Roel Hogenhuijs en ing. Henk Veerbeek van het Nationale Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR). Ir. Dick Bergmans, eveneens NLR, heeft geadviseerd over de geluidberekeningen. Drs. Henk Vos (†), TNO, heeft geadviseerd over de implementatie van de geluidberekeningen.

De auteurs willen graag alle bovengenoemde personen bedanken voor hun inzet en bijdrage aan dit onderzoek.

Veel mensen waren betrokken bij de totstandkoming van dit rapport. De uiteindelijke verantwoordelijkheid voor de inhoud van het rapport ligt bij het RIVM.

Publiekssamenvatting

Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen

Het RIVM heeft onderzocht wat voor invloed het geluid van militair vliegverkeer (onder andere AWACS) heeft op de gezondheid van inwoners in de Nederlandse regio rond de vliegbasis. Daaruit blijkt dat tussen 2002 en 2012 de omvang van de hinder met ongeveer de helft en de omvang van de gezondheidseffecten met bijna twee derde zijn afgenomen. Deze daling gaat gelijk op met het afgenomen aantal vliegbewegingen, en daarmee naar alle waarschijnlijkheid, met de blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer. Maar nog steeds heeft een deel van de bewoners last van ernstige geluidhinder. Daarnaast heeft een aantal inwoners last van een hoge bloeddruk of ondervindt hart- en vaataandoeningen (hartinfarct, beroerte) door het geluid van militaire vliegtuigen.

Met dit onderzoek is niet aan te tonen of de verhoogde kans op sterfte door een beroerte een gevolg is van het militair vliegtuiggeluid. Het kan ook niet worden uitgesloten, aangezien er een aanwijzing is voor een verhoogde kans op sterfte door een beroerte in het gebied waar de blootstelling aan militair vliegtuiggeluid het hoogst is. Er zijn meerdere factoren die een beroerte kunnen veroorzaken, zoals iemands leefstijl. Gegevens over deze factoren bij de bevolking zijn niet bekend. Er zijn geen signalen gevonden voor een verhoogd risico op sterfte door alle hart- en vaataandoeningen samen.

In 2012 hadden ongeveer 29.000 van de circa 500.000 volwassen inwoners in Zuid-Limburg last van ernstige geluidhinder. In de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen zijn dit ongeveer 13.000 van de circa 220.000 volwassen inwoners. Vooral inwoners van gemeenten dichtbij de vliegbasis, zoals Onderbanken, Brunssum en Schinnen ondervinden veel geluidhinder. Als mensen zelf aangeven hoe ze hun gezondheid ervaren (zelfgerapporteerde gezondheid), is daarin geen relatie terug te zien met geluid van vliegverkeer. Van de 638 kinderen met een leesachterstand in Zuid-Limburg, hebben naar schatting twee kinderen een leesachterstand als gevolg van het geluid van vliegverkeer. Rondom de vliegbasis Geilenkirchen is dit één kind op 272 kinderen met een leesachterstand als gevolg van het geluid van militair vliegverkeer. Van de ongeveer 160.000 mensen in Zuid-Limburg die volgens berekeningen een hoge bloeddruk hebben, hebben naar schatting 80 mensen een hoge bloeddruk als gevolg van het geluid van vliegverkeer. Daardoor zullen naar verwachting zeven mensen in de komende 20 jaar hart- en vaataandoeningen krijgen als gevolg van blootstelling aan vliegverkeer. Rondom de vliegbasis Geilenkirchen zijn dit 33 mensen met een hoge bloeddruk als gevolg van geluid van militair vliegverkeer. In de komende 20 jaar zal dit tot drie gevallen van hart- en vaataandoeningen leiden.

Het RIVM heeft het gezondheidsonderzoek uitgevoerd tussen juni 2012 en december 2013, in samenwerking met de GGD Zuid Limburg en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium. Het onderzoek is in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) verricht. Nationale en internationale experts op het gebied van vliegtuiggeluid en gezondheid hebben de opzet, uitvoering en eerste bevindingen getoetst. Deze zijn in lijn met hun verwachting.

Kernwoorden: hinder, gezondheid, militair vliegverkeer, geluid, blootstellingsindicatoren

Abstract

Research on Noise and Health NATO Airbase Geilenkirchen

RIVM has examined the influence of military aircraft sound (AWACS) on the well-being and health of residents in the Dutch region round the airbase Geilenkirchen. The results indicate that the magnitude of most of the effects studied has decreased with up to nearly two-thirds between 2002 and 2012. The decrease is in line with the decrease in number of flight movements and therefore most likely with exposure to military aircraft sound. Still a considerable proportion of residents suffer from severe annoyance due to military aircraft noise. In addition, some people suffer from high blood pressure or experiencing cardiovascular events (myocardial infarction, stroke) due to exposure to military aircraft noise. No evidence was found for an increased risk of death from all cardiovascular diseases together. An increased risk for death due to stroke was observed in the area with the highest exposure to military aircraft noise. However, several factors are known to contribute to stroke, such as lifestyle factors. Data on lifestyle factors were not available. Therefore, these results are inconclusive with respect to whether or not the increased risk of death due to stroke is a result of exposure to aircraft noise.

In 2012, about 29,000 of the approximately 500,000 adult residents in South Limburg suffer from severe noise annoyance. In the region around the airbase Geilenkirchen about 13,000 of the approximately 220,000 adult residents are severely annoyed. Especially residents of municipalities near the airbase like Onderbanken, Brunssum and Schinnen experience much noise annoyance. Self-reported health shows no relation with military aircraft sound. It is estimated that two children, out of 638 in South Limburg, have reading impairment due to aircraft noise. Around the airbase Geilenkirchen this is one additional child with reading ability retardation, out of 272 children with a reading impairment. Of the approximately 160,000 people who have high blood pressure, an estimated number of 80 people have high blood pressure due to the noise of military aircraft, resulting in additional seven people suffering from cardiovascular disease over the next 20 years. Around the airbase Geilenkirchen, an estimated number of 33 people have high blood pressure, resulting in three additional cases of cardiovascular disease over the next 20 years.

RIVM conducted this study between June 2012 and December 2013, in cooperation with the Municipal Health Service (GGD) South Limburg and the National Aerospace Laboratory (NLR). The Ministry of Infrastructure and the Environment commissioned the study. National and international experts in the field of aircraft noise and health reviewed design, implementation and initial findings of the study. The design, implementation and findings were in line with their expectations.

Keywords: annoyance, health, military aircraft, noise, exposure indicators

Inhoudsopgave

Voorwoord – 3

Publiekssamenvatting – 5

Abstract – 7

Samenvatting – 11

Summary – 15

1 Inleiding – 17

- 1.1 Aanleiding voor dit onderzoek – 17
- 1.2 Overzicht van relevant eerder onderzoek – 18
- 1.3 Doel en aanpak – 23
- 1.4 Leeswijzer – 24

2 De uitvoering – 27

- 2.1 Inleiding – 27
- 2.2 Hoe is het onderzoek uitgevoerd? – 27

3 Blootstelling – 31

- 3.1 Inleiding – 31
- 3.2 Geluidberekeningen – 31
- 3.3 Geluidindicatoren – 34

4 Welzijns- en gezondheidseffecten – 39

- 4.1 Hinder – 39
- 4.2 Zelfgerapporteerde gezondheid – 44
- 4.3 Leesprestatie – 46
- 4.4 Bloeddruk – 47
- 4.5 Hart- en vaatziekten – 49
- 4.6 Vroegtijdige sterfte – 52
- 4.7 Registratiesystemen – 55
- 4.8 Tot slot – 56

5 Conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek – 57

- 5.1 Introductie – 57
- 5.2 Conclusies – 57
- 5.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek – 59

6 Referenties – 61

Afkortingen – 65

Bijlage GVG II: Zelfgerapporteerde gezondheid (a) – 67

Bijlage GVG III: Mortaliteitsonderzoek (b) – 101

Bijlage GVG IV: Risicoschatting (c) – 165

Bijlage GVG V: Bestaande gezondheidsregistraties – 201

**Bijlage GVG VI: Workshop 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis
Geilenkirchen' – 205**

Samenvatting

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) heeft een onderzoek laten uitvoeren naar de invloed van de langetermijnblootstelling aan (piek)geluid van passages van militair vliegverkeer op verschillende welzijns- en gezondheidseindpunten van de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen (Duitsland). Van juni 2012 tot december 2013 heeft het centrum voor Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid (DMG) van het RIVM dit onderzoek uitgevoerd in samenwerking met de GGD Zuid Limburg en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR).

Aanleiding is bezorgdheid over piekgeluiden

Aanleiding voor dit onderzoek was de bezorgdheid bij de Commissie AWACS Limburg (CAL) en de Tweede Kamer naar aanleiding van resultaten van onderzoek door de GGD en recente resultaten van buitenlandse studies. In het bijzonder was er bezorgdheid over de langetermijnblootstelling aan (piek)geluid van passages van militair vliegverkeer op het welzijn en de gezondheid van de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen.

'Multi-method' werkwijze en twee adviescommissies

Het RIVM heeft een voorstel voor een gefaseerd onderzoek opgesteld waarvan dit onderzoek het eerste deel is. Op basis van de ervaringen uit een aantal buitenlandse onderzoeken (Zwitserland, Duitsland, Italië en Frankrijk) en de ervaringen uit eerdere onderzoeken (GES, RANCH, HYENA) is een onderzoek opgezet met verschillende onderzoeksmethoden (vragenlijstonderzoek, mortaliteitsonderzoek, risicoschatting). De studie is uitgevoerd met al eerder verzamelde gegevens. Een maatschappelijke adviescommissie bestaande uit vertegenwoordigers van regionaal bestuur (gemeenten en provincie), (bewoners)belangenorganisaties, GGD Zuid-Limburg en de vliegbasis en een wetenschappelijke adviescommissie, bestaande uit (universitaire) onderzoekers, voorzagen het onderzoek van advies.

L_{Amax} enige geluidmaat voor piekbelasting?

De blootstelling aan geluid is weergegeven met zogeheten geïntegreerde geluidmaten zoals L_{den} en K_e . Daarnaast zijn geluidmaten gebruikt die specifieke kenmerken van het geluid beschrijven zoals het hoogste geluidniveau van een geluidgebeurtenis (L_{Amax}), de duur van een geluidgebeurtenis (TA_x) en het aantal geluidgebeurtenissen (NA_x). Uit de resultaten bleek dat de samenhang van deze maten en de ernstige hinder en andere gezondheidseindpunten niet sterker is dan die met de L_{den} of K_e . De A-weging (dB(A), weging van geluid zoals het menselijk oor dit waarneemt) blijkt, ten opzichte van de C-weging, voldoende om de geluidproductie van AWACS-toestellen te karakteriseren.

Geluidhinder nog steeds grootste effect

De onderzochte welzijns- en gezondheidseffecten zijn hinder, zelfgerapporteerde gezondheid (waaronder ervaren gezondheid), leesvaardigheid, hoge bloeddruk, hart- en vaataandoeningen en vroegtijdige sterfte. De omvang van de ernstige geluidhinder is in 2012 nog steeds groot, ongeveer 29.000 van de ongeveer 500.000 volwassenen in Zuid-Limburg (5,8%) ervaren ernstige geluidhinder door geluid van (militair) vliegverkeer. In de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen (1973 vliegbewegingen in 2012) zijn dit er ongeveer 13.000 van de circa 220.000 volwassen inwoners (6,1%). Vooral inwoners van gemeenten dichtbij de vliegbasis zoals Onderbanken, Brunssum en Schinnen

ondervinden veel geluidhinder. *Zelfgerapporteerde gezondheid* laat in dit onderzoek geen relatie zien met geluid van vliegverkeer. Voor twee van de ongeveer 638 kinderen, die jaarlijks met een lage score voor *leesvaardigheid* de basisschool verlaten, hangt deze lage score samen met de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Rondom de vliegbasis Geilenkirchen geldt dit voor één kind (op 272 kinderen) met een lage score voor leesvaardigheid als gevolg van geluid van militair vliegverkeer. Het extra aantal mensen met een *verhoogde bloeddruk* is ongeveer 80 (op de ongeveer 160.000 volwassenen met een hoge bloeddruk). Naar verwachting leidt dit in de komende 20 jaar tot ongeveer zeven patiënten met *hart- en vaataandoeningen* (hartinfarct, beroerte of hartfalen), als gevolg van geluid van vliegverkeer. Rondom de vliegbasis Geilenkirchen zijn dit 33 mensen en zal dit in de komende 20 jaar tot drie gevallen van hart- en vaataandoeningen leiden als gevolg van militair vliegverkeer. Er zijn geen signalen gevonden voor een verhoogd risico op *vroegtijdige sterfte* door alle hart- en vaataandoeningen samen. Wel is er een aanwijzing voor een verhoogde kans op sterfte als gevolg van beroerte in het gebied met de hoogste blootstelling aan militair vliegtuiggeluid (50%). Er is echter geen sprake van een blootstelling-responsrelatie. Voor hartfalen zien we een afgenomen kans op sterfte (50% tot 80%) in dezelfde blootstellingscategorie. Op basis van dit onderzoek is niet aan te tonen of mensen eerder overlijden door een beroerte als gevolg van vliegtuiggeluid. Het valt ook niet uit te sluiten. De reden hiervoor is dat er meerdere factoren zijn die een beroerte kunnen veroorzaken, zoals leefstijlfactoren (rook-, eet- en drinkgedrag, bewegingspatroon). Gegevens over het voorkomen van deze factoren in de bevolking waren niet beschikbaar. Daardoor is niet aan te geven welk aandeel het geluid in de vroegtijdige sterfte heeft.

Conclusies

De omvang van de geluidhinder in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen is tussen 2002 (3529 vliegbewegingen) en 2012 (1973 vliegbewegingen) ongeveer gehalveerd, de geluidgerelateerde gezondheidseffecten zijn naar schatting met ongeveer twee derde gedaald. Deze daling volgt de afname in aantal vliegbewegingen en daarmee naar alle waarschijnlijkheid de blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer. De omvang van de geluidhinder in de regio rond de vliegbasis (ongeveer 220.000 inwoners) is als gevolg van blootstelling aan militair vliegverkeer tussen 2002 en 2012 eveneens afgenomen (van 10,8 naar 6,1%) maar is nog steeds omvangrijk. Geluid van vliegverkeer verhoogt het risico op gezondheidseffecten zoals hoge bloeddruk, hart- en vaataandoeningen en verminderde leesvaardigheid. Deze risico's treden vanaf ongeveer 50 dB(A) L_{den} op; voor de regio rond de vliegbasis geldt dat in 2007 (ongeveer 2800 vliegbewegingen) ongeveer 16.500 mensen woonden binnen de 50 dB(A) contour. De omvang van de effecten in een groep van 16.500 mensen is echter waarschijnlijk te klein om deze met voldoende zekerheid in vervolgonderzoek bij mensen vast te stellen. Er lijkt sprake te zijn van een verhoogd risico op vervroegde sterfte aan een beroerte in het gebied met de hoogste blootstelling aan militair vliegtuiggeluid maar of dit komt door geluid van militair vliegverkeer kan niet met zekerheid worden vastgesteld, maar ook niet worden uitgesloten, op basis van dit onderzoek.

Aanbeveling voor vervolgonderzoek naar welzijns- en gezondheidseffecten (fase 2)

De resultaten van dit onderzoek naar de relatie tussen blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer en *geluidhinder* geven voldoende aanleiding voor zinvol vervolgonderzoek, bijvoorbeeld naar de rol van contextfactoren (bijvoorbeeld: geluidgevoeligheid, toekomstverwachtingen voor de omgeving, houding ten opzicht van de vliegbasis of vertrouwen in instanties) met behulp van vragenlijstonderzoek of dagboekmethoden. Als men kiest voor een dergelijk vervolgonderzoek, dan moet dit een maatschappelijk doel dienen; bijvoorbeeld om het effect van voorgestelde maatregelen te onderzoeken of om de invloed van voorgestelde handelingsperspectieven voor burgers, de basis en/of beleid te onderzoeken. Vervolgonderzoek naar *leesprestatie, verhoogde bloeddruk of hartinfarct* lijkt op basis van de resultaten van dit onderzoek niet zinvol.

Voor vervolgonderzoek naar *vroegtijdige sterfte* geven de resultaten van dit onderzoek geen afdoende uitsluitsel omdat de relatie tussen militair vliegverkeer en vroegtijdige sterfte niet is aan te tonen maar ook niet valt uit te sluiten op basis van dit onderzoek. Gelet op het signaal van verhoogde kans op sterfte door een beroerte ligt het in de rede om over enkele jaren het onderzoek te herhalen om te monitoren in hoeverre dit signaal nog aanwezig is. Dit is echter alleen zinvol als naast demografische aspecten ook leefstijlfactoren (bijvoorbeeld rook-, eet- en drinkgedrag) voldoende onderzocht kunnen worden.

Summary

The Ministry of Infrastructure and the Environment has commissioned a study into the effects of long-term exposure to (peak) sound of military aircraft on well-being and health end-points in the population in the Dutch region round the airbase Geilenkirchen (Germany). From June 2012 to December 2013, the Center for Sustainability, Environment and Health (DMG) of RIVM conducted this study in collaboration with the Municipal Health Service (GGD) South Limburg and the National Aerospace Laboratory (NLR).

Concern about peak noise

The reason for this study was the concern among members of the Commission AWACS Limburg (CAL) and the Dutch parliament in response to results of an investigation by the Municipal Health Service South Limburg, and recent results of international studies. In particular, there was concern about the long-term exposure to (peak) sound from military aircraft on well-being and health of the population in the Dutch region around the airbase Geilenkirchen.

Multi-method 'method and two advisory committees

RIVM has proposed a phased research of which this study is the first phase. Based on the experiences of a number of foreign studies (Switzerland, Germany, Italy and France) and the experience from previous studies (GES, RANCH, HYENA) RIVM designed a study with different research methods (questionnaires, mortality research, risk assessment). The study was based on data already collected. A community advisory committee consisting of representatives of regional government (municipalities and province), (residents) interest groups, Municipal Health Service (GGD) South Limburg and the air base and a scientific advisory committee, consisting of (academic) researchers were consulted for (research) advice.

L_{Amax} only sound measure of peak load?

The noise exposure is described with integrated noise metrics such as L_{den} and Ke . In addition, RIVM used noise indicators that describe specific characteristics of the sound such as the highest sound level of the noise event (L_{Amax}), the duration of the noise event (TA_x) and the number of noise events (NA_x). However, the association of these metrics with severe annoyance and other health endpoints is not stronger than the association with L_{den} or Ke . The A-weighting (dB (A)), compared to the C-weighting, appears to be sufficient to characterize sound of AWACS.

Noise annoyance is still greatest effect

The well-being and health effects studied were annoyance, reading ability, self-reported health (including health status), hypertension, cardiovascular disease and premature death. The number of severe annoyed residents is still high. In 2012, about 29,000 of the approximately 500,000 adult residents in South Limburg suffer from severe noise annoyance. In the region around the airbase Geilenkirchen about 13,000 of the approximately 220,000 adult residents are severely annoyed. Especially residents of municipalities near the airbase like Onderbanken, Brunssum and Schinnen experience noise annoyance. Self-reported health did not show an association with exposure to noise from military aircrafts. It is estimated that two children (out of 638 in South Limburg) have a reading ability impairment that can be contributed to exposure to noise from

aircrafts. Around the airbase Geilenkirchen, it is estimated that one additional child has a reading ability impairment due to military aircraft noise, out of 272 children with a reading impairment. Of the approximately 160,000 people who have high blood pressure, an estimated number of 80 people have high blood pressure due to aircraft noise, resulting in an additional seven people suffering from cardiovascular disease over the next 20 years. Around the airbase Geilenkirchen, an estimated number of 33 people have high blood pressure, resulting in three additional cases of cardiovascular disease over the next 20 years in relation to military aircraft noise. There is an increased risk for death due to stroke (50%) in the area with the highest exposure to military aircraft noise. However, there is no evidence of an exposure - response relation. For heart failure, there is reduced risk of premature death (50% to 80%). Several factors are known to contribute to stroke, such as lifestyle factors. Data on lifestyle factors are not available. Therefore, results are inconclusive with respect to whether or not the increased risk of premature death from stroke is a result of exposure to aircraft noise.

Conclusions

The burden of health effects in the Dutch region around the airbase Geilenkirchen decreased between 2002 (3.529 flight movements) and 2012 (1.973 flight movements) by about two thirds. The decrease follows the decrease in number of flight movements and therefore most likely exposure to noise from military aircraft. The extent of the noise annoyance as a result of exposure to military air traffic has also decreased between 2002 and 2012 (from 10.8 to 6.1 %) but is still high. Aircraft noise increases the risk of effects such as hypertension, cardiovascular disease and reading impairment. These risks occur from about 50 dB L_{den} onwards; for the region round the airbase in 2007 (about 2,800 movements) approximately 16,500 people lived within this contour. However, the magnitude of the effects in a group of 16,500 people is probably too small to assess with sufficient certainty in future research. An increased risk of premature mortality from stroke was observed, but whether this is due to aircraft noise or not cannot be determined with certainty on the basis of this study given the relative small size of the exposed population and the lack of individual data on life-style factors.

Recommendations for future research (phase 2)

The results provide sufficient grounds for a meaningful follow-up study into the relationship between exposure to noise from military air traffic and noise annoyance, for example, the role of contextual factors (e.g. noise sensitivity , future expectations of the environmental quality, attitudes towards the airbase or trust in governmental organizations) using questionnaire or diary methods. Such a follow-up study should serve a predetermined purpose; for example, to examine the effect of a proposed intervention or to investigate proposed perspectives for action for citizens, the air base and/or policy. There is no sufficient evidence for further research into reading impairment, increased blood pressure or heart attack. For future research on premature mortality, the results of this study are inconclusive. Given the result, it is recommended to repeat the study in a few years to see if the observed risk is still present taking a longer follow-up time into account. However, this is only useful if also data on lifestyle factors (e.g. smoking, drinking, eating) is available, beside demographic and exposure data.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor dit onderzoek

In haar vergadering van 15 november 2010 besprak de Commissie AWACS Limburg (CAL) het rapport van de GGD Zuid Limburg 'Beoordeling van gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan geluiden afkomstig van AWACS vliegtuigen' (GGD, 2011a). Het betreft hier vliegverkeer van de NAVO AWACS E-3A Component nabij Geilenkirchen (D) en de Nederlandse grens met Onderbanken en Brunssum, kort 'Vliegbasis Geilenkirchen'. Op basis van de meetresultaten van het geluidmeetnet kwam de GGD tot de conclusie dat blootstelling aan vliegtuiggeluid van de AWACS-vliegtuigen kan leiden tot nadelige effecten op de gezondheid van bewoners uit vooral de gemeenten Onderbanken en Brunssum. De CAL was van mening dat een vervolgonderzoek nodig was met in het bijzonder aandacht voor het 'piekarakter' (relatief hoge geluidniveau van relatief laag aantal vliegbewegingen) van het militaire vliegverkeer. De Commissie AWACS Limburg (CAL) verzocht het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) om een onderzoeksvoorstel op te laten stellen naar de gezondheidseffecten van het geluid van de militaire vliegtuigen van de vliegbasis Geilenkirchen. Het ministerie van IenM gaf hiertoe opdracht aan het RIVM. In de loop van 2011 stelde het RIVM een conceptvoorstel op waarin een gefaseerd onderzoek werd voorgesteld.

Eind 2011 had de Vaste Kamercommissie voor IenM een algemeen overleg (AO) over de vliegbasis Geilenkirchen met de minister van Defensie en de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu. De Kamercommissie vroeg de bewindslieden een gezondheidsonderzoek mogelijk te maken. De Kamercommissie wees hierbij op een aantal, recente, buitenlandse onderzoeken, waarvan in één onderzoek werd geconcludeerd dat blootstelling aan vliegtuiggeluid tot vroegtijdige sterfte kon leiden (zie paragraaf 1.2). In 2012 deelden de verantwoordelijke bewindslieden, na een tweede AO met de Vaste Kamercommissie voor IenM, de Tweede Kamer mee dit onderzoek uit te laten voeren (brief Ministerie van Defensie en Staatssecretaris IenM, 2012). Het eerder genoemde conceptvoorstel werd vervolgens met vertegenwoordigers uit de regio en de CAL besproken en definitief gemaakt waarna het voorstel medio 2012 aan de opdrachtgever werd aangeboden.

Het uiteindelijke voorstel was gebaseerd op eerdere onderzoeken in de regio en elders in Nederland en op (recente) studies rond vliegvelden in het buitenland (onder andere Zwitserland, Duitsland, Frankrijk, Italië). Voor de eerste fase werd een onderzoek met verschillende onderzoeksmethoden voorgesteld op basis van al verzamelde gegevens, namelijk: een nadere analyse op gegevens van de Gezondheidsenquête 2009 van de GGD Zuid Limburg, een analyse van vroegtijdige sterfte als gevolg van blootstelling aan geluid van vliegverkeer op basis van CBS-gegevens en een risicoschatting op basis van blootstelling-responsrelaties bekend uit de literatuur. Indien de resultaten hiertoe aanleiding zouden geven zou er een voorstel voor een tweede fase van het onderzoek worden gedaan. Hiervoor werden in het onderzoeksvoorstel verschillende suggesties gedaan, bijvoorbeeld dagboekonderzoek in relatie met meting van fysiologische stressgegevens naar de acute effecten van blootstelling aan militair vliegverkeer of onderzoek op basis van bestaande gezondheidsregistratiesystemen bijvoorbeeld naar gehoorschade of medicijngebruik. In het uiteindelijke voorstel werd opgenomen om de

mogelijkheid hiertoe (haalbaarheid) in fase één te onderzoeken (brief Ministerie van Defensie en Staatssecretaris IenM, 2012).

De opdrachtgever was het ministerie van IenM. De opdracht voor de eerste fase werd op 18 juni 2012 verleend.

Met het voorliggende rapport wordt over de eerste fase van het onderzoek gerapporteerd zoals beschreven in de brief van 2 februari 2012 (brief Minister van Defensie en Staatssecretaris IenM, 2012). Over de uitvoering van de tweede fase zal besluitvorming plaatsvinden op basis van de resultaten van de eerste fase van het onderzoek. Dit gebeurt op initiatief van de opdrachtgever, het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

1.2 Overzicht van relevant eerder onderzoek

Rondom de vliegbasis

In de loop van de tijd zijn er verschillende onderzoeken naar de gevolgen van blootstelling aan het vliegverkeer van de basis uitgevoerd. Onderstaand een chronologisch overzicht van de belangrijkste onderzoeken en de bevindingen daaruit.

In 1994/1995 wordt een onderzoek naar luchtverontreiniging en effecten op de gezondheid in het grensgebied uitgevoerd (Einbrodt et al., 1995). Aanleiding is de vraag of het autoverkeer en het vliegverkeer van de vliegbasis Geilenkirchen de gezondheid van de bevolking in het Duits-Nederlandse grensgebied beïnvloeden. Aan het onderzoek doen 364 schoolkinderen verspreid over vier gemeenten mee. De resultaten geven geen aanleiding om een verband met het auto- of vliegverkeer te veronderstellen.

In 1999 verongelukt een tankvliegtuig op Duits grondgebied in de buurt van Schinveld (gemeente Onderbanken). Resultaten van een onderzoek door de GGD Zuid Limburg laten geen invloed van het ongeluk zien op de ervaren lichamelijke en psychische gezondheid (Hajema et al., 2000; Hoebe et al., 2001). Door de onderzoekers wordt wel een ernstige toename in milieuhinder (hinder door geluid, geur en stof) geconstateerd.

In de hierop volgende periode (1999-2009) constateert de GGD Zuid Limburg in verschillende opeenvolgende gezondheidsenquêtes dat de bewoners in de regio veel milieuoverlast als gevolg van het militair vliegverkeer ervaren (Gezondheidsenquête Limburg 1999, 2004, 2009; Gielkens-Sijstermans et al., 2005).

In 2007 wordt door het RIVM een grootschalig belevingsonderzoek uitgevoerd onder een deel van de volwassen bevolking in het Nederlandse deel van de regio rond de vliegbasis. Ongeveer 20% van de bevolking gaf aan ernstige geluidhinder van het militair vliegverkeer te ervaren. Eén op de zes inwoners gaf aan bezorgd te zijn over zijn of haar gezondheid als gevolg van het militair vliegverkeer. De ervaren gezondheid en woontevredenheid zijn laag in de regio en er is weinig vertrouwen in de overheid wanneer het om het militair vliegverkeer gaat (Van Poll et al., 2008a).

In 2008 is een verkennend onderzoek in de vorm van een 'deskresearch' (bureaustudie, onderzoek op basis van bestaande gegevens) uitgevoerd door het RIVM waarbij de onderzochte regio gelijk was aan die van het belevingsonderzoek in 2007 (zie boven). Gekeken is naar beleving (zie boven), leesachterstand bij kinderen, verhoogde bloeddruk en hartinfarct als gevolg van blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer. Om de schattingen van het aantal extra gevallen te maken zijn bestaande blootstelling-responsrelaties voor de verschillende welzijns- en gezondheidseindpunten gebruikt. De resultaten

lieten zien dat de beleving van de leefomgeving door de inwoners negatiever was dan voor de Nederlandse populatie. Vooral in Onderbanken, Brunssum en Schinnen wordt veel hinder en bezorgdheid ervaren. Er bleek een invloed van geluid op leesvaardigheid, en het voorkomen van verhoogde bloeddruk en hartinfarct, maar de omvang was niet groot (Van Poll et al. 2008b).

In 2010 wordt naar aanleiding van een Tweede Kamer motie een scenarioanalyse uitgevoerd waarbij de invloed van veranderende vliegroutes en/of aantallen vliegbewegingen van en naar de vliegbasis op de geluidhinder wordt geschat. Het NLR berekent hiervoor van een aantal vliegscenario's de geluidbelasting. Op basis van bestaande blootstelling-responsrelaties wordt voor elk scenario een schatting gemaakt van de omvang (%) van de ernstig geluid gehinderden. Het meest gunstige scenario zou tot een reductie van 25% ernstig gehinderden kunnen leiden ten opzichte van het referentiescenario (3600 vliegbewegingen) (Van Poll, 2010).

Eveneens in 2010 voert de GGD Zuid Limburg de in de inleiding genoemde risicoschatting uit op basis van de meetgegevens van het geluidmeetnet in Nederland rond de vliegbasis. De GGD vergelijkt de meetresultaten met referentiewaarden en concludeert dat bij de gemeten waarden voor hinder, verhoogde bloeddruk en hartinfarcten kunnen optreden (GGD Zuid Limburg, 2011a).

Ook wordt in 2010 een voorstudie van een dagboekonderzoek uitgevoerd. Gedurende vier dagen vullen 30 inwoners in de regio rond de vliegbasis vier keer per dag een kort vragenlijstje in. Met behulp van dit vragenlijstje geven ze inzicht in hun feitelijke situatie op dat moment (bijvoorbeeld waar ze zijn, met wie ze zijn, wat ze doen, in hoeverre bezigheden verstoord worden door geluid van militair vliegverkeer, geluidhinder) maar ook in de tussenliggende uren. Er blijkt een redelijk hoge samenhang te bestaan tussen het aantal vluchten en L_{Amax} enerzijds en ernstige geluidhinder, verstoring van activiteiten en vitaliteit anderzijds. De samenhang is het sterkst met het aantal vluchten (GGD Zuid Limburg, 2011b).

In 2010 wordt rond het thema 'piekgeluiden' en de benadering hiervan in wetenschap, beleid en in de praktijk een deskundigenbijeenkomst gehouden. Deze bijeenkomst werd in opdracht van IenM georganiseerd. Doel was kennis en ideeën uit te wisselen en aanbevelingen te formuleren over situaties met geluidpieken, bijvoorbeeld luchthavens, rangeerterreinen, overslaghavens. De bestudeerde effecten waren verstoring, hinder, woontevredenheid, ervaren gezondheid, oorsuizen (tinnitus), verschuiving gehoordrempel en bloeddrukverhoging. Een van de belangrijkste conclusies was dat de beschikbare relaties tussen geluid en effect gebaseerd op L_{den} en L_{night} als uitgangspunt kunnen dienen, ook in situaties met hoge piekbelasting. Ook is geconstateerd dat aanvullende indicatoren nodig zijn om de impact van het geluid beter te duiden. In de communicatie met burgers is het van belang de hoeveelheid geluid, waar mogelijk en relevant, uit te drukken in termen die voor iedereen begrijpelijk zijn, zoals in duur, frequentie en kwaliteit (Van Kamp, 2011).

Tot slot is in 2011 op verzoek van de GGD Zuid Limburg gekeken naar het voorkomen van 'pieken' in het geluid, zoals gemeten met het geluidmeetnet, van het militaire vliegverkeer en hun eventuele betekenis voor de gezondheid. Hiertoe is gekeken naar het voorkomen van vliegbewegingen waarvan de L_{Amax} boven de 110 dB uitkomt. Uit de analyse blijkt dat er in 2010 minder dan 20 vliegbewegingen zijn geweest waarvan de L_{Amax} boven de 110 dB uitkomt. Dergelijke 'pieken' kunnen volgens deskundigen tot een tijdelijke verschuiving van de gehoordrempel leiden. De kans dat deze tot gehoorbeschadiging leiden (permanente verschuiving van de gehoordrempel) wordt door deskundigen klein geacht mede op basis van het aantal pieken en de spreiding in tijd (RIVM, 2011).

Andere Nederlandse en buitenlandse studies

Tijdens het overleg met de Tweede Kamer (Algemeen Overleg Vaste Kamercommissie IenM) zijn enkele studies ter sprake gekomen die in het bijzonder de relatie tussen (militair) vliegverkeer en gezondheid als onderwerp hadden. De inzichten uit deze studies leek de parlementsleden van belang bij de vormgeving van een eventueel onderzoek rondom de vliegbasis Geilenkirchen (eind 2011). Het betrof de volgende studies: de zogeheten 'Zwitserse studie', de DEBATS-studie uit Frankrijk, de SERA-studie uit Italië en de NORAH-studie uit Duitsland. Daarnaast zijn de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol en eerder uitgevoerde Europese 'multi-centre' studies naar vliegtuiggeluid interessant, te weten: de RANCH-studie onder kinderen (Engeland, Nederland en Spanje) en de HYENA-studie onder volwassenen (Zweden, Duitsland, Nederland, Engeland, Italië en Griekenland).

Wat nu volgt is een korte beschrijving van elk van deze studies. Eerst de studies die zijn afgerond ('Zwitserse studie', 'Heathrow', GES, RANCH en HYENA), daarna de studies die nog niet zijn afgerond (DEBATS, SERA en NORAH).

In de 'Zwitserse studie' hebben de onderzoekers gekeken naar de invloed van blootstelling aan verkeerslawaaai (weg- en vliegverkeer) en luchtverontreiniging. Ze hebben daarbij gekeken naar het vóórkomen van sterfte aan een hartinfarct en enkele andere aandoeningen (beroerte, longkanker, cerebro- en cardiovasculaire aandoeningen) onder de bevolking. Daartoe konden ze gebruikmaken van het 'Zwitsers Nationaal Cohort' met daarin ruimtelijke gegevens en gegevens over gezondheid en sterfte van inwoners. Hieraan werden gegevens over blootstelling aan geluid van vliegverkeer en luchtverontreiniging gekoppeld. Op deze manier werden de gegevens van 4,6 miljoen mensen ouder dan 30 jaar in de analyse meegenomen. De onderzoekers vergeleken de kans op sterfte over een aantal geluidblootstellingscategorieën en woontuur. Er werd gecorrigeerd voor onder andere luchtverontreiniging, geslacht, opleiding en sociaaleconomische positie van de gemeente. De onderzoekers vonden een verhoogde kans op sterfte aan een hartinfarct (1,5 keer groter onder mensen in de hoogste blootstellingscategorie ($L_{dn} > 60$ dB) ten opzichte van de laagste blootstellingscategorie ($L_{dn} < 45$ dB) wanneer deze meer dan vijftien jaar op hetzelfde adres hadden gewoond. De L_{dn} is vrijwel gelijk aan de L_{den} , in de L_{dn} ontbreekt de straffactor voor de avond ('e': evening). Voor de andere onderzochte aandoeningen en in de andere blootstellingscategorieën annex woontuur vonden ze geen verhoogde kans op sterfte: zo bedroeg voor sterfte door beroerte de hazard-ratio 0,88 in de hoogste blootstellingscategorie (12% verlaagd ten opzichte van $L_{dn} < 45$ dB) (Huss, 2010).

Recent onderzochten Hansell et al. (2013) in een studie onder 3,6 miljoen omwonenden van het internationale vliegveld Heathrow bij Londen in de periode 2001-2005 sterfte als gevolg van hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten en beroerte in relatie tot de blootstelling aan vliegtuiggeluid in 2001. Sterfte door acuut hartinfarct werd niet afzonderlijk gerapporteerd, maar is onderdeel van de categorie ischemische hartziekten. De sterftcijfers van bijna 2500 buurten werden gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht en met informatie over etniciteit, sociaaleconomische status en een indicatie voor rookgewoonten op buurtniveau. Als geluidbelasting voor de dag werd het equivalent geluidniveau van de dag en avond gebruikt, zonder straffactor voor de avond ($LA_{eq,16u}$). De onderzoekers vonden een verhoogd risico met 21% voor sterfte door hart- en vaatziekten in de hoogste blootstellingscategorie (> 63 dB) ten opzichte van de laagste categorie (≤ 51 dB). Voor sterfte door ischemische hartziekten was het risico met 15% verhoogd. Voor sterfte door beroerte met 21%. Voor sterfte door ischemische hartziekten was er sprake van een oplopend risico bij toenemende

geluidbelasting ten opzichte van de laagste categorie (≤ 51 dB). Dit was niet het geval voor sterfte door hart- en vaatziekten of door beroerte.

In het kader van het onderzoeksprogramma 'Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol' (GES) zijn in de omgeving van Schiphol studies verricht naar klachten, (geluid)hinder, slaapverstoring, invloed van geluid op het gewicht van neonaten, ziekenhuisopnamen voor luchtweg- en hart- en vaataandoeningen, medicijngebruik en ervaren gezondheid en werden blootstelling-responsrelaties voor vliegtuiggeluid en hinder en slaapverstoring afgeleid. Er werd geen samenhang gevonden tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en ziekenhuisopnamen voor hart- en vaataandoeningen. Uit de analyses met apotheekgegevens bleek het gebruik van bloeddrukverlagende middelen te stijgen bij een toename van de blootstelling aan vliegtuiggeluid (Houthuijs et al., 2007).

Het 'RANCH'-onderzoek ('Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects') is een studie naar de invloed van verkeergeluid (vliegverkeer en wegverkeer) op de gezondheid en het welzijn van kinderen. Onderdeel van de RANCH-studie was een onderzoek naar de invloed van geluid op de cognitieve prestatie (leesvaardigheid) bij kinderen. Hiertoe zijn 2844 leerlingen op 89 scholen in gebieden rondom drie Europese luchthavens (Spanje, Engeland, Nederland) onderzocht. Er werd in de gepoolde analyse een associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en begrijpend lezen: de score op de leestest bleek gemiddeld lager te zijn bij hogere niveaus van geluid van vliegverkeer op school. Begrijpend lezen werd gemeten met behulp van nationaal gestandaardiseerde tests. De onderzoeksresultaten van RANCH zijn gebruikt om het aantal extra kinderen met lage score voor leesvaardigheid in Zuid-Limburg te berekenen (Van Kempen, 2008).

Tot slot de HYENA-studie ('Hypertension and Exposure to Noise near Airports; Jarup, 2008). In deze studie, die in Nederland rond Schiphol is uitgevoerd, is gekeken naar de relatie tussen blootstelling aan vlieg- en wegverkeersgeluid en het optreden van hoge bloeddruk bij volwassenen in de leeftijd van 45-70 jaar. De aanleiding voor het onderzoek was de ongerustheid onder omwonenden van Schiphol dat hart- en vaataandoeningen als gevolg van vliegtuiggeluid in de regio vaker zouden optreden dan in eerder onderzoek in het kader van de GES werd gesuggereerd. Uit een haalbaarheidsonderzoek in 2002 bleek dat het mogelijk was om deze relatie vast te stellen, maar dat dit een grote onderzoeksinspanning zou vereisen in internationaal verband. Dit heeft uiteindelijk geleid tot het project HYENA, dat als onderdeel van het Vijfde Kaderprogramma van de Europese Commissie in de periode 2002-2007 is uitgevoerd. De onderzoeksresultaten van HYENA zijn door Babisch en Van Kamp (2009) gebruikt om, in combinatie met resultaten van andere vliegvelden, een relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en hoge bloeddruk af te leiden. Recent onderzochten Floud et al. (2013) de associatie tussen geluid van vliegverkeer en zelfgerapporteerde hart- en vaatziekten. Na correctie voor leeftijd, geslacht, BMI, opleiding en etniciteit werd een significant effect gevonden voor de nachtelijke blootstelling aan vliegtuiggeluid in de groep deelnemers die ten minste 20 jaar op hetzelfde adres woonden. Per 10 dB nachtelijke geluidblootstelling neemt het risico op het krijgen van hart- en vaatziekten met 25% toe.

Lopende buitenlandse studies

De eerste van de nog in uitvoering zijnde onderzoeken is de Franse DEBATS-studie. 'DEBATS' ('Discussion sur les Effets du Bruit des Aéronefs Touchant la Santé') is een studie waarin rond drie civiele vliegvelden in Frankrijk (Paris-Charles de Gaulle, Toulouse-Blagnac en Lyon-Saint-Exupéry) de invloed van

vliegverkeergeluid op de gezondheid van omwonenden wordt onderzocht. Een van de redenen om meerdere vliegvelden op te nemen in het onderzoek is om de (statistische) zeggingskracht van de resultaten te vergroten. De studieopzet voorziet in drie verschillende studies. Een onderzoek naar de relatie tussen enerzijds vliegverkeergeluid en anderzijds medicijngebruik en sterfte (op basis van bestaande registraties). In een tweede studie wordt een groep omwonenden in de tijd gevolgd waarbij ze regelmatig worden bevraagd op hinder en gezondheid. Intussen is gestart met metingen van bloeddruk en cortisol (stresshormoon). De derde studie is een onderzoek naar slaapverstoring als gevolg van blootstelling aan vliegverkeergeluid. Eind 2011 is gestart met een vooronderzoek. Het hele onderzoek loopt tot 2016. Het onderzoek wordt grotendeels gefinancierd door het ministerie van Gezondheid (Evrard, 2011). 'SERA' ('Studio Sugli Effetti del Rumore Aeroportuale – Study on the Effect of Aircraft Noise') is een Italiaanse studie naar de invloed van vliegverkeer(geluid) op het milieu en de gezondheid van omwonenden. Hier gaat het om zeven vliegvelden (Torino-Caselle, Venezia- Marcon, Milano-Linate, Milano-Malpensa, Pisa-San Giusto, Cagliari-Elmas en Roma-Ciampino; de laatste drie worden ook als militair vliegveld gebruikt). Er is voor gekozen om meerdere vliegvelden te bestuderen om voldoende zeggingskracht te hebben. In SERA werd in het bijzonder gekeken naar vliegverkeer in relatie tot het vóórkomen van hinder, verhoogde bloeddruk en luchtwegaandoeningen. Per luchthaven hebben de onderzoekers 400 omwonenden opgenomen in hun onderzoek. Het onderzoek is gestart in november 2011 en is eind 2013 afgerond. Een rapportage is nog niet verschenen. Het onderzoek wordt gefinancierd door het ministerie van Gezondheid (Ancona, 2010).

De 'NORAH-studie' ('NOise-Related Annoyance and Health') is een Duitse studie die rond meerdere vliegvelden (Frankfurt, Köln/Bonn, Berlin-Brandenburg International, Stuttgart) met verschillende studieopzetten (dwarsdoorsnede, patiënt-controle, onderzoek in de tijd) uitgevoerd wordt. Daarnaast wordt ook naar andere geluidbronnen gekeken (weg- en railverkeer). NORAH bestaat uit drie grote studies onderverdeeld in elf deelstudies. De eerste van de drie grote studies gaat over de relatie tussen blootstelling aan geluid van (vlieg)verkeer en hinder en gezondheid gerelateerde Kwaliteit van Leven (onder andere met analyse van verzekeringsdata, onderzoek naar de invloed van opening van een nieuwe start- en landingsbaan. De tweede gaat over de invloed van geluid op hart- en vaatziekten bij volwassenen. De derde, tenslotte, gaat over cognitief functioneren en gezondheid gerelateerde Kwaliteit van Leven bij kinderen. Een ander doel van de studie is om de invloed van de veranderingen van vliegverkeergeluid in de tijd te onderzoeken. Het onderzoek loopt van 2011 tot en met 2014. Het onderzoek wordt deels gefinancierd door de luchthaven, deels door de betrokken gemeenten en voor het grootste deel door de deelstaat Hessen (Schreckenber, 2011). Rapportages over de NORAH-studie zijn nog niet beschikbaar.

De drie studies (NORAH, DEBATS, SERA) hebben gemeenschappelijk dat ze betrekking hebben op meerdere vliegvelden en/of meerdere onderzoeksopzetten toepassen. In de drie buitenlandse studies worden vooral geïntegreerde, equivalente geluidmaten gebruikt (bijvoorbeeld: L_{den} , $L_{eq \times uur}$). In de buitenlandse studies wordt onderzoek bij omwonenden uitgevoerd; dit varieert van hinder via cognitief functioneren bij kinderen tot en met het meten van bloeddruk bij volwassenen. In de NORAH- en DEBATS-studie wordt tevens onderzoek gedaan naar invloed van nachtelijk geluid van vliegverkeer op slaapkwaliteit. In de SERA-studie is dit niet het geval. De NORAH-studie maakt naast een wetenschappelijke adviescommissie ook gebruik van een maatschappelijke adviescommissie. Alleen in de SERA-studie zijn luchthavens

betrokken waar naast burger vliegverkeer ook militair vliegverkeer wordt verwerkt. De NORAH-en DEBATS-studie hebben alleen betrekking op burgerluchtvaart.

Samenvattend zien we dat in de voorgaande beschreven studies (regionaal en (inter)nationaal) een hele reeks aan welzijns- en gezondheidseindpunten wordt onderzocht variërend van 'kwaliteit van leven'-indicatoren tot en met (vroegtijdige) sterfte. Voor de karakterisering van de blootstelling aan (militair) vliegverkeer worden diverse maten gebruikt: vooral geïntegreerde maten zoals de L_{den} en de K_e , maar ook maten die specifieke aspecten van geluidevents karakteriseren (niveau, duur, aantal). Daarnaast worden verschillende onderzoeksmethoden toegepast variërend van deskresearch, via vragenlijstonderzoek tot en met (herhaalde) metingen aan respondenten. In een aantal studies wordt gebruikgemaakt van bestaande gezondheidszorgregistratiesystemen. Het is van belang na te gaan in hoeverre deze beschikbaar zijn voor gezondheidsonderzoek in relatie tot de vliegbasis Geilenkirchen. Een deel van de studies wordt uitgevoerd bij meerdere vliegvelden, ook militaire maar vooral civiele vliegvelden. Tot slot merken we op dat vooral de lopende studies een goede aanleiding vormen om opzet, uitvoering en resultaten te vergelijken met dit onderzoek.

1.3 Doel en aanpak

Komen we nu bij het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen', fase één (zie brief Minister van Defensie en Staatssecretaris IenM, 2012). Het algemene doel van dit onderzoek is het bepalen van de invloed van de langetermijn-blootstelling aan (piek)geluid van passages van militair vliegverkeer op verschillende gezondheid- en welzijnseindpunten van de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen. In fase één gebeurt dit dus alleen met al verzamelde gegevens.

De vraagstellingen hierbij zijn als volgt:

- Wat is de relatie tussen de mate van vliegverkeersgeluid en gezondheid (dat is: relevante welzijns- en gezondheidseindpunten) in de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis?
- Welke blootstellingsmaat voor geluid van militair vliegverkeer van de vliegbasis Geilenkirchen is het meest geschikt voor onderzoek naar welzijns- en gezondheidseffecten rond de vliegbasis?

Anticiperend op een mogelijk tweede fase van het onderzoek hebben we de bruikbaarheid van bestaande registratiesystemen onderzocht:

- Welke bestaande gezondheid(zorg) registratiesystemen (bijvoorbeeld medicatiegebruik, ziekenhuisopnamen, geboortegewicht, gehoor) zijn beschikbaar om de invloed van de langdurige piekbelasting door militair vliegverkeer op de gezondheid te onderzoeken?

Gelet op de vraagstellingen van dit onderzoek en wat bekend is uit de literatuur (zie paragraaf 1.2) hebben we het onderzoek als volgt aangepakt:

We gebruiken de meest relevante welzijns-en gezondheidseindpunten. Dit zijn, gelijk aan Basner et al., 2013:

- hinder,
- zelfgerapporteerde gezondheid,
- leesprestatie,
- verhoogde bloeddruk,
- hart- en vaatziekten,
- vervroegde sterfte aan hart- en vaatziekten.

Voor de geluidkarakterisering gebruiken we diverse typen geluidmaten, zowel geïntegreerde als specifieke maten:

- $L_{den,r}$
- K_e ,
- $L_{Amax,r}$
- TA_x en
- NA_x .

We passen verschillende onderzoeksmethoden toe:

- Analyse van Vragenlijstonderzoek (zelfgerapporteerde gezondheid),
- Survival analyse (mortaliteitsonderzoek/vroegtijdige sterfte) en
- Risico-analyse (risicoschatting).

Voor zover mogelijk maken we gebruik van gegevens van meerdere vliegvelden:

- Vliegbasis Geilenkirchen,
- Maastricht-Aachen Airport ('Beek'),
- Airport Amsterdam Schiphol en
- Zurich, Heathrow.

Onderdeel van de aanpak van het onderzoek was dat de opzet, uitvoering en voorlopige resultaten ervan werden voorgelegd aan internationale experts (collega-onderzoekers) op het gebied van vliegtuiggeluid en gezondheid (zie, bijvoorbeeld, paragraaf 1.2). Daartoe werd op 10 en 11 oktober 2013 een workshop gehouden in Utrecht. Hieraan hebben de collega-onderzoekers van de bovengenoemde onderzoeken, leden van de maatschappelijke en wetenschappelijke adviescommissie, het RIVM en de contactpersoon van het ministerie van IenM deelgenomen. Voor uitgebreidere informatie over de workshop, zie Bijlage GVG VI.

In hoofdstuk 2 worden begrippen en concepten nader toegelicht.

Anders dan bij een aantal van de hierboven besproken onderzoeken zal in dit deel van het onderzoek geen onderzoek bij mensen plaatsvinden (bijvoorbeeld: interviews, bloeddrukmeting, hormoonmetingen). Zoals al eerder gezegd (brief Minister van Defensie en Staatssecretaris IenM, 2012) zullen de resultaten van dit onderzoek (eerste fase) worden gebruikt bij de besluitvorming over een eventueel vervolgonderzoek (tweede fase) waarin, indien nodig, onderzoek bij mensen wordt opgenomen. Dit betekent overigens niet dat er geen gegevens zijn gebruikt die afkomstig zijn van bewoners die in het onderzoeksgebied wonen. Het betekent wel dat gedurende dit onderzoek geen nieuwe gegevens van individuele bewoners zijn verzameld.

1.4 Leeswijzer

Deze rapportage is opgebouwd rondom de belangrijkste welzijns- en gezondheidseindpunten van blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer: hinder, zelfgerapporteerde gezondheid, leesprestatie, verhoogde bloeddruk, hart- en vaatziekten en vervroegde sterfte aan hart- en vaatziekten. In hoofdstuk 2 wordt de aanpak van dit onderzoek nader uiteengezet. In hoofdstuk 3 worden de gebruikte geluidindicatoren toegelicht. In het daaropvolgende hoofdstuk worden de bevindingen van het onderzoek naar de welzijns- en gezondheidseindpunten gepresenteerd en kort ingegaan op de haalbaarheid van het gebruik van bestaande gezondheidszorgregistratiesystemen en de workshop (hoofdstuk 4). In het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 5, worden de conclusies gepresenteerd en aanbevelingen gedaan voor eventueel vervolgonderzoek (tweede fase).

Deze rapportage is gebaseerd op een aantal onderliggende rapportages van onderzoeken en activiteiten die in het kader van deze fase van het onderzoek zijn uitgevoerd in de periode juni 2012 tot en met december 2013). In de volgende hoofdstukken zal daar waar nodig telkens naar deze onderliggende rapportages worden verwezen. Deze rapportages zijn als bijlagen opgenomen in deze hoofd rapportage.

2 De uitvoering

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de uitvoering van het onderzoek. De samenhang tussen geluid van militair vliegverkeer en welzijns- en gezondheidseindpunten is met behulp van verschillende onderzoeksmethoden onderzocht.

2.2 Hoe is het onderzoek uitgevoerd?

Dit onderzoek is een zogeheten 'bureaustudie' (deskresearch). Bij de uitvoering van het onderzoek is voor een groot deel gebruikgemaakt van bestaande gegevens uit verschillende eerdere onderzoeken en gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

De onderzoeken en activiteiten die in dit onderzoek zijn uitgevoerd, betreffen:

Welzijns- en gezondheidsonderzoek:

- a) een onderzoek naar 'zelfgerapporteerde gezondheid' op basis van gegevens uit de Gezondheidsenquête 2009 van de GGD Zuid Limburg (zie Bijlage GVG II: Zelfgerapporteerde gezondheid'),
- b) een 'mortaliteitsonderzoek' op basis van gegevens van het CBS over doodsoorzaak-specifieke sterftcijfers in Zuid-Limburg (Zie Bijlage GVG III: Mortaliteitsonderzoek),
- c) een 'risicoschatting' op basis van de best beschikbare blootstelling-responsrelaties voor hinder, leesprestatie, verhoogde bloeddruk en hart-en vaatziekten (zie Bijlage GVG IV: Risicoanalyse).

Blootstellingskarakterisering

- Berekening van blootstellingsgegevens aan (militair)vliegtuiggeluid in Zuid-Limburg (Hogehuis, 2013).

Verkenning van bestaande gezondheidszorgregistraties

- Een verkenning van bestaande registraties op het gebied van gehoor, leesprestaties, geboortegewicht, medicijngebruik en ziekenhuisopnamen (zie Bijlage GVG V: Bestaande gezondheidsregistraties).

Welzijns- en gezondheidsonderzoek

a) 'Zelfgerapporteerde gezondheid'

Dit zijn de resultaten van een vragenlijstonderzoek naar het vóórkomen van zelfgerapporteerde (door deelnemers aan het vragenlijstonderzoek gerapporteerde) gezondheid en welzijn in relatie tot langetermijnblootstelling aan geluid(piek)niveaus van vliegtuigpassages. De gegevens hiervoor zijn afkomstig uit de 'Lokale Gezondheidsmonitor Volwassenen 2009' uitgevoerd door de GGD Zuid Limburg. De analyse is in samenwerking met de GGD Zuid Limburg uitgevoerd.

De onderzoekspopulatie wordt gevormd door de ongeveer 10.000 volwassen inwoners uit Zuid-Limburg tussen de 17 en 65 jaar die deelnamen aan de 'Lokale Gezondheidsmonitor'. Het deel van de onderzoekspopulatie dat niet of nauwelijks is blootgesteld aan geluid van de vliegbasis diende als controle (referentie) voor dat deel van de populatie dat wel was blootgesteld. Van alle respondenten is de jaargemiddelde geluidbelasting veroorzaakt door

vliegverkeer bekend waaraan ze werden blootgesteld op hun huisadres. Het gaat hierbij zowel om geluid veroorzaakt door vluchten van de vliegbasis Geilenkirchen als van Maastricht-Aachen Airport (MAA, 'Beek'). Relevante gezondheidseindpunten voor welzijn en gezondheid in relatie tot blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer of van de vliegbasis die in de gezondheidsenquête zijn opgenomen, zijn: hinder (geluid, geur, stof-roet-rook), ervaren gezondheid, migraine, luchtwegklachten, medicatiegebruik, (zelfgerapporteerde) hoge bloeddruk, chronische ziekten (diabetes, kanker), luchtwegaandoeningen, hart- en vaatziekten en beroerten.

Het optreden van een gezondheidseffect is van meerdere factoren afhankelijk en niet alleen van blootstelling aan geluid. Om vertekening van de resultaten (over het verband tussen geluid en effect) door deze factoren zo veel mogelijk tegen te gaan werden in de analysemodellen demografische, sociaaleconomische en leefstijlfactoren opgenomen waarvan uit eerder onderzoek bekend is dat ze van invloed zijn op het optreden van het onderzochte welzijns- of gezondheidseffect. De samenhang tussen de geluidbelasting en de gezondheidstoestand is met een 'logistische regressie' vastgesteld.

b) 'Mortaliteitsonderzoek'

Dit is een onderzoek naar het optreden van vroegtijdige sterfte (aan hart- en vaataandoeningen) in relatie tot langetermijnblootstelling aan geluid(piek)niveaus van vliegtuigpassages. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door het RIVM op basis van gegevens van het CBS over totale en doodsoorzaak-specifieke sterfte (gerelateerd aan blootstelling van (militair) vliegverkeer) in de periode 2004-2010. Het onderzoek is uitgevoerd analoog aan de opzet van de 'Zwitserse' studie (Huss, 2010, zie ook paragraaf 1.2).

Ten behoeve van het onderzoek werd een onderzoeksgroep (cohort) uit de bevolking van heel Zuid-Limburg samengesteld die bij aanvang van de onderzoeksperiode (1 januari 2004) vijf jaar of langer op het toenmalige adres woonde. Het cohort werd zeven jaar gevolgd (follow-up tot 2011). Alle inwoners die op het moment van de start van het onderzoek 30 jaar of ouder waren werden 'gevolgd' via de CBS-gegevens. Dat zijn ongeveer 300.000 mensen van de ongeveer 600.000 inwoners in Zuid-Limburg. Voor de blootstellingsgegevens aan vliegverkeer werden de gegevens voor het jaar 2002 gebruikt. Deze gegevens waren het meest representatief voor de periode voorafgaand aan de start van het onderzoek (2000-2004).

In het onderzoek is rekening gehouden met de invloed van demografische en sociaaleconomische factoren die van invloed zijn op de sterfte, voor zover deze bij het CBS beschikbaar waren. Er is geen rekening gehouden met leefstijlfactoren (dat wil zeggen: rook-, eet- of drinkgedrag); deze waren niet beschikbaar. De statistische analyse is uitgevoerd met een zogeheten 'Cox proportional hazard model', waarbij anders dan in de 'Zwitserse' studie, rekening is gehouden met de onderlinge samenhang op 4-positiepostcodegebied (zogeheten 'Frailty model').

c) 'Risicoschatting'

Dit is een schatting van de omvang van de effecten op welzijn en gezondheid in relatie tot vliegtuiggeluid rond de vliegbasis Geilenkirchen op basis van de berekende geluidblootstelling en blootstelling-responsrelatiegegevens uit de literatuur. In het bijzonder betreft het schattingen van hinder, leesachterstand, verhoogde bloeddruk en hart- en vaataandoeningen.

De relaties worden op basis van de literatuur en inzichten uit lopende onderzoeken bepaald. Vervolgens wordt per welzijns- en gezondheidseindpunt de drempelwaarde (voor geluid) bepaald: de geluidwaarde waarbij en waarboven effecten kunnen optreden. Voor hoge bloeddruk is bijvoorbeeld een

waarde van 50 dB toegepast. Dan wordt de verdeling van de bevolking over de verschillende geluidniveaus bepaald (zoveel mensen bij 50 dB, zoveel mensen bij 51 dB, zoveel bij 52 dB, enzovoorts). Vervolgens wordt met de blootstelling-responsrelatie berekend hoeveel (extra) gevallen van een gezondheids- of welzijnseffect per geluidniveau optreden. Deze worden bij elkaar opgeteld en vormen dan het extra aantal verwachte gevallen (naast de gevallen dat men verwacht als er geen sprake zou zijn van blootstelling aan geluid van vliegverkeer).

Dit onderzoek is een 'update' van het onderzoek dat het RIVM in 2008 heeft uitgevoerd (Van Poll, 2008b).

In Tekstbox 2.1 worden de belangrijkste welzijns- en gezondheidseindpunten die in de drie onderzoeken onderzocht zullen worden, toegelicht.

Tekstbox 2.1 Definities en operationalisaties van de belangrijkste welzijns- en gezondheidseindpunten.

Hinder is een gevoel van onbehagen geassocieerd met een stof of toestand (bijvoorbeeld geluid) waarvan men veronderstelt dat deze een negatieve invloed heeft op iemands welzijn. Het wordt bepaald, in vragenlijsten of tijdens interviews, door aan mensen te vragen in hoeverre een bepaalde (geluid)bron hinderlijk, storend of irriterend was de afgelopen twaalf maanden wanneer ze in of rondom hun woning waren. Hiervoor wordt een schaal van nul tot en met tien voor gebruikt, waarbij nul niet gehinderd is en tien extreem gehinderd.

Zelfgerapporteerde gezondheid is de gezondheidstoestand zoals een persoon die zelf ervaart en weer kan geven in interview- of vragenlijstonderzoek.

Zwakke leesvaardigheid. Op basis van landelijke cijfers is het uitgangspunt bij de schatting dat bij 50 dB of lager 10% van de kinderen een (zeer) zwakke leesvaardigheid heeft.

Men spreekt van een *verhoogde bloeddruk* als iemand gedurende langere tijd een bloeddruk heeft boven de grenswaarde. Voor volwassenen is sprake van een verhoogde bloeddruk, ofwel hypertensie, bij een bovendruk (systolische bloeddruk) van 140 mm Hg (kwikdruk) of hoger, en/of een onderdruk (diastolische bloeddruk,) van 90 mm Hg of hoger, en/of het gebruik van bloeddrukverlagende medicatie (antihypertensiva).

Hart- en vaatziekten is een verzamelnaam voor een groot aantal aandoeningen die betrekking hebben op het hart en de bloedvaten. Coronaire hartziekten (waaronder hartinfarct), ook wel ischemische hartziekten genoemd, zijn de meest voorkomende, gevolgd door beroertes. Zij vormen samen meer dan de helft van het totaal aan hart- en vaatziekten. Onder de groep 'overige hartziekten' vallen ziekten als hartfalen, perifere vaatlijden en atherosclerose, maar ook aangeboren hartafwijkingen, reumatische hartziekten en infectieuze hartziekten (Blokstra et al., 2012).

Berekening van blootstellingsgegevens

Dit betreft de beschrijving van de blootstelling aan geluid(piek)niveaus van vliegbewegingen van (militair) vliegverkeer. Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) berekende de blootstelling van de bevolking in Zuid-Limburg aan geluid van (militair) vliegverkeer. Het NLR deed dit voor verschillende geluidmaten, voor verschillende momenten in tijd (jaartallen) en in verschillende omvang (zogeheten punt en grid-berekeningen).

Deze gegevens werden vervolgens door het RIVM gebruikt om geluidindicatoren op te stellen. Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) heeft de blootstelling van de bevolking in de regio door vliegverkeer (vliegbasis Geilenkirchen, Maastricht-Aachen Airport) in beeld gebracht op basis van modelberekeningen. Hiervoor is door het NLR de blootstelling berekend in L_{den} en Ke . Tevens is informatie aangeleverd om L_{Amax} , NA_x en TA_x te bepalen. De indicatoren zijn in de verschillende onderzoeken (a, b en c, zie boven) gebruikt om de invloed van het vliegverkeer op de welzijns- en gezondheidseindpunten te onderzoeken. De geluidberekeningen en geluidindicatoren worden nader toegelicht in paragrafen 3.2 respectievelijk 3.3. Daar wordt ook ingegaan op de bruikbaarheid van de 'C-weging'(dB(C)) van geluid.

Verkenning van bestaande registraties

Aanvullend en anticiperend op een eventuele tweede fase onderzoek is een verkenning naar bestaande registratiesystemen uitgevoerd. Dit is een haalbaarheidsstudie naar het gebruik van bestaande (gezondheidszorg)registraties voor onderzoek naar de effecten van geluid van (militair) vliegverkeer. Tijdens de verkenning werd gekeken naar relevantie, beschikbaarheid, verkrijgbaarheid en bruikbaarheid van de gewenste gegevens. Relevante gegevens zijn gegevens over gehoorqualiteit, geboortegewicht, leerprestatie bij kinderen, ziekenhuisopnamen en medicijngebruik. Samenvattend zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de invloed van geluid van militair vliegverkeer. De onderzoekspopulatie bestond in principe uit alle inwoners van de GGD-regio Zuid-Limburg. Zuid-Limburg vormde tevens het onderzoeksgebied. In Tabel 2.1 staat een overzicht van de verschillende welzijns- en gezondheidseindpunten die in elk van de onderzoeken werd onderzocht.

Tabel 2.1 Overzicht van welzijns- en gezondheidseindpunten per onderzoek

Onderzoek:	Eindpunt:	Hinder	Zelfgerapporteerde gezondheid	Leesachterstand	Verhoogde bloeddruk	Hart- en vaatziekten	Sterfte
a) zelfgerapporteerde gezondheid		Ⓜ	Ⓜ		Ⓜ	Ⓜ	
b) mortaliteitsonderzoek							Ⓜ
c) risicoschatting		Ⓜ		Ⓜ	Ⓜ	Ⓜ	

3 Blootstelling

3.1 Inleiding

Nationaal en internationaal is de L_{den} vrijwel in alle situaties de standaard maat om geluidblootstelling te karakteriseren en te relateren aan welzijns- en gezondheidseffecten. De regio (Zuid-Limburg) en het Nederlandse parlement wilden graag dat ook maten voor het piekniveau van het geluid in het onderzoek werden betrokken. Naast het niveau van het geluid van een vliegbeweging kenmerkt een vliegbeweging zich ook door de tijdsduur gedurende welke de vliegbeweging een bepaald geluidniveau overschrijdt. Vervolgens is het aantal vliegbewegingen dat gedurende een bepaalde periode overkomt een belangrijk kenmerk van het vliegverkeer (WHO, 1999). Deze drie kenmerken (niveau, duur en aantal) kunnen als aparte geluidmaat worden toegepast maar ook nog eens samengenomen worden in één maat, een geïntegreerde geluidmaat. Al deze type maten (niveau, duur, aantal, geïntegreerd) zijn in het onderzoek toegepast.

3.2 Geluidberekeningen

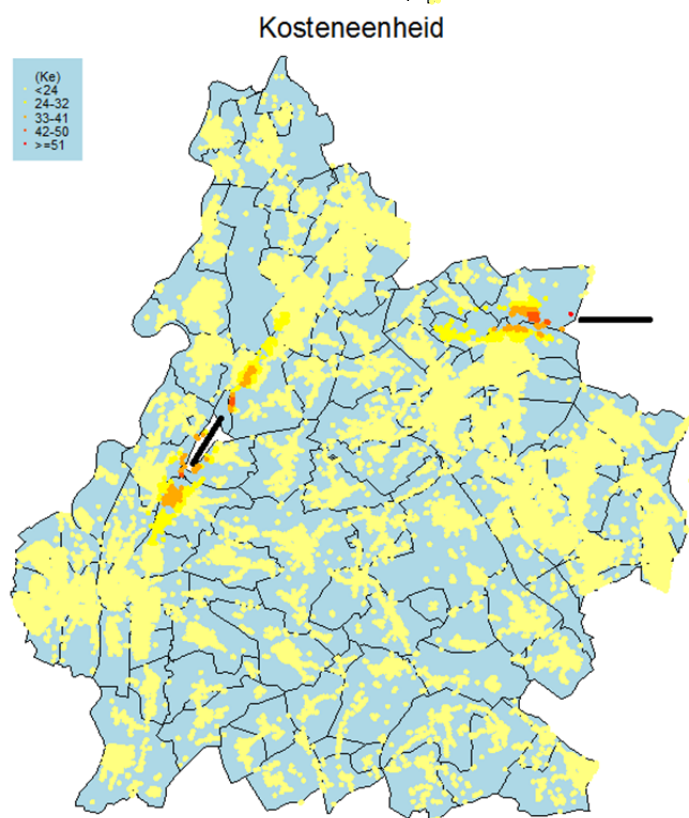
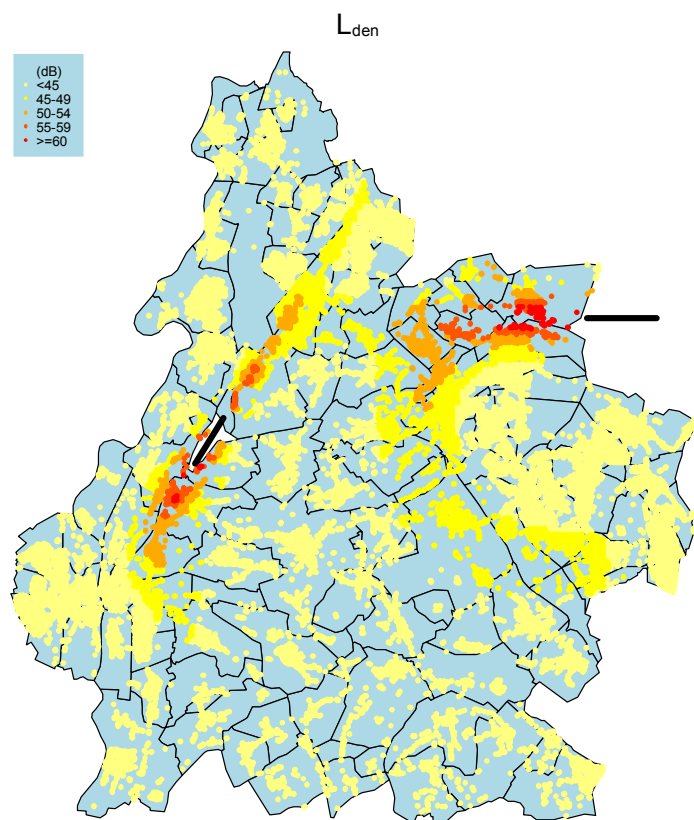
Voor de geluidberekeningen zijn verschillende maten berekend voor verschillende jaren en voor verschillende ruimtelijke niveaus (rekenpunten) en populaties. Voor een gedetailleerdere beschrijving van de geluidberekeningen voor dit onderzoek, zie Hogenhuis (2013).

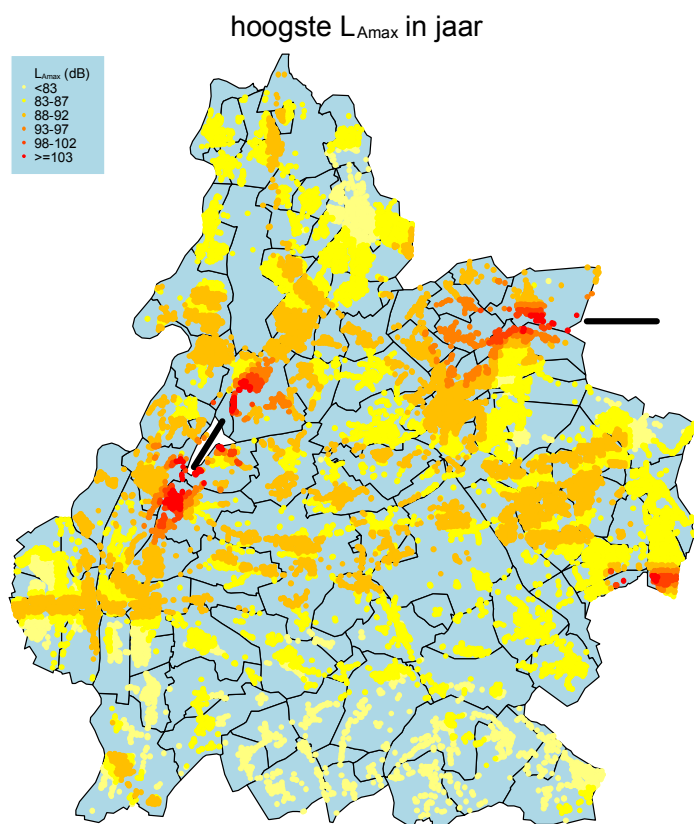
Geluidmaten en -informatie

Het NLR heeft twee verschillende geluidmaten berekend: de L_{den} en K_e . Daarnaast is informatie aangeleverd over het aantal vliegtuigpassages per jaar per 1 dB-klasse voor zowel de L_{Amax} als voor de SEL in de range van 60-120 dB. De L_{Amax} is het maximale geluidniveau van een vliegtuigpassage; de SEL geeft de geluidenergie van een passage weer. Ook is de totale tijdsduur in een jaar dat vliegtuiggeluid van een bepaald geluidniveau optreedt per 1-dB klasse berekend. De keuze voor een bovengrens van 110 dB is gebaseerd op het feit dat deze waarde slechts sporadisch overschreden wordt in bewoond gebied. Uit de informatie over aantal passages en tijdsduur per 1-dB klasse zijn vervolgens verschillende geluidindicatoren afgeleid (zie paragraaf 3.3).

Ruimtelijk niveau en populaties

Voor twee populaties is de geluidblootstelling berekend: voor de deelnemers aan de Gezondheidsmonitor 2009 van de GGD en voor de gehele Zuid-Limburgse bevolking. Voor de deelnemers aan de Gezondheidsmonitor zijn dit de zogeheten *puntberekeningen*, de puntberekening is uitgevoerd in het zwaartepunt van het 6-positiepostcodecijfer van het adres van een deelnemer. De blootstelling van een deelnemer is dus gelijk gesteld aan het geluidniveau op zijn of haar woonadres, berekend als hier aangegeven. Voor de gehele Zuid-Limburgse bevolking is de werkwijze als volgt: eerst is een *rekengrid* gedefinieerd, van 32 bij 35 kilometer. In elke hoekpunt van een vierkant van 250 meter bij 250 meter in dit grid zijn de geluidmaten berekend (voor het gebied van 32 bij 35 kilometer betekent dit 129 keer 141 uitkomsten per geluidmaat). Vervolgens zijn aan alle woonadressen in het gebied de resultaten van de geluidmaten van het dichtstbijzijnde hoekpunt toegewezen. In Figuur 3.1 is voor drie geluidmaten (L_{den} , K_e en L_{Amax}) per woonadres aangegeven wat de geluidbelasting (in categorieën) is.





Figuur 3.1 Onderzoeksgebied (Zuid-Limburg) en blootstellingsverdeling van geluid van vliegverkeer over Zuid-Limburg, weergegeven in L_{den} , K_e en L_{Amax} situatie 2012. De punten geven de woonadressen weer. Diagonale zwarte streep links: Maastricht-Aachen Airport ('Beek'), horizontale zwarte streep rechts: vliegbasis Geilenkirchen

In Tabel 3.1 is een overzicht van de blootstellingsverdeling van de gehele bevolking in Zuid-Limburg aan geluid weergegeven voor de situatie in 2002 en 2012.

Tabel 3.1 Overzicht van het aantal en aandeel blootgestelde inwoners van Zuid-Limburg aan geluid van vliegverkeer naar geluidniveauklasse van 5 dB

Blootstellings- categorieën (L_{den})	2002		2012	
	Aantal	%	Aantal	%
≤ 39	237.063	37,5	387.011	63,8
40 – 44	214.748	33,9	161.749	26,7
45 – 49	132.709	21,0	39.839	6,6
50 – 54	36.770	5,8	13.181	2,2
55 – 59	10.020	1,6	4.623	0,8
60 – 64	1.407	0,2	373	0,1
≥ 65	231	0,0	86	0,0
Totaal	632.947		606.862	

Tussen 2002 en 2012 neemt het aantal en aandeel omwonenden met een geluidblootstelling boven de 40 dB(A) L_{den} af. Boven de 50 dB(A) daalt het aandeel omwonenden in Zuid-Limburg van 7,6% in 2002 naar 3,1% in 2012. Deze daling volgt de afname in aantal vliegbewegingen (zie Tabel) en daarmee

naar alle waarschijnlijkheid de blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer. De totale omvang van de bevolking neemt ook af. Dit komt voornamelijk door een lagere bevolkingsgroei (lager geboortecijfer, minder migratie naar de regio) en migratie uit de regio.

Jaargang en type berekeningen

Voor een drietal jaren zijn afhankelijk van het onderzoek (a, b of c) geluidmaten berekend (Tabel). Geluidmaten zijn berekend voor een punt of voor een grid (zie hieronder).

Tabel 3.2 Jaargang en type berekening van de geluidmaten voor de verschillende onderzoeken

Onderzoek	Jaartal			Berekening	
	2002	2008	2012		
a) zelfgerapporteerde gezondheid		⌘		punt	
b) mortaliteitsonderzoek	⌘				grid
c) risicoschatting	⌘		⌘		grid
Aantal vliegbewegingen/jaar (Hogehuis, 2013)	3.529	2.883	1.973		

3.3

Geluidindicatoren

De berekeningen van de verschillende geluidmaten (paragraaf 3.2) vormden het uitgangspunt voor de bepaling van de geluidindicatoren waarmee de invloed van geluid naar de welzijns- en gezondheidseindpunten is onderzocht. Zoals eerder beschreven is naast het niveau van het geluid (van een vliegbeweging), de duur van de vliegbeweging en het aantal vliegbewegingen van belang. Naast dat deze maten apart gebruikt kunnen worden, worden ze ook samengevoegd in een geïntegreerde maat gebruikt. Daarnaast is het NLR gevraagd te onderzoeken of het geluid van de vliegtuigen beter door een A-weging of door een C-weging wordt gerepresenteerd.

Bij de berekeningen en de afleidingen van de geluidindicatoren is er rekening mee gehouden dat vliegverkeer van en naar Maastricht-Aachen Airport ('Beek') bijdraagt aan de geluidbelasting. Deze geluidbelasting is verdisconteerd in de geluidindicatoren.

Op deze manier is de geluidkarakterisering verbreed door uit te gaan van de volgende drie eigenschappen van een vliegbeweging:

- Het (hoogste) geluidniveau van een vliegbeweging in een bepaalde periode (1 jaar).
- Het aantal vliegbewegingen gedurende een bepaalde periode (1 jaar).
- De duur van de overvlucht van een vliegbeweging voor een bepaalde periode (1 jaar).

Daarnaast is de combinatie van niveau, aantal en duur gebruikt:

- Geïntegreerde maten voor vliegbewegingen.

Geluidniveau

Om de hoogte van het geluidniveau weer te geven wordt de hoogste L_{Amax} gebruikt. De L_{Amax} is het hoogste geluidniveau van alle vliegtuigpassages gedurende een jaar op een bepaalde plek. Omdat de hoogste L_{Amax} slechts één vliegtuigpassage tijdens een heel jaar beschrijft, is onderzocht of andere – op de L_{Amax} gebaseerde – indicatoren een ander beeld geven van de relatie met ernstige hinder. Zo beschrijft de L_{Amax_3} het maximale geluidniveau van de 3^e luidste vliegtuigpassage in een jaar, de L_{Amax_5} de op 4 na, de 5^e dus, luidste

enzovoorts. De formulering van deze indicatoren heeft tot gevolg dat het aantal vliegtuigpassages een rol gaat spelen in de bepaling van de geluidindicator, maar dat de duur van de blootstelling buiten beschouwing blijft. Het samen nemen van vliegbewegingen is ook op een andere manier toegepast door de L_{Amax} te berekenen waar een bepaald percentage van de vliegtuigpassages boven komt. Zo bedoelen we met de L_{Amax_p1} die L_{Amax} waarde waar 1% van de passages boven komt. Tot slot, is als indicator de gemiddelde L_{Amax} van de vliegtuigpassages genomen die een bepaald niveau overschrijden. Zo beschrijft de indicator $M_{L_{Amax_60}}$ het rekenkundig gemiddelde L_{Amax} van alle vliegtuigpassages in een jaar die een maximaal geluidniveau boven de 60 decibel produceerden.

De indicatoren die zijn gebruikt om het geluidniveau van een overvlucht tot uitdrukking te brengen (op basis van overvluchten met een geluidniveau groter dan/gelijk aan 60 dB L_{Amax}) zijn:

- Hoogste L_{Amax} , L_{Amax_3} , L_{Amax_5} , L_{Amax_10} ,
- L_{Amax_p1} , L_{Amax_p5} , L_{Amax_p10} ,
- $M_{L_{Amax_60}}$, $M_{L_{Amax_65}}$.

Aantal

Om het aantal vliegbewegingen weer te geven wordt de NA_x ('Number Above X' dB) gebruikt. De NA_x is het aantal vliegbewegingen per jaar waarvan het maximale geluidniveau (L_{Amax}) een bepaalde waarde overschrijdt op een bepaalde plek. Dit wordt aangeduid met Number-Above.

Indicatoren voor het aantal overvluchten met een geluidniveau boven een bepaald geluidniveau (x) zijn:

- Number Above (NA_x) NA_{60} , NA_{65} , NA_{70} , NA_{75} , NA_{80} .

Duur

Om de duur van de overvlucht van vliegbewegingen boven een geluidniveau van 60 dB weer te geven wordt de TA_x (Time-Above x db) gebruikt. De TA_x is de tijdsduur per jaar dat een bepaald geluidniveau door vliegbewegingen wordt overschreden op een bepaalde plek (in seconden). Dit wordt aangeduid met Time-Above.

Een andere indicator is bijvoorbeeld de geluidindicator L_{4u} . Dit is het geluidniveau waaraan de respondenten op hun woonadres, bij elkaar genomen over een heel jaar, gedurende 4 uur per jaar worden blootgesteld. Als de L_{4u} bijvoorbeeld 70 dB(A) bedraagt, dan betekent dit dat een persoon gedurende een jaar bij elkaar precies 4 uur blootstaat aan geluidniveaus van 70 dB(A) of luider.

Indicatoren voor duur van de vliegbeweging boven een bepaald geluidniveau (x) zijn:

- Time Above (TA_x) TA_{60} , TA_{65} , TA_{70} , TA_{75} , TA_{80} ,
- L_{1u} , L_{4u}

Geïntegreerde indicatoren

De gebruikte geïntegreerde maten zijn de L_{den} en de Ke. De L_{den} verenigt de drie genoemde aspecten van vliegtuigeluid (geluidniveau, duur en aantal) in één jaargemiddelde geluidbelastingsindicator, waarbij tevens rekening wordt gehouden met het tijdstip van het optreden van het geluid (den: day-evening-night) De L_{den} is gebaseerd op het zogenaamde 'equal energy principe'. Hierbij geldt dat één vliegtuigpassage kan worden vervangen door tien vliegtuigpassages met een SEL (geluidenergie) die 10 dB lager ligt; de waarde van de L_{den} verandert dan niet. In de L_{den} is er dus sprake van een (impliciete) afweging tussen het aantal passages en het geluidniveau van de afzonderlijke passages. Dit wordt wel 'trade-off factor' genoemd.

De vraag ligt voor of de impliciete 'trade-off factor' van de L_{den} adequaat is voor het beschrijven van de situatie rond vliegbasis Geilenkirchen met geluidkarakteristieken (weinig vliegtuigpassages per jaar en hoge geluidpieken per passage) die afwijken van de situatie rond andere (inter)nationale luchthavens.

Om aan de vraag tegemoet te komen hebben we in de berekening van de L_{den} een parameter (alfa) geïntroduceerd waarmee we de 'trade-off factor' tussen aantallen en geluidniveau kunnen beïnvloeden (analoog aan Miedema, 2000). De $L_{den(\alpha)}$ ¹ waarbij 'alfa' gelijk aan 1 is, komt overeen met de L_{den} . Door de 'alfa' te variëren kan een groter gewicht worden gegeven aan het aantal overvluchten (bij een alpha kleiner dan 1) of aan het geluidniveau (bij een alpha groter dan 1). De Ke is de Kosteneenheid, een in de jaren zestig ontwikkelde Nederlandse geluidmaat voor vliegverkeer, die nog steeds voor militair vliegverkeer wordt gebruikt. In de Ke wordt het maximale geluidniveau van passages (L_{Amax}), de timing van de vliegbeweging en het aantal passages in één jaar tot een jaargemiddelde belasting verwerkt. De geïntegreerde geluidindicatoren die in het onderzoek zijn beschouwd, zijn de Kosteneenheid en de L_{den} met variërende alfa:

- Ke
- L_{den} (met $\alpha = 1$)
- L_{den} met $\alpha=0,7, 0,9, 1,1, 1,3$ en $1,5$

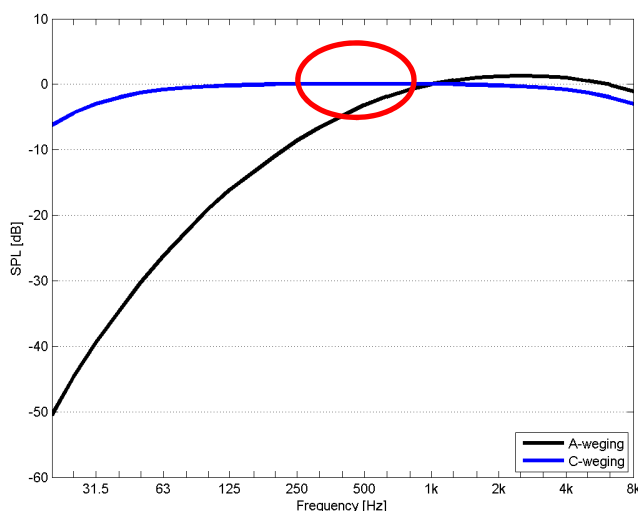
Samenvattend: er worden vier typen geluidmaten gebruikt: maten voor het niveau van een event (L_{Amax}), de duur van een event (TA_x), aantallen events (NA_x) en maten die de drie voorgaande integreren (L_{den} , Ke). In totaal worden 28 indicatoren gebruikt voor het onderzoek naar de invloed van het geluid van militair vliegverkeer op welzijn en gezondheid (voor meer informatie zie ook Bijlage GVG III).

dB(A) versus dB(C)

In deze paragraaf gaan we in op de invloed van het gebruik van C-gewogen geluid bij de bepaling van geluidmaten. De vraag is of het zinvoller is om geluidniveaus van het militair vliegverkeer in dB(C) te gebruiken in plaats van dB(A).

Doorgaans worden geluidmaten rondom luchthavens uitgedrukt in dB(A), waarbij de zogeheten A-weging wordt toegepast. De A-weging is een manier om het geluid te bepalen, zoals dit door het menselijk oor ervaren wordt, want voor het menselijk oor klinken de lage tonen van een geluid zachter. Figuur 3.2 toont de correcties die bij de A-weging en C-weging per frequentie worden toegepast op het ongewogen geluidniveau, of 'Sound Pressure Level (SPL)'.

¹ $L_{den(\alpha)} = 10 \log (\sum N (10^{SEL/10})^\alpha) - 10 \log(T)$, uitgedrukt in dBA



Figuur 3.2 Correcties van geluidniveaus door A- en C-weging. Verticaal de mate van demping van de 'Sound Pressure Level' in decibellen (dB), horizontaal de frequentiegebieden

Figuur 3.2 laat zien in welke mate vooral lage frequenties minder bijdragen (zie zwarte lijn) aan het totale geluidniveau bij de A-weging, in de meetstand 'slow' (= tijdconstante van 1 seconde). Bijvoorbeeld: voor een geluidevent wordt in het frequentiegebied van 31,5 Hz een SPL-waarde gemeten van 60 dB. Op basis van de grafiek in Figuur 2 wordt deze bij een A-weging gecorrigeerd (gedempt) met 40 dB, van 60 dB naar 20 dB(A). Het toepassen van de A-weging leidt ertoe dat laagfrequent geluid grotendeels wordt gedempt, waardoor het minder bijdraagt aan het totale geluidniveau. Om de bijdrage van lage frequenties toch inzichtelijk te maken kan men ervoor kiezen om de zogeheten C-weging te gebruiken.

Een analyse van de gemeten geluidspectra van AWACS-landingen laat zien dat bij AWACS-landingen in het hoge gedeelte van het spectrum (2kHz – 4kHz) de hoogste geluidniveaus gemeten worden. Deze pieken in het hoge gedeelte van het spectrum leveren een grote bijdrage aan zowel het A- als C-gewogen geluidniveau. Beide wegingen corrigeren nauwelijks in dit hoge deel van het spectrum (zie Figuur 3.2) waardoor de A- en C-gewogen geluidniveaus van AWACS-metingen nagenoeg gelijk zijn. Aangezien voor de AWACS-metingen nauwelijks verschillen optreden tussen de A- en C-gewogen geluidniveaus en omdat de dominante frequenties niet gedempt worden door de A-weging, wordt geconcludeerd dat de C-weging voor *landingen* geen nieuwe inzichten geeft en dat de A-weging voldoet om de piekniveaus van de AWACS in kaart te brengen.

De vergelijking van *startende* AWACS laat een ander beeld zien dan voor *landende* AWACS. Dan treden er wel verschillen op in A-gewogen en C-gewogen geluidniveaus. Het feit dat voor AWACS-starts wel verschillen optreden tussen A- en C-gewogen geluidniveaus hangt samen met het feit dat bij AWACS-starts geen duidelijke pieken voorkomen in het hoge gedeelte van het spectrum (2kHz – 4kHz) zoals bij de landingen wel het geval was. De AWACS-metingen geven een vergelijkbaar beeld met de metingen van de andere vliegtuigtypes en daardoor zijn de verschillen tussen de A- en C-gewogen geluidniveaus ook vergelijkbaar. Doordat de verschillen tussen de A- en C-gewogen geluidniveaus van de AWACS en de andere vliegtuigtypes vergelijkbaar zijn en omdat bij starts de lage frequenties niet dominant zijn, is er geen aanleiding een C-weging toe te

passen voor startend verkeer om eventuele onopgemerkte laagfrequente geluidkarakteristieken in geluidniveaus zichtbaar te maken (zie Hogenhuis, 2013).

Samenvattend zien we dat zowel voor startende AWACS als voor landende AWACS er geen aanleiding is om een C-weging toe te passen, in plaats van een A-weging. De C-weging zal verder buiten beschouwing worden gelaten in de toepassing van geluidindicatoren voor het onderzoek naar welzijns- en gezondheidseffecten.

4 Welzijns- en gezondheidseffecten

In dit hoofdstuk beschrijven we de uitkomsten van het welzijns- en gezondheidsonderzoek: de effecten van geluid van (militair) vliegverkeer op hinder, zelfgerapporteerde gezondheid, leesprestaties, verhoogde bloeddruk, hart- en vaatziekten en (doodsoorzaak specifieke) sterfte. Per welzijns- en gezondheidseindpunt zullen de belangrijkste resultaten uit de drie onderzoeken worden besproken.

4.1 Hinder

In 2007 gaf 1% van de volwassen inwoners in Nederland aan ernstige geluidhinder te ondervinden van militair vliegverkeer (Van Poll et al., 2008).

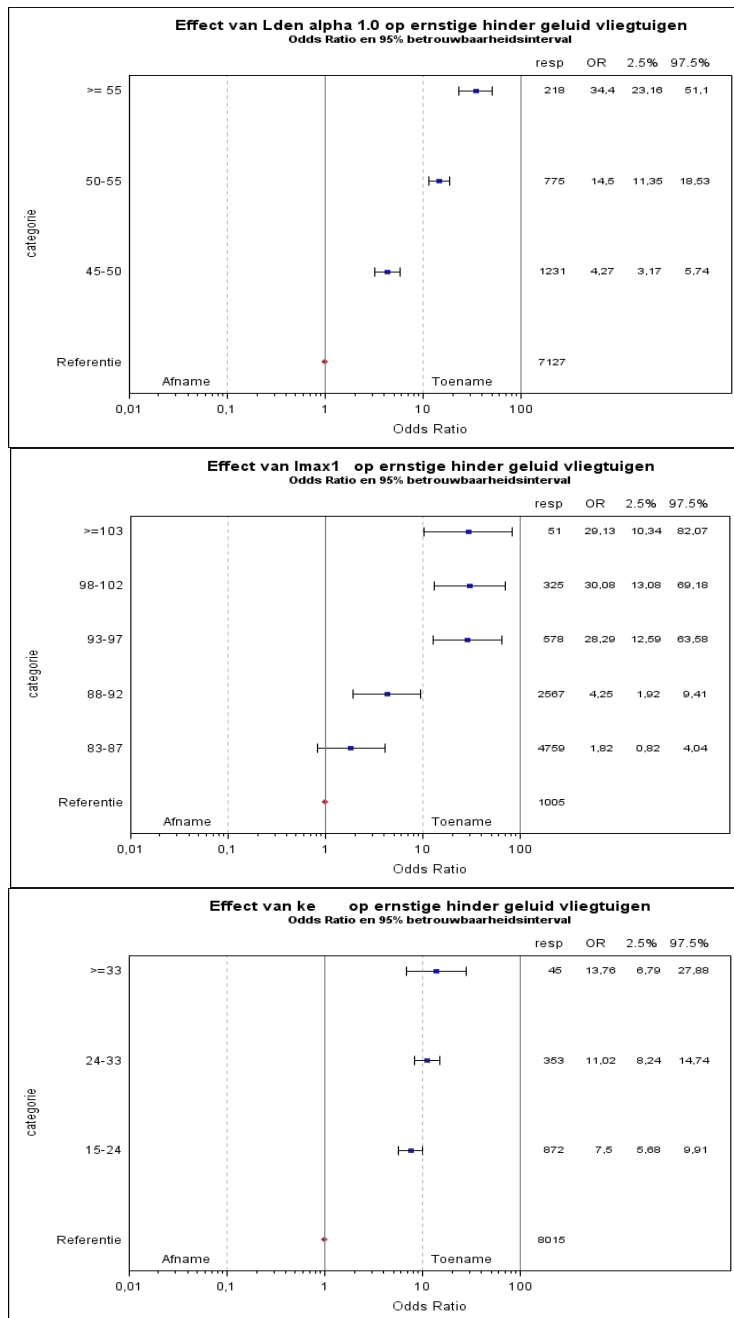
De mate van hinder als gevolg van in dit geval geluid van militair vliegverkeer wordt veelal bepaald met behulp van vragenlijstonderzoek. Door de antwoorden van mensen op geluidhindervragen in een vragenlijst te koppelen aan hun blootstellingsniveau aan geluid kan een blootstelling-responsrelatie voor hinder worden opgesteld. Deze blootstelling-responsrelatie beschrijft voor elk geluidniveau welk percentage van de blootgestelde bevolking naar verwachting hinder zal ondervinden van dat geluid. Een blootstelling-responsrelatie kan vervolgens voor meerdere doeleinden worden gebruikt. Vragenlijstonderzoek is duur en met een blootstelling-responsrelatie kan zonder vragenlijstonderzoek geschat worden hoe de hindersituatie eruit ziet rond luchthavens in het algemeen. Daarnaast kunnen de ontwikkelingen in de tijd worden bepaald zonder dat elk jaar een nieuw vragenlijstonderzoek hoeft te worden uitgevoerd.

In dit onderzoek zijn beide methoden toegepast: hinderbepaling op basis van vragenlijstonderzoek in het onderzoek 'zelfgerapporteerde gezondheid (a)' en op basis van een blootstelling-responsrelatie in het onderzoek 'risicoschatting' (c). Allereerst de bepaling van geluidhinder op basis van het onderzoek 'zelfgerapporteerde gezondheid' (a).

In Figuur 4.1 zijn de resultaten voor de relatie tussen L_{den} , L_{max} en K_e enerzijds en het percentage ernstig geluidhinderden anderzijds weergegeven. De resultaten zijn weergegeven in de vorm van een 'odds ratio'. Dit is een verhoudingsgetal. Deze maat beschrijft de kans op ernstige geluidhinder bij hogere blootstelling ten opzichte van de kans van de mensen in een referentiecategorie, in dit geval geen tot hele lage blootstelling. Een 'odds ratio' groter dan één betekent dat de kans op hinder groter is in deze blootstellingscategorie dan de kans in de referentiecategorie.

Uit de resultaten valt op te maken dat bij elke categorie blootstelling (van laag naar hoog) de kans op het ondervinden van ernstige hinder door vliegtuiglawaai groter wordt (bijvoorbeeld in de bovenste afbeelding (L_{den}) in Figuur 4.1: van 4,27 bij 45-50 dB naar 14,5 bij 50-55 dB). Wanneer dezelfde analyse wordt uitgevoerd met de hoogste L_{max} als indicator van de geluidblootstelling neemt de kans op ernstige hinder sterk toe tot ongeveer 95 dB(A) L_{Amax} , waarna de kans gelijk blijft bij blootstelling aan hogere maximale geluidniveaus. Dit wordt mogelijk verklaard door misclassificatie: zoals we hebben opgemerkt gaat het bij de L_{Amax} om één event (hoogste geluidniveau in één jaar tijd). De kans dat dit gemist is door een respondent is aanwezig, waardoor het mogelijk is dat de

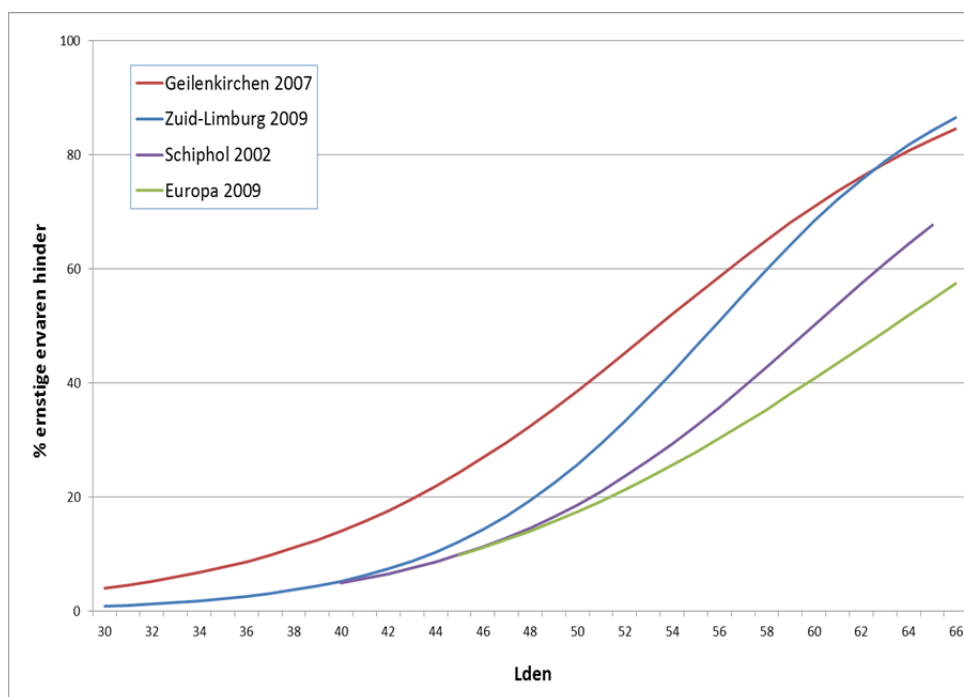
hinder is gebaseerd op een event met een lager L_{\max} . Bij de K_e zien we een toename die overeenkomt met de toename bij de L_{den} maar minder groot.



Figuur 4.1 Resultaten van de samenhang tussen vliegtuiggeluid (van boven naar beneden: L_{den} , L_{Amax} en ke) en ernstige geluidhinder na correctie voor demografische, sociaaleconomische en leefstijlfactoren

De figuren tonen het verschil in kans op het ondervinden van ernstige geluidhinder bij blootstelling aan verschillende geluidsniveaus. Het verschil met de referentiegroep ('Referentie'= mensen met de minste blootstelling aan vliegtuiggeluid) is uitgedrukt als een odds ratio (OR); deze maat beschrijft de kans op ernstige geluidhinder bij hogere blootstelling ten opzichte van de kans van de mensen in de referentiegroep. De horizontale lijnen (–) rond de OR (•) zijn een grafische weergave van het betrouwbaarheidsinterval van de schatting van de OR. De kolom 2,5% geeft de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval, de kolom 97,5% geeft bovengrens van 95% betrouwbaarheidsinterval. De kolom 'resp' toont het aantal mensen in het onderzoek dat aan een bepaald geluidsniveau werd blootgesteld.

De relatie tussen geluid van vliegverkeer en geluidhinder laat een blootstelling-responsrelatie zien. Als we de geluidblootstelling (L_{den} , horizontale as) afzetten tegen het aandeel ernstig geluidgehinderde inwoners en daar een lijn doorheen passen, krijgen we de lichtblauwe lijn in Figuur 4.2 (Zuid-Limburg 2009). Wanneer deze waarden vergeleken worden met de blootstelling-responsrelatie die is voorgesteld voor algemeen gebruik binnen de Europese Unie (Europa, 2009) valt op dat de gevonden percentages ernstig gehinderden voor Zuid-Limburg groter zijn dan op grond van de L_{den} -geluidniveaus mag worden verwacht. Dat wil zeggen: bij een gelijk geluidniveau is het aandeel geluidgehinderden in de regio rond de basis groter. Ook wanneer deze waarden worden afgezet tegen de blootstelling-responsrelatie die is gevonden rond Schiphol in 2002 komt naar voren dat het percentage ernstig gehinderden bij de vliegbasis Geilenkirchen hoger is dan op grond van de Schiphol-lijn verwacht zou worden. Merk op dat de blootstelling-responsrelatie voor Schiphol op zijn beurt ook boven de voor de EU voorgestelde curve ligt.



Figuur 4.2 Blootstelling-responsrelaties tussen vliegtuiggeluid (L_{den}) en ernstige hinder (aandeel in %) voor Europa, Schiphol, Geilenkirchen 2007, Zuid-Limburg 2009)

Met behulp van deze blootstelling-responsrelatie (Figuur 4.2, blauwe lijn) kunnen we het aandeel ernstig gehinderden, ook voor andere jaren, schatten in het onderzoek 'risicoschatting (c)'. Een dergelijke schatting is gemaakt voor de blootstellingsgegevens van 2002 en 2012 met behulp van de blootstelling-responsrelatie uit 2009 (Figuur 4.2, blauwe lijn).

In Tabel 4 zijn de resultaten van deze schatting voor geheel Zuid-Limburg weergegeven. In Tabel 5 zijn de resultaten van deze schatting voor de invloedssfeer van de vliegbasis Geilenkirchen weergegeven (invloedssfeer: gemeenten Schinnen, Brunssum, Onderbanken, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Voerendaal en Simpelveld, zie Van Poll et al., 2008). Bij een blootstellings situatie zoals in 2002 leidt dit voor heel Zuid-Limburg (alle

vliegverkeer) tot ongeveer 49.000 ernstig gehinderden, in 2012 tot 29.000 gehinderden (Tabel 4).

Tabel 4.1 Geschat aantal mensen dat ernstig gehinderd is als gevolg van blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg

Jaar	Absoluut aantal		Percentage van het totaal	
		95% BI†		95% BI†
2002	49.000	43.000 – 56.000	9,7%	8,5 – 11,0%
2012	29.000	25.000 – 34.000	5,8%	5,0 – 6,8%

* Betreft alleen personen van 18 jaar en ouder, blootgesteld aan 30 dB(A) L_{den} en meer;

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

Voor de Nederlandse regio rond de vliegbasis leidt dit in 2002 tot ongeveer 24.000 ernstig gehinderden, in 2012 tot 13.000 gehinderden (Tabel 4.2). De daling in aantal gehinderden volgt de afname in aantal vliegbewegingen tussen 2002 en 2012 (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Geschat aantal mensen dat ernstig gehinderd is als gevolg van blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

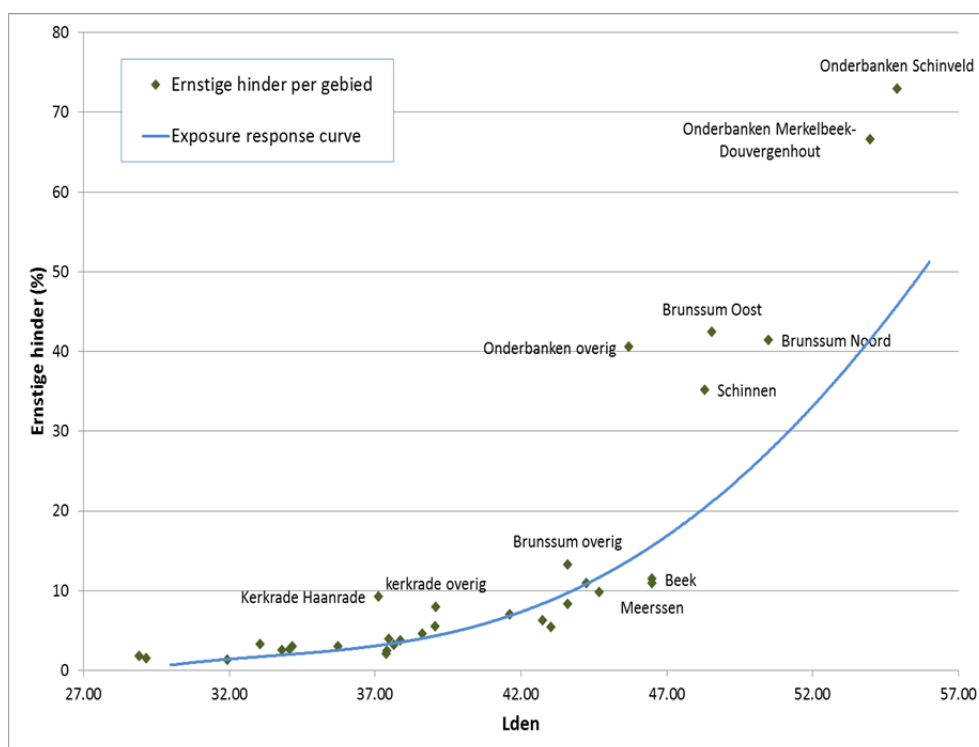
Jaar	Absoluut aantal		Percentage van het totaal	
		95% BI†		95% BI†
2002	24.000	22.000 – 28.000	10,8%	9,5 – 12,2%
2012	13.000	12.000 – 16.000	6,1%	5,3 – 7,1%

* Betreft alleen personen van 18 jaar en ouder, blootgesteld aan 30 dB(A) L_{den} en meer;

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

De schattingen die in deze rapportage voor 2002 en 2012 zijn uitgevoerd, liggen lager dan de bevindingen van de schatting uit de eerdere risicoschatting in 2008 (Van Poll, 2008a). Het aantal mensen van 18 jaar en ouder dat ernstige geluidhinder ervaart door geluid van militair vliegverkeer werd destijds geschat op ongeveer 19% (van ongeveer 220.000 inwoners). Het percentage ernstige hinder door geluid van vliegverkeer zou tussen 2002 en 2012 zijn gedaald van ongeveer 11% (van ongeveer 222.000 inwoners) naar ongeveer 6% (van ongeveer 213.000) inwoners. Een belangrijk verschil tussen de getallen uit 2008 enerzijds en 2002 en 2012 anderzijds is dat de getallen uit 2008 verkregen zijn op basis van hinderscores op vragenlijsten, de getallen uit 2002 en 2012 zijn met behulp van de blootstelling-respons curve op basis van de gegevens uit het onderzoek 'zelfgerapporteerde gezondheid (a)' verkregen.

In Figuur 4.3 is voor alle woonkernen de gemiddelde blootstelling tegen het aandeel ernstig geluidgehinderden per woonkern uitgezet.



Figuur 4.3 Gemiddelde blootstelling aan vliegtuiggeluid (L_{den}) en percentage ernstige hinder in de gemeenten en wijken/buurtten van de GGD-regio Zuid-Limburg afgezet tegen de blootstelling-responsrelatie

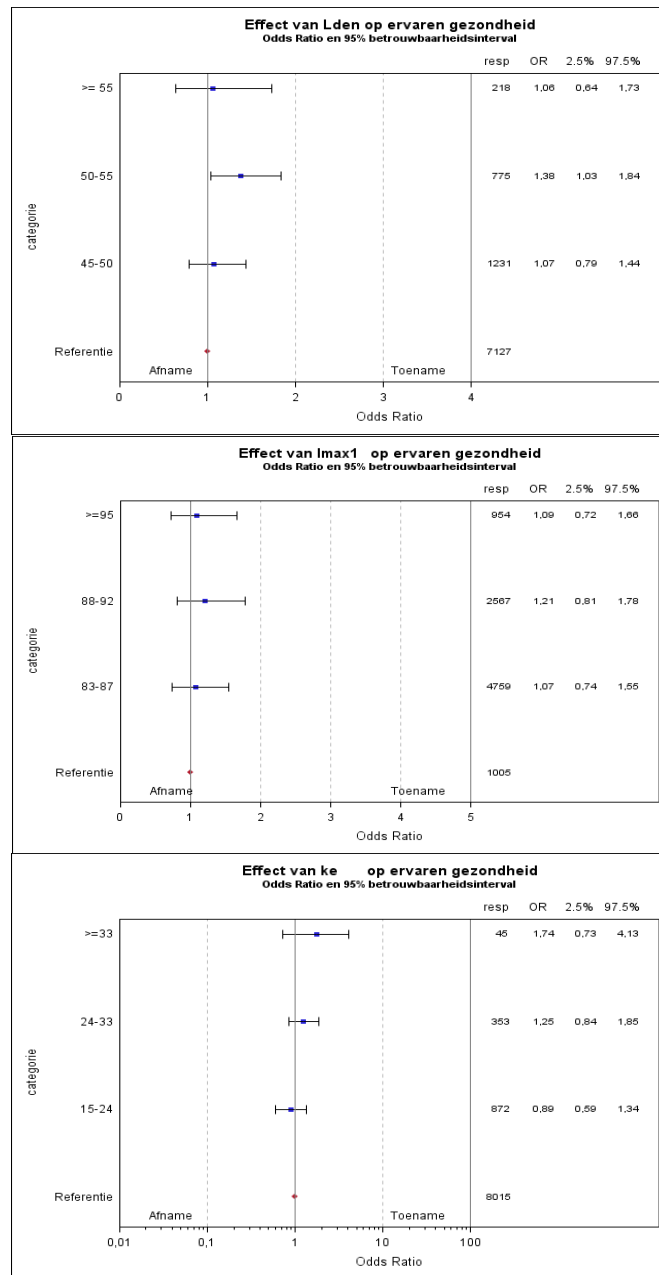
De afname van de hinder in gemeenten en wijken en buurten verder weg van de basis is groter dan de afname van de hinder in gemeenten en wijken en buurten dichtbij de basis.

4.2 Zelfgerapporteerde gezondheid

Voor zelfgerapporteerde gezondheid is gebruikgemaakt van de gegevens zoals die gerapporteerd zijn door de respondenten van de 'Lokale monitor Volksgezondheid Volwassenen 2009'. De invloed van vliegtuiggeluid op de volgende gezondheidseffecten is onderzocht:

- ervaren gezondheid
- hoge bloeddruk
- migraine
- chronische ziekten (diabetes, kanker)
- luchtwegklachten
- luchtwegaandoeningen
- medicatiegebruik
- hart- en vaatziekten, beroerten

In Figuur 4.4 zijn de resultaten van de relatie tussen L_{den} , L_{max} en K_e enerzijds en 'ervaren gezondheid' anderzijds weergegeven als voorbeeld. Alleen voor de blootgestelden in de categorie '50-55 L_{den} ' is de 'odds ratio' afwijkend van één (namelijk: groter dan één). Dit zou betekenen dat mensen in deze blootstellingsgroep aangeven een beter ervaren gezondheid te hebben dan de mensen in de referentiegroep (<45 L_{den}). Een uitkomst die men niet zou verwachten en naar alle waarschijnlijkheid op toeval berust. Alle andere blootstellingscategorieën laten geen verhoogde/verlaagde 'odds ratio' zien. Op basis van deze resultaten is het niet mogelijk een blootstelling-responsrelatie op te stellen zoals dit bijvoorbeeld wel mogelijk was voor geluid en geluidhinder (zie paragraaf 4.1).



Figuur 4.4 Resultaten van de samenhang tussen vliegtuiggeluid (van boven naar beneden L_{den} , L_{Amax} en Ke) en ervaren gezondheid, na correctie voor demografische, sociaaleconomische en leefstijlfactoren.

De figuren tonen het verschil in kans op het ondervinden van een beter ervaren gezondheid bij blootstelling aan verschillende geluidniveaus. Het verschil met de referentiegroep ('Referentie' = mensen met de minste blootstelling aan vliegtuiggeluid) is uitgedrukt als een odds ratio (OR); deze maat beschrijft de kans op beter ervaren gezondheid bij hogere blootstelling ten opzichte van de kans van de mensen in de referentiecategorie. De horizontale lijnen (–) rond de OR (•) zijn een grafische weergave van het betrouwbaarheidsinterval van de schatting van de OR. De kolom 2,5% geeft de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval, de kolom 97,5% geeft bovengrens van 95% betrouwbaarheidsinterval. De kolom 'resp' toont het aantal mensen in het onderzoek dat aan een bepaald geluidniveau werd blootgesteld.

Voor geen van de andere onderzochte gezondheidseffecten (zie boven) is een relatie met de blootstelling aan vliegtuiggeluid gevonden. Dit geldt zowel voor de analyse met de geluidindicatoren L_{den} , L_{Amax} en K_e als ook voor de analyses met de overige 25 geluidindicatoren.

Rond andere luchthavens wordt wél een samenhang gezien tussen blootstelling aan geluid van vliegverkeer en zelfgerapporteerde gezondheid. Een mogelijke oorzaak is dat voor de meeste onderzochte gezondheidseffecten het gaat om enkele mensen over een periode van meerdere jaren die last zullen krijgen van hun gezondheid door blootstelling aan vliegtuiglawaai. Om deze effecten waar te nemen in onderzoek zijn grote aantallen onderzoekdeelnemers nodig die aan verschillende geluidniveaus worden blootgesteld. Bijvoorbeeld, in het onderzoek zijn 238 deelnemers blootgesteld aan 55 dB L_{den} of meer. Dit aantal is wellicht te klein om een effect waar te nemen.

4.3 Leesprestatie

Op basis van landelijke cijfers is het uitgangspunt bij de schatting dat bij 50 dB of lager 10% van de kinderen een (zeer) zwakke leesvaardigheid heeft. Dit percentage hebben we ook voor Zuid-Limburg aangehouden.

Blootstelling aan vliegtuiggeluid is geassocieerd met achterstand in leesprestatie. Deze effecten treden op bij een blootstellingsniveau van 50 dB L_{den} of hoger. Er is een blootstelling-responsrelatie afgeleid uit de resultaten van RANCH ('Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects'; Van Kempen, 2008). De odds ratio voor leesachterstand als gevolg van blootstelling aan vliegtuiggeluid is 1,38 (95% betrouwbaarheidsinterval 1,09 – 1,75) per 10 dB(A). Dit betekent dat een scholier met een blootstelling van 60 dB(A) (10 dB hoger dan de referentie) een kans van 13,3% op een lage score voor leesvaardigheid heeft in plaats van 10%. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de populatie 12-jarigen in Zuid-Limburg zodat we het resultaat kunnen uitdrukken in het aantal extra kinderen met een lage score voor een leestest die jaarlijks uit de basisschool stromen.

In Tabel 4.3 zijn de resultaten van de schatting voor Zuid-Limburg van het aantal extra kinderen per jaar (groep 8) met een lage score voor leesvaardigheid weergegeven.

Tabel 4.3 Geschat aantal 12-jarige leerlingen per jaar met een lage score voor leesvaardigheid (begrijpend lezen) als gevolg van blootstelling aan vliegtuiggeluid in Zuid-Limburg

Jaar	Aantal 12-jarigen per jaar met een lage score	Extra aantal 12-jarigen per jaar als gevolg van vliegtuiggeluid			
		Aantal		Percentage van het totaal	
			95% BI†		95% BI†
2002	718	5	1 – 9	0,7	0,2 – 1,2%
2012	638	2	1 – 4	0,4	0,1 – 0,7%

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

In 2002 bedraagt dit aantal voor Zuid-Limburg ongeveer vijf extra leerlingen per jaar, in 2012 ongeveer twee extra leerlingen per jaar.

In Tabel zijn de resultaten van de schatting van het aantal extra kinderen per jaar (groep 8) met een lage score voor leesvaardigheid weergegeven voor de invloedssfeer van de vliegbasis Geilenkirchen (invloedssfeer: gemeenten

Schinnen, Brunssum, Onderbanken, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Voerendaal en Simpelveld, zie Van Poll et al., 2008).

Tabel 4.4 Geschat aantal 12-jarige leerlingen per jaar met een lage score voor leesvaardigheid (begrijpend lezen) als gevolg van blootstelling aan militair vliegtuiggeluid in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

Jaar	Aantal 12-jarigen per jaar met een lage score	Extra aantal 12-jarigen per jaar als gevolg van vliegtuiggeluid			
		Aantal		Percentage van het totaal	
			95% BI†		95% BI†
2002	326	4	1 – 7	1,1	0,3 – 2,0%
2012	272	1	0 – 3	0,5	0,1 – 1,0%

† 95% BI:95% betrouwbaarheidsinterval.

In 2002 bedraagt dit aantal voor de Nederlandse regio rond de vliegbasis ongeveer vier leerlingen extra per jaar, in 2012 ongeveer één leerling extra per jaar.

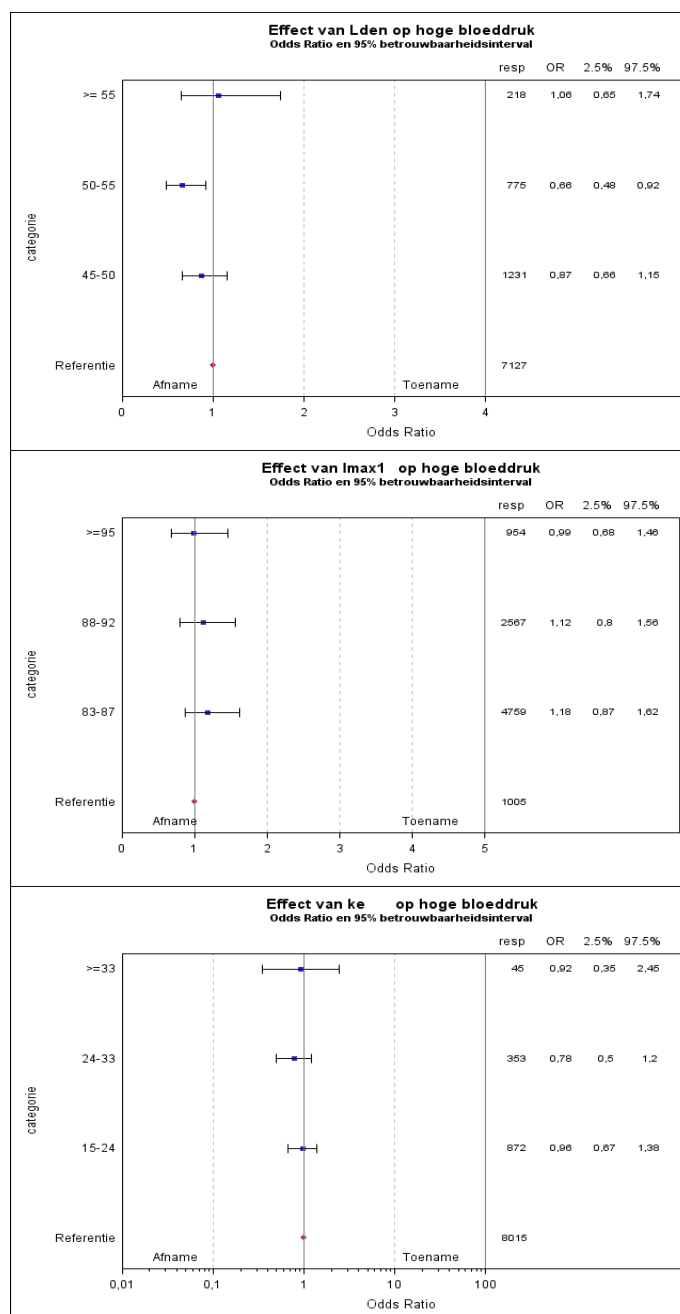
4.4 Bloeddruk

Naar schatting 15,6% van de Nederlanders geeft aan de afgelopen twaalf maanden hoge bloeddruk te hebben gehad. In de GGD-regio Zuid-Limburg is dit ongeveer 16,1% (Mulder, 2013).

Het percentage zelfgerapporteerde hoge bloeddruk is een onderschatting van het percentage hypertensie op basis van gemeten bloeddruk en/of het gebruik van antihypertensiva. Zo had in 2009-2010 33% van de mannen en 20% van de vrouwen in de leeftijdsgroep 35-60 jaar een verhoogde bloeddruk (Blokstra, 2012) Dit percentage stijgt bij oplopende leeftijd.

Uit een analyse van meerdere studies blijkt dat blootstelling aan vliegtuiggeluid geassocieerd is met verhoging van het voorkomen (prevalentie) van verhoogde bloeddruk (Babisch en Van Kamp, 2009). Effecten treden op vanaf 50 dB (L_{den}) en hoger. De odds ratio bedraagt 1,13 per 10 dB (95% betrouwbaarheidsinterval; 1,00 – 1,28). Dit betekent dat iemand met een blootstelling die 10 dB hoger is dan iemand anders, onder overigens vergelijkbare omstandigheden, een ongeveer 13% grotere kans heeft om verhoogde bloeddruk te krijgen op grond van blootstelling aan (vliegtuig)geluid. In dit onderzoek is het voorkomen van verhoogde bloeddruk in relatie tot blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer op twee manieren onderzocht. Ten eerste is de samenhang tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en zelfgerapporteerde hoge bloeddruk onderzocht (onderzoek zelfgerapporteerde gezondheid (a)). Verhoogde bloeddruk is gedefinieerd als door een huisarts geconstateerd en door de respondent in de enquête gerapporteerd. Ten tweede is op basis van de blootstelling-responsrelatie van Babisch en Van Kempen (2011) het aantal extra gevallen van verhoogde bloeddruk in Zuid-Limburg berekend (onderzoek risicoanalyse (c)).

In Figuur 4.5 zijn de resultaten op basis van onderzoek (a) voor verhoogde bloeddruk weergegeven. De resultaten laten geen eenduidig verband zien tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en zelfgerapporteerde verhoogde bloeddruk. Geen van de blootstellingscategorieën geven ten opzichte van de referentiecategorie een verhoogde waarde aan.



Figuur 4.5 Resultaten van samenhang tussen vliegtuiggeluid (van boven naar beneden: Lden; Lmax en Ke) en hoge bloeddruk, na correctie voor demografische, sociaaleconomische en leefstijlfactoren

De figuren tonen het verschil in kans op het ondervinden van een hoge bloeddruk bij blootstelling aan verschillende geluidniveaus. Het verschil met de referentiegroep ('Referentie'= mensen met de minste blootstelling aan vliegtuiggeluid) is uitgedrukt als een odds ratio (OR); deze maat beschrijft de kans op een hoge bloeddruk bij hogere blootstelling ten opzichte van de kans van de mensen in de referentiegroep. De horizontale lijnen (– –) rond de OR (•) zijn een grafische weergave van het betrouwbaarheidsinterval van de schatting van de OR. De kolom 2,5% geeft de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval, de kolom 97,5% geeft de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval. De kolom 'resp' toont het aantal mensen in het onderzoek dat aan een bepaald geluidniveau werd blootgesteld.

In Tabel 4.5 staan de resultaten van van vliegverkeer in Zuid-Limburg. In Tabel 4.6 staat de schatting van het aantal extra gevallen van hoge bloeddruk in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen als gevolg van militair vliegverkeer. De schattingen zijn gemaakt op basis van het onderzoek 'risicoanalyse' (c). De schattingen zijn voor zowel 2002 als 2012 gemaakt. In 2002 is het geschat aantal extra gevallen in Zuid-Limburg ongeveer 180. In 2012 is dit lager, ongeveer 80 extra gevallen.

Tabel 4.5 Geschatte aantallen hoge bloeddruk als gevolg van blootstelling aan vliegtuiggeluid in Zuid-Limburg

Jaar	Verwacht aantal mensen met hoge bloeddruk	Extra aantal mensen met hypertensie			
		Aantal		Als percentage van het totaal	
			95% BI†		95% BI†
2002	163.400	180	5 – 360	0,11%	0,002 – 0,22%
2012	161.100	80	2 – 160	0,05%	0,001 – 0,10%

† 95% BI:95% betrouwbaarheidsinterval.

Het aantal extra gevallen in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen in 2002 wordt geschat op 99. In 2012 zijn dit er 33 (zie Tabel 4.6).

Tabel 4.6 Geschatte aantallen hoge bloeddruk als gevolg van blootstelling aan militair vliegtuiggeluid in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

Jaar	Verwacht aantal mensen met hoge bloeddruk	Extra aantal mensen met hypertensie			
		Aantal		Als percentage van het totaal	
			95% BI†		95% BI†
2002	72.240	99	3 – 196	0,14%	0,004 – 0,27%
2012	70.550	33	1 – 65	0,05%	0,001 – 0,10%

† 95% BI:95% betrouwbaarheidsinterval.

In de eerdere risicoschatting (Van Poll et al., 2008b) is aangenomen dat de prevalentie van hoge bloeddruk (hypertensie) onder 50 dB L_{den} gemiddeld 25% bedraagt. Dit was een algemene aanname omdat het risico op hypertensie sterk wordt bepaald door iemands leeftijd en geslacht. In dit onderzoek is dan ook gebruikgemaakt van nationale leeftijd- en geslachtspecifieke prevalenties, wat tot adequatere schattingen leidt.

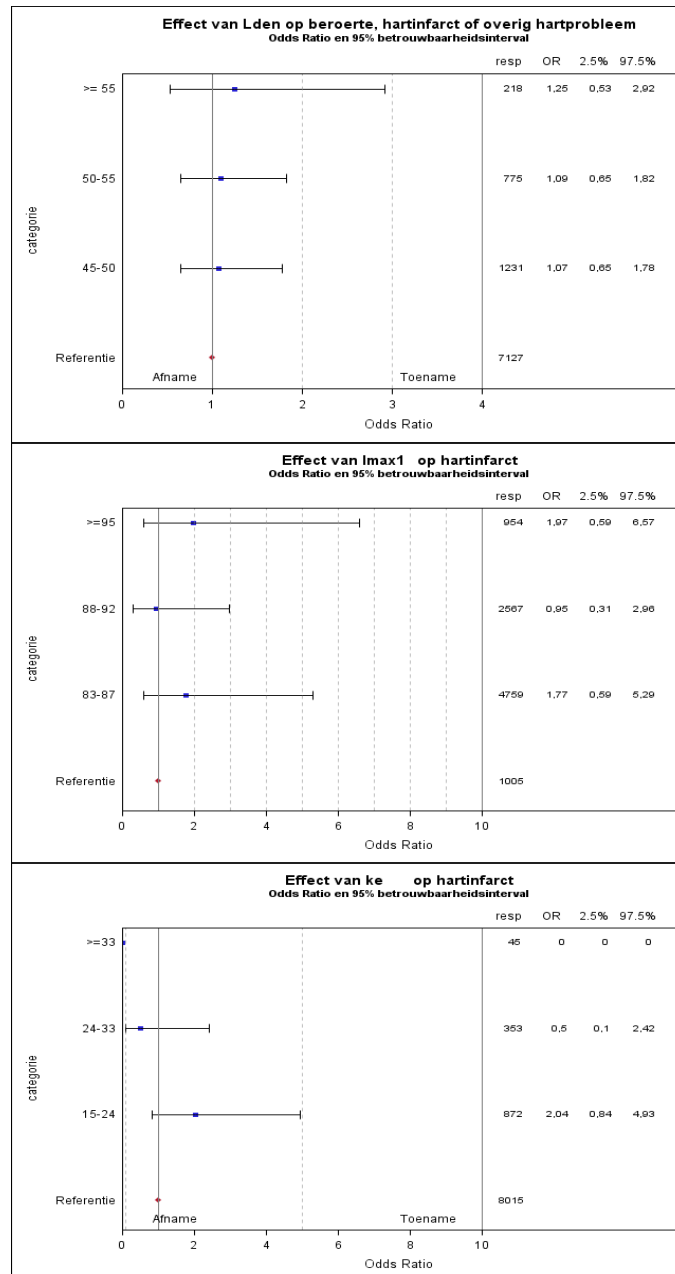
Zoals we eerder hebben aangegeven geeft onderzoek naar zelfgerapporteerde gezondheid een onderrapportage voor verhoogde bloeddruk. Bij eventueel vervolgonderzoek (zowel de keuze voor, als de uitvoering) dient hiermee rekening gehouden te worden.

4.5 Hart- en vaatziekten

In Nederland worden jaarlijks ongeveer 170 mensen per 10.000 (187 per 10.000 mannen en 154 per 10.000 vrouwen) in een ziekenhuis opgenomen voor hart- en vaatziekten.

In Figuur 4.6 zijn de resultaten voor de samenhang tussen blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer en de zelfrapportage over hart- en vaataandoeningen (beroerte, hartinfarct en/of overige aandoeningen) uit het

'vragenlijstonderzoek' (a) weergegeven. De resultaten laten geen duidelijk verband zien tussen blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer en het voorkomen van zelfgerapporteerde hart- en vaatziekten.



Figuur 4.6 Resultaten van samenhang tussen vliegtuiggeluid (van boven naar beneden: L_{den} , L_{Amax} en ke) en zelfgerapporteerde hart- en vaatziekten, na correctie voor demografische, sociaaleconomische en leefstijlfactoren

De figuren tonen het verschil in kans op het ondervinden van hart- en vaatziekten bij blootstelling aan verschillende geluidniveaus. Het verschil met de referentiegroep ('Referentie' = mensen met de minste blootstelling aan vliegtuiggeluid) is uitgedrukt als een Odds ratio (OR); deze maat beschrijft de kans op hart- en vaatziekten bij hogere blootstelling ten opzichte van de kans van de mensen in de referentiegroep. De horizontale lijnen (—) rond de OR (•) zijn een grafische weergave van het betrouwbaarheidsinterval van de schatting van de OR. De kolom 2,5% geeft de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval, de kolom 97,5% geeft bovengrens van

95% betrouwbaarheidsinterval. De kolom 'resp' toont het aantal mensen in het onderzoek dat aan een bepaald geluidniveau werd blootgesteld.

Om na te gaan wat de gevolgen van verhoogde bloeddruk door geluid van vliegverkeer voor het optreden van hart- en vaataandoeningen zijn, zijn aanvullende berekeningen met het Chronisch Ziektemodel (Hoogeveen et al., 2010) verricht. Dit is een rekenmodel waarmee, op basis van landelijke cijfers, veranderingen van de gezondheidstoestand als gevolg van veranderingen in de determinanten daarvan, nagebootst worden. Een verhoogde bloeddruk verhoogt het risico op het krijgen van en sterfte aan een beroerte, coronaire hartziekten, hartfalen en nieraandoeningen (Van Dis et al., 2012).

Op basis van de 'risicoschatting (c)' is in Tabel weergegeven hoeveel extra gevallen van hart- en vaataandoeningen in de komende 20 jaar kunnen worden verwacht (uitgaande van ongewijzigde blootstelling aan geluid gedurende deze periode) voor heel Zuid-Limburg.

Tabel 4.7 Aantal berekende hart- en vaataandoeningen over een periode van 20 jaar als gevolg van verhoogde bloeddruk door blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg

Jaar	Verwacht aantal over een periode van 20 jaar	Extra aantal gevallen over periode van 20 jaar		
		Aantal		Als percentage van het totaal
			95% BI†	
2002	78.000	16	0,4 – 31	0,02%
2012	75.000	7	0,2 – 14	0,01%

†95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

Van de 16 extra gevallen (op basis van geluidbelasting in 2002) zijn er naar verwachting 7 als gevolg van een hartinfarct, 8 als gevolg van een beroerte en 1 als gevolg van hartfalen. Op basis van de aantallen in 2012 is deze uitsplitsing niet te maken.

In Tabel 4.8 is weergegeven hoeveel extra gevallen van hart- en vaataandoeningen in de komende 20 jaar kunnen worden verwacht (uitgaande van ongewijzigde blootstelling aan geluid gedurende deze periode) in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen.

Tabel 4.8 Aantal berekende hart- en vaataandoeningen over een periode van 20 jaar als gevolg van verhoogde bloeddruk door blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

Jaar	Verwacht aantal over een periode van 20 jaar	Extra aantal gevallen over periode van 20 jaar		
		Aantal		Als percentage van het totaal
			95% BI†	
2002	34.000	9	0,2 – 17	0,03%
2012	33.000	3	0 – 6	0,01%

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

Op basis van de aantallen is een uitsplitsing zoals hierboven niet mogelijk.

Ook de gevolgen voor het optreden van hart- en vaataandoeningen zijn beter in kaart gebracht dan in 2008. Door de berekeningen met het chronische

ziekte-model kan rekening worden gehouden met 'uitstel' en 'vervanging'. Met 'uitstel' bedoelen we dat mensen die door hypertensie in het begin gevrijwaard zijn van hart- en vaatziekten, deze later alsnog kunnen krijgen. 'Vervanging' duidt erop dat bovengenoemde 'gespaarde' personen langer leven en vervolgens door andere oorzaken ziek worden of overlijden. De simulatie van de ontwikkeling van ziekte en sterfte over langere tijd, waarbij wordt uitgegaan van een tijdshorizon van 20 jaar, bij gelijkblijvende omstandigheden zoals de blootstelling aan geluid, levert zodoende een realistischer beeld van de mogelijke gevolgen van hoge bloeddruk. Daarnaast is in 2008 gebruikgemaakt van een relatie tussen de blootstelling aan wegverkeer en de incidentie van myocardinfarct. Nu is gebruikgemaakt van een relatie voor vliegverkeer (weliswaar voor verhoogde bloeddruk) en zijn naast myocardinfarct, ook beroerte en hartfalen in ogenschouw genomen. Dit is een verbetering ten opzichte van de werkwijze die in 2008 is gehanteerd.

4.6 Vroegtijdige sterfte

Voor dit laatste gezondheidseindpunt, sterfte, zijn de bevindingen uit de 'mortaliteitsstudie (b)' (Bijlage GVG III) gebruikt. Op 1 januari 2004 woonden in Zuid-Limburg ongeveer 311.000 inwoners van 30 jaar en ouder ten minste vijf jaar op hun woonadres. Deze inwoners zijn gedurende zeven jaren gevolgd via de sterfteregistraties van het CBS. In die periode overleden ongeveer 32.000 inwoners, dat is ongeveer 10% van de onderzoekspopulatie (zie Tabel).

Tabel 4.9 Overzicht van totale sterfte en doodsoorzaakspecifieke sterfte in de regio Zuid-Limburg in de periode 2005-2011

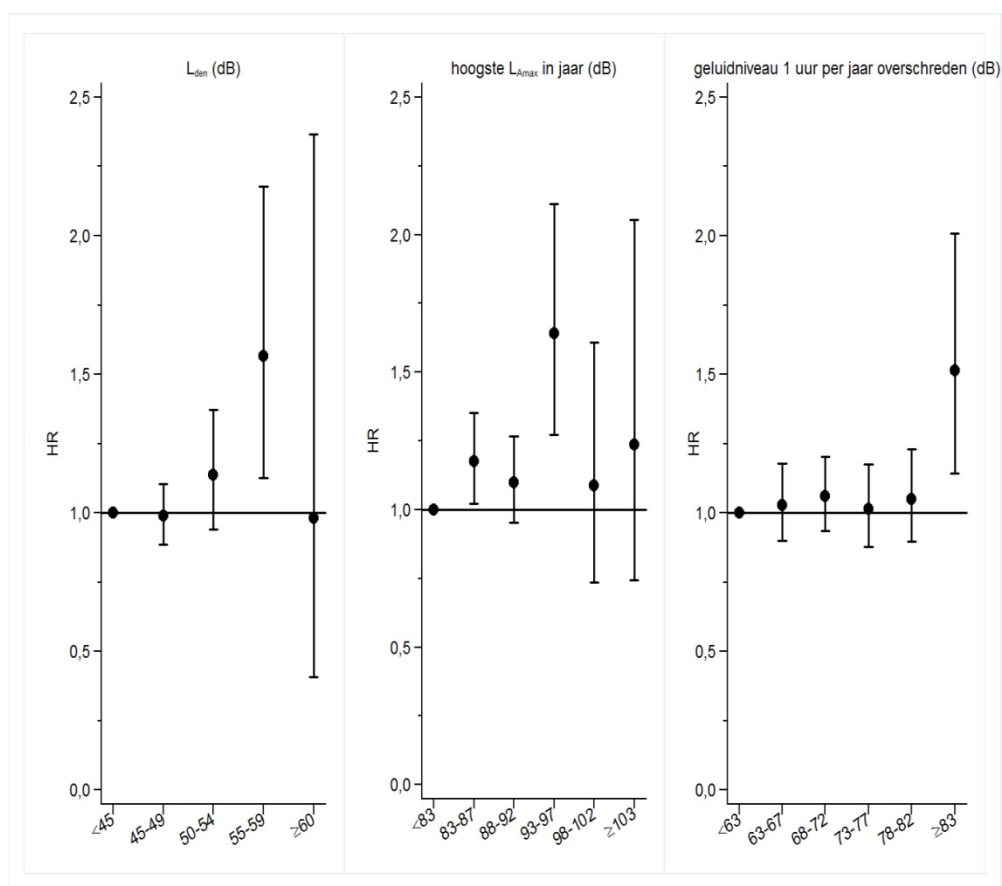
	aantal cases	% van de onderzoekspopulatie	% van sterfte
Alle natuurlijke doodsoorzaken	32.164	10,3	100
Cardiovasculaire aandoeningen	10.112	3,3	31,4
Ischaemische hartaandoeningen	3.453	1,1	10,7
Myocard infarct (hartinfarct)	2.235	0,72	6,9
Cerebrovasculaire aandoening	2.283	0,73	7,1
Hartfalen	1.533	0,49	4,8

Voor alle natuurlijke doodsoorzaken, en voor de sterfte aan cardiovasculaire aandoeningen, aan ischemische hartaandoeningen en/of aan een hartinfarct werd geen samenhang gevonden tussen de geluidbelasting en het risico op sterfte (na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren). Voor cerebrovasculaire aandoeningen (beroerte) zijn er aanwijzingen van toegenomen sterfte in relatie tot blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer. Voor een aantal geluidindicatoren (L_{Amax} overschreden bij 5% van vliegbewegingen, TA_{75} , TA_{80} , laagste geluidniveau dat gedurende één uur per jaar wordt overschreden en L_{den} met $\alpha=1,1$) is er een verhoogd risico op het krijgen van een beroerte (met fatale afloop) in de hoogste blootstellingscategorie. Het risico voor sterfte als gevolg van een beroerte zijn voor verschillende geluidindicatoren in de hogere blootstellingscategorieën met circa 50% verhoogd. Er is geen sprake van een eenduidige blootstelling-responsrelatie. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 4.7 waarin de samenhang tussen drie geluidindicatoren (L_{den} , L_{Amax} en geluidniveau dat één uur per jaar wordt overschreden) en de relatieve kans op een sterfte als gevolg van een beroerte ten opzichte van de laagste blootstellingscategorie is weergegeven. Voor de geluidmaat 'geluidniveau dat één uur per jaar wordt overschreden' is de

hoogste blootstellingscategorie verhoogd. Voor de andere twee geluidindicatoren is de samenhang minder eenduidig.

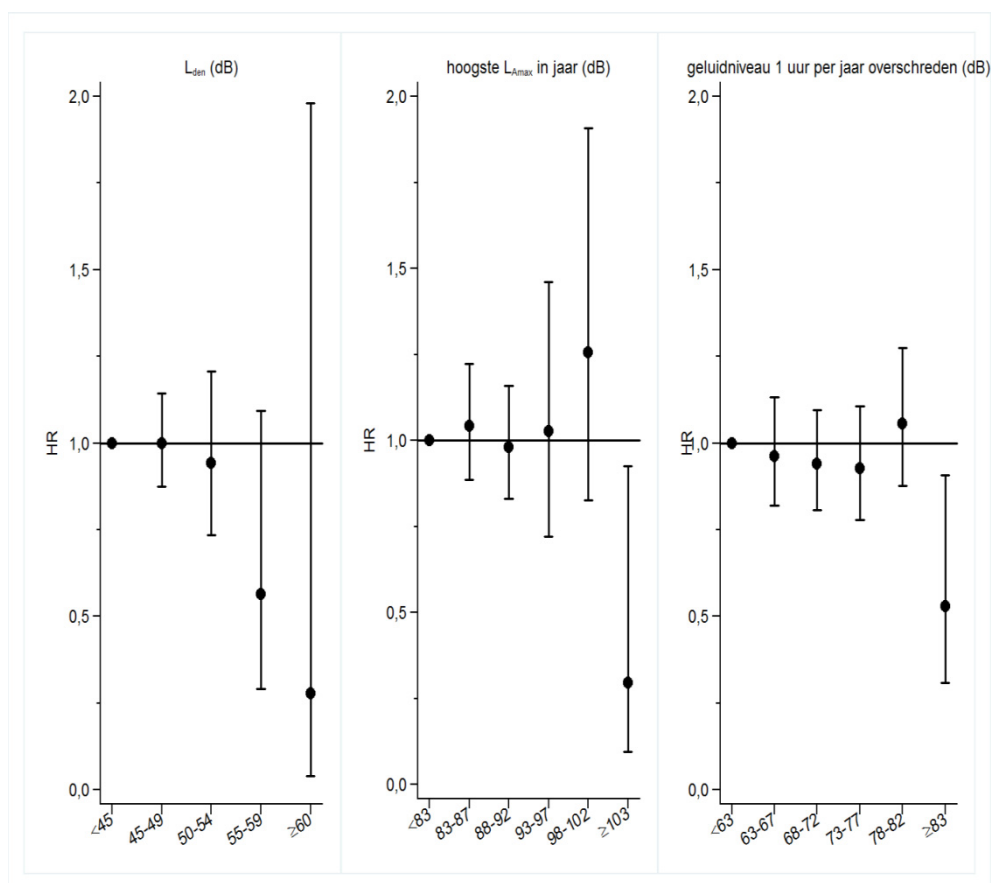
De invloed van andere factoren dan vliegtuiggeluid, bijvoorbeeld rook-, eet- en drinkgedrag (leefstijlfactoren) is niet in de statistische analyses meegenomen, omdat informatie over deze factoren ontbreekt.

In deze analyse is een uitsplitsing naar invloedssfeer niet mogelijk vanwege het ruimtelijke schaalniveau en de relatief kleine aantallen getroffen. Ook uitsplitsing naar andere sub-categorieën, zoals bijvoorbeeld naar geslacht, is om deze reden niet mogelijk.



Figuur 4.7 Samenhang tussen blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer (links: L_{den} ; midden: L_{Amax} ; rechts: overschreden geluidniveau > 1 uur per jaar) en beroerte, na correctie voor demografische en sociaaleconomische factoren (horizontaal: blootstelling in decibel (dB), verticaal: 'hazardratio (HR)' = kans op overlijden aan hartfalen ten opzicht van laagste blootstellingscategorie)

Voor hartfalen geldt een soortgelijk verhaal zij het dat een *verlaagd* risico wordt geconstateerd. Voor een aantal indicatoren (maximale L_{Amax} , 5 na hoogste L_{Amax} , hoogste L_{Amax} overschreden in 1% en 5% van de vliegbewegingen, gemiddelde L_{Amax} van vliegbewegingen hoger dan 65 dB, NA_{75} , NA_{80} , TA_{70} , TA_{80} , laagste geluidniveau dat gedurende één uur per jaar wordt overschreden en L_{den} $\alpha=1,1$) is er een verlaagd risico op hartfalen. Ook hier doet zich dit alleen in de hoogste blootstellingscategorie voor. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 4.8.



Figuur 4.8 Samenhang tussen blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer (links: L_{den} ; midden: L_{Amax} ; rechts: overschreden geluidniveau > 1 uur per jaar) en hartfalen, na correctie voor demografische en sociaaleconomische (horizontaal: blootstelling in decibel (dB), verticaal: 'hazard-ratio (HR)'= kans op overlijden aan hartfalen ten opzicht van laagste blootstellingscategorie)

De bevindingen in dit onderzoek zijn vergeleken met die gevonden in onderzoeken rond Schiphol, de 'Zwitserse' studie en het onderzoek rond Heathrow.

In de mate waarin een deel van dit onderzoek (= mortaliteitsstudie) is geschoeid op de leest van het 'Zwitserse' onderzoek (Huss, 2010), komen de bevindingen goed overeen: een verhoogd risico voor sterfte aan een vasculaire aandoening in de hoogste blootstellingscategorie, geen duidelijke blootstelling-responsrelatie. In de 'Zwitserse' studie wordt een samenhang voor *hartinfarct*, in de Nederlandse studie wordt een samenhang voor *beroerte* gevonden. Wanneer we de resultaten voor hartinfarct en voor beroerte uit beide studies voor de hoogste L_{den} -categorie (≥ 60 dB) 'poolen' (samenvoegen), dan blijkt dat de resultaten onderling, in statistische zin, niet van elkaar verschillen. Voor andere geluidmaten kunnen de resultaten niet worden 'gepoold', omdat deze ontbreken in het 'Zwitserse' onderzoek. In het recente onderzoek rond Heathrow (Hansell et al., 2013) werd een verhoogd risico voor sterfte door hart- en vaataandoeningen, ischemische hartziekten (waarvan acuut hartinfarct een onderdeel is) en beroerte gevonden. Wanneer we de resultaten van dit onderzoek voor deze drie doodsoorzaken voor de hoogste blootstellingscategorie (≥ 60 dB) met die van Heathrow vergelijken, dan blijkt dat de bevindingen onderling, in statistische zin, niet van elkaar verschillen.

Opvallend is dat het risico op sterfte door hartfalen in Zuid-Limburg is verlaagd in de hoogste blootstellingscategorie van een aantal geluidindicatoren, ongeveer 50% tot 80%. Bekend is dat een minderheid van de mensen die leiden aan hartfalen, bij sterfte worden gecodeerd als gestorven als gevolg van hartfalen (Engelfriet et al., 2011). Hartfalen kan worden geïnterpreteerd als een manier van sterfte, en niet als de onderliggende doodsoorzaak, zodat andere oorzaken worden gerapporteerd. Ook is de betrouwbaarheid van de codering van hartfalen als doodsoorzaak minder goed dan die voor hartinfarct en beroerte (Harteloo et al., 2010). De kans op misclassificatie van de doodsoorzaak is voor hartfalen groter, maar dit kan niet alleen het gevonden resultaat verklaren. In de 'Zwitserse' studie en in het onderzoek rond Heathrow is hartfalen niet onderzocht, zodat een onderlinge vergelijking van de resultaten niet mogelijk is.

Vroegtijdige sterfte in relatie tot andere vliegvelden

Een vergelijking van de resultaten van deze studie met die uit internationale onderzoeken is alleen mogelijk op basis van de L_{den} . Uit deze vergelijking komt niet naar voren dat er statistisch significante verschillen bestaan tussen de resultaten gevonden in deze studie en die in 'de Zwitserse studie' (voor acuut hartinfarct, beroerte en alle hart- en vaatziekten) of die rond Heathrow (voor beroerte, ischemische hartziekten en alle hart- en vaatziekten). In de categorie ≥ 60 dB L_{den} is het risico niet statistisch significant hoger dan in het onderzoek in Zwitserland of rond Heathrow is gevonden. De omvang van de populatie die rond vliegbasis Geilenkirchen aan een geluidbelasting ≥ 60 dB L_{den} is blootgesteld is relatief klein (ca. 1600) zodat de resultaten in relatie tot de L_{den} met een relatief grote onzekerheid zijn omgeven. Dit is mede de reden dat de resultaten onderling niet statistisch verschillen.

Ook voor de vergelijking met Schiphol geldt dat de resultaten van de L_{den} onderling niet verschillen.

Voor een groot aantal geluidindicatoren verschilt de mate van blootstelling tussen vliegbasis Geilenkirchen en luchthaven Schiphol. Afhankelijk van het type indicator is de hoogste blootstellingscategorie bij Geilenkirchen hoger (indicatoren gebaseerd op geluidniveau van passages, $L_{den,\alpha=1,3}$ of $L_{den,\alpha=1,5}$) of lager (indicatoren gebaseerd op aantal of duur van de passages, $L_{den,\alpha=0,7}$, $L_{den,\alpha=0,9}$ of K_e) dan die bij Schiphol. Voor die geluidindicatoren waarvoor wel een vergelijking mogelijk is, komen er geen betekenisvolle verschillen aan het licht met uitzondering van de combinatie $L_{den,\alpha=1,1}$ en sterfte door hartfalen (rond Schiphol hoger dan rond Geilenkirchen).

4.7 Registratiesystemen

Vooruitlopend op een eventueel vervolgonderzoek (tweede fase) is de haalbaarheid van het gebruik van bestaande (gezondheidszorg)registratiesystemen onderzocht. Hiertoe is gezocht naar registraties op het gebied van: gehoor, leerprestatie, medicijngebruik, geboortegewicht en ziekenhuisopname.

In

Tabel is een overzicht gegeven van de beschikbaarheid, verkrijgbaarheid en bruikbaarheid van een aantal gewenste registraties.

Tabel 4.10 Overzicht van beschikbaarheid, verkrijgbaarheid en bruikbaarheid van gewenste registraties (gehoor, leesprestatie, medicijngebruik, geboortegewicht en ziekenhuisopnames)

	Gehoor	Lees- prestatie	Medicijn- gebruik	Geboorte- gewicht	Ziekenhui- s-opname
beschikbaarheid	-	⌘	⌘	⌘	⌘/-
verkrijgbaarheid	-	⌘	⌘	-	⌘/-
bruikbaarheid	-	⌘	⌘	-	-
-: onvoldoende, ⌘: voldoende					

Alles bij elkaar genomen lijken van de onderzochte (bestaande) registraties alleen medicijngebruik en leesprestatie geschikt voor (directe) toepassing in onderzoek naar effecten van geluid van (militair) vliegverkeer in relatie tot medicijngebruik of leesprestatie. Voor ziekenhuisopnamen is de bruikbaarheid onduidelijk: voor 2007 lijken de gegevens bruikbaar en beschikbaar. Na 2007 neemt de bruikbaarheid af. Voor gehoor en geboortegewicht zijn geen (direct) bruikbare registraties voorhanden. Voor een uitgebreider beschrijving van deze haalbaarheidsstudie, zie Bijlage GVG V.

4.8 Tot slot

Zoals in de inleiding beschreven vormde een internationale workshop met collega-onderzoekers onderdeel van de aanpak van het onderzoek. Tijdens de workshop werden opzet, uitvoering en resultaten besproken. De belangrijkste punten uit de discussie van dit onderzoek tijdens de workshop kunnen als volgt worden samengevat.

De bevindingen zijn volgens verwachting. De resultaten geven niet meteen aanleiding voor een vervolgonderzoek. Wel is het wetenschappelijk interessant om de relatie tussen blootstelling aan (militair) vliegtuiggeluid en geluidhinder nader te onderzoeken. Onderzoek naar contextfactoren (niet-akoestische factoren) en onderzoek over meerdere jaren (longitudinaal onderzoek) zou meer inzicht in deze relatie kunnen geven, ook in de indirecte verbanden.

Bijvoorbeeld, geen van de zelfgerapporteerde gezondheidseindpunten laat een direct verband zien met geluid(indicatoren). De nadruk ligt op 'direct'; indirect zou er wel een relatie kunnen zijn via stressmechanismen. Maatschappelijk gezien zou een nader onderzoek naar hinder dan in het teken van handelingsperspectieven en/of het bepalen van het effect van maatregelen en/of interventies (bijvoorbeeld vermindering van het aantal vliegtuigen, onderhoud aan vliegbasis ('runway')) moeten staan. Met andere woorden: hinder niet monitoren om het monitoren, maar om interventies te evalueren en/of handelingsperspectief te bieden aan burgers, bestuur en basis. Voor een uitgebreider workshopverslag, zie Bijlage GVG VI.

5 Conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

5.1 Introductie

Op verzoek van de Commissie AWACS Limburg en de Tweede Kamer (Vaste Kamercommissie voor IenM) is het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' (eerste fase) uitgevoerd. Het doel van dit onderzoek was het bepalen van de invloed van blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer, in het bijzonder van de langetermijnblootstelling aan (piek)geluid van passages van militair vliegverkeer op verschillende welzijns- en gezondheidseindpunten van de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen. Daartoe is een onderzoeksopzet opgesteld waarin meerdere onderzoeksmethoden zijn toegepast op bestaande gegevens. In dit hoofdstuk bespreken we de belangrijkste conclusies aan de hand van de vraagstellingen van het onderzoek:

- Wat is de relatie tussen de mate van vliegverkeersgeluid en gezondheid (dat is: relevante welzijns- en gezondheidseindpunten) in de bevolking in de Nederlandse regio rond de vliegbasis?
- Welke blootstellingsmaat voor geluid van militair vliegverkeer van de vliegbasis Geilenkirchen is het meest geschikt voor onderzoek naar welzijns- en gezondheidseffecten?

Anticiperend op een mogelijk tweede fase onderzoek hebben we de bruikbaarheid van bestaande registratiesystemen onderzocht:

- Welke bestaande gezondheid(zorg)registratiesystemen (bijvoorbeeld medicatiegebruik, ziekenhuisopnamen, geboortegewicht, gehoor) zijn beschikbaar om de invloed van de langdurige piekbelasting door militair vliegverkeer op de gezondheid te onderzoeken?

Als onderdeel van de aanpak zijn de opzet, uitvoering en resultaten tijdens een internationale workshop besproken. De belangrijkste conclusies uit deze internationale vergelijking worden hieronder eveneens gepresenteerd.

5.2 Conclusies

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek op een rijtje:

Welzijns- en gezondheidseffecten

- Tussen de twee meetmomenten 2002 en 2012 laten de berekeningen voor een aantal onderzochte welzijns- en gezondheidseindpunten een afname van de omvang van de onderzochte effecten (d.i.: hinder, leesvaardigheid, bloeddruk, hart- en vaatziekten) zien. De omvang van de geluidhinder in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen is naar schatting gehalveerd, de omvang van de gezondheidseffecten is met ongeveer twee derde gedaald. Deze daling volgt de afname in aantal vliegbewegingen en daarmee naar alle waarschijnlijkheid de blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer.
 - Ernstige geluidhinder is nog steeds het omvangrijkste effect van blootstelling aan militair vliegverkeer.
 - Geen van de onderzochte zelfgerapporteerde gezondheidseffecten (migraine/hoofdpijn, ervaren gezondheid, zelfgerapporteerde bloeddruk, luchtwegklachten, medicijngebruik, diabetes, kanker) laten een directe relatie zien met blootstelling aan geluid van vliegverkeer.

- Er is een invloed van geluid van militair vliegverkeer op cognitie (=leesprestatie bij 12-jarigen), bloeddruk en hart- en vaatziekten. Echter, de omvang van deze effecten is waarschijnlijk te klein om deze met voldoende zekerheid in vervolgonderzoek vast te stellen.
- Voor alle natuurlijke doodsoorzaken, en voor de sterfte aan hart- en vaataandoeningen, aan ischemische hartaandoeningen en/of aan een acuut hartinfarct werd geen samenhang gevonden tussen de geluidbelasting en het risico op sterfte. Voor sterfte door beroerte zijn er aanwijzingen voor toegenomen kans op sterfte (50%) in relatie tot blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer. Er is echter geen sprake van een blootstelling-responsrelatie. Voor hartfalen zien we een afgenomen kans op sterfte (50 tot 80%). Op basis van dit onderzoek is niet aan te tonen of mensen eerder overlijden door een beroerte als gevolg van vliegtuiggeluid. Het is ook niet uit te sluiten.
- Voor zover bekend is het de eerste keer dat een dergelijk onderzoek met gegevens van het CBS op individueel niveau in Nederland is uitgevoerd. Informatie over leefstijlfactoren die belangrijke risicofactoren voor hart- en vaataandoeningen zijn (overgewicht, gebrek aan lichamelijke inspanning, voeding en roken) zou een belangrijke aanvulling voor dit onderzoek zijn. Deze informatie was nu niet beschikbaar. We verwachten de komende jaren enkele verbeteringen aan te brengen waardoor we mogelijk in de toekomst beter voor het effect van deze factoren kunnen corrigeren.

Blootstellingskarakterisering

- Er is geen (type) geluidindicator die beduidend beter is dan andere geluidindicatoren. Samen (niveau, aantal, duur en geïntegreerd) geven ze wellicht een completer en beter beeld van de geluidkarakterisering en de invloed op het welbevinden en de (ervaren) gezondheid.
 - De blootstelling aan vliegtuiggeluid rond de militaire vliegbasis Geilenkirchen wijkt af van de situatie rond burgerluchthavens. Omwonenden worden blootgesteld aan relatief weinig vliegtuigpassages, maar het gemiddelde geluidniveau van de passages is veel hoger dan de passages rond burgerluchthavens. Dit riep de vraag op of de L_{den} wel de meest geschikte geluidindicator is om de relatie met het welzijn en de gezondheid van de omwonenden te analyseren. De vrees bestond dat de invloed van het piekniveau van het geluid niet voldoende werd onderkend bij het gebruik van de L_{den} . Uit het onderzoek blijkt dat ook met andere indicatoren dan de L_{den} de relatie met ernstige hinder kan worden beschreven. De samenhang van deze indicatoren en de ernstige hinder is echter niet sterker dan die met de L_{den} . Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de andere gebruikte indicatoren primair één aspect van het vliegtuiggeluid beschrijven (of hoogte, of duur of aantal), terwijl in de L_{den} al deze aspecten worden meegenomen.
- De resultaten geven enige aanwijzing dat de hoge geluidniveaus van AWACS er wel toe doen, maar niet zoveel dat het gebruik van L_{den} in de risicoschatting tot verkeerde resultaten leidt.
 - Aanpassingen in de aannames bij de berekening van de L_{den} (variërende alpha) geven een lichte indicatie dat de invloed van het geluidpiekniveau van de vliegtuigpassages mogelijk onvoldoende wordt meegenomen in de

berekening van de L_{den} . Het gevonden verschil met de standaard berekening van de L_{den} is echter klein. Voor zover bekend is een dergelijk onderzoek met de L_{den} eerder alleen rond Schiphol uitgevoerd (Miedema et al., 2000). Ook in dit onderzoek werd een alfa gevonden die niet veel van één afweek. Onderzoek rond andere luchthavens is noodzakelijk om het resultaat van deze studie(s) te bevestigen voordat een conclusie kan worden getrokken over de invloed van het geluidpiekniveau.

- De A-weging (dB(A)) blijkt, ten opzichte van de C-weging, voldoende om de geluidproductie van AWACS-toestellen te karakteriseren.

Bruikbaarheid van bestaande registraties

- Van de onderzochte (bestaande) registraties (gehoor, leesprestatie, medicijngebruik, geboortegewicht en ziekenhuisopnamen) lijken alleen registratie voor leesvaardigheid en medicijngebruik geschikt voor directe toepassing in onderzoek naar effecten van geluid van (militair) vliegverkeer in relatie tot welzijn of gezondheid. Gelet op de geringe omvang van de invloed van het militair vliegverkeer op leesprestatie lijkt alleen een toepassing met registraties voor medicijngebruik zinvol.

Vergelijking internationale studies

- In vergelijking tot andere, buitenlandse, onderzoeken wordt met deels dezelfde methoden naar soortgelijke blootstellingsmaten (L_{den} , L_{Aeq}) en welzijns- en gezondheidseindpunten gekeken. In opzet (methodisch, organisatorisch) is er veel overeenstemming. Belangrijke verschillen zijn dat er in deze fase van dit onderzoek geen gegevens bij inwoners zijn verzameld en dat de invloed van slaapverstoring niet wordt onderzocht (slechts beperkt aantal nachtvluchten). Daarnaast worden in dit onderzoek veel meer verschillende geluidindicatoren gebruikt dan in de andere onderzoeken. Nationale en internationale experts op het gebied van vliegtuiggeluid en gezondheid hebben de opzet, uitvoering en bevindingen getoetst. De opzet, uitvoering en bevindingen zijn in lijn met hun verwachtingen.
- In de mate waarin een deel van dit onderzoek (= mortaliteitsstudie) is geschoeid op de leest van het 'Zwitserse' onderzoek (Huss, 2010), komen de bevindingen overeen: een verhoogd risico op sterfte door een vasculaire aandoening in de hoogste blootstellingscategorie, geen duidelijke blootstelling-responsrelatie. De bevindingen komen eveneens overeen met bevindingen uit een het onderzoek rond luchthaven Heathrow.

5.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Voor wat betreft nader onderzoek naar de relatie tussen blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer en geluidhinder geven de resultaten voldoende aanleiding voor zinvol vervolgonderzoek.

- Als men voor vervolgonderzoek kiest, dan zou dit moeten dienen om de invloed van beschikbare handelingsperspectieven voor burgers, de vliegbasis en/of bestuur te onderzoeken of om een interventie te evalueren, bijvoorbeeld het onderhoud aan de 'runway' of de voorgenomen afname van het aantal AWACS-toestellen of de invloed van de uitvoering van de aanbevelingen uit het rapport van Landrum en Brown (2009).
- Vervolgonderzoek naar geluidhinder zou zich moeten richten op de niet-akoestische factoren, naast de akoestische factoren (vergelijk, bijvoorbeeld, Belevingsonderzoek vliegbasis Geilenkirchen, Van Poll et al., 2008a) en op onderzoek naar indirecte invloeden van stress (-mechanismen: ontstaan en

oorzaak van chronische ziekten) als gevolg van blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer.

Vervolgonderzoek naar leesprestatie, verhoogde bloeddruk of hartinfarct lijkt op basis van de resultaten van dit onderzoek niet zinvol. Voor bloeddruk moet hierbij een kanttekening worden geplaatst.

- Bij verhoogde bloeddruk moet rekening worden gehouden met onderrapportage. Dat betekent dat meer mensen last zullen hebben van verhoogde bloeddruk, ook als gevolg van blootstelling aan vliegtuiggeluid. In een vervolgonderzoek zouden deze mensen opgespoord moeten worden en zou een reëler schatting van de omvang van verhoogde bloeddruk als gevolg van blootstelling aan geluid van vliegverkeer gegeven kunnen worden. Een voorbeeld van een dergelijk onderzoek is eerder rond een zestal Europese vliegvelden uitgevoerd (HYENA, Jarup, 2007).

Voor vervolgonderzoek naar vroegtijdige sterfte geven de resultaten van dit onderzoek geen afdoende uitsluitsel omdat de relatie tussen militair vliegverkeer en vroegtijdige sterfte niet met zekerheid kan worden aangetoond, maar ook niet kan worden uitgesloten, op basis van dit onderzoek.

- Er lijkt sprake te zijn van een verhoogd risico op vervroegde sterfte aan beroerte.
- Gezien het signaal dat naar voren komt (verhoging van sterfte door beroerte) en de biologische plausibiliteit daarvan ligt het in de rede om over enkele jaren het onderzoek te herhalen om te monitoren in hoeverre dit signaal nog aanwezig is. Dit is echter alleen zinvol als voor een opzet wordt gekozen waarbij naast demografische aspecten ook leefstijlfactoren voldoende onderzocht kunnen worden.

Als men onderzoek met behulp van bestaande gezondheid(zorg)registratiesystemen overweegt, dan is dat op dit moment alleen zinvol met gegevens over medicijngebruik.

Niet onderzocht in het kader van deze fase van het onderzoek is de invloed van het geluid van (militair) vliegverkeer op acute effecten. Acute effecten van vliegbewegingen van AWACS kunnen goed worden onderzocht met behulp van een dagboekmethode, gecombineerd met ambulante fysiologische (stress)metingen (psychofysiologisch stressonderzoek in het dagelijkse leven, bijvoorbeeld hinder, stemming, verstoring van activiteiten, cortisol, hartslag, huidgeleiding).

- Overigens is op voorhand niet duidelijk wat de invloed van eventueel voorkomende acute effecten op de lange termijn voor de gezondheid is. Een voorbeeld van een 'dagboekmethode' is het pilot-onderzoek dat werd uitgevoerd door de GGD Zuid Limburg en gepresenteerd tijdens de 'pieken-workshop' in oktober 2010 (Van Kamp, 2011).

6 Referenties

- Ancona, C. (2011). Aircraft noise and annoyance in the population living near Ciampino airport in Rome. Paper presented at the 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), London, UK.
- Babisch, W., van Kamp, I. (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise and Health*, 11 (44), pp. 161-168.
- Basner M., Babisch W., Davis, A., Brink M., Clarck C., Janssen S., Stansfeld S. (2013). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X) Available online 30 October 2013.
- Blokstra, A., Poos, M.J.J.C., van der Wilk, E.A. (2012). Hart- en vaatziekten samengevat. In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*. Bilthoven: RIVM, <<http://www.nationaalkompas.nl>> Nationaal Kompas Volksgezondheid\Gezondheidstoestand\Ziekten en aandoeningen\Hartvaatstelsel.
- Blokstra, A. (2012). Neemt het aantal mensen met een verhoogde bloeddruk toe of af? In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*, Bilthoven: RIVM, <<http://www.nationaalkompas.nl>> Nationaal Kompas Volksgezondheid\Gezondheidstoestand\Ziekten en aandoeningen\Hartvaatstelsel.
- Correia, A.W., Peters, J.L., Levy, J.I., Steven, M.S., Dominici, F. (2013). Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study. *BMJ* 2013;347:f5561 doi: 10.1136/bmj.f5561.
- Dis, I. van, Geleijnse, J.M., Blokstra, A., van Bakel, A.M. (2012). Wat zijn de mogelijke gezondheidsgevolgen van een verhoogde bloeddruk? In: *Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid*, Bilthoven: RIVM, <<http://www.nationaalkompas.nl>> Nationaal Kompas Volksgezondheid\Determinanten\Persoonsgebonden\Bloeddruk, 7 december 2012.
- Einbrodt, H.J., Dott, W., Weishoff-Houben, M., Engler, A. (1995). Onderzoek naar de luchtverontreiniging en effecten op de gezondheid in het Duits-Nederlandse grensgebied. Interreg I. Nederlandse versie onder redactie van Jongmans-Liederkerken, G. GGD oostelijk Zuid-Limburg, Heerlen.
- Engelfriet, P.M., Hoogenveen, R.T., Boshuizen, H.C., van Baal, P.H. (2011). To die with or from heart failure: a difference that counts: is heart failure underrepresented in national mortality statistics? *Eur J Heart Fail*. Apr;13(4):377-83.
- Evrard, A-S. (2011). The DEBATS study: health effects of aircraft noise near three French airports. Paper presented at the 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), London, UK.
- Floud, S., Blangiardo, M., Clark, C., de Hoogh, K., Babisch, W., Houthuijs, D., Swart, W., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Velonakis, M., Vigna-Taglianti, F., Cadum, E., Hansell, A.L. (2013). Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries: a cross-sectional study. *Environ Health*. Oct 16;12(1):89.

- Franssen, E.A.M., Ameling, C.A., Lebret, E. (1997). Variatie in geboortegewicht in de omgeving Schiphol. Een analyse van gegevens uit de landelijke Verloskunde Registratie. RIVM Rapport 441520008, RIVM, Bilthoven.
- Gezondheidsenquête 1998 Limburg (1999). Limburgse GGD'en. Limburg.
- Gezondheidsenquête 2003. (2004). Gezondheid in Limburg. Platform GGD epidemiologie Limburg.
- GGD Zuid Limburg. (2011a). Beoordeling van gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan geluiden afkomstig van AWACS-vliegtuigen. GGD Zuid Limburg, Geleen.
- GGD Zuid Limburg (2011b). Resultaten pilot-onderzoek naar de effecten van AWACS-piekgeluiden op de ervaren hinder. Brief van GGD Zuid Limburg aan deelnemers.
- Gielkens-Sijstermans, C., Hajema, K.J., Jongmans-Liedekerken, G. (2005). Monitoring van milieuhinder en gezondheid in een aantal gemeenten in Zuid-Limburg, Geleen.
- Hajema K-J. et al. (2000). De invloed van een vliegtuigramp op de ervaren milieuhinder en gezondheid van omwonenden, GGD oostelijk Zuid-Limburg, Heerlen.
- Hoebe, C.J.P.A., Hajema, K.J., Jongmans-Liederkerken, A.W., Tijssen, I.M.J.G. (2001). Geen invloed van een vliegtuigongeluk nabij Zuid-Limburg op de ervaren gezondheid van omwonenden, wel toename van de ervaren milieuhinder. *Ned Tijdschr Geneeskd*, 14 juli; 145 (28), 1354-1357.
- Hansell, A.L., Blangiardo, M., Fortunato, L., Floud, S., de Hoogh, K., Fecht, D., Ghosh, R.E., Laszlo, H.E., Pearson, C., Beale, L., Beevers, S., Gulliver, J., Best, N., Richardson, S., Elliott, P. (2013). Noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ* 2013; 347:f5432 doi: 10.1136/bmj.f5432 (Published 8 October 2013).
- Harteloh, P., de Bruin, K., Kardaun, J. (2010). The reliability of cause-of-death coding in The Netherlands. *Eur J Epidemiol*. Aug; 25 (8): 531-8.
- Hogehuis, R.H., den Boer, M. en Bergmans, D.H.T. (2013). Overzicht geluidmaten en geluidberekeningen. Rapportage in het kader van gezondheidsonderzoek Zuid-Limburg, NLR, Amsterdam.
- Hoogenveen, R.T., van Baal, P.H.M., Boshuizen, H.C. (2010). Chronic disease projections in heterogeneous ageing populations: approximating multi-state models of joint distributions by modelling marginal distributions *Math Med Biol* 27 (1): 1-19
- Houthuijs, D.J.M., van Wiechen, C.M.A.G. (2007). Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol. RIVM Rapport 630100003, RIVM, Bilthoven.
- Huss, A. et al. (2010) Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology*, 21 (6), 829-836.
- Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley, M.-L., Savigny, P., Seiffert, I., Swart, W., Breugelmans, O., Bluhm, G., Selander, J., Haralabidis, A., Dimakopoulou, K., Sourtzi, P., Velonakis, M., Vigna-Taglianti, F., Antonioti, M.C., Athanasopoulou, A., Barbaglia, G., Borgini, A., Davou, E., Giampaolo, M., Kwekkeboom, J., Ohlander, B., Pisani, S., Red, J., Tan, Y., Thunberg, E., Wolke, G., Velonakis, V., Zahos, Y. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 116 (3), pp. 329-333.

- Jongmans-Liedekerken, G. (red.). (1995) Onderzoek naar luchtverontreiniging en effecten op de gezondheid in het Duits-Nederlandse grensgebied. Interreg I. GGD oostelijk Zuid-Limburg, Heerlen.
- Kamp, I. van. (2011) The role of noise events in noise research, policy and practice (peaks, events or both). Report of expert meeting October 25th and 26th, RIVM-letter report 815120005/2011, Bilthoven, the Netherlands.)
- Kempen, E.E.M.M. van. (2008). Transportation noise exposure and children's health and cognition. PhD-thesis, Universiteit Utrecht.
- Kempen, E. van, Babisch, W. (2011). The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: A meta-analysis Proceedings of the Institute of Acoustics, 33 1 (PART 3), pp. 331-335.
- Landrum and Brown (2009) Final Comprehensive study NATO Air Base Geilenkirchen.
- Miedema, H.M.E., Vos, H., de Jong, R.G. (2000). Community reaction to aircraft noise: Time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights, Journal of the Acoustical Society of America, 107 (6), pp. 3245-3253.
- Mulder, M. (RIVM). (2013). Hoge bloeddruk 2008-2011. In: Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationale Atlas Volksgezondheid, Bilthoven: RIVM, <<http://www.zorgatlas.nl>> Zorgatlas\Beïnvloedende factoren\Lichamelijke eigenschappen, 6 maart 2013. (geraadpleegd: december 2013).
- Ministerie van Defensie, Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2012). Betreft: Algemeen Overleg over AWACS, 2 februari 2012, BS/2012003474.
- Poll, R. van, Breugelmans, O., Dreijerink, L. (2008a). Belevingsonderzoek vliegbasis Geilenkirchen, Bilthoven: RIVM (630310001/2008).
- Poll, R. van, Houthuijs, D., Breugelmans, O., Swart, W. (2008b). Gezondheids- en belevingsaspecten vliegbasis Geilenkirchen. Een verkenning. RIVM Rapport 630310003. Bilthoven, Nederland)
- Poll, H.F.P.M. van. (2010). Geluidhinder in Nederland rond NAVO vliegbasis 'Geilenkirchen' bij diverse vliegscenario's. RIVM briefrapport 630311003. Bilthoven, Nederland.
- RIVM (2011). Beantwoording 'Toonbankvraag' over of overschrijding van de doelwaarde van de WHO (110 dB(A)) tot gehoorschade kan leiden. Bilthoven, oktober.
- Schreckenber, D. et al. (2011). NORAH-study on NOise-Related Annoyance and Health: a transportation noise effects monitoring program in Germany. Paper presented at the 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), London, UK.

Afkortingen

AO	Algemeen Overleg
AWACS	Airborne Warning And Control System
dB	Decibel – aanduiding van geluidsterkte
dB(A), dB(C)	A-gewogen decibel, C-gewogen decibel
IenM	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
GGD	Gemeenschappelijke Gezondheidsdienst
HR	Hazard Ratio, gezondheidsrisicomaat
Ke	Kosten eenheid, eenheid om de geluidbelasting rond vliegvelden te meten. Gebaseerd op geluidproductie en aantal en tijdstip van starts en landingen. Tegenwoordig alleen nog in gebruik voor militaire vliegvelden
L_{max}	Maximale geluidniveau dat tijdens de passage van een vliegtuig wordt bereikt. In dit rapport: het maximale geluidniveau dat tijdens alle passages gedurende een jaar is bereikt
L_{den}	De L_{den} (Engels: Level day-evening-night) is een jaargemiddelde maat om de geluidbelasting door omgevingslawaai uit te drukken, met een weging voor het geluidniveau in de avond en de nacht
L_{dn}	De L_{dn} (Engels: Level day -night) is een jaargemiddelde maat om de geluidsbelasting door omgevingslawaai uit te drukken, met een weging voor het geluidniveau in de nacht.
L_{night}	De L_{night} is een jaargemiddelde maat om de geluidbelasting door omgevingslawaai in de nacht uit te drukken
NAVO	Noord-Atlantische Verdragsorganisatie
NA_x	Number Above – Maat om het aantal vliegtuigbewegingen gedurende een jaar boven een zeker geluidniveau weer te geven
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
OR	Odds Ratio –De 'odds' is de verhouding tussen de waarschijnlijkheid dat een gebeurtenis voorvalt en de waarschijnlijkheid dat ze niet voorvalt
PC4	Aanduiding voor de adressen die de eerste 4 cijfers van een postcode gemeen hebben
PC6	Aanduiding voor de adressen die de volledige postcode (4 cijfers en 2 letters) gemeen hebben
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RR	Relatief Risico
SEL	Sound Exposure Level, geeft het energieniveau van een passage weer
SES	Sociaal Economische Status
TAX	Time above – Maat om de tijdsduur gedurende een jaar dat een zeker geluidniveau wordt overschreden weer te geven

Bijlage GVG II: Zelfgerapporteerde gezondheid (a)

Dit rapport is onderdeel van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' en beschrijft de status van zelfgerapporteerde gezondheid en het welbevinden van de bevolking in de omgeving van de vliegbasis Geilenkirchen in relatie tot de blootstelling aan geluid(piek)niveaus van vliegtuigpassages.

Het onderzoek kent twee doelen:

1. Het vaststellen van een relatie tussen de langetermijnblootstelling aan verschillende geluid(piek)kenmerken van de vliegtuigpassages en het vóórkomen van zelfgerapporteerde welzijns- en gezondheidseindpunten.
2. Het vergelijken van de zelfgerapporteerde gezondheidstoestand van inwoners blootgesteld aan vliegverkeer met de zelfgerapporteerde gezondheidstoestand van inwoners niet of nauwelijks blootgesteld aan vliegverkeer

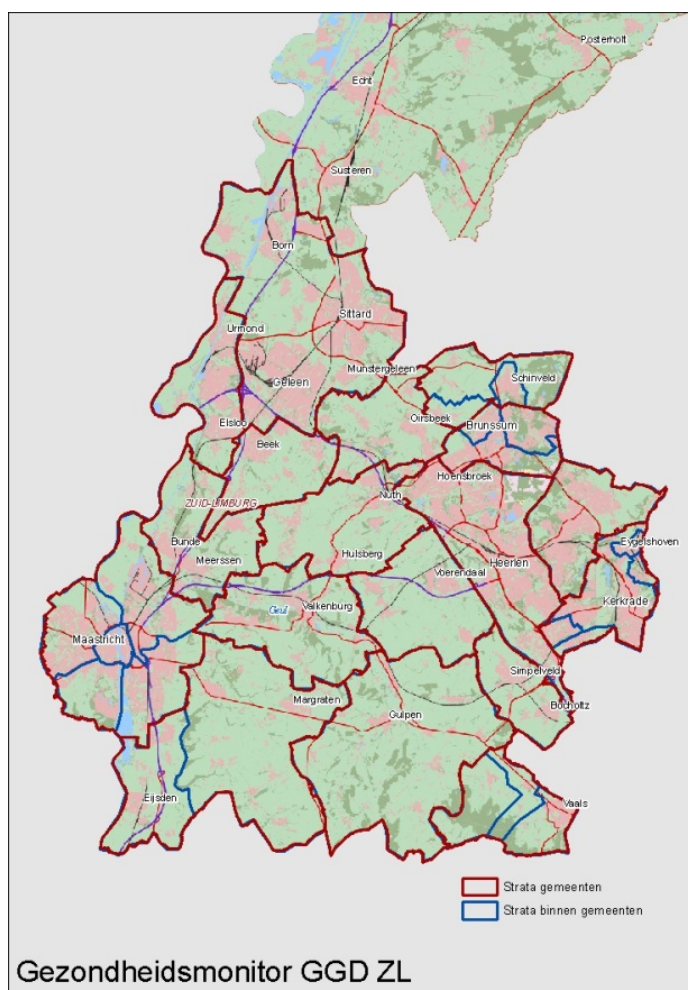
Als uitgangspunt wordt daarvoor de Gezondheidsmonitor 2009 van de GGD Zuid Limburg gebruikt. De antwoorden van de deelnemers aan deze vragenlijst worden gebruikt om de gezondheid van de inwoners van de verschillende gemeenten in Zuid-Limburg met elkaar te vergelijken. Verder is onderzocht welk aspect van de blootstelling aan geluid belangrijk is voor de gezondheid en het welbevinden: gaat het om het aantal vliegtuigen, om de hoeveelheid geluid die de vliegtuigen produceren (de geluidpieken) of is de combinatie van belang. Om dat te onderzoeken heeft het NLR – naast de L_{den} – een aantal geluidindicatoren berekend die hier meer inzicht in kunnen geven.

Vervolgens wordt de gezondheid en het welbevinden in de gemeenten vergeleken met de hoeveelheid geluid waaraan de inwoners zijn blootgesteld.

Deze bijlage wordt afgesloten met een discussie en conclusies.

Gezondheid en welbevinden

Voor het vaststellen van de gezondheidstoestand van de bevolking wordt gebruikgemaakt van de resultaten van de lokale Monitor Volksgezondheid volwassenen die in 2009 is uitgevoerd door de GGD Zuid Limburg. De resultaten van de monitor zijn verwerkt in de regionale Volksgezondheid Toekomst Verkenning uit 2010 (GGD Zuid Limburg 2010a, 2010b, 2012). De lokale monitor is een gezondheidsenquête die eens in de vier jaar wordt voorgelegd aan een representatieve steekproef van de volwassen bevolking in de regio van de GGD. De vragenlijst bestaat uit gestandaardiseerde vragen die door alle GGD's in Nederland worden gesteld. Deze opzet maakt het mogelijk om de gezondheidstoestand van GGD-regio's onderling te vergelijken, trends in de tijd te volgen en de gezondheidstoestand voor de gehele Nederlandse bevolking in kaart te brengen. Naast de vaste modules heeft de GGD Zuid Limburg de facultatieve module buitenmilieu in de vragenlijst opgenomen met daarin vragen over hinder door geluid van vliegtuigen. In Figuur B2.1 zijn de gemeenten binnen het verzorgingsgebied van de GGD Zuid Limburg weergegeven.



Figuur B2.1 Onderzoeksgebied GGD-monitor

De onderzoekspopulatie wordt gevormd door de ongeveer 10.000 deelnemers aan de Lokale Monitor 2009 en bestaat uit volwassen inwoners uit Zuid-Limburg tussen de 17 en 65 jaar. De deelnemers zijn uit het gehele verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg afkomstig. Er is bewust gekozen om de enquêtegegevens uit het gehele verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg te bestuderen en niet alleen te kijken naar de gemeenten die dicht bij de vliegbasis Geilenkirchen gelegen zijn. Hierdoor kan een verschil in gezondheids- en welzijnseffecten tussen gebieden/gemeenten met een hoge en een lage geluidbelasting beter onderzocht worden dan wanneer alleen naar de hoogbelaste gebieden gekeken wordt.

Van alle respondenten is het jaargemiddelde geluidniveau veroorzaakt door vliegverkeer bekend waaraan ze werden blootgesteld op hun huisadres. Het gaat hierbij zowel om geluid veroorzaakt door vluchten van de vliegbasis Geilenkirchen als van Maastricht-Aachen Airport (MAA). De respondenten die aan lage geluidniveaus werden blootgesteld dienen als controle- of referentiegroep. Bij het trekken van de steekproef voor de gezondheidsenquête 2009 heeft de GGD via stratificatie rekening gehouden met de verdeling van de bevolking naar leeftijd en geslacht over de gemeenten in de regio. De stratificatie zorgt ervoor dat in elke gemeente voldoende deelnemers aan de gezondheidsenquête zijn om gefundeerde uitspraken over de gezondheidstoestand in elke afzonderlijke gemeente te kunnen doen. Daarnaast

is de stratificatie op verzoek van een aantal gemeenten binnen hun gemeentegrenzen verder doorgevoerd opdat de gezondheidstoestand in wijken en/of buurten nader kan worden bestudeerd (blauwe lijnen binnen gemeenten in Figuur B2.1). Deze ophoging heeft onder andere plaatsgevonden in Maastricht en Kerkrade. Voor dit onderzoek is vooral de steekproefophoging in een aantal wijken/buurten van de gemeenten Onderbanken en Brunssum van belang, die is uitgevoerd om de problematiek rond de vliegbasis Geilenkirchen in kaart te brengen.

Uit de gezondheidsenquête zijn de vragen over ziekten en aandoeningen gekozen waarvan op grond van eerder onderzoek verwacht kan worden dat blootstelling aan vliegtuiggeluid een nadelig effect kan hebben. De keuze voor deze gezondheidseffecten is in een eerdere studie toegelicht (Van Poll, 2008a). Het gaat om de volgende aandoeningen of problemen:

- Hart- en vaatziekten
- Hoge bloeddruk
- Een vorm van kanker
- Luchtwegaandoeningen
- Migraine/hoofdpijn
- Ervaren gezondheid
- Hinder door geluid van vliegtuigen
- Hinder door geur van vliegtuigen
- Hinder door stof, roet en/of rook van vliegtuigen
- Slaapverstoring door geluid van vliegtuigen
- Gebruik van medicatie voor angst, depressie, spanning of stress
- Milieuproblemen in de buurt

De gezondheidstoestand van een persoon wordt bepaald door een groot aantal factoren. Om de relatie tussen vliegtuiggeluid en de gezondheid te onderzoeken is het noodzakelijk om bij de analyse rekening te houden met de invloed van deze factoren op de te onderzoeken relatie, voor zover bekend. Er wordt rekening gehouden met demografische en leefstijlfactoren die bekend zijn uit de gezondheidsenquête.

Demografische factoren

- Leeftijd
- Geslacht
- Etniciteit
- Opleidingsniveau
- Burgerlijke staat
- Aantal personen in het huishouden
- Werkstatus

Leefstijlfactoren

- Rookgedrag
- Body Mass Index (BMI; combinatie van lengte en gewicht)
- Alcoholgebruik
- Vocht en/of schimmel in de woning

Daarnaast is informatie bekend van het SCP over de Sociaal Economische Status van het postcodegebied waarin de deelnemers aan de enquête wonen. Statusscores zijn scores die het SCP berekent en die aangeven hoe de sociale status van een postcodegebied is, in vergelijking met andere postcodegebieden in Nederland. Met de sociale status bedoelen we hier niet het aanzien of de populariteit van een wijk. De sociale status van een wijk is afgeleid van een

aantal kenmerken van de mensen die er wonen: hun opleiding, inkomen en positie op de arbeidsmarkt (SCP, 1998).

In totaal deden bijna 9400 inwoners mee. In Tabel B2.1 staat een overzicht van het aantal respondenten per gemeenten met geslachts- en leeftijdsverdeling.

Tabel B2.1 Bevolking en aantal respondenten per gemeente in 2009 en de leeftijds- en geslachtsverdeling van de respondenten per gemeente

Gemeente	Totale bevolking	Respondenten	geslacht		leeftijd		
			Man	Vrouw	17 - 34	35 - 49	50 - 65
Beek	16.605	360	46,9	53,1	35,3	24,7	40,0
Brunssum	29.530	724	45,3	54,7	32,9	29,1	38,0
Eijsden ²	11.420	362	43,9	56,1	33,4	30,1	36,5
Gulpen-Wittem	14.585	312	51,3	48,7	34,3	26,9	38,8
Heerlen	89.355	320	45,9	54,1	32,5	29,4	38,1
Kerkrade	48.075	1.197	47,8	52,2	30,7	30,2	39,1
Landgraaf	38.715	329	43,5	56,5	32,8	27,4	39,8
Maastricht	118.285	1.452	42,0	58,0	30,6	28,9	40,5
Margraten ²	13.345	390	46,4	53,6	33,3	31,0	35,6
Meerssen	19.695	340	45,9	54,1	30,0	32,4	37,7
Nuth	15.720	353	46,5	53,5	32,9	30,0	37,1
Onderbanken	8.145	514	46,1	53,9	30,7	31,3	37,9
Schinnen	13.480	334	41,9	58,1	32,3	27,5	40,1
Simpelveld	11.090	352	49,2	50,9	36,7	25,6	37,8
Sittard-Geleen	95.325	314	44,9	55,1	33,1	29,6	37,3
Stein	25.865	339	49,0	51,0	33,3	29,5	37,2
Vaals	9.825	668	41,3	58,7	33,4	29,0	37,6
Valkenburg	17.070	336	44,1	56,0	31,9	31,6	36,6
Voerendaal	12.750	369	46,1	53,9	34,7	27,3	37,9
Totaal	608.885	9.365	45,3	54,7	32,4	29,2	38,4

Aan de deelnemers van het gezondheidsonderzoek is de vraag voorgelegd in welke mate het geluid van vliegverkeer hen thuis hinderde, stoorde of ergerde gedurende de afgelopen twaalf maanden. Uit de beantwoording van deze vraag is op een gestandaardiseerde wijze vastgesteld of de respondent ernstig gehinderd is door het geluid van vliegverkeer, analoog aan de procedure in het belevingsonderzoek uit 2008 (Van Poll, 2008b). In het belevingsonderzoek werd specifiek gevraagd naar hinder door militair vliegverkeer, terwijl in de lokale monitor volksgezondheid gevraagd werd naar hinder door vliegverkeer in het algemeen. De resultaten laten zien dat de ernstige hinder veroorzaakt door vliegtuiglawaai zich concentreert in de gemeenten Onderbanken, Schinnen en aan de noordzijde van de gemeente Brunssum. De ernstige hinderpercentages variëren in dit gebied van 35% in Schinnen tot 67% in de kern Merkelbeek en 73% in de kern Schinveld. Dit komt goed overeen met de situatie tijdens het eerdere belevingsonderzoek. In Tabel B2.2 *Tabel* is een vergelijking gemaakt van de hinderpercentages in de gemeenten die zowel in dit onderzoek als het belevingsonderzoek voorkwamen.

² De gemeenten Eijsden en Margraten waren ten tijde van de gegevensverzameling nog niet opgegaan in de gemeente Eijsden-Margraten (fusie op 1 januari 2011) en worden daarom afzonderlijk weergegeven.

Tabel B2.2 Percentage ernstig gehinderden in de gemeenten die zowel in het onderzoeksgebied van het belevingsonderzoek uit 2007 als in de lokale gezondheidsmonitor uit 2009 voorkomen

Gemeente	Belevingsonderzoek 2007	Lokale monitor 2009
Brunssum	28,9%	25,0%
Heerlen	17,7%	7,0%
Kerkrade	13,5%	8,0%
Landgraaf	6,2%	3,0%
Nuth	10,6%	5,4%
Onderbanken	63,9%	65,0%
Schinnen	39,4%	35,2%
Simpelveld	11,6%	3,7%
Voerendaal	24,3%	9,8%

De gevonden verschillen in de gemeenten Onderbanken, Brunssum en Schinnen liggen binnen de meetonzekerheid van de onderzoeksmethode. In de overige gemeenten is de ernstige hinder duidelijk afgenomen. De percentages ernstig gehinderden onder de inwoners van de gemeenten rond Maastricht-Aachen Airport bedragen ongeveer 11% in zowel Meerssen als Beek. Het geografische patroon van voornamelijk de vluchten in zuidelijke richting van en naar de vliegbasis Geilenkirchen is in de cijfers terug te vinden. Deze vliegtuigen stijgen op in westelijke richting en buigen dan af naar het oosten. Dit heeft zijn weerslag op het percentage ernstig gehinderden in gemeente Voerendaal (10%) en in de gemeente Kerkrade waar tot 11% van de bevolking ernstig gehinderd is in de wijk Spekholzerheide. Geurhinder veroorzaakt door vliegtuigen concentreert zich in het bijzonder in de kernen Schinveld (37% ernstige hinder) en Merkelbeek (22%). Dit probleem speelt in mindere mate rond de luchthaven MAA.

De andere onderzochte gezondheidsmaten tonen bij visuele inspectie geen duidelijk verhoogde of verlaagde prevalenties tussen gemeenten in de regio. De statistische analyse is nodig om uitsluitel te geven over een mogelijk verband tussen deze gezondheidsmaten en het geluid van overkomende vliegtuigen. De fluctuaties in de prevalenties van het gebied aan de noordkant van de gemeente Onderbanken zijn erg groot en wijken in verschillende figuren af van de overige gebieden. Dit komt door het geringe aantal van 49 respondenten in dit gebied. Hierdoor is de onzekerheid in de schattingen voor dit gebied erg groot.

Vliegtuiggeluid en gezondheid in Zuid-Limburg

Analyse van geluid en gezondheid

De samenhang tussen de geluidbelasting en de gezondheidstoestand is met een logistische regressie vastgesteld waarbij rekening is gehouden met de stratificatie en weegfactoren die zijn vastgesteld door de GGD Zuid-Limburg. Het logistische regressiemodel kan vereenvoudigd als volgt worden weergegeven:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 * \text{geluidindicator} + \beta_i * \text{covariabele}_i$$

Waarbij:

p Het percentage van de populatie met een gezondheidseffect

β_1 Maat voor de associatie tussen de geluidindicator en het gezondheidseffect

β_i Maat voor de associatie tussen de covariabele en het gezondheidseffect

Wanneer de exponent van de beta (β) genomen wordt (e^β) ontstaat de odds ratio (OR). De OR van β_1 beschrijft de invloed van vliegtuiggeluid op het voorkomen van een gezondheidseffect of hinder. Bij een odds ratio van 1 is er geen verband tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en een gezondheidseffect. Wanneer de OR groter is dan 1 hebben mensen die blootgesteld worden aan hogere geluidniveaus meer kans dat ze het gezondheidseffect krijgen en bij een OR kleiner dan 1 hebben mensen juist een kleinere kans om het gezondheidseffect te krijgen.

Zoals eerder beschreven is het optreden van een gezondheidseffect van meerdere factoren afhankelijk is. Wanneer er een correlatie bestaat (zowel positief als negatief) van een factor met zowel het gezondheidseffect als de geluidindicator wordt van confounding gesproken. Als in de analyse geen rekening wordt gehouden met de invloed van de confounder is het mogelijk om een relatie tussen een gezondheidseffect en vliegtuiggeluid vast te stellen terwijl deze relatie eigenlijk aan de invloed van een andere factor zou moeten worden toegeschreven. Om de invloed van confounding zo veel mogelijk tegen te gaan worden in de analysemodellen extra variabelen opgenomen waarvan uit eerder onderzoek en de literatuur bekend is dat ze mogelijk van invloed zijn op het optreden van het gezondheidseffect. De extra variabelen staan beschreven in Tabel B2.3. Een aantal van deze variabelen is in elk analysemodel opgenomen. Daarnaast is per gezondheidseffect bekeken welke andere set variabelen op theoretische gronden het beste meegenomen kan worden in de analyse.

Tabel B2.3 Extra variabelen in de analysemodellen

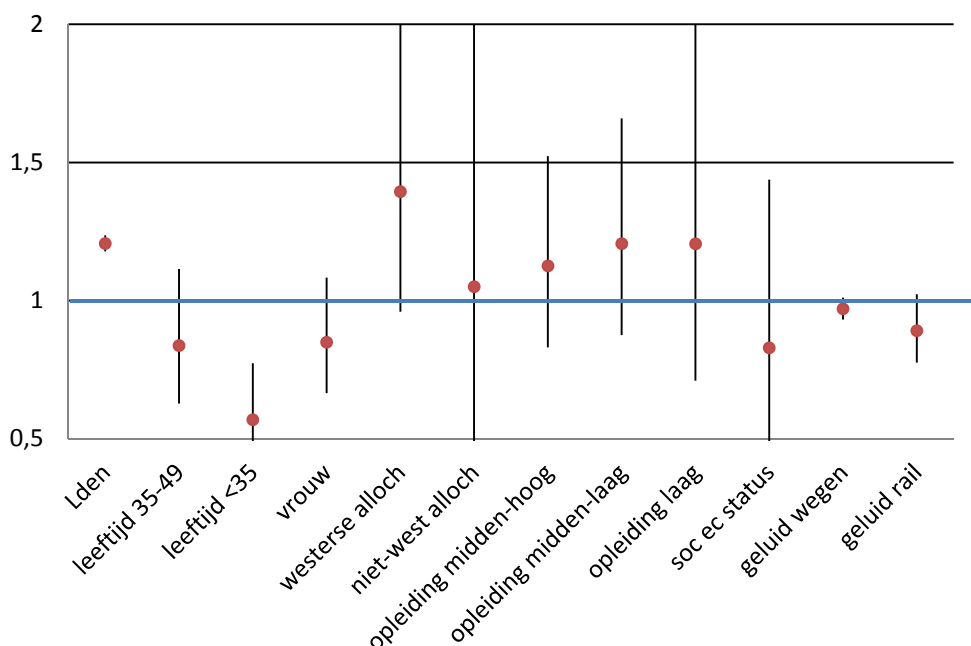
Extra variabelen in elk analysemodel	
Leeftijd (drie categorieën: 17-34, 35-49 en 50-65 jaar)	
Geslacht (man/vrouw)	
Afkoms (drie categorieën: autochtoon, westerse allochtoon, niet-westerse allochtoon)	
Opleiding (vier categorieën: laag, midden1, midden2, hoog)	
Sociaal Economische Status (SES; SCP-indicator per postcodegebied)	
Gezondheidseffect	Covariabelen
Hart- en vaatandoeningen, beroerte, verhoogde bloeddruk, kanker, diabetes	Body Mass Index (BMI), drinken, roken, blootstelling aan stikstofdioxide, geluid van wegverkeer en railverkeer
Luchtwegen	Vocht en/of schimmel in huis, roken, aantal personen in het huishouden, blootstelling aan stikstofdioxide
Ervaren gezondheid	Roken, BMI, drinken, burgerlijke staat, blootstelling aan stikstofdioxide, geluid van wegverkeer en van railverkeer
Migraine	Roken, drinken, geluid van wegverkeer en van railverkeer
Medicatie voor angst, stress of depressie	Geluid van wegverkeer en van railverkeer
Ernstige geluidhinder	Geluid van wegverkeer en van railverkeer
Ernstige stofhinder	Ook met afstand tot de startbaan i.p.v. geluidindicator
Ernstige hinder geur	Ook met afstand tot de startbaan i.p.v. geluidindicator

In Figuur B2.2 is een voorbeeld gegeven van de uitkomsten van de analyse naar de relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{den}) en het optreden van ernstige hinder. De figuur laat zien dat de odds ratio voor een toename van 1 dB aan vliegtuiggeluid (L_{den}) significant hoger is dan 1. Het betrouwbaarheidsinterval rond deze

schatting is erg klein en daardoor niet goed zichtbaar in de figuur. Van de in het model opgenomen extra variabelen wijkt alleen de OR voor leeftijd significant af van 1; dit geeft aan dat mensen jonger dan 35 jaar minder hinder ondervinden dan de twee oudere leeftijdsgroepen bij blootstelling aan hetzelfde jaargemiddelde geluidniveau. De leeftijdsgroep van 50-65 jaar is hierbij als referentie genomen (OR=1). De overige variabelen wijken wel af van 1, maar de onzekerheid in de schatting van het effect is dermate dat niet met zekerheid geconcludeerd kan worden dat ze samenhangen met het optreden van ernstige hinder. De onzekerheid van een effect wordt weergegeven door de lijnen van het 95% betrouwbaarheidsinterval in de figuur.

In het vervolg van dit deel van Bijlage GVG II wordt ingezoomd op de relatie tussen de onderzochte gezondheidseffecten en de verschillende indicatoren voor vliegtuiggeluid. Het effect van de andere variabelen op de verschillende gezondheidseffecten is vanuit wetenschappelijk oogpunt interessant, maar omdat de focus in dit onderzoek ligt op de relatie tussen geluid en gezondheid wordt hier in dit rapport geen verdere aandacht aan besteed.

Ernstige hinder vliegtuiggeluid



Figuur B2.2 Odds ratio's (en het bijbehorende 95% betrouwbaarheidsinterval) van de variabelen in het analysemodel voor het optreden van ernstige hinder door vliegtuiggeluid (L_{den})

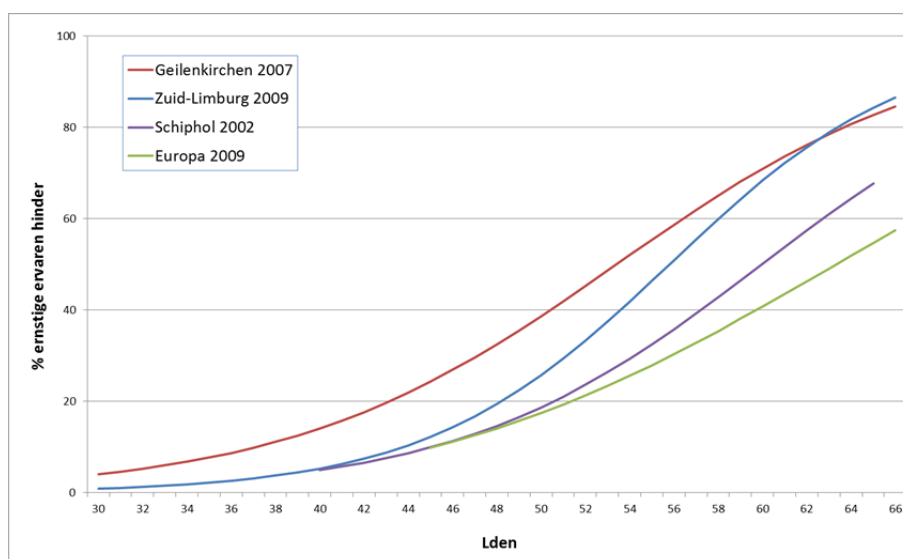
Indien een relatie wordt vastgesteld tussen een gezondheidseffect en vliegtuiggeluid is het mogelijk om een blootstelling-responsrelatie op te stellen. Een blootstelling-responsrelatie beschrijft het geschatte percentage van de bevolking dat door blootstelling aan een zeker geluidniveau last zal hebben van een gezondheidseffect. Deze informatie wordt gebruikt voor de risicoschatting (zie Bijlage GVG IV: Risicoschatting (c)).

In dit rapport onderzoeken we de relatie tussen die geluidindicatoren en de zelfgerapporteerde gezondheid. Er is gekozen om de geluidindicatoren te selecteren die (1) het meest effectief de hinder of het gezondheidseffect

beschrijven (dit wordt goodness-of-fit genoemd) en (2) het beste een onderscheid kunnen maken tussen personen die last hebben van hinder of een gezondheidseffect ten opzichte van personen die daar geen last van hebben. Dit is geoperationaliseerd door de analysemodellen van de geluidindicatoren te selecteren waarbij de AIC (Akaike Information Criterion) de laagste waarde heeft en het gebied onder de ROC (Receiver Operating Characteristic) curve zo groot mogelijk is.

Geluidhinder door vliegtuiglawaai

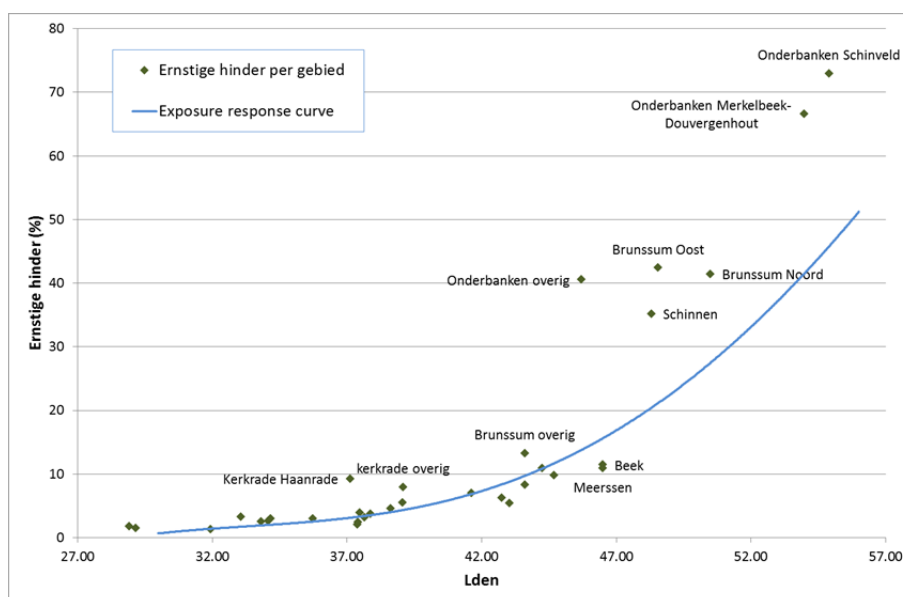
In 2002 heeft het Europese Parlement een richtlijn aangenomen waarin werd vastgesteld dat de L_{den} als gemeenschappelijke geluidbelastingindicator wordt gehanteerd binnen de Europese Unie voor het bepalen van de hinder door onder andere vliegtuiglawaai (EP, 2002). De richtlijn geeft verder aan dat de omvang van de hinder van lawaai kan worden bepaald door blootstelling-responsrelaties. In dit geval beschrijft een blootstelling-responsrelatie welk deel van de bevolking ernstige hinder zal ondervinden (de 'respons') wanneer zij worden blootgesteld aan een bepaalde hoeveelheid geluid gedurende een jaar (de 'blootstelling'). De relatie kan worden uitgezet in een grafiek waaruit bij elke geluidblootstelling op de x-as kan worden bepaald welk percentage van de bevolking naar verwachting ernstige hinder zal ondervinden. In de Europese richtlijn is niet nader gespecificeerd welke blootstelling-responsrelaties moeten worden gebruikt. Er zijn pogingen ondernomen voor het opstellen van deze blootstelling-responsrelaties in Europees verband (Miedema et al., 1998, 2001; Janssen, 2011) door de resultaten van een groot aantal studies samen te vatten. Daarnaast is er specifieke informatie over de Nederlandse situatie aan de hand van studies rond Schiphol (Breugelmans et al., 2004). Een werkgroep van de Europese Commissie heeft de aanbeveling gedaan om de door Miedema en Oudshoorn in 2001 opgestelde relatie te gebruiken in Europees verband (EC, 2012). De laatste stand (een update van de relatie met recente studies) is beschreven door Janssen et al. (2011). Al deze studies laten zien dat de blootstelling-responsrelaties verschillen tussen landen en luchthavens, maar ook veranderen in de tijd. Daarnaast speelt de lokale situatie een rol bij de mate van hinder die ondervonden wordt door de bevolking. Een veldstudie, zoals de lokale monitor van de GGD Zuid-Limburg, gekoppeld aan de lokale geluidbelasting geeft een accurater beeld van de hindersituatie in een regio dan een op basis van externe studies vastgestelde blootstelling-responsrelatie. Met de gegevens over de ervaren geluidhinder door vliegtuiggeluid uit de lokale monitor Volksgezondheid en de gemodelleerde geluidblootstelling (L_{den}) is voor de regio van de GGD Zuid-Limburg een blootstelling-responsrelatie opgesteld (blauwe lijn in Figuur B2.3).



Figuur B2.3 Blootstelling-responsrelaties van het percentage ernstig gehinderden door vliegtuiggeluid (L_{den}) op basis van verschillende onderzoeken

In Figuur B2.3 wordt de in deze studie vastgestelde blootstelling-responsrelatie vergeleken met de relaties die gevonden zijn in een aantal andere studies. De groene lijn (onderste lijn, rechts) geeft de update weer van de voor de Europese Unie voorgestelde blootstelling-effectrelatie (Janssen et al., 2011). Deze relatie is gebaseerd op een groot aantal wereldwijd uitgevoerde studies. Wanneer deze relatie wordt toegepast op de situatie in Zuid-Limburg vindt een onderschatting plaats van het percentage ernstig gehinderden in de regio. De paarse lijn (op een na onderste lijn, rechts) geeft de relatie weer zoals die is vastgesteld rond de luchthaven Schiphol in 2002 (Breugelmans, 2004). Bij lagere geluidblootstellingen is er een redelijke overeenkomst tussen het geschatte percentage ernstig gehinderden rond Schiphol en in Zuid-Limburg, maar boven de 50 dB(A) L_{den} neemt het percentage ernstig gehinderden sneller toe in Zuid-Limburg. Dit geeft weer dat op basis van de situatie rond Schiphol de hindersituatie in de gemeenten rond de vliegbasis Geilenkirchen (waar de hoogste geluidblootstellingen voorkomen) niet adequaat beschreven kan worden. De rode lijn (hoogste lijn, meest links) geeft de situatie weer in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen zoals die is gemeten in een onderzoek van het RIVM uit 2007 (Van Poll et al., 2008b). Met deze relatie zijn de geschatte percentages ernstig gehinderden hoger over de hele blootstellingsrange hoger dan nu vastgesteld met de gegevens van de lokale monitor Volksgezondheid. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de vraag naar hinder in het onderzoek uit 2007 anders werd gesteld. Toen werd gevraagd naar 'hinder door geluid van militair vliegverkeer (zoals AWACS)' terwijl de vraag in dit onderzoek meer algemeen gesteld werd als 'hinder door vliegverkeer'.

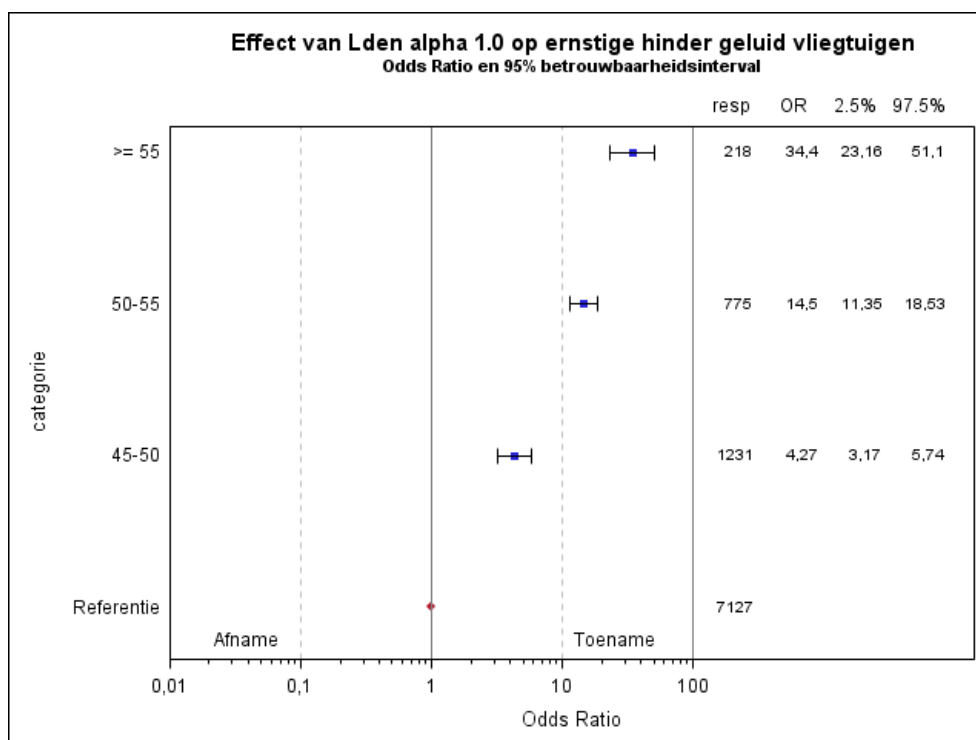
De blootstelling-responsrelatie is in Figuur B2.4 nogmaals weergegeven, maar nu aangevuld met schattingen van het percentage ernstig gehinderden per gemeente of wijk/buurt. De blootstelling aan vliegtuiggeluid in een gemeente of wijk/buurt is vastgesteld door het gemiddelde te berekenen van de geluidblootstelling op de adreslocaties van de deelnemers aan de monitor Volksgezondheid. Om Figuur B2.4 overzichtelijk te houden zijn alleen de gemeenten en wijken/buurtten benoemd die meer dan 5% afwijken van de blootstelling-responsrelatie.



Figuur B2.4 Gemiddelde blootstelling aan vliegtuiggeluid (L_{den}) en percentage ernstige hinder in de gemeenten en wijken/buurtten van de GGD-regio Zuid-Limburg afgezet tegen de blootstelling-responsrelatie

Uit Figuur B2.4 valt op te maken dat de hindersituatie rond de vliegbasis Geilenkirchen in de gemeenten Onderbanken en Brunssum hoger is dan voorspeld op basis van de blootstelling-responsrelatie. Het percentage ernstig gehinderden in deze gemeenten ligt 15-20% boven de voorspellingen van de blootstelling-responsrelatie. Het percentage ernstig gehinderden in de gemeenten Beek en Meerssen, die zich rond de luchthaven MAA bevinden, toont een andere tendens. In deze gemeenten ligt het percentage ernstig gehinderden ongeveer 5% lager dan geschat wordt met de blootstelling-responsrelatie.

In Figuur B2.5 is de lokale relatie tussen de geluidbelastingindicator L_{den} en het voorkomen van ernstige hinder op een andere manier weergegeven. De figuur toont de OR per blootstellingscategorie van 5 dB ten opzichte van de referentiecategorie. De referentie bestaat uit personen die wonen op adressen met een geluidblootstelling onder de 45 dB(A) L_{den} . Naast de OR en de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsintervallen wordt het aantal respondenten ('resp') weergegeven waarop de schatting van de OR gebaseerd is. Let er op dat de OR op een logaritmische schaal zijn weergegeven. De invloed van mogelijke confounders is meegenomen in de analyse maar wordt niet apart vermeld.



Figuur B2.5 Relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{den}) en ernstige hinder onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg

De figuur toont dat de ernstige hinder door vliegtuiglawaai vrijwel exponentieel toeneemt bij elke toename van vliegtuiggeluid met 5 dB. Wanneer deze waarden vergeleken worden met de blootstelling-respons curve die is voorgesteld voor algemeen gebruik binnen Europa (Miedema et al., 2001) valt op dat de gevonden percentages ernstig gehinderden groter zijn dan op grond van de L_{den} geluidniveaus mag worden verwacht. Ook wanneer de waarden uit Figuur 6 afgezet worden tegen de blootstelling-responsrelatie die is gevonden rond Schiphol in 2002 (Breugelmans, 2004) komt naar voren dat de aantallen ernstig gehinderden hoger zijn dan verwacht.

Geluidhinder: piekgeluid, aantallen overvluchten, tijdsduur van de blootstelling of combinatie?

Eerder is aangegeven dat drie aspecten het geluid van vliegtuigpassages beschrijven: de (maximale) geluidniveaus, de tijdsduur van een passage en het aantal passages. In deze paragraaf wordt het verband onderzocht tussen geluidindicatoren die één van de genoemde aspecten beschrijven en het voorkomen van ernstige hinder in de regio. De onderzochte indicatoren beschrijven de blootstelling aan vliegtuiggeluid in 2008, het jaar voorafgaande aan de lokale monitor Volksgezondheid.

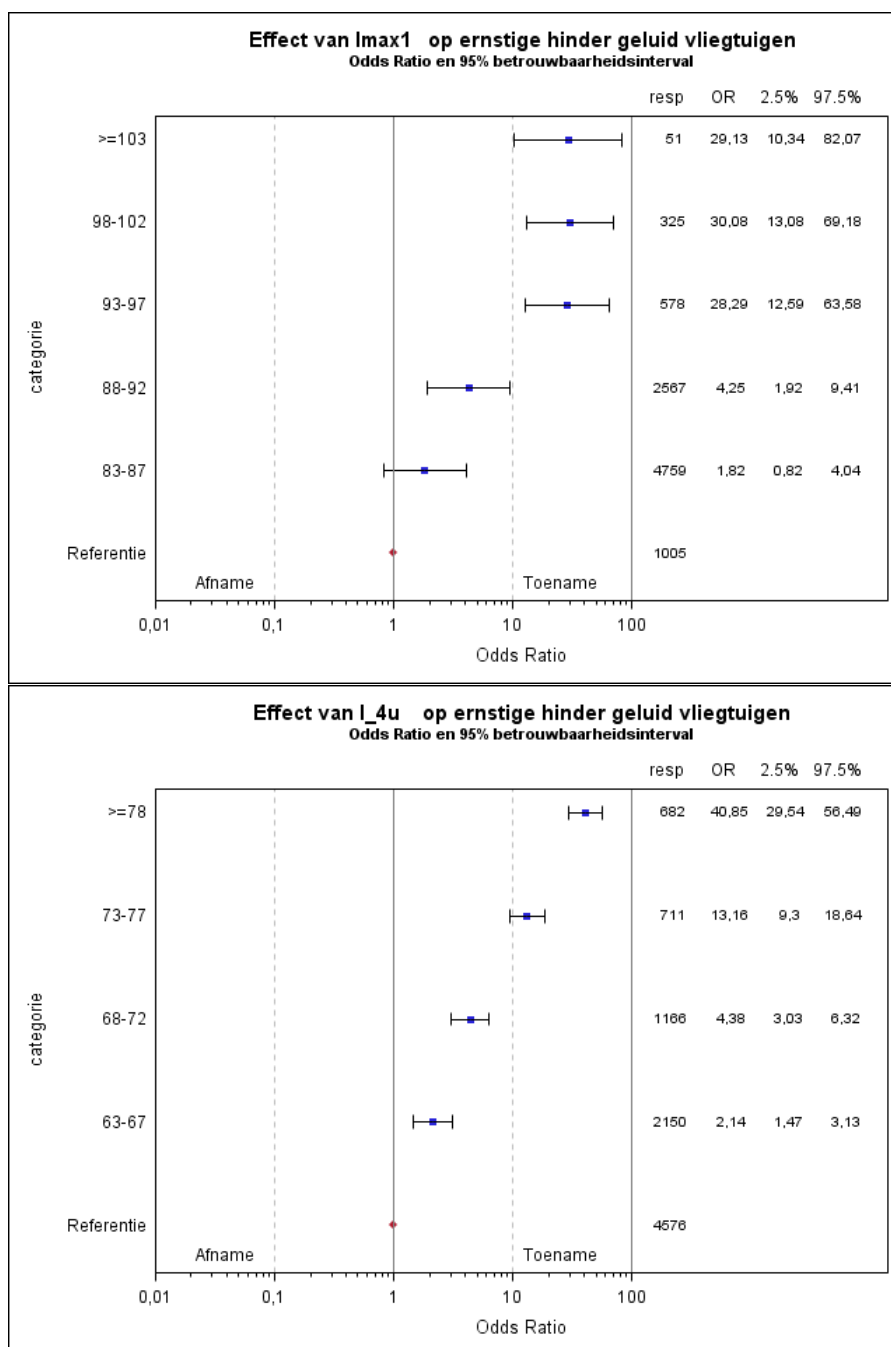
In Figuur B2.6 is de relatie weergegeven tussen de L_{max} en ernstige hinder. Hierbij wordt de hinder die respondenten ondervinden gedurende een jaar beschreven door één vliegtuigpassage; de passage met het hoogste maximale geluidniveau. Uit de figuur blijkt dat de ernstige hinder sterk toeneemt wanneer het maximale geluidniveau boven de 93 dB uitkomt. Een toename van de L_{max} boven dit niveau heeft geen toename van het percentage ernstig gehinderden tot gevolg. Omdat de L_{max} slechts één vliegtuigpassage tijdens een heel jaar beschrijft is onderzocht of andere – op de L_{max} gebaseerde – indicatoren een

ander beeld geven van de relatie met ernstige hinder. Zo beschrijft de L_{\max_3} het maximale geluidniveau van de 3^e luidste vliegtuigpassage in het jaar 2008 en geeft daarmee een indicatie van de hinder die optreedt door de drie luidste vliegtuigpassages in een jaar. Er zijn indicatoren onderzocht voor het maximale geluidniveau van de 3^e, 5^e, 10^e, 25^e, 50^e en 200^e vliegtuigpassage. De formulering van deze indicatoren heeft tot gevolg dat het aantal vliegtuigpassages een rol gaat spelen in de bepaling van de geluidindicator, maar dat de duur van de blootstelling buiten beschouwing blijft. Wanneer de resultaten van de statistische modellen onderling vergeleken worden, komt naar voren dat het model gebaseerd op de indicator L_{\max_50} de beste beschrijving geeft van het voorkomen van ernstige hinder.

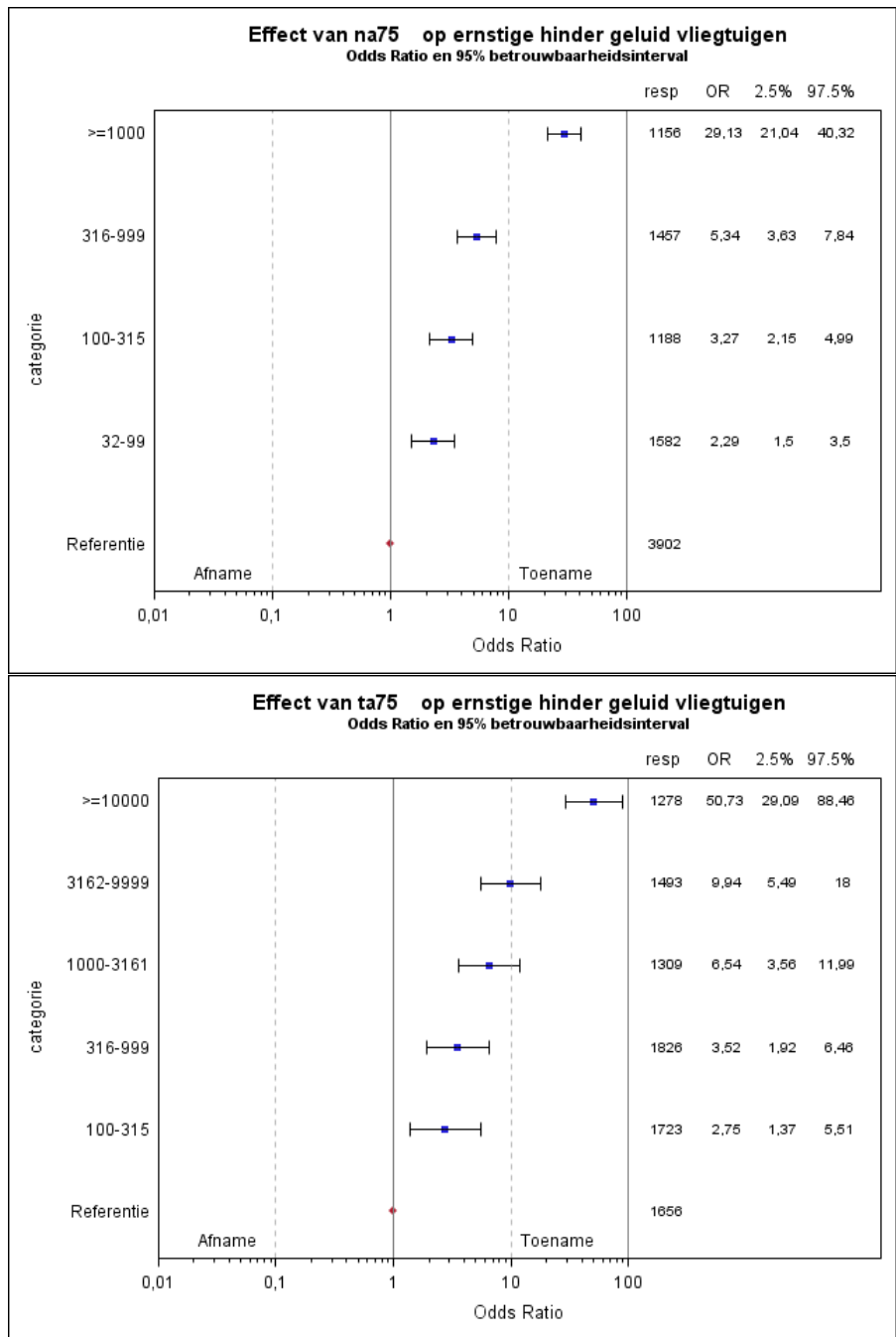
De indicator $m_L_{\max_60}$ beschrijft het gemiddelde geluidniveau van de vliegtuigpassages in 2008 die een maximaal geluidniveau boven de 60 dB produceerden. Deze indicator is ook vastgesteld voor het gemiddelde van de geluidniveaus boven de 65, 70, 75 en 80 dB. Van de modellen met deze geluidindicatoren geeft de $m_L_{\max_60}$ de relatie met het voorkomen van ernstige hinder het beste weer. Het model met de $m_L_{\max_60}$ presteert ook beter dan het model gebaseerd op de L_{\max_50} . In vergelijking met de hierna beschreven geluidindicatoren zijn de indicatoren waarbij de nadruk ligt op het maximale geluidniveau minder goed in staat om de ernstige hinder in regio te beschrijven.

De geluidindicator L_{4u} in Figuur B2.6 beschrijft het geluidniveau waaraan de respondenten op hun woonadres gedurende vier uur per jaar worden blootgesteld. Als de L_{4u} bijvoorbeeld 70 dB(A) bedraagt, dan betekent dit dat een persoon gedurende een jaar precies vier uur blootstaat aan geluidniveaus van 70 dB(A) of luider. Van dit type geluidindicator is de range van het geluidniveau dat één minuut per jaar wordt overschreden tot het geluidniveau dat 24 uur per jaar wordt overschreden onderzocht. De indicator met één minuut overschrijding komt dicht in de buurt van de indicator voor de L_{\max} omdat deze gebaseerd is op één of enkele zeer luide vliegtuigpassages. De 24-uurs indicator komt meer in de buurt van de geluidindicatoren die vooral op aantallen overvluchten zijn gebaseerd; er zijn vele overvluchten nodig om een blootstellingsduur van 24 uur te bereiken. Uit de vergelijking van de indicatoren komt naar voren dat het model met de vieruurs blootstelling aan een geluidniveau de meest optimale relatie met ernstige hinder weergeeft. Zowel het geluidniveau als het aantal vliegtuigpassages speelt bij deze indicator een rol.

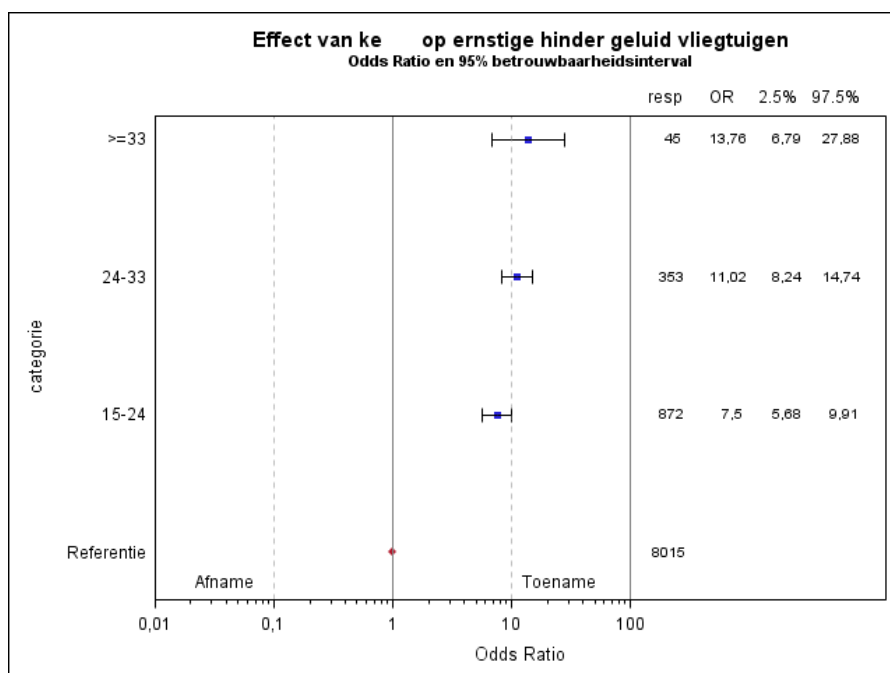
De NA_{75} in Figuur B2.7 beschrijft het aantal vliegtuigpassages ('Number Above') in het jaar 2008 met een maximaal geluidniveau dat hoger is dan 75 dB(A). Van dit type geluidindicator is ook het aantal vliegtuigpassages boven 60, 65, 70, 75, 80, 85 en 90 dB(A) onderzocht. Uit de vergelijking van de statistische modellen komt de NA_{75} als beste geluidindicator uit de bus. De NA beschrijven de aantallen vliegtuigpassages, maar zijn in feite – door het gebruik van een afkappunt om de aantallen te tellen – een combinatie van de aantallen en het maximale geluidniveau van de vliegtuigpassages.



Figuur B2.6 Relatie tussen het maximale geluidniveau (L_{max}) en het geluidniveau waaraan respondenten minimaal vier uur werden blootgesteld (L_{4u}) en ernstige hinder onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



Figuur B2.7 Relatie tussen het aantal passages met een geluidniveau >75 dB(A) (NA₇₅) en de tijdsduur >75 dB(A) (TA₇₅) en ernstige hinder onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



Figuur B2.8 Relatie tussen de Kosteneenheid (Ke) en ernstige hinder onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg

In de hiervoor beschreven geluidindicatoren komt de tijdsduur van de blootstelling aan vliegtuiggeluid nog nauwelijks aan bod. Dit is onderzocht met indicatoren die gebaseerd zijn op de tijd dat een bepaald geluidniveau wordt overschreden in 2008 (TA = 'Time Above'). In Figuur B2.7 wordt de relatie getoond tussen het voorkomen van ernstige hinder en de TA₇₅; de tijdsduur (in seconden) dat het maximale geluidniveau van 75 dB(A) in 2008 werd overschreden. Dezelfde range van afkappunten als gebruikt bij de NA-indicatoren is onderzocht. Uit de vergelijking van statistische modellen komt naar voren dat zowel voor de tijdsduur als het aantal vliegtuigpassages 75 dB(A) het meest optimale afkappunt is om de hindersituatie te beschrijven.

Omdat de Kosteneenheid (Ke) nog steeds de gangbare geluidindicator is voor het beleid rond militaire luchthavens is deze indicator ook in de analyse betrokken. De Ke was oorspronkelijk bedoeld om via een geluidindicator rechtstreeks het percentage gehinderden rond Schiphol in kaart te brengen. De indicator is in de jaren zestig op basis van de toenmalige vlootsamenstelling rond Schiphol opgesteld. Bij de berekening van de Ke wordt een afkappunt gebruikt: blootstellingen met een piekgeluid onder de 65 dB(A) worden niet meegerekend. 35 Ke stond ongeveer gelijk aan 25% gehinderden. Figuur B2.8 toont geen duidelijke toename van de ernstige hinder boven de 15 Ke. Het aantal respondenten in de studie dat aan hogere Ke-waarden is blootgesteld is laag (45 mensen >33 Ke) waardoor het onderzoek naar een blootstelling-responsrelatie lastig is.

Als de onderzochte geluidindicatoren vergeleken worden met de binnen Europa standaard geluidmaat L_{den} komt naar voren dat geen van de onderzochte indicatoren de relatie tussen vliegtuiggeluid en het voorkomen van ernstige hinder beter beschrijft dan de L_{den}. De L_{4u}, NA₇₅ en TA₇₅ kunnen ook gebruikt worden om de relatie met ernstige hinder te beschrijven, maar bieden geen meerwaarde ten opzichte van het gebruik van de L_{den}. Het gebruik van de L_{max} of

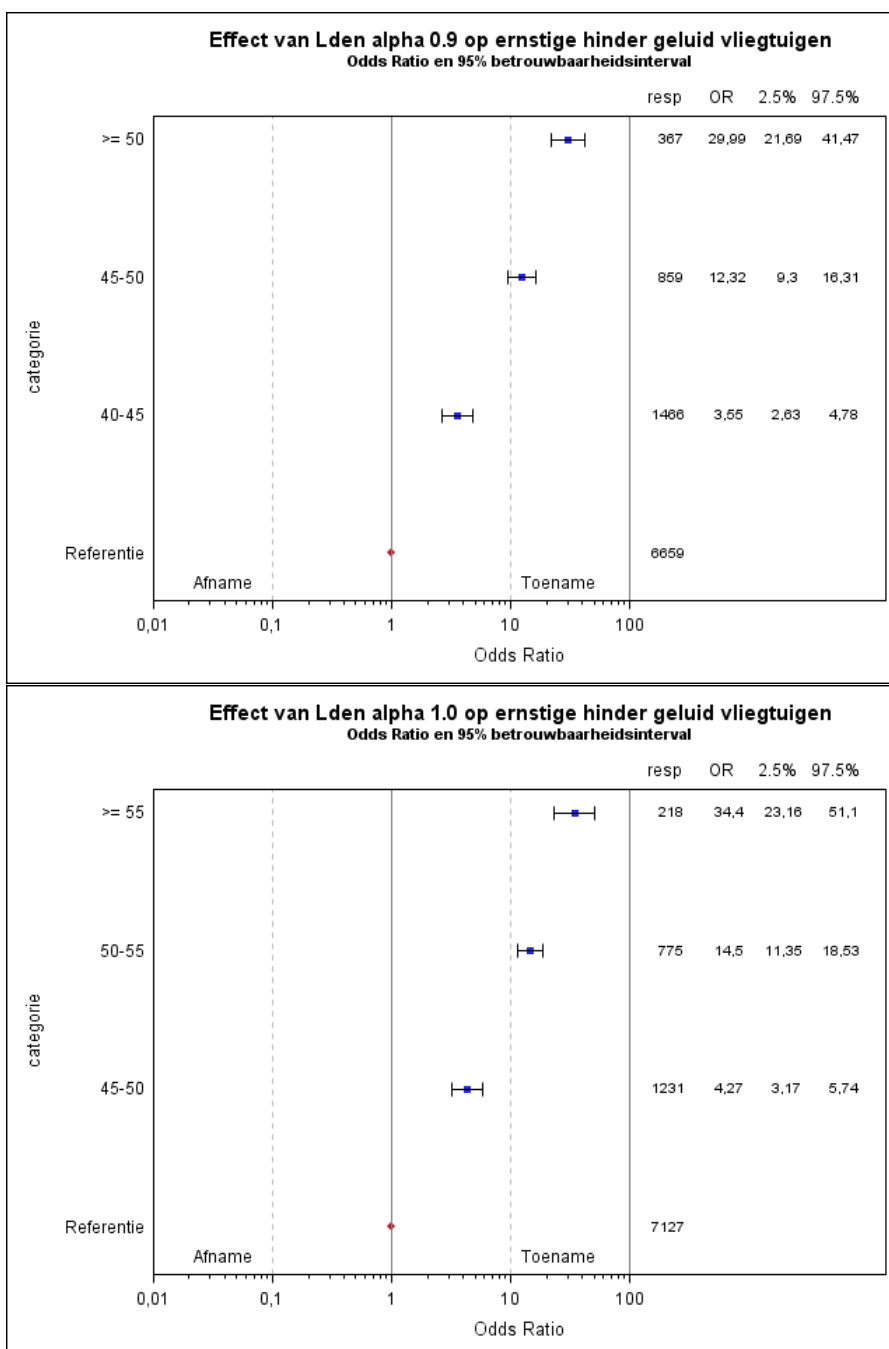
de Ke lijken minder geschikt voor het beschrijven van de hinder omdat de hindersituatie daarmee niet adequaat in beeld kan worden gebracht.

Naast de verschillende karakteristieken van de blootstelling aan vliegtuigeluid is onderzocht of de gehanteerde trade-off factor tussen het aantal overvluchten en het maximale geluidniveau bij het berekenen van de L_{den} de hindersituatie in het onderzoeksgebied goed beschrijft. Deze analyse is uitgevoerd analoog aan een eerdere studie van Miedema et al. (2000). Zij introduceerden een trade-off factor alpha (α) die de waarde 1 heeft wanneer de verhouding tussen het aantal overvluchten en het geluidniveau 10:1 is. Dit is de trade-off factor die bij de berekening van de L_{den} wordt toegepast. Door aanpassing van de alpha kan bij de berekening van de L_{den} meer waarde worden toegekend aan het aantal vluchten per jaar of juist aan het geluidniveau van de vluchten. Als $\alpha > 1$ dan is de invloed van het geluidniveau op de waarde van de L_{den} groter dan het aantal vliegtuigpassages. Als $\alpha < 1$ dan is de invloed van het aantal vliegtuigpassages op de waarde van de L_{den} groter dan het geluidniveau van de vliegtuigpassages. De trade-off factor alpha is geanalyseerd in de range van 0,7 tot 1,3. Tabel B2.4 geeft inzicht in de relatie tussen α , de trade-off die daar bijhoort en de nadruk op aantallen vliegtuigpassages of het geluidniveau van de passages. Een alpha van 0,7 wil zeggen dat in de berekening 1 passage dezelfde geluidenergie aan de berekening van de L_{den} toevoegt als 5 passages met elk een 10 dB(A) lager geluidniveau.

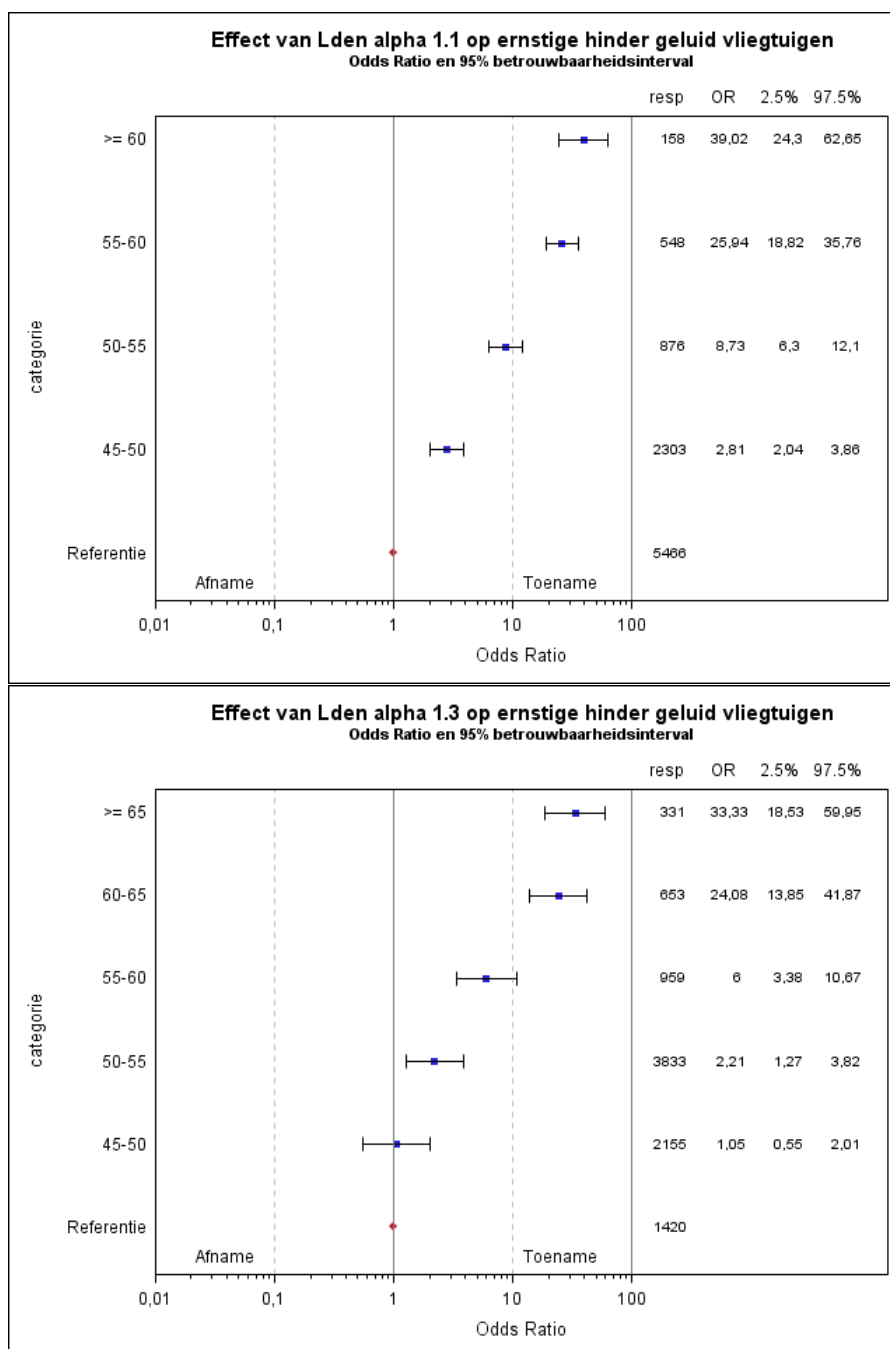
Tabel B2.4 Relatie tussen alpha en de trade-off factor

Alpha	Trade-off	Nadruk op
0,7	5	Aantallen
0,8	6,3	Aantallen
0,9	7,9	Aantallen
1,0	10	Geluidniveau en aantallen
1,1	12,6	Geluidniveau
1,2	15,8	Geluidniveau
1,3	19,9	Geluidniveau

De relatie tussen een aantal waarden van de L_{den} alpha en het optreden van ernstige hinder zijn weergegeven in Figuur B2.9 en Figuur B2.10. De figuren laten zien dat het aantal blootstellingscategorieën dat gevormd kan worden toeneemt wanneer de nadruk meer op het geluidniveau van de vliegtuigpassages wordt gelegd (hogere alpha). Dit komt omdat het aantal vliegtuigpassages in de regio relatief gering is (vergeleken met andere luchthavens) en daardoor het overgrote deel van de onderzoekspopulatie in de referentiecategorie met een lage geluidblootstelling terechtkomt wanneer de nadruk op het aantal vliegtuigpassages wordt gelegd. De vergelijking van de statistische modellen geeft aan dat de beschrijving van de relatie tussen het optreden ernstige hinder en vliegtuigeluid het beste kan plaatsvinden met een L_{den} alpha van 1,1. Bij een alpha van 1,1 komt de nadruk iets meer op het geluidniveau van de vliegtuigpassages te liggen met een trade-off van 12,6 vliegtuigpassages ten opzichte van 1 vliegtuigpassage met een 10 dB(A) hoger geluidniveau.



Figuur B2.9 Relatie tussen L_{den} alpha 0,9 en 1,0 en ernstige hinder door vliegtuiggeluid in het onderzoeksgebied



Figuur B2.10 Relatie tussen L_{den} alpha 1,1 en 1,3 en ernstige hinder door vliegtuigeluid in het onderzoeksgebied

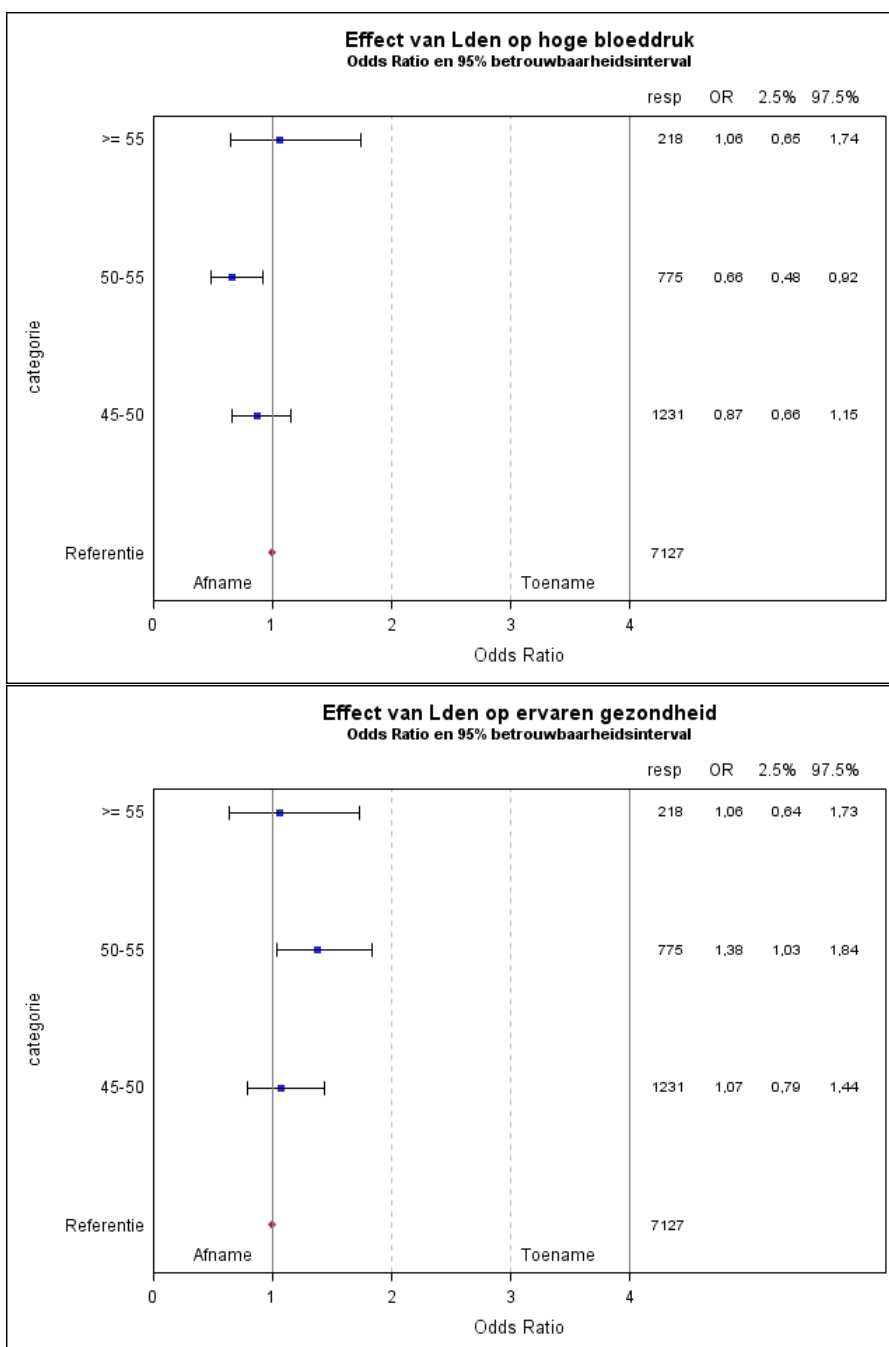
Vliegtuigeluid en zelfgerapporteerde gezondheid

In de Nederlandse gemeenten in de nabijheid van de vliegbasis Geilenkirchen maakt men zich zorgen over de mogelijke gezondheidseffecten van de blootstelling aan (het geluid van) de passerende vliegtuigen van de militaire basis. In de (inter)nationale literatuur is een aantal gezondheidseffecten beschreven die samenhangen met deze blootstelling. Het is daarbij voornamelijk onduidelijk wat het werkingsmechanisme is voor het ontstaan van de gezondheidseffecten; gaat het daarbij om het geluidniveau, de stress als gevolg van het passeren van vliegtuigen of anderszins. In de bij dit onderzoek

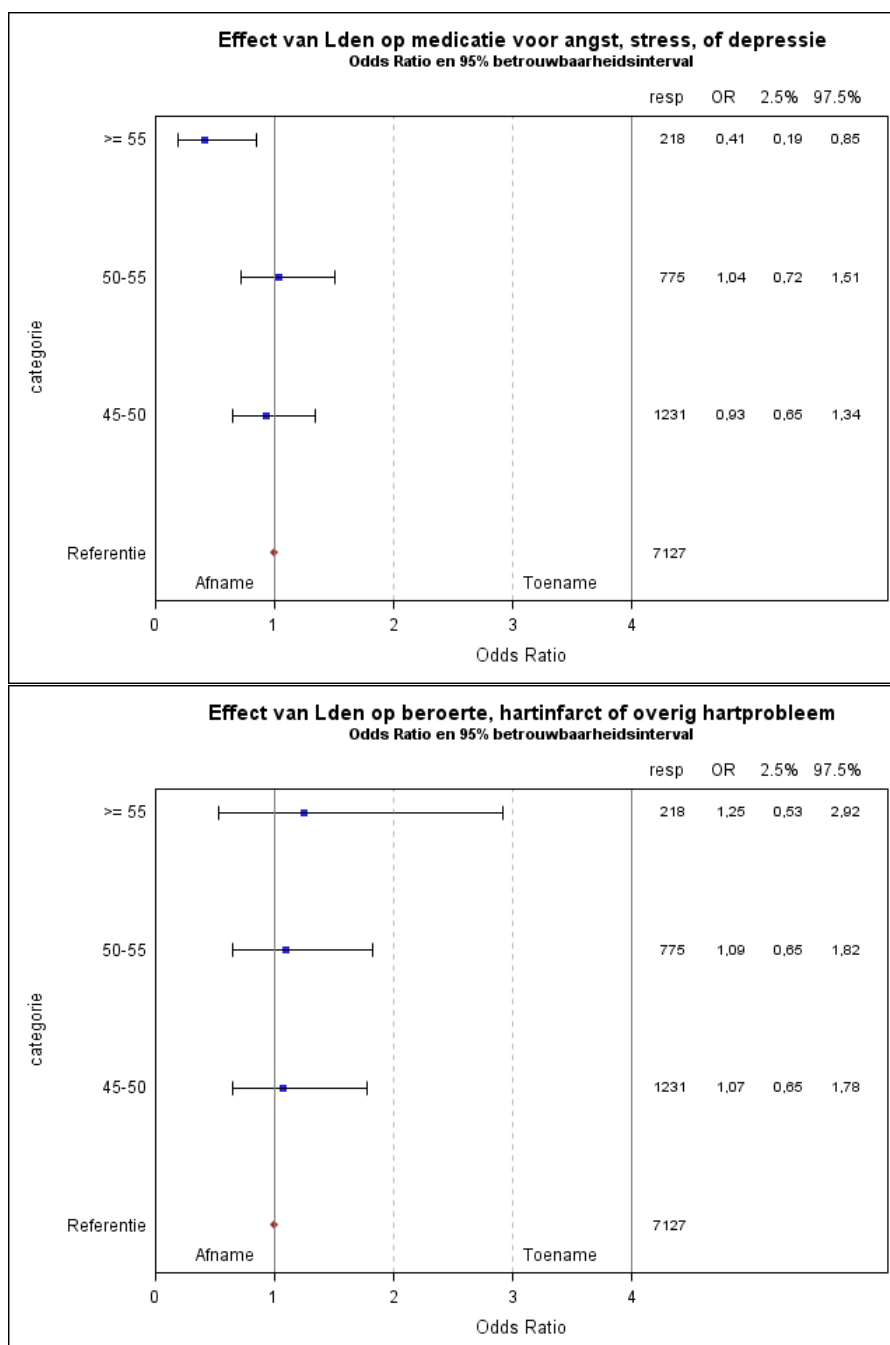
behorende rapportage over de risicoschatting (Bijlage GVG IV Risicoschatting (c)) de stand van de wetenschappelijke kennis op dit gebied nader beschreven. In deze paragraaf worden de analyses toegelicht die zijn uitgevoerd om te onderzoeken of de gezondheidseffecten die rond andere luchthavens zijn vastgesteld zich ook voordoen in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen. Daarbij is gebruikgemaakt van de gezondheidseffecten die gerapporteerd zijn door de respondenten aan de lokale monitor Volksgezondheid. Omdat niet op voorhand duidelijk was of de Europese geluidindicator L_{den} de meest geschikte indicator is om de relatie tussen gezondheid en vliegtuiggeluid te onderzoeken is de analyse uitgevoerd – net als voor ernstige hinder – met de geluidindicatoren. De resultaten voor een aantal gezondheidseffecten zijn weergegeven in Figuur B2.11 en Figuur B2.12. In bijlage 1 van Bijlage GVG II staan de resultaten voor de overige onderzochte gezondheidseffecten. De figuren tonen de odds ratio's (OR's) van een gezondheidseffect voor dat deel van de bevolking dat aan meer vliegtuiggeluid wordt blootgesteld dan de referentiegroep. De referentiegroep bestaat uit de mensen in het onderzoek die op hun huisadres in 2008 aan minder dan 45 dB(A) L_{den} werden blootgesteld. In de literatuur worden gezondheidseffecten beschreven vanaf 50 dB(A) L_{den} . Om er zeker van te zijn dat er geen gezondheidseffecten door vliegtuiggeluid in de referentiegroep voorkomen is er voor gekozen om de blootstelling in de referentiegroep tot 45 dB(A) te laten lopen. In de statistische analyse is rekening gehouden met de variabelen die zijn benoemd in Tabel B2.3, maar de figuren tonen alleen het effect van de blootstelling aan vliegtuiggeluid.

Voor geen van de onderzochte gezondheidseffecten is een relatie met de blootstelling aan vliegtuiggeluid gevonden. Dit geldt zowel voor de analyse met de geluidindicator L_{den} als de analyses met de overige geluidindicatoren. Voor een aantal gezondheidsindicatoren, zoals het optreden van een hartinfarct of een beroerte, is het onderzoeken van de relatie met geluid problematisch. Dit is zichtbaar aan de grote 95%-betrouwbaarheidsintervallen rond de odds ratio's; het aantal voorkomende hartinfarcten en beroertes in de onderzochte populatie is te gering om betrouwbare schattingen op te baseren.

Als voorbeeld van de analyse met een andere geluidindicator dan de L_{den} zijn in bijlage 1 van Bijlage II in Figuur B2.13-B2.20 de resultaten weergegeven van de relatie tussen de blootstelling aan het maximale geluidniveau (L_{max}) en het optreden van gezondheidseffecten. Hierbij valt op dat de respondenten anders over de blootstellingscategorieën zijn verdeeld. Bij de analyse van de L_{den} zijn 218 respondenten blootgesteld aan een L_{den} van 55 dB(A) of hoger, terwijl 954 respondenten werden blootgesteld aan een L_{max} van 95 dB(A) of hoger. Ondanks deze herverdeling van de respondenten over de blootstellingscategorieën zijn de resultaten eenduidig: er is geen relatie gevonden tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en het voorkomen van de onderzochte gezondheidseffecten. De keuze van de geluidindicator is niet van invloed op deze uitkomst.



Figuur B2.11 Relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid (L_{den}) en (door een arts) vastgestelde hoge bloeddruk, en als (zeer) goed ervaren gezondheid



Figuur B2.12 Relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid (L_{den}) en het gebruik van medicatie voor angst, stress of depressie, en in het afgelopen jaar last hebben gehad van een beroerte, hartinfarct of overig hartprobleem

Discussie en conclusies

Het doel van dit deel van het onderzoek (Zelfgerapporteerde gezondheid (a)) was het vaststellen van mogelijke relaties tussen de langetermijnblootstelling aan verschillende geluid(piek)kenmerken van de vliegtuigpassages rond de vliegbasis Geilenkirchen en het vóórkomen van zelfgerapporteerde welzijns- en gezondheidseindpunten. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met en

gebruikmakend van de lokale gezondheidsmonitor 2009 van de GGD Zuid-Limburg. De – door het NLR gemodelleerde jaargemiddelde – geluid(piek)kenmerken van het jaar 2008 zijn op het huisadres van de respondenten gekoppeld aan de uitkomsten van de gezondheidsmonitor.

De gezondheidstoestand in 2008 van de bevolking in de regio van de GGD Zuid-Limburg is in een eerder stadium vastgelegd in de regionale VTV voor Zuid-Limburg en de gemeenten (GGD Zuid-Limburg, 2010a, 2010b, 2012). Dit onderzoek gaat nader in op de hinderbeleving door vliegtuiglawaai in de regio. De ernstige hinder door vliegtuiggeluid in de regio blijft onverminderd hoog in de gemeenten Onderbanken, Brunssum en Schinnen. Het percentage ernstig gehinderden in deze gemeenten is vergelijkbaar met het belevingsonderzoek uit 2007 (Van Poll et al., 2008b). In de overige gemeenten die in beide onderzoeken voorkomen is de ernstige hinder afgenomen. Dit heeft zijn weerslag op de blootstelling-responsrelatie tussen ernstige hinder en vliegtuiggeluid (L_{den}) die op basis van dit onderzoek kan worden afgeleid. Bij hogere blootstellingen aan vliegtuiggeluid (in de gemeenten in de nabijheid van de vliegbasis Geilenkirchen) komt de blootstelling-responsrelatie overeen met de curve uit het belevingsonderzoek uit 2007, bij lagere blootstellingen aan vliegtuiggeluid komen de berekende percentages ernstig gehinderden steeds verder uiteen te liggen. Ondanks de daling van de percentages ernstig gehinderden in een aantal gemeenten in de regio wijkt de hindersituatie nog steeds in negatieve zin af in vergelijking tot de situatie rond de luchthaven Schiphol en rond andere internationale luchthavens.

Het relateren van de ernstige hinder aan vliegtuiggeluid met de gestandaardiseerde Europese geluidindicator L_{den} geeft een eerste indruk van de hindersituatie rond de vliegbasis Geilenkirchen. De L_{den} is een jaargemiddelde geluidindicator die een aantal kenmerken van het geluid in zich verenigt. In deze studie is nader onderzocht of er één kenmerk is van het vliegtuiggeluid dat bepalend is voor het optreden van hinder. Daartoe zijn geluidindicatoren geanalyseerd die de nadruk leggen op de verschillende kenmerken van het geluid. De indicatoren zijn gegroepeerd naar nadruk op het maximale geluidniveau (het 'piekgeluid'), het aantal vliegtuigpassages en de tijdsduur van de blootstelling aan geluid.

Uit de statistische analyses komt naar voren dat er geen geluidindicator is die tot een duidelijk betere voorspelling leidt van het optreden van ernstige hinder in de regio dan de L_{den} . De L_{max} en de K_e zijn minder geschikt bevonden om de relatie tussen geluid en hinder in kaart te brengen. Wel is er een aantal geluidindicatoren die op een vergelijkbare manier als de L_{den} de relatie tussen geluid en hinder beschrijven. Het gaat daarbij om de:

- $M_{L_{max_60}}$: Het jaargemiddelde geluidniveau van de vliegtuigpassages met een maximaal geluidniveau dat meer bedraagt dan 60 dB(A)
- L_{4uur} : Het maximale geluidniveau dat gedurende vier uur per jaar wordt overschreden;
- NA_{75} : Het aantal vliegtuigpassages gedurende een jaar met een maximaal geluidniveau van meer dan 75 dB(A);
- TA_{75} : De tijd dat een persoon wordt blootgesteld aan vliegtuigpassages met een maximaal geluidniveau van meer dan 75 dB(A).

Nadere bestudering van deze vier geluidindicatoren laat zien dat de kenmerken tijdsduur, aantal en piekniveau in elke indicator in meer of mindere mate terugkomen. De $m_{L_{max_60}}$ middelt het *aantal* passages van vliegtuigen die boven het *piekniveau* van 60 dB(A) uitkomen. Bij die berekening wordt de geluidenergie van de *duur* van de vliegtuigpassages gebruikt. De L_{4uur}

beschrijft het *piekniveau* dat *gedurende vier uur* per jaar wordt overschreden. Dit is afhankelijk van het *aantal* passages in een jaar. De NA_{75} geeft het *aantal* passages in een jaar weer dat het maximale *piekniveau* van 75 dB(A) wordt overschreden. De tijdsduur is bij deze indicator afwezig. De TA_{75} geeft de *tijdsduur* weer dat het maximale *piekniveau* wordt overschreden. Het aantal passages is in deze indicator afwezig.

Uit de resultaten kunnen we concluderen dat geen van de drie onderzochte kenmerken bepalend is voor het optreden van ernstige hinder door vliegtuiggeluid. Het gebruik van andere geluidindicatoren naast of als vervanging van de L_{den} kan overwogen worden maar heeft geen duidelijke meerwaarde voor het verklaren van de hindersituatie in de regio. Daarnaast moet in ogenschouw worden genomen dat de blootstelling aan geluid weliswaar een noodzakelijke voorwaarde is voor het ondervinden van hinder, maar dat andere niet-akoestische factoren een belangrijke rol spelen. De invloed van niet-akoestische factoren op de hinder in de regio is uitgebreid beschreven in het belevingsonderzoek uit 2007 (Van Poll, 2008b) en wordt in dit rapport niet verder uitgewerkt omdat de nadruk ligt op de analyse van de verschillende manieren om geluidindicatoren te relateren aan gezondheid en welzijn.

In navolging van Miedema et al. (2000) is onderzocht of er mogelijkheden zijn om bij de berekening van de L_{den} de nadruk te verschuiven naar de piekniveaus of de aantallen vliegtuigpassages. Dit is uitgevoerd door een trade-off factor alpha in de berekening van de L_{den} te introduceren. Uit de analyses komt naar voren dat het model met een trade-off van 12,6 de relatie tussen vliegtuiggeluid en hinder het beste in kaart brengt. In de standaard berekening van de L_{den} wordt een trade-off van 10 gehanteerd. De uitkomst is een indicatie dat de L_{den} mogelijk de invloed van het geluidpiekniveau van de vliegtuigpassages niet voldoende in kaart brengt om de hindersituatie in de regio te kunnen beschrijven. Het gevonden verschil tussen de trade-off van de standaard berekening van de L_{den} en de gevonden trade-off is klein. Onderzoek rond andere luchthavens is noodzakelijk om het resultaat van deze studie te bevestigen voordat een conclusie kan worden getrokken over de invloed van het geluidpiekniveau en de bijbehorende trade-off factor.

Het vaststellen van de meest geschikte geluidindicator voor het beschrijven van de hindersituatie rond de vliegbasis Geilenkirchen is relevant voor het beschrijven van de relatie tussen geluid en hinder, het maken van prognoses over de verwachte hindersituatie bij veranderende gebruikscondities van de vliegbasis en vergelijking met andere luchthavens. Dit laat onverlet dat de huidige hindersituatie in de gemeenten rond de vliegbasis Geilenkirchen zo optimaal als mogelijk is beschreven is door de resultaten van de lokale monitor Volksgezondheid en het belevingsonderzoek uit 2007.

Uit onderzoek rond een groot aantal internationale luchthavens komen steeds meer aanwijzingen dat de chronische blootstelling aan vliegtuiggeluid nadelige gevolgen kan hebben voor de gezondheid. Op basis van de beschikbare kennis is in Bijlage GVG IV Risicoschatting (c) een schatting gemaakt van de omvang en ernst van de gezondheidseffecten in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen. In dit deel van het onderzoek (c) is nagegaan of de gezondheidseffecten die verwacht worden op basis van de literatuur ook kunnen worden waargenomen in de resultaten van de lokale monitor Volksgezondheid 2009. De onderzochte gezondheidseffecten waren: hart- en vaatziekten, verhoogde bloeddruk, vormen van kanker, luchtwegaandoeningen en migraine/hoofdpijn. Daarnaast is onderzocht of er een invloed is op de ervaren gezondheid en of er sprake is van verhoogd medicijngebruik voor angst, depressie, spanning of stress.

Voor geen van de onderzochte welzijns- en gezondheidsindicatoren is een verband gevonden met de blootstelling aan vliegtuiggeluid. Een mogelijke oorzaak waarom de resultaten niet overeenstemmen met de observaties rond andere luchthavens is dat het bij de meeste onderzochte gezondheidseffecten gaat het om enkele mensen over een periode van meerdere jaren die last zullen krijgen van hun gezondheid door blootstelling aan vliegtuiglawaai. Om deze effecten waar te nemen in onderzoek zijn grote aantallen onderzoeksdeelnemers nodig die aan verschillende geluidniveaus worden blootgesteld. Het aantal onderzoeksdeelnemers in deze studie (zelfgerapporteerde gezondheid (a)) dat aan hogere jaargemiddelde geluidniveaus wordt blootgesteld is te klein om een signaal waar te nemen. De gezondheidstoestand is vastgesteld met een vragenlijst op één punt in de tijd. Bij het ontwikkelen van een gezondheidseffect door vliegtuiglawaai gaat het om chronische blootstelling gedurende een lange periode.

Conclusies

Dit onderdeel van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' beschrijft de status van zelfgerapporteerde gezondheid en het welbevinden van de bevolking in de omgeving van de vliegbasis Geilenkirchen in relatie tot de blootstelling aan geluid(piek)niveaus van vliegtuigpassages. Hierin is gekeken naar de relatie tussen de langetermijnblootstelling aan verschillende geluid(piek)kenmerken van de vliegtuigpassages en het vóórkomen van zelfgerapporteerde welzijns- en gezondheidseindpunten. Daarnaast is gekeken naar de zelfgerapporteerde gezondheidstoestand van inwoners blootgesteld aan vliegverkeer met de zelfgerapporteerde gezondheidstoestand van inwoners niet of nauwelijks blootgesteld aan vliegverkeer

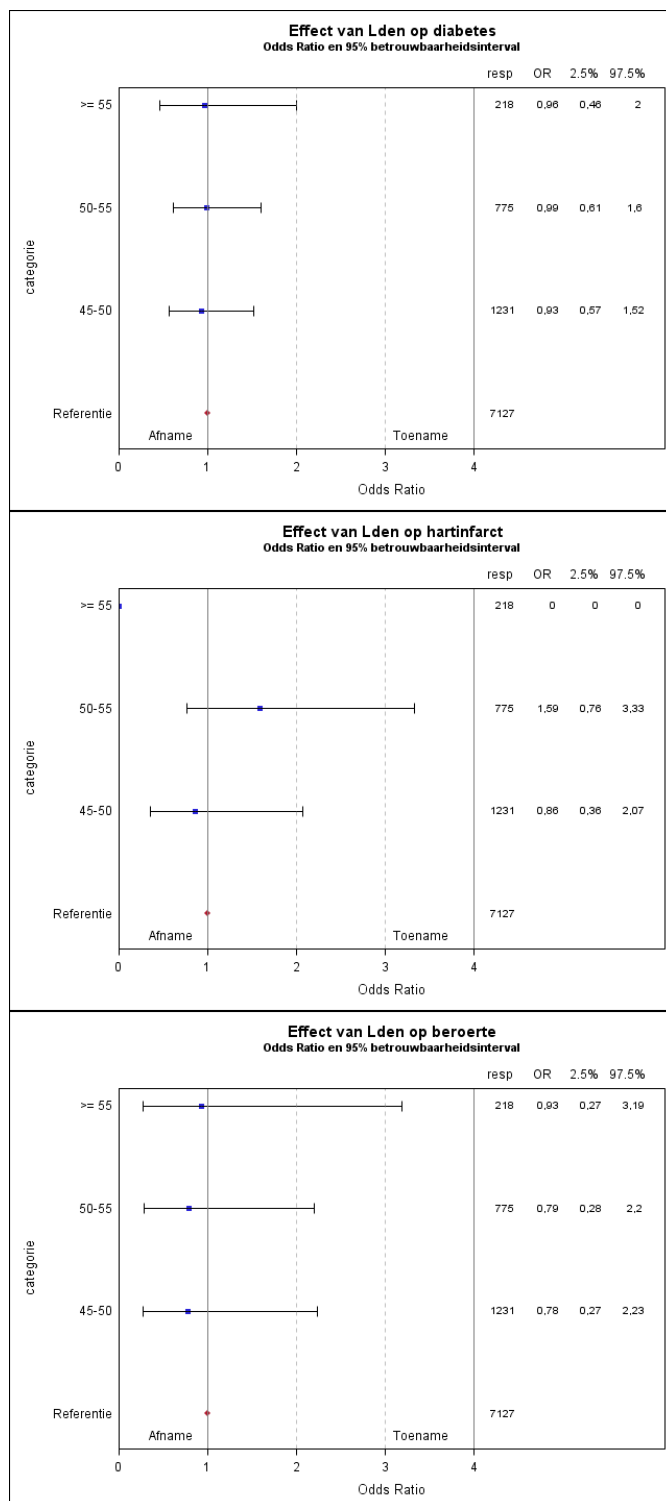
De conclusies zijn als volgt:

- Geen van de onderzochte zelfgerapporteerde gezondheidseffecten (migraine/hoofdpijn, ervaren gezondheid, zelfgerapporteerde bloeddruk, luchtwegklachten, medicijngebruik, diabetes, kanker) laten een directe relatie zien met blootstelling aan geluid van vliegverkeer.
- De ernstige hinder door militair vliegtuiggeluid in de regio blijft onverminderd hoog in de gemeenten Onderbanken, Brunssum en Schinnen. De hindersituatie wijkt nog steeds hoger in vergelijking met de situatie rond de luchthaven Schiphol en rond andere internationale luchthavens, ondanks de daling van de percentages ernstig gehinderden in een aantal gemeenten in de regio.
- Uit de statistische analyses komt naar voren dat er geen geluidindicator is die tot een duidelijk betere voorspelling leidt van het optreden van ernstige hinder dan de L_{den} . De L_{max} en de K_e zijn minder geschikt bevonden om de relatie tussen geluid en hinder in kaart te brengen.
- De resultaten geven enige aanwijzing dat de hoge geluidniveaus van AWACS er wel toe doen, maar niet zoveel dat het gebruik van L_{den} in de risicoschatting tot verkeerde resultaten leidt.
- Aanpassingen in de aannames bij de berekening van de L_{den} (variërende alpha) geven een lichte indicatie dat de invloed van het geluidpiekniveau van de vliegtuigpassages mogelijk onvoldoende wordt meegenomen in de berekening van de L_{den} . Het gevonden verschil met de standaard berekening van de L_{den} is echter klein. Voor zover bekend is een dergelijk onderzoek met de L_{den} eerder alleen rond Schiphol uitgevoerd (Miedema et al., 2000). Ook in dit onderzoek werd een alfa gevonden die niet veel van 1 afweek. Onderzoek rond andere luchthavens is noodzakelijk om het resultaat van deze studie(s) te bevestigen voordat een conclusie kan worden getrokken over de invloed van het geluidpiekniveau.

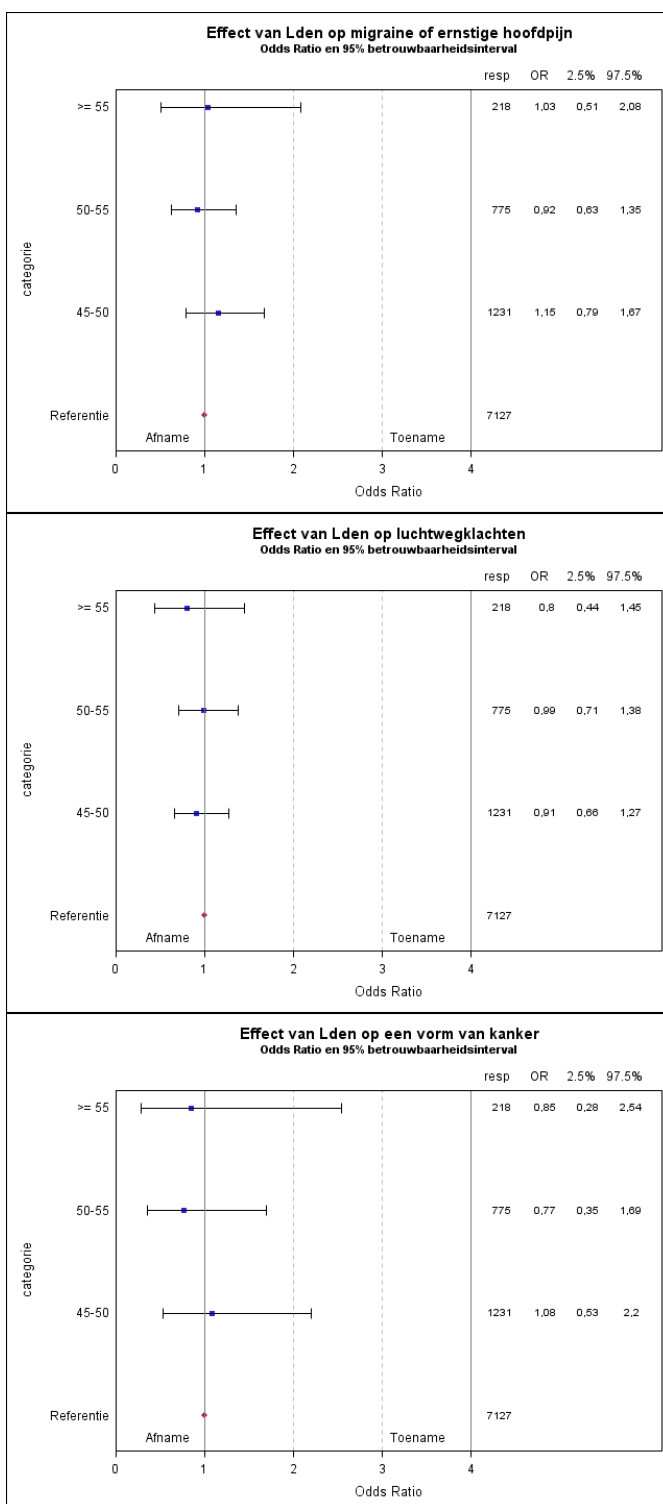
Referenties

- Breugelmans, O., van Wiechen, C., van Kamp, I., Heisterkamp, S., Houthuijs, D. (2004). Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002. Bilthoven: RIVM.
- EC/WG2. (2002). Dose/Effect. Position Paper on Dose Response Relationships between Transportation Noise and Annoyance Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities [cited 2013 8 oktober]. Available from: <http://www.eukn.org/binaries/eukn/dg-environment/policy/2005/1710-transportation-noise-and-annoyance.pdf>.
- EP. (2002). Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai. Europees Parlement en de Raad.
- GGD-Zuid-Limburg. (2010a). Regionale VTV, Een gezonde kijk op Onderbanken Geleen [cited 2013 30 juni]. Available from: http://www.regionaalkompas.nl/object_binary/o16190_Een-gezonde-kijk-op-Onderbanken.pdf.
- GGD-Zuid-Limburg. (2010b). Regionale VTV, Een gezonde kijk op Zuid-Limburg Geleen: GGD Zuid-Limburg [cited 2013 30 juni]. Available from: http://www.regionaalkompas.nl/object_binary/o16168_Een-gezonde-kijk-op-Zuid-Limburg.pdf.
- GGD-Zuid-Limburg. (2012). Regionale VTV, Regionaal Kompas volksgezondheid Geleen: GGD Zuid-Limburg [cited 2013 30 juni]. Available from: <http://www.regionaalkompas.nl/zuid-limburg>.
- Janssen, S.A., Vos, H., van Kempen, E.E., Breugelmans, O.R., Miedema, H.M. (2011). Trends in aircraft noise annoyance: the role of study and sample characteristics. *J Acoust Soc Am.* 129(4):1953-62.
- Miedema, H.M., Vos, H. (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. *J Acoust Soc Am.* 104(6):3432-45.
- Miedema, H.M., Vos, H., de Jong, R.G. (2000). Community reaction to aircraft noise: time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights. *J Acoust Soc Am.* 107(6):3245-53.
- Miedema, H.M., Oudshoorn, C.G. (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect.* 109(4):409-16.
- Poll, R. van. (2008). Gezondheids en belevingseffecten vliegbasis Geilenkirchen: een verkenning, Bilthoven: RIVM.
- Poll, R. van, Breugelmans, O., Dreijerink, L. (2008). Belevingsonderzoek vliegbasis Geilenkirchen - Percepties van inwoners in Nederland, Bilthoven: RIVM, RIVM Rapport 630310001.
- SCP. (1998). Van hoog naar laag; van laag naar hoog. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.

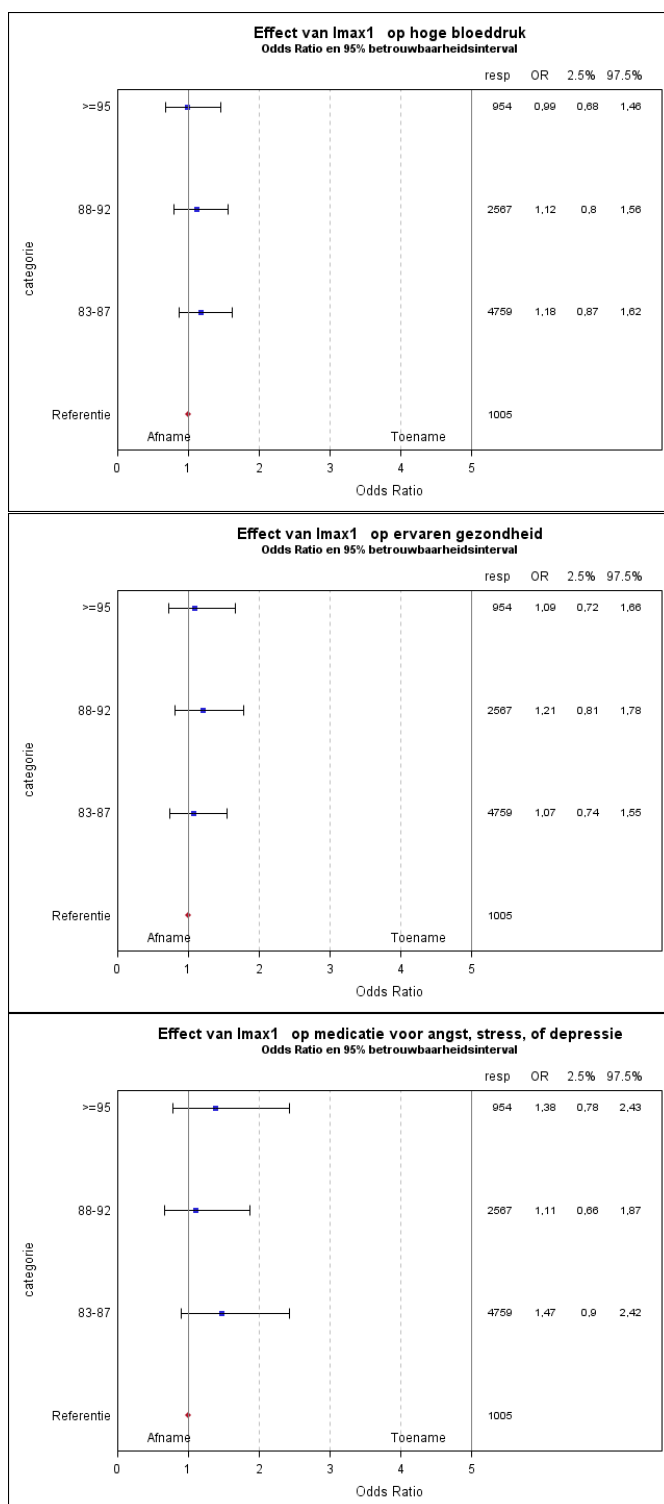
Bijlage GVG II – bijlage 1: Geluid en gezondheid



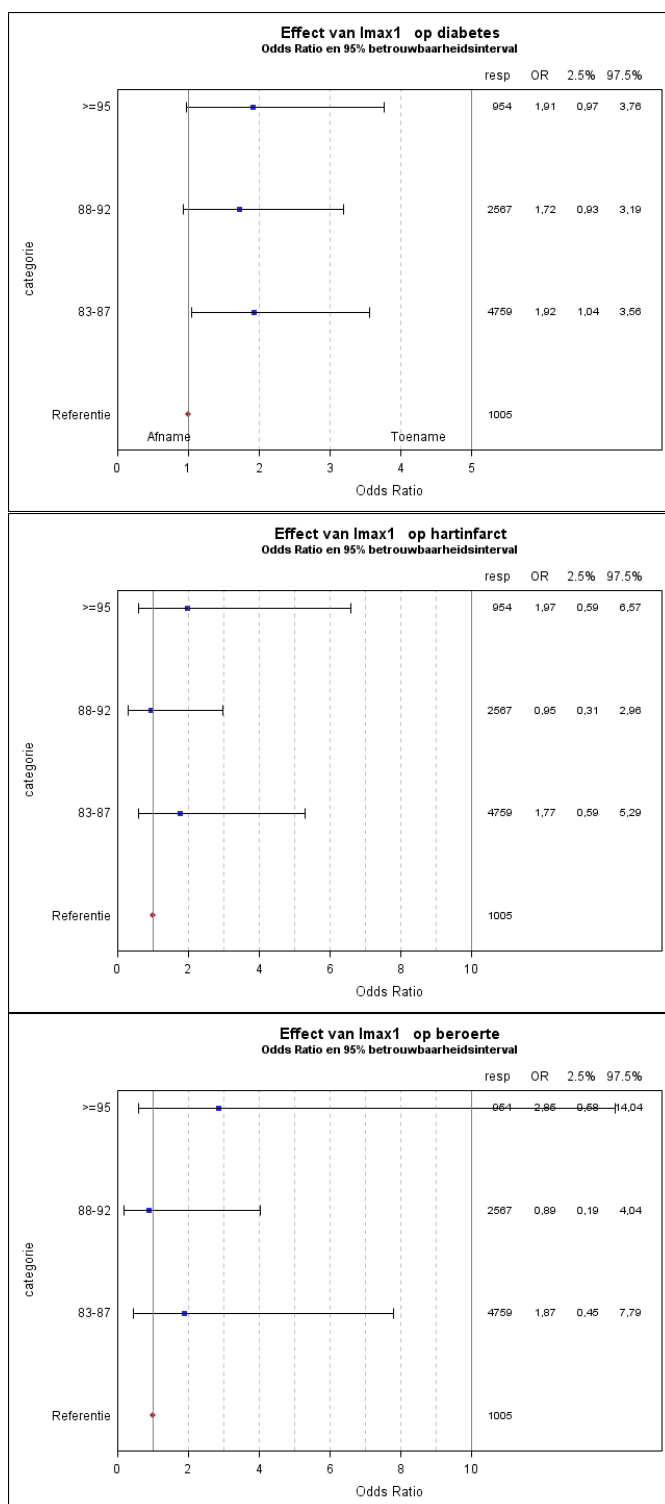
Figuur B2.13 Relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{den}) en (door een arts vastgestelde) diabetes, hartinfarct en beroerte onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



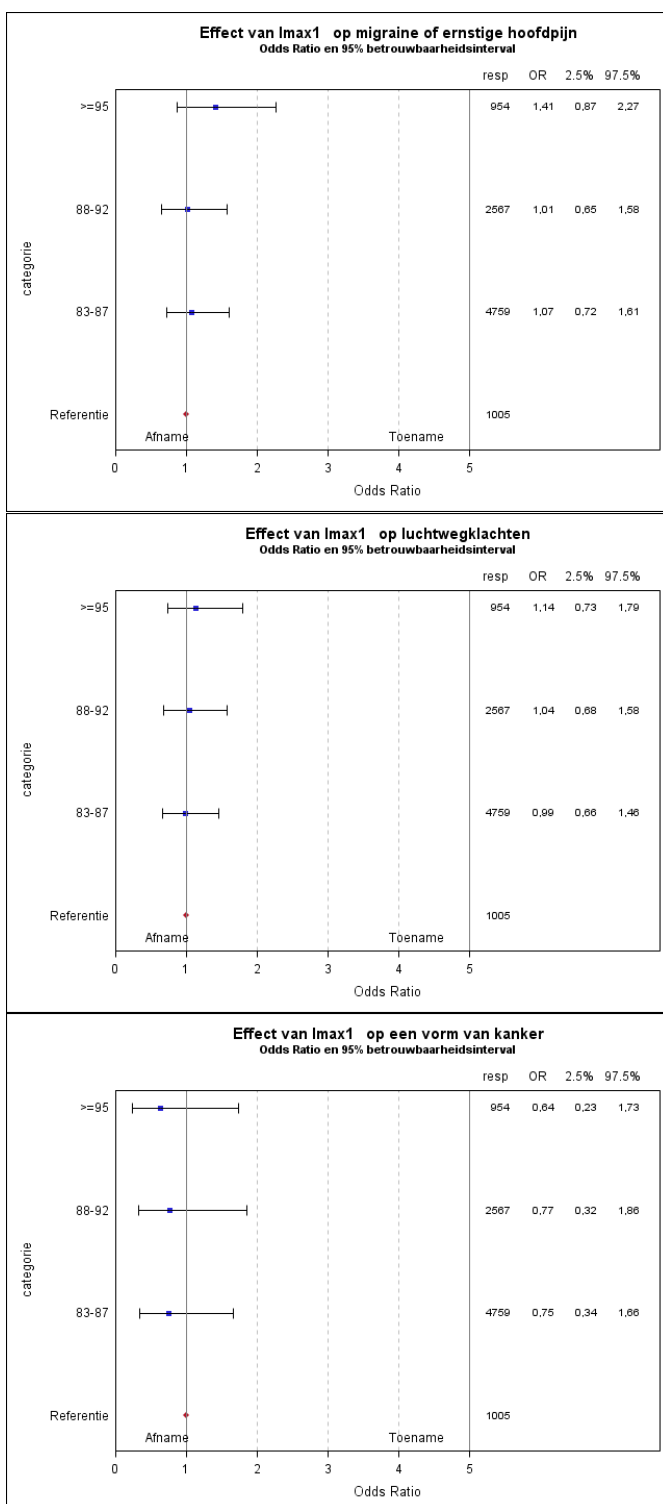
Figuur B2.14 Relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{den}) en (door een arts vastgestelde) migraine of ernstige hoofdpijn, luchtwegklachten en kanker onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



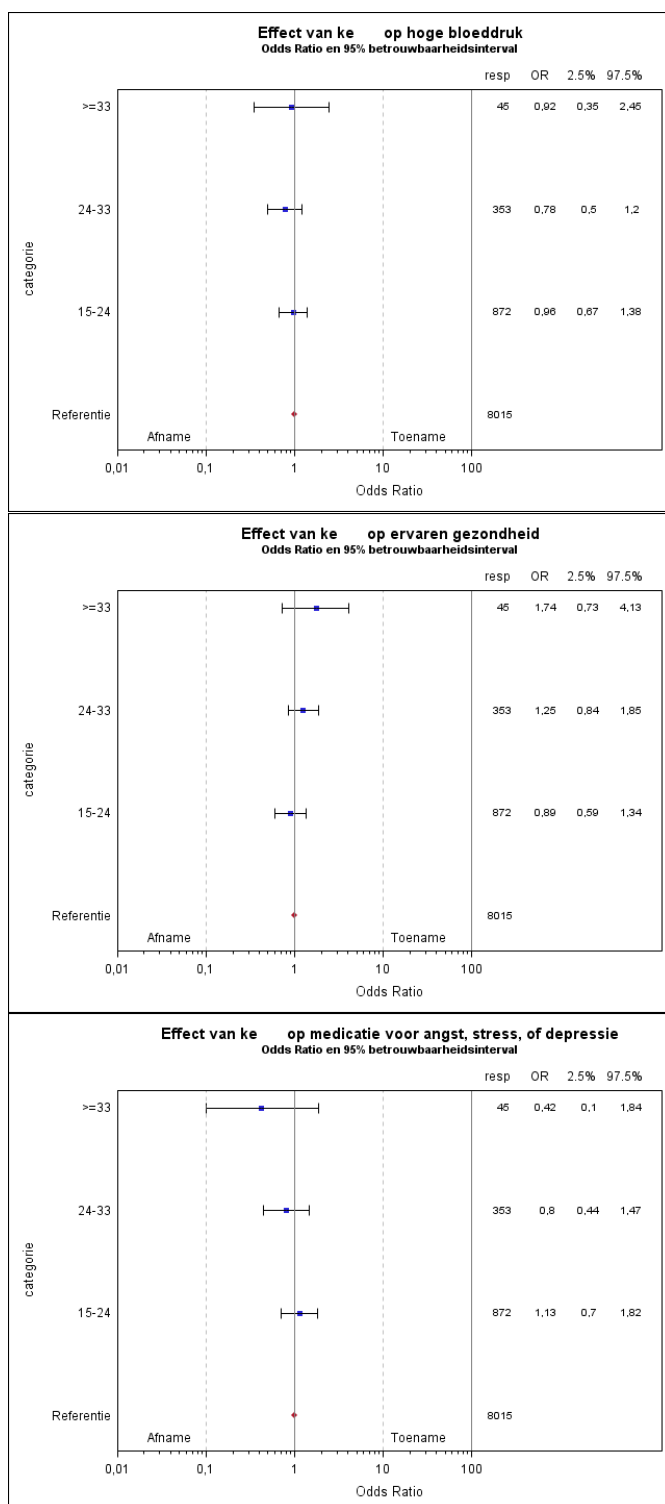
Figuur B2.15 Relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{max}) en (door een arts vastgestelde) verhoogde bloeddruk, de ervaren gezondheid en het gebruik van medicatie voor angst, stress of een depressie onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



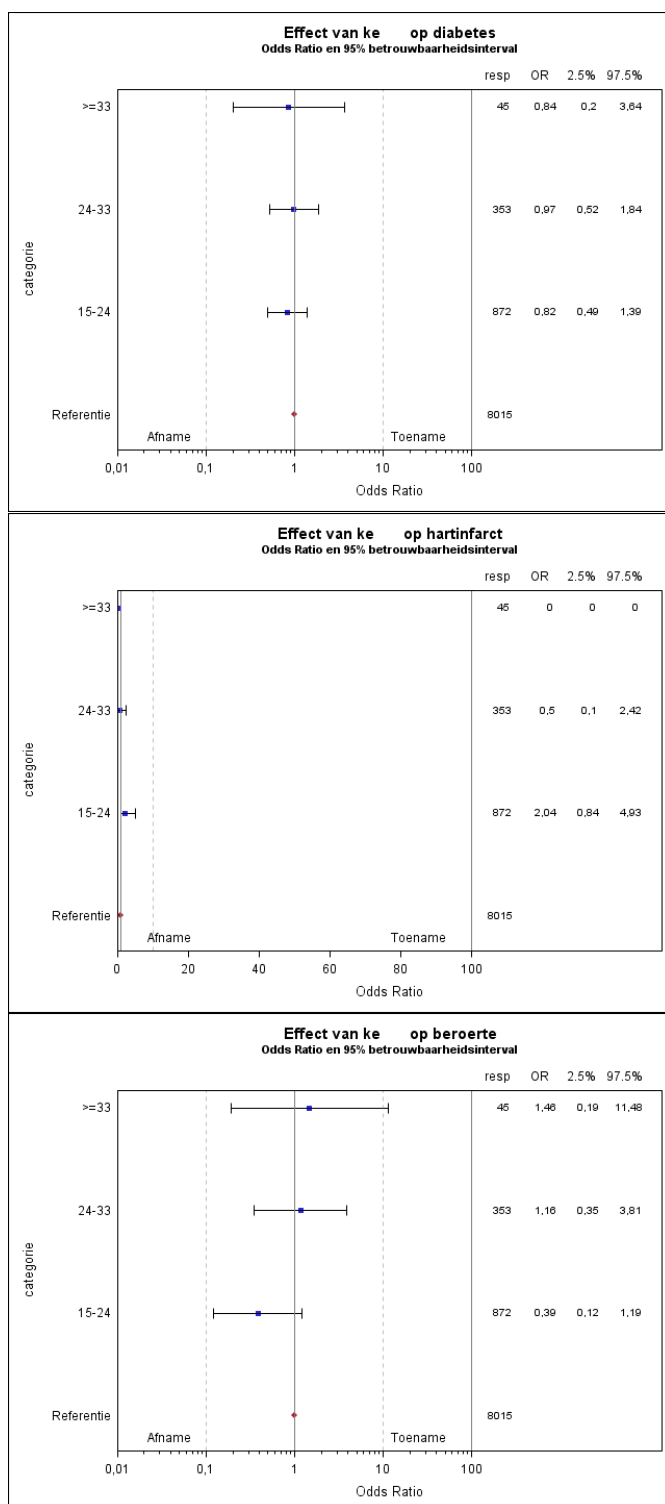
Figuur B2.16 Relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{max}) en (door een arts vastgestelde) diabetes, hartinfarct en beroerte onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



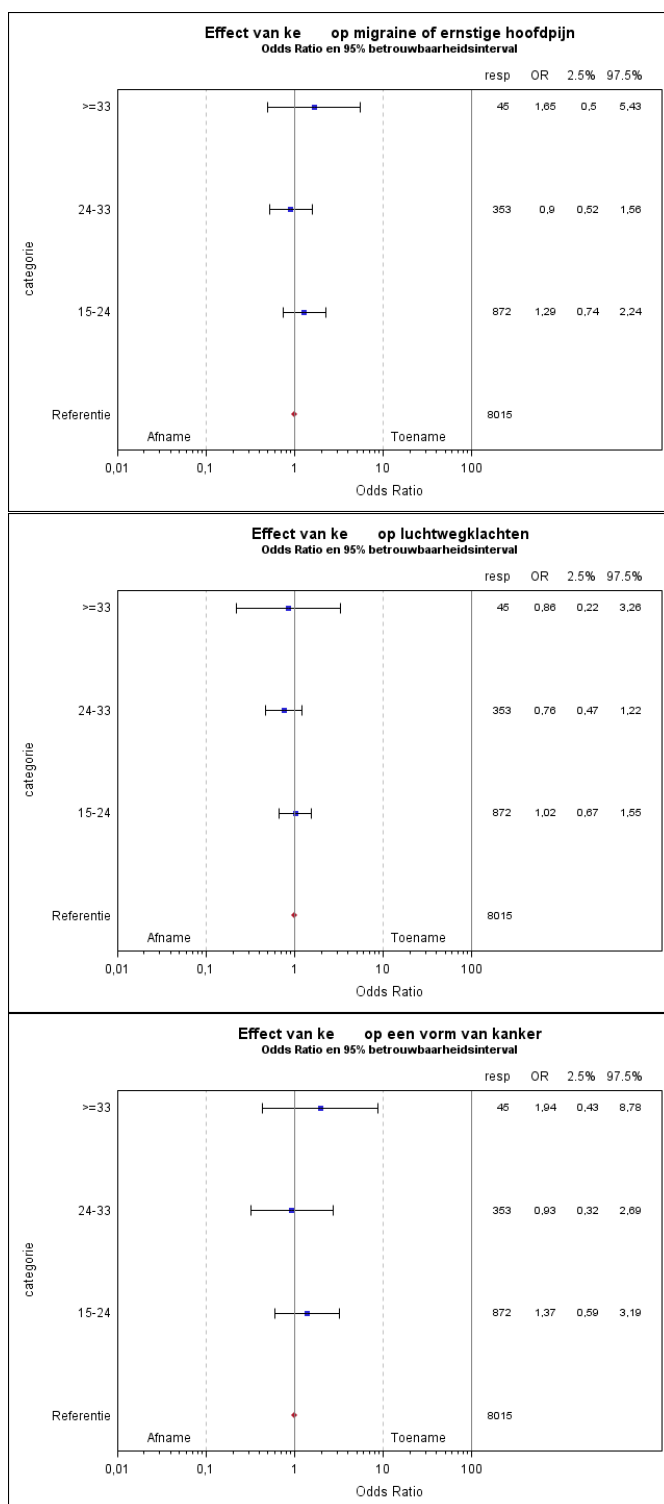
Figuur B2.17 Relatie tussen vliegtuiggeluid (L_{max}) en (door een arts vastgestelde) migraine of ernstige hoofdpijn, luchtwegklachten en kanker onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



Figuur B2.18 Relatie tussen vliegtuiggeluid (Ke - Kosteneenheid) en (door een arts vastgestelde) verhoogde bloeddruk, de ervaren gezondheid en het gebruik van medicatie voor angst, stress of een depressie onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



Figuur B2.19 Relatie tussen vliegtuiggeluid (Ke - Kosteneenheid) en (door een arts vastgestelde) diabetes, hartinfarct en beroerte onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg



Figuur B2.20 Relatie tussen vliegtuiggeluid (Ke - Kosteneenheid) en (door een arts vastgestelde) migraine of ernstige hoofdpijn, luchtwegklachten en kanker onder de volwassen bevolking van 17-65 jaar in het verzorgingsgebied van de GGD Zuid-Limburg

Bijlage GVG III: Mortaliteitsonderzoek (b)

In dit deel van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' wordt het onderzoek naar het effect van vliegtuiggeluid op (doodsoorzaak specifieke) sterfte (onderzoek b: mortaliteitsonderzoek) beschreven.

Dit onderzoek is op een soortgelijke wijze uitgevoerd als in de 'Zwitserse studie' (Huss et al., 2010) is gebeurd. Kamerleden verwezen in het Algemeen Overleg van 22 december 2011 naar resultaten uit dit onderzoek.

Het onderzoek naar het effect van vliegtuiggeluid op (doodsoorzaak specifieke) sterfte kent twee doelen:

1. Het vaststellen van een relatie tussen de langetermijnblootstelling aan verschillende geluid(piek)kenmerken van de vliegtuigpassages en het optreden van (doodsoorzaak specifieke) sterfte in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen.
2. Het vergelijken van het optreden van sterfte in relatie tot vliegtuiggeluid met dat rond andere luchthavens.

In deze deelrapportage wordt eerst eerder onderzoek naar het effect van (vliegtuig)geluid op sterfte beschreven. Daarna komt de onderzoeksopzet aan bod. Dan volgen de resultaten van het onderzoek. Het rapport wordt afgesloten met een discussie en de conclusies.

Eerder uitgevoerd onderzoek naar de relatie tussen vliegtuiggeluid en vroegtijdige sterfte

Inleiding

De belangrijkste effecten die met langetermijnblootstelling aan geluid samenhangen zijn hinder, slaapverstoring, hoge bloeddruk (hypertensie), hart- en vaatziekten en leesachterstand (Basner et al., 2013).

Hoge bloeddruk is in de westerse landen een van de belangrijke risicofactoren voor aandoeningen van het hart- en vaatstelsel (zoals hartinfarct, beroerte en hartfalen), en daarmee voor vroegtijdige sterfte. In de meest recente 'Global Burden of Disease study' (2010) staat hoge bloeddruk, na roken, op nummer 2 van de lijst van risicofactoren die bijdragen aan de ziektelast in West-Europa (Lim et al., 2013).

Babisch en Van Kamp (2009) leidden voor geluid afkomstig van vliegverkeer in een meta-analyse op basis van vijf studies een relatie tussen de jaargemiddelde geluidbelasting in L_{den} en het risico op hoge bloeddruk af. Per 10 dB L_{den} is de odds ratio 1,13; het percentage hoge bloeddruk neemt per 10 dB (ongeveer) 13% (relatief) toe. Het verhoogde risico voor hoge bloeddruk door geluid van vliegverkeer treedt vanaf niveaus van 50-55 dB L_{den} op. De bevindingen voor hoge bloeddruk betekenen dat de effecten van vliegtuiggeluid voor ziekten en vroegtijdige sterfte die een gevolg zijn van hoge bloeddruk naar verwachting ook vanaf niveaus van 50-55 dB L_{den} kunnen optreden.

Er zijn maar weinig voorbeelden van onderzoek naar de effecten van vliegtuiggeluid op vroegtijdige sterfte bekend. In de volgende paragraaf beschrijven we de onderzoeksopzet en resultaten van de 'Zwitserse studie'

(Huss et al., 2010) waarin de samenhang tussen geluid afkomstig van vliegverkeer en vroegtijdige sterfte op individueel niveau is onderzocht. Daarna gaan we in op de resultaten van twee onderzoeken waarin de relatie tussen vliegtuiggeluid en sterfte op groepsniveau is onderzocht. Tevens gaan we in die paragraaf in op de resultaten van recent onderzoek in de Verenigde Staten en van eerder Nederlands onderzoek rond Schiphol naar effecten van vliegtuiggeluid op ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten.

Zwitserse Nationaal Cohort studie

In de 'Zwitserse studie' (Huss et al., 2010) keken de onderzoekers naar het effect van blootstelling aan vliegverkeergeluid, aan luchtverontreiniging (PM₁₀) en naar het effect van de afstand van het woonhuis tot de weg. In het onderzoek is het optreden van sterfte aan een hartinfarct en aan enkele andere aandoeningen (alle hart- en vaataandoeningen, beroerte, longkanker) onder de bevolking in het onderzoek betrokken. Daartoe maakten de onderzoekers gebruik van de Zwitsers Nationaal Cohort-studie waarin gegevens over het adres en over sterfte van inwoners is verzameld. Aan het woonadres werden gegevens over blootstelling aan geluid van vliegverkeer en luchtverontreiniging gekoppeld (koppeling in 95% van de gevallen succesvol).

In het onderzoek werd de sterfte onder 4,6 miljoen mensen ouder dan 30 jaar over een periode van vijf jaar gevolgd. De onderzoekers vergeleken met een zogeheten 'Cox proportional hazard-model' de relatieve kans op sterfte (hazard-ratio: HR) tussen vijf 5 dB blootstellingscategorieën voor vliegtuiggeluid en hielden daarbij rekening met de woontuur op het adres. Er werd in de statistische analyses gecorrigeerd voor individuele kenmerken (leeftijd, geslacht, burgerlijke status, opleidingsniveau en nationaliteit), kenmerken van het woonadres (woningtypering, luchtverontreiniging), de sociaaleconomische positie van de gemeente van het woonadres, en met de typering van het gebied (urbaan/ruraal, taalgebied).

De onderzoekers vonden een verhoogde kans op sterfte aan een hartinfarct onder mensen in de hoogste blootstellingscategorie voor vliegtuiggeluid ($L_{dn} \geq 60$ dB) ten opzichte van de laagste blootstellingscategorie ($L_{dn} < 45$ dB). L_{dn} is het equivalent gewogen geluidniveau gedurende een jaar waarbij voor de nachtperiode een straffactor van 10 dB is toegepast. Deze indicator is vrijwel gelijk aan de L_{den} ; de straffactor voor geluidbelasting tijdens de avond ontbreekt in de L_{dn} . De hazard-ratio bedroeg 1,30 met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 0,96-1,70.

Voor mensen die meer dan vijftien jaar op hetzelfde adres woonden was de hazard-ratio iets hoger (1,50 met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 1,00-2,20). Voor de andere onderzochte aandoeningen en in de andere blootstellingscategorieën werd geen verhoogde kans op sterfte in relatie tot vliegtuiggeluid gevonden.

Ecologisch onderzoek

In ecologisch onderzoek worden de resultaten van groepen bewoners geanalyseerd. Dit in tegenstelling tot cohortonderzoek waarin de individuele gegevens voor de statistische analyses worden gebruikt. Van de deelnemers aan ecologisch onderzoek is vaak niet meer bekend dan de leeftijd, het geslacht en de postcode (of buurt) waarin zij woonachtig zijn.

Zover ons bekend vond het eerste onderzoek naar sterfte in samenhang met vliegtuiggeluid plaats rond Los Angeles International Airport in de Verenigde Staten. Meecham en Shaw (1979) vergeleken onder circa 160.000 inwoners de sterftecijfers van 1970 en 1971 van een hoog en een laag geluidbelast gebied rondom de luchthaven. De geluidbelasting van het hoogbelaste gebied was

waarschijnlijk groter dan 65 dB L_{dn} ; het laagbelaste gebied had een geluidniveau van 45-50 dB. De onderzoekers berekenden een verhoging van 15% in sterfte door beroerte en een verdubbeling van sterfte door levercirrose in het hoogste belast gebied. Een heranalyse van de originele gegevens kon de resultaten niet bevestigen (Frerichs et al., 1980a); na correctie voor leeftijd, geslacht en etniciteit waren er geen grote verschillen in sterftcijfer tussen beide gebieden. In die tijd was het lastig om betrouwbare cijfers over sterfte en de demografie van de populatie te verkrijgen. Bovendien waren er tekortkomingen in de methode van Meechan en Shaw. Dit leidde tot enig wetenschappelijk dispuut (Meechan en Shaw, 1980 en Frerichs et al., 1980b). Meechan en Shaw (1992) rapporteerden in een vervolgonderzoek over de periode 1970-1977 een statistisch significante verhoging van 18% voor sterfte door hart- en vaatziekten in de leeftijdsgroep van 75 jaar en ouder. In de overige leeftijdsklassen vonden zij geen verschillen. Gezien de gebrekkige beschrijving van hun methoden, de onzekerheden over de populatieomvang en de kritische opmerkingen van Frerichs et al. (1980a) hechten we aan de resultaten van dit onderzoek weinig waarde.

Recent onderzochten Hansell et al. (2013) onder 3,6 miljoen omwonenden van het internationale vliegveld Heathrow bij Londen in de periode 2001-2005 sterfte als gevolg van hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten en beroerte in relatie tot de blootstelling aan vliegtuiggeluid in 2001. Sterfte door acuut hartinfarct werd niet afzonderlijk gerapporteerd, maar is onderdeel van de categorie ischemische hartziekten. De sterftcijfers van bijna 2500 buurten (gemiddeld ca. 1500 inwoners) werden gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht en met informatie over etniciteit, sociaaleconomische status en een proxy voor roken op buurtniveau. De samenhang werd op buurtniveau met een 'random effect' Poisson-regressiemodel onderzocht. Als geluidbelasting voor de dag werd het equivalent geluidniveau van de dag en avond gebruikt, zonder straffactor voor de avond ($L_{Aeq,16u}$). De geluidbelasting gedurende de nacht werd afzonderlijk beschouwd (L_{night}). De onderzoekers vonden een verhoogd risico voor sterfte door hart- en vaatziekten in de hoogste blootstellingscategorie ($L_{Aeq,16u} > 63$ dB) ten opzichte van de laagste categorie ($L_{Aeq,16u} \leq 51$ dB). Het relatieve risico bedroeg 1,21 met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 1,04 tot 1,29 na correctie voor de hierboven genoemde factoren. Voor sterfte door ischemische hartziekten was het relatieve risico 1,15 (95% betrouwbaarheidsinterval 1,02-1,29) en voor sterfte door beroerte 1,21 (95% betrouwbaarheidsinterval 0,98-1,49). Voor sterfte door ischemische hartziekten was er sprake van een oplopend risico bij toenemende geluidbelasting ten opzichte van de laagste categorie ($L_{Aeq,16u} \leq 51$ dB). Dit was niet het geval voor sterfte door hart- en vaatziekten of door beroerte. De resultaten veranderden niet substantieel wanneer ook voor wegverkeersgeluid en luchtverontreiniging werd gecorrigeerd.

Hansell et al. (2013) keken in hetzelfde onderzoek op een vergelijkbare wijze ook naar de samenhang tussen vliegtuiggeluid en ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten en beroerte. Voor ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten was het relatieve risico in de hoogste blootstellingscategorie 1,14 (95% betrouwbaarheidsinterval 1,08-1,20), voor ischemische hartziekten 1,21 (95% betrouwbaarheidsinterval 1,12-1,31) en voor beroerte 1,25 (95% betrouwbaarheidsinterval 1,08-1,43). Er was voor alle drie ziekten sprake van een oplopend risico bij toenemende geluidbelasting vanaf 51 dB $L_{Aeq,16u}$.

Ook in samenhang met de nachtelijke geluidbelasting werden verhoogde relatieve risico's voor zowel sterfte als voor ziekenhuisopnamen voor de drie genoemde hart- en vaataandoeningen gevonden.

Eveneens recent onderzochten Correia et al. (2013) de effecten van geluid van vliegverkeer op ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten onder circa 6 miljoen omwonenden van 65 jaar en ouder in 2218 postcodegebieden rondom 89 luchthavens in de Verenigde Staten. Er werden vijf diagnosecategorïeën (ischemische hartziekten, hartfalen, beroerten, hartritmestoornissen en perifere vaataandoeningen) samengevoegd tot een categorie 'totaal hart- en vaatziekten'. Als blootstellingsindicatoren werden de gemiddelde L_{dn} en het 90 percentiel van de L_{dn} in het postcodegebied gebruikt.

Na correctie voor leeftijd, geslacht en etniciteit, een sociaaleconomische indicator voor het postcodegebied en indicatoren voor luchtverontreiniging en wegverkeersgeluid was het relatieve risico 1,03 met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 1,01 tot 1,05 voor een 10 dB verhoging van het 90 percentiel van de L_{dn} . Na correctie voor bovengenoemde factoren werd geen statistisch significante relatie tussen de gemiddelde L_{dn} en de kans op ziekenhuisopnamen voor 'totaal hart- en vaatziekten' gevonden. Voor de afzonderlijke categorieën beroerten, ischemische hartziekten en hartfalen werden verhoogde relatieve risico's gevonden in relatie tot het 90 percentiel van de L_{dn} ; er was minder samenhang met de gemiddelde L_{dn} van een postcodegebied. De resultaten van verdere statistische analyses suggereren een drempelwaarde van 55 dB; onder de 55 dB zou er geen sprake zijn van een verhoogd risico voor 'totaal hart- en vaatziekten'.

In het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) zijn van 1991 tot 2006 verschillende ecologische onderzoeken naar ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten uitgevoerd.

In 1991 werden in het kader van de MER voor het eerst ruimtelijke patronen van ziekenhuisopnames rond de luchthaven Schiphol bekeken. In 1995 werden deze analyses over een langere periode herhaald (drie, 1991-1993, in plaats van een jaar), gebruikmakend van verdere ontwikkelingen in de analysemethode (Staatsen et al., 1998). Voor vier (groepen van) hart- en vaatziekten werd per 4-positie postcodegebied de statistische significantie van de kans op ziekte weergegeven. De vier (groepen van) aandoeningen waren: acuut hartinfarct, hoge bloeddruk, ischemische hartziekte en cerebrovasculaire aandoeningen. Ten tijde van deze analyse was het nog niet mogelijk om gegevens over de vliegtuiggeluidbelasting in het statistische model op te nemen. Uit de resultaten kwam geen consistent ruimtelijk patroon naar voren dat wees in de richting van een relatie tussen geluidbelasting afkomstig van de luchthaven Schiphol en het optreden van hart- en vaatziekten (Staatsen et al., 1998).

Voor één hartaandoening (acuut hartinfarct) werd het onderzoek met een verbeterde analysemethode herhaald (Heisterkamp et al., 2000). De gemiddelde geluidbelasting van de postcodegebieden (in Kosteneenheden) kon nu meegenomen worden in het statistische analysemodel. De resultaten wezen uit dat er geen relatie was tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en de kans op ziekenhuisopnamen voor een acuut hartinfarct (Schram et al., 2001).

Als laatste werden in een ecologisch onderzoek over de periode 1995-2004 de ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatziekten in 490 4-positie postcodegebieden met in totaal ca. 3,3 miljoen inwoners rond Schiphol in relatie tot vliegtuiggeluid onderzocht (Houthuijs en Van Wiechen, 2006). Hierbij werden de volgende diagnosegroepen bekeken: totaal hart- en vaataandoeningen, hoge bloeddruk, acuut hartinfarct, overige ischemische hartziekten, myocardinsufficiëntie en

dysritmie, cerebrovasculaire aandoeningen, en de overige hart- en vaataandoeningen. De samenhang werd met een 'random effect' Poisson-regressiemodel met een ruimtelijke component vastgesteld. Na correctie voor leeftijd en geslacht en voor informatie op postcodeniveau over het land van herkomst, de sociale status, de stedelijkheidsgraad en de blootstelling aan geluid afkomstig van weg- en railverkeer kwam geen samenhang aan het licht tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid (in L_{den} en L_{night}) en de kans op een ziekenhuisopname voor hart- en vaataandoeningen.

Samenvattend

Hoge bloeddruk is een belangrijke risicofactor voor hart- en vaataandoeningen en vroegtijdige sterfte. In een meta-analyse is een relatie tussen blootstelling aan vliegtuiggeluid en hoge bloeddruk afgeleid. Hieruit kan indirect worden afgeleid dat blootstelling aan vliegtuiggeluid kan leiden tot vroegtijdige sterfte. Het risico daarop is mede afhankelijk van de mate van geluidblootstelling. Het aantal studies waarin met individuele gegevens de relatie tussen vliegtuiggeluid en vroegtijdige sterfte is bestudeerd is beperkt tot één, de zogeheten 'Zwitserse studie'. Daarnaast is recent een ecologisch onderzoek rond Heathrow uitgevoerd waarin een samenhang tussenvliegtuiggeluid en vroegtijdige sterfte is vastgesteld. Verder valt op dat in alle onderzoeken zogeheten jaargemiddelde geïntegreerde geluidindicatoren, analoog aan de L_{den} , zijn gebruikt.

Opzet van het onderzoek

Onderzoeksgebied

Vliegbasis Geilenkirchen

Het onderzoeksgebied voor het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' omvat het gebied waarin de GGD Zuid-Limburg werkzaam is. Dit gebied omvat 18 gemeenten in Zuid-Limburg (Beek, Brunssum, Eijsden-Margraten, Gulpen-Wittem, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Maastricht, Meerssen, Nuth, Onderbanken, Schinnen, Simpelveld, Sittard-Geleen, Stein, Vaals, Valkenburg aan de Geul en Voerendaal) met 140 4-positie postcodegebieden (situatie 2004). In het onderzoeksgebied voor het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' bevindt zich eveneens Maastricht-Aachen Airport, zodat de geluidbelasting van deze luchthaven ook in het onderzoek is betrokken.

Onderzoekopzet

Er is een retrospectief cohortonderzoek uitgevoerd. Dit betekent dat met eerder geregistreerde gegevens is teruggekeken in de tijd.

De Nederlandse bevolkingsstatistieken worden door het CBS samengesteld uit geautomatiseerde gemeentelijke bevolkingsregisters (Gemeentelijke BasisAdministratie: GBA). Uit het GBA zijn per 1 januari 2004 alle in Nederland woonachtige personen van 30 jaar of ouder (analoog aan Huss et al., 2010) geselecteerd. 1 januari 2004 is de startdatum van het cohort.

De individuele gegevens over overleving, sterfte en 'lost-to-follow-up' zijn voor een periode van zeven jaar na de startdatum tot en met 31 december 2010 verzameld.

Ten behoeve van het onderzoek zijn alleen personen geselecteerd die op 1 januari 2004 ten minste vijf jaar op hetzelfde adres woonden (ten minste sinds 1 januari 1999 tot en met ten minste 1 januari 2004).

De gegevens zijn verrijkt met relevante individuele en omgevingskenmerken. Getracht is gegevens te verzamelen die zo goed mogelijk de situatie rond of voorafgaand aan de startdatum van 1 januari 2004 representeren. Het idee is dat de blootstelling aan omgevingsfactoren voorafgaand aan de startdatum van 1 januari 2004 het risico op sterfte in de periode daarna mede bepalen. Het veronderstelde mechanisme is dat langdurige blootstelling aan herhaalde pieken van vliegtuiggeluid kan leiden tot hoge bloeddruk en dat hoge bloeddruk kan bijdragen aan vroegtijdige sterfte, in het bijzonder aan die van hart- en vaataandoeningen. Personen moeten zodoende enige tijd zijn blootgesteld; anderzijds moeten zij enige tijd gevolgd kunnen worden in de tijd, zodat een eventueel verhoogd risico zich kan openbaren. De startdatum van 1 januari 2004 is een compromis tussen de wens dat personen langere tijd op hetzelfde adres wonen (ten minste vijf jaar), de wens om mensen langere tijd te kunnen volgen (zeven jaar) en de mogelijkheid representatieve (blootstellings)gegevens te verzamelen voor de periode voorafgaand aan de startdatum van het cohort.

Gegevens van het CBS

Het RIVM heeft van het CBS toestemming gekregen om gebruik te maken van een selectie van gegevens uit de GBA (periode 1995-2010) en uit de doodsoorzaakregistratie (periode 2004-2010). Verder is er toegang verleend tot een selectie uit gegevens van de Belastingdienst (2003).

Uit het GBA kon worden afgeleid wat van alle inwoners op 1 januari 2004 in het onderzoeksgebied in de periode 2004-2010 hun status was, en indien van toepassing, de datum waarop de status veranderde:

- Levend
- Overleden (uitgesplitst naar doodsoorzaak)
- Anders (geëmigreerd, onvindbaar, etc.)

Daarnaast waren een aantal individuele kenmerken beschikbaar waarmee in de statistische analyses rekening kon worden gehouden:

- Leeftijd
- Geslacht
- Land van herkomst. Het CBS rekent een persoon tot de allochtone bevolking wanneer ten minste één ouder in het buitenland is geboren (zie voor toelichting Alders, 2001).
- Burgerlijke staat
- Gestandaardiseerd huishoudinkomen. Dit is het besteedbaar inkomen gecorrigeerd voor verschillen in grootte en samenstelling van het huishouden.
- Verhuisgedrag (1996-2010)

Het CBS rapporteert sinds 1901 over sterfte en de onderliggende doodsoorzaken (Van Sonsbeek, 2005). Naast de 'natuurlijke dood' is een aantal onderliggende doodsoorzaken in het onderzoek betrokken. Deze doodsoorzaken zijn eerder in publicaties in relatie tot geluid onderzocht. De gebruikte doodsoorzaken en hun classificatie volgens ICD-10 (WHO, 2006) is in Tabel B3.1 vermeld.

Tabel B3.1 De in het onderzoek opgenomen sterfte en onderliggende doodsoorzaken volgens ICD-10

Sterfte en onderliggende doodsoorzaken	Indeling volgens ICD-10
'Natuurlijke dood': alle sterfte uitgezonderd letsels, vergiftiging en andere uitwendige oorzaken	A00-R99, uitgezonderd S00-T98, V01-Y98
Ziekten van hart- en vaatstelsel	I00-I99
Ischemische hartziekten	I20-I25
Acuut hartinfarct	I21-I22
Beroerte	I60-I69
Hartfalen	I50

De reproduceerbaarheid van de codering van de belangrijkste doodsoorzaken zoals hart- en vaatziekten is in Nederland hoog (>90%). Voor de subcategorieën ischemische hartziekten en acuut hartinfarct is de reproduceerbaarheid 80-90% (redelijk hoog) en voor beroerte en hartfalen 70-80%. Onder de 70% wordt wel van lage reproduceerbaarheid gesproken (Harteloh et al., 2010).

De beschikbaar gestelde gegevens kunnen door het RIVM in een afgeschermd omgeving van het CBS worden geselecteerd en geanalyseerd en kunnen daaruit niet worden onttrokken. Dit betekent dat andere benodigde gegevens (bijvoorbeeld de geluiddata) in de CBS-omgeving zijn ingebracht om daar de statistische analyses uit te voeren.

Verrijking van de CBS-gegevens

Het RIVM heeft gegevens over de milieubelasting op alle woonadressen in Zuid-Limburg aan het CBS aangeleverd. Het woonadres wordt door het CBS versleuteld tot een uniek intern nummer (RIN-adres). Met dit RIN-adres kan informatie over het woonadres door het CBS gekoppeld worden aan beschikbare persoonsbestanden, waarna informatie herleidbaar naar adres of persoon wordt verwijderd. Voor dit onderzoek is, naast indicatoren voor de geluidbelasting door vliegtuigen, gebruikgemaakt van:

- Stikstofdioxide (NO₂). Voor 2001 zijn met een 'land use regression' model de concentraties fijn stof (PM₁₀) en stikstofdioxide (NO₂) voor geheel Nederland gemodelleerd (Vienneau et al., 2010). Er is gekozen voor NO₂ omdat deze component in het onderzoeksgebied een grotere ruimtelijke variatie heeft dan PM₁₀.
- Geluid afkomstig van weg- en railverkeer (Blom et al., 2010).

Daarnaast is informatie over de sociale status van 4-positie postcodegebieden aan de bestanden gekoppeld. Het Sociaal Cultureel Planbureau berekent elke vier jaar een zogeheten sociale statusscore. De sociale status is gebaseerd op de opleiding, het inkomen en de positie op de arbeidsmarkt van de inwoners van een postcodegebied (Knol, 1998). De score geeft aan hoe de sociale status van een postcode is in vergelijking met andere postcodes in Nederland. Er is gebruikgemaakt van de informatie uit 2002. Wanneer deze ontbreekt is voor de betreffende postcode de sociale status uit 1998 of 2006 gebruikt.

Indicatoren voor vliegtuiggeluid

Nationaal en internationaal zijn zogenaamde equivalente geluidindicatoren (zoals de L_{den}) vrijwel in alle situaties de standaard maat om geluidblootstelling te karakteriseren. De regio (Zuid-Limburg) en het Nederlandse parlement wilden graag dat indicatoren voor het piekniveau van het vliegtuiggeluid in het onderzoek werden betrokken, vandaar dat het aantal geluidindicatoren is uitgebreid ten opzichte van wat (inter)nationaal gangbaar is.

In zijn algemeenheid, spelen drie aspecten een belangrijke rol bij de blootstelling aan vliegtuiggeluid:

- a. het maximale geluidniveau van een vliegtuigpassage, ook wel het piekgeluid genoemd;
- b. de tijdsduur van een vliegtuigpassage;
- c. het aantal vliegtuigpassages in een bepaalde tijdperiode, meestal een jaar. Daarnaast is in het mogelijk het geluidniveau en de tijdsduur van passages en het aantal passages over een jaar te combineren tot:
- d. geïntegreerde indicatoren.

In het onderzoek zijn verschillende geluidindicatoren uit bovenstaande vier groepen gebruikt. Het NLR heeft daartoe voor het jaartal 2002 de geluidbelasting gemodelleerd in grids van 250 bij 250 meter in een gebied van 32 bij 35 kilometer dat geheel Zuid-Limburg omvat (Hogehuis et al., 2013). Het jaartal 2002 werd door het NLR als representatief aangeduid voor de geluidbelasting in de periode 2000-2004, de periode voorafgaand aan de startdatum van het cohortonderzoek.

Het NLR heeft twee geïntegreerde indicatoren berekend: de L_{den} en Ke . Daarnaast is informatie aangeleverd over het aantal vliegtuigpassages per jaar per 1 dB-klasse voor zowel de L_{Amax} als voor de SEL ('Sound Exposure Level') in de range van 60-110 dB. De L_{Amax} is het maximale geluidniveau van een vliegtuigpassage; de SEL geeft de geluidenergie van een passage weer. Ook is de totale tijdsduur in een jaar dat vliegtuiggeluid van een bepaald geluidniveau optreedt per 1 dB-klasse berekend. De keuze voor een bovengrens van 110 dB is gebaseerd op het feit dat deze waarde slechts sporadisch overschreden wordt in bewoond gebied. Uit de informatie over aantal passages en tijdsduur per 1 dB-klasse zijn vervolgens verschillende geluidindicatoren afgeleid. Uit deze informatie berekende het RIVM geluidindicatoren voor niveau, tijdsduur en aantal, en leidde het RIVM een extra aantal geïntegreerde indicatoren af. De indicatoren worden hieronder nader toegelicht.

Geluidniveau

Om de hoogte van het geluidniveau weer te geven wordt de maximale L_{Amax} gebruikt. De maximale L_{Amax} is het hoogste geluidniveau van alle vliegtuigpassages gedurende een jaar op een bepaalde plek. Omdat de maximale L_{Amax} slechts één vliegtuigpassage tijdens een heel jaar beschrijft is onderzocht of andere – op de L_{Amax} gebaseerde – indicatoren een ander beeld geven. Zo beschrijft de L_{Amax_3} het maximale geluidniveau van de op 3 na luidste vliegtuigpassage in een jaar, de L_{Amax_5} de op 5 na luidste enzovoorts. De formulering van deze indicatoren heeft tot gevolg dat het aantal vliegtuigpassages een rol gaat spelen in de bepaling van de geluidindicator, maar dat de duur van de blootstelling buiten beschouwing blijft.

Daarnaast is de L_{Amax} berekend die door 1, 5 of 10% van de vliegtuigpassages in een jaar die boven 60 dB L_{Amax} uitkomen wordt overschreden. Zo duidt L_{Amax_p1} de L_{Amax} aan die door 1% luidere passages wordt overtroffen.

Tot slot, is de gemiddelde L_{Amax} berekend van de vliegtuigpassages die een zeker geluidniveau overschrijden. Zo beschrijft de indicator $M_L_{Amax_60}$ het rekenkundig gemiddelde L_{Amax} van alle vliegtuigpassages in een jaar die een maximaal geluidniveau boven de 60 dB produceren.

De negen indicatoren die in dit onderzoek zijn gebruikt om het geluidniveau van een overvlucht tot uitdrukking te brengen (op basis van overvluchten in een jaar met een geluidniveau groter of gelijk aan 60 dB L_{Amax}) zijn:

- Maximale L_{Amax} , L_{Amax_3} , L_{Amax_5} , L_{Amax_10} (in dB),
- L_{Amax_p1} , L_{Amax_p5} , L_{Amax_p10} (in dB),
- $M_L_{Amax_60}$, $M_L_{Amax_65}$ (in dB).

Aantal

Om het aantal vliegbewegingen weer te geven wordt de NA_x ('Number Above x dB) gebruikt. De NA_x is het aantal vliegbewegingen per jaar waarvan het maximale geluidniveau (L_{Amax}) een bepaalde waarde overschrijdt. Dit wordt aangeduid met Number-Above.

De vijf indicatoren voor het aantal overvluchten in een jaar met een geluidniveau boven een bepaald geluidniveau die in dit onderzoek zijn gebruikt, zijn:

- Number Above (NA) NA_{60} , NA_{65} , NA_{70} , NA_{75} , NA_{80} (in aantal per jaar).

Duur

Om de duur van vliegbewegingen boven een bepaalde geluidniveau weer te geven wordt de TAx (Time-Above x dB) gebruikt. De TAx is de tijdsduur per jaar dat een bepaald geluidniveau door vliegtuigpassages wordt overschreden op een bepaalde plek (in seconden).

Uit dezelfde informatie kan ook worden afgeleid welk geluidniveau door vliegtuigpassages ten minste een bepaalde tijdsduur per jaar optrad. De geluidindicator L_{4u} beschrijft het geluidniveau waaraan de respondenten op hun woonadres gedurende 4 uur per jaar worden blootgesteld. Als de L_{4u} bijvoorbeeld 70 dB(A) bedraagt dan betekent dit dat een persoon gedurende een jaar precies 4 uur blootstaat aan geluidniveaus van 70 dB(A) of luider.

De zeven indicatoren die in dit onderzoek voor de tijdsduur van de vliegtuigpassages zijn gebruikt zijn:

- Time Above (TA) TA_{60} , TA_{65} , TA_{70} , TA_{75} , TA_{80} (in seconden per jaar),
- L_{1uur} , L_{4u} (in dB)

Geïntegreerde indicatoren

De gebruikte geïntegreerde maten zijn de L_{den} en de Ke. De L_{den} verenigt de drie genoemde aspecten van vliegtuiggeluid (geluidniveau, tijdsduur en aantal passages in een jaar) in één jaargemiddelde geluidbelastingindicator. De L_{den} is gebaseerd op het zogenaamde 'equal energy principe'. Hierbij geldt dat één vliegtuigpassage kan worden vervangen door tien vliegtuigpassages met een SEL (geluidenergie) die 10 dB lager ligt; de waarde van de L_{den} verandert dan niet. In de L_{den} is er dus sprake van een (impliciete) afweging tussen het aantal passages en het geluidniveau van de afzonderlijke passages. Dit wordt wel de 'trade-off' factor genoemd. De 'trade-off' was onderwerp van discussie toen van geluidindicatoren gebaseerd op aantal passages werd overgeschakeld naar L_{eq} -achtige indicatoren zoals de L_{den} (zie bijvoorbeeld Fields, 1984). Zover bekend is alleen met gegevens uit een onderzoek naar hinder rond Schiphol (TNO en RIVM, 1998) naar de meest optimale 'trade-off' in de L_{den} gekeken (Miedema et al., 2000). De vraag ligt voor of de impliciete 'trade-off factor' van de L_{den} adequaat is voor het beschrijven van de situatie rond vliegbasis Geilenkirchen met geluidkarakteristieken (weinig vliegtuigpassages per jaar en hoge geluidpieken per passage) die afwijken van de situatie rond andere (inter)nationale luchthavens.

Om aan deze vraag tegemoet te komen hebben we in de berekening van de L_{den} een parameter (α) geïntroduceerd waarmee we de 'trade-off factor' tussen aantallen en geluidniveau kunnen beïnvloeden (analoog aan Miedema e.a., 2000). De volgende vergelijking beschrijft de $L_{den,\alpha}$:

$$L_{den}(\alpha) = 10 \log(\sum N (10 SEL/10)^\alpha) - 10 \log(T), \text{ uitgedrukt in dBA}$$

De $L_{den,\alpha}$ waarbij α gelijk aan 1 is, komt overeen met de L_{den} . Door de α te variëren kan een groter gewicht worden gegeven aan het aantal

vliegtuigpassages (bij een α kleiner dan 1) of aan het geluidniveau van passages (bij een α groter dan 1).

De Ke is de Kosteneenheid, een Nederlandse geluidmaat voor vliegverkeer die voor militair vliegverkeer wordt gebruikt. In de Ke worden het maximale geluidniveau van passages en het aantal passages in een jaar tot een jaargemiddelde belasting verwerkt.

De zeven geïntegreerde geluidindicatoren die in het onderzoek zijn beschouwd, zijn de Kosten eenheid en de L_{den} met variërende α 's:

- Ke (in B)
- L_{den} (met $\alpha = 1$) (in dB)
- L_{den} met $\alpha=0,7; 0,9; 1,1; 1,3$ en $1,5$ (in dB)

Indeling in blootstellingscategorieën

In totaal zijn voor dit onderzoek achtentwintig indicatoren in de grids berekend. De resultaten van de geluidindicatoren op de gridpunten zijn vervolgens aan de woonadressen in het onderzoeksgebied toegewezen en aan het CBS via een 'upload' aangeleverd.

Voorafgaand aan de 'upload' zijn de afzonderlijke geluidindicatoren verdeeld in blootstellingscategorieën. Het is gebruikelijk dat in onderzoek naar gezondheidseffecten van geluid 5 dB-klassen voor de L_{den} worden gehanteerd. Voor de overige geluidindicatoren zijn er geen voorbeelden uit andere onderzoeken te vinden waarop we de indeling van de blootstellingscategorieën a priori kunnen baseren. We hebben bij het indelen van de blootstellingscategorieën de volgende overwegingen gemaakt.

Indicatoren voor geluidniveau

De indeling is gebaseerd op een visuele inspectie van de blootstellingsverdeling van de woonadressen in het onderzoeksgebied. Voor de maximale L_{Amax} , L_{Amax_3} , L_{Amax_5} , L_{Amax_10} , L_{Amax_p1} , L_{Amax_p5} , L_{Amax_p10} zijn 5 dB-categorieën gebruikt. Voor de $M_{L_{Amax_60}}$ en $M_{L_{Amax_65}}$ zijn 2 dB-categorieën gehanteerd.

Indicatoren voor aantal

De indeling voor de verschillende NA_x 'en is gebaseerd op de wet van Fechner en Weber: wanneer fysische impulsen toenemen met constante verhoudingen, dan nemen de gewaarwordingen toe met constante verschillen. De blootstellingsklassen volgen een logaritmische schaal (met grondtal 10). Op basis van de blootstellingsverdeling van de woonadressen zijn er twee blootstellingscategorieën per ordegrootte gemaakt.

Indicatoren voor tijdsduur

Voor de TA_x 'en zijn dezelfde overwegingen gevolgd als hierboven voor de NA_x 'en is beschreven.

Op basis van de blootstellingsverdeling van de woonadressen zijn voor de L_{1uur} en de L_{4u} 5 dB-klassen gehanteerd.

Geïntegreerde indicatoren

Zoals aangegeven is het gebruikelijk dat in onderzoek naar gezondheidseffecten van geluid 5 dB-klassen voor de L_{den} worden gehanteerd; dit is ook voor dit onderzoek gebeurd.

Voor de luchthaven Schiphol is gekeken welke waarden van de Ke en de diverse $L_{den,\alpha}$'s correspondeerden met de boven- en ondergrenzen van de 5 dB-klassen van voor de L_{den} . Uit deze vergelijking is per indicator een categorie-indeling met gelijke blootstellingsklassen afgeleid. De indeling van de hoogste klasse van de Ke is tijdens de statistische analyses aangepast, nadat bleek dat met de

oorspronkelijke indeling geen resultaten uit de statistische modellen werden verkregen.

Statistische analyses

Bij cohortonderzoek wordt gebruikgemaakt van het begrip 'incidentie'. Dit is het aantal nieuwe sterfgevallen dat in de loop van een periode optreedt. Deze incidentie wordt gedeeld door het totale aantal levensjaren dat door de betreffende populatie in deze periode is geleefd. Dit incidentiecijfer wordt ook wel hazard of hazard-rate genoemd.

Bij de statistische analyse van cohortonderzoeken wordt veelal gebruikgemaakt van 'proportional hazards-model', ook wel Cox-regressiemodel genoemd. Met deze modellen kan bij vergelijking van de hazard-rates van twee (of meer) verschillende blootstellingsgroepen gecorrigeerd worden voor andere factoren die mogelijk van invloed zijn op de verschillen tussen groepen, zoals leeftijd, geslacht en sociaaleconomische status. Deze laatste factoren duiden we aan als covariabelen. Het effect van de blootstelling (of van een covariabele) wordt uitgedrukt als de ratio van twee hazard-rates, of wel de hazard-ratio (HR).

Bekend is dat er in Nederland lokale verschillen in de levensverwachting zijn. Deze verschillen kunnen samenhang met populatiekenmerken, maar bijvoorbeeld ook mede afhankelijk zijn van de aanwezige gezondheidsvoorzieningen in een regio. In het algemeen kunnen dergelijke lokale variaties met 'random-effect' modellen worden beschreven. Bij Cox-regressiemodellen spreken we niet van 'random-effect' maar van 'shared frailty' modellen. Dit is uitbreiding van het standaard Cox-regressiemodel. In dit onderzoek zijn de 4-positie postcodegebieden als 'shared frailty effect' opgenomen.

Standaard Cox-regressiemodellen zijn in de CBS-omgeving uitgevoerd met R (versie 2.15) en Stata (versie 11); de 'shared frailty' modellen met R. In de Cox-modellen is voor leeftijd gecorrigeerd door leeftijd als tijdas te nemen. Voor het data-management is gebruikgemaakt van SAS (versie 9.1 in de CBS-omgeving, versie 9.3 bij het RIVM) en Stata (versie 11 in de CBS-omgeving en versies 11-13 bij het RIVM).

Ondanks dat alle gegevens zijn geanonimiseerd, zijn sommige gegevens vanwege het detailniveau privacygevoelig. De eisen en procedures zijn voor de toegang tot en/of het gebruik van de gegevens en de rapportage over de statistische bewerkingen betekenen voor deze rapportage dat in een aantal gevallen resultaten niet kunnen worden getoond om herleidbaarheid tot personen te vermijden.

Onderzoek rond andere luchthavens

Andere luchthavens in Nederland

Een tweede doelstelling van het onderzoek is het vergelijken van het optreden van sterfte in relatie tot vliegtuiggeluid rond de vliegbasis Geilenkirchen met dat rond andere luchthavens in Nederland. In Tabel B3.2 is een indicatie gegeven van het aantal woningen rond de nationale luchthaven Schiphol, de regionale luchthavens van nationale betekenis en van militaire luchtbases dat binnen de 48 en binnen de 58 dB L_{den} contour ligt. Effecten van vliegtuiggeluid op hoge bloeddruk kunnen vanaf 50-55 dB L_{den} optreden. De aantallen woningen binnen de 48 dB L_{den} contour zijn zodoende een grove indicatie van de omvang van de populatie waar effecten op hart- en vaataandoeningen zouden kunnen optreden.

Tabel B3.2 Indicatief aantal Nederlandse woningen binnen 48 en 58 dB L_{den} contour (Jabben et al., 2009)

Luchtvaartterrein	Aantal woningen	
	$L_{den} > 48$ dB	$L_{den} > 58$ dB
Luchthaven Schiphol	240.000	6.100
Rotterdam The Hague Airport	7.500	40
Maastricht-Aachen Airport	10.000	330
Eindhoven Airport ^{a)}	200	< 10
Lelystad Airport	20	< 10
Groningen Airport Eelde	430	< 10
Vliegbasis Geilenkirchen ^{b)}	10.000	550
Vliegbasis Volkel	1.900	1.200
Vliegbasis Leeuwarden	4.600	950
Totaal	275.000	9.200

^{a)} alleen burgerluchtvaart; combinatie met militair onbekend

^{b)} woningen in Nederland

Op basis van de gegevens in Tabel B3.2 is ervoor gekozen, naast Maastricht-Aachen Airport dat in het onderzoeksgebied ligt, ook de luchthaven Schiphol in het onderzoek te betrekken.

Het NLR heeft de geluidbelasting van de luchthaven Schiphol gemodelleerd, waardoor over bijna 95% van de 275.000 woningen in Nederland met een geluidbelasting van 48 dB L_{den} of meer informatie over de geluidbelasting voor het onderzoek beschikbaar is. Van de 9200 woningen met een geluidbelasting van 58 dB L_{den} of meer ligt ca. driekwart rondom de luchtvaartterreinen Geilenkirchen, Maastricht-Aachen Airport en Schiphol.

Het onderzoek naar vroegtijdige sterfte door vliegtuiggeluid rond de luchthaven Schiphol is op dezelfde wijze uitgevoerd als eerder is beschreven, met de volgende uitzonderingen:

- Voor de modellering van de geluidbelasting is een rekengebied rond de luchthaven Schiphol van 55 bij 71 km gebruikt. Gezien de grootte van het gebied is een grid van 500 bij 500 meter in plaats van 250 bij 250 meter gebruikt.
- Vanwege de omvang van de populatie rond de luchthaven Schiphol en de beperkte reken capaciteit in de CBS-omgeving, is het onderzoeksgebied voor de luchthaven Schiphol afgebakend tot die postcodegebieden die in 2002 deels of geheel binnen de 48 dB L_{den} contour lagen.
- Vanwege de omvang van de populatie bleek het niet mogelijk Cox-regressiemodellen met 'shared frailty' in de CBS-omgeving uit te voeren, zodat de statistische analyses alleen met standaard Cox-regressiemodellen zijn uitgevoerd.

Vergelijking met andere (inter)nationale luchthavens

De uitkomsten van de statistische analyses rond de vliegbasis Geilenkirchen zijn met een z-toets vergeleken met de resultaten van de studies naar sterfte rond andere luchthavens (Schiphol, Zwitserland, Heathrow). Hierbij is tweezijdig getoetst.

Resultaten

Blootstelling aan vliegtuiggeluid

Het aantal vliegbewegingen in 2002 bedroeg 3529 voor de vliegbasis Geilenkirchen en 14.531 voor de luchthaven Maastricht-Aachen Airport.

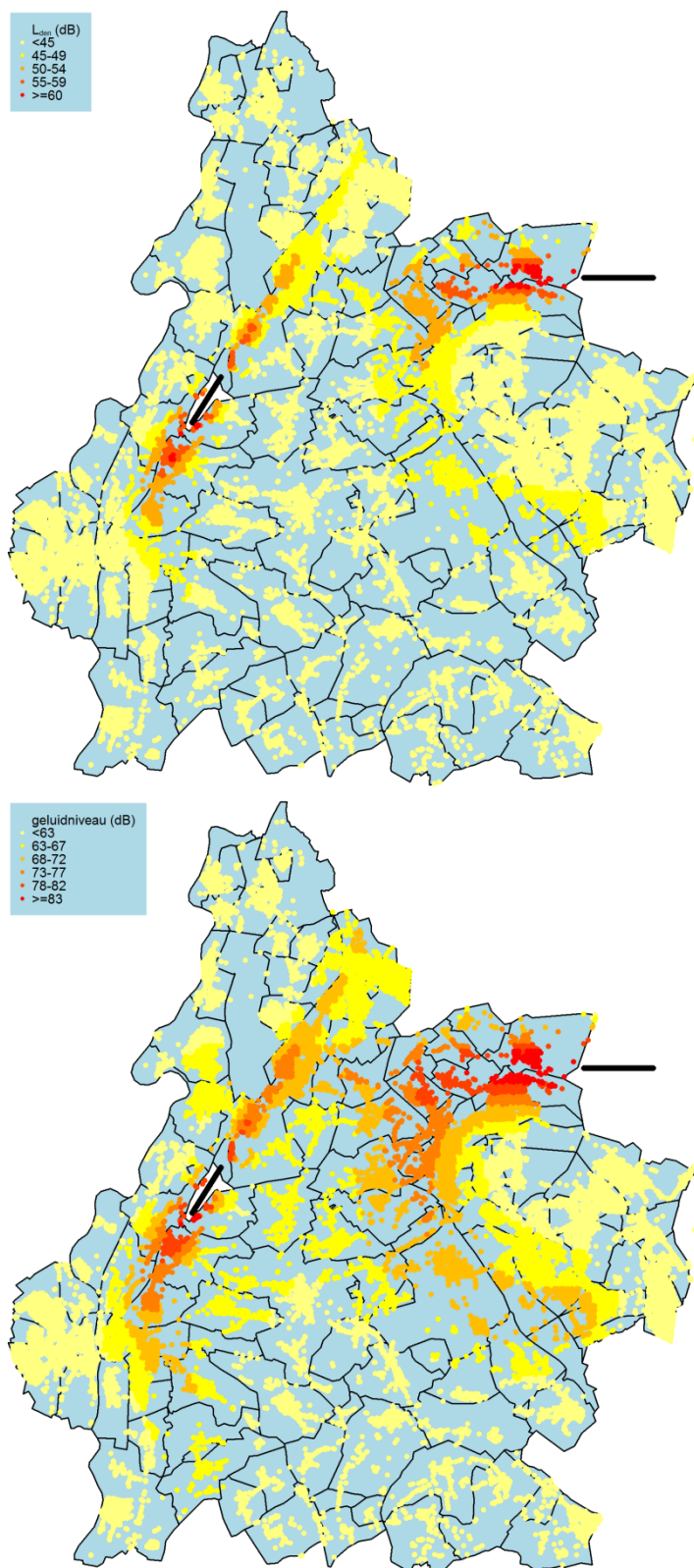
In Tabel B3.3 is een overzicht gegeven van de blootstelling aan vliegtuiggeluid van alle inwoners in Zuid-Limburg. De blootstelling is uitgedrukt in L_{den} om een eventuele vergelijking met de geluidbelasting rond andere luchthavens mogelijk te maken.

Tabel B3.3 Het aantal en aandeel blootgestelde inwoners van Zuid-Limburg in 2002 aan geluid van vliegverkeer naar blootstellingsklassen van 5 dB L_{den}

L_{den} (dB)	Aantal	Percentage
≤ 39	237.063	37,5
40 – 44	214.748	33,9
45 – 49	132.709	21,0
50 – 54	36.770	5,8
55 – 59	10.020	1,6
60 – 64	1.407	0,2
≥ 65	231	0,0
Totaal	632.947	100

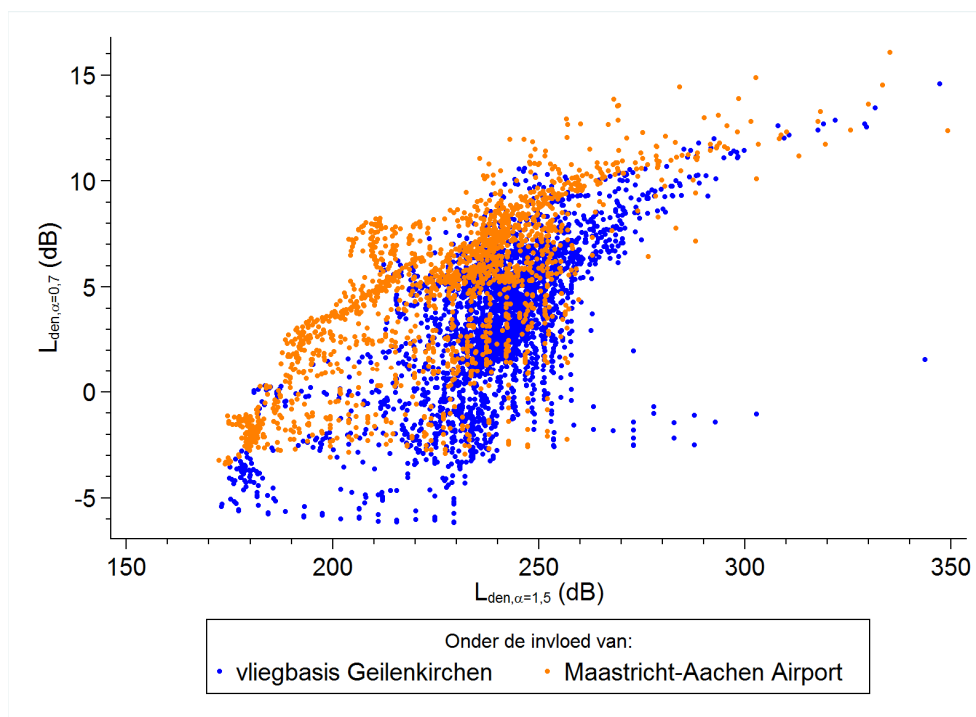
In Figuur B3.1 is de verdeling in de woonadressen in het onderzoeksgebied van de L_{den} en van het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden weergegeven. Rechts, net buiten het onderzoeksgebied, is de baan van de luchtbasis Geilenkirchen aangegeven. Iets links van het midden is de baan van Maastricht-Aachen Airport weergegeven.

Figuur B3.1 illustreert dat de keuze voor een andere geluidindicator leidt tot veranderingen in de blootstellingsklassen. In het kaartje van het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden neemt het aantal woningen in de hoogste blootstellingsklasse rond luchtbasis Geilenkirchen toe ten opzichte van het kaartje met de L_{den} . Voor Maastricht-Aachen Airport neemt het aantal woningen in de hoogste blootstellingsklasse juist af.



Figuur B3.1 Verdeling van L_{den} (boven) en van het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden (onder) in woonadressen in het onderzoeksgebied

In Figuur 3.2 is als illustratie de samenhang in het onderzoeksgebied tussen de $L_{den,\alpha=0,7}$ en de $L_{den,\alpha=1,5}$ gegeven. In de $L_{den,\alpha=1,5}$ weegt het geluidniveau van een vliegtuigpassage wat zwaarder mee dan in de L_{den} ; in de $L_{den,\alpha=0,7}$ telt het aantal vluchten meer mee. De blauwe puntenwolk geeft de samenhang weer voor de woningen die het meeste onder invloed van vliegbasis Geilenkirchen liggen. De oranje puntenwolk zijn woningen onder de invloed van luchthaven Maastricht-Aachen Airport.



Figuur B3.2 Samenhang tussen de $L_{den,\alpha=0,7}$ en de $L_{den,\alpha=1,5}$ voor woningen onder de invloed van vliegbasis Geilenkirchen (blauw) en onder invloed van luchthaven Maastricht-Aachen Airport (oranje)

Zouden beide geluidindicatoren vrijwel 'hetzelfde' meten, dan verwacht je dat de punten min of meer op een rechte lijn liggen. Dit blijkt niet altijd het geval te zijn. Zo wijken de (blauwe) punten rechtsonder duidelijk af. Dit zijn woningen die een relatief gering aantal overvluchten kennen, maar waarvan de afzonderlijke geluidniveaus hoog zijn. Deze woningen hebben daardoor een relatief lage belasting in $L_{den,\alpha=0,7}$ (< 0 dB) en een relatief hoge belasting in $L_{den,\alpha=1,5}$ (> 250 dB).

Figuur B3.2 illustreert dat het geluidniveau van een passage en aantal passages anders in de $L_{den,\alpha=0,7}$ wegen dan in de $L_{den,\alpha=1,5}$. Verder laat dit voorbeeld zien dat de decibelschalen van de $L_{den,\alpha=0,7}$ en de $L_{den,\alpha=1,5}$ niet langer vergelijkbaar zijn met de decibellen zoals we die voor L_{den} in Tabel B3.3 terugvinden. Dit bemoeilijkt helaas de interpretatie van deze indicatoren.

De Spearman's correlatiecoëfficiënt tussen de $L_{den,\alpha=0,7}$ en de $L_{den,\alpha=1,5}$ is 0,38. We spreken van een perfecte samenhang wanneer de correlatiecoëfficiënt 1 bedraagt. De correlatiecoëfficiënten voor de afzonderlijke sets van woningen zijn 0,45 (voor vliegbasis Geilenkirchen) en 0,46 (voor luchthaven Maastricht-Aachen Airport). Dit betekent dat door de aanwezigheid van luchthaven Maastricht-Aachen Airport de onderlinge samenhang tussen geluidindicatoren in

het onderzoeksgebied afneemt. De vlootsamenstelling van beide luchtvaartterreinen verschilt en dit komt op verschillende manieren in de diverse geluidindicatoren tot uiting. Dit is gunstig omdat het hierdoor in principe makkelijker wordt te onderzoeken welke geluidindicatoren het meest bijdragen aan het risico op eventuele gezondheidseffecten.

In Tabel B3.4 is de onderlinge samenhang van een selectie van geluidindicatoren vermeld. De samenhang is uitgedrukt als Spearman's correlatiecoëfficiënt.

Tabel B3.4. Onderlinge samenhang van selectie van geluidindicatoren uitgedrukt als Spearman's correlatiecoëfficiënt

Geluid-indicator	Hoogste L_{Amax}	L_{Amax_p5}	$M_L_{Amax_65}$	NA60	NA80	TA60	TA80	L_{1u}
L_{Amax_p5}	0,45							
$M_L_{Amax_65}$	0,45	0,92						
NA60	0,34	0,14	0,12					
NA80	0,62	0,79	0,76	0,55				
TA60	0,39	0,25	0,23	0,97	0,64			
TA80	0,66	0,78	0,75	0,54	0,99	0,63		
L_{1u}	0,45	0,53	0,50	0,85	0,81	0,90	0,80	
L_{den}	0,48	0,44	0,41	0,93	0,77	0,96	0,77	0,97

Hieruit blijkt dat sommige geluidindicatoren onderling een hoge samenhang kennen ($>0,8$) en andere niet. In het geval van een hoge correlatiecoëfficiënt heeft de ene geluidindicator weinig meerwaarde ten opzichte van de andere omdat ze beiden (ongeveer) hetzelfde 'meten'.

Het is vanzelfsprekend dat door het grote aantal geluidindicatoren dat in het onderzoek is opgenomen, er verscheidende indicatoren onderling hoog correleren. Desondanks hebben we alle 28 geluidindicatoren in samenhang met sterfte bekeken.

Kenmerken van de onderzoekspopulatie

Van de 630.965 bewoners woonachtig in Zuid-Limburg op 1 januari 2004, waren 427.645 30 jaar of ouder. Daarvan waren 314.441 personen ten minste vijf jaar woonachtig op hetzelfde adres (73,5%). Voor 311.004 hiervan was een volledige set met covariabelen beschikbaar (98,9%). In Tabel B3.5 zijn de demografische kenmerken van deze onderzoekspopulatie beschreven.

Tabel B3.5 Demografische kenmerken van de onderzoekspopulatie op 1 januari 2004 (n=311.004)

Kenmerk	Aantal	Percentage
Geslacht: vrouw	163.140	52,5
Leeftijd (jaar):		
30-39	36.428	11,7
40-49	73.620	23,7
50-59	77.738	25,0
60-69	59.741	19,2
70-79	43.505	14,0
80+	19.972	6,4
Burgerlijke status:		
Getrouwd/partner	219.062	71,6
Alleenstaand	32.275	10,5
Verweduwd	31.536	10,3
Gescheiden	23.086	7,5
Land van herkomst:		
Nederland	242.899	78,1
Westers land	62.621	20,1
Suriname	437	0,14
Turkije	669	0,22
Marokko	1.740	0,56
Ander niet-westers land	2.638	0,85

Wat betreft het land van herkomst is voor de westerse landen onderscheid gemaakt tussen Nederland en overige westerse landen. Voor de niet-westerse landen zijn de grootste drie herkomstlanden in Zuid-Limburg (in dit geval Suriname, Turkije en Marokko) nog apart onderscheiden.

In Tabel B3.6 zijn de sociaaleconomische kenmerken van de populatie beschreven. Het gestandaardiseerd huishoudinkomen van 2003 is in tien categorieën onderverdeeld op basis van de verdeling in de Nederlandse bevolking. De sociale status van alle Nederlandse postcodegebieden is in quintielen (vijf klassen van ca. 20%) verdeeld. Deze indeling is voor de postcodegebieden in Zuid-Limburg gebruikt.

Tabel B3.6 Sociaaleconomische kenmerken van de onderzoekspopulatie op 1 januari 2004 (n=311.004)

Kenmerk	Aantal	Percentage
Gestandaardiseerd huishoud inkomen:		
<895 € (<p1)	3.189	1,0
895-12.114 € (p1-p5)	14.524	4,7
12.115-15.258 € (p5-p10)	22.190	7,1
15.258-21.880 € (p10-p25)	61.360	19,7
21.881-31.990 € (p25-p50)	85.842	27,6
31.991-43.874 € (p50-p75)	71.224	22,9
43.875-57.740 € (p75-p90)	34.554	11,1
57.741-68.837 € (p90-p95)	9.612	3,1
68.838-106.238 € (p95-p99)	6.954	2,2
>106.239 € (>p99)	1.555	0,5
Sociale status 4-positie postcode:		
1 ^e quintiel (laagste)	33.539	10,8
2 ^e quintiel	30.117	9,7
3 ^e quintiel	61.829	19,9
4 ^e quintiel	100.940	32,5
5 ^e quintiel (hoogste)	84.579	27,2

In Tabel B3.7 wordt een overzicht gegeven van de blootstelling op het woonadres van stikstofdioxide (NO₂) en geluid afkomstig van weg- en railverkeer.

Tabel B3.7 Blootstelling aan stikstofdioxide (NO₂) en geluid afkomstig van weg- en railverkeer van de onderzoekspopulatie op 1 januari 2004 (n=311.004)

Kenmerk	Aantal	Percentage
NO ₂ (µ/m ³):		
<25	13.822	4,4
25-29	45.758	14,7
30-34	102.651	33,0
35-39	109.566	35,2
40-44	32.383	10,4
≥45	6.824	2,2
Geluid van wegverkeer (L _{den} in dB):		
<50	58.783	18,9
50-54	136.758	44,0
55-59	76.201	24,5
60-64	29.374	9,4
65-69	9.048	2,9
≥70	840	0,3
Geluid van railverkeer (L _{den} in dB):		
<50	288.380	92,7
50-54	14.707	4,7
55-59	5.443	1,8
60-64	1.828	0,6
≥65	646	0,2

Sterfte en onderliggende doodsoorzaken

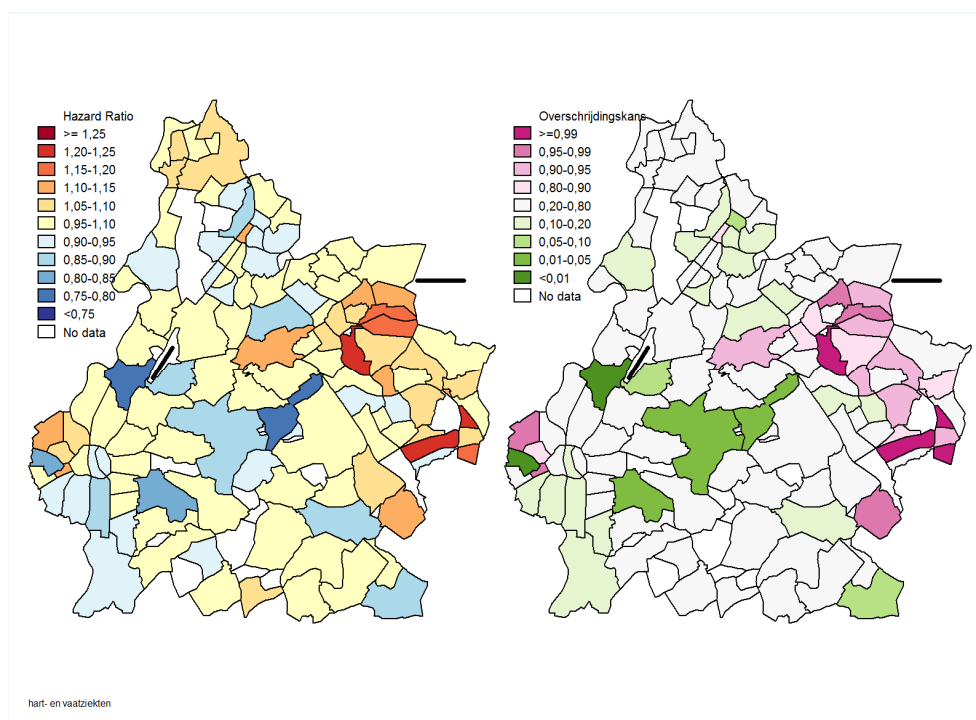
Van de onderzoekspopulatie stierven gedurende de zeven jaar 'follow-up' 32.401 personen, waarvan 32.164 aan een 'natuurlijke dood'. Dit betekent dat 10,3% van de onderzoekspopulatie in de periode 2004-2011 is overleden. Tabel B3.8 geeft een overzicht van de onderliggende doodsoorzaken zoals eerder gedefinieerd in Tabel B3.1. Gedurende de 'follow-up' periode verdwenen daarnaast 5494 personen uit het zicht van de Gemeentelijke BasisAdministratie (emigratie, vermist, etc.).

Tabel B3.8 Sterfte en geselecteerde onderliggende doodsoorzaken in de periode 2004-2011 van de onderzoekspopulatie op 1 januari 2004 (n=311.004)

Sterfte en onderliggende doodsoorzaken	Aantal	Als percentage van	
		Onderzoekspopulatie	'Natuurlijke dood'
'Natuurlijke dood'	32.164	10,3	100
Hart- en vaatziekten	10.802	3,5	33,6
Ischemische hartziekten	3.453	1,1	10,7
Acuut hartinfarct	2.235	0,72	6,9
Beroerte	2.283	0,73	7,1
Hartfalen	1.533	0,49	4,8

Uit Tabel B3.8 blijkt dat hart- en vaatziekten in meer dan 30% van de sterfte de onderliggende doodsoorzaak waren. De specifieke doodsoorzaken die mogelijk deels samenhangen met blootstelling aan geluid (acuut hartinfarct, beroerte en hartfalen) maken samen minder dan 20% van de totale sterfte uit.

In Figuur B3.3 wordt de verdeling van sterfte aan hart- en vaatdoeningen in het onderzoeksgebied weergegeven. Op de kaart links is de hazard-ratio (HR) weergegeven. Per postcode geeft deze de relatieve verhoging of verlaging aan ten opzichte van het gemiddelde sterfterisico van alle postcodegebieden. De HR is gecorrigeerd voor demografische factoren en huishoudinkomen, maar niet voor kenmerken van postcodegebieden of het woonadres zoals sociale status en de blootstelling aan milieufactoren (luchtverontreiniging en geluid). De postcodegebieden die oranje of rood zijn gekleurd hebben een HR groter dan 1 (meer sterfte door hart- en vaatziekten dan gemiddeld), (licht) blauwgekleurde postcodegebieden een verlaagde sterfte. Sommige postcodegebieden zijn witgekleurd. Hier was het aantal sterfgevallen door hart- en vaatziekten te laag om, uit oogpunt van mogelijke herleidbaarheid, deze op de kaart te tonen. Het wil niet zeggen dat elke verhoging of verlaging ook een daadwerkelijke afwijking van het gemiddelde is. De onzekerheid van de HR is over het algemeen groter in postcodegebieden met een kleine populatie dan de HR van postcodegebieden met veel bewoners. De onzekerheid in de HR is in het rechter deel van Figuur 5 als overschrijdingskans weergegeven. Het (donker) paars duidt op een verhoging van het HR die statistisch significant is. Het (donker) groen wijst op een HR die statistisch significant verlaagd is.



Figuur B3.3 Verdeling van sterfte aan hart- en vaatziekten over het onderzoeksgebied uitgedrukt als hazard-ratio (links) en als overschrijdingskans van de hazard-ratio (rechts), na correctie voor demografische factoren en gestandaardiseerd huishoudinkomen

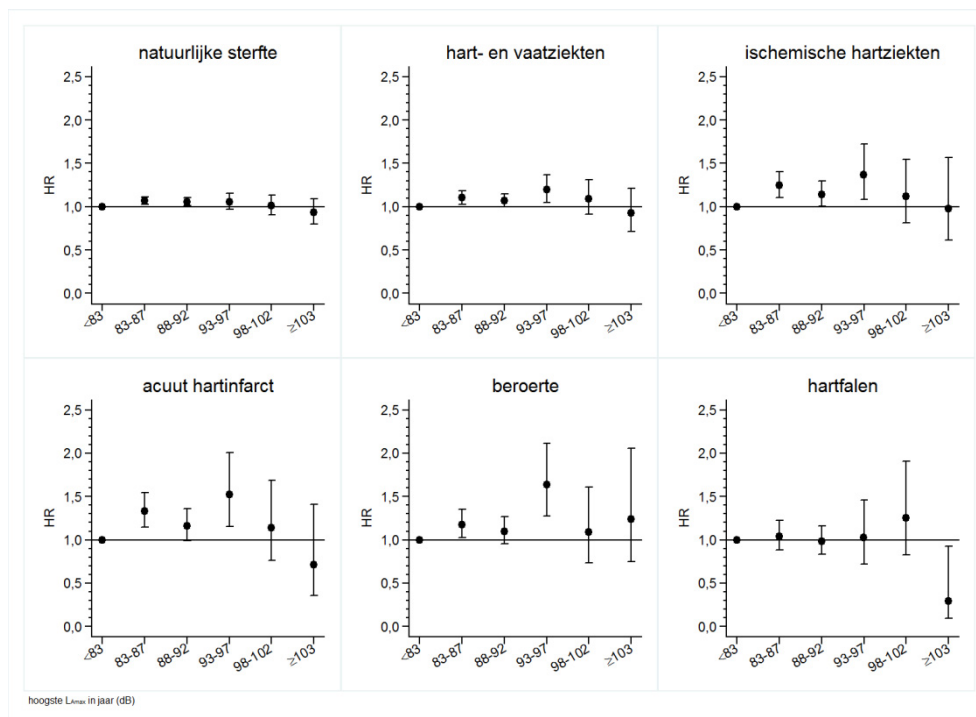
Uit Figuur B3.3 komt een verscheidenheid aan sterftetekansen in Zuid-Limburg naar voren. De statistisch significant verhoogde waarden treffen we met name in de oostelijke mijnstreek aan.

De mate van variatie in HR's duiden we aan als heterogeniteit. Het is mogelijk om te toetsen of de verscheidenheid tussen postcodegebieden ook zodanig groot is dat gesproken kan worden van een statistisch significante heterogeniteit. Uit de toetsing bleek dat voor 'natuurlijke dood' en sterfte door hart- en vaatziekten, door ischemische hartziekten, of door acuut hartinfarct er sprake is van een statistisch significante heterogeniteit. Er is een grote verscheidenheid tussen postcodegebieden. Voor sterfte door beroerte en door hartfalen geldt dat de heterogeniteit niet statistisch significant is. De HR's van deze doodsoorzaken zijn egaler verdeeld over het onderzoeksgebied dan voor hart- en vaatziekten (Figuur B3.3) het geval is. Dit betekent dat het postcodegebied waarin men op 1 januari 2004 woonachtig was geen indicatie is voor een extra risico op sterfte door beroerte of door hartfalen.

Samenhang geluidbelasting, sterfte en onderliggende doodsoorzaken

Inleiding

In Figuur B3.4 is de samenhang weergegeven tussen één van de geluidindicatoren (de hoogste L_{Amax} in een jaar op het woonadres) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken. De samenhang wordt met de hazard-ratio (HR) weergegeven. De HR is, per definitie, 1 voor de referentiecategorie (de laagste blootstelling, in dit geval onder 83 dB). Mocht er sprake zijn van een samenhang, dan loopt de HR op bij toenemende blootstelling. De HR kent een statistische onzekerheid die door middel van het 95% betrouwbaarheidsinterval is aangegeven.



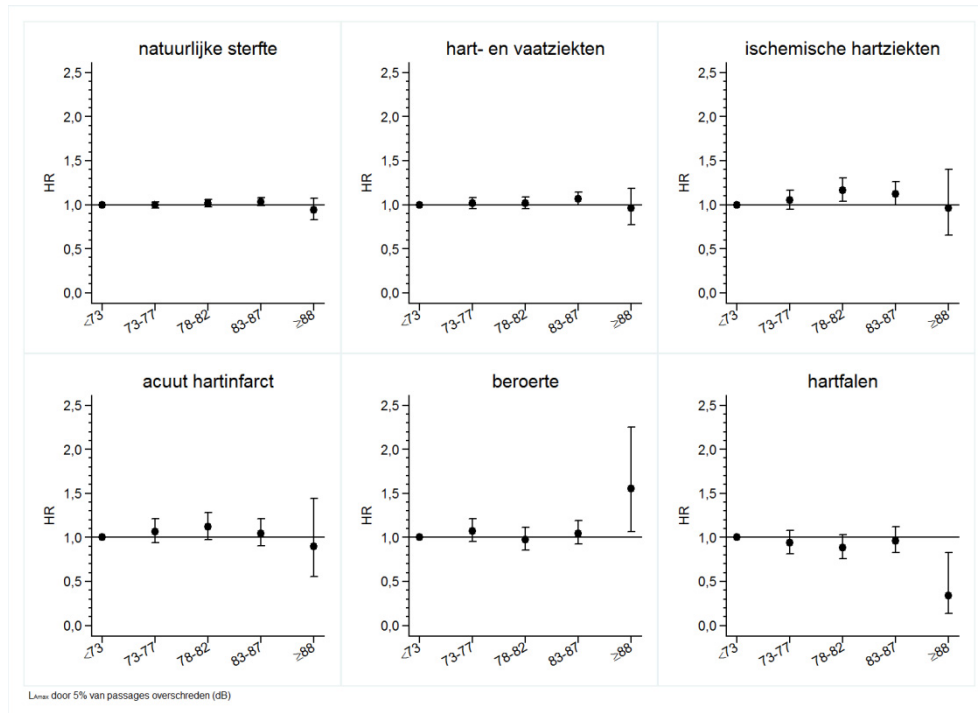
Figuur B3.4 De samenhang tussen de hoogste L_{Amax} in een jaar op het woonadres (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Uit de resultaten blijkt dat de HR's voor 'natuurlijke dood' onderling niet verschillen. Voor sterfte als gevolg van hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten, acuut hartinfarct of beroerte laten sommige blootstellingscategorieën van de hoogste L_{Amax} in het jaar een HR zien die statistisch significant van 1 verschilt. Er is echter geen sprake van een oplopende HR bij toenemende blootstelling. Voor sterfte voor hartfalen geldt dat de HR in de hoogste blootstellingscategorie (L_{Amax} groter of gelijk aan 103 dB) is verlaagd (HR is ongeveer 0,3). Hier is sprake van een verlaagd sterfterisico als gevolg van hartfalen (met ca. 70%) ten opzichte van de referentiecategorie. De 95% betrouwbaarheidsintervallen bij 'natuurlijke dood' zijn kleiner dan die bij de doodsoorzaak specifieke sterfte omdat de statistische analyses op meer sterfgevallen zijn gebaseerd, waardoor de onzekerheid in de resultaten kleiner is. De 95% betrouwbaarheidsintervallen nemen over het algemeen toe naarmate de blootstellingscategorieën oplopen; in de hogere blootstellingscategorieën wonen minder mensen, waardoor de onzekerheid in de HR van deze categorieën toeneemt.

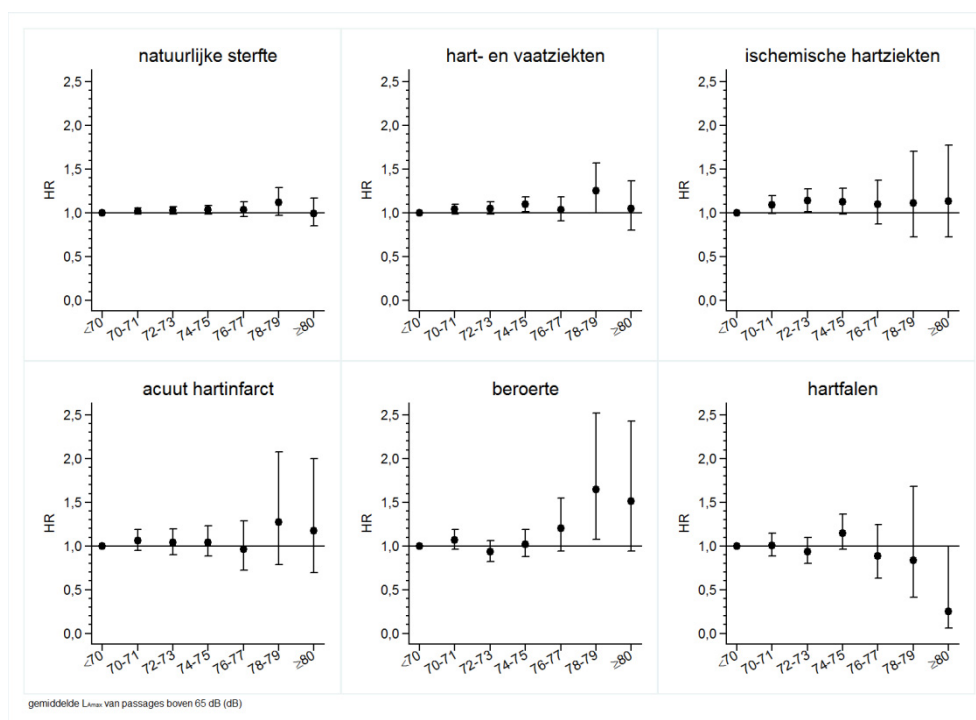
Zoals eerder aangegeven hebben we 28 verschillende geluidindicatoren in het onderzoek betrokken. De resultaten van deze indicatoren worden gepresenteerd in bijlage 1 van Bijlage GVG III op dezelfde wijze als Figuur B3.4 is samengesteld. In de volgende vier paragrafen worden per type indicator (gebaseerd op geluidniveau, aantal, duur of geïntegreerd) de resultaten samenvattend beschreven en aan de hand van een paar voorbeelden geïllustreerd. De resultaten voor de overige geluidindicatoren zijn in bijlage 1 van Bijlage GVG III opgenomen.

Indicatoren gebaseerd op het geluidniveau van passages

In Figuur 3.5 zijn al de resultaten van de hoogste L_{Amax} op het woonadres in een jaar gepresenteerd. Van de overige acht indicatoren die gebaseerd zijn op het geluidniveau van passages zijn in Figuur B3.5 de resultaten weergegeven voor de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden en in Figuur 8 zijn de resultaten voor de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 65 dB afgebeeld.



Figuur B3.5 De samenhang tussen de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.6 De samenhang tussen de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 65 dB (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Uit de Figuren B3.5 en B3.6 is op te maken dat voor sterfte door hart- en vaatziekten, door ischemische ziekten of door beroerte er wel eens sprake is van een statistisch significante verhoging van een blootstellingscategorie; veelal betreft dit niet de hoogste blootstellingscategorieën.

De verhogingen voor de hoogste blootstellingscategorie of hogere categorieën, wat wijst op een blootstelling-responsrelatie, treden in Figuur B3.5 en in Figuur B3.6 alleen op voor sterfte door beroerte.

De verhogingen van de hoogste blootstellingscategorie of hogere categorieën voor sterfte door beroerte zien we niet alleen voor de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden (Figuur B3.5) en voor de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 65 dB (Figuur B3.6), maar ook voor de 5 na hoogste L_{Amax} en de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 60 dB (zie bijlage 1 van Bijlage GVG III). De HR bedraagt ca. 1,5 dat wil zeggen dat in de hoogste blootstellingscategorie het sterfterisico door beroerte ca. 50% is verhoogd.

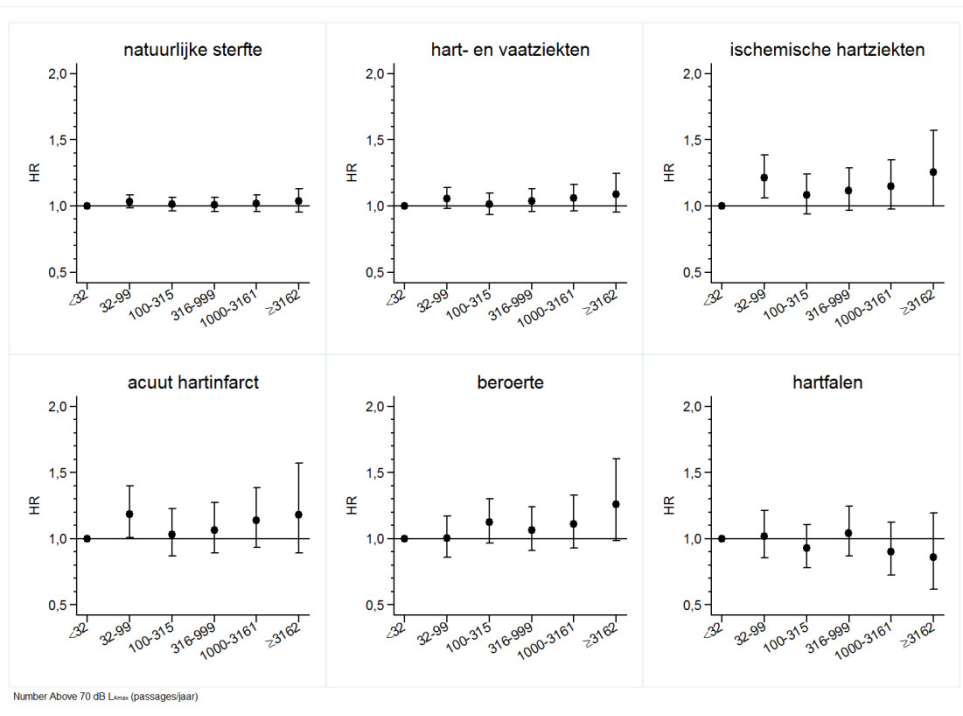
In Figuur B3.5 en Figuur B3.6 is de hoogste blootstellingscategorie bij sterfte door hartfalen statistisch significant verlaagd. Dit beeld zagen we eerder in Figuur 6 (hoogste L_{Amax}) en zien we ook terug voor de indicatoren voor de op 5 na hoogste L_{Amax} en de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden (zie bijlage 1 van Bijlage GVG III). De HR bedraagt ca. 0,3 dat wil zeggen dat in de hoogste blootstellingscategorie het sterfterisico door hartfalen ca. 70% is verlaagd.

Indicatoren gebaseerd op het aantal passages

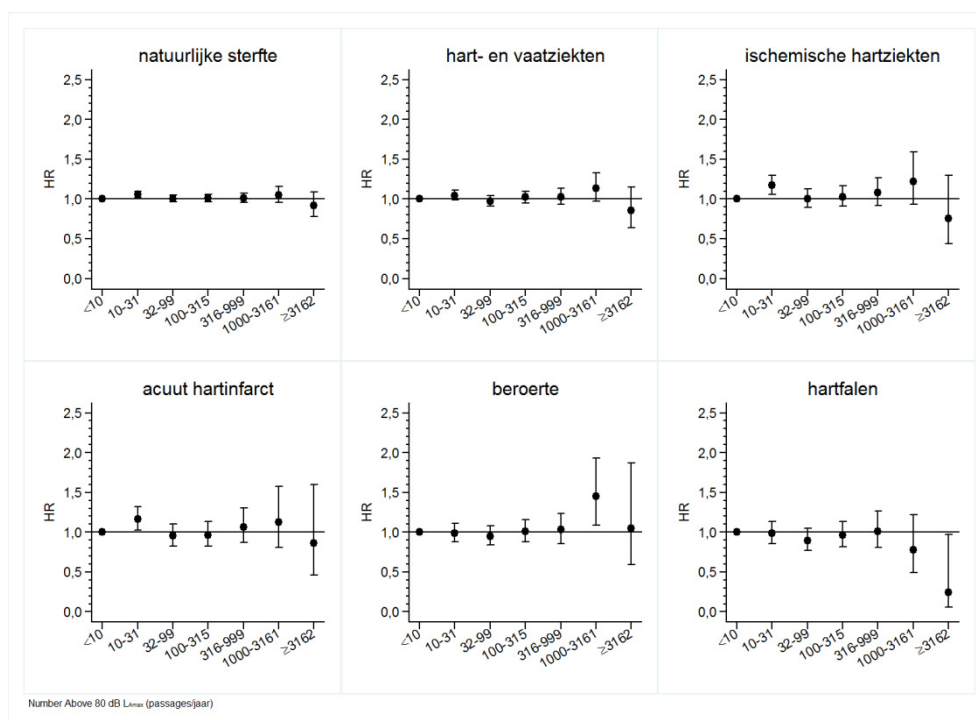
Van de vijf indicatoren die in dit onderzoek voor het aantal vliegtuigpassages zijn gebruikt, zijn de resultaten voor de NA_{70} in Figuur B3.7 en voor de NA_{80} in Figuur B3.8 als illustratie weergegeven. De resultaten van de overige indicatoren zijn in bijlage 1 van Bijlage GVG III opgenomen.

Voor de indicatoren gebaseerd op het aantal passages werden voor 'natuurlijke dood' en sterfte door ischemische hartziekten, door een acuut hartinfarct of door beroerte in sommige blootstellingscategorieën een statistisch significant verhoogde HR waargenomen. Alleen voor sterfte door ischemische hartziekten in relatie tot de NA_{70} was de HR in de hoogste blootstellingscategorie statistisch significant verhoogd (zie Figuur B3.7). Er waren voor deze indicatoren geen aanwijzingen voor een blootstelling-responsrelatie.

Voor sterfte door hartfalen was er zowel voor de NA_{75} als de NA_{80} sprake van een verlaagde HR in de hoogste blootstellingscategorie (zie Figuur B3.8) voor de NA_{80} .



Figuur B3.7 De samenhang tussen NA_{70} (Number Above) (in aantal passages per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



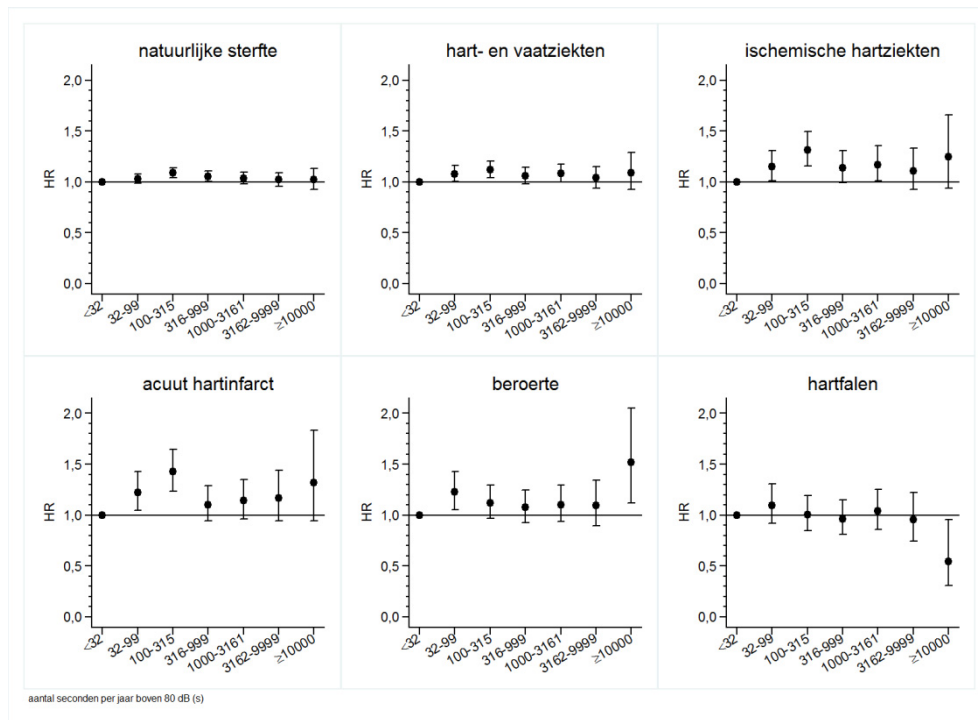
Figuur B3.8 De samenhang tussen de NA_{80} (Number Above) (in aantal passages per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Indicatoren gebaseerd op de duur van passages

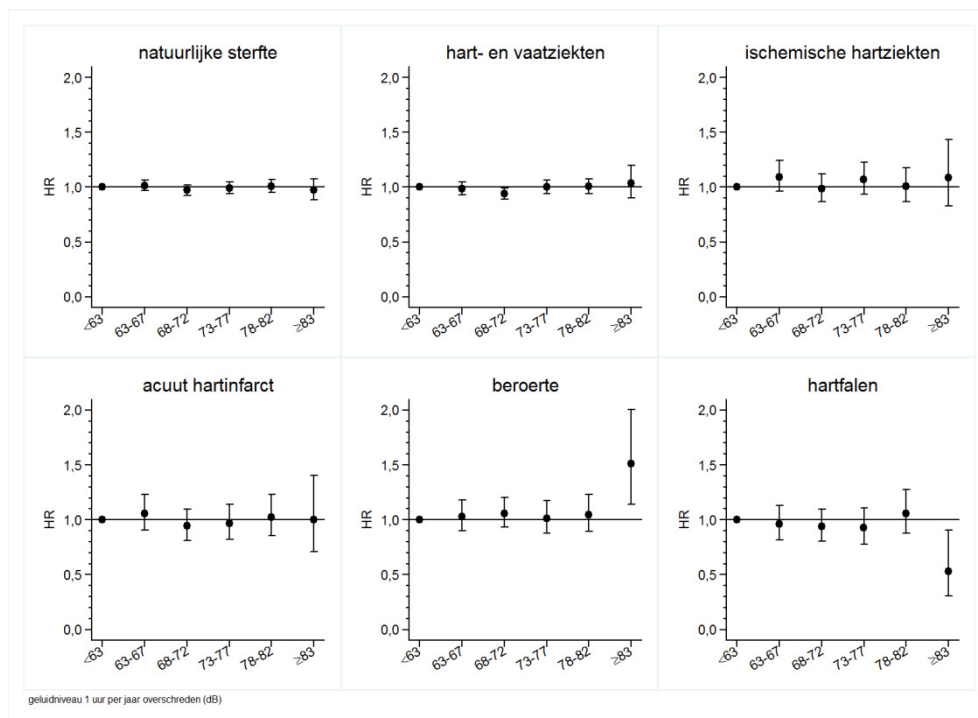
In Figuur B3.9 en B3.10 zijn de resultaten van twee voor de zeven indicatoren voor de duur van passages beschreven. In Figuur B3.9 worden de resultaten voor de TA_{80} en die in Figuur B3.10 voor het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden gepresenteerd.

Ook voor de indicatoren gebaseerd op de duur van passages geldt dat voor 'natuurlijke dood' en sterfte door hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten en acuut hartinfarct de HR van enkele geïsoleerde blootstellingscategorieën is verhoogd. Voor sterfte door beroerte geldt dat de hoogste blootstellingscategorie statistisch significant is verhoogd voor de TA_{75} , TA_{80} (zie Figuur B3.9) en het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden (Figuur B3.10).

Voor de TA_{70} , TA_{80} (zie Figuur B3.9) en het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden (Figuur B3.10) wordt een statistisch significant verlaagde HR voor de hoogste blootstellingscategorie in relatie tot sterfte door hartfalen gevonden.



Figuur B3.9 De samenhang tussen de TA_{80} (Time Above) (in seconden per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



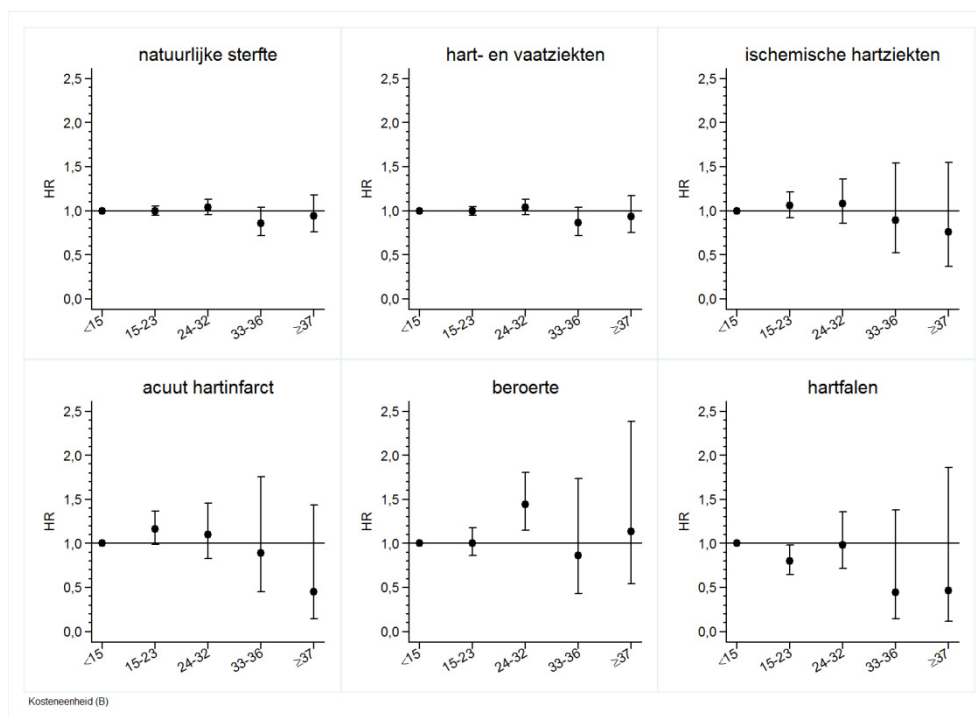
Figuur B3.10 De samenhang tussen het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Geïntegreerde geluidindicatoren

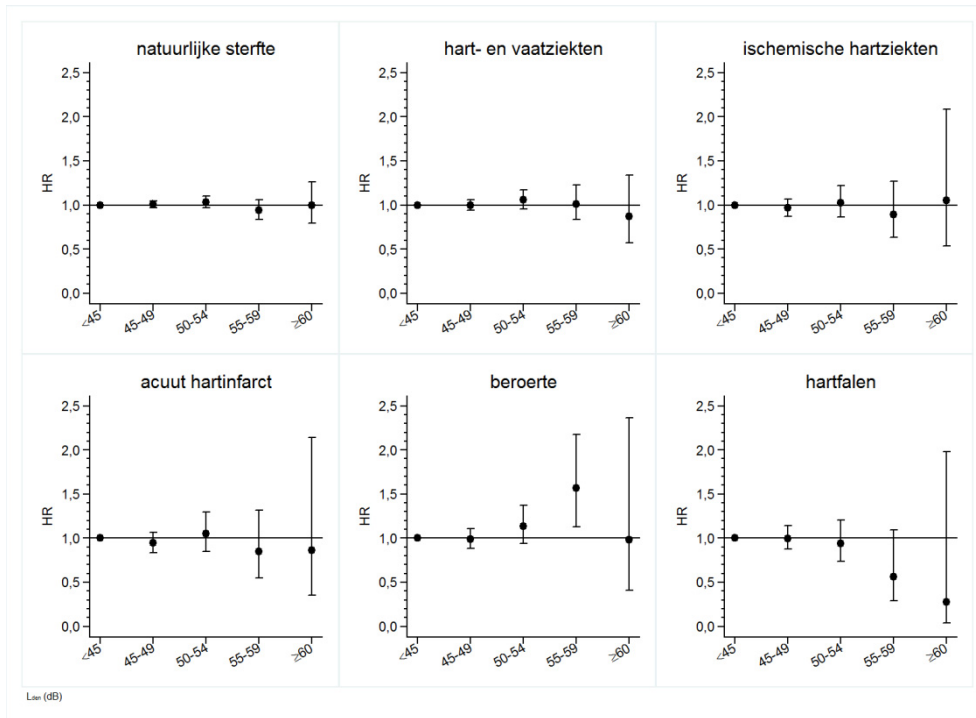
Van de zeven geïntegreerde geluidindicatoren worden hieronder resultaten voor de Ke , de L_{den} en de $L_{den,\alpha=1,1}$ in Figuur B3.11 t/m B3.13 beschreven. Figuren met de bevindingen voor de L_{den} 's met $\alpha=0,7$; 0,9; 1,3 en 1,5 staan in bijlage 1 van Bijlage GVG III.

Voor de Ke (Figuur B3.11) geldt dat voor de 'natuurlijke dood' of voor sterfte als gevolg van de vijf beschouwde doodsoorzaken er geen consistente samenhang is tussen de geluidbelasting en de HR. Dit geldt eveneens voor de L_{den} (Figuur B3.12) met de kanttekening dat voor sterfte door beroerte de HR van de één na hoogste blootstellingscategorie (55 tot 60 dB) statistisch significant is verhoogd (HR is ongeveer 1,5). Voor zowel de Ke als de L_{den} geldt dat de HR voor de hogere blootstellingscategorieën voor sterfte door hartfalen zijn verlaagd, zij het niet statistisch significant.

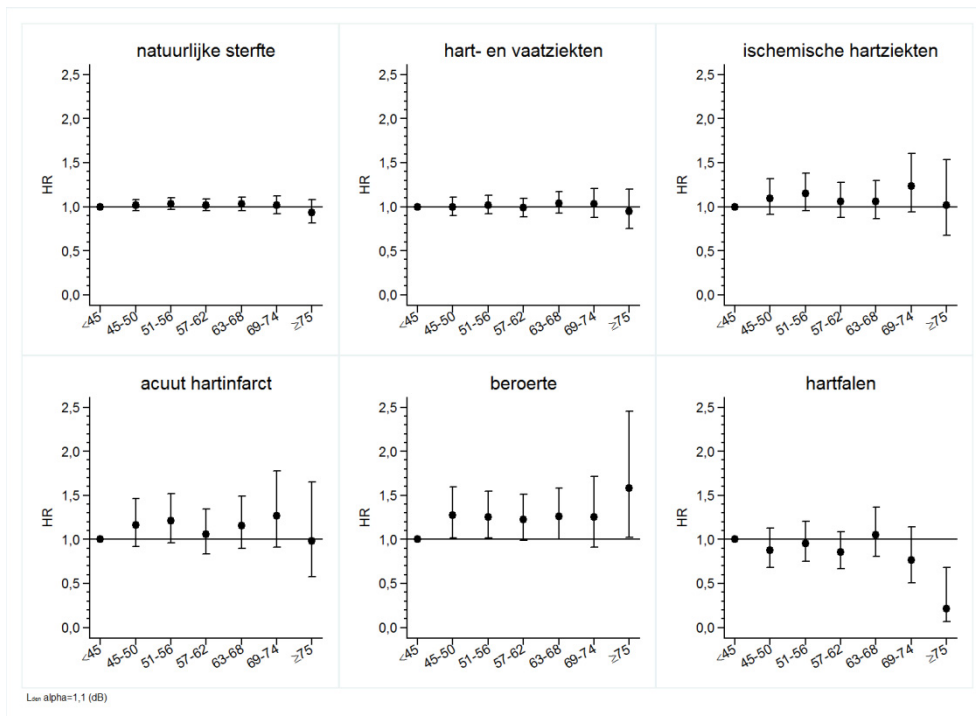
De resultaten voor de $L_{den,\alpha=1,1}$ (Figuur B3.13) laten voor de hoogste blootstellingscategorie een statistisch significante verhoogde HR zien voor sterfte door beroerte (HR=1,6) en een statistisch significante verlaagde HR voor sterfte door hartfalen (HR=0,2). Voor de $L_{den,\alpha=1,3}$ en de $L_{den,\alpha=1,5}$ vinden we voor sterfte door beroerte ook verhogingen in de hoogste blootstellingscategorieën, zij het minder uitgesproken dan voor de $L_{den,\alpha=1,1}$ het geval is (zie bijlage 1 van Bijlage GVG III).



Figuur B3.11 De samenhang de Ke (B) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.12 De samenhang de L_{den} (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.13 De samenhang de $L_{den, \alpha=1,1}$ (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Samenvattend

Uit de resultaten gepresenteerd in de Figuren B3.4 t/m B3.13 en de figuren in bijlage 1 van Bijlage GVG III komt naar voren dat voor een aantal geluidindicatoren de hazard-ratio voor de hoogste of een van de hoge blootstellingscategorieën statistisch significant is verhoogd voor sterfte als gevolg van een beroerte. De HR voor de hoogste blootstellingscategorie is statistisch significant verhoogd voor de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden, de TA_{75} , de TA_{80} , het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden en de $L_{den,\alpha=1,1}$. De HR ligt voor deze indicatoren in de orde van 1,5 dat willen zeggen dat het sterfterisico voor beroerte in deze blootstellingscategorie met ca. 50% is verhoogd.

Voor sterfte door hartfalen vinden we dat voor verschillende geluidindicatoren verlaagde hazard-ratio's. Dit geldt voor de hoogste blootstellingscategorie van de hoogste L_{Amax} in een jaar, de op 5 na hoogste L_{Amax} , de L_{Amax} die door 1% of door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden, de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 65 dB, de NA_{75} , NA_{80} , de TA_{70} , de TA_{80} , het geluidniveau dat ten minste 1n uur per jaar wordt overschreden en de $L_{den,\alpha=1,1}$. De HR varieert voor deze indicatoren tussen de 0,2 en 0,5 dat wil zeggen een verlaging met 50 tot 80%.

Voor sterfte door acuut myocard zijn er geen duidelijke verhogingen in relatie tot een oplopende geluidbelasting waargenomen. Dit geldt ook voor de 'natuurlijke dood' en sterfte door hart- en vaatziekten en door ischemische hartziekten. Incidenteel zijn HR's van blootstellingscategorieën verhoogd, maar er is geen consistente relatie met de geluidbelasting.

Vergelijking van het optreden van sterfte in relatie tot vliegtuiggeluid met dat rond andere luchthavens

Inleiding

De tweede doelstelling van het onderzoek was het vergelijken van het optreden van sterfte in relatie tot vliegtuiggeluid rond de vliegbasis Geilenkirchen met dat rond andere luchthavens in Nederland. In volgende paragraaf worden de bevindingen gerapporteerd die voor de luchthaven Schiphol zijn verkregen. Rond deze luchthaven is een groot deel van de woningen in Nederland met een geluidbelasting van 48 dB L_{den} te vinden. Het was, gezien de populatie die is blootgesteld, niet opportuun een dergelijke vergelijking voor andere luchtvaartterreinen in Nederland te maken. Conform de resultaten die eerder zijn gepresenteerd, worden de resultaten voor sterfte door beroerte en door hartfalen gepresenteerd. Daarnaast is, in het licht van de resultaten van de 'Zwitserse studie' sterfte door acuut hartinfarct bekeken. Vervolgens worden de resultaten voor Geilenkirchen met de resultaten voor Schiphol vergeleken.

Eerder zijn de bevindingen van onderzoek naar sterfte rond luchthavens in Zwitserland en rond de Britse internationale luchthaven Heathrow beschreven. Aan het eind van deze bijlage worden de resultaten van vliegbasis Geilenkirchen vergeleken met de bevindingen uit deze twee internationale onderzoeken.

Vergelijking met bevindingen rond Schiphol

Het aantal vliegbewegingen voor de luchthaven Schiphol in 2002 was 411.049.

Het rond Schiphol samengestelde cohort bestaat uit 872.851 deelnemers van 30 jaar en ouder die op 1 januari 2004 ten minste vijf jaar hetzelfde woonadres hadden in postcodegebieden die (deels) binnen de 48 dB contour van Schiphol lagen.

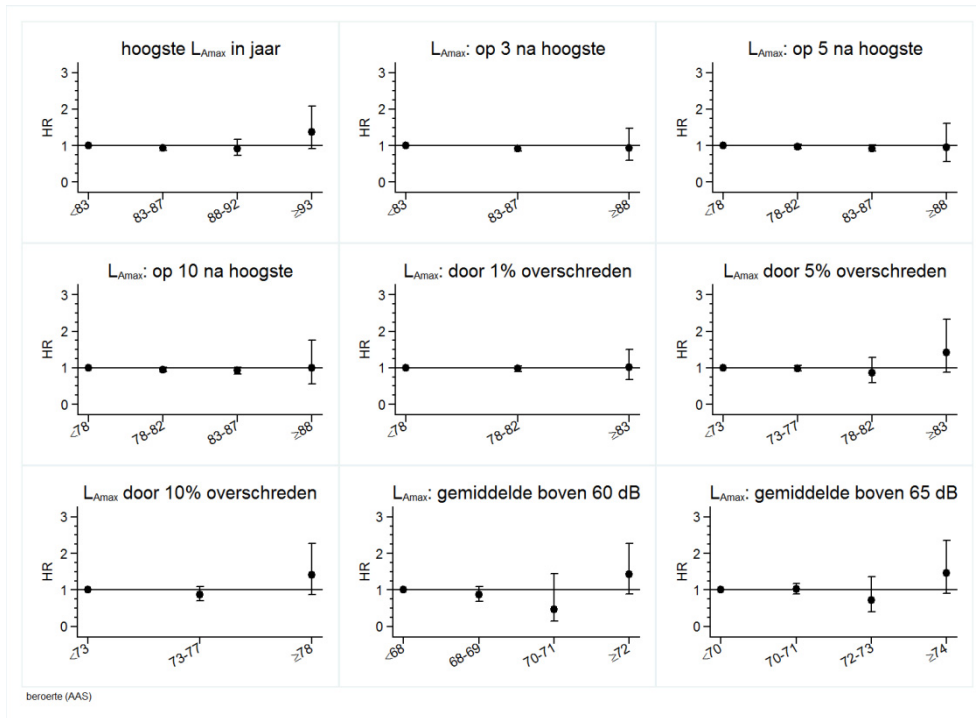
In Tabel B3.9 is de geluidbelasting van deze deelnemers weergegeven. In bijlage 2 van Bijlage GVG III is deze onderzoekspopulatie rond de luchthaven nader beschreven.

Tabel B3.9. Het aantal en aandeel blootgestelde cohortdeelnemers aan geluid van vliegverkeer naar blootstellingsklassen van 5 dB L_{den} in postcodegebieden die in 2002 (deels) binnen de 48 dB contour van Schiphol liggen

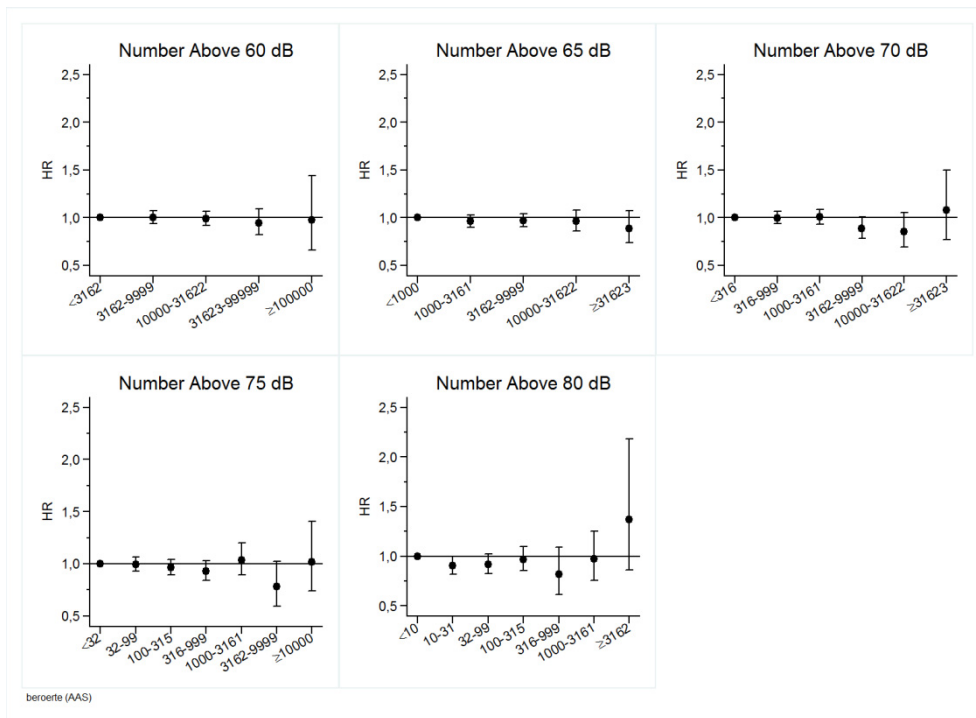
L_{den} (dB)	Aantal	Percentage
≤ 39	6.054	0,7
40 - 44	249.873	28,6
45 - 49	450.117	51,6
50 - 54	141.190	16,2
55 - 59	19.419	2,2
60 - 64	5.308	0,6
≥ 65	170	0,0
Totaal	872.851	100

In de Figuren B3.14 t/m B3.17 wordt voor de luchthaven Schiphol de samenhang beschreven tussen geluidindicatoren en sterfte door een beroerte. Er is onderscheid gemaakt in het type geluidindicator. In Figuur B3.14 zijn de resultaten voor de geluidindicatoren gebaseerd op het geluidniveau van passages weergegeven. Figuur B3.15 geeft de bevindingen voor de geluidindicatoren gebaseerd op het aantal passages weer. In Figuur B3.16 komen de geluidindicatoren gebaseerd op de tijdsduur van passages aan bod. De serie wordt afgesloten met de resultaten voor de geïntegreerde geluidindicatoren (Figuur B3.17).

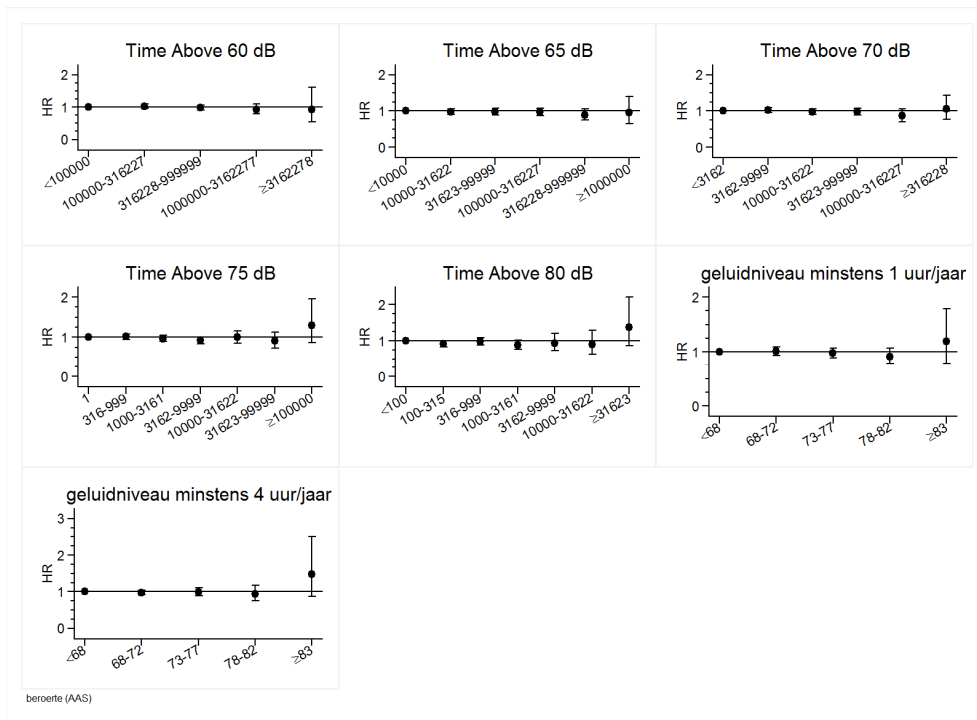
Voor de luchthaven Schiphol geldt dat er geen duidelijke samenhang is tussen de verschillende geluidindicatoren en sterfte door beroerte. Alleen voor de hoogste L_{Amax} in een jaar, de L_{Amax} die door 5% van de passages wordt overschreden, de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 60 of groter dan 65 dB, en de NA_{80} is er sprake van een verhoging van de HR in de hoogste blootstellingscategorie. Echter, voor geen van deze indicatoren is de verhoging statistisch significant.



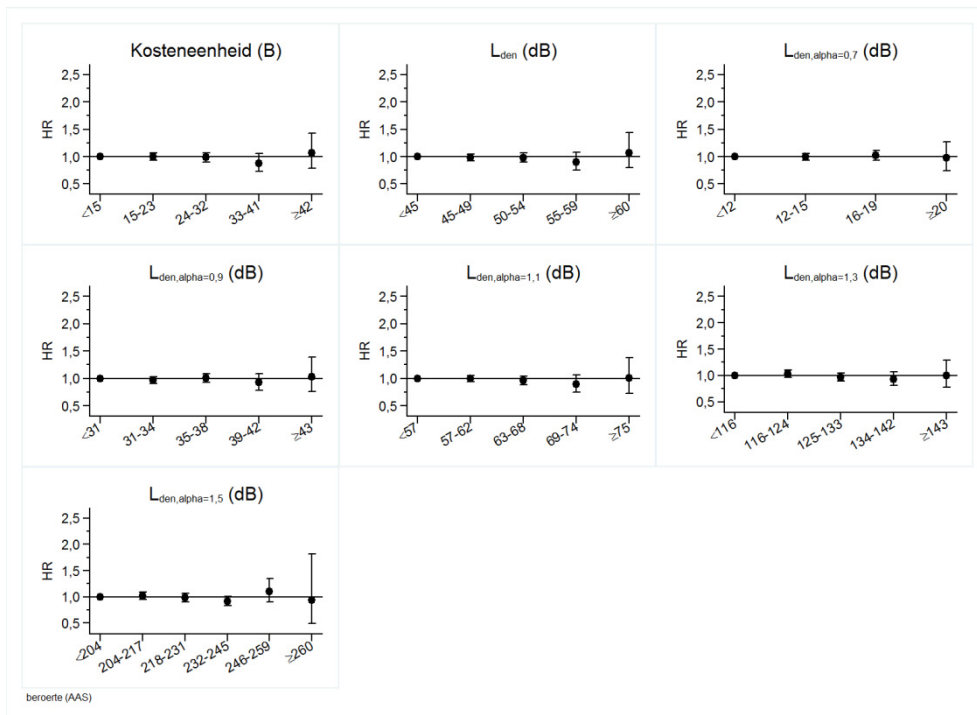
Figuur B3.14 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op het geluidniveau van passages (in dB) en de sterfte door een beroerte, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.15 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op het aantal passages per jaar en sterfte door een beroerte, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.16 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op de tijdsduur van passages in een jaar (seconden per jaar voor TA60, TA65, TA70, TA75 en TA80 en dB voor geluidniveau) en sterfte door een beroerte, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.17 De samenhang rond Schiphol tussen verschillende geïntegreerde geluidindicatoren (Ke in B en Lden in dB) en sterfte door een beroerte, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

De resultaten voor de luchthaven Schiphol van de verschillende geluidindicatoren in relatie tot sterfte door hartfalen of door een acuut hartinfarct zijn in bijlage 2 van Bijlage GVG III opgenomen. Uit de resultaten komen geen aanwijzingen naar voren dat de geluidbelasting rond Schiphol samenhangt met een verhoogd of verlaagd risico op sterfte door een acuut hartinfarct of door hartfalen.

De waarden van de geluidindicatoren in het gebied rond de vliegbasis Geilenkirchen en die in het gebied rond luchthaven Schiphol verschillen (in veel gevallen) aanzienlijk. Voor de indicatoren gebaseerd op het geluidniveau van de passages geldt dat de ondergrens van de hoogste blootstellingscategorie gehanteerd voor vliegbasis Geilenkirchen ca. 10 dB hoger ligt dan de ondergrens die voor de hoogste blootstellingscategorie voor de luchthaven Schiphol is gebruikt. Voor de indicatoren gebaseerd op het aantal passages of op de duur van passages geldt dat de ondergrens van de hoogste categorie gehanteerd voor Geilenkirchen een factor 3-30 lager ligt dan voor Schiphol is gebruikt. Alleen voor de indicatoren NA80, het geluidniveau dat gedurende ten minste 1 uur per jaar en het geluidniveau dat gedurende ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden komen de indelingen overeen.

Voor de L_{den} en de $L_{den,a=1,1}$ komen de hoogste blootstellingscategorieën voor Geilenkirchen en Schiphol overeen. Voor de K_e , de $L_{den,a=0,7}$ en de $L_{den,a=0,9}$ zijn de hoogste blootstellingscategorieën voor Geilenkirchen lager dan die voor Schiphol; voor de $L_{den,a=1,3}$ en de $L_{den,a=1,5}$ is dit andersom.

Deze verschillen in blootstellingscategorieën maken een kwantitatieve vergelijking tussen de bevindingen rond vliegbasis Geilenkirchen en die rond de luchthaven Schiphol beperkt mogelijk.

In Tabel B3.10 wordt het resultaat weergegeven van de vergelijking tussen de resultaten voor Geilenkirchen en voor Schiphol voor de vijf geluidindicatoren waarvan de hoogste blootstellingscategorie van de luchtvaartterreinen overeenkomt. Dit zijn de NA80, het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden, het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden, de L_{den} en de $L_{den,a=1,1}$. In de tabel zijn de resultaten voor sterfte door acuut hartinfarct, door beroerte en door hartfalen vermeld.

Een significantieniveau (p-waarde) kleiner dan of gelijk aan 0,025 duidt op een verhoogd sterfterisico voor Geilenkirchen ten opzichte van Schiphol. Een significantieniveau groter dan of gelijk aan 0,975 1 duidt op een verhoogd sterfterisico voor Schiphol ten opzichte van Geilenkirchen.

Tabel B3.10 Vergelijking tussen de resultaten voor Geilenkirchen en voor Schiphol voor sterfte door acuut hartinfarct, beroerte en hartfalen in de hoogste blootstellingscategorie voor vijf geluidindicatoren

Geluidindicator	Categorie	Hazard-rate en 95% betrouwbaarheidsinterval		p-waarde
		Geilenkirchen	Schiphol	
<i>Acuut hartinfarct:</i>				
NA ₈₀	≥3.162	0,86 [0,46-1,60]	0,56 [0,25-1,25]	0,20
Niveau ten minste 1 uur per jaar overschreden	≥83 dB	1,00 [0,71-1,40]	0,89 [0,53-1,48]	0,35
Niveau ten minste 4 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,92 [0,48-1,77]	0,39 [0,12-1,20]	0,10
L _{den}	≥60 dB	0,87 [0,35-2,14]	0,74 [0,50-1,10]	0,38
L _{den,a=1,1}	≥75 dB	0,98 [0,58-1,65]	0,79 [0,53-1,17]	0,26
<i>Beroerte:</i>				
NA ₈₀	≥3.162	1,05 [0,59-1,87]	1,37 [0,86-2,18]	0,76
Niveau ten minste 1 uur per jaar overschreden	≥83 dB	1,51 [1,14-2,01]	1,19 [0,79-1,79]	0,17
Niveau ten minste 4 uur per jaar overschreden	≥83 dB	1,25 [0,69-2,27]	1,48 [0,88-2,51]	0,66
L _{den}	≥60 dB	0,98 [0,41-2,37]	1,07 [0,80-1,44]	0,57
L _{den,a=1,1}	≥75 dB	1,58 [1,02-2,46]	1,00 [0,73-1,38]	0,05
<i>Hartfalen:</i>				
NA ₈₀	≥3.162	0,24 [0,06-0,98]	0,67 [0,28-1,62]	0,89
Niveau ten minste 1 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,53 [0,31-0,91]	0,83 [0,43-1,60]	0,85
Niveau ten minste 4 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,16 [0,02-1,17]	0,94 [0,39-2,25]	0,94
L _{den}	≥60 dB	0,28 [0,04-1,98]	0,88 [0,57-1,38]	0,87
L _{den,a=1,1}	≥75 dB	0,21 [0,07-0,68]	0,93 [0,59-1,47]	0,99

De resultaten voor sterfte door beroerte zijn het meest relevant omdat hiervoor een verhoogde HR in de hoogste blootstellingscategorie voor Geilenkirchen is aangetroffen. Voor de combinatie L_{den,a=1,1} en sterfte door beroerte is de HR van Geilenkirchen (1,58) verhoogd ten opzichte van die van Schiphol (1,00). Dit geldt ook voor het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden (1,51 versus 1,19). De verschillen zijn echter niet statistisch significant (p= 0,05 respectievelijk p=0,17). Voor de overige drie geluidindicatoren komen voor sterfte door beroerte geen duidelijke verschillen tussen de luchtvaartterreinen aan het licht.

Voor sterfte door acuut hartinfarct zijn er geen verschillen tussen Geilenkirchen en Schiphol voor de sterfterisico's in de hoogste blootstellingscategorie van de vijf geluidindicatoren.

Voor sterfte door hartfalen is de HR voor Geilenkirchen lager dan die voor Schiphol. Voor de $L_{den,\alpha=1,1}$ is het verschil statistisch significant ($p=0,99$).

Vergelijking met bevindingen uit internationale onderzoeken naar sterfte
In de 'Zwitserse studie' (Huss et al., 2010) en het onderzoek rond Heathrow (Hansell et al., 2010) is de samenhang tussen geluidbelasting en vroegtijdige sterfte alleen met geïntegreerde geluidindicatoren onderzocht, zodat een vergelijking met de resultaten voor Geilenkirchen alleen voor dit type geluidindicatoren mogelijk is. In het onderzoek in Zwitserland was de geluidindicator de L_{dn} ; deze indicator is vrijwel identiek aan de L_{den} . In het onderzoek rond Heathrow is de $L_{Aeq,16u}$ gebruikt. Daarnaast is de L_{night} apart in het onderzoek beschouwd. Voor de onderlinge vergelijking is gebruikgemaakt van de $L_{Aeq,16u}$ omdat deze een groter deel van het etmaal beslaat dan de L_{night} en daardoor beter overeenkomt met de L_{den} . De inschatting is dat voor Heathrow de $L_{Aeq,16u}$ het niveau van de L_{den} met ca. 1 dB onderschat. Voor de vergelijking is dit een aanvaardbare afwijking.

In de hoogste blootstellingscategorie ($\geq 60 L_{den}$) zijn 1638 cohort-deelnemers rond de vliegbasis Geilenkirchen opgenomen. In de 'Zwitserse studie' woonde 0,3% van de onderzoekspopulatie (ca. 14.000 inwoners) in de hoogste categorie ($\geq 60 L_{dn}$). In de publicatie over Heathrow is het resultaat voor de categorie 61-63 dB $L_{Aeq,16u}$ en voor de categorie >63 dB $L_{Aeq,16u}$ afzonderlijk gerapporteerd. De resultaten van deze twee categorieën zijn eerst met een meta-analyse 'gepooled' (Harris et al., 2008) tot een waarde voor de categorie $L_{Aeq,16u} >60$ dB. In deze gecombineerde categorie woonden rond Heathrow ca. 99.000 inwoners.

Voor vier doodsoorzaken is een vergelijking tussen de drie onderzoeken mogelijk. De resultaten zijn in Tabel B3.11 vermeld.

Tabel B3.11 Vergelijking tussen de resultaten in de hoogste blootstellingscategorie voor sterfte door acuut hartinfarct, beroerte, ischemische hartziekten en alle hart- en vaatziekten voor Geilenkirchen, Zwitserland en Heathrow

Doods- oorzaak	Hazard-rate en 95% betrouwbaarheidsinterval			p-waarde	
	Geilenkirchen (≥ 60 L _{den})	Zwitserland (≥ 60 L _{dn})	Heathrow (> 60 dB L _{Aeq,16u})	Geilen- kirchen versus Zwitser- land	Geilen- kirchen versus Heath- row
Acuut hartinfarct	0,86 [0,35-2,14]	1,30 [0,96-1,76]	n.v.t.	0,80	n.v.t.
Beroerte	0,98 [0,41-2,37]	0,83 [0,61-1,13]	1,16 [1,00-1,36]	0,36	0,65
Ischemische hartziekten	1,05 [0,53-2,08]	n.v.t.	1,16 [1,06-1,27]	n.v.t.	0,61
Hart- en vaatziekten	0,87 [0,57-1,34]	0,99 [0,89-1,10]	1,15 [1,07-1,25]	0,71	0,90

Uit de vergelijking blijkt dat de resultaten voor Geilenkirchen niet statistisch significant afwijken van die van de 'Zwitserse studie' en die van het onderzoek rond Heathrow.

Samenvattend

Voor een groot aantal geluidindicatoren verschilt de mate van blootstelling tussen vliegbasis Geilenkirchen en luchthaven Schiphol. Afhankelijk van het type indicator is de hoogste blootstellingscategorie bij Geilenkirchen hoger (indicatoren gebaseerd op geluidniveau van passages, L_{den,a=1,3} of L_{den,a=1,5}) of lager (indicatoren gebaseerd op aantal of duur van de passages, L_{den,a=0,7}, L_{den,a=0,9} of Ke) dan die bij Schiphol.

Voor vijf geluidindicatoren komt de hoogste blootstellingscategorie overeen: de NA80, het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden, het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden, de L_{den} en de L_{den,a=1,1}. Voor deze geluidindicatoren komen geen statistisch significante verschillen tussen de luchtvaartterreinen aan het licht, met uitzondering van de combinatie L_{den,a=1,1} en sterfte door hartfalen waarvoor de HR voor Geilenkirchen lager is dan die voor Schiphol.

Een vergelijking van de resultaten van vliegbasis Geilenkirchen met die uit internationale onderzoeken is alleen mogelijk op basis van de L_{den}. Uit deze vergelijking komt naar voren dat er geen statistisch significante verschillen zijn tussen de resultaten gevonden rond vliegbasis Geilenkirchen en die in de 'Zwitserse studie' (voor acuut hartinfarct, beroerte en alle hart- en vaatziekten) of die rond Heathrow (voor beroerte, ischemische hartziekten en alle hart- en vaatziekten). De populatie die rond vliegbasis Geilenkirchen aan een geluidbelasting ≥ 60 dB L_{den} is blootgesteld is relatief klein (ca. 1600) zodat de resultaten in relatie tot de L_{den} met een relatief grote onzekerheid zijn omgeven. Dit kan mede een reden zijn dat de resultaten onderling niet verschillen.

Discussie

Inleiding

Hieronder worden de belangrijkste bevindingen en de sterke en zwakke punten van het onderzoek besproken.

De belangrijkste bevindingen

De vragen van het onderzoek waren:

- Wat is de samenhang tussen de langetermijnblootstelling aan vliegtuiggeluid aan de hand van uiteenlopende geluidkenmerken van (luide) vliegtuigpassages en het optreden van (oorzaak-specifieke) sterfte in de Nederlandse regio rond de Duitse vliegbasis Geilenkirchen?
- Hoe verhoudt zich het sterfterisico in relatie tot vliegtuiggeluid rond de vliegbasis Geilenkirchen met dat rond andere luchthavens in Nederland?

Voor sterfte als gevolg van een beroerte is de hazard-ratio in de hoogste blootstellingscategorie voor een vijftal geluidindicatoren statistisch significant verhoogd: de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden, de TA_{75} , de TA_{80} , het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden en de $L_{den,\alpha=1,1}$. Het sterfterisico voor beroerte is in deze categorie met circa 50% verhoogd. Er zijn geen aanwijzingen voor een blootstelling-respons relatie tussen de geluidbelasting en het sterfterisico.

Voor verschillende geluidindicatoren is de hazard-ratio voor sterfte door hartfalen in de hoogste blootstellingscategorie 50 tot 80% verlaagd. Dit geldt voor de hoogste L_{Amax} in een jaar, de 5 na hoogste L_{Amax} , de L_{Amax} die door 1% of door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden, de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 65 dB, de NA_{75} , NA_{80} , de TA_{70} , de TA_{80} , het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden en de $L_{den,\alpha=1,1}$.

Voor sterfte door een acuut hartinfarct zijn er geen verbanden met de geluidbelasting. Dit geldt ook voor 'natuurlijke dood' en sterfte door ischemische hartziekten en door alle hart- en vaatziekten.

Het is niet zonder meer duidelijk dat een bepaald type geluidindicator de verhoogde sterfterisico's voor beroerte 'beter' beschrijft dan andere typen indicatoren. Uitzonderingen zijn de geluidindicatoren die gebaseerd zijn op het aantal passages, wat vanwege het relatief geringe aantal passages vanaf vliegbasis Geilenkirchen ten opzichte van dat van andere luchthaventerreinen mocht worden verwacht.

Wanneer de HR in de hoogste blootstellingscategorie van vliegbasis Geilenkirchen wordt vergeleken met die van luchthaven Schiphol, dan blijkt de vergelijking maar voor een beperkt aantal indicatoren mogelijk (5 van de 28). De hoogste blootstellingscategorie rond beide luchthavens kan voor de verschillende geluidindicatoren aanmerkelijk verschillen door de grote verschillen in aantal vliegbewegingen en samenstelling van de vloot.

Van de vijf geluidindicatoren die rond Geilenkirchen voor sterfte door beroerte een statistisch significante HR in de hoogste blootstellingscategorie laten zien, is voor twee indicatoren een vergelijking met het resultaat van Schiphol mogelijk. Voor het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden en de $L_{den,\alpha=1,1}$ wijken de verhoogde HR's (respectievelijk 1,51 en 1,58) in de hoogste

blootstellingscategorie niet statistisch significant af van die rond Schiphol (1,19 en 1,00).

Een vergelijking van de resultaten met die uit onderzoeken in Zwitserland en rond Heathrow kan alleen voor de L_{den} . In deze onderzoeken werd een verhoogd sterfterisico gevonden voor acuut hartinfarct (Zwitserland), hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten en beroerte (Heathrow). In het Zwitserse onderzoek was er een verhoging in de hoogste blootstellingscategorie; er was geen duidelijke blootstelling-responsrelatie. Voor het onderzoek rond Heathrow was er alleen voor sterfte door ischemische hartziekten sprake van een blootstelling-responsrelatie.

Er komen geen statistisch significante verschillen naar voren in de grootte van het effect in de hoogste blootstellingscategorie (≥ 60 dB L_{den}) van vliegbasis Geilenkirchen met die uit de twee andere onderzoeken. Het aantal inwoners in de hoogste blootstellingscategorie is rond Geilenkirchen aanmerkelijk lager dan in de andere onderzoeken (ca. 1600 versus ruim 14.000 in de 'Zwitserse studie' en bijna 100.000 rond Heathrow), wat mede kan verklaren waarom verschillen niet aan het licht komen.

Dit betekent dat de bevindingen van dit deel van het onderzoek in dezelfde richting wijzen als die van de 'Zwitserse studie' en die van het onderzoek rond Heathrow: een verhoogd risico voor sterfte aan een (cardio)vasculaire aandoening in de hoogste blootstellingscategorie, geen duidelijke blootstelling-responsrelatie.

Opvallend is dat uit het onderzoek naar voren komt dat het risico op sterfte door hartfalen rond de vliegbasis Geilenkirchen is verlaagd in de hoogste blootstellingscategorie van een aantal geluidindicatoren. Zowel in het Zwitserse onderzoek als in het onderzoek rond Heathrow is hartfalen niet onderzocht, zodat een onderlinge vergelijking van de resultaten niet mogelijk is. Uit de resultaten voor Schiphol komen geen aanwijzingen naar voren dat er een samenhang is tussen de geluidbelasting en het risico op sterfte door hartfalen.

Bekend is dat een minderheid van de mensen die leiden aan hartfalen, bij sterfte wordt gecodeerd als gestorven als gevolg van hartfalen (Engelfriet et al., 2011). Hartfalen kan worden geïnterpreteerd als een wijze van overlijden, en niet zozeer als de onderliggende doodsoorzaak, zodat bij sterfte andere doodsoorzaken worden geregistreerd. Ook is de betrouwbaarheid van de codering van hartfalen als doodsoorzaak minder goed dan die voor hartinfarct en iets minder goed dan die voor beroerte (Harteloo et al., 2010). De kans op misclassificatie van de doodsoorzaak is voor hartfalen groter, maar het is niet waarschijnlijk dat dit alleen het gevonden resultaat kan verklaren.

Een mogelijke andere verklaring is dat mensen die aan de chronische aandoening hartfalen leiden vaker geneigd zijn uit het hoog geluidbelaste gebied te verhuizen dan mensen die hieraan niet leiden. De reden voor verhuizen zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat zij meer hinder ervaren doordat ze door hun aandoening meer aan huis zijn gebonden of dat ze zich door hun gezondheidstoestand meer zorgen over de gezondheidseffecten van vliegtuiggeluid maken. Het bleek uit (niet gepresenteerde) resultaten van nadere statistische analyse dat mensen woonachtig in het hoog geluidbelaste gebied niet vaker verhuisden dan mensen die bij lagere geluidniveaus woonden. Helaas was het hierbij niet mogelijk een onderscheid te maken tussen mensen die wel en niet aan hartfalen leidden, omdat deze informatie niet beschikbaar is.

Sterke en zwakke punten van het onderzoek

De onderzoeksopzet en de beschikbare variabelen zijn goed vergelijkbaar met de 'Zwitserse studie' en is, door de individuele gegevens die beschikbaar waren, beter dan de recente ecologische studie rond Heathrow.

De duur van de 'follow-up' is in ons onderzoek zeven jaar en de regio-dekkende registratie die leidde tot een selectie van meer dan 300.000 deelnemers die ten minste van 1999 tot 2004 op hetzelfde adres woonden betekent dat er voldoende tijd verstreek om een substantieel aantal sterfgevallen (ruim 32.000, ca. 10% van de populatie van 30 jaar en ouder) in de statistische analyses te kunnen betrekken. Zover bekend is het de eerste keer dat een dergelijk onderzoek met CBS-gegevens op individueel niveau in Nederland wordt gerapporteerd.

Evenals in de 'Zwitserse studie' is gebruikgemaakt van gegevens die in registraties zijn opgenomen. Het type gegevens kwam tussen beide onderzoeken grotendeels overeen. In plaats van opleidingsniveau was voor ons onderzoek het gestandaardiseerde huishoudinkomen als kenmerk voor de individuele sociaaleconomische status beschikbaar. In beide onderzoeken is daarnaast nog gecorrigeerd voor de sociaaleconomische status van het gebied waarin het woonadres is gelegen. Voor het effect van andere milieufactoren op het woonadres (geluid afkomstig van wegverkeer en railverkeer, luchtverontreiniging) is in de analyses gecorrigeerd.

Het bleek niet mogelijk om de geluidbelasting van vóór het jaar 2000 vast te stellen; de gebruikte blootstelling is kenmerkend voor de periode 2000-2005. Dit is de periode die vooraf gaat aan de start van het onderzoek zoals te doen gebruikelijk in cohortonderzoek.

De blootstelling van de onderzoekspopulatie is zeer uitvoerig gekarakteriseerd door 28 verschillende geluidindicatoren in het onderzoek te betrekken. Zover ons bekend zijn niet eerder in epidemiologische studies zoveel verschillende geluidindicatoren in relatie met gezondheid of sterfte onderzocht. Ook werd het vliegverkeer van de luchthaven Maastricht-Aachen Airport in de modellering verdisconteerd. Uit de resultaten blijkt dat de aanwezigheid van dit vliegveld ertoe heeft geleid dat de onderlinge samenhang tussen de verschillende geluidindicatoren afneemt. Dit verhoogde de kans, dat het duidelijker zou worden welke geluidindicatoren mogelijk bijdragen aan het risico op vroegtijdige sterfte.

Desondanks is er niet duidelijk geworden welk type geluidindicator het 'beste' in staat is de sterfterisico's voor beroerte in relatie tot de geluidbelasting aan te duiden. Dat er geen duidelijk verschil tussen de indicatoren aan het licht komt is mede het gevolg van het relatief geringe aantal inwoners dat (in vergelijking met internationale luchthavens) in het uitgevoerde onderzoek aan hogere geluidbelasting is blootgesteld en door de kleine sterfterisico's waarnaar wordt gekeken. Het is dan ook de vraag of het onderzoek voldoende onderscheidend vermogen heeft om verschillen tussen indicatoren te kunnen vaststellen, ondanks dat de populatie in het onderzoek door het gebruik van registratiesystemen is gemaximaliseerd. Zodoende is het niet mogelijk om uitspraken te doen over het eventuele extra risico dat luide passages van AWACS-toestellen met zich meebrengen ten opzichte van passages van toestellen die in de burgerluchtvaart worden gebruikt.

Van de verschillende typen indicatoren die onderzocht zijn, verdienen indicatoren die de tijdduur van vliegtuigpassages beschrijven in toekomstig (internationaal) onderzoek naar gezondheidseffecten meer aandacht. In de hoogste blootstellingscategorie van de TA75, de TA80 en het geluidniveau dat tenminste een uur per jaar wordt overschreden is een verhoogd risico voor beroerte vastgesteld. Het zou wenselijk zijn als de effecten van deze indicatoren ook in grote populaties zouden kunnen worden vastgesteld.

De koppeling tussen de 'upload' met gegevens over de blootstelling van de woonadressen van het RIVM en de woonadressen van het CBS verliep nog niet vlekkeloos omdat de schrijfwijze van adressen en huisnummertoevoegingen verschilde. Desondanks kon aan meer dan 98% van de woonadressen van de onderzoekspopulatie een blootstelling worden toegewezen.

Het ontbreken van informatie over leefstijlfactoren die belangrijke risicofactoren voor hart- en vaataandoeningen zijn (roken, overgewicht, bewegen, voeding/cholesterol) is de belangrijkste tekortkoming van het uitgevoerde onderzoek. Er kan niet worden uitgesloten dat de resultaten van het onderzoek door deze ontbrekende informatie zijn vertekend, ondanks dat we met 'shared-frailty' modellen getracht hebben deels te corrigeren voor verschillen in niet-gemeten risicofactoren tussen postcodegebieden. Het gevolg is dat er nu geen onomstotelijke conclusies aan de bevindingen van het onderzoek kunnen worden verbonden, omdat niet voor leefstijlfactoren kon worden gecorrigeerd. Zover bekend is er één cohortonderzoek naar de effecten van geluid (wegverkeer) op sterfte waarin informatie over leefstijlfactoren onder de deelnemers was verzameld (Beelen et al., 2009). In dat onderzoek is alleen de informatie over rookgewoonten in de statistische analyses gebruikt. Er is niet gerapporteerd of deze factor de relatie tussen geluid en sterfte beïnvloedde.

Wel zijn er onderzoeken naar de relatie tussen geluid en de incidentie van hart- en vaataandoeningen waarin het effect van het corrigeren voor individuele risicofactoren is beschreven. We beperken ons tot de beschrijving van een aantal grotere onderzoeken, omdat in de kleinere onderzoeken door de groepsgrootte eventuele verschillen tussen gecorrigeerde en niet-gecorrigeerde resultaten minder duidelijk zijn. In een cohort onderzoek van Sørensen et al. (2011) onder circa 57.000 deelnemers naar de relatie tussen wegverkeersgeluid en de incidentie van beroerte verminderde het relatief risico van 1,18 (95% BI 1,11-1,26) per 10 dB verandering van de Lden naar 1,14 (95% BI 1,03-1,25) wanneer voor roken, voeding, gewicht en fysieke inspanning werd gecorrigeerd. Voor de incidentie van een hartinfarct daalde het relatief risico licht van 1,14 (95% BI: 1,06-1,23) naar 1,12 (95% BI: 1,02-1,22) (Sørensen et al., 2012). In een dwarsdoorsnelde onderzoek van Floud et al. (2013) onder 4.700 deelnemers verzwakte de relatie tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en de prevalentie van zelfgerapporteerde hart- en vaataandoeningen van 1,36 (95% BI 1,10-1,59) per 10 dB Lnight naar 1,24 (95% BI 1,03-1,50), nadat leeftijd, geslacht, BMI, opleidingsniveau en etniciteit aan het statistisch model werden toegevoegd. In een cohort onderzoek van de Kluizenaar et al. (2013) onder circa 18.000 deelnemers naar de samenhang tussen geluid van wegverkeer en ziekenhuisopnamen voor ischemische hartziekten of beroerte bleef het relatief risico vrijwel gelijk (van 1,02 - 95% BI: 0,94-1,10 - per 10 dB Lden naar 1,01 - 95% BI: 0,94-1,09) na verdere correctie voor BMI, rookgewoonte, opleiding, bewegen, burgerlijke status, alcoholgebruik, sociaaleconomische categorie en financiële situatie. Uit deze bevindingen komt het beeld naar voren dat een correctie in het statistische model met meer potentieel verstorende variabelen tot een (kleine) daling van het relatief risico kan leiden. Echter, in de hierboven

genoemde onderzoeken van Floud et al. en van de Kluizenaar et al. wordt het verschil mede veroorzaakt door factoren die wel in de Cox modellen waren opgenomen (bijv. sociaaleconomische status, burgerlijke status). Verder geldt dat hierboven het effect voor de totale onderzoekspopulatie is beschreven; (kleinere) subgroepen (bijvoorbeeld blootstellingscategorïen) kunnen hiervan afwijken. Zodoende is het niet goed mogelijk om de resultaten van andere studies over het mogelijk effect van het opnemen van leefstijlfactoren in de statische modellen te vertalen naar de gevolgen voor de bevindingen uit dit onderzoek.

Uit eerder onderzoek in Nederland is gebleken dat er een samenhang is tussen rookgewoonten en sterfte, wanneer rookgewoonten die tientallen jaren zijn verzameld worden gebruikt. Recente gegevens over roken hebben een veel minder sterke samenhang met sterfte (Kunst et al., 1993). Voor zover bekend zijn er geen registraties van rookgewoonten uit een verder verleden voor de regio beschikbaar waarmee, bijvoorbeeld als postcodekenmerk, in de statistische analyses kan worden gecorrigeerd.

We verwachten de komende jaren enkele verbeteringen aan te kunnen brengen waardoor we in de toekomst beter voor het effect van ontbrekende leefstijlfactoren kunnen corrigeren. Zo corrigeerden we in een landelijk onderzoek naar de effecten van luchtverontreiniging op sterfte (Fischer et al., gesubmit) voor de geschatte bijdrage van roken aan sterfte uit een onderzoek van Janssen en Spriensma (2012). Deze schattingen zijn alleen voor COROP-gebieden beschikbaar. Zuid-Limburg bestaat uit één COROP-gebied, zodat met deze cijfers niet voor verschillen binnen het onderzoeksgebied konden worden gecorrigeerd.

Conclusies

Het in dit rapport beschreven onderzoek maakt onderdeel uit van het brede Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen. Dit rapport beschrijft de samenhang tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en vroegtijdige sterfte in de Nederlandse regio rond de Duitse vliegbasis Geilenkirchen en vergelijkt de resultaten met die rond andere (inter)nationale luchthavens zijn verkregen. Dit onderzoek werd op een vrijwel identieke wijze uitgevoerd als het onderzoek naar de relatie tussen vliegtuiggeluid en sterfte dat eerder in Zwitserland is uitgevoerd en waarvan de resultaten mede aanleiding waren voor het starten van het Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen. Een belangrijk verschil met de 'Zwitserse studie' is dat in ons onderzoek ook geluidindicatoren zijn beschouwd die verschillende geluidkenmerken van (luide) vliegtuigpassages beschrijven.

De conclusies van het onderzoek zijn:

- Het risico voor sterfte als gevolg van een beroerte is voor verschillende geluidindicatoren in de hogere blootstellingscategorïen met circa 50% verhoogd. Er is echter geen duidelijke blootstelling-responsrelatie (geen consistent oplopend risico bij toenemende blootstelling).
- Het risico voor sterfte als gevolg van hartfalen is voor verschillende geluidindicatoren met 50 tot 80% verlaagd in de hoogste blootstellingscategorie.

- Uit het onderzoek komen geen aanwijzingen naar voren dat de andere onderzochte doodsoorzaken (natuurlijke dood en sterfte door hart- en vaatziekten, door ischemische hartziekten of door een acuut hartinfarct) een samenhang met de geluidbelasting hebben.
- Vanwege het ontbreken van informatie over leefstijlfactoren, kan niet worden uitgesloten dat de resultaten van het onderzoek zijn vertekend. Het is daarom niet mogelijk onomstotelijke conclusies aan de resultaten van het onderzoek te verbinden.
- Voor 5 van de 28 geluidindicatoren is een vergelijking van het sterfterisico in de hoogste blootstellingscategorie met die voor de luchthaven Schiphol mogelijk. De sterfterisico's voor Geilenkirchen zijn in deze categorie niet statistisch significant hoger dan die voor Schiphol.
- Het is niet zonder meer duidelijk dat een bepaald type geluidindicator 'beter' in staat is de verhoogde sterfterisico's voor beroerte in relatie tot de geluidbelasting te beschrijven dan andere typen indicatoren. Het is dan ook niet mogelijk om aan te geven of de passages van AWACS-toestellen een extra risico met zich meebrengen ten opzichte van de passages van toestellen die in de burgerluchtvaart worden gebruikt.
- De bevindingen uit het onderzoek wijzen in dezelfde richting als die van de 'Zwitserse studie' en die van het onderzoek rond luchthaven Heathrow: een verhoogd risico voor sterfte aan een vasculaire aandoening in de hoogste blootstellingscategorie, echter geen duidelijke blootstelling-responsrelatie.
- Vanwege het verhoogde risico voor sterfte als gevolg van beroerte wordt aanbevolen over een aantal jaren een herhaling van het onderzoek uit te voeren, echter alleen dan als in dat onderzoek, naast demografische en sociaaleconomische aspecten ook leefstijlfactoren kunnen worden betrokken.

Referenties

- Alders, M. (2001). Classification of the population with a foreign background in the Netherlands. In: Centre d'Etudes et de Recherches Internationales INdED, editor. *The Measure and Mismeasure of Populations. The statistical use of ethnic and racial categories in multicultural societies.*, Paris.
- Babisch, W., van Kamp, I. (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise and Health*, 11 (44), pp. 161-168.
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clarck, C., Janssen, S., Stansfeld, S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X) Available online 30 October 2013.
- Beelen, R., Hoek, G., Houthuijs, D., van den Brandt, P.A., Goldblom, R.A., Fischer, P., Schouten, L.J., Armstrong, B., Brunekreef, B. (2009). The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. *Occup Environ Med*, 66(4):243-50.
- Blom, W.F. (ed). (2008). Modelling local environmental quality and its impact on health. Background document for an international scientific audit of PBL team LOK.PBL rapport 550034001. Bilthoven.
- Correia, A.W., Peters, J.L., Levy, J.I., Steven, M.S., Dominici, F. (2013). Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular diseases: multi-airport retrospective study. *BMJ* 347:f5561 doi: 10.1136/bmj.f5561.
- Engelfriet, P.M., Hoogenveen, R.T., Boshuizen, H.C., van Baal, P.H. (2011). To die with or from heart failure: a difference that counts: is heart failure underrepresented in national mortality statistics? *Eur J Heart Fail*. 13(4):377-83.
- Fields, J.M. (1984). The effect of number of noise events on people's reactions to noise: An analysis of existing survey data. *J Acoust Soc Am*. 75(2):447-467
- Fischer, P., Marra, M., Ameling, C., Hoek, G., Beelen, R., de Hoogh, K., Breugelmans, O., Kruize, H., Janssen, N.A.H., Houthuijs, D. Air pollution and Mortality in the Netherlands - The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). Submitted.
- Floud, S., Blangiardo, M., Clark, C., De Hoogh, K., Babisch, W., Houthuijs, D., Swart, W., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Velonakis, M., Vigna-Taglianti, F., Cadum, E., Hansell, A.L. (2013). Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries: A cross-sectional study. *Env Health*. 12 (1), art. no. 89.
- Frerichs, R.R., Beeman, B.L., Coulson, A.H. (1980a). Los Angeles Airport noise and mortality – faulty analysis and public policy. *American Journal of Public Health* 70 (4): 357-362.
- Frerichs, R.R., Beeman, B.L., Coulson, A.H. (1980b). Comments on 'Los Angeles Airport noise and mortality – faulty analysis and public policy'. Frerichs, et al, Respond. *American Journal of Public Health* 70 (5): 543-544.
- Hansell, A.L., Blangiardo, M., Fortunato, L., Floud, S., de Hoogh, K., Fecht, D., Ghosh, R.E., Laszlo, H.E., Pearson, C., Beale, L., Beevers, S., Gulliver, J., Best, N., Richardson, S., Elliott, P. (2013). Noise and cardiovascular disease

- near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ* 347:f5432 doi: 10.1136/bmj.f5432 (Published 8 October 2013)
- Harris, R., Bradburn, M., Deeks, J., Harbord, R., Altman, D., Sterne, J. (2008). Metan: fixed- and random-effects meta-analysis. *The Stata Journal* 8: 3–28.
- Harteloh, P., de Bruin, K., Kardaun, J. (2010). The reliability of cause-of-death coding in The Netherlands. *Eur J Epidemiol.* 25 (8): 531-538.
- Heisterkamp, S.H., Doornbos, G., Nagelkerke, N.J.D. (2000). Assessing health impact of environmental pollution sources using space-time models. *Statistics in Medicine*; 19: 2569-2578.
- Hogehuis, R.H., den Boer, M., Bergmans, D.H.T. (2013). Overzicht geluidmaten en geluidberekeningen. Rapportage in het kader van gezondheidsonderzoek Zuid-Limburg. NLR, Amsterdam.
- Houthuijs, D.J.M., van Wiechen, C.M.A.G. (2006). Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol. RIVM Rapport 630100003, RIVM, Bilthoven.
- Huss, A., Spoerri, A., Egger, M., Röösli, M. (2010). Swiss National Cohort Study Group. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology.* 21(6):829-836.
- Jabben, J., Verheijen, E.N.C., du Pon, B. (2009). Monitoring luchtvaartgeluid. Trends in de geluidbelasting door luchtvaart. RIVM Rapport 680555003. Bilthoven.
- Janssen, F., Spriensma, A.S. (2012). The contribution of smoking to regional mortality differences in the Netherlands. *Demographic Research* 27: 233-60.
- Knol, F.A. (1998). From High to Low, from Low to High: The Social and Environmental Development of Neighbourhoods [Van Hoog Naar Laag, Van Laag Naar Hoog: De Sociaalruimtelijke Ontwikkeling Van Wijken.]. Rijswijk, the Netherlands: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Kluzenaar de, Y., Van Lenthe, F.J., Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J., Miedema, H.M.E., Mackenbach, J.P. (2013) Road traffic noise, air pollution components and cardiovascular events. *Noise and Health* 15 (67): 388-397.
- Kunst, A.E., Looman, C.W., Mackenbach, J.P. (1993). Determinants of regional differences in lung cancer mortality in The Netherlands. *Soc Sci Med* 37 (5):623-631
- Lim, S.S. et al. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380: 2224–2260.
- Meecham, W.C., Shaw, N. (1979). Effects of jet noise on mortality rates. *British Journal of Audiology.* 13: 77-80.
- Meecham, W.C., Shaw, N. (1980). Comments on 'Los Angeles Airport noise and mortality – faulty analysis and public policy'. *American Journal of Public Health.* 70 (5): 543.
- Meecham, W.C., Shaw, N.A. (1993). Anstieg von Mortalitätsraten durch Fluglärm. *Schr.-Reihe Verein WaBoLu* 88:428-441.
- Miedema, H.M.E., Vos, H., de Jong, R.G. (2000). Community reaction to aircraft noise: Time of-day penalty and tradeoff between levels of overflights. *J Acoust Soc Am.* 107(6):3245-3253.

- Schram, H.E., Houthuijs, D.J.M., Franssen, E.A.M., Lebret, E. (2001). Overwegingen bij nader onderzoek naar hart-en vaatziekten in de regio Schiphol. Bilthoven: RIVM Rapport 441520017.
- Sonsbeek, J.L.A. van. (2005). Van de schaduw des doods tot een licht ten leven. De historie van de methodiek van de doodsoorzakenstatistiek in Nederland 1865–2005. Voorburg. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Sørensen, M., Hvidberg, M., Andersen, Z.J., Nordborg, R.B., Lillelund, K.G., Jakobsen, J., Tjønneland, A., Overvad, K., Raaschou-Nielsen, O. (2011). Road traffic noise and stroke: A prospective cohort study. *Eur Heart Journal*, 32 (6): 737-744.
- Sørensen, M., Andersen, Z.J., Nordborg, R.B., Jensen, S.S, Lillelund, K.G., Beelen, R., Schmidt, E.B., Tjønneland, A., Overvad, K., Raaschou-Nielsen, O. (2012). Road traffic noise and incident myocardial infarction: A prospective cohort study *PLoS ONE*, 7 (6): no. e39283.
- Staatsen, B.A.M., Doornbos, G., Franssen, E.A.M. et al. (1998). Gebruik van ziekenhuisgegevens voor het beschrijven van ruimtelijke patronen in ziekte rondom Schiphol. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Rapportnr. 441520009.
- TNO en RIVM. (1998). Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol, resultaten van een vragenlijstonderzoek. Rapport 98.039. TNO-PG, Leiden, RIVM Rapport 441520010, Bilthoven.
- Vienneau, D., de Hoogh, K., Beelen, R., Fischer, P., Hoek, G., Briggs, D. (2010). Comparison of land-use regression models between Great Britain and the Netherlands. *Atmospheric Environment* 44(5): 688-96.
- WHO. (2006) ICD-10. Internationale statistische classificatie van ziekten en met gezondheid verband houdende problemen. Tiende revisie. Bohn Stafleu van Loghum. 1e druk.

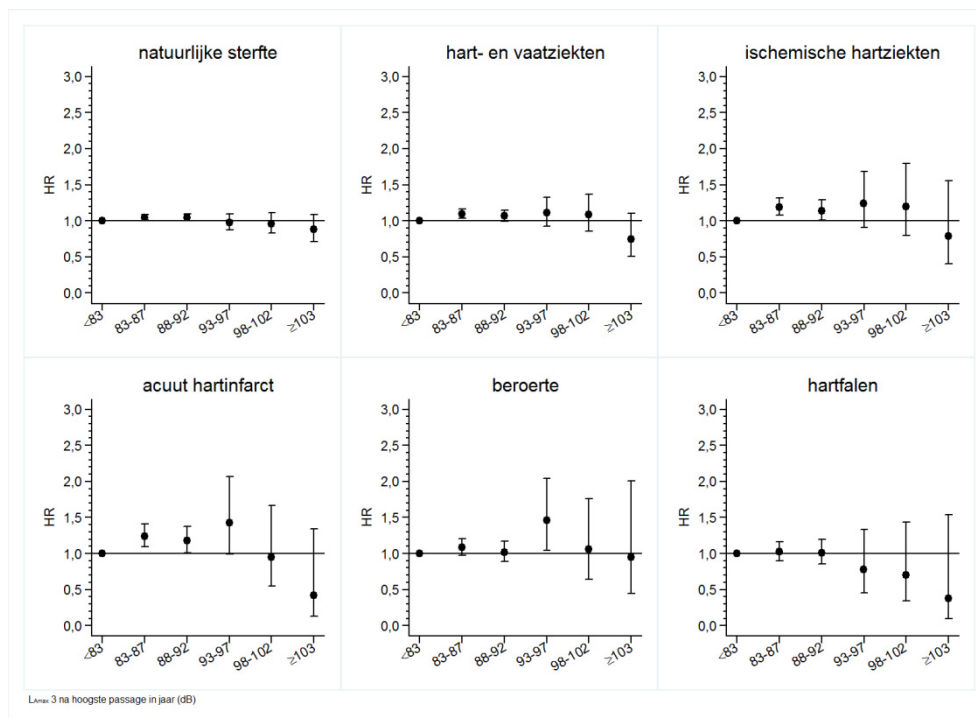
Bijlage III- bijlage 1: Samenhang geluidindicatoren en sterfte Zuid-Limburg

Inleiding

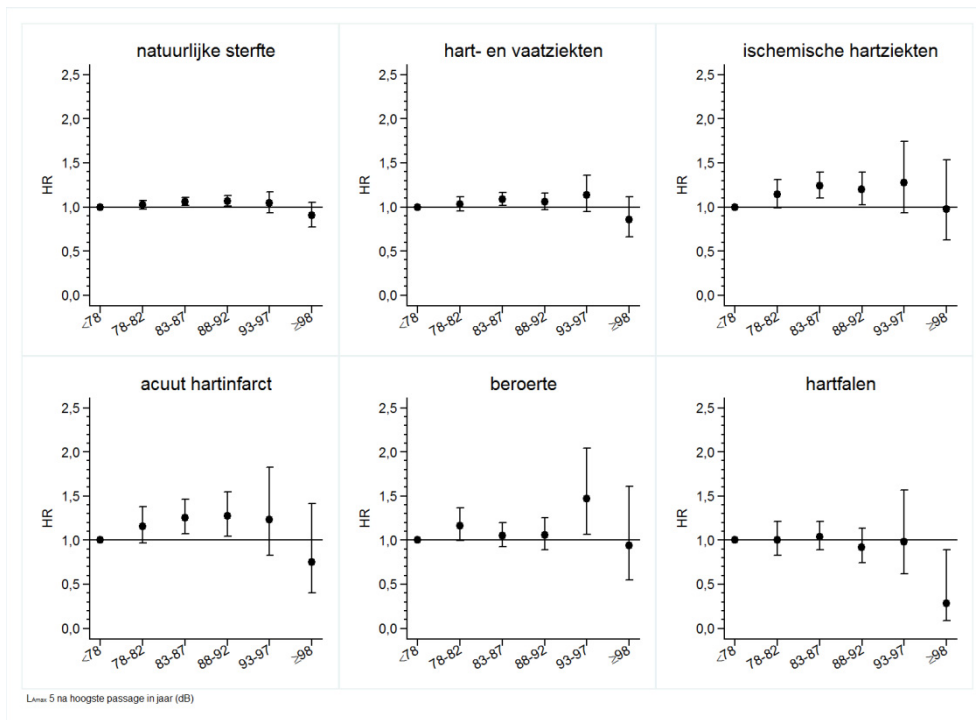
In deze bijlage wordt, per type geluidindicator, de samenhang tussen geluidindicatoren en sterfte beschreven

Indicatoren gebaseerd op geluidniveau van passages

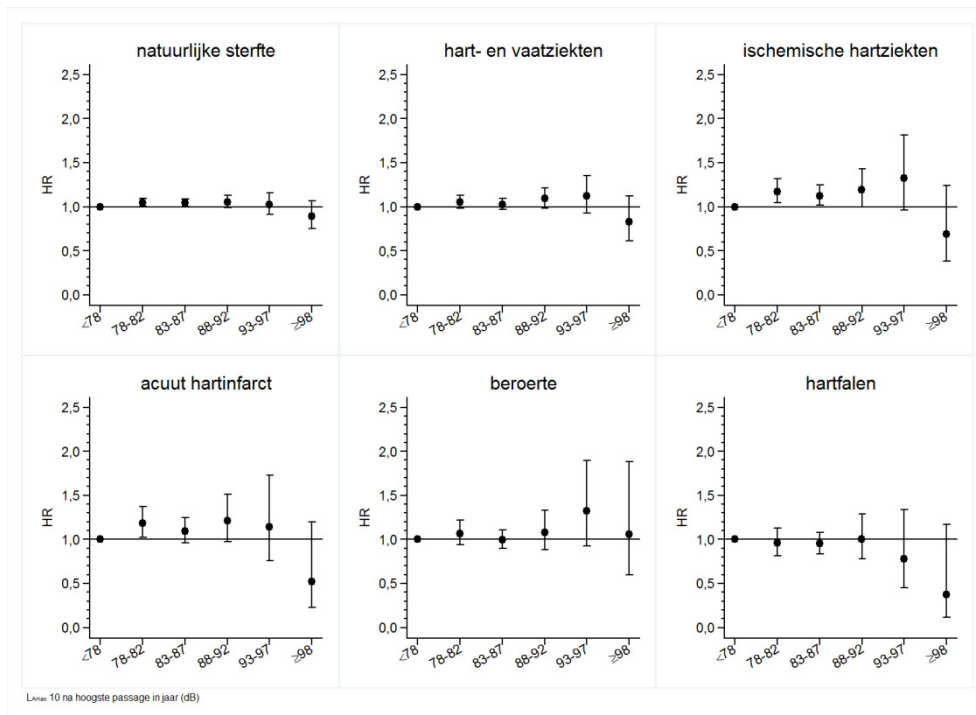
In Figuur B3.18 t/m B3.23 zijn de resultaten van de hoogste $L_{Amax,r}$, de L_{Amax} die door 5% van de vliegtuigpassages wordt overschreden en de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 65 dB L_{Amax} gepresenteerd. In deze bijlage zijn de resultaten van de overige geluidindicatoren opgenomen: de 3 na hoogste $L_{Amax,r}$, de 5 na hoogste $L_{Amax,r}$, de 10 na hoogste $L_{Amax,r}$, de L_{Amax} die door 1% of door 10% van de vliegtuigpassages wordt overschreden en de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 60 dB L_{Amax} .



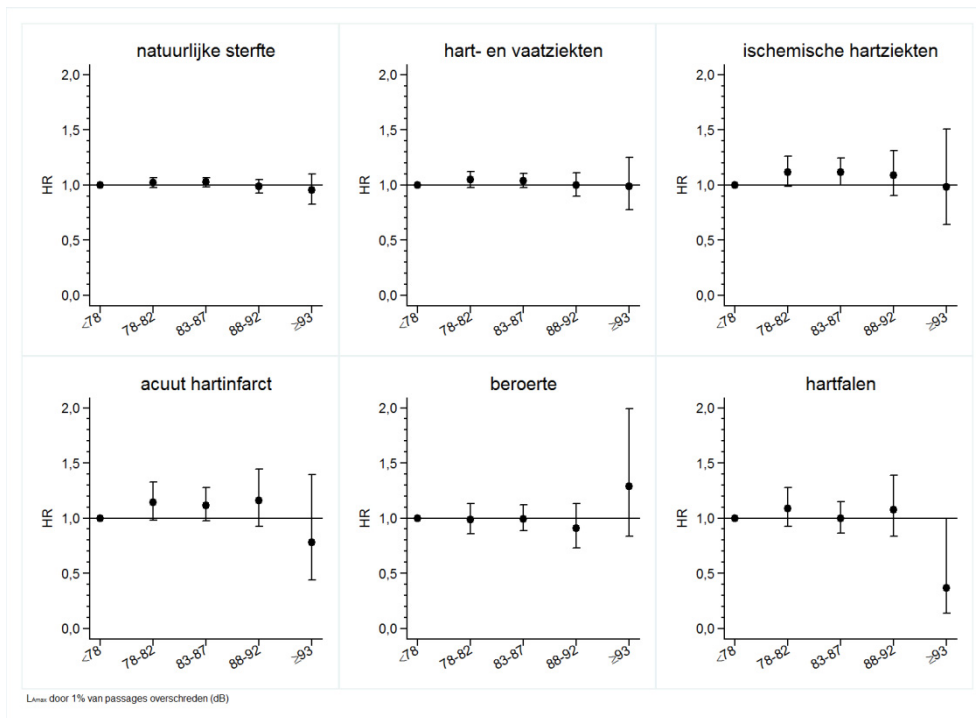
Figuur B3.18 De samenhang tussen de 3 na hoogste L_{Amax} in een jaar op het woonadres (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



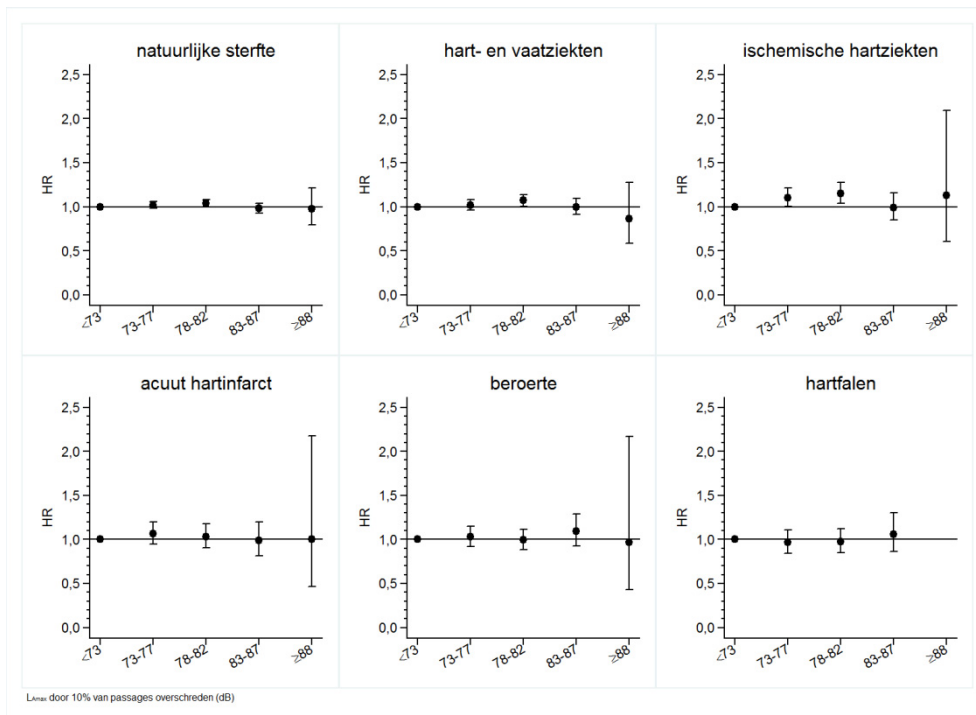
Figuur B3.19 De samenhang tussen de 5 na hoogste L_{Amax} in een jaar op het woonadres (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



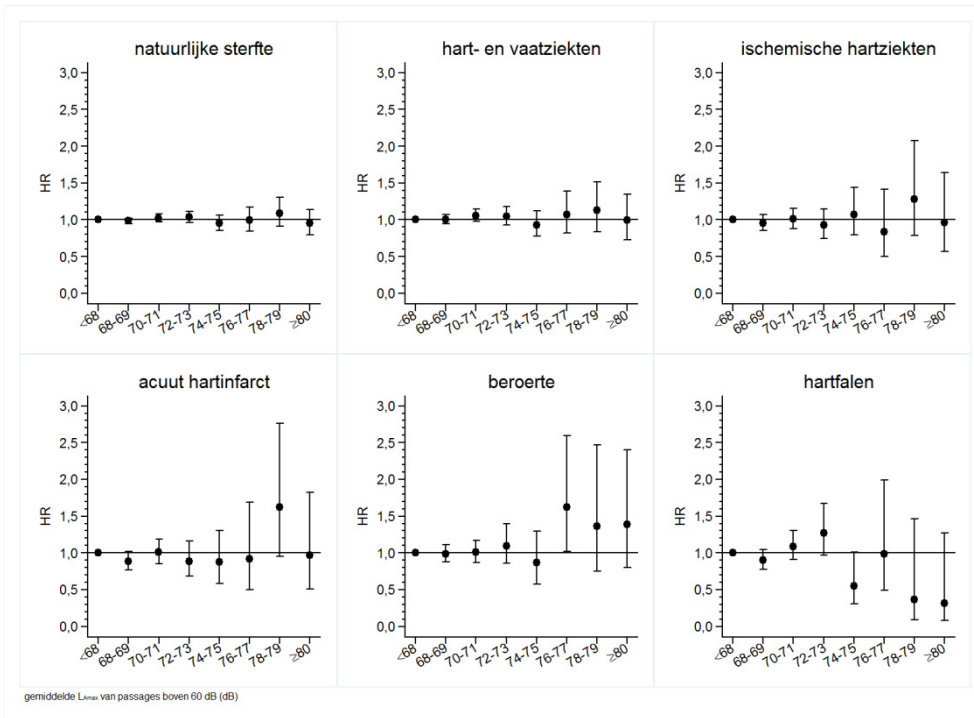
Figuur B3.20 De samenhang tussen de 10 na hoogste L_{Amax} in een jaar op het woonadres (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.21 De samenhang tussen de L_{Amax} die door 1% van de vliegtuigpassages wordt overschreden (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



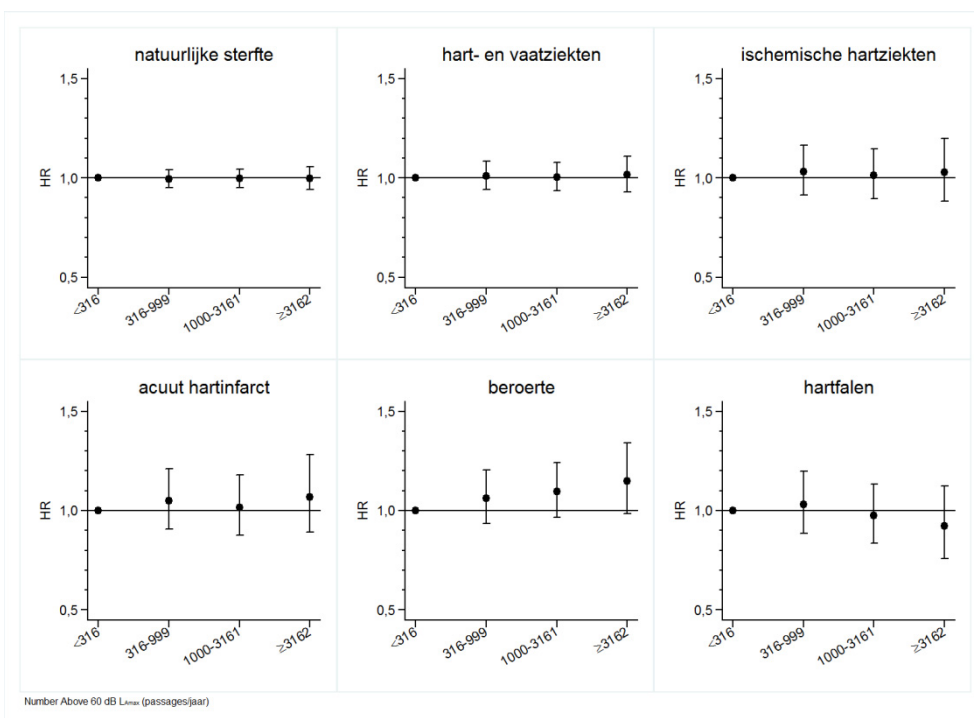
Figuur B3.22 De samenhang tussen de L_{Amax} die door 10% van de vliegtuigpassages wordt overschreden (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



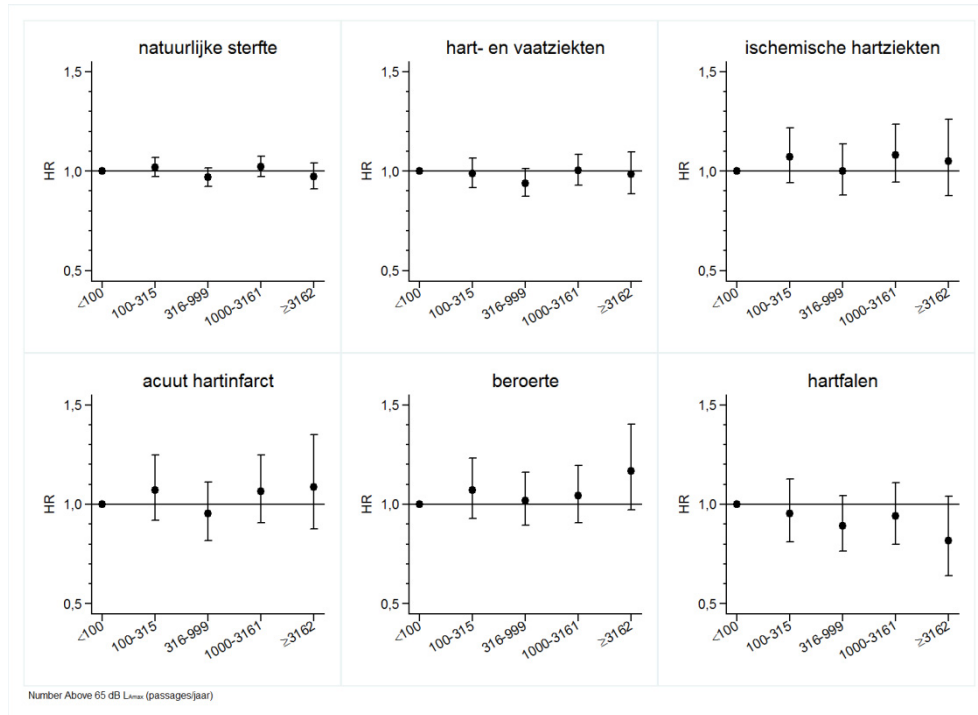
Figuur B3.23 De samenhang tussen de jaargemiddelde L_{Amax} van alle passages met een L_{Amax} groter dan 60 dB (in dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Indicatoren gebaseerd op aantal passages

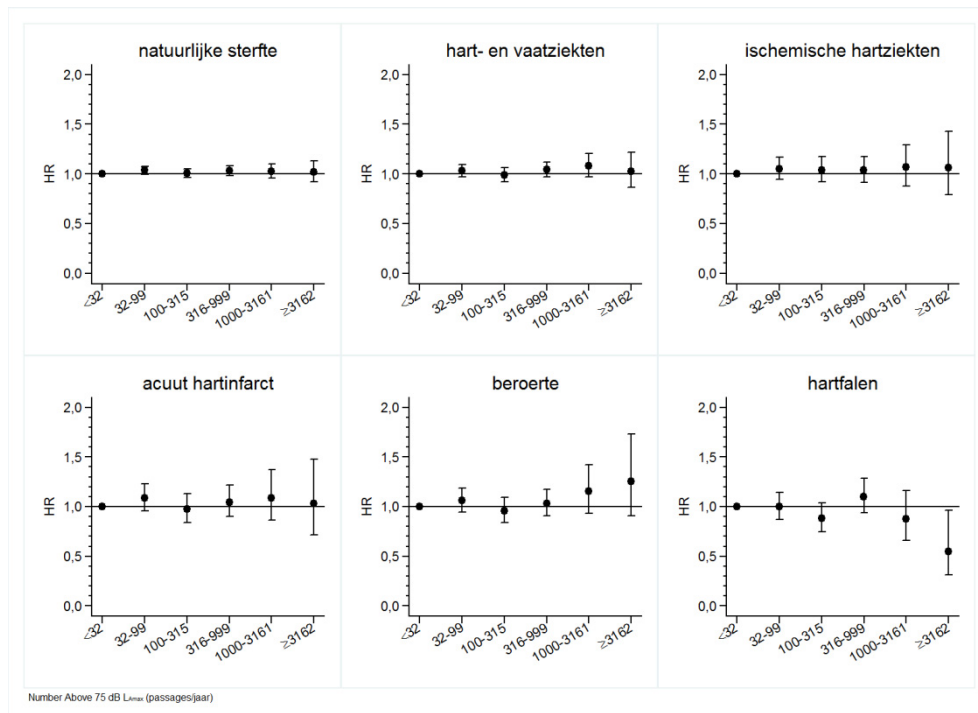
In Figuur B3.7 en B3.8 zijn de resultaten van de NA_{70} en NA_{80} gepresenteerd. In deze bijlage zijn de resultaten van NA_{60} , NA_{65} en NA_{75} weergegeven.



Figuur B3.24 De samenhang tussen NA₆₀ (Number Above) (in aantal passages per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



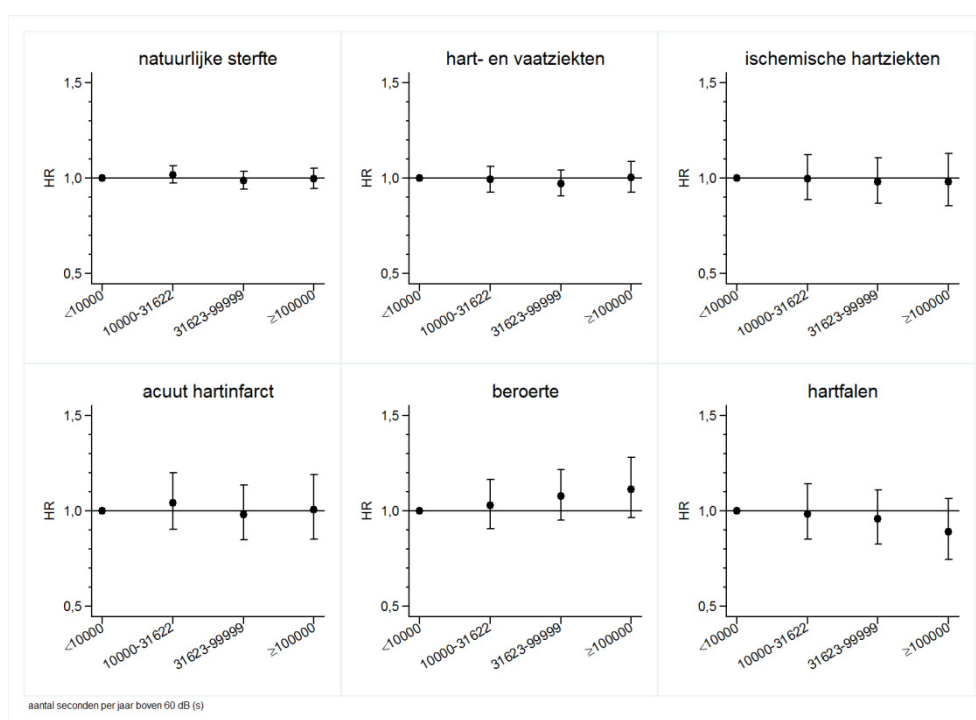
Figuur B3.25 De samenhang tussen NA₆₅ (Number Above) (in aantal passages per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



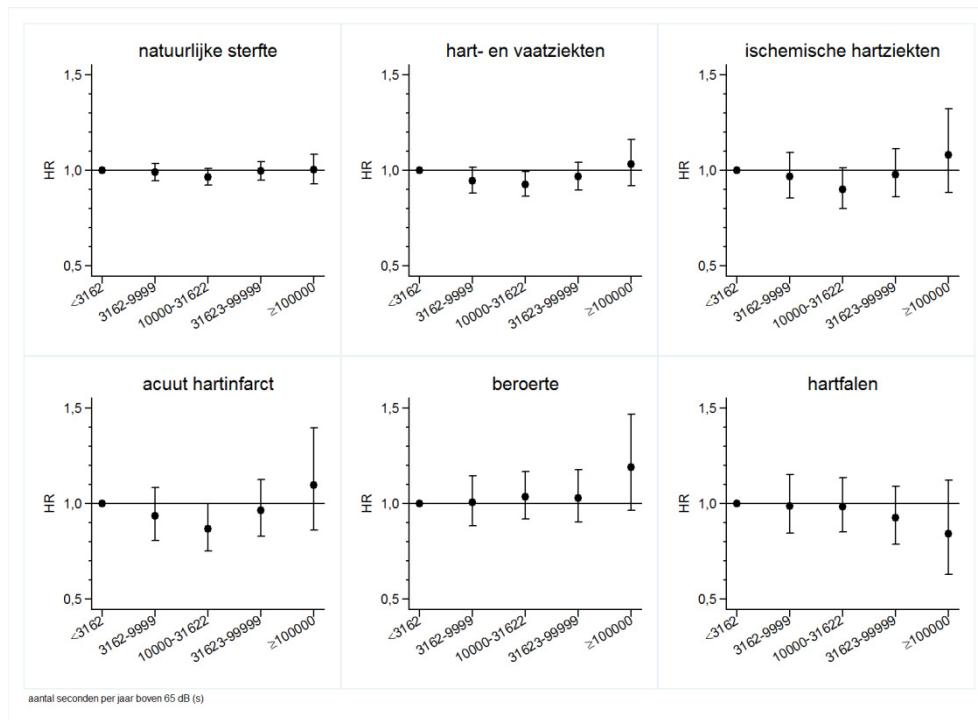
Figuur B3.26 De samenhang tussen NA_{75} (Number Above) (in aantal passages per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Indicatoren gebaseerd op duur van passages

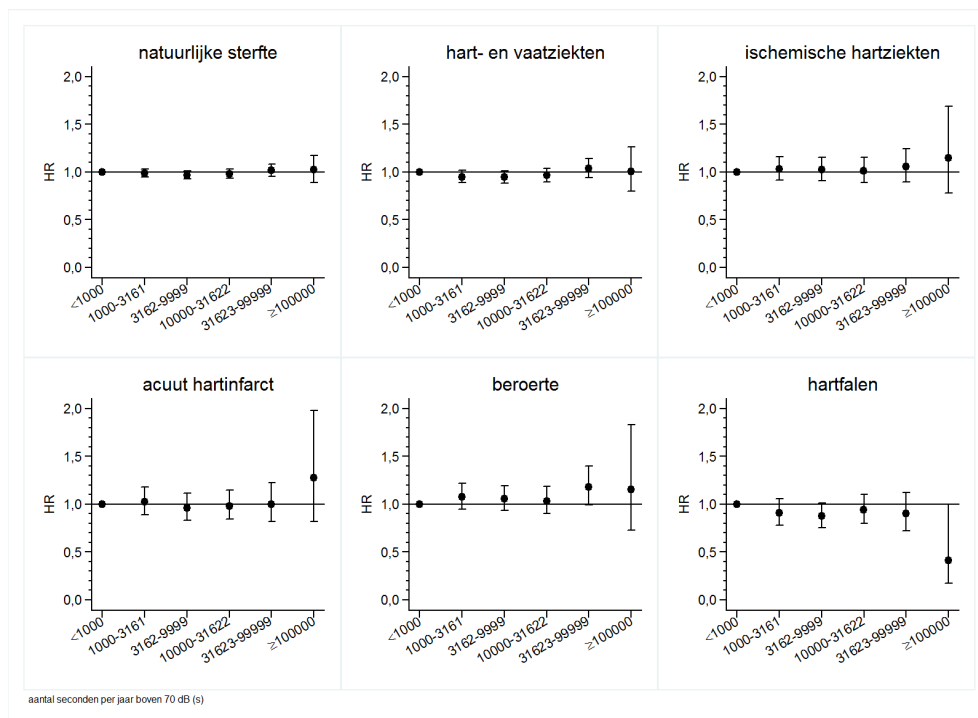
In Figuur B3.9 en B3.10 zijn de resultaten van de TA_{80} en het geluidniveau dat ten minste 1 uur per jaar wordt overschreden gepresenteerd. In deze bijlage zijn de resultaten van TA_{60} , TA_{65} , TA_{70} , TA_{75} en het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden opgenomen.



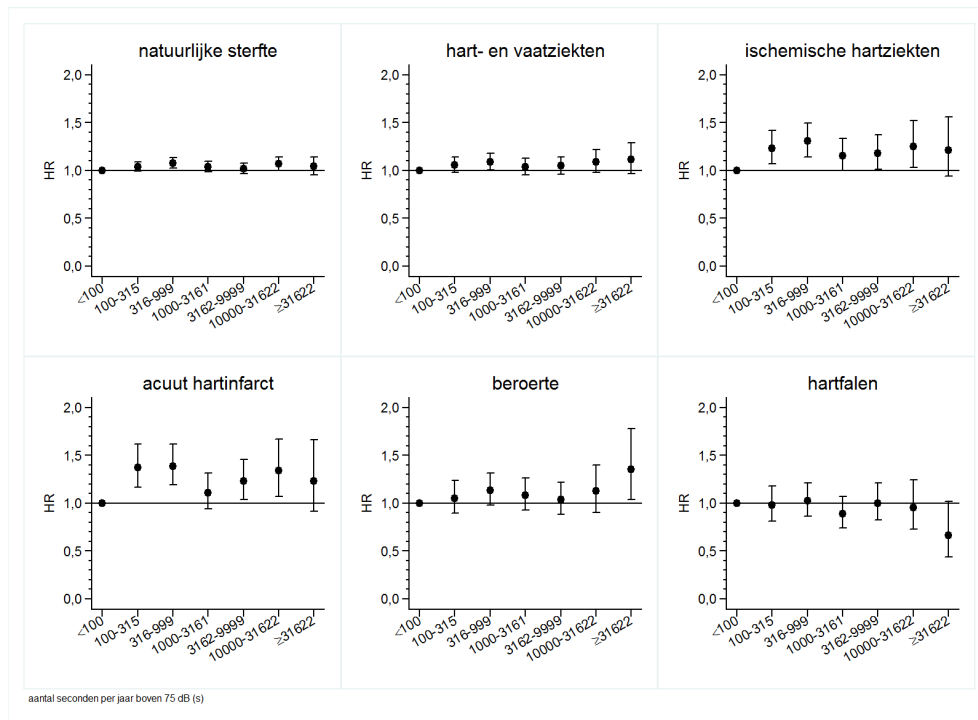
Figuur B3.27 De samenhang tussen de TA_{60} (Time Above) (in seconden per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



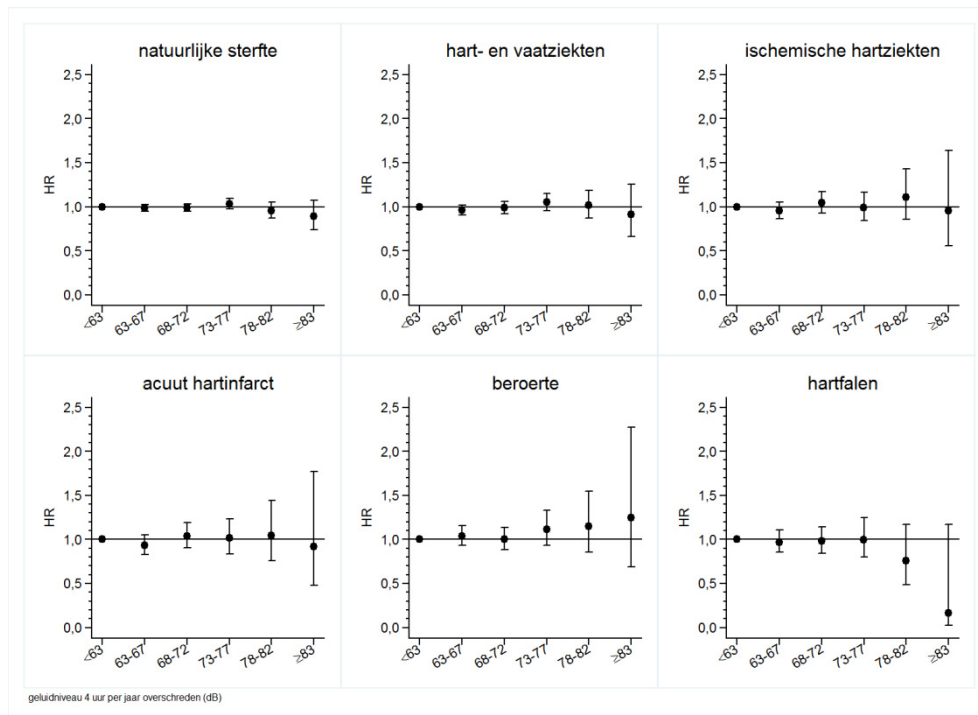
Figuur B3.28 De samenhang tussen de TA_{65} (Time Above) (in seconden per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.29 De samenhang tussen de TA_{70} (Time Above) (in seconden per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



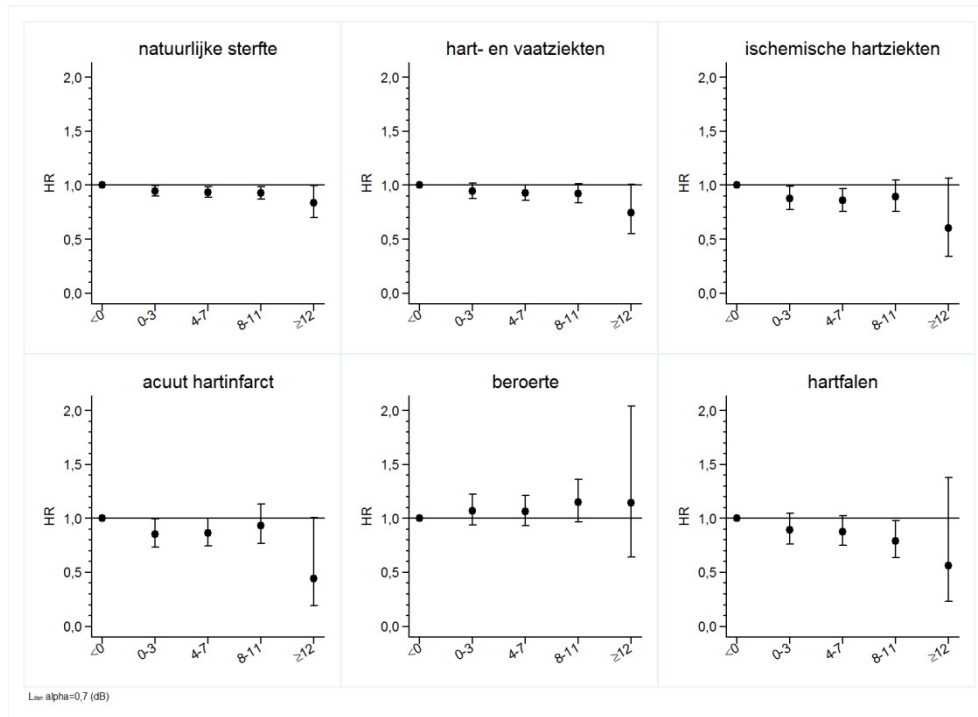
Figuur B3.30 De samenhang tussen de TA_{75} (Time Above) (in seconden per jaar) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



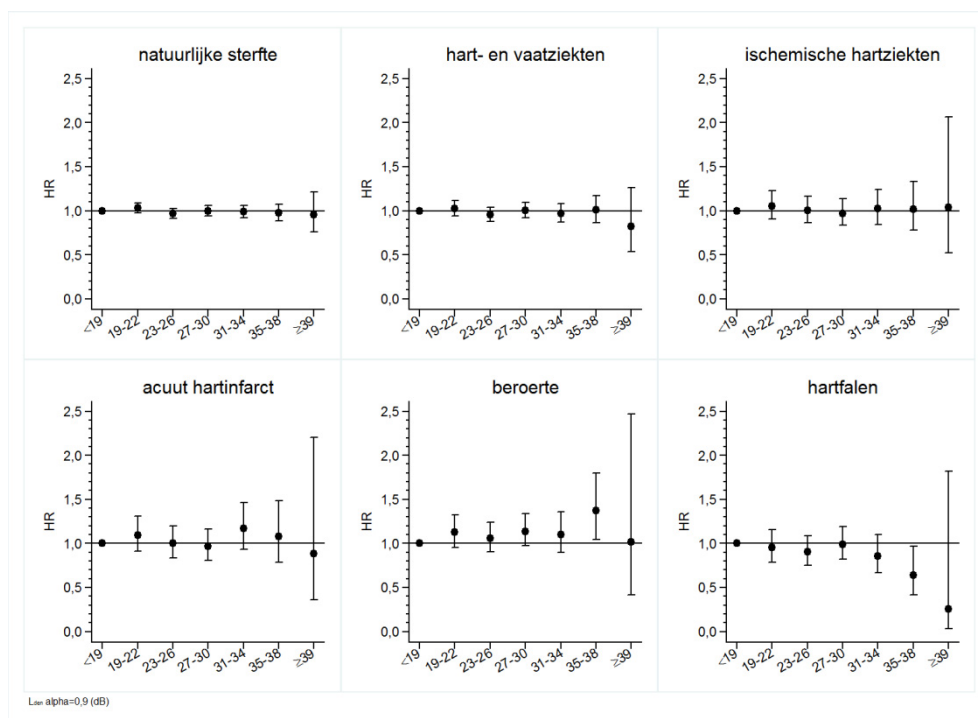
Figuur B3.31 De samenhang tussen het geluidniveau dat ten minste 4 uur per jaar wordt overschreden (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Geïntegreerde indicatoren

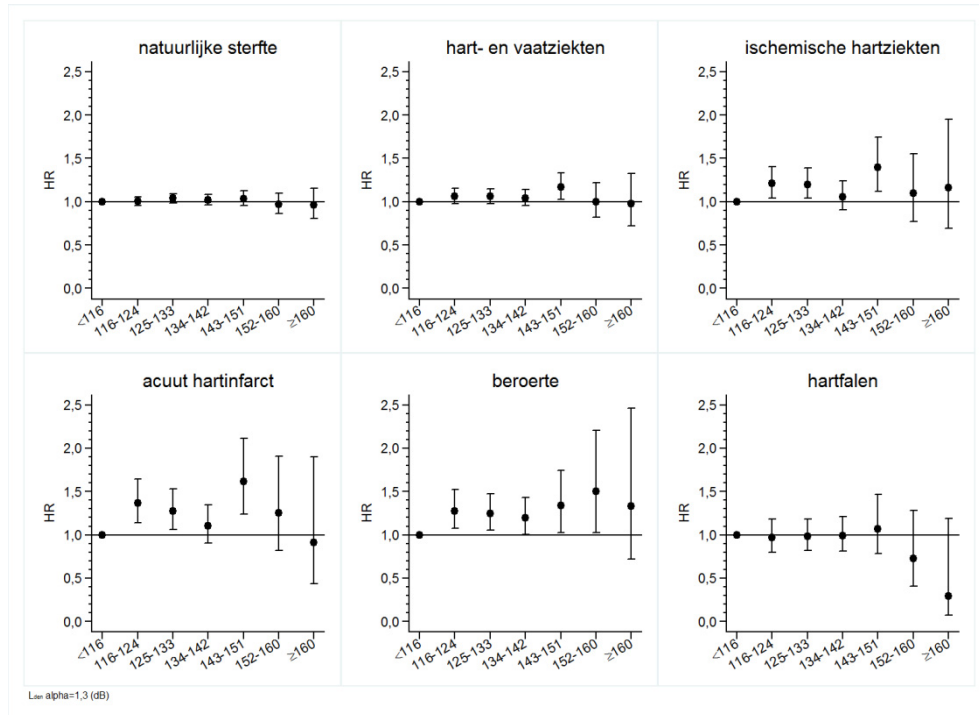
In Figuur B3.11 t/m B3.13 zijn de resultaten van de K_e , L_{den} en de $L_{den, \alpha=1,1}$ gepresenteerd. In deze bijlage zijn de resultaten van overige geïntegreerde indicatoren weergegeven: $L_{den, \alpha=0,7}$, $L_{den, \alpha=0,9}$, $L_{den, \alpha=1,3}$ en $L_{den, \alpha=1,5}$.



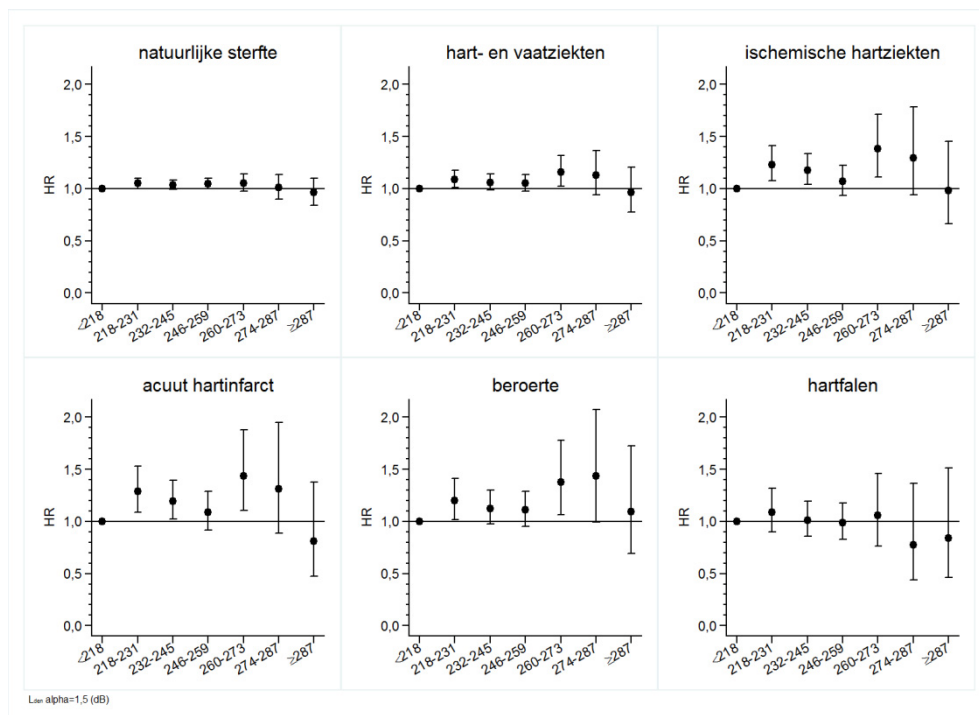
Figuur B3.32 De samenhang de $L_{den, \alpha=0,7}$ (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.33 De samenhang de $L_{den, \alpha=0,9}$ (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.34 De samenhang de $L_{den, \alpha=1,3}$ (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.35 De samenhang de $L_{den, \alpha=1,5}$ (dB) en de 'natuurlijke dood' en sterfte als gevolg van vijf doodsoorzaken, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Bijlage III-bijlage 2: Samenhang geluidindicatoren en sterfte rond luchthaven Schiphol

Kenmerken van de onderzoekspopulatie rond luchthaven Schiphol

In onderstaande tabellen worden verschillende kenmerken van de onderzoekspopulatie rond Schiphol beschreven.

Tabel B3.12 Demografische kenmerken van de onderzoekspopulatie rond luchthaven Schiphol op 1 januari 2004 (n=872.851)

Kenmerk	Aantal	Percentage
Geslacht: vrouw	461.520	52,9
Leeftijd (jaar):		
30-39	156.597	17,9
40-49	221.127	25,3
50-59	209.244	24,0
60-69	137.750	15,8
70-79	98.212	11,3
80+	49.921	5,7
Burgerlijke status:		
Getrouwd/partner	538.366	61,6
Alleenstaand	168.630	19,3
Verweduwd	75.848	8,7
Gescheiden	90.007	10,3
Land van herkomst:		
Nederland	689.673	79,0
Westers land	91.009	10,4
Suriname	28.149	3,2
Turkije	16.599	1,9
Marokko	18.928	2,2
Ander niet-westers land	28.493	3,3

In Tabel B3.13 zijn de sociaaleconomische kenmerken van de populatie beschreven. Het gestandaardiseerd huishoudinkomen van 2003 is in tien categorieën onderverdeeld op basis van de verdeling in de Nederlandse bevolking. De sociale status van alle Nederlandse postcodegebieden is in quintielen (vijf klassen van ca. 20%) verdeeld. Deze indeling is voor de postcodegebieden rond luchthaven Schiphol gebruikt.

Tabel B3.13 Socioeconomische kenmerken van de onderzoekspopulatie rond de luchthaven Schiphol op 1 januari 2004 (n=872.851)

Kenmerk	Aantal	Percentage
Gestandaardiseerd huishoud inkomen:		
<895 € (<p1)	12.697	1,5
895-12.114 € (p1-p5)	54.872	6,3
12.115-15.258 € (p5-p10)	59.185	6,8
15.258-21.880 € (p10-p25)	151.349	17,3
21.881-31.990 € (p25-p50)	203.469	23,3
31.991-43.874 € (p50-p75)	189.682	21,7
43.875-57.740 € (p75-p90)	117.276	13,4
57.741-68.837 € (p90-p95)	41.252	4,7
68.838-106.238 € (p95-p99)	34.622	4,0
>106.239 € (>p99)	8.447	1,0
Sociale status 4-positie postcode:		
1 ^e quintiel (laagste)	257.889	29,5
2 ^e quintiel	211.722	24,3
3 ^e quintiel	64.970	7,4
4 ^e quintiel	84.413	9,7
5 ^e quintiel (hoogste)	253.857	29,1

In Tabel B4.14 wordt een overzicht gegeven van de blootstelling op het woonadres van stikstofdioxide (NO₂) en geluid afkomstig van vlieg-, weg- en railverkeer.

Tabel B3.14 Blootstelling aan stikstofdioxide (NO₂) en geluid afkomstig van weg- en railverkeer van de onderzoekspopulatie rond de luchthaven Schiphol op 1 januari 2004 (n=872.851)

Kenmerk	Aantal	Percentage
NO ₂ (µ/m ³):		
<25	38.398	4,4
25-29	105.789	12,1
30-34	236.858	27,1
35-39	226.411	25,9
40-44	163.447	18,7
45-49	82.695	9,5
≥50	19.253	2,2
Geluid van wegverkeer (L _{den} in dB):		
<55	380.902	43,6
55-59	329.860	37,8
60-64	121.189	13,9
65-69	37.762	4,3
≥70	3.138	0,4
Geluid van railverkeer (L _{den} in dB):		
<55	848.093	97,2
55-59	17.204	2,0
60-64	5.867	0,7
≥65	1.687	0,2

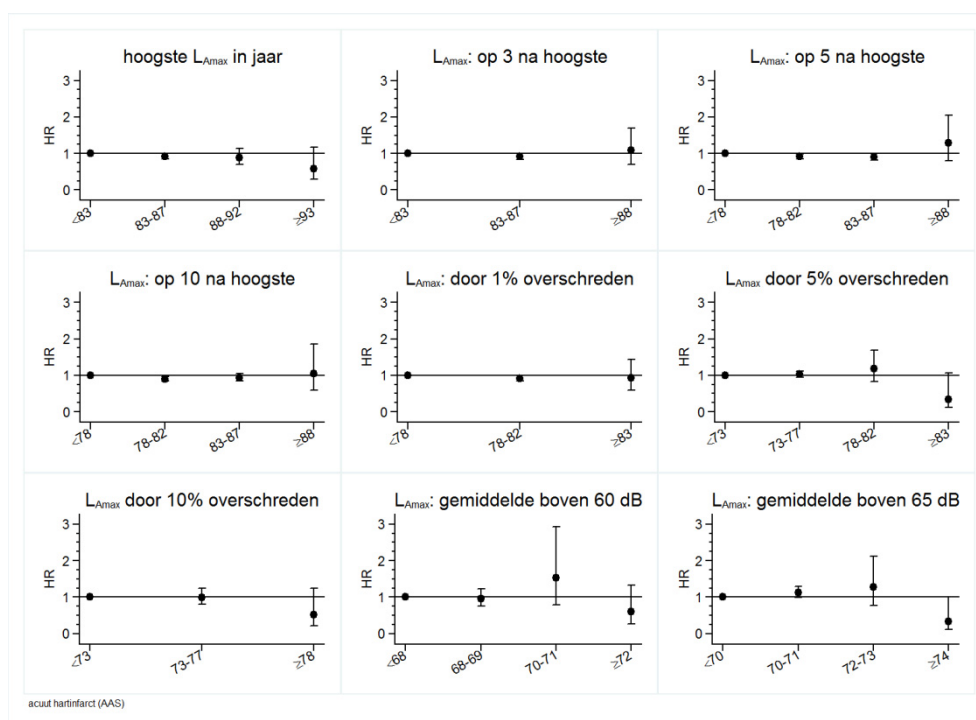
Sterfte en onderliggende doodsoorzaken rond luchthaven Schiphol

Van de onderzoekspopulatie stierven gedurende de zeven jaar 'follow-up' 80.781 personen, waarvan 79.950 aan een 'natuurlijke dood'. Dit betekent dat 9,3% van de onderzoekspopulatie in de periode 2004-2011 is overleden. Tabel B3.15 geeft een overzicht van de onderliggende doodsoorzaken.

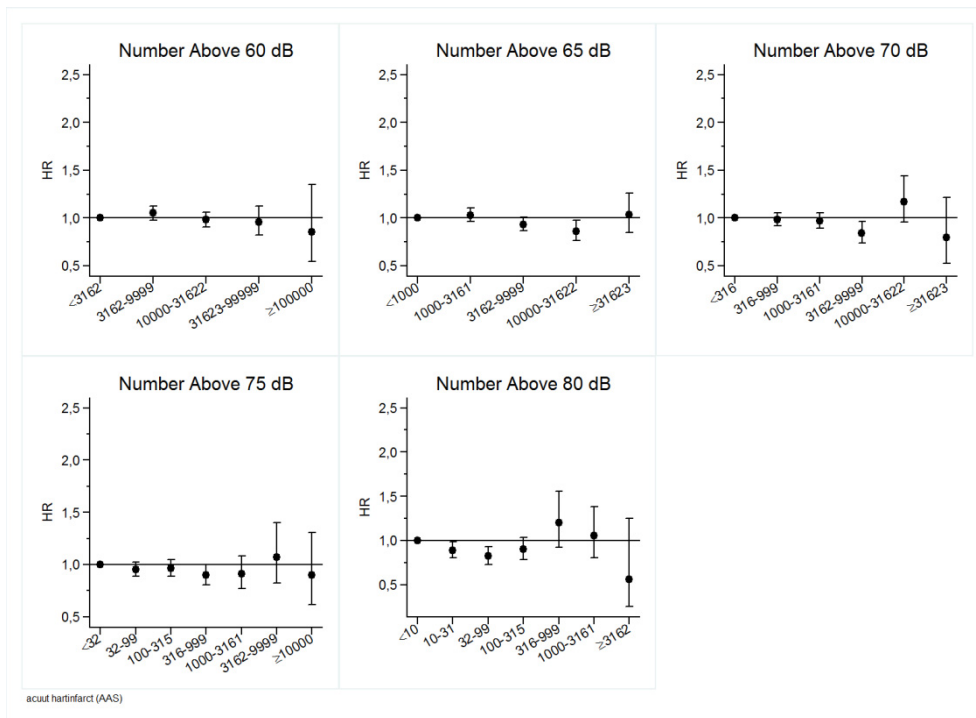
Tabel B3.15 Sterfte en geselecteerde onderliggende doodsoorzaken in de periode 2004-2011 van de onderzoekspopulatie rond Schiphol op 1 januari 2004 (n=872.851)

Sterfte en onderliggende doodsoorzaken	Aantal	Als percentage van	
		onderzoeks- populatie	'natuurlijke dood'
'Natuurlijke dood'	79.950	9,2	100,0
Hart- en vaatziekten	24.116	2,8	30,2
Ischemische hartziekten	7.284	0,83	9,1
Acuut hartinfarct	4.963	0,57	6,2
Beroerte	5.127	0,59	6,4
Hartfalen	2.985	0,34	3,7

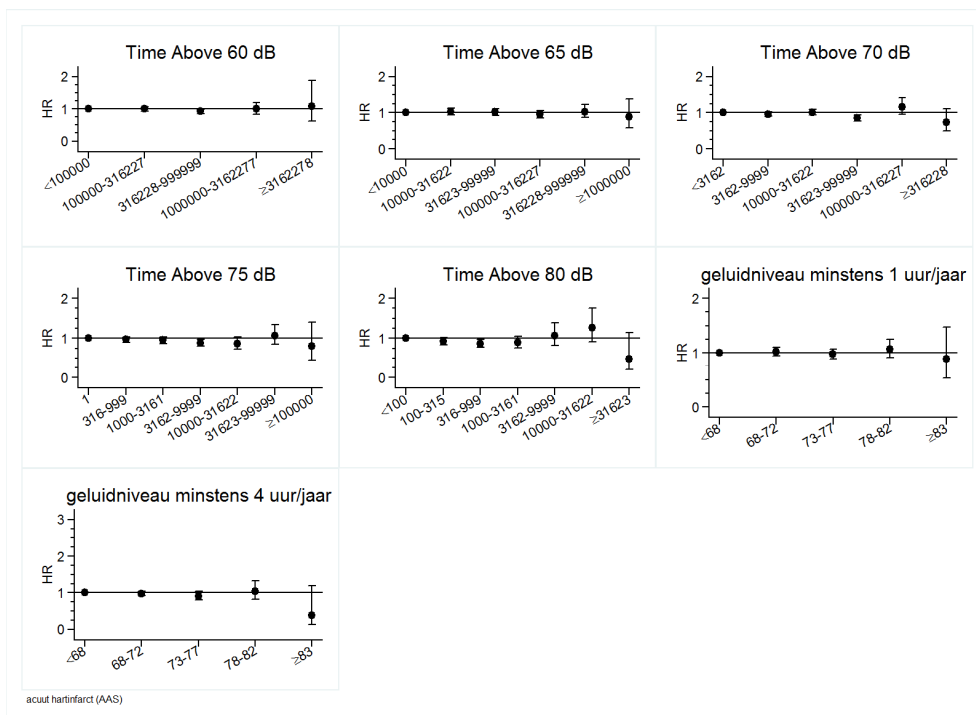
Samenhang tussen geluidindicatoren en sterfte door acuut hartinfarct rond luchthaven Schiphol



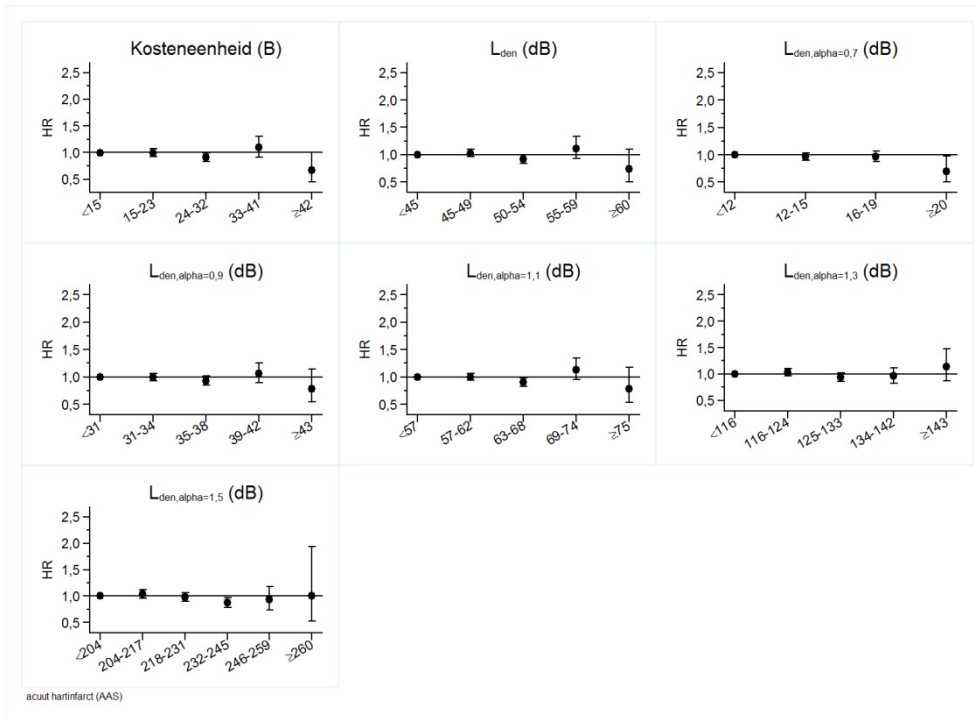
Figuur B3.36 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op het geluidniveau van passages (in dB) en de sterfte door een acuut hartinfarct, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.37 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op het aantal passages per jaar en sterfte door een acuut hartinfarct, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

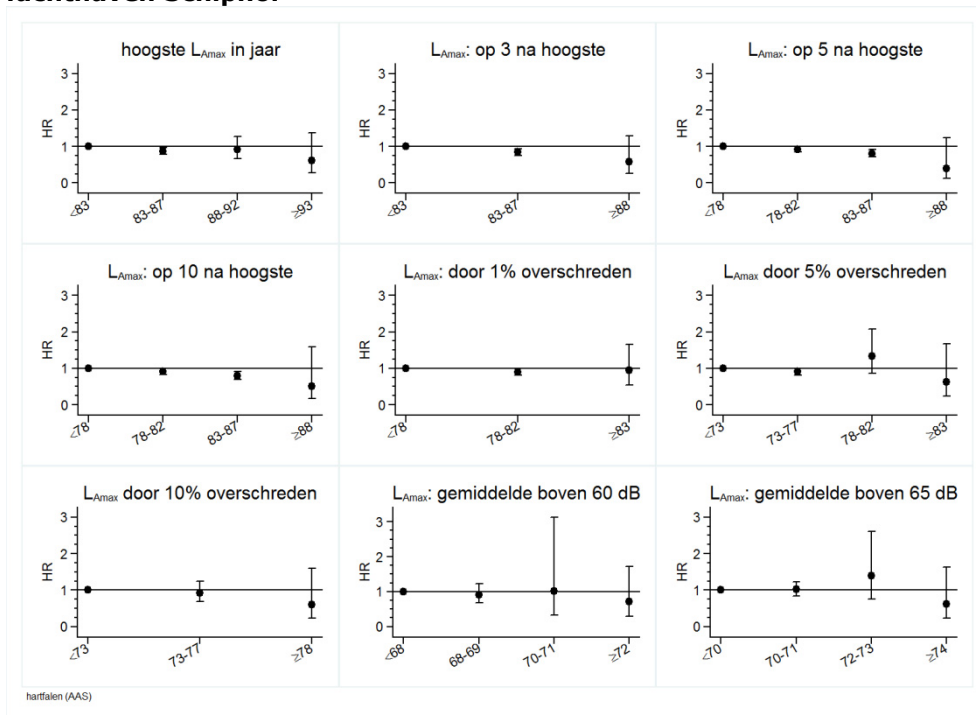


Figuur B3.38 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op de tijdsduur van passages in een jaar (seconden per jaar voor TA60, TA65, TA70, TA75 en TA80 en dB voor geluidniveau) en sterfte door een acuut hartinfarct, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

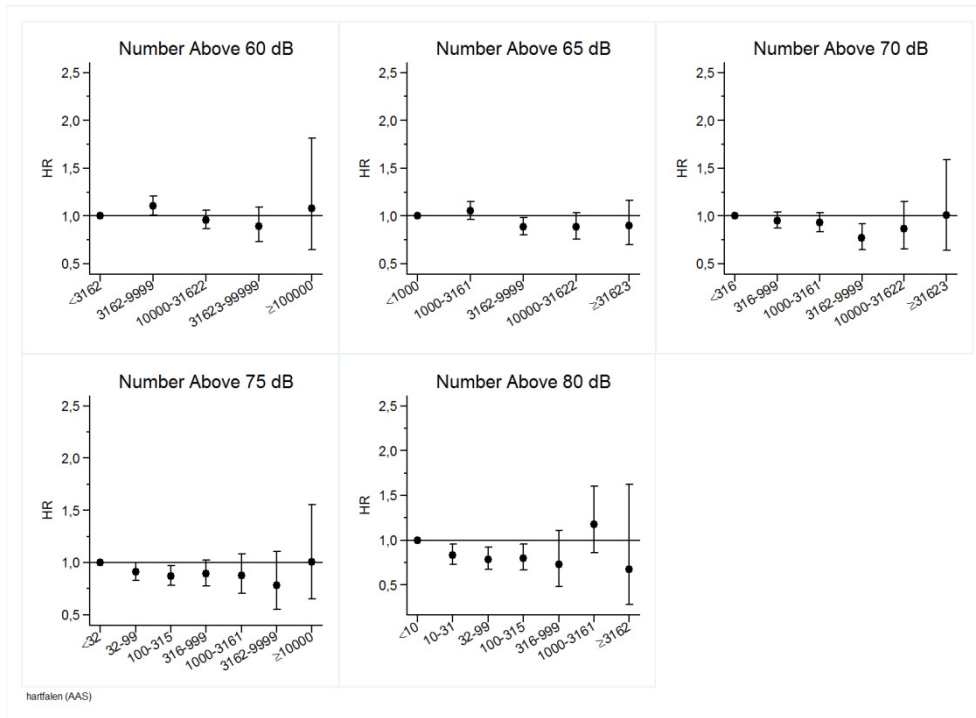


Figuur B3.39 De samenhang rond Schiphol tussen verschillende geïntegreerde geluidindicatoren (Ke in B en L_{den} in dB) en sterfte door een acut hartinfarct, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

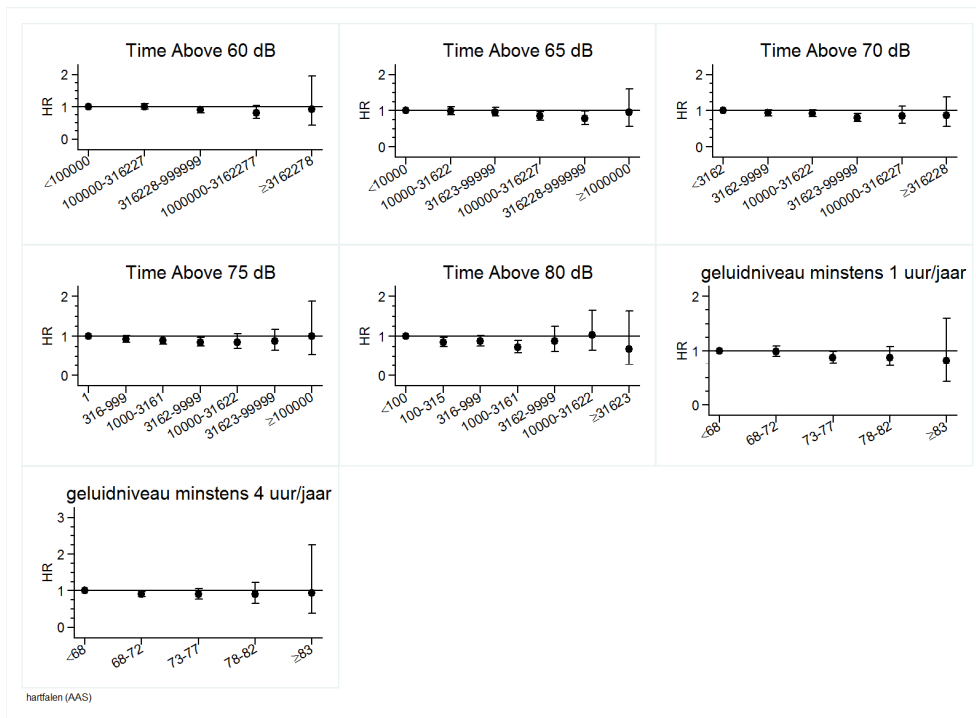
Samenhang tussen geluidindicatoren en sterfte door hartfalen rond luchthaven Schiphol



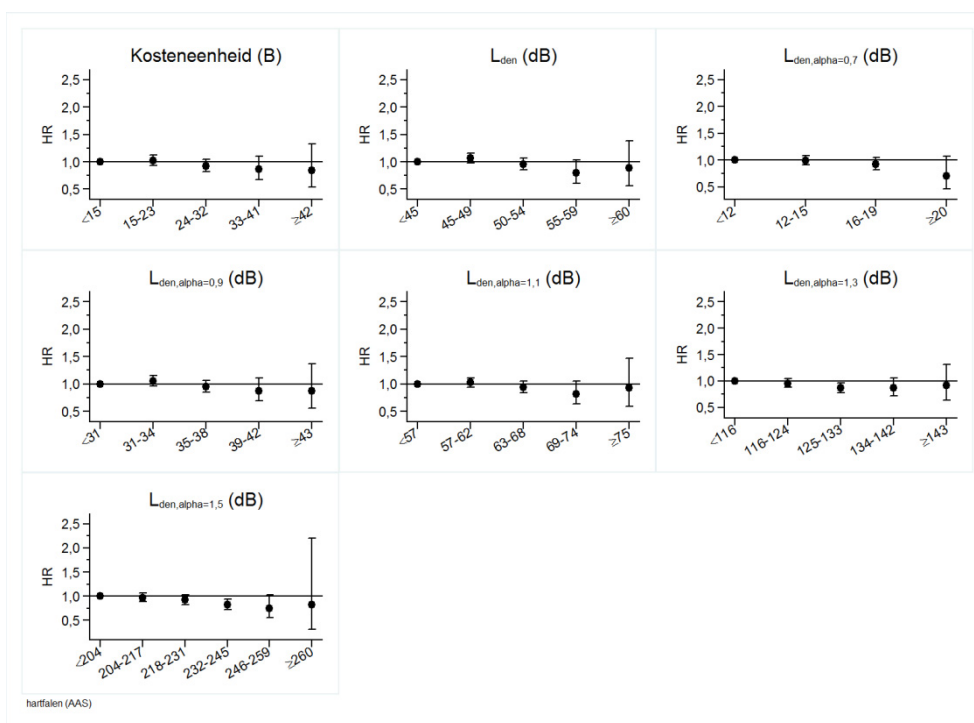
Figuur B3.40 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op het geluidniveau van passages (in dB) en de sterfte door hartfalen, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.41 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op het aantal passages per jaar en sterfte door hartfalen, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.42 De samenhang rond Schiphol tussen geluidindicatoren gebaseerd op de tijdsduur van passages in een jaar (seconden per jaar voor TA60, TA65, TA70, TA75 en TA80 en dB voor geluidniveau) en sterfte door hartfalen, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur B3.43 De samenhang rond Schiphol tussen verschillende geïntegreerde geluidindicatoren (Ke in B en L_{den} in dB) en sterfte door hartfalen, uitgedrukt als hazard-ratio (HR) en 95% betrouwbaarheidsinterval

Tabel B3.16 Vergelijking tussen de resultaten van Geilenkirchen en van Schiphol voor sterfte door 'natuurlijke dood', hart- en vaatziekten en ischemische hartziekten in de hoogste blootstellingscategorie voor een vijftal geluidindicatoren

Geluidindicator	Categorie	Geilenkirchen	Schiphol	p-waarde
<i>'Natuurlijke dood':</i>				
NA ₈₀	≥3.162	0,92 [0,78-1,09]	1,00 [0,86-1,16]	0,76
Niveau ten minste 1 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,98 [0,88-1,08]	1,00 [0,88-1,12]	0,60
Niveau ten minste 4 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,89 [0,74-1,07]	1,06 [0,89-1,26]	0,91
L _{den}	≥60 dB	1,00 [0,79-1,26]	1,07 [0,98-1,15]	0,70
L _{den,a=1,1}	≥75 dB	0,94 [0,81-1,08]	1,08 [1,00-1,18]	0,96
<i>Hart- en vaatziekten:</i>				
NA ₈₀	≥3.162	0,86 [0,64-1,15]	0,89 [0,67-1,18]	0,57
Niveau tenminste 1 uur per jaar overschreden	≥83 dB	1,04 [0,90-1,20]	1,03 [0,84-1,28]	0,49
Niveau ten minste 4 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,91 [0,66-1,25]	0,98 [0,72-1,34]	0,63
L _{den}	≥60 dB	0,87 [0,57-1,34]	0,93 [0,80-1,09]	0,61
L _{den,a=1,1}	≥75 dB	0,95 [0,75-1,20]	0,97 [0,83-1,14]	0,56
<i>Ischemische hartziekten:</i>				
NA ₈₀	≥3.162	0,75 [0,44-1,30]	0,69 [0,38-1,25]	0,42
Niveau ten minste 1 uur per jaar overschreden	≥83 dB	1,09 [0,83-1,43]	0,91 [0,60-1,38]	0,24
Niveau ten minste 4 uur per jaar overschreden	≥83 dB	0,95 [0,56-1,64]	0,69 [0,35-1,38]	0,24
L _{den}	≥60 dB	1,05 [0,53-2,08]	0,79 [0,57-1,08]	0,22
L _{den,a=1,1}	≥75 dB	1,02 [0,68-1,54]	0,84 [0,61-1,15]	0,23

Bijlage GVG IV: Risicoschatting (c)

In dit deel van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' wordt met behulp van de berekende blootstellingsgegevens, bevolkingsgegevens en gegevens over blootstelling-responsrelaties de invloed van geluid van vliegverkeer op de omvang van ernstige geluidhinder, leesprestatie, verhoogde bloeddruk en hart- en vaatziekten geschat (onderzoek c: risicoschatting). Dit onderzoek is op een soortgelijke wijze uitgevoerd als in de verkenning van Van Poll et al. in 2008, echter nu zijn meer recente gegevens gebruikt.

Het onderzoek voor de risicoschatting kent twee doelen:

1. Vaststellen van een relatie tussen de langetermijnblootstelling aan verschillende geluid(piek)kenmerken van de vliegtuigpassages en het optreden van geluidhinder zoals bepaald met een blootstelling-responsrelatie.
2. Vaststellen van de mate van hinder, leesachterstand, verhoogde bloeddruk en hart- en vaatziekten in relatie tot (militair) vliegtuiggeluid.

Blootstelling-responsrelaties geven per geluidniveau weer welk percentage van de populatie kans heeft op een bepaald effect. Echter, sinds de rapportage in 2008, zijn er verschillende studies gepubliceerd die de effecten van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer onderzoeken. Als onderdeel van dit rapport is nagegaan of er ten opzichte van de blootstelling-responsrelaties die tijdens de schatting in 2008 zijn gebruikt, nieuwe bruikbare relaties zijn bijgekomen. Eveneens is gekeken in de literatuur naar blootstelling-responsrelaties die de invloed van geluid van vliegverkeer op gezondheid en welzijn beschrijven aan de hand van geluidmaten anders dan gemiddelde equivalente geluidniveaus. Op basis van deze inzichten zijn vervolgens blootstellingsgegevens en bevolkingsgegevens gecombineerd met de meest adequate blootstellingsrespons voor het schatten van de omvang van de genoemde effecten. Deze bijlage wordt afgesloten met een discussie over de resultaten en met conclusies.

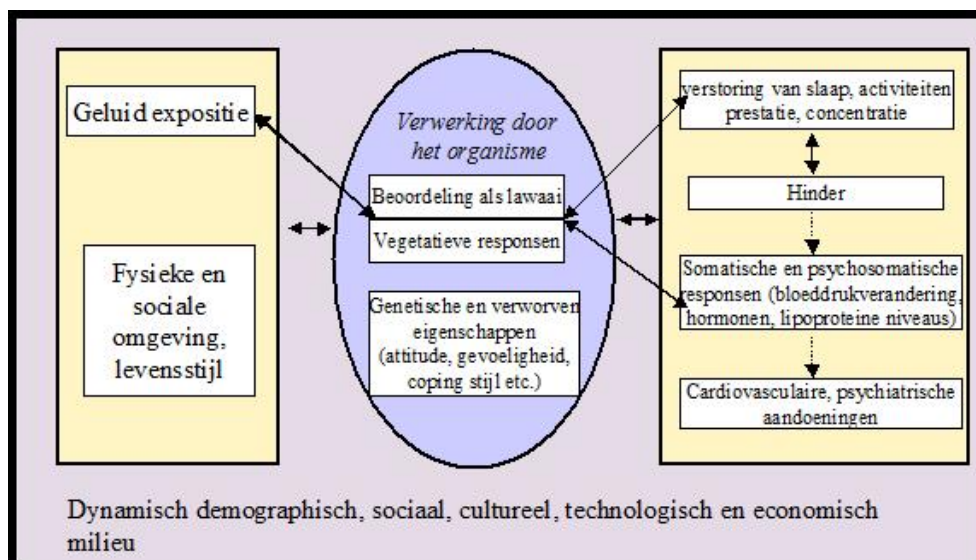
Blootstelling-responsrelaties voor geluid van vliegverkeer en welzijn- en gezondheid

Geluid en gezondheid

Uit de literatuur blijkt dat langdurige blootstelling aan geluid tot uiteenlopende gezondheidseffecten kan leiden (Berglund et al. 1999; Passchier-Vermeer, 1993; Gezondheidsraad, 2004; WHO, 2009). Hierbij wordt meestal een onderscheid gemaakt tussen welzijnseffecten zoals hinder en slaapverstoring enerzijds en meer klinische gezondheidseffecten zoals gehoorschade en hartvaatziekten anderzijds.

Stress lijkt een belangrijke rol te spelen bij het ontstaan van de effecten door de blootstelling aan geluid: Reacties worden onder meer bepaald door het geluidniveau en andere geluidkenmerken, maar worden daarnaast beïnvloed door sociale en endogene factoren zoals houding en coping stijl. Blootstelling aan geluid leidt tot slaapverstoring, verstoring van dagelijkse activiteiten, hinder en stress. Deze effecten kunnen weer leiden tot zogenaamde 'intermediaire responsen' als hoge bloeddruk, verhoogde niveaus van stresshormonen (cortisol) e.d. Deze zorgen op hun beurt weer voor een verhoging op het risico

op hartvaataandoeningen en psychische aandoeningen (Gezondheidsraad, 1999, zie Figuur B4.1).



Figuur B4.1 Conceptueel model van de relatie tussen geluid en gezondheid

De Wereld Gezondheid Organisatie (WHO) en de Gezondheidsraad hebben geconcludeerd dat er voldoende bewijs bestaat voor het ontstaan van gehoorschade door extreem hoge geluidsniveaus, en voor gezondheids- en welzijnseffecten zoals hinder, slaapverstoring, hypertensie en ischemische hartvaatziekten (Berglund et al. 1999; Gezondheidsraad, 2004; WHO, 2009; Gezondheidsraad 1994, WHO, 2011). Ook bestaat er enig bewijs voor cognitieve effecten zoals verminderde leesvaardigheid bij kinderen (WHO, 2011). Net als in de rapportage van 2008, wordt in deze rapportage slechts een aantal van deze eindpunten meegenomen (Van Poll et al., 2008). Het betreft: ernstige hinder, hoge bloeddruk, acuut myocard infarct en leerprestaties. In het vervolg van dit hoofdstuk zullen voor deze effecten de meest recente inzichten uit de literatuur worden beschreven.

Hinder

Hinder wordt omschreven als een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid dat optreedt wanneer geluid of geur iemands gedachten, gevoelens of activiteiten beïnvloedt (Gezondheidsraad, 1999). Het is een van de meest voorkomende en onderzochte effecten van geluid. De resultaten van onderzoek naar de relatie tussen geluidblootstelling en hinder zijn eenduidig: langetermijnblootstelling aan geluid leidt tot hinder.

Beschikbare blootstelling-responsrelaties

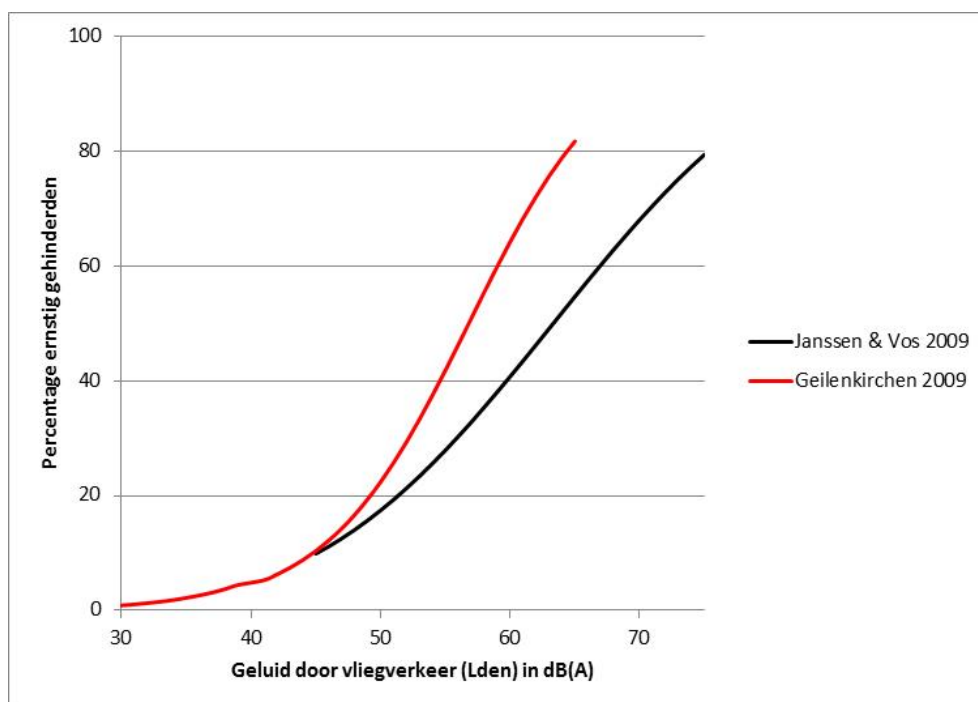
In 1998 hebben Miedema en Vos als eersten specifiek een relatie afgeleid tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer (L_{den}) en ernstige hinder door geluid van vliegverkeer. Hiervoor zijn de gegevens van 20 vragenlijstonderzoeken (34.214 respondenten) gebruikt die in Europa, Noord-Amerika en Australië in de periode 1965-1992 zijn uitgevoerd (Miedema et al., 1998). In 2001 werd een update van deze relatie gepresenteerd (Miedema, 2001). Nu werden de gegevens van 19 studies gebruikt; ook werden meer geavanceerde statistische modellen gebruikt. Deze relatie wordt in het kader van de EU-richtlijn Omgevingslawaai aanbevolen (EC, 2002) om het aantal ernstig gehinderden te bepalen. Daarnaast wordt deze relatie ook vaak gebruikt door instanties als de

Wereld Gezondheid Organisatie (WHO) en het Europese Milieu Agentschap (EEA) (WHO, 2011; Miedema, 1998) en is er een update van de relatie verschenen, waarin ook studies die na 1992 zijn gepubliceerd, zijn meegenomen (Janssen et al., 2009).

Uit onderzoek rondom luchthavens in verschillende landen, blijkt dat de hinderbeleving door geluid van vliegverkeer afwijkt van wat op grond van gegeneraliseerde blootstelling-responsrelaties (zoals bijvoorbeeld afgeleid door Miedema en Oudshoorn, 2001) verwacht wordt (zie Figuur B4.2); de variatie in hinderbeleving is groot (Van Kempen et al., 2005; Janssen et al., 2011). Daarom is een algemeen toepasbare relatie voor ernstige hinder minder geschikt om de omvang van ernstige hinder op een specifieke locatie in te schatten. In die gevallen is het beter om gebruik te maken van locatiespecifieke data (Van Kempen et al., 2005). Een goed voorbeeld van hoe dit kan uitpakken, is het project 'Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol' (Houthuijs et al., 2006). In dit project is met behulp van een blootstelling-responsrelatie, die is afgeleid van data die op een eerder tijdstip zijn verzameld rondom Schiphol, het aantal ernstig gehinderden rondom de luchthaven Schiphol geschat (Houthuijs et al., 2006). Dit bleek een betere schatting te geven van de omvang van het aantal gehinderden rondom de luchthaven Schiphol, dan het gebruik van een gegeneraliseerde blootstelling-responsrelatie – in dit geval de relatie afgeleid door Miedema en Oudshoorn (2001).

Ook voor het gebied rondom de vliegbasis Geilenkirchen is een locatiespecifieke relatie beschikbaar die de relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder beschrijft: In 2009 heeft de GGD Zuid-Limburg ruim 10.000 inwoners van gemeenten in de GGD-regio Zuid-Limburg uitgenodigd om een vragenlijst in te vullen over gezondheid, leefstijl en aanverwante thema's. In de vragenlijst waren ook gestandaardiseerde vragen over hinder door onder andere geluid van vliegverkeer opgenomen (GGD Zuid-Limburg, 2010).

Op basis van de data die de GGD heeft verzameld, is door het RIVM een blootstelling-responsrelatie afgeleid voor de relatie tussen geluid van militair vliegverkeer en ernstige hinder (zie Figuur B2.3 in Bijlage GVG II). Deze relatie is verderop gebruikt om het aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer te berekenen onder inwoners van 18 jaar en ouder in de regio Zuid-Limburg; de relatie werd toegepast in de geluidrange van 40 tot en met 65 dB (L_{den}).



Figuur B4.2 De relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder: de generaliseerde relatie en de locatiespecifieke relatie

Effecten op het cardiovasculaire systeem

Wanneer wordt gesproken over de mogelijke effecten van langdurige blootstelling aan geluid op het cardiovasculaire systeem, dan wordt vaak gedoeld op effecten als hoge bloeddruk of hypertensie, en ischemische hartaandoeningen zoals het acuut myocard infarct (Berglund et al., 1999; WHO, 2009, 2011).

Verschillende organisaties hebben zich de afgelopen twee decennia uitgesproken over de relatie tussen geluid en hartaandoeningen: in 1994 stelde een internationale commissie van de Gezondheidsraad dat er 'voldoende' bewijs is voor een relatie tussen geluid overdag en hypertensie en ischemische hartaandoeningen. Vanaf een $L_{Aeq, 6-22hr}$ -waarde van 70 dB is er sprake van een verhoogde kans op ischemische hartaandoeningen en hypertensie door blootstelling van wegverkeerslawaai in de omgeving (Gezondheidsraad, 1994). In 1999 concludeerde de WHO dat cardiovasculaire effecten samenhangen met langetermijnblootstelling aan $L_{Aeq, 24hr}$ -niveaus in de range van 65-70 dB of hoger. De gevonden associaties tussen geluid en de cardiovasculaire effecten werden als zwak gekenschetst. Vermeld werd dat de effecten iets sterker waren voor ischemische hartaandoeningen (waartoe myocard infarct en angina pectoris behoren) dan voor hypertensie (Berglund et al., 1999). Recent publiceerde het Europees Milieu Agentschap een 'Good Practice Guide' waarin werd geconcludeerd dat er voldoende bewijs is voor een relatie tussen geluid en hypertensie en ischemische hartaandoeningen. Volgens het EEA is de waarnemingsdrempel bij chronische blootstelling voor ischemische hartziekten 60 dB (L_{den}); voor hypertensie is de waarnemingsdrempel 50 dB (L_{den}) (EEA, 2010).

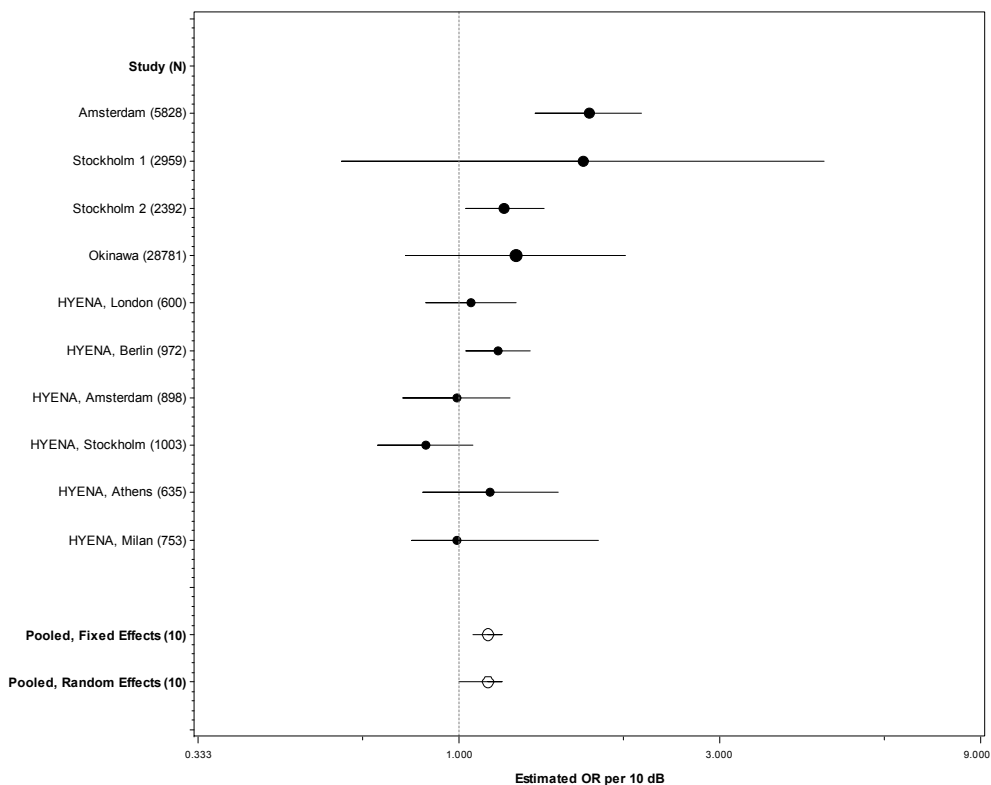
De biologische plausibiliteit voor een relatie tussen de blootstelling aan geluid en hart- en vaatziekten is groot. Een verhoogde kans op bijvoorbeeld hypertensie

en myocard infarct wordt vaak gezien als het gevolg van stress die door blootstelling aan geluid kan optreden. Deze hypothese wordt ondersteund door de uitkomsten van verschillende onderzoeken op het gebied van geluid en gezondheid, en door de bouw van het auditieve systeem (Gezondheidsraad, 1994). Stress kan rechtstreeks tot klinische effecten leiden, maar kan zich ook uiten in gedrag (roken, medicijngebruik) en zo indirect bijdragen aan gezondheidsproblemen. Verder kan bij mensen die lijden aan een hart- en vaataandoening, hun gezondheidstoestand door blootstelling aan geluid verslechteren, zodat (klinische) aandoeningen (eerder) manifest kunnen worden (Van Kempen et al. 2008).

Het is wellicht minder relevant voor deze rapportage, omdat er rondom de vliegbasis Geilenkirchen niet of nauwelijks wordt gevlogen tijdens de nacht, maar ook de nachtelijke blootstelling aan geluid zou volgens de Gezondheidsraad en de WHO wel eens relevant kunnen zijn in relatie tot effecten op het cardiovasculaire systeem (Gezondheidsraad, 2004; WHO, 2009).

Beschikbare blootstelling-responsrelaties: hypertensie

Voor het berekenen van het aantal mensen dat hoge bloeddruk (hypertensie) krijgt ten gevolge van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer, was in de wetenschappelijke literatuur tot 2000 alleen een relatie met de blootstelling aan geluid van vliegverkeer beschreven. Deze relatie was gebaseerd op epidemiologisch onderzoek van Knipschild dat in de jaren zeventig rondom Schiphol was uitgevoerd (Knipschild, 1976). Later zijn resultaten van onderzoeken uit Zweden (Rosenlund et al., 2001; Eriksson et al., 2007), Japan (Matsui, 2004) en Europa (Jarup et al., 2008) beschikbaar gekomen, waarin de geluidbelasting door vliegtuigen gedurende het etmaal was gerelateerd aan verhoogde bloeddruk. In 2009 hebben Babisch en Van Kamp de resultaten van deze recente onderzoeken én van het onderzoek van Knipschild (1976) op een kwantitatieve manier in een meta-analyse samengevat (Babisch et al., 2009, zie ook Figuur B4.3). Hiervoor werden de verschillende indicatoren uit de studies voor de geluidbelasting gedurende het etmaal omgerekend naar een L_{den} . Uit de vijf onderzoeken is vervolgens een 'gepoolde' relatie tussen het risico op hypertensie en de L_{den} verkregen. Het RR (uitgedrukt als odds ratio) bedraagt 1,13 (95% betrouwbaarheidsinterval: 1,00 – 1,28) per 10 dB toename in vliegtuiggeluid voor de range 50 – 70 dB (L_{dn}) (Babisch et al., 2009).



Figuur B4.3 De relatie tussen geluid van vliegverkeer en hypertensie op basis van verschillende, afzonderlijke studies en samengevat (pooled)

Sinds het verschijnen van de relatie opgesteld door Babisch en Van Kamp (2009) zijn alleen de resultaten van een Zweedse studie (Eriksson et al., 2010) beschikbaar gekomen. Het betreft een cohortstudie waarin 4721 personen, die aan het begin van de follow-up periode 35-56 jaar waren en geen hypertensie hadden, gedurende acht tot tien jaar werden gevolgd. Of iemand tijdens de follow-up periode hypertensie had, werd op twee manieren vastgesteld: door middel van een vragenlijst, waarin de deelnemers moesten aangeven of een arts tijdens de onderzoeksperiode hypertensie bij ze had vastgesteld, of op basis van de waarde van de bloeddrukmeting die aan het einde van de follow-up periode plaatsvond. Na correctie voor geslacht, leeftijd, sociaaleconomische status, roken en BMI, werd een RR van 1,00 (95% BI 0,91 – 1,11) per 5 dB toename in geluidniveau (uitgedrukt in L_{den}) geschat. Na exclusie van personen die rookten of gebruikten, tijdens of direct voorafgaande aan de bloeddrukmeting, werd een statistisch significante associatie gevonden bij mannen: er werd een RR van 1,21 (95% BI 1,05 – 1,39) per 5 dB geschat. Bij vrouwen werd geen associatie gevonden.

Beschikbare blootstelling-responsrelaties: hart- en vaataandoeningen

In 2006 leidde Babisch een relatie af tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en de incidentie van myocard infarct (Babisch, 2006). Deze relatie is gebaseerd op een meta-analyse van vijf observationele studies (Babisch et al., 1994, 1999, 2005). Per blootstellingsgroep berekende Babisch een odds ratio (OR). Als referentie nam hij daarbij de groep deelnemers met een blootstelling van minder dan 60 dB (L_{Aeq} , 6-22 hr), omdat er in de deelnemende studies over het algemeen geen informatie beschikbaar was over de blootstelling onder de

60 dB. Door deze werkwijze wordt expliciet aangenomen dat er geen effecten van geluid plaatsvinden onder de 60 dB.

Later heeft Babisch door de geschatte OR's per blootstellingsgroep, een lijn gefit (Babisch et al., 2008). Daardoor kan de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en de incidentie van myocard infarct ook worden beschreven aan de hand van een formule. Sinds enige tijd wordt deze formule door organisaties als de WHO en het Europees Milieu Agentschap gebruikt voor het berekenen van het aantal mensen dat hartvaatziekten krijgt ten gevolge van de blootstelling aan geluid van wegverkeer

In de tussentijd werd door Van Kempen en Houthuijs een overzicht gegeven van een groot aantal studies waarin de relatie tussen geluid van wegverkeer en hartvaatziekten wordt onderzocht die zijn gepubliceerd in de periode 2000 – 2007. Daarnaast werd een relatie afgeleid voor associatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en de incidentie van myocard infarct. Met behulp van een meta-analyse van vijf observationele studies werd een RR per 5 dB toename in geluidniveau ($L_{Aeq,16hr}$) van 1,06 (95% BI: 1,01 – 1,11) geschat. Hoewel hierdoor impliciet wordt aangenomen dat de relatie tussen de blootstelling aan geluid en de incidentie van myocard infarct exponentieel is, bestaat over de vorm van de relatie onzekerheid. Gezien de kleine relatieve risico's bij geluidniveaus onder de 65 dB, is het niet mogelijk om uitspraken te doen over de precieze hoogte van het geluidniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie kan worden toegepast.

Er zijn momenteel geen blootstelling-responsrelaties beschikbaar die de relatie tussen geluid en andere effecten dan myocard infarct of hypertensie beschrijven. Wel is er sinds 2008 een aantal nieuwe studies verschenen, die de effecten van geluid op het krijgen van hart- en vaatziekten hebben onderzocht (Huss et al., 2010; Sorensen et al., 2011, 2013; Floud et al., 2013 ; Hanssel et al., 2013; Correia et al., 2013). In deze studies is, naast het risico op acuut myocard, ook gekeken naar andere cardiovasculaire aandoeningen: beroerte, diabetes, hartfalen en sterfte door hartvaatziekten. In Tabel 4.1 wordt een aantal kenmerken van deze studies gepresenteerd. Hieronder zullen de studies kort worden besproken.

Tabel B4.1 Overzicht van studies die de invloed van geluid van vlieg- en wegverkeer op het cardiovasculaire systeem hebben onderzocht

Auteur	Land*	Design	N	Geluid-bron [†]	Onderzochte eindpunt(en)
Hüss (2010)	1	Cohort, follow-up van 5 jr.	4,6 miljoen personen	W, V	Sterfte t.g.v. acuut myocard infarct (ICD-10: I21, I22), Sterfte t.g.v. aandoening van het hartvaatstelsel (ICD-10: I00-I99). Sterfte t.g.v. beroerte (ICD-10: I60-I64)
Sörensen (2011; 2013)	2	Cohort, follow-up van 10 jr.	Ca. 54.000 personen	W	Incidentie van beroerte (ICD-10 I61, I63, I64) Incidentie diabetes (ICD-10: DE10-14, DH36.0, DO24)
Floud (2013)	3	Dwarsdoorsnede	4712 personen	W, V	Zelfgerapporteerde angina pectoris, myocard infarct of beroerte
Hansell (2013)	4	Ecologische studie, follow-up 5 jr.	12.110 buurten	V	Ziekenhuisopnames voor en sterfte t.g.v. beroerte (ICD-10: I61, I63-I64), ischemische hartziekten (ICD-10: I20-I25) en aandoeningen van het hartvaatstelsel (ICD-10: hoofdst I)
Correia (2013)	5	Registratie zorgverzekeringen	2218 postcode gebieden	V	Aantal ziekenhuisopnames t.g.v. ziekten van het hartvaatstelsel, Beroerte, ischemische hartvaatziekten en hartfalen
*) 1 = Zwitserland, 2 = Denemarken, 3 = Europa, 4 = Groot-Brittannië, 5 = Verenigde Staten van Amerika; †) W = wegverkeer, V = vliegverkeer; Afkortingen: N = Aantal onderzochte deelnemers of aantal onderzochte gebieden					

Hüss et al. (2010) hebben in hun studie gekeken naar de invloed van blootstelling aan verkeerslawaaï (weg- en vliegverkeer) en luchtverontreiniging op het vóórkomen van sterfte aan een hartinfarct en enkele andere aandoeningen (beroerte, longkanker, cerebro- en cardiovasculaire aandoeningen) onder de bevolking. Daartoe konden ze gebruikmaken van het 'Zwitsers Nationaal Cohort' met daarin ruimtelijke gegevens en gegevens over gezondheid en sterfte van inwoners. Hieraan werden gegevens over blootstelling aan geluid van vliegverkeer en luchtverontreiniging gekoppeld. Op deze manier werden de gegevens van 4,6 miljoen mensen ouder dan 30 jaar in de analyse meegenomen. De onderzoekers vergeleken de kans op sterfte over een aantal geluidblootstellingscategorieën en woonduur. Er werd gecorrigeerd voor onder andere luchtverontreiniging, geslacht, opleiding en sociaaleconomische positie van de gemeente. De onderzoekers vonden een verhoogde kans op sterfte aan een hartinfarct (1,5 keer groter onder mensen in de hoogste

blootstellingscategorie ($L_{dn} > 60$ dB(A) ten opzichte van de laagste blootstellingscategorie $L_{dn} < 45$ dB(A)) wanneer deze meer dan vijftien jaar op hetzelfde adres hadden gewoond (zie ook Tabel B4.2).

Tabel B4.2 De relatie tussen geluid van vliegverkeer en sterfte door acuut myocard infarct

Blootstelling aan geluid van vliegverkeer (L_{dn}) in dB	Hazard-ratio (95% BI) voor sterfte door acuut myocard infarct*
< 45	1,00
45 - 49	1,03 (0,90 - 1,17)
50 - 54	1,05 (0,91 - 1,21)
55 -59	1,14 (0,96 - 1,37)
≥ 60	1,48 (1,01 - 2,18)
*) Analyse alleen geldig voor personen die ten minste vijftien jaar op hetzelfde adres wonen en na correctie voor leeftijd, geslacht, burgerlijke status, nationaliteit, opleiding, woonsetting, taalregio, leeftijd bebouwing, SES van gemeente, afstand tot de weg, PM_{10}	

Voor de andere onderzochte aandoeningen en in de andere blootstellingscategorieën annex woonduur vonden ze geen verhoogde kans op sterfte.

Recent is een onderzoek verschenen waarin de relatie tussen geluid van wegverkeer en het risico op een beroerte is onderzocht (Sorensen et al., 2011). Het betrof een Deense cohortstudie waarin ruim 57.000 personen werden gevolgd van 1993 tot 2006. Er werd een statistisch significante relatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en het krijgen van een beroerte. Het relatieve risico op nieuwe gevallen – de zogenaamde Incidence Rate Ratio (IRR) – werd geschat op 1,14 (95% betrouwbaarheidsinterval: 1,03 – 1,25) bij een toename van 10 dB geluid van wegverkeer (L_{den}). Dat betekent dat bij elke 10 dB toename van geluid de kans op een beroerte gemiddeld 14% toeneemt.

In 2013 is nog een analyse verschenen van data van hetzelfde Deense cohort waarin de relatie tussen geluid van wegverkeer en het risico op diabetes werd onderzocht (Sorensen et al., 2013). Er werd een statistisch significante relatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en het krijgen van diabetes. Het relatieve risico op nieuwe gevallen werd geschat op 1,08 (95% betrouwbaarheidsinterval: 1,02 – 1,14) bij een toename van 10 dB geluid van wegverkeer (L_{den} , jaargemiddelde blootstelling op moment van diagnose).

Recent hebben Hansell et al. (2013) onderzocht of het aantal ziekenhuisopnames in een buurt met een hoge geluidbelasting door vliegverkeer hoger was dan het aantal ziekenhuisopnames in een buurt met een lagere geluidbelasting. In de analyse deden 12.110 buurten mee rondom de luchthaven London Heathrow. In deze buurten woonden circa 3,6 miljoen personen. Er werd gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht, de etnische samenstelling van de buurt, de sociaaleconomische status van de buurt, luchtverontreiniging (PM_{10}) en geluid van wegverkeer. Als indicator voor de fractie rokers in een buurt gebruikte men de sterfte door longkanker. In de analyse zijn alle ziekenhuisopnames van 2001 tot en met 2005 meegenomen. In de analyse werden buurten met een geluidniveau door vliegverkeer van > 63 vergeleken met buurten met een geluidniveau van ≤ 51 dB. Daarbij werd het risico voor een ziekenhuisopname door een beroerte (uitgedrukt als relatief risico (RR)) geschat op 1,24 (95%BI 1,08 – 1,43). Dit betekent dat in buurten met een geluidniveau door vliegverkeer van > 63 dB ($L_{Aeq,16hr}$) er 24% (95% BI:

8 – 43%) meer kans is om voor beroerte in het ziekenhuis te worden opgenomen dan in buurten met een geluidniveau van ≤ 51 dB ($L_{Aeq,16hr}$). Ook voor sterfte ten gevolge van beroerte werd een verhoging van het risico gevonden: er werd een RR van 1,21 (95%BI 0,98 – 1,49) gevonden wanneer de blootstelling aan geluid van vliegverkeer werd uitgedrukt in $L_{Aeq,16hr}$.

Correia et al. (2013) hebben de effecten van geluid van vliegverkeer op een vergelijkbare manier onderzocht als Hansell et al. (2013). Daartoe onderzochten ze 2218 postcodegebieden rondom 89 luchthavens in de Verenigde Staten. Van de mensen van 65 jaar en ouder hebben ze via de ziektekostenverzekering gegevens verkregen over de ziekenhuisopnames van deze personen (reden voor opname, duur van de opname, leeftijd, geslacht en postcode). Het effect van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer (L_{dn}) werd uitgedrukt als de procentuele toename in ziekenhuisopnames per 10 dB toename in geluidniveau. In de analyse werd gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht en etniciteit, sociaaleconomische status van de postcode, demografie van de postcode en luchtverontreiniging ($PM_{2.5}$ en O_3) op postcodeniveau. Na controle voor confounders, werd voor hart- en vaataandoeningen een procentuele toename van 3,5% (95%BI 0,2 – 7,0%) in het aantal ziekenhuisopnames gevonden per 10 dB toename in geluidniveau.

Floud et al. (2013) hebben de gegevens van het Europese project HYENA gebruikt om de associatie te onderzoeken tussen geluid van vlieg- en wegverkeer en zelfgerapporteerde angina pectoris, myocard infarct of beroerte. HYENA is een vragenlijstonderzoek onder 4861 personen van 45-70 jaar die wonen rondom zeven Europese luchthavens. Na correctie voor leeftijd, geslacht, BMI, opleiding, etniciteit en vliegverkeer, werd een statistisch significante associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer ($L_{Aeq,24hr}$) en zelf gerapporteerde angina pectoris, myocard infarct of beroerte: er werd een odds ratio (OR) geschat van 1,24 (95%BI 1.00 – 1.41) per 10 dB toename in geluid van wegverkeer. Voor de blootstelling aan geluid van vliegverkeer werd alleen significant effect gevonden voor de nachtelijke blootstelling in de groep personen die ten minste 20 jaar op hetzelfde adres woonden: er werd een odds ratio (OR) van 1,25 (95%BI 1.03 – 1.51) geschat per 10 dB toename in nachtelijk geluid van vliegverkeer.

Leerprestaties

De effecten van de blootstelling aan geluid op leerprestaties zijn meestal bij kinderen onderzocht. Hierbij gaat het vooral om effecten van langdurige blootstelling aan geluid van weg-, vlieg- en railverkeer op lezen, aandacht, probleem oplossen en geheugen. De bewijskracht voor geluid van vliegverkeer is het sterkst. Samenvattend zijn er op basis van de internationale literatuur aanwijzingen dat kinderen die in een gebied met hoge geluidniveaus naar school gaan in vergelijking met kinderen die naar school gaan in een gebied met lagere geluidniveaus, een verminderde langdurige aandacht hebben, zich moeilijker kunnen concentreren, een slechter geluid onderscheidend vermogen en spraakwaarneming hebben, een verminderde geheugenfunctie hebben, een slechtere leesvaardigheid hebben en slechter presteren op nationaal gestandaardiseerde testen, en een verminderde motivatie hebben om langdurige taken vol te houden (Stansfeld et al., 2000).

Over de achterliggende mechanismen van de effecten van blootstelling van geluid op leerprestaties bij kinderen is nog maar weinig bekend. Er zijn verschillende hypothesen die de gevonden effecten mogelijk zouden kunnen verklaren. Een hypothese die vaak opduikt, is de zogenaamde 'tuning out hypothese': kinderen die langdurig zijn blootgesteld aan geluid, leren om

bepaalde auditieve stimuli uit te schakelen; uit de brij van geluiden filteren ze alleen die stimuli eruit die van belang zijn. Dit is voor kinderen een manier om met de versturende en hinderlijke invloed van geluid om te gaan. Op een bepaald moment is er het risico dat dit 'coping mechanisme' te sterk wordt, waardoor stimuli die wel belangrijk zijn, worden weggefilterd (Stansfeld et al., 2000; Van Kempen et al., 2005).

Bij de interpretatie van het effect van geluid op leerprestatie moet er onder meer rekening mee worden gehouden dat de gevonden effecten mogelijk omkeerbaar zijn. Aanwijzingen daarvoor zijn gevonden in de Munich Airport Studie en de Schools and Environment and Health Study (SEHS) (Haines et al., 2001; Hygge et al., 2002). In de eerstgenoemde studie (Hygge et al., 2002) werd het effect op leerprestaties onderzocht door verandering in geluidniveaus ten gevolge van de aanleg van een nieuwe luchthaven. Tijdens de eerste meting (vóór de aanleg van de nieuwe luchthaven) werden effecten gevonden van geluid van vliegverkeer op lezen, episodisch geheugen, werkgeheugen en aandacht. Kinderen afkomstig uit geluid belaste gebieden maakten significant meer fouten op de leestest dan de kinderen afkomstig uit de controlegebieden. Bij een woordenlijst werden alleen significante verschillen gevonden op de moeilijkste onderdelen. De verschillen in lezen tussen de blootgestelde en controlegroep verdwenen na sluiting van het vliegveld.

In de SEHS werden de effecten van geluid van vliegverkeer op cognitieve functies bij 340 kinderen (8-11 jr.) rondom de luchthaven Heathrow onderzocht. Een jaar later werden dezelfde kinderen nog een keer onderzocht. Na controle voor confounders werden nu geen effecten op lezen gevonden (Haines et al., 2001). Niet bekend is of ook het geluidniveau was afgenomen.

In een onderzoek van Cohen waaraan 73 kinderen deelnamen woonachtig in een flatgebouw met 32 verdiepingen, bleek dat kinderen die op de hoogste verdieping van een flat woonden beter scoorden op de leestest dan kinderen die op de laagste verdiepingen woonden. Bovendien bleek dat hoe langer de kinderen waren blootgesteld, hoe groter het effect op lezen werd

Beschikbare blootstelling-responsrelaties: begrijpend lezen

Sinds de berekeningen in 2008, zijn er geen nieuwe studies geweest die de relatie tussen geluid van vliegverkeer en leerprestaties hebben onderzocht. Om de effecten op lezen te berekenen is, analoog aan de berekeningen uit 2008, gebruikgemaakt van de resultaten van het Europese project 'Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects' (acroniem: RANCH) (Van Kempen et al., 2005; Stansfield et al., 2005; Clark et al., 2006). Als onderdeel van het RANCH-project zijn 2844 leerlingen op 89 scholen in gebieden rondom drie Europese luchthavens onderzocht. Er werd een associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en begrijpend lezen: de score op de leestest bleek gemiddeld lager te zijn bij hogere niveaus van geluid van vliegverkeer op school. Begrijpend lezen werd gemeten met behulp van nationaal gestandaardiseerde tests. In Nederland is bijvoorbeeld gebruikgemaakt van de CLIB-test van het CITO (Staphorsius, 1994). Om de betekenis van het gemiddelde effect van geluid op begrijpend lezen voor een kind inzichtelijk te maken, werd het effect van geluid van vliegverkeer op begrijpend lezen uitgedrukt in termen van de gemiddelde leesachterstand in maanden. Echter, deze omschrijving van het effect maakt het lastig om het effect op begrijpend lezen voor alle basisschoolkinderen (dus op groepsniveau) betekenisvol uit te drukken. Eenvoudiger zou het zijn om de invloed van vliegtuiggeluid op de leesprestatie te beschrijven als een verhoogde kans op een zwakke test voor begrijpelijk lezen.

De resultaten van CITO-toetsen in het leerlingenvolgsysteem op basisscholen worden uitgedrukt als A-, B-, C-, D- of E-niveau. Het A-niveau zijn de 25% best scorende leerlingen; het E-niveau staat voor 10% van de kinderen die het slechtst scoren. Dit laatste en laagste niveau geeft aan dat de leerling zwak tot zeer zwak presteert ten opzichte van leeftijdsgenoten. Het E-niveau is als 'afwijkende' waarde voor de leestest aangehouden. Dit houdt in dat wanneer vliegtuiggeluid geen invloed heeft op het resultaat van een leestest, het percentage kinderen met een (zeer) zwakke leestest (E-niveau) op een school gemiddeld 10% bedraagt. Dit percentage neemt toe naarmate de blootstelling aan vliegtuiggeluid oploopt (Van Poll et al., 2008).

Met dit gegeven in het achterhoofd, is met behulp van de RANCH-data een relatie afgeleid tussen de blootstelling aan vliegtuiggeluid en de kans op een zwakke test voor begrijpend lezen. De relatie werd uitgedrukt in de vorm van een Relatief Risico (RR): de verhouding van het absolute risico op een zwakke leestest bij een bepaald geluidniveau ten opzichte van het risico bij een ander geluidniveau. Uiteindelijk werd een RR (uitgedrukt als odds ratio) geschat van 1,38 (95%BI 1,09 – 1,75) per 10 dB(A) toename in vliegtuiggeluid (Van Kempen et al., 2008). Omdat het risico op een (zeer) zwakke leestest door geluid van vliegverkeer zichtbaar werd tussen de 50 en 55 dB $L_{Aeq,16u}$ is, net als in 2008, bij de berekeningen uitgegaan van een geluidniveau van 50 dB vanaf waar een extra risico op een (zeer) zwakke test voor begrijpend lezen optreedt.

Identificatie van blootstelling-responsrelaties die de invloed van geluid van vliegverkeer op welzijn en gezondheid beschrijven a.d.h.v. geluidmaten anders dan gemiddelde equivalente geluidniveaus

De blootstelling-responsrelaties die voor de schatting in 2008 zijn gebruikt (Van Poll et al., 2008) waren grotendeels gebaseerd op meta-analyses waarin relaties zijn afgeleid uit studies naar de relatie tussen geluid van weg- en burgervliegverkeer. Daarbij beschreven alle gebruikte relaties de relatie met het jaargemiddelde equivalente geluidniveau (uitgedrukt in L_{den} of $L_{Aeq,16u}$).

Tabel B4.3 Aantal vliegbewegingen van luchthavens in Nederland in vergelijking met de vliegbasis Geilenkirchen

Luchthaven	Samenstelling vloot	Totaal aantal vliegbewegingen in 2012	Aantal vliegbewegingen per dag in 2012
Amsterdam Airport Schiphol	Civiel	437.890	1.200
Rotterdam The Hague Airport	Civiel	48.129	132
Eindhoven Airport	Civiel & Militair	24.636	67
Maastricht Aachen Airport	Civiel	23.263	64
Groningen Airport Eelde	Civiel	46.473	127
Vliegbasis Geilenkirchen	Militair	2.996	12

In Tabel B4.3 wordt het aantal vliegbewegingen weergegeven van een aantal belangrijke luchthavens in of nabij Nederland weergegeven. Uit de tabel blijkt dat het aantal vliegbewegingen rondom de vliegbasis Geilenkirchen relatief laag is in vergelijking met de andere luchthavens. Bij gelijke L_{den} -waardes, is het aantal geluidgebeurtenissen in de buurt van vliegbasis Geilenkirchen lager dan in de buurt van andere luchthavens. Daarentegen veroorzaken de AWACS-toestellen per passage gemiddeld 10-15 dB hogere piekniveaus dan de moderne

civiele vliegtuigen die bijvoorbeeld rondom de luchthaven Schiphol vliegen. De situatie rondom de vliegbasis van Geilenkirchen is dan ook aan te duiden als 'bijzonder'. Daardoor is het de vraag in hoeverre het uitdrukken van de blootstelling door geluid van vliegtuigen in een jaargemiddelde equivalente geluidniveau, voldoende recht doet aan de situatie rondom de vliegbasis Geilenkirchen. Als het bijvoorbeeld beter is om de blootstelling aan het geluid van de vliegtuigen uit te drukken als een piekgeluid, dan is de vraag of dat de blootstellingsverdeling verandert en vervolgens van invloed is op de omvang van het aantal mensen met een gezondheidseffect door vliegverkeer in de regio Zuid-Limburg?

Omdat het dus de vraag was of blootstellingresponsrelaties die de relatie met het gemiddelde equivalente vliegtuiggeluidniveau (uitgedrukt in L_{den} of $L_{Aeq, 16u}$) en gezondheid en welzijn beschrijven, wel voldoende recht deden aan de situatie rondom de vliegbasis Geilenkirchen, is nagegaan of er blootstelling-responsrelaties beschikbaar waren die de invloed van geluid van vliegverkeer op gezondheid en welzijn beschrijven aan de hand van geluidmaten anders dan jaargemiddelde equivalente geluidniveaus. De resultaten worden in dit hoofdstuk beschreven.

Geluidmaten voor vliegverkeer

Volgens de geluidrichtlijnen van de WHO zijn er voor de blootstelling aan geluid van vliegverkeer diverse maten beschikbaar (Berglund et al., 1999). Deze maten gaan verschillend om met frequentiewegingen, tellen de niveaus en aantallen geluidgebeurtenissen verschillend op, of wegen de verschillende dagdelen op een andere manier.

Als het gaat om verschillen in frequentieweging maakt men onderscheid tussen (i) maten die zijn gebaseerd op A-gewogen geluiddrukkniveaus, en (ii) maten die zijn gebaseerd op het concept van 'noisiness' dat is bedacht door Kryter (1959). In 1959 ontwikkelde hij een schaal om de 'perceived noisiness' van vliegverkeer door waarnemers op de grond te meten. Maten die op dit laatste principe zijn gebaseerd zijn bijvoorbeeld: Perceived Noise Level (PNL), Tone-corrected Perceived Noise Level (TPNL), en het Effective Perceived Noise Level (EPNL).

De meeste maten zijn echter gebaseerd op de 'equal energy' ($L_{Aeq,T}$) benadering. Dat betekent dat de totale energie van een aantal events gedurende een periode van de dag kan word opgeteld en als één event worden beschouwd. Een voorbeeld is de $L_{Aeq7-23hr}$. Niet alleen de periode van de dag kan variëren; ook de periode waarover de $L_{Aeq,T}$ wordt bepaald kan verschillen: een heel jaar, een half jaar, de drukste zes maanden, etc.

Ten slotte is er ook nog een groep maten die uitgaan van individuele geluidgebeurtenissen. Daarbij is het geluidniveau van een event en het aantal events meer van belang. Bijvoorbeeld L_{max} of Number Above Threshold (NAT) en Kosteneenheid (KE).

Binnen de maten die zijn gebaseerd op de 'equal energy'-benadering kan er onderscheid worden gemaakt tussen (i) maten die geen weging voor de verschillende dagdelen hebben en (ii) maten die wel wegingen gebruiken voor de verschillende dagdelen. Ook binnen de laatste groep zijn grote verschillen: de ene maat weegt de nachtperiode met 6 dB, terwijl de andere maat de nachtperiode met 12 dB weegt; in de ene maat wordt alleen de nachtperiode gewogen en in de andere maat worden zowel de nacht- als de avondperiode gewogen.

De meeste geluidmaten zijn echter niet in een hokje in te delen. Hieronder een paar voorbeelden waaruit dat blijkt:

- Het day-night sound pressure level (L_{dn}) is een maat die uitgaat van A-gewogen geluiddrukkniveaus, is gebaseerd op het equal energy principe, en die aan de nachtperiode een gewicht van 10 dB geeft.
- De Noise Exposure Forecast (NEF) gaat uit van het 'noisiness'-concept: hij is gebaseerd op de EPNL-waardes van individuele vliegverkeer events en weegt de nachtperiode met 12 dB. De verschillende events worden opgeteld volgens het equal energy-principe (Bishop et al., 1967).
- De Australische variant van de NEF heeft een weging van 6 dB voor de avondperiode en een weging van 6 dB voor de nachtperiode (Bullen, 1983).
- De Duitse maat L_{eq} (FLG) gaat weliswaar uit van A-gewogen geluidniveaus, maar volgt weer niet het 'equal energy'-principe.
- Het Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level (WECPNL) is gebaseerd op het 'equal energy'-principe en gaat uit van de maximale PNL-waardes van de events. In Japan wordt vaak een proxy van deze maat gebruikt die is gebaseerd op maximum A-gewogen geluidniveaus.
- De Noise and Number Index (NNI) is afgeleid van maximale PNL-waardes maar is niet gebaseerd op het 'equal energy'-principe.

De meeste studies die de effecten van geluid van vliegverkeer op hinder, het cardiovasculaire systeem of leerprestaties onderzoeken, drukken de blootstelling aan geluid van vliegverkeer uit in een gemiddeld equivalent geluidniveau.

Hinder

In de loop der jaren is er een aantal studies gepubliceerd die de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder hebben onderzocht, waarbij de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op een andere manier werd uitgedrukt dan aan de hand van jaargemiddelde equivalente geluidniveaus (Rylander et al., 1980, 1997; Miedema et al., 1992; Garcia et al., 1993; Kastka (1999); Vincent et al., 2000; Wirth et al., 2004, Schreckenberget al., 2006, 2010; LeMasurier et al., 2007). In Tabel B4.4 worden de belangrijkste kenmerken van deze studies gepresenteerd en hieronder volgt een korte beschrijving van deze studies.

In 1980 presenteerden Rylander et al. (1980) een heranalyse van data die zijn verzameld door middel van vragenlijstonderzoek in 38 gebieden rondom negen luchthavens in Noorwegen, Zweden en Denemarken. De onderzoeken vonden plaats onder 3746 personen in de leeftijd van 18-75 jaar. Het doel van de analyse was om de relatie te onderzoeken tussen het aantal geluidgebeurtenissen binnen 24 uur hoger dan 70 dB (N_{70}), en hinder door geluid van vliegverkeer. Ook wilden de onderzoekers de relatie met het maximale geluidniveau (L_{max}) onderzoeken. Er werd een relatie gevonden tussen het aantal events van 70 dB of hoger, en het percentage ernstige hinder door geluid van vliegverkeer. Deze relatie werd echter alleen gevonden bij een laag aantal events (ca. 35 tot 50 events). Daarna bleef het percentage ernstige hinder stabiel of was er zelfs een lichte afname te zien. Voor personen die blootgesteld waren aan maximale geluidniveaus van ongeveer 90 dB, was de relatie sterker dan voor personen die blootgesteld waren aan maximale geluidniveaus van ongeveer 70 dB. De onderzoekers vonden ook een relatie tussen het maximale geluidniveau en het percentage hinder.

In een later vragenlijstonderzoek rondom drie kleinere Zweedse luchthavens, is door Rylander en Björkman (1997) de relatie onderzocht tussen het aantal geluidgebeurtenissen binnen 24 uur hoger dan 70 dB (N_{70}) en de mate van hinder door geluid van vliegverkeer. Ook wilde men de relatie met het maximale geluidniveau (L_{max}) onderzoeken. Uit de resultaten bleek dat bij lagere

N_{70} -niveaus de hinder toe nam bij een toenemende waarde van de N_{70} . Op een gegeven moment bleef de hinder echter gelijk, ondanks een toenemende waarde van de N_{70} . Ook de relatie tussen het maximale geluidniveau (L_{Amax}) en hinder bleek niet lineair te zijn. Voor hun onderzoek nodigden Rylander en Björkman 703 personen uit; uiteindelijk deden er 513 personen in de leeftijd van 18-75 jr., verdeeld over acht onderzoeksgebieden mee. Het percentage ernstige hinder wordt geschat op ruim 7% en varieerde van 5 tot 48% over de onderzoeksgebieden. Het aantal geluidgebeurtenissen van 70 dB of meer, was relatief klein (maximaal 48 per etmaal). Volgens de onderzoekers was er een (lineaire) relatie tussen het aantal geluidgebeurtenissen van 70 dB en hoger en het percentage ernstige hinder door geluid van vliegverkeer. Overigens was het aantal geluidgebeurtenissen van 70 dB of meer iets sterker met ernstige hinder gecorreleerd ($r = 0,93$) dan het maximale geluidniveau en het jaargemiddelde equivalente geluidniveau (beiden een $r = 0,80$) (Rylander et al., 1997).

Ook Kastka heeft de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder onderzocht aan de hand van een vragenlijstonderzoek. Deelnemers waren 1147 personen die in de buurt van de luchthaven Frankfurt wonen. Daarbij drukte hij de blootstelling aan geluid van vliegverkeer onder meer uit aan de hand van het aantal events van 70 dB of meer (NA_{70}). Net als de Zweedse onderzoekers vond ook hij een relatie tussen het aantal events van 70 dB of meer en het percentage ernstige hinder. In vergelijking met het equivalente geluidniveau ($L_{eq(3)}$) ($r = 0,18$) leek de NA_{70} ($r = 0,21$) iets beter met ernstige hinder te zijn gecorreleerd. De correlatie tussen de geluidmaten was overigens matig ($r \sim 0,7$). Deze matige correlatie vond Kastka ook in een klachtenonderzoek in 22 gemeenten rondom de luchthaven Düsseldorf (Kastka, 1999). In het onderzoek werden, analoog aan het onderzoek rondom de luchthaven van Frankfurt, de geluidmaten L_{eq3} en de NA_{70} (beide apart voor de dag- en de nachtperiode) meegenomen: de correlatie tussen de L_{eq3} en de NA_{70} lag steeds rond de 0,70. Helaas rapporteerde Kastka in het onderzoek rondom de luchthaven Düsseldorf geen gegevens over hinder.

In 2000 rapporteerden Vincent et al. de resultaten van een vragenlijstonderzoek onder 1483 personen die in 38 Franse steden woonden. Het doel van de studie was om de relatie met hinder te onderzoeken. In aanvulling op de gangbare jaargemiddelde equivalente geluidniveaus (uitgedrukt in L_{den} , L_{eq} , L_{dn} , werd ook de relatie met andere geluidmaten onderzocht. Blootstelling-responsrelaties werden helaas niet gepresenteerd, maar uit een correlatietabel blijkt wel dat de jaargemiddelde equivalente geluidniveaus net zo sterk correleerden met hinder als maten als de 'Maximum noise level of aircraft' (L_{max} 60 dB).

In 2010 deden Schreckenbergh en Schuemer (2010) in het project 'Community Oriented Solutions to Minimis aircraft noise Annoyance' (COSMA) vergelijkbare bevindingen: geluidmaten als 'mean maximum sound levels' en 'Number of flyovers' vertoonden een vergelijkbare correlatie met hinder als de jaargemiddelde equivalente geluidmaten. Daartoe gebruikten ze de data die waren verzameld in het kader van de Frankfurt Noise Annoyance Study (Schreckenbergh, 2006). In deze studie is een vragenlijst afgenomen aan ruim 2300 personen die rondom de luchthaven Frankfurt wonen.

Ook Wirth et al rapporteerden in 2004 vergelijkbare correlaties met hinder voor de $L_{Aeq6-22hr}$ ende L_{den} (deze lagen voor alle geluidmaten rond de 0,30) (Wirth et al., 2004). Hun conclusies waren gebaseerd op data van de Swiss Noise Study 2000 en betrof een vragenlijstonderzoek onder 1826 personen van 18 jaar en ouder die verdeeld over 57 gemeenschappen rondom de luchthaven van Zurich woonden (Wirth et al., 2004).

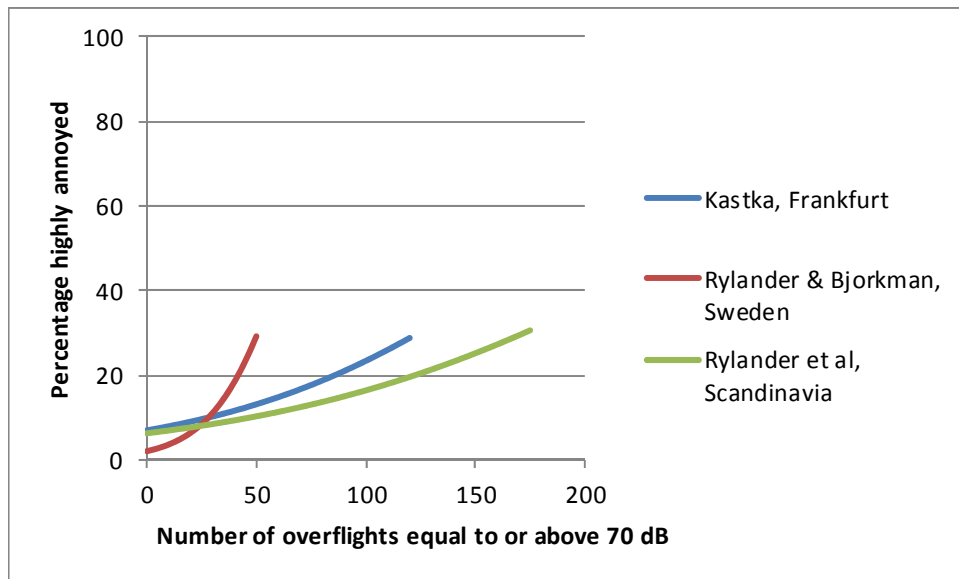
De resultaten die in 1993 door een aantal Spaanse onderzoekers werden gepresenteerd, zijn moeilijker te interpreteren. Het betreft een vragenlijstonderzoek onder 1800 personen van 18 jaar en ouder die rondom zes Spaanse luchthavens wonen (Garcia et al., 1993). De blootstelling aan geluid van vliegverkeer werd uitgedrukt aan de hand van de 'Noise Exposure Forecast' (NEF) en de 'Time Above'. Van deze laatste maat is onbekend wat daarmee precies wordt bedoeld. Er werd een relatie afgeleid tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer uitgedrukt aan de hand van de NEF en ernstige hinder.

In 2007 werden in Groot-Brittannië in het kader van het project 'Attitudes to Noise from Aviation Sources in England' (ANASE) 2733 personen geïnterviewd die rondom 20 Britse luchthavens woonden (verdeeld over ongeveer 76 buurten). Voor de selectie van de deelnemers werden ook andere geluidmaten dan het jaargemiddelde equivalente geluidniveau ($L_{Aeq, 7-23hr}$) gebruikt. Dit waren de $L_{Amax,r}$, het average event sound level (L_{av}) en het N_{av} . Daarbij lijkt de $L_{Aeq, 7-23hr}$ het sterkste te zijn gecorreleerd met het percentage ernstige hinder (LeMasurier, 2007).

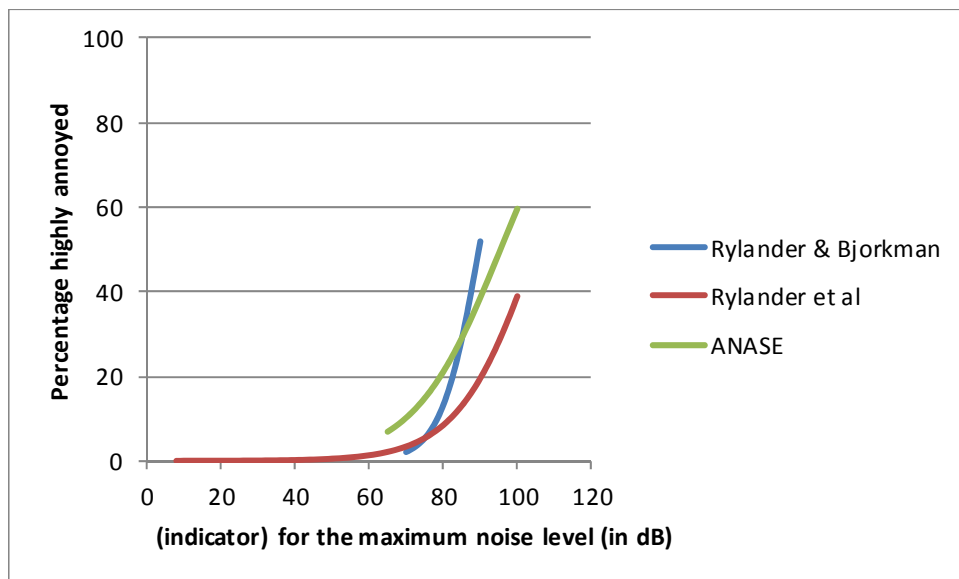
Als onderdeel van de European community aircraft study (Miedema, 1992) werden in 1984 vragenlijsten afgenomen aan 565 personen die rondom de luchthaven Orly woonden. In aanvulling op de gemiddelde equivalente geluidniveaus, werd ook het gemiddelde aantal passages per dag gemeten. Helaas was de rapportage van deze studie zeer gebrekkig, waardoor het niet mogelijk is er verder naar te kijken.

Tabel B4.4 Overzicht van studies die de invloed van geluid van vliegverkeer op hinder hebben onderzocht, waarbij gebruik werd gemaakt van andere blootstellingsmaten dan jaargemiddelde equivalente geluidniveaus

Studie	Luchthav en(s)	Studie- periode	Opzet	N	Gebruikte geluidmaten
Rylander (1980)	Oslo, Kopenhagen, Billund, Malmö, Gotenburg, Stockholm Arlanda, Stockholm Bromma, Visby, Linköping	1969-1976	CS	3746	The highest A-weighted noise level of a single flyover, occurring at least three times per 24 hr. The number of noise events equal to or exceeding 70 dB during 24 hr.
Rylander (1997 ¹)	Landvetter, Save, Everod	May '88 – May '93	CS	513	The highest A-weighted noise level of a single flyover, occurring at least three times per 24 hr. The number of noise events equal to or exceeding 70 dB during 24 hr.
Kastka (1999)	Frankfurt	Jan '95 – May '98	CS	1147	Number above Threshold L_{max} 70 dB
Vincent (2000)	Charles de Gaulles, Orly (Parijs)	1998-1999	CS	1483	Level Equivalent Quantity, Calculated Indice on PndB and number of plane (IP), Noise Exposure Forecast, Mean Emergence of noise planes, Perceived Noise level (PNL _{69 dB}), Maximum noise level of aircraft (L_{max} 60 dB)
Garcia (1993)	Madrid, Palma, Barcelona, Sevilla, Valencia, Zaragoza	1989-1990	CS	1800	Noise Exposure Forecast (NEF), Time Above (level unknown)
LeMasurier (2007)	20 luchthavens in Groot-Brittannië	2005-2006	CS	2733	The maximum a-weighted sound level received during an event (L_{Amax}) Average event sound level (L_{av}), The number of aircraft events in a given time period which exceeded the defined L_{Amax} -cut-off of 65 dB (N_{av})
Wirth (2004)	Zurich-Kloten	2001	CS	1826	Number Noise Index (NNI), Number of fly-overs with a noise level above 68 dB (NAT68)
Schreckenberg (2006)	Frankfurt	2005	CS	2312	Mean maximum sound level above 55 and 70 dB, Number of flyovers above 55 and 70 dB for daytime and nighttime
Miedema (1992)	Orly-Paris	1984	CS	565	Average number of passages per day



Figuur B4.4 De relatie tussen geluid van vliegverkeer (uitgedrukt als het aantal events van 70 dB of meer) en ernstige hinder



Figuur B4.5 De relatie tussen geluid van vliegverkeer (uitgedrukt als een L_{max}) en ernstige hinder

Hoge bloeddruk

Tot nog toe hebben slechts een aantal studies de relatie onderzocht tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer uitgedrukt in een maat anders dan het gemiddelde equivalente geluidniveau en hoge bloeddruk (Rosenlund et al., 2001; Eriksson et al., 2007).

Tabel 4.5 Overzicht van studies die de invloed van geluid van vliegverkeer op hoge bloeddruk hebben onderzocht, waarbij gebruik werd gemaakt van andere blootstellingsmaten dan jaargemiddelde equivalente geluidniveaus

Auteur	Luchthav en	Studie- periode	Design	N	Geluid maat	RR_{per 10 dB} (95%BI)
Eriksson (2007)	Stockholm Arlanda Airport	1992 – 2004	Follow-up	2.754	L _{Amax} *	1,37 (1,06 – 1,78) (10 jrs incidentie)
Rosenlund (2001)	Stockholm Arlanda Airport	1997	Dwars- doorsnede	2.959	L _{Amax} *	2,3 (1,1 – 4,7) (prevalentie)

*Maximum sound pressure level occurring at least 3 times during the average 24 hr period in one year; Afkortingen: N = aantal deelnemers; RR_{per10 dB} = Relatief Risico per 10 dB toename in geluid; 95%BI = 95% betrouwbaarheidsinterval

In 2001 rapporteerden Rosenlund et al. (2001) de resultaten van een dwarsdoorsnede-onderzoek waaraan 2959 mensen in de leeftijd van 19-80 jaar hebben deelgenomen die woonden in de buurt van Stockholm in Zweden. Doel van het onderzoek was om de relatie tussen geluid van vliegverkeer en zelfgerapporteerde hoge bloeddruk te onderzoeken. De blootstelling aan geluid van vliegverkeer werd uitgedrukt met behulp van de Zweedse FBN (een jaargemiddelde equivalent geluidniveau waarbij de events die tijdens de avondperiode en nachtperiode plaatsvinden worden vermenigvuldigd met respectievelijk een factor 3 en 10. Daarnaast werd de blootstelling uitgedrukt als het maximale geluidniveau (L_{Amax}) dat ten minste drie keer is voorgekomen tijdens een etmaal per jaar. De geluidmaten bleken onderling een hoge correlatie te hebben: $r = 0,90$. De onderzochte blootstellingsrange was klein: 15 dB voor de FBN en naar schatting maximaal 10 dB voor de L_{Amax}. Na correctie voor versturende variabelen (leeftijd, geslacht, roken en opleiding) werd een associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer (uitgedrukt in FBN) en het voorkomen van zelfgerapporteerde hoge bloeddruk. Deze associatie was statistisch niet significant. Er werd een Prevalence Odds Ratio (POR) geschat van 1,19 (95%BI 0,85 – 1,67) per 10 dB toename in geluid. Wanneer de blootstelling werd uitgedrukt met een L_{Amax}, werd *wel* een statistisch significante associatie gevonden: de POR was 2,32 (95%BI 1,13 – 4,74) per 10 dB toename.

In 2007 werd een tweede studie naar de effecten van vliegverkeer op hypertensie gepresenteerd (Eriksson, 2007). Ditmaal betrof het een Zweedse cohortstudie onder 2754 mannen die gedurende tien jaar werden gevolgd. Net als in de studie van Rosenlund et al. (2001), werd de blootstelling aan geluid van vliegverkeer uitgedrukt aan de hand van de Zweedse FBN en het maximale geluidniveau (L_{Amax}) dat ten minste drie keer is voorgekomen tijdens een etmaal per jaar. Of de deelnemers leden aan hoge bloeddruk werd vastgesteld door middel van bloeddrukmetingen en vragenlijsten. Net als in de studie van Rosenlund et al. (2001), was de correlatie tussen de gebruikte blootstellingsmaten hoog ($r \sim 0,9$). Voor beide blootstellingsmaten werd een statistisch significante associatie gevonden met hoge bloeddruk.

Conclusie

In de loop der jaren zijn er diverse studies zijn geweest die naar het effect van een andere blootstellingsmaat dan het gemiddelde equivalente geluidniveau, hebben gekeken. Toch zijn er momenteel geen blootstelling-responsrelaties beschikbaar die, om de relatie met gezondheid te beschrijven, een andere

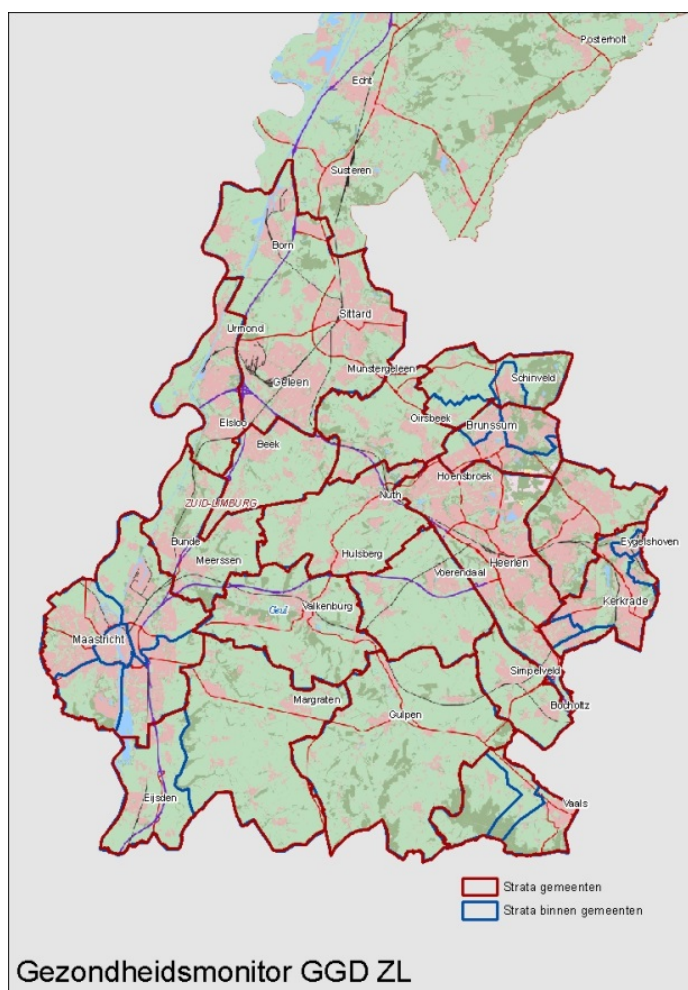
blootstellingsmaat gebruiken dan een gemiddeld equivalent geluidniveau of een afgeleide daarvan. Op basis van de hierboven beschreven studies kan bovendien niet geconcludeerd worden dat hinder door geluid van vliegverkeer of hypertensie beter wordt voorspeld door maten als de NAT_{70} en de L_{Amax} in vergelijking met maten als L_{den} of $L_{Aeq7-23}$. Laatstgenoemde maten bleken vaak niet beter te zijn gecorreleerd met hinder door geluid van vliegverkeer, dan maten als de NAT_{70} en de L_{Amax} .

Schatting van de omvang van de effecten op gezondheid en welzijn in de bevolking van Zuid-Limburg

Om de omvang van gezondheidseffecten door de blootstelling aan geluid van vliegverkeer te berekenen, zijn dosis-responsrelaties gecombineerd met de geluidblootstelling van de bevolking van Zuid-Limburg en gegevens over ziekte en sterfte.

Studiegebied

De schattingen in dit rapport hebben betrekking op de GGD-regio Zuid-Limburg (zie Figuur B4.6) en de (Nederlandse) invloedssfer van de vliegbasis Geilenkirchen. De GGD-regio GGD Zuid-Limburg omvat de gemeentes Beek en Geilenkirchen, Brunssum, Eijsden-Margraten, Gulpen-Wittem, Heerlen, Kerkrade, landgraaf, Maastricht, Meerssen, Nuth, Onderbanken, Schinnen, Simpelveld, Sittard-Geleen, Stein, Vaals, Valkenburg aan de Geul, en Voerendaal. Er woonden in 2012 606.862 mensen in dit gebied. De invloedssfeer van de vliegbasis Geilenkirchen betreft de gemeenten Schinnen, Brunssum, Onderbanken, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Voerendaal en Simpelveld, zie van Poll et al. 2008). In 2012 woonden hier 213.000 mensen.



Figuur B4.6 De GGD-regio Zuid-Limburg: het gebied waar de schattingen in onderhavig rapport betrekking op hebben

De blootstelling aan geluid van vliegverkeer

Door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) zijn geluidberekeningen op grids van 250 bij 250 meter uitgevoerd. Het NLR heeft de geluidbelasting voor vliegtuigen berekend voor de GGD-regio Zuid-Limburg. Voor 2012 en 2002 is per grid de L_{Aeq} afzonderlijk voor de dag ($L_{Aeq,7-19u}$), de avond ($L_{Aeq,19-23u}$) en de nacht ($L_{Aeq,23-7u}$) berekend. Uit de L_{Aeq} -berekeningsresultaten voor de dagdelen, avond en nacht zijn vervolgens andere geluidmaten samengesteld: de L_{den} , de L_{night} en de L_{Aeq16u} . Aanvullend zijn ook nog andere geluidmaten berekend (zie voorgaande Bijlagen en Hogenhuis, 2013)

Op basis van de geluidberekeningen van het NLR is berekend hoeveel inwoners blootstaan aan een bepaald geluidniveau. Daarvoor zijn geluidgegevens gekoppeld aan gegevens uit het Woning en Populatiebestand. Dit bestand bestaat met een verwijzende sleutel naar het AdresCoördinatenNederland (ACN bestand uit 2004), aangevuld met gegevens over het aantal woningen per postcodegebied, het gemiddeld aantal bewoners per woning. De GGD-regio Zuid-Limburg bevat 141 postcodegebieden.

De berekeningen met het geluidbestand zijn tevens gecombineerd met gegevens van het CBS over de leeftijd- en geslachtsopbouw van de GGD-regio Zuid-Limburg per 1 januari 2011. Bij berekeningen voor het jaar 2002 is gebruikgemaakt van de demografie van 1 januari 2002.

Blootstelling-responsrelaties

Op basis van de evaluatie van de literatuur zijn een aantal blootstelling-responsrelaties geselecteerd die de effecten van geluid van vliegverkeer op hinder, hypertensie en leerprestaties beschrijven (zie Tabel 6).

Tabel B4.6 Overzicht van geselecteerde blootstelling-responsrelatie die de effecten van geluid van vliegverkeer beschrijven

Gezondheids eindpunt	Gebaseerd op	Blootstelling-responsrelatie		
		Formule	Toepassings-range	Bron
Ernstige hinder	Lokale studie	$\text{Log}(p/1-p) = -10,1976 + 0,1828 * L_{\text{den}}$	30-65 dB L_{den}	Breugelmans (2013)
Hypertensie	Meta-analyse	RR $\sim 1,13$ (95%BI 1,00 - 1,28) per 10 dB	≥ 50 dB L_{den}	Babisch (2009)
Een zwakke test voor begrijpend lezen	Multicenter studie	RR $\sim 1,38$ (95%BI 1,09 - 1,75) per 10 dB	≥ 50 dB L_{Aeq16hr}	Van Kempen (2008)

Afkortingen: 95%BI = 95% Betrouwbaarheidsinterval

Er was weliswaar een blootstelling-responsrelatie beschikbaar tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van myocard infarct, maar deze zal, in tegenstelling tot de rapportage in 2008, niet gebruikt worden om de effecten op myocard infarct door te rekenen. In plaats daarvan zal voor het doorrekenen van de effecten op hartvaataandoeningen (waaronder acuut myocard infarct) gebruik worden gemaakt van het Chronisch Ziektemodel (zie 'Berekeningen met het Chronische Ziektemodel').

Berekening van de omvang van ernstige hinder, hypertensie en leerprestaties

Het aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer is berekend door de geselecteerde blootstelling-responsrelatie afgeleid in het onderzoek 'Zelfgerapporteerde gezondheid (Bijlage GVG II)' te combineren met de geluidblootstellingverdeling van de bevolking in Zuid-Limburg.

De omvang van het extra aantal personen met hypertensie en het aantal extra kinderen per jaar met een zwakke test voor begrijpend lezen, is berekend met behulp van de zogenaamde 'Populatie Attributief Risico (PAR) methode' (Pruss-Ustun et al., 2003; Hellmuth, et al., 2012). Een PAR geeft het aandeel gevallen weer van een effect dat samenhangt met de onderzochte blootstelling. Met andere woorden, een PAR geeft het aandeel gevallen weer dat zou worden vermeden als er geen blootstelling was aan de onderzochte factor onder de aanname dat geen van de andere risicofactoren verandert en dat er dus sprake is van een direct oorzakelijke relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer en het betreffende effect (Van Poll et al., 2008).

Voor de berekeningen hebben we de volgende formules gebruikt:

$$RR' = \exp\left(\beta \times \left(\frac{\text{geluidniveau} - \text{referentieniveau}}{5}\right)\right)$$

$$PAF = \frac{fx(RR' - 1)}{fx(RR' - 1) + 1}$$

$$AB = PAF \times p_0$$

Daarbij is:

RR' Relatief Risico behorende bij het gemiddelde geluidniveau van blootstellingsklasse a, berekend ten opzichte van een gekozen referentieniveau. Voor alle blootstellingsklassen wordt een RR' berekend.

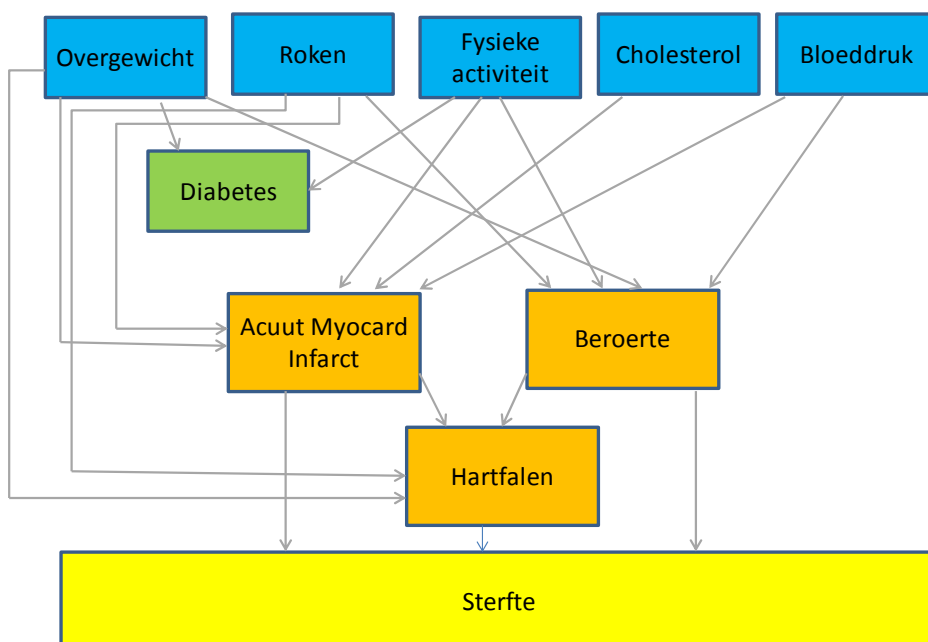
- β Beta, afgeleid van het in een meta-analyse afgeleide RR per 5 decibel.
- PAF Populatie attributieve fractie. Net als bij RR', wordt dit voor elke blootstellingsklasse berekend.
- f Deel van de populatie dat is blootgesteld aan blootstellingsklasse a.
- AB Attributable burden, ofwel toe te schrijven aantallen. Dit wordt voor elke blootstellingsklasse berekend
- P₀ Basisprevalentie of incidentie van de betreffende aandoening.

Aangenomen wordt dat het basisrisico om ziek te worden in elke blootstellingsklasse hetzelfde is.

Omdat locatiespecifieke cijfers niet voorhanden waren, is voor de berekeningen zo veel mogelijk gebruikgemaakt van leeftijd- en geslachtspecifieke ziektegegevens van nationale registraties (Hoogeveen, 1998; Poos, 2013). Demografische data zijn afkomstig van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

Berekeningen met het Chronisch Ziektemodel

Om na te gaan wat het effect is van de prevalentie van hypertensie door geluid van vliegverkeer is op de ziektelast veroorzaakt door hart- en vaatziekten, zijn aanvullende berekeningen verricht. Hiervoor is gebruikgemaakt van het Chronisch Ziektemodel (Hoogeveen, 1998). Dit is een wiskundig model waarmee veranderingen van de gezondheidstoestand ten gevolge van veranderingen in de determinanten daarvan, gesimuleerd kunnen worden. Het model beschrijft de demografische en epidemiologische veranderingen van de bevolking. Het idee is dat met behulp van berekeningen met het Chronisch Ziektemodel een realistischer beeld kan worden verkregen van de werkelijkheid: hypertensie is niet alleen een belangrijk eindpunt in relatie tot de blootstelling aan geluid; tegelijkertijd verhoogt hypertensie ook het risico op het krijgen van (en sterfte aan) een beroerte, een acuut myocard infarct of hartfalen (Poos, 2013). Door de berekeningen met het Chronisch Ziektemodel kan rekening worden gehouden met 'uitstel' en 'vervanging'. Met 'uitstel' bedoelen we dat mensen die door hypertensie in het begin gevrijwaard zijn van hart- en vaatziekten, deze later alsnog kunnen krijgen. 'Vervanging' duidt erop dat bovengenoemde 'gespaarde' personen langer leven en vervolgens door andere oorzaken ziek worden of overlijden. De simulatie van de ontwikkeling van ziekte en sterfte over langere tijd, waarbij wordt uitgegaan van een tijdshorizon van 20 jaar, levert een realistischer beeld van de mogelijke gevolgen. Het Chronisch Ziektemodel is al eerder gebruikt om de gevolgen van hypertensie door geluid voor hart- en vaatziekten te berekenen (zie ook Figuur 7; Van Kempen et al., 2001; Den Hollander, 2004; Knol et al., 2005).



Figuur B4.7 Schematische weergave chronische ziekten en sterfte

Resultaten

Blootstelling

In Tabel B4.7 is daarom per geluidblootstellingsklasse het aantal mensen in het onderzoeksgebied weergegeven voor 2002 en 2012.

Tabel B4.7 Verdeling van de belasting aan L_{den} veroorzaakt door geluid van vliegverkeer onder inwoners van de regio Zuid-Limburg in 2002 en 2012

Blootstellingscategorie (L_{den})	2002		2012	
	Aantal personen	%	Aantal personen	%
≤ 39	237.063	37,5	387.011	63,8
40 – 44	214.748	33,9	161.749	26,7
45 – 49	132.709	21,0	39.839	6,6
50 – 54	36.770	5,8	13.181	2,2
55 – 59	10.020	1,6	4.623	0,8
60 – 64	1.407	0,2	373	0,1
≥ 65	231	0,0	86	0,0
Totaal	632.947		606.862	

Uit de tabel blijkt dat tussen 2002 en 2012 het aantal en aandeel omwonenden met een geluidblootstelling boven de 40 dB L_{den} afneemt. Boven de 50 dB daalt het aandeel omwonenden in Zuid-Limburg van 7,6% in 2002 naar 3,1% in 2012. Deze daling volgt de afname in aantal vliegbewegingen en daarmee naar alle waarschijnlijkheid de blootstelling aan geluid van (militair) vliegverkeer. De totale omvang van de bevolking neemt ook af. Dit komt voornamelijk door een lagere bevolkingsgroei (lager geboortecijfer, minder migratie naar de regio) en migratie uit de regio.

Omvang effecten: ernstige hinder

In Tabel B4.8 zijn de resultaten van deze schatting voor geheel Zuid-Limburg weergegeven. In Tabel B4.9 zijn de resultaten van deze schatting voor de invloedssfeer van de vliegbasis Geilenkirchen weergegeven (invloedssfeer: gemeenten Schinnen, Brunssum, Onderbanken, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Voerendaal en Simpelveld, zie Van Poll et al., 2008). Bij een

blootstellingssituatie zoals in 2002 leidt dit voor heel Zuid-Limburg (alle vliegverkeer) tot ongeveer 49.000 ernstig gehinderden, in 2012 tot 29.000 gehinderden (Tabel B4.8).

Tabel B4.8 Geschat aantal mensen dat ernstig gehinderd is als gevolg van blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg

Jaar	Absoluut aantal		Percentage van het totaal	
		95%BI†		95%BI†
2002	49.000	43.000 – 56.000	9,7%	8,5 – 11,0%
2012	29.000	25.000 – 34.000	5,8%	5,0 – 6,8%

* Betreft alleen personen van 18 jaar en ouder, blootgesteld aan 30 dB(A) L_{den} en meer;

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

Voor de Nederlandse regio rond de vliegbasis leidt dit tot ongeveer 24.000 ernstig gehinderden, in 2012 tot 13.000 gehinderden (Tabel 9). De daling in aantal gehinderden volgt de afname in aantal vliegbewegingen tussen 2002 en 2012.

Tabel B4.9 Geschat aantal mensen dat ernstig gehinderd is als gevolg van blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

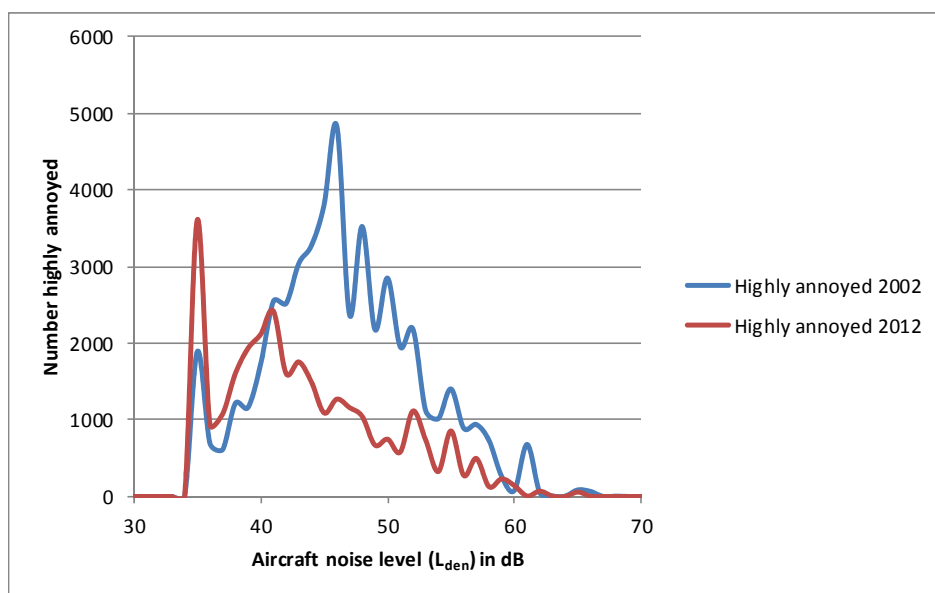
Jaar	Absoluut aantal		Percentage van het totaal	
		95% BI†		95% BI†
2002	24.000	22.000 – 28.000	10,8%	9,5 – 12,2%
2012	13.000	12.000 – 16.000	6,1%	5,3 – 7,1%

* Betreft alleen personen van 18 jaar en ouder, blootgesteld aan 30 dB(A) L_{den} en meer;

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

De schattingen die in deze rapportage voor 2002 en 2012 zijn uitgevoerd, liggen lager dan de bevindingen van de schatting uit de eerdere risicoschatting in 2008 (Van Poll, 2008a). Het aantal mensen van 18 jaar en ouder dat ernstige geluidhinder ervaart door geluid van militair vliegverkeer werd destijds geschat op ongeveer 19% (van ongeveer 220.000 inwoners). Het percentage ernstige hinder door geluid van vliegverkeer zou tussen 2002 en 2012 zijn gedaald van ongeveer 11% (van ongeveer 222.000 inwoners) naar ongeveer 6% (van ongeveer 213.000) inwoners. Een belangrijk verschil tussen de getallen uit 2008 enerzijds en 2002 en 2012 anderzijds is dat de getallen uit 2008 verkregen zijn op basis van hinderscores op vragenlijsten, de getallen uit 2002 en 2012 zijn met behulp van de blootstelling-respons curve op basis van de gegevens uit het onderzoek 'zelfgerapporteerde gezondheid (a)' verkregen.

In Figuur B4.8 is per 1 dB de omvang van het aantal ernstig gehinderden voor 2002 en 2012 weergegeven. Uit de figuur blijkt dat in 2002 de bijdrage van relatief hoge geluidniveaus aan de totale omvang relatief gering is ten opzichte van de bijdrage van geluidniveaus die liggen in de range van 40 – 55 dB (L_{den}). Ook voor 2012 geldt dat de omvang niet zozeer bepaald wordt door blootstelling aan relatief hoge geluidniveaus, maar dat de geluidniveaus tussen de 35 en 50 dB (L_{den}) hieraan een relatief grote bijdrage leveren.



Figuur B4.8 Uitsplitsing van totaal aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg over 1 dB klassen

Omvang effecten: Hypertensie

In Tabel B4.10 staan de resultaten van van vliegverkeer in Zuid-Limburg. In Tabel 4.11 staan de schatting van het aantal extra gevallen van hoge bloeddruk in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen als gevolg van militair vliegverkeer. De schattingen zijn voor zowel 2002 als 2012 gemaakt. In 2002 is het geschat aantal extra gevallen in Zuid-Limburg ongeveer 180. In 2012 is dit lager, ongeveer 80 extra gevallen.

Tabel B4.10 Geschatte aantallen hoge bloeddruk als gevolg van blootstelling aan vliegtuiggeluid in Zuid-Limburg

Jaar	Verwacht aantal mensen met hoge bloeddruk	Extra aantal mensen met hypertensie			
		Aantal	95% BI†	Als percentage van het totaal	95% BI†
2002	163.400	180	5 – 360	0,11%	0,002 – 0,22%
2012	161.100	80	2 – 160	0,05%	0,001 – 0,10%

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

Het aantal extra gevallen in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen in 2002 wordt geschat op 99. In 2012 zijn dit er 33 (zie Tabel 11).

Tabel B4.11 Geschatte aantallen hoge bloeddruk als gevolg van blootstelling aan militair vliegtuiggeluid in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

Jaar	Verwacht aantal mensen met hoge bloeddruk	Extra aantal mensen met hypertensie			
		Aantal	95% BI†	Als percentage van het totaal	95% BI†
2002	72.240	99	3 – 196	0,14%	0,004 – 0,27%
2012	70.550	33	1 – 65	0,05%	0,001 – 0,10%

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

In de eerdere risicoschatting (Van Poll et al., 2008b) is aangenomen dat de prevalentie van hoge bloeddruk (hypertensie) onder 50 dB L_{den} gemiddeld 25% bedraagt. Dit was een algemene aanname omdat het risico op hypertensie sterk

wordt bepaald door iemands leeftijd en geslacht. In dit onderzoek is dan ook gebruikgemaakt van nationale leeftijd- en geslachtspecifieke prevalenties, wat tot adequatere schattingen leidt.

Zoals we hebben gezien geeft onderzoek naar zelfgerapporteerde gezondheid een onderrapportage voor verhoogde bloeddruk. Bij eventueel vervolgonderzoek (zowel de keuze voor, als de uitvoering) dient hiermee rekening gehouden te worden.

Om een realistischer beeld te verkrijgen van het effect van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg is met behulp van het Chronisch Ziektemodel berekend wat het berekende effecten uit Tabel B4.10 en Tabel B4.11 op termijn (na 20 jaar) zullen betekenen. Het resultaat wordt weergegeven in Tabel B4.12 en Tabel B4.13.

Tabel B4.12 Het berekend totaal aantal mensen met een hartvaatziekte over 20 jaar, toe te schrijven aan het berekende extra aantal mensen met hypertensie door blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg in 2002 en 2012

Jaar	Verwacht aantal over een periode van 20 jaar	Aantal personen met een hartvaatziekte toe te schrijven aan het extra aantal personen met hypertensie veroorzaakt door blootstelling aan geluid van vliegverkeer.*)		
			95% BI	Als percentage van het totaal
2002	78.000	16	0,4 – 31	0,02%
2012	75.000	7	0,2 – 14	0,01%

*) Alleen personen van 20 jaar en ouder zijn meegenomen in de berekening; Afkortingen: 95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval.

Uit Tabel B4.12 blijkt dat naar verwachting na 20 jaar 16 personen aan een hartvaatziekte zullen lijden die is toe te schrijven aan het berekende extra aantal mensen met hypertensie door blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg in 2002. We kunnen dit uitsplitsen naar 7 personen met een acuut myocard infarct, 1 persoon met hartfalen en 8 personen met een beroerte. Na 20 jaar zullen 7 personen aan een hartvaatziekte lijden die is toe te schrijven aan het berekende extra aantal mensen met hypertensie door blootstelling aan geluid van vliegverkeer in 2012. Op basis van de aantallen in 2012 is deze uitsplitsing niet te maken.

In Tabel B4.13 is weergegeven hoeveel extra gevallen van hart- en vaataandoeningen in de komende 20 jaar kunnen worden verwacht (uitgaande van ongewijzigde blootstelling aan geluid gedurende deze periode) in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen.

Tabel B4.13 Aantal berekende hart- en vaataandoeningen over een periode van 20 jaar als gevolg van verhoogde bloeddruk door blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer in de Nederlandse regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

Jaar	Verwacht aantal over een periode van 20 jaar	Extra aantal gevallen over periode van 20 jaar		
		Aantal	95% BI†	Als percentage van het totaal
2002	34.000	9	0,2 – 17	0,03%
2012	33.000	3	0 – 6	0,01%

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

Op basis van de aantallen is een uitsplitsing zoals hierboven niet mogelijk.

Omvang effecten: Lezen

In Tabel B4.14 zijn de resultaten voor de invloed van vliegverkeer op de leesprestatie weergegeven voor 2002 en 2012. Naar verwachting is het aantal kinderen dat is blootgesteld aan geluidniveaus van 50 dB ($L_{Aeq16hr}$) of meer door vliegverkeer en een (zeer) zwakke leestest heeft als gevolg van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer, gedaald van 5 (2002) naar 2 (2012) per jaar. Deze aantallen zijn afgeleid uit het totaal aantal inwoners dat is blootgesteld aan 50 dB of meer door geluid van vliegverkeer en het percentage 12-jarigen onder de bevolking. Het aantal kinderen dat een (zeer) zwakke leestest zou hebben wanneer er geen sprake is van geluid, is gedaald van 718 per jaar in 2002 naar 638 per jaar in 2012.

Tabel B4.14 Het berekend extra aantal kinderen per jaar met een (zeer) zwakke leestest door blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg

Jaar	Totaal aantal kinderen per jaar met een zeer zwakke leestest*	Extra aantal kinderen per jaar met een (zeer) zwakke leestest veroorzaakt door vliegtuiglawaai†	Als fractie van het totaal		
				95% BI	95% BI
2002	718	5	1-9	0,7%	0,2 – 1,2%
2012	638	2	1-4	0,4%	0,1 – 0,7%

*) Berekend op basis van landelijke cijfers over het aantal personen blootgesteld aan geluid en het percentage 12-jarigen; †) Alleen personen blootgesteld aan 50 dB ($L_{Aeq16hr}$) en meer zijn in de berekening meegenomen. Berekend op basis van het resultaat van de resultaten van de RANCH-studie (Van Kempen, 2008); Afkortingen: 95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval.

In Tabel B4.15 zijn de resultaten van de schatting van het aantal extra kinderen per jaar (groep 8) met een lage score voor leesvaardigheid weergegeven voor de invloedssfeer van de vliegbasis Geilenkirchen (invloedssfeer: gemeenten Schinnen, Brunssum, Onderbanken, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Voerendaal en Simpelveld, zie Van Poll et al., 2008).

Tabel B4.15 Geschat aantal 12-jarige leerlingen per jaar met een lage score voor leesvaardigheid (begrijpend lezen) als gevolg van blootstelling aan militair vliegtuiggeluid in de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen

Jaar	Aantal 12-jarigen per jaar met een lage score	Extra aantal 12-jarigen per jaar als gevolg van vliegtuiggeluid			
		Aantal		Percentage van het totaal	
			95% BI†		95% BI†
2002	326	4	1 – 7	1,1	0,3 – 2,0 %
2012	272	1	0 – 3	0,5	0,1 – 1, %

† 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval.

In 2002 bedraagt dit aantal voor de Nederlandse regio rond de vliegbasis ongeveer vier extra leerlingen per jaar, in 2012 ongeveer één extra leerling per jaar.

Discussie

In deze rapportage is de omvang van de gezondheid- en welzijnseffecten van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg berekend. Daarbij zijn verschillende eindpunten meegenomen: ernstige hinder, hypertensie, myocard infarct en het hebben van een (zeer) zwakke leestest. Voor het bepalen van de omvang van deze effecten zijn blootstellingsgegevens en in de literatuur bekende blootstelling-responsrelaties gebruikt.

Ernstige hinder

De omvang van de geluidhinder als gevolg van blootstelling aan (militair) vliegverkeer is tussen 2002 en 2012 afgenomen maar is nog steeds omvangrijk. In 2012 zijn naar schatting 6% van de mensen ernstig gehinderd door geluid van (militair) vliegtuigverkeer. Uit de ruimtelijke verdeling van de ernstige hinder over Zuid-Limburg blijkt dat de ernstige hinder door vliegtuiggeluid in de regio rond de vliegbasis onverminderd hoog blijft in de gemeenten Onderbanken, Brunssum en Schinnen. In de overige gemeenten is de ernstige hinder afgenomen.

Het percentage ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer is in deze rapportage geschat door de blootstellingsverdeling van de bevolking van Zuid-Limburg te combineren met een blootstelling-responsrelatie die is afgeleid in het onderzoek 'Zelfgerapporteerde gezondheid (Bijlage GVG II). Het aantal ernstig gehinderden kan ook bepaald worden met behulp van vragenlijstonderzoeken. In 1977, 1987, 1993, 1998, 2003 en 2008 hebben TNO en RIVM dergelijk onderzoek (dat ook wel bekend staat als de Hinderinventarisatie) uitgevoerd. Het belangrijkste doel van deze herhaalde metingen is het monitoren van de landelijke verspreiding en ernst van verstoringen in termen van onder andere hinder, inclusief de trend in de tijd (Van Poll et al., 2011). Op basis van de resultaten van de Hinderinventarisatie is geschat dat in de periode 1977 tot 2008 het percentage ernstige hinder door geluid van militair vliegverkeer is gedaald van 12% naar 1%.

De schattingen die in deze rapportage voor 2002 en 2012 zijn uitgevoerd, liggen duidelijk lager dan de bevindingen van de schatting uit de eerdere risicoschatting in 2008 (Van Poll et al., 2008) het aantal mensen van 18 jaar en ouder dat ernstige geluidhinder ervaart door geluid van militair vliegverkeer werd destijds geschat op 18,6.

Een belangrijkere oorzaak voor het verschil is dat het percentage ernstige hinder geschat in 2008, net als de Hinderinventarisatie, is bepaald met behulp van een vragenlijstonderzoek (Van Poll et al., 2011). In 2007 is rondom de vliegbasis Geilenkirchen in het kader van het project 'Belevingsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen. Percepties van Nederlandse bewoners' een vragenlijst afgenomen onder 2500 inwoners in de Nederlandse regio rondom de vliegbasis.

Hoge bloeddruk

Het extra aantal gevallen van hypertensie door blootstelling aan vliegtuiggeluid van 50 dB (L_{den}) of meer in Zuid-Limburg, is naar verwachting gedaald van gemiddeld 180 in 2002 naar gemiddeld 80 in 2012.

In 2008 berekenden Van Poll et al. (2008) het extra aantal gevallen van hypertensie door blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Destijds werd geschat dat het verwachte extra aantal gevallen van hypertensie door blootstelling aan vliegtuiggeluid van 50 dB L_{den} of meer 120 (2005) of 100 (2007) bedroeg. Deze aantallen hadden betrekking op een kleiner gebied dat vooral onder de invloedssfeer van de vliegbasis Geilenkirchen lag, en betrof de gemeenten Schinnen, Brunssum, Onderbanken, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Simpelveld en Voerendaal. Voor de Nederlandse regio rond de Vliegbasis Geilenkirchen wordt geschat dat het verwachte extra aantal gevallen van hypertensie door blootstelling aan vliegtuiggeluid van 50 dB L_{den} of meer 100 (2002) of 30 (2012) is.

In de schatting van Van Poll et al. (2008) is aangenomen dat de prevalentie van hypertensie onder 50 dB L_{den} gemiddeld 25% bedraagt. In onderhavige schatting nemen we juist aan dat het risico op hypertensie zonder de invloed van geluid wordt bepaald door iemands leeftijd en geslacht. We hebben dan ook gebruikgemaakt van nationale leeftijd- en geslachtspecifieke prevalenties.

Om een realistischer beeld te krijgen van de werkelijkheid is met behulp van het Chronisch Ziektemodel geschat wat het effect is van de geschatte prevalentie van hypertensie door geluid van vliegverkeer op de ziektelast door hartvaatziekten. Daaruit bleek dat door het verwachte extra aantal gevallen van hypertensie in 2002 over 20 jaar naar schatting 16 personen zullen lijden aan een hartvaataandoening. Door het verwachte extra aantal gevallen van hypertensie in 2012 zullen over 20 jaar naar schatting 7 personen lijden aan een hartvaataandoening. Het grootste deel daarvan zal lijden aan acuut myocard infarct of een beroerte.

Al drie keer eerder werd met behulp van het Chronisch Ziektemodel om de gevolgen van hypertensie door geluid voor hart- en vaatziekten te berekenen (Van Kempen, 2001; den Hollander, 2004; Knol et al., 2005). Het betrof drie studies waarbij de omvang van blootstelling aan geluid van wegverkeer in de Nederlandse bevolking werd berekend. Een vergelijking is daardoor minder zinvol.

Leesprestatie

Geschat wordt dat het aantal extra kinderen dat is blootgesteld aan geluidniveaus van 50 dB ($L_{Aeq16hr}$) of meer met een (zeer) zwakke leestest die is toe te schrijven aan de blootstelling aan vliegtuiggeluid, is gedaald van 5 per jaar in 2002 naar 2 per jaar in 2012.

In 2008 werd geschat dat jaarlijks ongeveer 1 à 2 kinderen blootgesteld aan geluidniveaus van 50 dB (L_{den}) of meer een (zeer) zwakke leestest hebben als gevolg van vliegtuiggeluid (Van Poll et al., 2008). Voor de Nederlandse regio rond de vliegbasis wordt geschat dat het verwachte aantal extra kinderen met een (zeer) zwakke leestest door geluid, is gedaald van 4 per jaar in 2002 naar 1 per jaar in 2012.

Zowel in 2008 als in onderhavig rapport is gebruikgemaakt van de blootstelling-responsrelatie die is afgeleid op basis van de resultaten van de RANCH studie. Van Poll et al. (2008) hebben daarbij aangenomen dat de extra kans op een (zeer) zwakke leestest optreedt vanaf 50 dB L_{den} . In onderhavig rapport is aangenomen dat deze extra kans optreedt vanaf 50 dB $L_{Aeq16hr}$.

Eerder werd ook een schatting gemaakt van het extra aantal kinderen met een (zeer) zwakke leestest rond in de regio Schiphol: Geschat werd dat per schooljaar ongeveer 390 extra kinderen een (zeer) zwakke leestest hebben die kan worden toegeschreven aan de blootstelling aan geluid van vliegverkeer.

Conclusies

In dit rapport wordt inzicht gegeven in de relatie tussen blootstelling aan geluid van vliegverkeer en verschillende welzijns- en gezondheidseffecten. Daarnaast is de omvang geschat van welzijns- en gezondheidseffecten die zijn toe te schrijven aan de blootstelling aan geluid van vliegverkeer in Zuid-Limburg. De belangrijkste conclusies zijn:

- Een update van de literatuur heeft niet geleid tot een bijstelling van de keuze voor blootstelling-responsrelaties die zijn gebruikt om de omvang van gezondheids- en welzijnseffecten te schatten. Wel is besloten om op basis van inzichten uit de literatuur, de effecten van geluid op hypertensie door te rekenen met het Chronisch Ziektemodel.
- In de loop der jaren zijn er diverse studies geweest die naar het effect van een andere blootstellingsmaat dan het gemiddelde equivalente geluidniveau, hebben gekeken. Toch zijn er momenteel geen blootstelling-responsrelaties beschikbaar die, om de relatie met gezondheid te beschrijven, een andere blootstellingsmaat gebruiken dan een gemiddeld equivalent geluidniveau of een afgeleide daarvan.
- Geluidhinder is nog steeds het omvangrijkste effect van blootstelling aan vliegverkeer in Zuid-Limburg: in 2012 ervaart ongeveer 29.000 van de ongeveer 500.000 volwassenen in Zuid-Limburg ernstige geluidhinder door geluid van vliegverkeer. In de regio rond de vliegbasis Geilenkirchen zijn dit ongeveer 13.000 van de circa 220.000 volwassen inwoners. Vooral inwoners van gemeenten dichtbij de vliegbasis, zoals Onderbanken, Brunssum en Schinnen, ondervinden veel geluidhinder. Uit de ruimtelijke verdeling van de ernstige hinder over Zuid-Limburg blijkt dat de ernstige hinder door vliegtuiggeluid in de regio rond de vliegbasis onverminderd hoog blijft in de gemeenten Onderbanken, Brunssum en Schinnen. In de overige gemeenten is de ernstige hinder afgenomen.
- Het extra aantal gevallen van verhoogde bloeddruk in Zuid-Limburg bedraagt in 2012 ca. 80 (op de ongeveer 160.000 volwassenen met hoge bloeddruk). Naar verwachting leidt dit in de komende 20 jaar tot ongeveer zeven extra hart- en vaataandoeningen (hartinfarct, beroerte of hartfalen). Rondom de vliegbasis Geilenkirchen zijn dit 33 mensen met een hoge bloeddruk als gevolg van geluid van militair vliegverkeer. In de komende 20 jaar zal dit tot drie gevallen van hart- en vaataandoeningen leiden.
- Naar schatting hangt in 2012 voor twee van de 638 kinderen, die jaarlijks met een lage score voor leesvaardigheid de basisschool verlaten, deze lage score samen met de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Rondom de vliegbasis Geilenkirchen is dit één kind op 272 kinderen met een leesachterstand als gevolg van het geluid van militair vliegverkeer.
- Wanneer de schattingen van 2012 worden vergeleken met die van 2002, dan is een afname te zien van het aantal aan geluid van vliegverkeer toe te schrijven welzijns- en gezondheidseffecten. Dit hangt samen met de afname van het aantal vliegbewegingen dat op zijn beurt heeft geleid tot een afname in blootstelling aan geluid van militair vliegverkeer.

Referenties

- Babisch, W., et al. (1994). The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise. The Berlin case-control studies. *Environment International* 20(4): p. 469-474.
- Babisch, W., Gallacher, J.E.J., Sweetnam, P.M., Elwood, P.C. (1999). Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies. Third phase 10-year follow-up. *Archives of Environmental Health* 54(3): p. 210-216.
- Babisch, W., Schust, M., Kersten, N., Ising, H. (2005). Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology* 16(1): p. 33-40.
- Babisch, W. (2006). Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. Umweltbundesamt.
- Babisch, W. (2008). Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise and Health* 10(38): p. 27-33.
- Babisch, W., van Kamp, I. (2009). Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise and Health* 11(44): p. 161-168.
- Bakel, A.M. van. (2012). Bloeddruk samengevat. Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid 2013 december [cited 2013].
- Berglund, B., et al. (1999). Guidelines for community noise, World Health Organisation: Geneva.
- Bishop, D.E., Horonjeff, R.D. (1967). Procedures for developing noise exposure forecast areas for airport flight operations, in: FAA Technical Report No. FAA DS-67-10.
- Bullen, R.B., Hede, A.J. (1983). Time-of-day corrections in measures of aircraft noise exposure. *Journal of the Acoustical Society of America* 73(5): p. 1624-1630.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2013). Luchtvaart; maandcijfers Nederlandse luchthavens van nationaal belang. 31-10-2013 11-11-2013].
- Clark, C., et al. (2006). Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: The RANCH project. *American Journal of Epidemiology* 163(1): p. 27-37.
- Cohen, 1974 of 1973.
- Correia, A.W. et al. (2013). Residential exposure to aircraft noise and hospital admissions for cardiovascular disease: multi-airport retrospective study. *BMJ* 347: p. f5561.
- Eriksson C, et al. (2007). Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology* 18(6): p. 716-721.
- Eriksson, C. et al. (2010). Aircraft noise and incidence of hypertension: gender specific effects. *Environmental Research* 110: p. 764-772.
- European Communities (2002). Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg.

- European Environment Agency (2010). Good practice guide on noise exposure and potential health effects, European Environment Agency: Copenhagen.
- Floud, S., Clark, C., de Hoogh, K., Babisch, W., Houthuijs, D., Swart, W., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Velonakis, M., Vigna-Taglianti, F., Cadum, E., Hansell, A.L. (2013). Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries: a cross-sectional study. *Environmental Health* 12(1): p. 89.
- Garcia, A., Faus, L.J., Garcia, A.M. (1993). The community response to aircraft noise around six Spanish airports. *Journal of Sound and Vibration* 164(1): p. 45-52.
- Gezondheidsraad. (1994). Commissie Geluid en Gezondheid, Geluid en gezondheid, Gezondheidsraad: Den Haag.
- Gezondheidsraad and Committee on the Health Impacts of Large Airports. (1999). Grote luchthavens en gezondheid, Gezondheidsraad: Den Haag.
- Gezondheidsraad. (2004). Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid, Gezondheidsraad: Den Haag.
- GGD Zuid-Limburg. (2010). Volwassenmonitor 2009, GGD Zuid-Limburg.
- Haines, M.M. et al. (2001). A follow-up of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *International Journal of Epidemiology* 30: p. 839-845.
- Hansell, A.L., Fortunato, L., Floud, S., de Hoogh, K., Fecht, D., Ghosh, R.E., Laszlo, H.E., Pearson, C., Beale, L., Beevers, S., Gulliver, J., Best, N., Richardson, S., Elliott, P. (2013). Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ* 2013(347): p. f5432.
- Hellmuth, T. et al. (2012). Methodological guidance for estimating the burden of disease from environmental noise. World Health Organization: Copenhagen.
- Hollander, A.E.M. de. (2004). Assessing and evaluating the health impacts of environmental exposures. 'Deaths, DALYs or Dollars?', Universiteit van Utrecht: Utrecht.
- Hoogenveen, R.T., de Hollander, A.E.M., van Genugten, M.L.L. (1998). The chronic diseases modelling approach, RIVM: Bilthoven.
- Houthuijs, D.J.M., van Wiechen, C.M.A.G. (2006). Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol, RIVM: Bilthoven.
- Huss, A. et al. (2010). Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 21(6): p. 829-836.
- Hygge, S., Evans, G.W., Bullinger, M.A. (2002). Prospective study on some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science* 13(5): p. 469-474.
- Janssen, S.A., Vos, H. (2009). A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure-response relationships, TNO: Delft.
- Janssen, S.A. et al. (2011). Trends in aircraft noise annoyance: the role of study and sample characteristics. *Journal of the Acoustical Society of America* 129(4): p. 1953-1962.
- Jarup, L. et al. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports. The HYENA study. *Environmental Health Perspectives* 116(3): p. 329-333.

- Kastka, J. (1999). Analyse und Bewertung von vorliegenden Beschwerdedateien zu Flugbewegungen am Flughafen Frankfurt im Hinblick auf die Abhängigkeit vom Überflugpegel und anderen Bedingungen, Heinrich-Heine-Universität: Düsseldorf.
- Kastka, J. (1999). Fluglärm belastungs- und Belästigungssituation der Allgemeinbevölkerung der Umgebung des Flughafen Frankfurt. Düsseldorf.
- Kempen, E.E.M.M. van et al. (2001). De potentiële ziektelast toe te schrijven aan de geluidblootstelling in Nederland. Kwantitatieve schattingen in het kader van de Vijfde Milieuverkenningen, RIVM: Bilthoven.
- Kempen, E.E.M.M. van et al. (2005). Het effect van geluid van vlieg- en wegverkeer op cognitie, hinderbeleving en de bloeddruk van basisschoolkinderen, RIVM: Bilthoven.
- Kempen, E.E.M.M. van, Staatsen, B.A.M., van Kamp, I. (2005). Selection and evaluation of exposure-effect relationships for health impact assessment in the field of noise and health, RIVM: Bilthoven.
- Kempen, E.E.M.M. van. (2008). Transportation noise exposure and children's health and cognition, in Institute for Risk Assessment Sciences, University of Utrecht: Utrecht.
- Kempen, E.E.M.M. van, Houthuijs, D.J.M. (2008). Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer, RIVM: Bilthoven.
- Knipschild, P. (1976). Medische gevolgen van vliegtuiglawaai, Universiteit van Amsterdam: Amsterdam.
- Knol, A.B., Staatsen, B.A.M. (2005). Trends in environmental burden of disease in the Netherlands. 1980-2020, RIVM: Bilthoven.
- Kryter, K.D. (1959). Scaling human reactions to the sound from aircraft. Journal of the Acoustical Society of America 31: p. 1415-1429.
- LeMasurier, P. et al. (2007). Attitudes to noise from aviation sources in England. Final report for Department for Transport, MVAConsultancy: Norwich.
- Matsui, T. et al. (2004). The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices. Journal of Sound and Vibration 277: p. 469-470.
- Miedema, H.M., Vos, H. (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. Journal of the Acoustical Society of America 104: p. 3432-3445.
- Miedema, H.M.E. (1992). Response functions for environmental noise in residential areas, in Publikatiereeks Verstoring, NIPG/TNO: Leiden/Den Haag.
- Miedema, H.M., O.C. (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. Environmental Health Perspectives 109(4): p. 409-416.
- Passchier-Vermeer, W. (1993). Geluid en gezondheid, Gezondheidsraad: Den Haag.
- Poll, R. van et al. (2008). Gezondheids- en belevingseffecten vliegbasis Geilenkirchen. Een verkenning, RIVM: Bilthoven.
- Poll, H.F.P.M. van, Breugelmans, O.R.P., Devilee, J.L.A. (2011). Inventarisatie Verstoringen 2008, RIVM: Bilthoven.

- Poos, M.J.J.C. et al. (2013). Hoe vaak komen coronaire hartziekten voor en hoeveel mensen sterven eraan? Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid 2011, 13 juni 2013.
- Pruss-Ustun, A. et al. (2003). Introduction and methods: assessing the environmental burden of disease at national and local levels., in Environmental Burden of Disease Series, World Health Organization: Geneva.
- RIVM. (2008). Belevingsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen. Percepties van inwoners in Nederland, RIVM: Bilthoven.
- Rosenlund, M. et al. (2001). Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. Occupational and Environmental Medicine 58: p. 769-773.
- Rylander, R., Åhrlin, U., Sörensen, S., Berglund, K. (1980). Aircraft noise annoyance contours: importance of overflight frequency and noise level. Journal of Sound and Vibration 69(4): p. 583-595.
- Rylander, R., Björkman, M. (1997). Annoyance by aircraft noise around small airports. Journal of Sound and Vibration 205(4): p. 533-537.
- Schreckenberg, D., Meis, M. (2006). Effects of aircraft noise on noise annoyance and quality of life around Frankfurt airport. Final abridged report, Bochum/Oldenburg.
- Schreckenberg, D., Schuemer, R. (2010). The impact of acoustical, operational and non-auditory factors on short-term annoyance due to aircraft noise, in INTER.NOISE 2010, Lissabon, Portugal.
- Sorensen, M. et al. (2011). Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. European Heart Journal 32(6): p. 737-744.
- Sorensen, M. et al. (2013). Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study. Environmental Health Perspectives 121(2): p. 217-222.
- Stansfeld, S., Haines, M., Brown, B. (2000). Noise and health in the urban environment. Rev Environ Health 15(1-2): p. 43-82.
- Stansfeld, S.A. et al. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. The Lancet 365(9475): p. 1942-1949.
- Staphorsius, G. (1994). Leesbaarheid en leesvaardigheid. De ontwikkeling van een domeingericht instrument, Cito: Arnhem.
- Vincent, B. et al. (2000). Evaluation of variations of the annoyance due to aircraft noise, in The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering Nice, France.
- Wirth, K., Brink, M., Schierz, C. (2004). Lärmstudie 2000: Fluglärmelastigung um den Flughafen Zürich-Kloten. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 51(2): p. 48-56.
- World Health Organisation. (2009). Night noise guidelines for Europe, World Health Organisation: Copenhagen.
- World Health Organization. (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen.

Bijlage GVG V: Bestaande gezondheidsregistraties

Inleiding

Het RIVM heeft voor het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen (GVG)' een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om met bestaande gezondheids(zorg)registratiesystemen (bijvoorbeeld medicatiegebruik, ziekenhuisopnamen, geboortegewicht, leesvaardigheid en gehoor) de invloed van de langdurige piekbelasting door militair vliegverkeer op de gezondheid te kunnen onderzoeken.

Het RIVM heeft een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om met bestaande gezondheids(zorg)registratiesystemen de invloed van de langdurige piekbelasting door militair vliegverkeer op de gezondheid te onderzoeken. Het RIVM heeft hierin de kwaliteit en beschikbaarheid van de gegevens onderzocht voor eventueel vervolgonderzoek (fase 2) van het GVG.

Het doel van dit onderzoek is:

- Bepalen welke gegevensbron(nen) geschikt zijn om eventueel in een vervolgfase te gebruiken voor nader onderzoek naar de gevolgen van de blootstelling aan geluid afkomstig van militair verkeer.

In de verkenning is gekeken naar:

- Identificatie van relevante registraties, te denken valt aan:
 - SFK (koepelorganisatie publieke apothekers)
 - Dutch Hospitaal Data (ziekenhuisopnamen)
 - Consultatiebureaus (geboortegewicht)
- Vaststellen van de beschikbaarheid (voor gebruik door derden, over welke periode).
- Verkrijgbaarheid: tegen welke condities en op welk aggregatieniveau (4-posities postcodegebied, gemeente, GGD-regio) zijn de gegevens te gebruiken.
- Bepaling van bruikbaarheid voor nader onderzoek naar gevolgen van vliegtuiggeluid per bron (kwaliteit, kwantiteit).

Deze bijlage bevat een beschrijving van de onderzochte registraties op de bovenstaande aspecten. Op basis van de beschrijving wordt een beoordeling gegeven over de bruikbaarheid voor gebruik in eventueel vervolgonderzoek (fase 2).

De registraties

Gehoor

Voor de gehoorfunctie bestaat geen reguliere registratie van de kwaliteit van het gehoor vanaf 8 jaar. Tegenwoordig worden pasgeborenen na de geboorte bij de screening onderzocht op gehoorafwijkingen. Veelal gaat het om aangeboren gehoorafwijkingen. Bij negen maanden worden baby's nogmaals getest (belletje linksachter, belletje rechtsachter het hoofd). Daarna worden kinderen rond hun achtste á negende jaar onderzocht op hun gehoor tijdens het periodiek gezondheidskundig onderzoek. Vervolgens wordt alleen incidenteel (bij bezoek

aan de KNO-arts, in de werksituatie, of keuring) het gehoor getest. Van een systematische registratie is hierbij geen sprake.

Deskundigen geven aan dat het gebruik van hulpmiddelen (gehoormiddelen) mogelijk indicatief voor het voorkomen van gehoorproblemen kan zijn. Op voorhand zijn er geen kwetsbare groepen aan te wijzen. Als grove screening zijn gehoortesten via internet bruikbaar. Er zijn populatiestudies met referentiecijfers (over gehoor) bekend.

Geboortegewicht

Rondom de zwangerschap en de geboorte van een nieuwe wereldburger wordt veel relevante informatie verzameld. In het verleden ontbrak het vooral aan informatie van andere factoren, dan blootstelling aan geluid (Franssen, 1997), die van invloed waren op het gewicht van de baby. Tegenwoordig wordt er veel meer informatie verzameld, ook factoren als rook-, eet- en drinkgedrag van de moeder. Nadeel is dat deze gegevens enkel op een hoog aggregatieniveau, (verloskundige regio/GGD-regio) beschikbaar zijn. Hierdoor kunnen ze niet aan gegevens over de lokale geluidbelasting van (militair) vliegverkeer worden gekoppeld.

Leesprestatie

Gegevens over leesprestatie kunnen onder voorwaarden (Wet Bescherming Persoonsgegevens) bij het CITO worden verkregen. Scholen nemen CITO-tests af in bijvoorbeeld groep 7 of 8 bij 11- en/of 12-jarige scholieren. Dit zijn de zogenaamde entreetoets en eindtoets. Alleen de entreetoets heeft voldoende onderdelen om op individueel niveau deelscores voor leesvaardigheid af te leiden. De eindtoets kent alleen een overall score, op groepsniveau. Daarnaast is er nog de mogelijkheid om gegevens over leesvaardigheid te verkrijgen via tests die ten behoeve van het leerlingenvolgsysteem worden afgenomen. Om deze gegevens te mogen gebruiken is in ieder geval toestemming nodig van de school(leiding), wellicht ook van de ouders ('informed consent').

Ziekenhuisopnames

De Landelijke Medische Registratie (LMR) was de belangrijkste bron van ziektespecifieke gegevens over klinische ziekenhuiszorg in Nederland (aantal opnames per ziekte, gemiddelde ligduur en uitkomst). De registratie bestaat al enige tientallen jaren en was sinds ongeveer 1995 landsdekkend. Na 2004 is de deelname echter verminderd. Dit wordt vooral toegeschreven aan een nieuw financieringssysteem waarbij zorg wordt vergoed op basis van het aantal geregistreerde Diagnose-Behandel Combinaties. De verplichte invoering hiervan betekende een extra inspanning, wat voor veel deelnemers aan de registratie reden was om de LMR te beëindigen of maar ten dele mee te doen aan de registratie. Het gevolg was een afname van de deelname en dus afname van de volledigheid en kwaliteit van de gegevens. De bruikbaarheid is op dit moment niet goed. Vanaf 2005 tot 2011 varieert de kwaliteit en kwantiteit van de gegevens dan ook sterk: sommige ziekenhuizen leveren geen gegevens meer, van sommige ziekenhuizen is alleen het aantal opnames bekend, andere dragen hun gegevens slechts gedeeltelijk over, slechts enkele ziekenhuizen leveren alle gewenste gegevens. Het RIVM heeft de LMR-gegevens van 1994-2007 in huis. Voor de GGD-regio Zuid-Limburg zijn deze gegevens voor deze periode goed te noemen. Het CBS heeft de gegevens van 2011 en later (nog) niet (meer) beschikbaar gesteld.

Medicijngebruik

De Stichting Farmaceutische Kengetallen (SFK) verzamelt en analyseert gegevens over het geneesmiddelengebruik in Nederland. De gegevensverzameling komt tot stand met behulp van meer dan 95% van de openbare apotheken in Nederland en omvat de gebruikscijfers van 15,3 miljoen personen. De dekkingsgraad in Zuid-Limburg is conform de rest van Nederland, alleen in het oostelijk deel is deze iets lager, ongeveer 75%. Gegevens kunnen onder voorwaarden tot op 4-positie postcodecijfer worden opgevraagd. Dit betreft informatie over geboortejahr, geslacht en het medicijngebruik. Hiervoor is wel toestemming nodig van de betreffende apotheken.

Samengevat

In Tabel 1 is de beschikbaarheid, verkrijgbaarheid en bruikbaarheid van een de bovengenoemde registraties samengevat.

Tabel B5.1 Overzicht van beschikbaarheid, verkrijgbaarheid en bruikbaarheid van gewenste registraties (gehoor, leesprestatie, medicijngebruik, geboortegewicht en ziekenhuisopnames)

	Gehoor	Leesprestatie	Medicijngebruik	Geboortegewicht	Ziekenhuisopname
beschikbaarheid	-	Ⓜ	Ⓜ	Ⓜ	Ⓜ/-
verkrijgbaarheid	-	Ⓜ	Ⓜ	-	Ⓜ/-
bruikbaarheid	-	Ⓜ	Ⓜ	-	-
-: onvoldoende, Ⓜ: voldoende					

Conclusie en aanbeveling voor vervolgonderzoek

Van de onderzochte (bestaande) registraties (gehoor, leesprestatie, medicijngebruik, geboortegewicht en ziekenhuisopnames) lijken alleen registratie voor leesvaardigheid en medicijngebruik geschikt voor directe toepassing in onderzoek naar effecten van geluid van (militair) vliegverkeer in relatie tot welzijn of gezondheid.

Gelet op de geringe omvang van de invloed van het militair vliegverkeer op leesprestatie lijkt alleen een toepassing met registraties voor medicijngebruik zinvol. Te denken valt aan medicijnen tegen hart- en vaatziekten, anti-depressiva, anxiolytica, tranquilizers, slaapmiddelen en/of maagzuurremmers.

Bijlage GVG VI: Workshop 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen'

Inleiding

De bevindingen van de verschillende onderzoeken (zie Bijlagen GVG II, GVG III en GVG IV) in het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' zijn tijdens een workshop voorgelegd aan en besproken met een internationaal forum van deskundigen. De workshop vond 10 en 11 oktober 2013 plaats in Utrecht. Hiertoe worden onder andere onderzoekers uit relevante, lopende Europese onderzoeken (zie Bijlage GVG VI - bijlage 1) uitgenodigd maar ook andere deskundigen op het gebied van (militair vliegtuig)geluid en gezondheid. Van de workshop is een verslag gemaakt.

In deze bijlage worden de workshop en de bevindingen samengevat weergegeven. Het verslag van de workshop (in Engels) is als bijlage toegevoegd (Bijlage GVG VI - bijlage 2).

Workshop 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' (Workshop'Research Programme on Noise and Health NATO Airbase Geilenkirchen')

Tijdens het overleg tussen de bewindslieden van Defensie en Infrastructuur en Milieu enerzijds en de Tweede Kamer (Algemeen Overleg Vaste Kamercommissie IenM, eind 2011) anderzijds over het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen', zijn enkele studies ter sprake gekomen die in het bijzonder de relatie tussen (militair) vliegverkeer en gezondheid als onderwerp hebben. De inzichten uit deze studies leek de parlementsleden van belang bij de vormgeving van een eventueel onderzoek rondom de vliegbasis Geilenkirchen. Het betrof de volgende studies: de zogeheten 'Zwitserse studie', de DEBATS-studie uit Frankrijk, de SERA-studie uit Italië en de NORAH-studie uit Duitsland.

In de opzet en de uitvoering van het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' is gebruikgemaakt van de inzichten uit de betreffende studies.

Met de hoofdonderzoekers van deze studies is in oktober 2013 tijdens de workshop overleg gevoerd over de opzet en uitvoering van het GVG. Aan deze workshop werkten tevens andere deskundigen op het gebied van (militair vliegtuig)geluid en gezondheid mee (zie bijlage).

Allereerst worden de buitenlandse studies kort beschreven. Vervolgens wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste resultaten van de workshop.

Internationale (lopende) studies

In de 'Zwitserse studie' hebben de onderzoekers gekeken naar de invloed van blootstelling aan verkeerslawaai (weg- en vliegverkeer) en luchtverontreiniging. Ze hebben daarbij gekeken naar het vóórkomen van sterfte aan een hartinfarct en enkele andere aandoeningen (beroerte, longkanker, cerebro- en cardiovasculaire aandoeningen) onder de bevolking. Daartoe konden ze gebruikmaken van het 'Zwitsers Nationaal Cohort' met daarin ruimtelijke gegevens en gegevens over gezondheid en sterfte van inwoners. Hieraan werden gegevens over blootstelling aan geluid van vliegverkeer en luchtverontreiniging gekoppeld. Op deze manier werden de gegevens van

4,6 miljoen mensen ouder dan 30 jaar in de analyse meegenomen. De onderzoekers vergeleken de kans op sterfte over een aantal geluidblootstellingscategorïen en woontijd. Er werd gecorrigeerd voor onder andere luchtverontreiniging, geslacht, opleiding en sociaaleconomische positie van de gemeente. De onderzoekers vonden een verhoogde kans op sterfte aan een hartinfarct (1,5 keer groter onder mensen in de hoogste blootstellingscategorie ($L_{dn} > 60$ dB) ten opzichte van de laagste blootstellingscategorie $L_{dn} < 45$ dB) wanneer deze meer dan vijftien jaar op hetzelfde adres hadden gewoond. Voor de andere onderzochte aandoeningen en in de andere blootstellingscategorïen annex woontijd vonden ze geen verhoogde kans op sterfte: zo bedroeg voor sterfte door beroerte de hazard-ratio 0,88 in de hoogste blootstellingscategorie (12% verlaagd ten opzichte van $L_{dn} < 45$ dB) (Huss, 2010).

De eerste van de nog in uitvoering zijn de onderzoeken is de Franse DEBATS-studie. DEBATS ('Discussion sur les Effets du Bruit des Aéronefs Touchant la Santé') is een studie waarin rond drie civiele vliegvelden in Frankrijk (Paris-Charles de Gaulle, Toulouse-Blagnac and Lyon-Saint-Exupéry) de invloed van vliegverkeergeluid op de gezondheid van omwonenden wordt onderzocht. Een van de redenen om meerdere vliegvelden op te nemen in het onderzoek is om de (statistische) zeggingskracht van de resultaten te vergroten. De studieopzet voorziet in drie verschillende studies. Een onderzoek naar de relatie tussen enerzijds vliegverkeergeluid en anderzijds medicijngebruik en sterfte (op basis van bestaande registraties). In een tweede studie wordt een groep omwonenden in de tijd gevolgd waarbij ze regelmatig worden bevraagd op hinder en gezondheid. Intussen is gestart met metingen van bloeddruk en cortisol (stresshormoon). De derde studie is een onderzoek naar slaapverstoring als gevolg van blootstelling aan vliegverkeergeluid. Eind 2011 is gestart met een vooronderzoek. Het hele onderzoek loopt tot 2016. Het onderzoek wordt grotendeels gefinancierd door het ministerie van Gezondheid (Evrard, 2011).

SERA ('Studio Sugli Effetti del Rumore Aeroportuale - Study on the Effect of Aircraft Noise') is een Italiaanse studie naar de invloed van vliegverkeer(geluid) op het milieu en de gezondheid van omwonenden. Hier gaat het om zeven vliegvelden (Torino-Caselle, Venezia-Marcon, Milano-Linate, Milano-Malpensa, Pisa-San Giusto, Cagliari-Elmas en Roma-Ciampino; de laatste drie worden ook als militair vliegveld gebruikt). Er is voor gekozen een aantal vliegvelden te bestuderen om tot een studie op nationaal niveau te komen en vanwege het vergroten van de eerdergenoemde zeggingskracht. In SERA werd in het bijzonder gekeken naar vliegverkeer in relatie tot het vóórkomen van hinder, verhoogde bloeddruk en luchtwegaandoeningen. Per luchthaven hebben de onderzoekers 400 omwonenden opgenomen in hun onderzoek. Het onderzoek is gestart in november 2011 en is eind 2013 afgerond. Een rapportage is nog niet verschenen. Het onderzoek wordt gefinancierd door het ministerie van Gezondheid (Ancona, 2010).

De NORAH-studie ('NOise-Related Annoyance and Health') is een Duitse studie die rond meerdere vliegvelden (Frankfurt, Köln/Bonn, Berlin-Brandenburg International, Stuttgart) met verschillende studieopzetten (dwarsdoorsnede, patiënt-controle, onderzoek in de tijd) uitgevoerd wordt. Daarnaast wordt ook naar andere geluidbronnen gekeken (weg- en railverkeer). NORAH bestaat uit drie grote studies onderverdeeld in 11 deelstudies. De eerste van de drie grote studies gaat over de relatie tussen blootstelling aan geluid van (vlieg)verkeer en hinder en gezondheid gerelateerde Kwaliteit van Leven (onder andere met analyse van verzekeringsdata, onderzoek naar de invloed van opening van

nieuwe start- en landingsbaan), de tweede gaat over de invloed van geluid op hart- en vaatziekten bij volwassenen en de derde gaat over cognitief functioneren en gezondheidgerelateerde Kwaliteit van Leven bij kinderen. Een ander doel van de studie is om de invloed van veranderingen van vliegverkeergeluid in de tijd te onderzoeken. Het onderzoek loopt van 2011 tot en met 2014. Het onderzoek wordt deels gefinancierd door de luchthaven, deels door de betrokken gemeenten en voor het grootste deel door de deelstaat Hessen (Schreckenber, 2011). Rapportages over de NORA-studie zijn nog niet beschikbaar.

De workshop samengevat

De workshop vond plaats op 10 en 11 oktober 2013 in Utrecht. De belangrijkste onderdelen waren de bespreking van de stand van zaken en eerste resultaten van de buitenlandse studies, de bespreking van de voorlopige resultaten van deze studie en de discussie over de betekenis van de voorlopige resultaten, inhoudelijk en voor eventueel vervolgonderzoek.

De vier studies ('Zwitserse studie', NORA, DEBATS en SERA) hebben gemeenschappelijk dat ze betrekking hebben op meerdere vliegvelden en/of meerdere onderzoeksopzetten toepassen. Hierin ligt een overeenkomst met dit onderzoek, het 'Gezondheidsonderzoek Vliegbasis Geilenkirchen' (GVG). In de vier buitenlandse studies worden vooral geïntegreerde, equivalente geluidmaten gebruikt (bijvoorbeeld: L_{den} , L_{eq} x uur), terwijl in het GVG-onderzoek vooral ook naar geluidniveau en daarnaast duur en aantal (van de) vliegbeweging(en) wordt gekeken. Anders dan in GVG-studie, dat een bureaustudie is, wordt in de buitenlandse studies onderzoek bij omwonenden uitgevoerd; dit varieert van hinder via cognitief functioneren bij kinderen tot en met het meten van bloeddruk bij volwassenen.

In de NORA- en DEBATS-studie wordt tevens onderzoek gedaan naar invloed van nachtelijk geluid van vliegverkeer op slaapkwaliteit. In de SERA- en GVG-studie is dit niet het geval. De looptijd van de buitenlandse studies is langer, deze bedraagt enkele jaren; dit deel van de 'GVG'-studie duurt anderhalf jaar. De NORA-studie en de GVG-studie hebben gemeenschappelijk dat ze naast een wetenschappelijke adviescommissie ook een maatschappelijke adviescommissie gebruiken. De GVG-studie betreft deels burgerluchtvaart en deels militaire luchtvaart. Alleen in de SERA-studie zijn luchthavens betrokken waar naast burgervliegverkeer ook militair vliegverkeer wordt verwerkt. De NORA- en DEBATS-studie hebben alleen betrekking op burgerluchtvaart. De belangrijkste punten uit de discussie van het GVG-onderzoek tijdens de workshop kunnen als volgt worden samengevat.

De bevindingen zijn volgens verwachting. De resultaten geven niet meteen aanleiding voor een vervolgonderzoek. Wel is het wetenschappelijk interessant om de relatie tussen blootstelling aan (militair) vliegtuiggeluid en geluidhinder nader te onderzoeken. Onderzoek naar contextfactoren (niet-akoestische factoren) en onderzoek over meerdere jaren (longitudinaal onderzoek) zou meer inzicht in deze relatie kunnen geven, ook in de indirecte verbanden.

Bijvoorbeeld, geen van de zelfgerapporteerde gezondheidseindpunten laat een direct verband zien met geluid(indicatoren). De nadruk ligt op 'direct', indirect zou er wel een relatie kunnen zijn via stressmechanismen. Maatschappelijk gezien zou een nader onderzoek naar hinder dan in het teken van handelingsperspectieven en/of het bepalen van het effect van maatregelen en interventies (bijvoorbeeld vermindering van het aantal vliegtuigen, onderhoud aan vliegbasis ('runway')) moeten staan. Met ander woorden: hinder niet monitoren om het monitoren maar om interventies te evalueren en/of voorhanden handelingsperspectieven te evalueren voor burgers, bestuur en

basis. De resultaten van recente publicaties over geluid van vliegverkeer in relatie tot ziekenhuisopnamen voor hart- en vaatandoeningen werden als aandachtspunt meegegeven.

In aanloop naar deze workshop werd een tweetal studies op het gebied van vliegtuiggeluid in relatie tot verhoogde kans op ziekenhuisopnamen als gevolg van hart- en vaatziekten en beroerte gepubliceerd in de wetenschappelijke literatuur besproken. In een Amerikaanse studie (Correia et al., 2013) werd onderzocht of ouderen (>65 jaar) die in de buurt van een vliegveld woonden een verhoogde kans hadden om met een hartvaataandoening te worden opgenomen in een ziekenhuis. Uiteindelijk werd voor meer dan 6 miljoen mensen rond 89 luchthavens deze kans onderzocht. Het bleek dat deze ouderen een verhoogde kans van 3,5% per 10 dB hogere geluidbelasting (postcodegebied) hadden om opgenomen te worden in een ziekenhuis. De andere studie (Hansell et al., 2013) onderzocht eveneens de kans op ziekenhuisopname als gevolg van hart- en vaatziekte en beroerte bij bewoners rondom de Londense luchthaven Heathrow (ongeveer 3,6 miljoen mensen). In vergelijking met de laagst blootgestelde gebieden ($L_{Aeq,16} < 51$ dB), lieten de hoogst blootgestelde gebieden ($L_{Aeq,16} > 63$ dB) een verhoogd risico zien voor ziekenhuisopname voor beroerte (RR: 1,24; bi: 1,08-1,43), coronaire hartziekte (RR: 1,21; bi: 1,11-1,31) en hart- en vaatandoeningen (RR: 1,14; bi: 1,08-1,20).

Conclusie

In vergelijking tot andere, buitenlandse, onderzoeken wordt met deels dezelfde methoden naar soortgelijke blootstellingsmaten (L_{den} , L_{Aeq}) en welzijns- en gezondheidseindpunten gekeken. In opzet (methodisch, organisatorisch) is er veel overeenstemming. Belangrijke verschillen zijn dat er in deze fase van dit onderzoek geen gegevens bij inwoners zijn verzameld en dat de invloed van slaapverstoring niet wordt onderzocht (slechts beperkt aantal nachtvluchten). Daarnaast worden in dit onderzoek veel meer verschillende geluidindicatoren gebruikt dan in de andere onderzoeken. Nationale en internationale experts op het gebied van vliegtuiggeluid en gezondheid hebben de opzet, uitvoering en bevindingen getoetst. De opzet, uitvoering en bevindingen zijn in lijn met hun verwachtingen.

In de mate waarin een deel van dit onderzoek (= mortaliteitsstudie) is geschoeid op de leest van het 'Zwitserse' onderzoek (Huss, 2010), komen de bevindingen overeen: een verhoogd risico voor een vasculaire aandoening in de hoogste blootstellingscategorie, geen duidelijke blootstelling-responsrelatie.

Bijlage GVG VI - bijlage1: Deelnemerslijst (Participants)

Deelnemers	Affiliatie
Carla Ancona	SERA
Geatano Licitra	SERA
Anne-Sophie Evrard	DEBATS
Inès Khati	DEBATS
Ric van Poll	RIVM
Dirk Schreckenber	NORAH
Christina Peschel	NORAH
Rob Morsink	IenM
Diana Metsemakers	Gemeente Onderbanken, MAC
Wim Passchier	WAC, Hoogleraar (em.) Risicoanalyse, UM
Paola Esser	GGD ZL, MAC
Roel Hogenhuis	NLR
Dick Bergman	NLR
Anke Huss	WAC, UU (Zwitserse studie)
Klaas Jan Hajema	WAC, GGD ZL (GGD Gezondheidsenquête)
Caroline Ameling	RIVM
Wim Swart	RIVM
Elise van Kempen	RIVM
Oscar Breugelmans	RIVM
Danny Houthuijs	RIVM
Irene van Kamp	RIVM
Ingrid van Kuilenburg	RIVM

Bijlage GVG VI - bijlage 2: Verslag workshop (Engels)

Research Programme on Noise and Health NATO Airbase Geilenkirchen Workshop 10 - 11 October 2013, the Netherlands. Minutes.

Day 1

Welcome (Ric van Poll)

Everybody welcome to Utrecht, to the workshop on noise effects due to air traffic in relation to the health of Dutch people near the Geilenkirchen military airbase.

Background of the RIVM-study (Ric van Poll)

We are talking about AWACS-airplanes. The airplanes are Boeing 707's dating from the late 50's till 60's and are still operational. The aircrafts are so called chapter 2 aircrafts, which means they are banned from civil airports and are only admitted to military airbases.

The study area is South-Limburg. The Dutch municipalities of Schinveld and Brunssum are approximately 2.5 km. away from the Geilenkirchen-airbase. The airbase is on German territory, but its activities has consequences for residents in the Netherlands as well. Compared to Schiphol Airport with 437,890 flights, Geilenkirchen is a small airbase with only maximally 3,600 flights allowed.

Geilenkirchen-airbase is controversial safety wise, because of two major crashes. One crash occurred in Greece in 1996 with an aircraft from the base, in which one person was injured. The second was a crash of a tanker carrier in 1999, which led to the deaths of the entire crew of 4. This latter crash had no effect on the physical and mental health of the surrounding population. However, an increase of the environmental annoyance due to air traffic comes could be observed which comes up in many studies nowadays.

In 2005 the relationship between the local and national governments and residents took a blow. This was due to the airbases request to cut the trees in front of the runway. The ministry decided to comply to this request by implementing a so-called 'NIMBY-procedure' ('Not In My Back Yard' (NIMBY)), overruling the local government. The national governments decision led to protests and the occupation of the nearby forest for nearly two weeks. Early 2006 the people were evacuated from the forest and the trees were cut anyhow. In 2007 the Council of State ruled that the ministry had acted without proper authorization, and that their decision was not carefully enough prepared and argued.

The Geilenkirchen exposure-response curve shows a higher relation for annoyance than the one proposed by the European Union and the one established for Schiphol Airport. The study around Geilenkirchen included only Dutch people. The aircrafts fly mainly from east to west, however it depends on the head wind. The majority of departures fly over the Netherlands, a smaller amount of aircrafts land while flying over the Netherlands.

In 2011, the ministries of Defense and Infrastructure and the Environment approved for a health study. So a research proposal was submitted to look into annoyance and health effects due to aircraft noise from AWACS-airplanes. Also a scientific board of advisory and a societal board were set up.

NORAH - Study on Noise-Related Annoyance, Cognition and Health (Dirk Schreckenberg)

In the 70's and 80's Frankfurt Airport was expanded with a 3rd runway. This was accompanied by public dialogue and severe protests, in which 2 policemen were killed. In 1997 a 4th runway was requested along with 200.000 additional flights. The process of dialogue and mediation are very important. That is why a Regional Dialogue Forum (RDF) and the successor Forum Airport & Region were established.

In 2000 five points were agreed on by the mediators and Hessian Parliament; optimizing the existing systems and flights, expansion of the airport only as far as necessary to meet the capacity of 120 movements per hour (before 83) and flights up to 700,000 per year, an Anti-Noise-Pact (ANP) including a program for active aircraft noise control, formation of a RDF and a night flight ban from 11 pm to 5 am (so-called 'mediation night') after the new runway is opened.

In 2005 the Frankfurt RDF study was executed, about the impact of noise on annoyance and health-related quality of life (HQoL). The HQoL increases with decreasing noise, but only in multi-morbid people. The study did not look for health or disease outcomes, but for a modifier for noise and health related quality of life. The exposure-response curve for highly annoyed people is higher than the standard Miedema-curve, which is in line with other studies. Non-acoustical factors contributed to the prediction of annoyance. Nevertheless, in 2007 the decision was made to allow on average 17 flights during night-time from 11 pm to 6 am and on average about 150 flights in the total night from 10 pm to 6 am, which increased dialogue again. In November 2011 the Court of Justice ruled that no flights in the mediation night may be executed during the night, however there are still flights between 10 and 11 pm and between 5 and 6 am.

The Frankfurt Health Authority asked for results on disease and health outcomes and thus for a re-analysis of the data of the RDF study. Similar to Geilenkirchen, no clear relation between noise exposure and health effects was found in the re-analysis. The number of health complaints increase with more noise, but decrease in groups with high exposure. There is no explanation for that, even though social demographic aspects were taken into account. Possibly it could be self-selection; robust people stay in the area and people with health problems might have relocated away from the airport. Noise sensitivity is related to diseases; the more diseases someone had, the more sensitive they were.

Recently published studies did show a relation between noise exposure and health effects. Participants of a workshop on assessing the impact of aircraft noise concluded that a longitudinal noise impact monitoring study has never been done in Germany, like the Dutch Schiphol Airport-study, but is needed. Noise from other sources than aircraft noise is not only a confounder, but also an aspect to be studied, especially the relationships between noise types. Hessian Parliament requested to study not only aircraft noise, but transportation noise generally. Therefore in 2011 the NORAH-study was commissioned.

The aim of NORAH is to assess traffic-related noise and quality of life of residents around the airport. The objectives of the study are mainly expectations from stakeholders and might be different if formulated by scientists. Although interrelations and the inclusion of cardiovascular disease are also objectives scientists would consider.

The conceptual model presents the idea that noise produces acute effects and there is no chance to restore or cope with it, so it could lead to long-term health effects. If a person already suffers from disease, it may influence their coping-mechanism.

The NORAH-study is divided in three work packages; WP1) Annoyance & HQoL, WP2) Physical Health & Sleep and WP3) Children's Cognition & HQoL. Also the effects of combined noise (rail, road and air) are taken into account. Noise exposure will be calculated for each address according to a standard German model. L_{den} , L_{dn} , L_{Aeq} , L_{max} and NA_x will be the metrics used for different times of day. For the sleep-study also SEL will be used for the measurement of acute aircraft noise indoors, and L_{AFmax} , L_{AF95T} and reverberation times for the measurement of classroom acoustics. WP1 started a panel study with 9,000 residents in the Rhine-Main area (Frankfurt airport), sampled randomly with aircraft noise levels as stratum, in addition cross-sectional studies in the same area focusing on road traffic, railway and combined noise with altogether 6,500 residents and cross-sectional studies at the airports Berlin, Cologne-Bonn, and Stuttgart with all in all 9,000 participants. For WP2, task 1, the researchers want to combine analyses of health insurance data with a case control-study. Within the case control-study a postal survey will be done in order to obtain health-related information (individual risk factors) from individuals.

After the opening of the 4th runway, a blood pressure monitoring has started in order to study long-term changes in blood pressure owing to transportation noise (WP2, task 2). For 21 days 2,000 participants measure their own blood pressure in the morning and evening. They also have to fill in a questionnaire for determining risk factors, noise annoyance and HQoL. Their long-term noise exposure to air, rail and road is calculated. In WP2, task 3, the sleep quality is measured with a check of the indoor sound level, physical measurements (polysomnography, ECG) and a survey.

Similar to the RANCH-study, also in this study it became clear that children's cognition and quality of life are influenced by noise. 1,209 children between 7 and 9 years from 30 schools participated, and were exposed from 40 up to 60 dB. The data is now being analyzed. The data will be linked to the noise exposure level at the address of the school and the home address of the child. The results of the NORAH-study may be expected mid 2014 for the study on Children's Cognition & HQoL and mid 2015 for the other two workpackages.

Conclusions

- NORAH aims to study the effect of transportation noise over time for noise reactions and health of adult's and the cognition and HQoL of children.
- NORAH includes cross-sectional, case-control and longitudinal sub-studies.
- A wide range of methods for the assessment of noise effects will be used; interviews, questionnaires, psychological tests, physiological measurements and a secondary data-analysis combined with a case-control-study.

Questions & discussion

- The problem is that there are only risk factors or potential confounders on an xx level, or in other words; people who have died, will not participate in the survey, so mortality will not be taken into account. People have survived the disease or else they could not participate, therefore the risk factors are different. The researchers will look into this.

Addendum: Mortality is taken into account at least in the analysis of health insurance data. In addition, the case control study also includes proxy surveys with relatives of passed insurees.

- NORAH is funded by different stakeholders, the total costs amount to about 7,3 Mio Euro 10% of the funding comes from the aviation branch, 80% from the Hessian government and 10% from the exposed communities. The exposed communities and pressure groups find it hard to believe the results are not to the benefit of the government and aviation branch.
- Information on sleep disturbance, cognitive effects in children and cardiovascular disease due to noise is already known. So why do a new study and not use existing data? The associations are known, but we know little about the process and interrelations. For instance civil airport-studies show aircraft noise at night produces health problems. How can we solve that and what to do about flight movements? And is increasing daytime flights instead of night flights really better for the health of people? These are things we would like to figure out.
- Could other indicators than L_{den} have an added value? Several metrics are available for the number of events, with different thresholds from 50 to 70 dB and peak levels. In the RDF study, these were analyzed on acute, hourly and long-term annoyance, with a correlation of the number of events and maximum sound level. But what is better? With a correlation between different metrics of noise exposure above .90 it is difficult to perceive what it is.
- What is the quality of the insurance data? Germany has two insurance systems; obligatory and private. People with high income could choose private insurance, however the quality of that data is poorer and is therefore not included. The quality of data from the obligatory system is good. This does mean that probably lesser participants with a high income than in the population are included in the sample.
- The method of measuring blood pressure is quite complex. Why were not just one or two measurements made during the interview? The compliance was assessed in an earlier study and turned out to be good. This choice was made to avoid that during an interview the blood pressure could possibly be higher due to anxiety for the interview.

DEBATS - Health effects of aircraft noise near three French airports (Anne-Sophie Evrard)

In 2005, 6.6% of the French population experienced annoyance due to aircraft noise. Health effects of aircraft noise have been seldom studied in France and no prospective study has ever been done. Therefore the French Ministry of Health and the Airport Pollution Control Authority (ACNUSA) requested an epidemiological research program: DEBATS (Discussion sur les Effets du Bruit des Aéronefs Touchant la Santé). The study focusses on a relationship between exposure to aircraft noise and measurements of different parameters related to the health of French people living near airports. Health is assessed physically and mentally, including annoyance. DEBATS runs from 2011 till 2018 and looks at three airports; Paris (500,000 flight movements), Lyon (123,000 flight movements) and Toulouse (much fewer flight movements).

DEBATS is divided into three studies. An ecological study to look at the relationship between average aircraft noise exposure and drug use, hospital admissions and mortality. A longitudinal field study with a follow-up on 1,200 participants during four years. The relation between aircraft noise and measurements of health parameters will be looked at, followed by a questionnaire at the home of participants (300 per noise zone). Measurements of the blood pressure and heart rate are made by the interviewer at the beginning, after one minute rest and at the end (one hour later) of the interview. The mean of the first two measurements will be used. Participants are classified as hypertensive if their blood pressure is above WHO-cutoff points or a physician diagnosed them with hypertension, combined with the use of anti-hypertensive medication. Many confounders were adjusted for, such as smoking, age, physical activity and aircraft noise area. And, thirdly, a sleep study to characterize acute effects of aircraft noise on sleep quality using precise noise exposure measurements. The sleep study is complementary and to check statistics. It includes 100 individuals living in the vicinity of Paris-Charles de Gaulle airport. Paris-Charles de Gaulle is the only one of interest where enough people are exposed to noise above 60 dB. Noise was measured inside the bedroom, but also outside the home to estimate the aircraft noise exposure when a person is inside his/her bedroom. Indicators used are L_{Aeq} (for all sources and aircraft noise only), L_{A90} and the contribution of aircraft noise to the global noise level. NA_{62} , NA_{65} and NA_{70} were used for noise events outside and NA_{37} , NA_{40} and NA_{45} for noise events inside. Further NNE, SEL and the cumulated amount of time of noise events from aircrafts were used. To study the sleep quality participants had to use an 'actiwatch', fill in a diary for seven days and use a heart rate recorder ('actiheart') for one night.

In a pilot study, protocols of the longitudinal and sleep studies were tested and validated. The participation rate of 10% is similar to other epidemiological studies in France, but was somewhat higher in areas where the aircraft noise exposure was the highest. In the pilot study, population people between 40 and 59 years and well-educated people were overrepresented compared to those living in the study area (typical selection bias).

The sleep-study just started. Preliminary results show a slight risk of hypertension related to increasing aircraft noise exposure. Also a significant increase in risk for men related to increasing exposure was found, but not for women. The strongest associations were seen between sleep quality and noise events indicators. Energetic indicators are insufficient for sleep quality. These results are based on a few participants and need to be replicated on more individuals.

Questions & discussion

- The position of the dosimeter in the bedroom is important for a correct outcome. Was that standardized the same way in each bedroom? After the pilot study a precise protocol was formulated on where to put the dosimeter.
- The exposure zones were divided in four classes. Why these classes? Charles de Gaulle Airport in Paris disagreed to use a model for calculations in case the exposure was lower than 50 dB. Are indoor measurements corrected for instance for snoring? Snoring was included as a question in the questionnaire. People who snore are excluded.
- If the response rate was 10% and 1,200 people participated, how many people were invited to participate? How many people to invite to reach 1,200 participants was determined. Is that not a bias in the population? 30% of the people refused to participate, but did respond to a short

questionnaire. Non-participants have a similar socioeconomic status as participants in the study area. However the means to correct are not available to the researchers. We don't know how representative 30% is.

- Participants for interviews were selected via the phonebook. Young people are seldom in the phonebook nowadays, because of mobile phones. Is it possible they are therefore not included? Problems did arise; phone lists do not always include mobile phone numbers and not everyone answers the call. In the study young people are included, but it was difficult to obtain mobile phone numbers. However, in France only 12% has a mobile phone. Twenty years ago France Telecom could easily provide phone numbers and everyone was registered there. Most numbers used for the study come from there. It does not make it easier that nowadays there are a lot of different operators and a lot of people have two phones, one number from French Telecom and another one.
- People who are under treatment for hypertension are not excluded. Does this perhaps mask the effect? The prevalence is very similar to the results of a study for prevalence. It is not possible to exclude them, because a lot of people use that kind of medication in France.
- In Germany not many people register their phone numbers anymore, so it is difficult to make a selection for telephone interviews. Is this perhaps not a good method anymore? In France people have to request their operator to include their number in the phonebook. Other methods were explored, but due to problems arising at the study areas, the phone list was chosen for this study.

SERA - The impact of aircraft noise on the health of population living near six Italian airports (Carla Ancona)

People living near airports in Italy are concerned about health effects of noise and pollution from aircrafts. Sufficient evidence shows a relation between aircraft noise exposure and cardiovascular disease, hypertension, annoyance and sleep disturbance. The SERA-study aims to accommodate the people suffering from a noisy environment. The study was funded by the Italian Ministry of Health (€ 550,000) and is almost finished. Six Italian airports were looked at, with Malpensa in Milan as the airport with the largest number of flights (international). Moreover the number of flights has increased in Italy over the years. The objectives of SERA are to review literature on environmental and health aspects related to the airports, a cross-sectional study to evaluate the association between aircraft noise exposure and health of the people living nearby, to measure and estimate the effect of the airport on air quality and to assess the impact of aircraft noise on the health of the exposed population. Not only air traffic was taken into account, but also rail and road traffic.

Noise exposure assessment in SERA-project (Gaetano Licitra)

The acoustic-group developed a guideline to evaluate the exposure of people to noise in areas near airports. The guideline is based on INM (USA), and is usable for the entire study population. Also an aircraft noise impact assessment (L_{den} and L_{night}) was done in order to sample the population for an epidemiological survey. The exposure to both aircraft and road noise is established for each person involved. In the first phase the area and sampling were defined and in the second phase the residential noise exposure, due to aircraft and traffic, was estimated at the address of each participant. For an epidemiological study standardization of the aircrafts is necessary. NMPD-1996 has been selected as a method. However the model and measurements are different approaches and it is important to understand the model that you use.

In Pisa the flight numbers are relatively small, however the houses are very close to the aircrafts and the exposure is consequently very high. The model took into account also the aircraft movements at the ground (taxying). For road traffic the noise map should also be translated to the living level of people. The model was validated by doing measurements at the airport. As the railway and the airport are both close to the houses in Pisa, it was difficult to determine the precise source for the noise and exposure.

Less than 50 dB gives many uncertainties, on the other hand there are not many people exposed to more than 60 dB. Effects from rail traffic cannot be seen in the study, however effects from road traffic are visible. The position of aircrafts and trains are measured exactly with a radar. The radar-technique used avoided people to be exposed to electromagnetic fields.

Conclusions

- Strong coordination is important while assessing a common methodology, if it will be applied by people from various fields of expertise or with different backgrounds.
- The assessing accuracy is crucial in defining possible epidemiological associations, particularly to disentangle the specific effect of different sources.
- Differences need to be considered in sampling the methodology when analyzing in different cities.
- The local accuracy of flight tracking is important in high density urban surroundings.

Questions & discussion

- By grouping any two sources for noise, do you already assume an interaction effect? The two sources must be classified separate and two samples must be searched. This makes it possible to use it for reference groups up till groups with high exposure.

Carla Ancona continues SERA

In the cross-sectional study an association between noise and blood pressure, annoyance and sleep disturbance, was investigated. The HYENA-protocol was used to be able to compare the results.

A sample of 3,981 people between 45 and 70 years who had lived in the study area for at least five years, was randomly selected from the Municipalities databases. The HYENA-questionnaire was translated in Italian and applied in a personal interview with the purpose to collect data on personal characteristics and use of hypertensive drugs. People under treatment for hypertension are excluded under the hypothesis that the treatment could mask the effect of aircraft noise on blood pressure. The blood pressure was measured five times; three times during the interview and twice by the person itself, the first in the evening of the interview before going to bed and the second the next day before breakfast. The overall response rate of 53.2%. To avoid the potential selection bias risk, the Inverse Probability Weight technique was applied: respondents with similar characteristics to missing observations have a greater weight in the final model. A record-linkage with hospital admissions will be a possible way to avoid selection bias by health status. Three airports have exposure over 65 dB. A problem is that people who work for the airport, may not cooperate in fear of losing their job.

The effects of aircraft noise on blood pressure levels (systolic and diastolic) and hypertension as categorical variable, WHO definition: systolic blood pressure ≥ 140 or a diastolic BP > 90 and HYENA definition: WHO+ people with

hypertension treatment, were analyzed through regression models adjusted for personal characteristics (including smoking, use of salt in the food and alcohol consumption), road traffic noise, airport, and IPW.

A strong increase of the blood pressure in the highest exposure group was found. The systolic pressure was very high especially in the evening. Also there seems to be an interaction between airport and socioeconomic status. In the Health Impact Assessment-study additional cases of hypertension and annoyance can be subscribed to noise. The SERA study results will be used to improve the health of people living nearby airports and to provide information to them and decision makers.

Questions & discussion

- In France it is not possible to exclude people under treatment of hypertension or using anti-hypertensive medication, because that would exclude most people in the study population. The Italian sample was also made with treatment and use of beta-blockers, and you can clearly see the difference in the results.
- People mainly want to see what applies to their own situation and research is conducted with tax payers money. Could just performing a HIA give similar results? If you use the evidence available, ask the municipality for addresses and use available datasets, it seems easier to explain the study to the people.
- What is the opinion of Italian policymakers about the study and noise problems? They mainly want to cut the number of flights and push for results, they expect more. It is easier and perhaps financially better for them to move the houses instead of the airports.
- Is there a difference in night flights between the airports? By law night flights are prohibited. However there are exceptions for emergency and military flights. Also such a ban is possible for instance in Rome, but harder for smaller airports. The highest exposure group was included in areas with night flights.

Day 2 Introduction on the RIVM-study (Ric van Poll)

The government decided on a health study. RIVM set up two advisory boards: one scientific and one societal. The RIVM works in phases and is careful, also considering the complexity, duration and costs of the study, because they want to be sensible with the institutes time and tax payers money. The aim of the research is to ascertain the effects of long-term exposure to peak noise levels from overflights of military aircrafts on various health and well-being outcomes among the Dutch population near Geilenkirchen-airbase.

First a secondary analysis of the health questionnaire from the Dutch Municipal Health Service with noise exposure data was done. Secondly an extended research on registered health data from Netherlands Statistics. And third; a risk assessment based on the best available exposure-response relations. A next phase is dependent on a go/no go-decision after the results of the first phase have been examined. The results of the first phase will be completed in December.

Aircraft noise computations for the RIVM health study (Roel Hogenhuis)

The National Aerospace Laboratory (NLR) provided input data and computed the data for the health study. The aircraft noise is an event over time; first an aircraft comes closer to the receiver, than it flies over the receiver and eventually flies away. This result in an event where the noise first increases,

then reaches a peak level and then reduces. The L_{Amax} specifies the highest noise level the receiver is exposed to; peak level. The sound exposure level (SEL) includes all sound energy emitted during the entire noise event. Possibly SEL value of a longer noise event can be higher while the L_{Amax} stays the same. Several metrics are calculated for the period of a year, by computing the L_{Amax} or SEL of all movements during a year and then summate. Flights during the night or evening could be given an additional weight in the sum.

The so called Kosten eenheid (Ke) is based on L_{Amax} . It is used to end up with a linear relation for annoyance and for enforcement at the airbase. For example, a penalty is given for flying during the night, because this is considered to be more annoying. Also L_{den} is calculated, with duration of the exposure included, and $L_{den, alpha}$ to change the impact of peak levels in L_{den} . The new metric $L_{den, alpha}$ was requested by the RIVM to investigate the effect of high peak levels. NA_x (quantity of various peak levels) and TA_x (duration of various peak levels) are provided to give insight in the effects of noise loads of multiple flight movements, the height of peak levels and the amount and duration of certain peak levels in a year.

For the computations input data is needed about the scenario (flight plans, radar tracks) and airport (runway data, displaced thresholds). By combining radar tracks with flight plans it is possible to determine if it concerns an AWACS-flight. Also a model database with aircraft performance data and aircraft noise data is necessary. Noise is computed per individual flight movement. After a year you can summate and provide metrics. The RIVM takes care of the further analysis.

Geilenkirchen-airbase also provides training for flying AWACS-aircraft. Therefore the aircraft fly short circles around the airbase to be able to make more landings and take-offs for practice. The flight tracks are divided in two parts, for landing and take-off. Flight movements over Germany are neglected, and therefore the tracks stop at a certain point, despite the fact it could lead to an underestimation of noise in areas with lower exposure. However, high levels are always included and give a complete picture of the noise. In the considered movements for instance AWACS and tanker aircraft are included. The Boeing 707 TCA is no longer operational and is replaced with a quieter aircraft, this was taken into account in computing. Air traffic from Maastricht-Aachen Airport is also included in the computations. For this airport air traffic below 6000 kg is neglected. For both airports the noise is computed for a grid and on specific points. The number of flight movements to and from Geilenkirchen has decreased in the last ten years.

Differences between dBA and dBC (Dick Bergmans)

NLR also looked at AWACS characteristic that were not computed, like low frequency noise. dBC is used to make sure the metric becomes more sensitive for low frequency noise. dBA is used to gain insight in the response of human hearing.

During take-off a peak in low frequency noise and a response to this can be observed. Normal models do not take this into account. Real measurement data was used, which already existed and was compared to other aircraft at Schiphol Airport. Low frequency noise is not different for AWACS than for other aircraft. The engines are small and have a low bypass-ratio, therefore noise tends to go more to high frequency. Therefore there is no need to apply C-weighting to show the effects of AWACS-noise.

Questions & discussion

- The approach used might not be good if the traffic is not fixed. The data could be inaccurate with a change in time, regulations and aircraft type. Did you verify if the track is similar to this time period in different years? The model has been validated and measurements showed that it is fit to show differences in noise around the airbase. The differences between the considered years were taken into account. Furthermore, radar tracks are used for the computations so that differences in flight routes and flight procedures are taken into account. Details in the way pilots behave might in some cases not be reflected in the outcome of the computations.

Preliminary conclusion and discussion on noise indicators*Preliminary conclusions*

- In an attempt to capture all relevant aspects of aircraft noise exposure, RIVM defined indicators for level, number, duration and integrated exposure.
- Since the fleet composition and number of flights differ at Geilenkirchen and Maastricht-Aachen Airport, the presence of another airport in the study area potential leads to more contrast in the aircraft noise indicators.
- The indicators 'behave' differently for the two airports, leading to contrasts in exposure that differ between noise indicators.
- Correlations between various types of indicators are moderate to strong.
- The use of different indicators could provide more insight in the specific characteristics of noise from the AWACS-fleet that may lead to effects on health and wellbeing.

Questions & discussion

- In France an 'emergency'-indicator is used for noise from a specific source, peak variables and ground noise from different sources. Did you consider this in some way and also the reaction of the people? We did not take these indicators into account, but adjusted for effects of other noise sources (road and rail). When it concerns the high levels of AWACS, we did not consider the differences of background noise. It might say something about of the strength of the noise and exposure.

Preliminary conclusion and discussion on 'Self-reported health study' (Zelfgerapporteerde gezondheid onderzoek (a))*Preliminary conclusions*

- The percentage of highly annoyed people around the military airfield is higher than expected when compared to similar L_{den} sound levels around other airports. Around MAA the percentage is low if compared with similar L_{den} sound levels around the airbase.
- Standard exposure-response curves cannot describe the annoyance situation around the airbase adequately; an estimation of the percentage highly annoyed should be based on research in the region.
- L_{den} is an appropriate indicator to describe the relation between aircraft noise and the annoyance reaction in the study area. Noise indicators based on the number of overflights, the peak sound level of the overflights or the duration of exceeding a certain sound level are not more informative than the L_{den} noise indicator for describing the annoyance situation. The use of a trade-off factor of 10 in calculating L_{den} may underestimate the influence of peak noise levels on the annoyance reaction, but these results are inconclusive and should be checked around other airports.
- No adverse health effects of aircraft noise on self-reported health have been detected in this study. The number of respondents in this study exposed to

higher L_{den} noise levels might be too small in order to pick up any meaningful health effects.

- The lack of associations between noise and health, prevented the study of calculating relationships between other aircraft noise indicators and self-reported health.

Questions & discussion

- In Italy the prevalence for hypertension is twice as high.
- The conclusion about the use of L_{den} is fine for this study, but do you not have to look at other indicators for communication to the region? In the first phase indicators were presented to see the difference in health effects. Expected is a concern about areas with peak levels. Intensity and duration of the noise might not be expected, so other indicators could be useful. The results look quite consistent, so no confounding was present. People understand single events and peak levels better than L_{den} . Using several indicators could be more confusing. The RIVM will have to look into the communication.
- At Schiphol Airport you do not see immediate associations between noise and health, but you see effects after including annoyance or stress indicators. Is the next step in analyses to include other predictors? There are no plans for that at this moment. We also need to look at the link between annoyance, sleep disturbance and medication use and health outcomes. For instance heart attacks; a heart attack does not occur because of an overflight, but is chronic. Theoretical frameworks could be included in the models.
- A problem with L_{den} exposure metrics in Germany is that it includes an assumption about the effects, namely that they are stronger in the night. If you look at health and disease, there is no information at what time noise exposure is most problematic. Long-term effects for sleep disturbance are not included for the morning. Practically that is not a problem in this case. It could be helpful to untangle nighttime first and use L_{aq} for different times of day. An exposure metric should not include any assumption about effects.
- Do you think people will believe you if you communicate results to the area or that they already made up their mind? Some people will always refuse contact. Non-acoustic factors come in to play in relationships, otherwise relations could be irrelevant. Enough people are included because of oversampling. Dose-response curves are not usable in communications.
- Spatially seen, the same flight patterns cause the same exposure to the same people. A large study with many airports is needed, with and without night flights. Without such a study it is not possible to calculate night- and daytime effects. The same noise level at different times of day possibly lead to different effects, so still more contrast and more airports are needed.
- The annoyance is measured at individual level, maybe annoyance is also present at community level? The tolerance level could have an influence. Non-acoustic factors also come in play here, such as attitude, history and size of the community.

Preliminary conclusions and discussion on 'Mortality study (Mortaliteitsonderzoek (b))

Preliminary conclusions

- The elevated risk in the study area perhaps cannot directly be related to AWACS-noise, partly due to the lack of information about lifestyle-factors.
- Indications are present for an elevated risk of mortality due to cerebrovascular diseases in higher exposure categories for several noise indicators. However, no clear indication for exposure-response relation

between exposure and mortality due to cerebrovascular diseases can be seen.

- There are indications for a reduced risk of mortality due to heart failure in the highest exposure category for several noise indicators.
- The results are in line with the results of the Swiss-study in which also elevated risks for mortality were found in the highest exposure group (L_{den} above 60 dB), however due to myocardial infarction. In our study, no indications are found for effects on mortality due to cardiovascular disease, other than cerebrovascular diseases.

Questions & Discussion

- Do the outcomes change with similar trends? No.
- The reduced risk for heart failure cannot be explained from a biological viewpoint. It could be prone to reporting bias; in the Netherlands heart failure is generally underreported and there is no guideline on how to fill in the cause of death. The WHO-guideline and physicians consider heart failure a mode of dying, but it is not the cause of death and the underlying disease is unknown. In case of heart failure in areas with noise exposure, people may relocate because of their health problems, these people will also not be included in the study. Myocardial infarction is better reported, but heart failure is unexpected. Data from hospital admissions and treatments is hard to get, but could be helpful. The RIVM will look into including people who have moved from the area due to health problems.

Preliminary conclusions and discussion on 'Risk Analysis study' (Risicoanalyse (c))

Preliminary conclusions

- The number of people exposed to 50 dB (L_{den}) and higher decreased between 2002 and 2012. Also the percentage of people suffering from high annoyance and hypertension decreased. This trend is comparable to findings in national data.
- A decrease in the estimated extra numbers was found between 2002 and 2012.
- Except for annoyance, the estimated extra numbers were small.

Questions & Discussion

- The population in the study area decreased. Why and how does this affect the results? The population is getting older and more people died. Also economics in the west of the Netherlands are better, which leads to more jobs and people wanting to live there. More people move from the east to the west than the other way round.
- The national CITO-scores are used to measure children's cognition. If there is no noise the score would be standard. The children in the region are actually similar to the reference group, and the reference group is considered to be representative for all Dutch children. So is that reasonable? This was not checked. Implicitly we assumed that children in South-Limburg are similar to Dutch children. Other differences than with aircraft noise are also applicable, boys versus girls and socioeconomic status for instance. CITO-scores published recently show differences per region, but it is not related to places with low or high noise.
- On what was the estimated burden of health based? 2012 represents the current situation and 2002 refers to the situation before 2005-2006, when it was decided to decrease flights. 2008 (Survey) stood out, because of the public survey, cutting of the trees and ruling by the Council of State before. The difference in the dose-response relation is probably the explanation used

for 2008, derived from 2007 data and data from 2009 for this assessment. 2009 data was available and 2012 data will soon be available. It will be interesting to see if there is a trend in the decreasing numbers. Exposure data from 2012 is based on the exposure-response curve obtained from annoyance data from 2009. Lower exposure categories are less annoyed, which will lead to a lower number of total people annoyed.

- Is there no information on cognitive effects? Study reports indicate that if the aircraft noise decreases, reading comprehension and cognition possibly improve. A follow-up study with RANCH-children in the UK showed the effect was still there when the children became older. And even when they moved to another area, so also exposure at home seems to contribute.
- The dose-response relation for road traffic was used as conservative proxy. Does this mean an overestimation? Actually it means an underestimation. Road traffic noise leads to more outcomes than aircraft noise, so in that way an overestimation. However, aircrafts fly over the house, so there is no escape from the noise, as there is for road noise.

Closing (Ric van Poll)

Ric van Poll thanks everyone for his or her thoughts, presentations and information! It appears that the goals for this meeting are fulfilled. He would like to pick everyone's brain again next week for any other ideas or remarks he or she might come up with after the meeting. Everyone will be informed on if, how and when we go on. The minutes (by courtesy of Ingrid van Kuilenburg) and presentations of the workshop will be available.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag