



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

Analyse gelijkwaardigheidscriteria Schiphol

RIVM-briefrapport 2020-0219
D. Welkers et al.



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

Analyse gelijkwaardigheidscriteria Schiphol

RIVM-briefrapport 2020-0219
D. Welkers et al.

Colofon

© RIVM 2021

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.

DOI 10.21945/RIVM-2020-0219

D. Welkers (auteur), RIVM
A. Sahai (auteur), RIVM
E. van Kempen (auteur), RIVM
R. Helder (auteur), RIVM

Contact:
Rona Helder
Centrum voor Milieukwaliteit
Rona.Helder@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Inspectie Leefomgeving en Transport in het kader van de Analyse van de gelijkwaardigheidscriteria Schiphol.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Analyse gelijkwaardigheidscriteria Schiphol

De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) heeft het RIVM gevraagd de gelijkwaardigheidscriteria voor Schiphol te analyseren. Aanleiding is het voornemen van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) om deze gelijkwaardigheidscriteria in de regelgeving op te nemen door het Luchthavenverkeersbesluit aan te passen. Dan zijn de criteria onderdeel van de handhaving.

De ILT ziet erop toe dat wet- en regelgeving voor de luchtvaart wordt nageleefd. De ILT controleert bijvoorbeeld of vliegtuigen voor omwonenden rond Schiphol niet meer geluid maken dan is toegestaan. Dit wordt onder andere getoetst met behulp van zogeheten gelijkwaardigheidscriteria voor Schiphol. Deze gelijkwaardigheidscriteria zijn nu een onderdeel van de afspraken die in de loop van de jaren tussen het ministerie van IenW (en voorlopers) met de omgeving van Schiphol zijn gemaakt.

De gelijkwaardigheidscriteria zijn gebaseerd op berekeningen en modellen. Het gaat om de berekende hoeveelheid geluid, de aantallen woningen, en de relatie tussen de blootstelling aan geluid en ernstige hinder en slaapverstoring (blootstellingresponsrelaties). Bij deze berekeningen worden modellen gebruikt, bijvoorbeeld om geluid en ernstige hinder te berekenen. De modellen zijn de afgelopen jaren meerdere keren veranderd. De wijzigingen in de gelijkwaardigheidscriteria en de gevolgen daarvan voor de naleving en handhaving zijn nauwelijks te volgen. Ook werken de modellen vaak niet met de actueelste cijfers, bijvoorbeeld van het aantal woningen.

Het RIVM beveelt aan om de actueelste modellen te gebruiken en deze de komende jaren aan te houden. Na een aantal jaar kan worden overwogen om nieuwe gegevens te gebruiken op basis van actuele informatie. Een wijziging moet dan transparant en daarmee voor iedereen goed te volgen zijn.

Kernwoorden: geluid, luchtvaart, vliegtuiggeluid, luchthavens, Schiphol, gelijkwaardigheidscriteria

Synopsis

Analysis of equivalence criteria for Amsterdam Airport Schiphol

The Human Environment and Transport Inspectorate (ILT) has asked RIVM to analyse the equivalence criteria for Amsterdam Airport Schiphol, hereafter referred to as Schiphol Airport. The motivation for this is the intention of the Ministry of Infrastructure & Water Management to include these equivalence criteria in the regulations by modifying the Airport Traffic Decree for Schiphol Airport. The criteria will then be a part of aircraft noise enforcement.

The ILT is responsible for ensuring compliance with the laws and regulations that apply to aviation. For example, the ILT checks whether aircraft produce more noise than is permitted in relation to the residents in the vicinity of Schiphol Airport. One of the ways this is checked is by using the so-called equivalence criteria. These equivalence criteria are a part of the agreements entered into over the years by the Ministry of Infrastructure & Water Management (and its predecessors) with the stakeholders in the surroundings of Schiphol Airport.

To determine whether Schiphol Airport meets the equivalence criteria, several models and input data are applied. These focus on the calculated noise exposure levels, the number of homes within specified areas around the airport, and the relationship between noise exposure and severe annoyance and severe sleep disturbance (exposure-response relationships). Models are used to calculate the noise exposure and the resulting number of severely annoyed people, which are required to be below calculated limits for these parameters. The models and the criteria have been modified several times over the past years to account for new developments and insights. The changes in the equivalence criteria and their effects on compliance and enforcement are very difficult to follow and comprehend. The models also often do not apply the most recent input data.

RIVM recommends to use the most recent models and input data. Consideration should be given to investigate whether models and input data need to be updated more frequently than is now the case. In that case, any change made must be transparent and therefore easy to follow for everyone.

Keywords: noise, aviation, aircraft noise, airports, equivalence criteria

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

- 1.1 Aanleiding — 13
- 1.2 Doelstelling van het onderzoek — 14
- 1.3 Leeswijzer — 15

2 Achtergronden van de gelijkwaardigheidscriteria — 17

- 2.1 Inleiding — 17
- 2.2 De regelgeving voor vliegtuiggeluid van Schiphol door de tijd — 17
- 2.3 Actualisaties van de gelijkwaardigheidscriteria — 19
- 2.4 Gerealiseerde waarden volgens modelberekeningen — 23
- 2.5 Gelijkwaardigheidscriteria en wijziging Luchthavenverkeersbesluit — 24

3 Bepalende factoren gelijkwaardigheidscriteria — 27

- 3.1 Modelling van vliegtuigoperaties en vliegtuiggeluid — 27
 - 3.1.1 Achtergrond geluidcontouren — 27
 - 3.1.2 Ontwikkelingen in de modellering van vliegtuigoperaties en vliegtuiggeluid — 30
 - 3.1.3 Observaties — 31
- 3.2 Woningbestand — 32
 - 3.2.1 Achtergrond — 32
 - 3.2.2 Ontwikkelingen van de woningbestanden — 33
 - 3.2.3 Observaties — 34
- 3.3 Blootstelling-Respons relaties — 34
 - 3.3.1 Achtergrond BR-relaties — 34
 - 3.3.2 Ontwikkelingen BR-relaties — 38
 - 3.3.3 Observaties — 49

4 Conclusies en Aanbevelingen — 53

- 4.1 Algemeen — 53
- 4.2 Modelling van vliegtuigoperaties en vliegtuiggeluid — 53
- 4.3 Bouwvolume — 54
- 4.4 Blootstelling-respons relaties — 54
- 4.5 Aanbevelingen — 55

Literatuur — 57

Samenvatting

De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) heeft het RIVM gevraagd te onderzoeken of het stelsel van de criteria voor gelijkwaardigheid voor Schiphol aansluit bij de huidige berekende en door de omgeving ervaren ernstige hinder en slaapverstoring. Volgens verwachting zullen de criteria in de (toekomstige) regelgeving voor de geluidbelasting door vliegverkeer worden opgenomen. Dit is voor de ILT van belang vanwege haar rol bij de handhaving van de regelgeving omtrent vliegtuiggeluid.

Aanleiding

Het stelsel van criteria voor gelijkwaardigheid (verder aangeduid als gelijkwaardigheidscriteria) is onderdeel van de afspraken die in de loop van de jaren tussen het ministerie van IenW (en voorlopers) met de luchtvaartsector en de omgeving van Schiphol zijn gemaakt. Het doel van deze afspraken is dat het beschermingsniveau ten aanzien van externe veiligheid, geluidbelasting en lokale luchtverontreiniging per saldo gelijkwaardig is of beter wordt bij wijziging van een besluit over het gebruik van Schiphol.

Het voornemen van het ministerie IenW is om de gelijkwaardigheidscriteria onderdeel van de regelgeving te maken door een wijziging van het Luchthavenverkeersbesluit (LVB). Hiermee creëert het Rijk een instrument om, onder meer, invulling te geven aan art 8.17 Wet luchtvaart en bovengenoemde afspraken.

Art 8.17 lid 7 Wet luchtvaart: Elk besluit, volgend op het eerste luchthavenverkeerbesluit, biedt een beschermingsniveau ten aanzien van externe veiligheid, geluidbelasting en lokale luchtverontreiniging, dat voor ieder van deze aspecten, gemiddeld op jaarbasis vastgesteld, per saldo gelijkwaardig is aan of beter is dan het niveau zoals dat geboden werd door het eerste besluit.

Het opnemen van de gelijkwaardigheidscriteria in de regelgeving betekent onder andere dat de ILT zich kan richten op een vorm van handhaving van deze regels.

Het stelsel van gelijkwaardigheid in het kort

De parameters voor gelijkwaardigheid voor geluid (nr. 1 tot en met 4 in tabel 1) zijn gebaseerd op een combinatie van jaargemiddelde contouren voor de geluidbelasting vanwege vliegtuigen, aantallen woningen en aantallen omwonenden binnen bepaalde contouren, en Blootstelling-Respons relaties. Door de jaren heen zijn de achterliggende waarden waarmee deze parameters worden berekend en de berekeningswijze van de parameters op basis van nieuwe inzichten gewijzigd. Tabel 1 geeft een overzicht van welke parameters de criteria bevatten.

Tabel 1 Overzicht parameters gelijkwaardigheidscriteria

1. Aantal woningen met een geluidbelasting van 58 dB(A) Lden of hoger
2. Aantal personen dat ernstig wordt gehinderd bij een geluidbelasting van 48 dB(A) Lden of hoger
3. Aantal woningen met een geluidbelasting van 48 dB(A) Lnight of hoger
4. Aantal personen dat ernstig in de slaap wordt gestoord bij een geluidbelasting van 40 dB(A) Lnight of hoger
5. Aantal woningen dat aan externe veiligheidsrisico's wordt blootgesteld binnen een plaatsgebonden risicocontour van 10⁻⁶ of hoger

De gelijkwaardigheidscriteria zijn "per saldo" gedefinieerd. Dit houdt in dat wanneer de geluidbelasting en resulterende effecten als hinder in het ene gebied afneemt, de geluidbelasting en hinder in andere gebieden tegelijkertijd toe kan nemen, zolang de criteria in het gehele gebied rond Schiphol maar niet worden overschreden.

In deze rapportage worden de verschillende parameters van het stelsel van gelijkwaardigheidscriteria besproken en geduid. Daarbij is de focus gelegd op de parameters die voor het bepalen van het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden vanwege vliegtuiggeluid van belang zijn. Deze parameters worden hier samengevat.

Geluidcontouren

Geluidcontouren geven de geluidssituatie weer in het gebied rond of langs een geluidbron. Voor vliegtuiggeluid worden geluidcontouren van de geluidbelasting rond de betreffende luchthaven berekend en weergegeven. Geluidcontouren zijn de resultante van de berekeningen op basis van het overdrachtsmodel, de omvang van het vliegverkeer en de gegevens over geluidemissies van vliegtuigen. In de afgelopen decennia zijn diverse wijzigingen in de systematiek van de berekeningen doorgevoerd. Te noemen zijn de conversie van K_e naar L_{den} als maat voor de geluidbelasting, de introductie van het empirisch baangebruikmodel en de toepassing van een nieuwe, internationaal geaccepteerde, rekenmethodiek Doc29. Hierdoor zijn, in combinatie met de wijziging van de vliegtuigvloot en het aantal vliegbewegingen, de geluidcontouren ook gewijzigd. Het gevolg van de wijzigingen in de geluidcontouren is dat er ook wijzigingen in de waarden van de parameters van de gelijkwaardigheidscriteria optreden.

Woningbestand

De gehanteerde woningaantallen worden beïnvloed door de omvang van nieuwbouw of de sloop van woningen in de beschouwde gebieden. Ook is op grond van wijziging van regelgeving het begrip woning hergedefinieerd. Door een dergelijke herdefiniëring worden bijvoorbeeld de studenteneenheden op het complex Uilenstede te Amstelveen niet meer als afzonderlijke woningen geteld. Het gevolg van wijzigingen in woningaantallen is dat er ook wijzigingen in de waarden van de parameters van de gelijkwaardigheidscriteria optreden.

Blootstelling-Respons relaties

Blootstelling-Respons (BR) relaties beschrijven de relatie tussen de blootstelling aan bepaalde niveaus of concentraties van een omgevingsfactor (in dit geval geluid) en de kans op een respons (bijv. hinder of slaapverstoring).

In de loop van de tijd zijn er zowel nationaal als internationaal diverse BR relaties afgeleid. Tussen deze relaties zijn er verschillen. Deze verschillen worden veroorzaakt door methodologische verschillen tussen studies en door zogenoemde niet-akoestische factoren.

Sinds 2006 worden BR relaties gehanteerd die zijn gebaseerd op de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol uit 2002 (GES-2002). Deze BR relaties zijn onderdeel van de systematiek om het aantal mensen dat als ernstig gehinderd wordt aangemerkt vast te stellen binnen de 48 dB(A) L_{den} -geluidcontour, en het aantal mensen dat als ernstig slaapverstoord wordt aangemerkt vast te stellen binnen de 40 dB(A) L_{night} contour. BR relaties kunnen echter in de loop van de tijd veranderen. Vergelijkingen met meer recentere BR-relaties die specifiek zijn afgeleid voor de luchthaven Schiphol, suggereren echter dat de BR relaties uit 2002 de huidige hinder- en slaapverstoring situatie rond Schiphol niet meer adequaat in beeld brengen.

Naast hinder en slaapverstoring zijn er nog andere belangrijke gezondheidseffecten die kunnen optreden ten gevolge van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Deze effecten vormen geen onderdeel van de gelijkwaardigheidscriteria.

Conclusies en aanbeveling

De gelijkwaardigheidscriteria zijn een resultaat van berekeningen op basis van geluidcontouren, woningbestanden en blootstelling-respons relaties.

De gelijkwaardigheidscriteria zijn per saldo gedefinieerd: de geluidbelasting en resulterende aantal ernstig gehinderden op een gebied kan afnemen en tegelijkertijd in andere gebieden toenemen maar toch resulteren in een netto reductie.

Geconstateerd wordt dat de basis voor de gelijkwaardigheidscriteria door de jaren heen wijzigt. Modellen om de geluidcontouren te berekenen, woningaantallen en BR relaties wijzigen om diverse redenen. De waarden voor de diverse parameters wijzigen daardoor eveneens. De wijzigingen zijn echter niet consequent verwerkt in de gelijkwaardigheidscriteria. De navolgbaarheid van de wijzigingen en overeenkomst met de werkelijkheid staan daardoor onder druk. Geconstateerd wordt dat de gehanteerde woningbestanden en BR-relaties niet de meest actuele versies zijn. Het gevolg is dat de berekende omvang van ernstige hinder en slaapverstoring kunnen afwijken van de huidige ervaren ernstige hinder en slaapverstoring. Aandachtspunt voor het gehanteerde model Doc29 is dat het voorlopig niet mogelijk is om maatschappelijk verkeer bijvoorbeeld van politiehelikopters te modelleren.

De wijzigingen zijn niet toe te kennen aan één partij of organisatie. De luchtvaartsector (uitvoering) en rijksoverheid (systematiek) zijn verantwoordelijk voor de geluidcontouren, lokale overheden zijn verantwoordelijk voor de verandering van de woningaantallen en de BR relaties worden vastgelegd door de rijksoverheid.

De aanbeveling is om de waarden van de parameters in de gelijkwaardigheidscriteria op basis van de meest actuele gegevens op transparante wijze voor een bepaalde periode vast te leggen. Het gaat om geluidcontouren op basis van de beste rekenmethoden en meest actuele input van het vliegverkeer, de meest actuele woningbestanden en de meest actuele BR-relaties. De frequentie van de actualisatie zal dan in samenspraak met alle belanghebbenden dienen te worden vastgelegd, te denken valt aan de 5-jaarlijkse cyclus van de Europese Richtlijn voor Omgevingsgeluid.

Bij een volgende wijziging van de regels is het dan mogelijk om eenduidig na te gaan of wordt voldaan aan de regels van de Wet luchtvaart.

Het stelsel van de criteria voor gelijkwaardigheid heeft niet primair als doel om de gezondheid van burgers te verbeteren. Vanuit het perspectief van gezondheid zou het geluidbeleid rondom Schiphol kunnen worden verbeterd door nadrukkelijker dan nu het geval is, aan de vermindering van gezondheidseffecten door geluid te werken [1]. Zoals in deze en andere recente studies is aangegeven, kan dat voor ernstige hinder vanwege geluid van vliegverkeer bijvoorbeeld inhouden dat ook rekening wordt gehouden met de personen die buiten de gehanteerde $48\text{dB(A)} L_{\text{den}}$ geluidcontour wonen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Inspectie voor de Leefomgeving en Transport (ILT) heeft aan het RIVM gevraagd nader te onderzoeken of het stelsel van de criteria voor gelijkwaardigheid (verder aangeduid als gelijkwaardigheidscriteria) voor geluid van vliegverkeer voldoende aansluit bij de huidige berekende en ervaren situatie voor het beschermingsniveau voor de omgeving. Het is de bedoeling dat de gelijkwaardigheidscriteria gebruikt kunnen worden in de (toekomstige) regelgeving voor de geluidbelasting door vliegverkeer in de omgeving van de luchthaven Schiphol. De uitvoerbaarheid en uitlegbaarheid van deze regels is van belang voor het ILT, omdat handhaving van deze regels door ILT wordt uitgevoerd. De Minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft in de Luchtvaartnota 2020 het voornemen aangekondigd om de gelijkwaardigheidscriteria kwantitatief te verankeren in de regelgeving (Luchthavenverkeersbesluit) [2]. De verankering gebeurt op grond van de Wet luchtvaart. Deze wet beoogt onder meer dat de bescherming voor de omgeving van Schiphol minimaal gelijkwaardig is aan de bescherming door het eerste luchthavenverkeersbesluit.

Artikel 8.17 lid 7 Wet luchtvaart:

Elk besluit, volgend op het eerste luchthavenverkeersbesluit, biedt een beschermingsniveau ten aanzien van externe veiligheid, geluidbelasting en lokale luchtverontreiniging, dat voor ieder van deze aspecten, gemiddeld op jaarbasis vastgesteld, per saldo gelijkwaardig is aan of beter is dan het niveau zoals dat geboden werd door het eerste besluit.

De gelijkwaardigheidscriteria maken deel uit van de afspraken die het ministerie van IenW in de loop van de jaren met de stakeholders rond Schiphol heeft gemaakt. Dit rapport richt zich alleen op de criteria voor geluid. Daarnaast vormen de thema's externe veiligheid en lokale luchtkwaliteit onderdeel van die afspraken.

De gelijkwaardigheidscriteria voor geluid gelden voor een bepaald gebied en zijn gebaseerd op een samenhangend geheel van inputgegevens en berekeningsmethodieken. Belangrijke input gegevens zijn geluidcontouren, aantallen en verdeling van woningen rondom de luchthaven (woningenbestand) en Blootstelling-Respons relaties (BR relaties). Uiteindelijk worden de volgende parameters gebruikt om te bepalen of het beschermingsniveau gelijkwaardig is:

- het aantal ernstig slaapverstoorden,
- het aantal ernstig geluidgehinderden,
- het aantal woningen binnen bepaalde geluidcontouren.

Voor het gelijkwaardig beschermingsniveau is van belang dat de maximale waarden voor de parameters over het totale gebied waarvoor de gelijkwaardigheidscriteria gelden, niet worden overschreden. Dit kan

betekenen dat er binnen het gebied locaties zijn met een lage geluidbelasting en andere locaties met een hoge geluidbelasting.

De waarde van deze parameters wordt bepaald door de hierboven benoemde inputgegevens te combineren met berekeningsmethodieken. Door de jaren heen zijn de inputgegevens of achterliggende waarden waarmee deze parameters worden berekend en de berekeningswijze van de parameters gewijzigd. Dit gebeurde bijvoorbeeld door veranderingen in het woningenbestand, aanpassingen van geluidmodellen en door nieuwe inzichten over de relaties tussen de geluidbelasting en hinder of slaapverstoring. Overzichten van deze veranderingen staan in de recent verschenen rapporten Vliegtuiggeluid: Meten, berekenen en beleven van Smetsers et al. paragraaf 'Gelijkwaardige bescherming omgeving Schiphol' en 'Actualisatie gelijkwaardigheidscriteria Schiphol' van To70 en in het 'Handboek Basiskennis vliegtuiggeluid' van Van Deventer [3-5].

In Smetsers et al. staan aanbevelingen om berekende geluidwaarden en gemeten geluid nader tot elkaar te brengen, de betrouwbaarheid van berekende geluidwaarden te verhogen, het beleid er op aan te passen om daarmee het vertrouwen in berekende geluidwaarden te verhogen [3]. De huidige rapportage geeft een nadere uitleg van de wijze waarop de parameters 'aantal ernstig slaapverstoorden', 'aantal ernstig gehinderden' en 'aantallen woningen binnen de betreffende geluidcontouren' worden berekend. Ook geeft deze rapportage inzicht in de mate waarin de waarden voor de parameters aantal slaapverstoorden en aantal ernstig gehinderden in de loop van de tijd zijn gewijzigd doordat mensen de geluidbelasting door vliegtuiggeluid in de loop van de jaren anders zijn gaan ervaren. In het rapport van To70 worden de actualisaties van de gelijkwaardigheidscriteria beschreven. Daarbij wordt ingegaan op de gewijzigde methode voor prognose van het baan gebruik, de nieuwe rekenmethode voor de geluidbelasting en de actualisaties voor de woningsituatie. Het doel daarbij is om de verschillende actualisaties van het beschermingsniveau toe te lichten en vast te leggen.

Het onderzoek naar de parameters is een onderdeel van het ILT-programma Veilig en duurzaam Schiphol en de uitkomsten van het onderzoek zullen worden verwerkt in de Staat van Schiphol.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

Voor de parameters van de gelijkwaardigheidscriteria voor geluid zal in beeld worden gebracht hoe ze zich vanaf de invoering van de criteria in 1990 tot nu hebben ontwikkeld. Concreet hebben we voor deze periode onderzocht:

- Welke geluidmodellen zijn gebruikt in het kader van de gelijkwaardigheidscriteria geluid ?
- Welke woningbestanden zijn gebruikt in het kader van de gelijkwaardigheidscriteria geluid?
- Welke BR-relaties zijn in het kader van de gelijkwaardigheidscriteria gebruikt om het aantal ernstig gehinderden en het aantal ernstig slaapverstoorden te berekenen?

- Sluiten de momenteel gehanteerde gegevens (geluidmodellen, woningbestanden en BR-relaties) aan bij de huidige geluidbelasting, de huidige woningsituatie en de huidige (ervaren) situatie voor geluidhinder en slaapverstoring?

1.3 Leeswijzer

Voordat we de ontwikkeling en veranderingen van de parameters van het stelsel van de gelijkwaardigheidscriteria in beeld brengen, gaan we in hoofdstuk 2 eerst wat dieper in op het stelsel. In hoofdstuk 2 worden het ontstaan en de achtergronden van de gelijkwaardigheidscriteria in beeld gebracht. Het daarop volgende hoofdstuk 3 bestaat uit drie delen. Het eerste deel gaat in op de wijze waarop luchtvaartoperaties en vliegtuiggeluid worden gemodelleerd, de gebruikte geluidcontouren en de ontwikkelingen in de modellering voor vliegtuiggeluid. In het tweede deel staat welke ontwikkelingen in het woningbestand in de omgeving van Schiphol hebben plaatsgevonden. Het derde deel beschrijft de wijze waarop geluidhinder en slaapverstoring worden gemeten en berekend. Daarbij wordt nader ingegaan op blootstelling-respons relaties in het algemeen en op de BR-relaties voor de relatie tussen vliegtuiggeluid en hinder en voor de relatie tussen vliegtuiggeluid en slaapverstoring in het bijzonder. Verhoudingsgewijs is dit deel uitgebreid. Dit is gedaan om de achtergronden van de blootstelling-respons relaties goed weer te kunnen geven. In het afsluitende hoofdstuk 4 worden de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

De hoogte van L_{den} en L_{night} worden in de nationale regelgeving over geluid van vliegtuigen zowel in dB als in dB(A) uitgedrukt. Het zijn in dit verband dezelfde dosismaten. Bij dezelfde getalswaarde gaat het dus ook om dezelfde sterkte van het geluid. In deze rapportage worden beide schrijfwijzen gehanteerd.

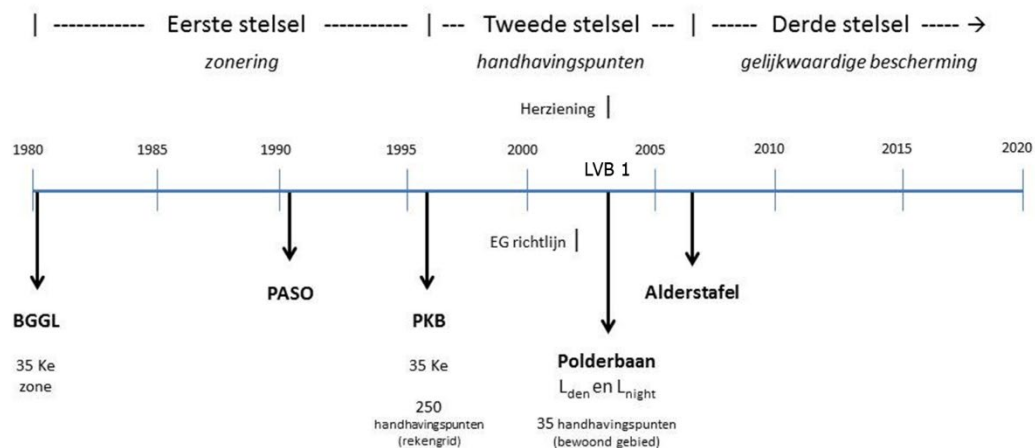
2 Achtergronden van de gelijkwaardigheidscriteria

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de ontwikkelingen in de tijd van de gelijkwaardigheidscriteria voor geluid.

2.2 De regelgeving voor vliegtuigeluid van Schiphol door de tijd

In de loop van de jaren heeft de overheid de hoeveelheid geluid afkomstig van het vliegverkeer die Schiphol gedurende een jaar mag produceren, ook wel aangeduid als de geluidruimte, op verschillende manieren gereguleerd. De grenzen van deze geluidruimte kunnen bijvoorbeeld worden bepaald door de geluidniveaus ruimtelijk vast te leggen in zones, de geluidniveaus in handhavingspunten vast te leggen of door gelijkwaardigheidscriteria op te stellen. Figuur 1 geeft een overzicht van de ontwikkelingen in de opeenvolgende handhavingssystemen vanaf 1980 tot nu. De ontwikkelingen worden in deze paragraaf kort toegelicht.



Figuur 1 Belangrijke gebeurtenissen in de regelgeving rond Schiphol sinds 1980. BGGL: Besluit Geluidsbelasting Grote Luchtvaartterreinen; PASO: Plan van Aanpak Schiphol en omgeving; PKB: Planologische Kernbeslissing Schiphol en Omgeving [3].

Eerste stelsel: zonering

In 1980 werd besloten een systematiek op basis van geluidzonering in te voeren om de geluidbelasting vanwege vliegtuigen te begrenzen. Dit was het eerste stelsel voor de regulering van geluidruimte rond Schiphol en dit stelsel bleef bestaan tot 1995. In het stelsel werd in de regelgeving een grenswaarde vastgelegd van 35 Ke¹. Bij 35 Ke ondervond 25% van de bevolking in een bepaald gebied ernstige hinder. Binnen de 35 Ke-zone werd daarom geen nieuwbouw toegestaan. Woningen binnen de 40 Ke-contour kregen geluidisolatie [3].

¹ Ke staat voor Kosteneenheid. De Ke bevat drie elementen die bijdragen aan de ervaren geluidbelasting buitenshuis, te weten het aantal vliegbewegingen, de maximale hoeveelheid geluid per vliegbeweging en het tijdstip van de dag waarop het vliegtuig overkomt.

Tweede stelsel: handhavingspunten

Op 20 december 1995 werd de Planologische Kernbeslissing Schiphol en Omgeving (PKB) vastgesteld. Deze PKB verving het stelsel met geluidzones door een stelsel met specifieke handhavingspunten. De reden hiervoor was dat de handhaving gebaseerd op geluidzones in de praktijk tot veel discussie leidde. Het nieuwe stelsel ging uit van handhavingspunten rond de zogenaamde 35 Ke-contour. Op de handhavingspunten is vervolgens de maximale geluidbelasting berekend. Daarnaast was in de PKB vastgelegd dat er maximaal 10.000 woningen binnen de berekende 35 Ke-contour mochten zijn. Voor de bepaling van dit woningaantal werd het woningbestand van het jaar 1990 gebruikt. Dit was in lijn met het zogenoemde Plan van Aanpak Schiphol en Omgeving (PASO) van 1991. Het aantal handhavingspunten was oorspronkelijk 250, waarvan veel punten in onbewoond gebied lagen. Het aantal werd uiteindelijk beperkt tot 35 handhavingspunten, vastgelegd in gebieden waar burgers rondom Schiphol wonen.

Sinds 2003 gelden de Wet luchtvaart en het eerste Luchthavenverkeerbesluit (LVB) als het wettelijke kader waarbinnen de luchthaven Schiphol dient te opereren. Het doel van het eerste LVB was om hetzelfde beschermingsniveau te bieden als de toen geldende PKB. Daarom werden de genoemde 35 handhavingspunten overgenomen in het eerste LVB. Voor de handhavingspunten werden daarna maximale waarden berekend voor de geluidbelasting en de resulterende ernstige hinder en ernstige slaapverstoring voor de omwonenden van Schiphol. Om hetzelfde beschermingsniveau als in de PKB te borgen, mochten deze grenswaarden voor de geluidbelasting op de handhavingspunten niet overschreden worden. Een gelijkwaardige bescherming van de omgeving was daarmee het uitgangspunt voor het bepalen van de grenswaarden bij elk handhavingspunt.

Met de inwerkingtreding van de handhavingspunten vervielen de overgangsartikelen in de Wet luchtvaart en daarmee de expliciete verwijzing naar de (criteria voor) gelijkwaardige bescherming in deze artikelen. Wel bleven de gelijkwaardigheidscriteria impliciet van kracht door de wijze waarop het beschermingsniveau is geformuleerd in artikel 8.17, lid 7 van de Wet luchtvaart.

Het stelsel met handhavingspunten had een aantal tekortkomingen. Om die reden wilde men ook dit stelsel vervangen. Een van de tekortkomingen was dat vliegoperaties vaak aangepast moesten worden om binnen de grenzen bij bepaalde handhavingspunten te blijven. De consequentie hiervan was dat soms over woongebieden moest worden gevlogen, omdat er elders te weinig geluidruimte overbleef. Daardoor werd het doel van zo min mogelijk geluidoverlast voor de omgeving veroorzaken niet bereikt [3].

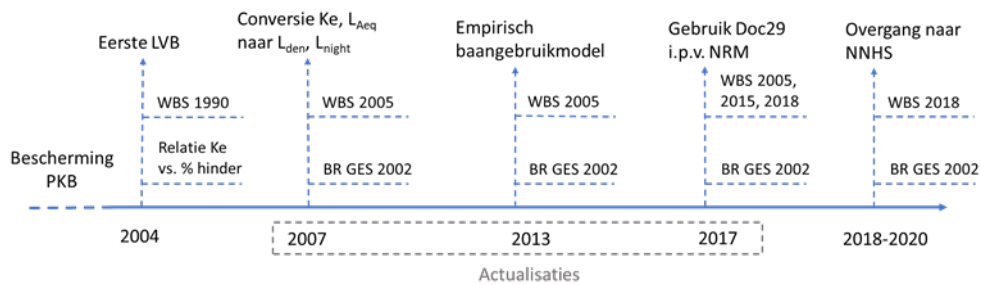
Derde stelsel: gelijkwaardige bescherming

In 2007 werd de Alderstafel (vernoemd naar Hans Alders) ingesteld met onder meer als doel de omgeving en de luchtvaartsector samen een nieuw stelsel te laten bepalen. Het streven hierbij was een 'duurzame' groei van de luchthaven bij een gelijkwaardige of betere bescherming. Het zogenoemde 'geluidpreferent' vliegen nam hierbij een centrale positie in. Bij geluidpreferent vliegen krijgt de combinatie van bepaalde start- en landingsbanen vanuit een geluidsperspectief de voorkeur. Met

de keuze van de geluidpreferente banen kunnen, mits de windrichting en baanbeschikbaarheid dat mogelijk maken, vooral die routes worden gevlogen die zo min mogelijk over dicht bewoonde gebieden lopen. Geluidpreferent vliegen betekent echter niet minder geluidbelasting en hinder voor *alle* omwonenden: gebieden met minder bewoners worden hierbij meer belast en gebieden met veel bewoners minder. Voor sommige bewoners betekent geluidpreferent vliegen dus een hogere geluidbelasting. Deze aanpak past niettemin binnen de Wet luchtvaart, die een 'per saldo' (tenminste) gelijkwaardige bescherming voor het totale gebied vereist. Op deze manier kan operationele groei van het vliegverkeer plaatsvinden, terwijl voldaan wordt aan Europese regelgeving voor het beheer van vliegtuiggeluid [6]. In de praktijk wordt er al een aantal jaren 'geluidpreferent' gevlogen, al geldt formeel nog steeds het stelsel met handhavingpunten. Het stelsel van geluidpreferent vliegen krijgt een formele rol in de handhaving van vliegtuiggeluid zodra het Nieuwe Normen en Handhavingstelsel (NNHS) door middel van een gewijzigd LVB van kracht is. Het ministerie bereidt deze wijziging voor [2].

2.3 Actualisaties van de gelijkwaardigheidscriteria

De gelijkwaardigheidscriteria zijn geactualiseerd in 2007, 2013 en 2017. Zo zijn er bijvoorbeeld een nieuwe methode voor de prognose van het baangebruik en een nieuwe rekenmethode voor de geluidbelasting ingevoerd. Ook zijn woningbestanden geactualiseerd en de actuele woningsituatie [3, 4] verwerkt. In deze paragraaf worden de actualisaties toegelicht.



Figuur 2 Actualisaties van verschillende elementen van de gelijkwaardigheidscriteria in de periode 2004 tot nu. Het gaat om actualisaties van woningbestand (WBS), de blootstelling-respons relatie (BR) voor ernstige hinder en slaapverstoring, methode voor de prognose van het baangebruik en de methode voor de berekening van de geluidsbelasting. Ook zijn enkele externe ontwikkelingen weergegeven zoals de conversie van geluidmaten.

Figuur 2 laat op een tijdslijn alle actualisaties zien die tot op heden zijn uitgevoerd naast de hoofdaanleiding per actualisatie. Tevens wordt per actualisatie het gebruikte woningbestand (WBS) en BR-relatie weergegeven om een indruk te geven van hoe actueel deze parameters bij het uitvoeren van de actualisaties waren.

In Tabel 2 zijn de gelijkwaardigheidscriteria voor geluid uit het eerste LVB opgenomen. Hierbij laten we zien hoe deze parameters zijn geoperationaliseerd: het aantal woningen binnen de 35 Ke-contour en het aantal ernstig gehinderden binnen de 20 Ke-contour. Voor

geluidbelasting 's nachts werden het aantal woningen binnen de 26 dB(A) L_{Aeq} -contour en het aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 20 dB(A) L_{Aeq} -contour als parameters gebruikt. Bij deze parameters zijn maximale waarden (grenswaarden) vastgelegd. Samen vormen deze de gelijkwaardigheidscriteria voor geluid.

Tabel 2 Gelijkwaardigheidscriteria zoals gerapporteerd in het eerste LVB 2004

Parameter	Grenswaarde
Aantal woningen binnen de 35 Ke-contour	10.000
Aantal ernstig gehinderden binnen de 20 Ke-contour	33.500
Aantal woningen binnen de 26 dB(A) L_{Aeq} -contour	6.900
Aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 20 dB(A) L_{Aeq} -contour	23.000

Op basis van de berekende geluidbelasting over de periode van een (gebruiks)jaar kan het aantal woningen binnen de 35 Ke-contour bepaald worden. Door deze gegevens te combineren met BR-relaties kan tevens het aantal ernstig gehinderden binnen de 20 Ke contour bepaald worden en daarmee de grenswaarden getoetst worden. Hiermee wordt het mogelijk om de beschikbare geluidruimte te bepalen. Dit wordt jaarlijks door Schiphol gedaan.

De weergegeven grenswaarden zijn grotendeels overgenomen van de afspraken gemaakt voor de PASO en zijn representatief voor de woningsituatie van 1990. De keuze voor de geluidscontouren van 35 en 20 Ke en 26 en 20 dB(A) L_{Aeq} is o.a. gebaseerd op afspraken tussen de rijksoverheid, de luchtvaartsector en de omgeving, naast de toen geldende inzichten en kennis op het gebied van geluid en gezondheid. De actualisaties, zoals weergegeven in figuur 2, leiden niet tot een fundamentele wijziging van het oorspronkelijke samenhangende geheel van de parameters voor de gelijkwaardigheidscriteria (aantallen woningen, gehinderden en slaapverstoorden) zoals geformuleerd voor het eerste LVB. Maar een actualisatie kan wel leiden tot een update van de grenswaarden. Dat bijvoorbeeld doordat grenswaarden gebaseerd zijn op operationele- of geluidmodellen die verbeterd worden of doordat een meer actueel woningbestand (WBS) wordt gebruikt. Het streven bij alle actualisaties is om de meest recente inzichten te gebruiken.

In 2002 werden de L_{den} en de L_{night} door de EU voorgesteld als de toekomstige Europese dosismaten voor het kaart brengen van de omvang en de effecten van omgevingsgeluid. Tot dan toe gebruikten veel lidstaten hun 'eigen' specifieke maten voor omgevingslawaai. Om handhaving aan de hand van de criteria mogelijk te maken met L_{den} berekeningen, moest een vertaling worden gemaakt naar de nieuwe geluidmaten. De actualisatie in 2007 had het primaire doel om handhaving aan de hand van de criteria (zie ook Tabel 3) mogelijk te maken met L_{den} en L_{night} berekeningen. Daartoe moest een vertaling worden gemaakt van de tot dan toe gebruikte Ke naar de nieuwe geluidmaten L_{den} en L_{night} . Daarnaast was woningbestand van 1990 niet meer representatief voor de woningsituatie van 2007.

In de jaren zeventig is de Kosteneenheid (Ke) gekozen als dosismaat voor het geluid van vliegverkeer. De basis hiervoor waren twee onderzoeken uit het begin van de jaren Zestig. Op basis van de kenmerken van de luchtvaartvloot in die tijd, was de Ke zo gedefinieerd dat deze maat rechtstreeks een schatting opleverde voor de omvang van ernstige geluidhinder (zie ook paragraaf 2.2). Echter, in de jaren negentig bleek dat de waarde van de Ke als dosismaat voor ernstige hinder af was genomen. Waar de Ke werd gebruikt als maat voor geluidsniveaus buitenshuis, werd voor de blootstelling aan geluid tijdens de nacht uitgegaan van de $L_{Aeq-nacht}$, die een indicatie is van de blootstelling binnenshuis in de slaapkamer. Voor de bepaling van de $L_{Aeq,nacht}$ werd het geluidsniveau van een hele vliegtuigbeweging meegenomen. Dit is anders dan bij de Ke: waarbij werd uitgegaan van het maximale geluid niveau van een vliegbeweging,

Onder meer als gevolg van onder meer de aanbevelingen van de EU om de L_{den} en L_{night} toe te gaan passen als dosismaten en de afgenomen waarde van de Ke als dosismaat in relatie tot hinder, werden in 2005 nieuwe BR-relaties gepubliceerd die de relatie beschrijven tussen respectievelijk L_{den} en ernstige hinder, en L_{night} en ernstige slaapverstoring. Deze BR-relaties waren specifiek voor Schiphol. Ze werden in 2007 opgenomen in het instrumentarium van de gelijkwaardigheidscriteria

De grenswaarden voor de in 2007 geactualiseerde parameters en hoe ze zich verhouden tot de grenswaarden uit 2004 zijn in Tabel 3 samengevat.

Tabel 3 Gelijkwaardigheidscriteria van 2004 en 2007: de invloed van conversie van Nederlandse naar Europese geluidmaten en de toepassing van andere BR-relaties en een ander WBS (2005)

Criteria 2004	Grenswaarde 2004	Geactualiseerde Criteria 2007	Grenswaarde 2007
Aantal woningen binnen de 35 Ke-contour	10.000	Aantal woningen binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour	12.300
Aantal ernstig gehinderden binnen de 20 Ke-contour	33.500	Aantal ernstig gehinderden binnen de 48 dB(A) L_{den} -contour	239.500
Aantal woningen binnen de 26 dB(A) L_{Aeq} -contour	6.900	Aantal woningen binnen de 48 dB(A) L_{night} -contour	11.700
Aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 20 dB(A) L_{Aeq} -contour	23.000	Aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 40 dB(A) L_{night} -contour	66.500

Voor de conversie van Ke naar L_{den} bestaan geen overall geldende relaties. De 58 dB(A) L_{den} -contour kwam het dichtst bij de 35 Ke contour qua omvang en vorm, hoewel de lokale verschillen soms groot waren. Uitgaande van onder andere het woningbestand van 2005 werd de grenswaarde binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour vastgesteld op 12.300

woningen; 2.300 meer vergeleken met de 10.000 woningen uit de situatie van 2004. Hetzelfde geldt voor de 48 dB(A) L_{night} -contour die het beste overeenkwam met de 26 dB(A) L_{Aeq} -contour, resulterend in een stijging in het aantal woningen van 6.900 tot 11.700.

Voor het bepalen van het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden in de omgeving van Schiphol, is in 2006 door het kabinet besloten om het gebied waarvoor deze aantallen moesten worden berekend te vergroten door gebruik te maken van ruimere geluidscontouren dan toen werden gehanteerd. Daardoor werd ook de hinder van omwonenden die wat verder weg van de luchthaven woonden meegenomen bij de bepaling van het beschermingsniveau. In plaats van de 52 dB(A) L_{den} -contour, die het meest vergelijkbaar is met de 20 Ke-contour, werd de 48 dB(A) L_{den} -contour gebruikt. Dezelfde redenering werd toegepast voor de nachtelijke blootstelling, waarbij in plaats van de 43 dB(A) L_{night} -contour de 40 dB(A) L_{night} -contour werd gebruikt. Het besluit tot het gebruik van ruimere geluidscontouren leidde uiteindelijk dan ook tot een aanpassing van de criteria: het aantal ernstig gehinderden werd verhoogd van 33,500 naar 239,500, en het aantal ernstig slaapverstoorden werd verhoogd van 23.000 naar 66.500. Het verloop van de geluidcriteria voor gelijkwaardige bescherming tussen 1990 en 2006 is vastgelegd in de Tweede Kamerbrief Evaluatie Schiphol Beleid (ESB 2007) [7].

In 2013 was een actualisatie vereist door de overgang van een *theoretisch* baangebruikmodel naar een *empirisch* baangebruikmodel. Met behulp van een empirisch model, dat uitgaat van het baangebruik in het verleden, kan het toekomstig gebruik van de banen nauwkeuriger worden voorspeld. Bij het berekenen van een contour wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde meteotoeslag. Op die manier wordt rekening gehouden met de jaarlijkse verschillen in weersafhankelijke factoren die de overdracht van het geluid door de atmosfeer beïnvloeden. Vanaf 2013 wordt de meteotoeslag op een andere manier berekend: namelijk gebaseerd op de weersituatie in het verleden met uitsluiting van de jaren met bijzondere weersomstandigheden. De hiervoor gebruikte *theoretische* methode voor het berekenen van de meteotoeslag resulteerde in een overschatting van de invloed van het weer op de berekende geluidcontouren en zou na de actualisatie beter met de werkelijkheid overeenkomen. De overgang van theoretisch naar empirisch baangebruikmodel leidde er toe dat de maximale waarde van het aantal ernstig gehinderden binnen de 48 dB(A) L_{den} -contour met bijna 60.000 naar beneden werd bijgesteld. Bij deze actualisatie zijn geen aanpassingen in het woningbestand of BR-relaties doorgevoerd.

De actualisatie in 2017 had het primaire doel om van het Nederlandse Reken Model (NRM) naar het Europese Doc29-model voor het modelleren van vliegtuiggeluid over te gaan.

Tabel 4 Actualisaties in de gelijkwaardigheidscriteria na 2007 tot op heden

Criteria	Grens- waarde 2007	Grens- waarde 2013	Grens- waarde 2017
Aantal woningen binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour	12.300	12.200	13.600
Aantal ernstig gehinderden binnen de 48 dB(A) L_{den} -contour	239.500	180.000	166.500
Aantal woningen binnen de 48 dB(A) L_{night} -contour	11.700	11.100	14.600
Aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 40 dB(A) L_{night} -contour	66.500	49.500	45.000

Meer toelichting omtrent de actualisaties in de luchtvaartmodellering, de gebruikte woningbestanden, wordt in Hoofdstuk 3 gegeven. Opgemerkt wordt, zie figuur 1, dat de BR-relaties ook bij de actualisatie in 2017 onveranderd zijn gebleven. Paragraaf 3.3 licht toe hoe het gebruik van de relaties uit 2002 zich tot de meest actuele inzichten op gebied van hinder en slaapverstoring verhoudt.

2.4 Gerealiseerde waarden volgens modelberekeningen

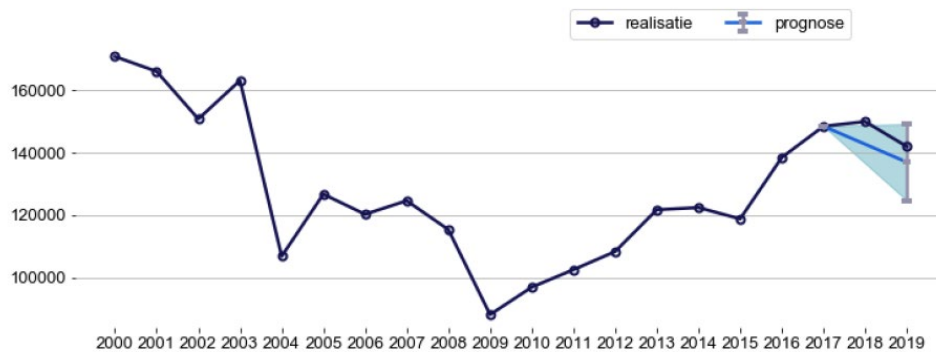


Figuur 3 Ontwikkeling van aantal woningen binnen 58 dB(A) L_{den} -contour volgens berekeningen met NRM (Evaluatie gebruiksprognose Schiphol 2019)

Figuur 3 toont de ontwikkeling van het aantal woningen binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour sinds het jaar 2000, samen met de bandbreedte van het geprognosticeerde aantal woningen binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour voor 2019. Het gaat hierbij om de aantallen die zijn gebaseerd op het gerealiseerde baangebruik bij het daadwerkelijk opgetreden weer in het desbetreffende jaar. Ook is bij het berekenen van de realisatie gebruik gemaakt van de daadwerkelijke vliegbewegingen voor dat jaar, naast de vlootsamenstelling die voor dat jaar gold. De berekeningen zijn uitgevoerd met het NRM, ook rekening houdend met het effect van General Aviation (GA) en maatschappelijk verkeer (bijvoorbeeld politiehelikopters). Omdat nog geen officieel besluit omtrent het gebruik

van de woningsituatie van 2018 is genomen, is bij het berekenen van de gerealiseerde aantallen woningen het WBS van 2005 gebruikt.

Hier kan opgemerkt worden dat de geluidcontouren per jaar sterk fluctueren. Dit komt door het aantal vliegbewegingen, modernisering in de vlootsamenstelling, baangebruik en afhandeling van het verkeer en de geldende weersomstandigheden voor dat jaar.



Figuur 4 Ontwikkeling van aantal ernstig gehinderden binnen 48 dB(A) Lden contour volgens berekeningen met NRM [8]

Figuur 4 laat de ontwikkeling zien van het berekende aantal ernstig gehinderden sinds het jaar 2000 op basis van de daadwerkelijke gegevens van het desbetreffende jaar. Hierbij is sinds 2009 (het jaar van de financiële crisis) een bijna continue stijging in het aantal ernstig gehinderden te zien.

Het feit dat ook de realisatie van de gelijkwaardigheidscriteria voor ernstige hinder deels op berekeningen is gebaseerd betekent dat er altijd verschillen zullen bestaan tussen wat berekend wordt en wat door middel van vragenlijstonderzoeken gemeten wordt. Om zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te komen is het gebruik van actuele woningbestanden en actuele, bij voorkeur luchthaven specifieke BR-relaties essentieel, naast het gebruik van de best beschikbare luchtvaart operationele- en geluidmodellen.

2.5 Gelijkwaardigheidscriteria en wijziging Luchthavenverkeersbesluit

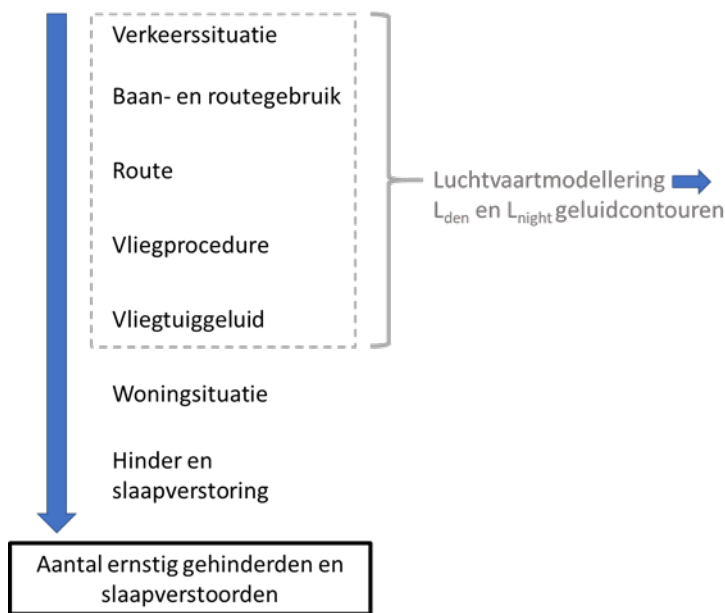
Het ministerie van IenW wil de gelijkwaardigheidscriteria opnemen in de regelgeving door een wijziging van het Luchthavenverkeersbesluit (LVB). Op die manier wil het ministerie invulling geven aan het wettelijk kader, dat staat in art 8.17 lid 7 Wet luchtvaart. Meer achtergrondinformatie over de geschiedenis van de criteria en de actualiseringen in 2007 en 2013 staat in bijlage 7 van het Handboek basiskennis vliegtuiggeluid [5]. Het opnemen van de gelijkwaardigheidscriteria in de vorm van concrete aantallen in de regelgeving betekent onder andere dat de ILT zich zou kunnen richten op een vorm van handhaving van deze regels.

Zoals in de vorige paragraaf beschreven, worden de gelijkwaardigheidscriteria met modellen berekend. Voor een eerlijke

vergelijking met berekende grenswaarden van de gelijkwaardigheidscriteria dienen ook de gerealiseerde aantallen per gebruiksjaar berekend te zijn. Dit houdt in dat het aantal ernstig gehinderden, het aantal ernstig slaapverstoorden en het aantal woningen binnen de betreffende contouren per gebruiksjaar worden berekend en aan de geldende grenswaarden worden getoetst. Het idee is dat de gerealiseerde aantallen in alle gevallen de grenswaarden van de gelijkwaardigheidscriteria niet mogen overschrijden. De gelijkwaardigheidscriteria zijn echter van toepassing in het gebied binnen de 48 dB(A) L_{den} contour en de 40 dB(A) L_{night} contour. Maar op basis van berekeningen is echter bepaald dat de grootste aantallen ernstig gehinderde en slaapverstoorde mensen wonen in het gebied buiten deze contouren [1]. Verder zijn de grenswaarden van de geluidbelasting bij de handhavingspunten bij sommige punten de laatste jaren wel overschreden. De gelijkwaardigheidscriteria zijn, conform de afspraken, toonaangevend voor het luchtvaartbeleid rondom Schiphol. Na het vervallen van de handhavingspunten zal de naleving en handhaving van de gelijkwaardigheidscriteria op grond van het gewijzigde Luchthavenverkeersbesluit van groot belang zijn voor de omgeving van Schiphol.

3 Bepalende factoren gelijkwaardigheidscriteria

De gelijkwaardigheidscriteria zijn het resultaat van een reeks berekeningen die in principe gebruik maken van modellen en gegevens die nauw met elkaar samenhangen. Dit wordt weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Factoren bij het berekenen van geluidsniveaus van vliegverkeer en aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden

De modellen en gegevens kunnen worden onderverdeeld in drie hoofdcategorieën – operationele en geluidmodellering van de luchtvaart (resultierend in geluidbelastingcontouren), gebruik van een woningbestand die de woonsituatie op een bepaald moment in tijd weergeeft en blootstelling-respons relaties die de geluidbelasting aan het percentage ernstig gehinderden en slaapverstoorden relateren. Deze drie aspecten en hun onderlinge samenhang worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

3.1 Modelling van vliegtuigoperaties en vliegtuiggeluid

3.1.1 Achtergrond geluidcontouren

De luchtvaart heeft een positieve invloed gehad op de economische groei en de werkgelegenheid in Nederland en het verbinden van Nederland met Europa en de wijdere wereld. Tegelijkertijd hebben de activiteiten van de luchtvaart negatieve effecten op het milieu, waaronder blootstelling van de omgeving aan een hoog niveau van geluidbelasting. Deze milieueffecten hebben gevolgen voor de welzijn en gezondheid van inwoners. De gelijkwaardigheidscriteria bieden een manier om de gevolgen van vliegverkeer in beeld te brengen, te monitoren en (in de komende jaren) te handhaven. Het in beeld brengen en monitoren gebeurt in een aantal stappen. De eerste stap voor het berekenen van het aantal geluidbelaste woningen, ernstig

gehinderden en ernstig slaapverstoorden is het berekenen van de opgetreden geluidbelasting door vliegverkeer in een gegeven jaar. Het berekenen van de geluidbelasting door vliegverkeer in een gegeven jaar gebeurt ook weer een stapsgewijs. De berekende geluidbelasting is in grote lijnen afhankelijk van vijf luchtvaart gerelateerde parameters, waarvan de meeste worden gemodelleerd. Deze parameters worden hier kort toegelicht. Voor een meer uitvoerige toelichting omtrent deze luchtvaart gerelateerde parameters wordt verwezen naar bekende basisboeken op gebied van luchtvaart (bijvoorbeeld [5]).

- i. *Verkeerssituatie*: Dit betreft het aantal vliegbewegingen, de vlootsamenstelling met inbegrip van alle gebruikte vliegtuigtypes, en de gevolgde dienstregeling voor een gegeven jaar.
- ii. *Baan- en routegebruik*: Hiermee wordt bedoeld de banen en de daarbij behorende routes in voorgeschreven vliegrichtingen die zowel voor landend als voor startend vliegverkeer over de periode van een jaar worden gebruikt. De banen worden veelal in combinaties gebruikt en de wijze waarop ze worden toegepast heeft een directe invloed op de te verwachten geluidbelasting. De keuze van een geschikte baancombinatie wordt o.a. bepaald op basis van de heersende weersomstandigheden zoals de windsnelheid, windrichting en zicht, de herkomst of bestemming van de vlucht, de baancapaciteit, baanbeschikbaarheid (onderhoudsfactoren) en de preferentievolverde volgens het systeem van geluidpreferent vliegen.

De start- en landingsbanen die op een zeker moment in gebruik zijn, bepalen grotendeels welk deel van de omgeving ten gevolge van het vliegverkeer overlast zal ervaren. Om de omvang van hinder te beperken, worden banen ingezet volgens het geluidpreferentieel baangebruikssysteem. Dit systeem geeft voorkeur aan het gebruik van banen zodat de verkeersstromen de meest dichtbevolkte gebieden zoveel mogelijk vermijden.

Naast de preferentievolverde bepalen de weersomstandigheden voor een hoge mate welke banen praktisch ingezet kunnen worden. Voor meer nauwkeurige resultaten kan gebruik gemaakt worden van daadwerkelijke weergegevens voor het betreffende jaar.

De gevlogen route is bijna direct gekoppeld aan de gebruikte baan. Voor landingen gebeurt dit via drie vaste naderingspunten en voor startende vliegtuigen via vijf uitvliegsectoren [9].

- iii. *Route*: Dit is de projectie van het vliegp pad op de grond, ook wel het grondpad genoemd, dat door elk individueel startend en landend vliegtuig in de richting van de uitvliegsectoren of vanaf de vaste naderingspunten wordt afgelegd. De vliegroute kan met behulp van (historische) radargegevens bepaald worden. Als er geen radargegevens van de daadwerkelijk gevlogen routes beschikbaar zijn dan moeten de routes op een theoretische manier bepaald worden. Het gebruik van op historisch gebruik gebaseerde radartracks in de modellering brengt de modellering dichterbij de werkelijkheid en voorkomt grote afwijkingen in de gevlogen en gemodelleerde routes. Dit brengt tevens de

berekende geluidbelasting dichterbij de werkelijke geluidbelasting.

- iv. *Vliegprocedure*: Dit houdt de procedure of voorgeschreven instructies in die door een piloot gevolgd moeten worden om veilig en efficiënt te kunnen stijgen en landen. Ten aanzien van het berekenen van de geluidbelasting resulteert de vliegprocedure in een *vliegprofiel* d.w.z. het verloop van de vlieghoogte als functie van afgelegde afstand. Dit vliegprofiel speelt een belangrijke rol bij het berekenen van de geluidbelasting en moet in het algemeen gemodelleerd worden. Geluidrelevante parameters zoals vliegsnelheid, hoogte, benodigde motorstuwkracht en kleppentoestand worden voor een groot deel door de gevlogen vliegprocedure bepaald.

Standaard vliegprocedures die tegenwoordig worden gevlogen voor starts zijn de Noise Abatement Departure Procedure (NADP) 1 en NADP 2. Naderingen worden gegroepeerd op basis van de vlieghoogte waar vanaf de continue daling naar de landingsbaan begint (de laatste fase van de nadering). Deze daling begint normaliter vanaf een vlieghoogte van 2000 ft (voet) en 3000 ft. Ook wordt tegenwoordig regelmatig gebruik gemaakt van continue dalingen die geen tussensegment met een horizontale vlucht bevatten, de zogenoemde Continuous Descent Approach (CDA).

- v. *Vliegtuiggeluid*: Als het bekend is om welk vliegtuig het gaat, welke route wordt gevolgd en volgens welke vliegprocedure, kan het geluid dat het vliegtuig gedurende een vliegbeweging produceert worden berekend. Het geluid is eerst gemodelleerd bij de bron, d.w.z. het vliegtuig zelf, en is vervolgens gepropageerd naar de ontvanger op de grond. Het geluid bij de bron is berekend voor een combinatie van vliegtuigtype en motortype. Vervolgens kan de voortplanting van het geluid worden bepaald afhankelijk van de afstand van het vliegtuig tot de grond (per locatie van interesse) en de weersomstandigheden gegeven door de luchttemperatuur, luchtdruk en relatieve vochtigheid. Dit proces is eerst uitgevoerd voor individuele vliegbewegingen om *geluidniveaus* per vlucht te berekenen. De individuele geluidniveaus worden daarna opgeteld om tot de totale *geluidbelasting* over het desbetreffende jaar te komen, dat wil zeggen tot de benodigde geluidcontouren.

Vliegtuiggeluidmodellen die in Nederland worden gebruikt zijn het NRM en het voor Europa geharmoniseerde European Civil Aviation Conference (ECAC) Doc29 model [10]. Beide modellen werken op vergelijkbare wijze zoals hierboven beschreven en maken gebruik van een vliegtuigprestatie en geluidemissie database die op gemeten geluidniveaus is gebaseerd. Voor Doc29 wordt de internationale Aircraft Noise and Performance (ANP) database gebruikt die gegevens van meer vliegtuigtypes (o.a. meer moderne vliegtuigtypes) bevat. Ten opzichte van het NRM heeft Doc29 verder een iets uitgebreidere propagatiemodule. Ook is deze methode beter geschikt om nieuwe vliegprocedures (zoals de CDA) te modelleren.

3.1.2 Ontwikkelingen in de modellering van vliegtuigoperaties en vliegtuiggeluid

De gelijkwaardigheidscriteria zijn, zoals in Hoofdstuk 2 is beschreven, sinds het eerste LVB drie keer officieel geactualiseerd. Bij vrijwel alle actualisaties is een verbeterde modellering van luchtvaartaspecten met betrekking tot vliegtuigoperaties en geluid de hoofdaanleiding voor de actualisatie geweest. In Tabel 5 zijn de ontwikkelingen in de luchtvaart gerelateerde parameters sinds het eerste LVB tot het heden samengevat.

Tabel 5 Ontwikkelingen in de luchtvaartmodellering van 2004 tot op heden

Aspect	LVB 2004	Actualisatie 2007	Actualisatie 2013	Actualisatie 2017
Verkeerssituatie	Dienstregeling en vloot-samenstelling 2005	Dienstregeling en vloot-samenstelling 2005	Dienstregeling en vloot-samenstelling 2005	Dienstregeling en vloot-samenstelling 2005
Baan- en routegebruik	Theoretisch model	Theoretisch model	Empirisch model	Hybride model
Routemodellering	Theoretische routes	Radartracks, hybride model	Radartracks, hybride model	Radartracks, hybride model
Vliegprocedure-modellering	Naderingshoogte 2000ft, 3000ft, NADP1 startprocedure	Naderingshoogte 2000ft, 3000ft, NADP1 startprocedure	Naderingshoogte 2000ft, 3000ft, NADP1 startprocedure	Naderingshoogte 2000ft, 3000ft, CDA's ; NADP1, NADP2 startprocedure
Vliegtuiggeluid-modellering	NRM	NRM	NRM	Doc29

- Het eerste LVB is op de verkeerssituatie van 2004-2005 gebaseerd. Dit waren rond 400.000 vliegbewegingen (vergeleken met bijna 500.000 bewegingen in 2019), uitgevoerd met een in het algemeen veel oudere vloot in vergelijking met 2019. Doordat het streven bij alle actualisaties is om zoveel mogelijk bij de situatie van het eerste LVB aan te sluiten, is de verkeerssituatie bij alle actualisaties in principe onveranderd gebleven. Baan- en routegebruik, routemodellering, vliegprocedure-modellering en vliegtuiggeluid-modellering zijn wel aangepast. Naast het handelsverkeer is de invloed van niet-handelsverkeer (General Aviation, GA) geschat door een opschaling van het commerciële verkeer met 2,5%, hetgeen in 2005 uitkwam tot 10.000 GA vluchten.
- Het baan- en routegebruik is in 2004 op een theoretisch model gebaseerd dat gebruik maakte van o.a. theoretische windlimieten en baanbeschikbaarheid. De meteotoeslag op het baangebruik, waarmee rekening kan worden gehouden met jaarlijkse variaties in het weer, werd hierbij ook met een theoretische, puur op natuurkundige principes gestoelde, formule berekend. Het baangebruikmodel is in 2013 geactualiseerd tot een empirisch model dat een voorspelling van het baangebruik op basis van historisch baangebruik deed en bijna twintig procent nauwkeuriger was dan het eerdere theoretisch model.

Een empirisch model kan echter alleen dat voorspellen hetgeen al in het verleden plaats heeft gevonden. Voor bijzondere omstandigheden, zoals afwijkende operaties of onverwachte onbeschikbaarheid van een baan, is echter nog steeds een theoretische manier van voorspellen vereist. Deze constatering leidde in 2017 tot een tweede actualisatie in het baangebruikmodel, met een overgang naar een hybride model.

- De routemodellering, net zoals de modellering van het baangebruik, is voor het eerste LVB op een theoretisch model gebaseerd. Bij de eerste actualisatie in 2007 is het gebruik van theoretische routes (deels) vervangen door het gebruik van werkelijk gevlogen routes. De in de praktijk gevlogen routes werden hierbij waar mogelijk uit radargegevens gehaald en brachten de modellering een stap dichterbij de werkelijkheid.
- De te volgen stappen van een vliegprocedure zijn door internationale regels bepaald maar toch kunnen er in de praktijk grote verschillen ontstaan tussen het ideale verloop van een vliegprocedure en het werkelijke verloop. De modellering gaat in het algemeen uit van een ideaal vliegprofiel en een poging is gedaan om, gebaseerd op de daadwerkelijke routes, ook de werkelijk gevlogen vliegprofielen bij een gegeven luchthaven af te leiden. Deze aanpak wordt ook bij Schiphol gevolgd en waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van vliegprofielen die per vliegtuigklasse en gekozen route daadwerkelijk worden gevolgd.

In 2004 waren naderingen met een horizontaal segment op 2000 ft en 3000 ft uitgevoerd en voor starts was voornamelijk gebruik gemaakt van de NADP 1 startprocedure. Bij de actualisatie in 2017 is een nieuwe naderingsprocedure aan de modellering toegevoegd – de continue daling, CDA. Voor starts is dan ook de mogelijkheid toegevoegd om volgens de meer recente NADP 2 startprocedure te kunnen starten.

- Het toegepaste vliegtuiggeluidmodel is één keer geactualiseerd. In 2017 is het NRM vervangen door het Doc29 model.

3.1.3

Observaties

Het bepalen van de geluidbelasting als gevolg van het opgetreden vliegverkeer over een gegeven jaar is een complex proces dat afhankelijk is van een aantal variabelen die in de praktijk niet eenvoudig te voorspellen zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om de weersomstandigheden, beschikbaarheid van banen, het vlieggedrag van piloten en afwijkende instructies van de luchtverkeersleiding om een veilige vliegsituatie in het luchtruim te behouden. Daardoor is het gebruik van gegevens om de operatie en geluidproductie van elke vliegbeweging te modelleren onvermijdelijk. Een positieve ontwikkeling bij het berekenen van gerealiseerde aantallen is de toepassing van daadwerkelijk gevlogen routes (en waar mogelijk passende vliegprofielen), daadwerkelijke weersomstandigheden en echte verkeerssituatie voor het desbetreffende jaar. Dit leidt tot een betere weergave van de daadwerkelijke geluidsituatie die waarschijnlijk beter overeenkomt met de werkelijke situatie. Verschillen tussen de gemodelleerde situatie en de werkelijke situatie zullen niettemin blijven, door de complexiteit van het proces.

Sinds het eerste LVB zijn de gehanteerde modellen voor vliegoperaties en vliegtuiggeluid regelmatig geactualiseerd. Deze zijn tot op heden de primaire aanleiding geweest voor een actualisatie van de gelijkwaardigheidscriteria, inclusief de grenswaarden. Door deze regelmatig uitgevoerde actualisaties zijn de huidige gebruikte modellen voor baan- en routegebruik, gevlogen route en vliegtuiggeluid representatief voor de huidige stand van de techniek. Het gebruik van Doc29 is op Europees niveau vereist en biedt in algemene zin een verbetering ten opzichte van het NRM, resulterend in nauwkeurigere resultaten voor een groter aantal vliegtuigtypes en vliegprocedures. Het gebruik van Doc29 betekent ook dat aanpassingen in dit model op Europees niveau zullen worden doorgevoerd. Deze aanpassingen kunnen vervolgens opnieuw aanleiding geven voor toekomstige actualisaties in de gelijkwaardigheidscriteria.

3.2 Woningbestand

3.2.1 Achtergrond

Zoals beschreven in Hoofdstuk 2 speelt het woningbestand, representatief voor de woningsituatie voor een bepaald jaar, een belangrijke rol bij het gebruik van de gelijkwaardigheidscriteria. Het aantal woningen binnen een contour wordt berekend door het desbetreffende woningbestand te combineren met de berekende geluidscontouren. De woningsituatie verandert logischerwijs in de loop van de tijd doordat er op bepaalde plekken nieuwe woningen gebouwd en er tegelijkertijd op andere plekken woningen worden gesloopt. Omdat het woningbestand, samen met de geluidscontouren en BR-relaties, belangrijk is voor de berekening van het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden, kan een ander woningbestand leiden tot andere aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden.

Een verandering van de woningsituatie binnen de geluidcontour, doordat er bijvoorbeeld woningen zijn bijgebouwd, betekent in algemene zin een overeenkomstige groei in het aantal woningen en een groei van het aantal gehinderde en slaapverstoorde mensen binnen de geluidcontour ten gevolge van het vliegverkeer. Het gebruik van een verouderd woningbestand kan daarom leiden tot een ander aantal woningen dan het werkelijke aantal binnen de contour.

Het Rijk heeft daarom in samenspraak met de luchtvaartsector en de betreffende gemeenten en provincies, een scheiding aangebracht in de verantwoordelijkheden tussen de luchtvaartsector en de regionale overheden [11]. Dit betekent dat als er nieuwe woningen in de omgeving van Schiphol worden gebouwd en daardoor het aantal ernstig gehinderden bijvoorbeeld toeneemt, dit niet leidt tot extra kosten voor de luchtvaartsector. Dit houdt tevens in dat als de ontwikkelingen in de woningsituatie een actualisatie van het woningbestand vereisen, de grenswaarden van de gelijkwaardigheidscriteria op basis van het nieuwe woningbestand opnieuw moeten worden vastgesteld. Als door deze actualisatie het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden verandert, dan dienen in het licht van bovenstaande, de grenswaarden dienovereenkomstig aangepast te worden. Door deze scheiding in verantwoordelijkheden wordt het gebruik van de actuele woningsituatie mogelijk terwijl de luchtvaartsector niet wordt aangesproken op de groei van het aantal woningen binnen de contouren.

3.2.2 Ontwikkelingen van de woningbestanden

Zoals in figuur 2 is te zien, zijn de gelijkwaardigheidscriteria met betrekking tot de woningsituatie één keer (in 2007) geactualiseerd. Bij de actualisatie in 2017 zijn ook de woningsituaties voor 2015 en 2018 geanalyseerd. Daartoe is begin 2018 de actualisatie van 2017 uitgebreid met de woningsituatie van 2018. Er is nog geen besluit genomen over het gebruik van de meer actuele woningsituatie van 2018 bij het toetsen van de gerealiseerde aantallen aan de grenswaarden voor gelijkwaardige bescherming. De huidige aantallen zijn hierdoor nog steeds gebaseerd op de woningsituatie van 2005. Naar verwachting zal dit besluit in de nabije toekomst worden genomen, resulterend in een overgang naar de woningsituatie van 2018 en wellicht een meer actueel bestand.

Tabel 6 laat het verschil in de grenswaarden zien voor het geval dat meer actuele woningbestanden bij het bepalen van de criteria zouden worden toegepast [4]. De huidige grenswaarden zijn in de kolom 'Grenswaarde WBS 2005' weergegeven en zijn het resultaat van de in 2017 uitgevoerde actualisatie (zie Tabel 4).

Tabel 6 Grenswaarden voor de gelijkwaardigheidscriteria voor woningsituaties van 2005, 2015 en 2018 [4]

Criteria	Grenswaarde WBS 2005	Grenswaarde WBS 2015	Grenswaarde WBS 2018
Aantal woningen binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour	13.600	14.000	12.000
Aantal ernstig gehinderden binnen de 48 dB(A) L_{den} -contour	166.500	180.000	186.000
Aantal woningen binnen de 48 dB(A) L_{night} -contour	14.600	14.800	12.800
Aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 40 dB(A) L_{night} -contour	45.000	48.500	50.000

Zoals eerder vermeld, is het te verwachten dat de woningsituatie in de loop der jaren zal veranderen. Sinds 2005 is het aantal woningen en inwoners in de omgeving van Schiphol door o.a. nieuwbouw toegenomen. Tegelijkertijd zijn er echter ook woningen gesloopt, vooral in gebieden met een hoge geluidbelasting (>58 dB(A) L_{den} en >48 dB(A) L_{night}). Deze aspecten spelen een rol bij het verklaren van de verschillen in de grenswaarden die in Tabel 5 op te merken zijn.

Vanwege de opgelegde bouwbeperkingen in het gebied in de nabije omgeving van de luchthaven zijn er meer woningen verder weg van de luchthaven bijgebouwd dan dichterbij de luchthaven. Daardoor is het aantal ernstig gehinderden toegenomen in die gebieden iets verder weg van de luchthaven. Binnen de 58 dB(A) L_{den} -contour is voor de woningsituatie van 2018 echter een reductie te zien in het aantal

woningen. Deze reductie lijkt op het eerste gezicht contra-intuïtief te zijn. Deze daling van 2.000 ernstig belaste woningen is toe te schrijven aan een aangepaste definitie van unieke adressen. Na de aanpassing van de wet Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG) in 2013 worden onzelfstandige woningen, zoals kamers in studentenhuizen, niet meer als individuele woningen beschouwd. Hierdoor krijgen ze geen individuele huisnummers. Het gevolg van deze aanpassing was vooral te zien in woonwijken waar veel studenten wonen, zoals Uilenstede in Amstelveen. 2.412 onzelfstandige studentenkamers in Uilenstede werden na deze aanpassing als 242 woningen samengeteld. Dit heeft grotendeels tot de reductie in het aantal toegestane woningen binnen de 58 dB(A) contour geleid van 14.000 in 2015 naar 12.000 woningen in 2018.

Het aantal ernstig gehinderden binnen de 48 dB(A) L_{den} -contour wordt tussen 2005 en 2018 met 19.500 verhoogd door het toepassen van een actueler woningbestand. Voor de nachtperiode is er door aanpassing van het woningbestand tussen 2005 en 2018 een verhoging met 5000 ernstig slaapverstoorden binnen de 40 dB(A) L_{night} -contour.

3.2.3 *Observaties*

Tot nog toe hanteert men het woningbestand uit het jaar 2005 bij het bepalen van de woningaantallen en aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden binnen de 58 en 48 dB(A) L_{den} contouren. Naast het feit dat ernstig gehinderden en slaapverstoorden ook buiten genoemde contouren voorkomen is de woningsituatie te veel gewijzigd om uit te blijven gaan van een relatief oud woningbestand.

3.3 **Blootstelling-Respons relaties**

3.3.1 *Achtergrond BR-relaties*

In deze paragraaf leggen we uit

- Dat hinder en slaapverstoring belangrijke gezondheidseffecten zijn die kunnen optreden ten gevolge van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer;
- Dat je de mate van hinder en slaapverstoring kunt meten met behulp van een (internationaal) gestandaardiseerde vraag;
- Dat je het aantal (ernstig) gehinderden en (ernstig) slaapverstoorden rondom een luchthaven kunt berekenen met behulp van blootstelling-respons relaties
- Dat blootstellings-respons relaties in de tijd kunnen wijzigen, bijvoorbeeld vanwege een veranderende houding ten opzichte van luchthavens en luchtverkeer
- Dat er verschillen zijn tussen blootstellings-respons relaties wereldwijd of zelfs regionaal en dat deze worden veroorzaakt door methodologische verschillen tussen studies en door zgn. niet-akoestische factoren.

Geluid en gezondheid

De blootstelling aan omgevingsgeluid kan tot uiteenlopende effecten op de gezondheid leiden die onderling verschillen in ernst en klinische relevantie. In de loop der tijd worden verschillende soorten effecten onderscheiden [12]:

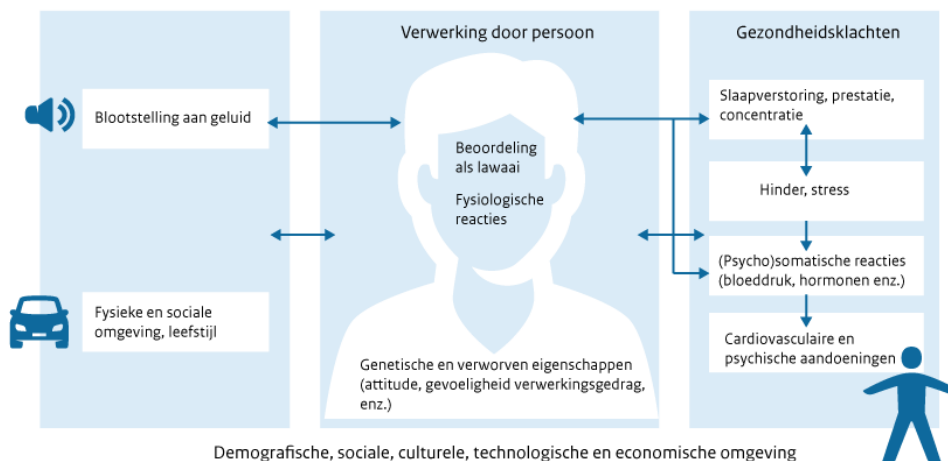
- gedragsresponsen zoals coping strategieën en klachten,
- "sociale" responsen zoals hinder of slaapverstoring,

- acute fysiologische responsen (bijv. ontwaak reacties),
- cognitieve responsen zoals bijvoorbeeld effecten op leerprestaties van kinderen,
- chronische fysiologische responsen (bijv. hypertensie, verandering in body mass index (BMI)), en
- klinische morbiditeit zoals cardiovasculaire en/of metabole ziekten en gehoorverlies.

Niet voor al deze effecten is de bewijskracht voor een relatie met de blootstelling aan geluid even sterk [13].

De negatieve invloed van geluid op onze gezondheid kan grotendeels worden verklaard door stress: op de eerste plaats kan geluid lichamelijke stress veroorzaken. Bij lichamelijke stress wordt het lichaam in staat van paraatheid gebracht door het autonome zenuwstelsel ((nor-)adrenaline komt vrij). Daardoor neemt de hartslag toe en stijgt de bloeddruk, worden spieren aangespannen, en wordt de ademhaling versneld. Ook zal de productie van cortisol toenemen, waardoor de bloeddrukspiegel zal stijgen en de stofwisseling versneld wordt. Normaalgesproken is dit een heel normale en gezonde lichamelijke reactie. Immers, het helpt om beter te presteren. Echter, als deze situatie te lang duurt of heel vaak voorkomt, dan heeft het lichaam geen tijd om te herstellen. Dan kunnen er klachten en aandoeningen ontstaan. Bovendien, bij ongezonde stress ontstaat vaak ook een ander gedrag. De blootstelling aan geluid kan daarnaast ook psychische stress veroorzaken: als iemand zich maar vaak en lang genoeg ergert/stoort aan geluiden dan is dat ook schadelijk voor de gezondheid. Met andere woorden: gezondheidseffecten kunnen ook het gevolg zijn van de perceptie van het geluid. Hoe geluid en gezondheid samenhangen wordt getoond in figuur 6. Meer en diepere achtergronden over hoe geluid en gezondheid met elkaar samenhangen zijn ook terug te lezen in Eriksson et al. [14].

Model voor de relatie tussen geluid en gezondheid



Bron: Gezondheidsraad, 1999; bewerkt door het RIVM

Figuur 6: Model voor de relatie tussen geluid en gezondheid [15].

Hinder

Een van de belangrijkste gezondheidseffecten die optreden ten gevolge van de blootstelling aan omgevingsgeluid is hinder. Dit blijkt onder meer uit een inventarisatie onder 68 internationale geluidsexperts, van wie meer dan de helft aangaf hinder als het voornaamste effect van geluid te zien [16]. Uit recente ziektelastberekeningen voor geluid blijkt bovendien dat hinder het meest voorkomende effect van geluid is [1].

Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is "(geluid)hinder een verzamelterm voor allerlei negatieve gevoelens zoals ergernis, ontevredenheid, boosheid, teleurstelling, zich teruggetrokken voelen, hulpeloosheid, neerslachtigheid, ongerustheid, verwarring, het zich uitgeput voelen en agitatie" [12].

De mate waarin mensen hinder (bijvoorbeeld door geluid van vliegtuigen) ervaren, kan goed worden gemeten. Namelijk door ze dat te vragen. Binnen de EU wordt (geluid)hinder dan ook omschreven als "de mate van hinder door omgevingslawaaï, zoals bepaald door middel van veldonderzoek" [17]. Hinder wordt dan ook vaak gemeten door middel van vragenlijsten. Daarin wordt hinder vaak gemeten door middel van een internationaal gestandaardiseerde vraag [18]. De vraag verwijst per geluidbron naar de ervaren mate van hinder in de thuissituatie gedurende de afgelopen 12 maanden. De hinder wordt bepaald door respondenten op een schaal van 0 tot 10 aan te laten geven in welke mate zij zich gehinderd voelen. Respondenten die een hoge score invullen worden aangemerkt als 'erg gehinderd' of 'ernstig gehinderd'. In het kader van de Nederlandse luchtvaart wordt doorgaans over ernstig gehinderden gesproken.

Slaapverstoring

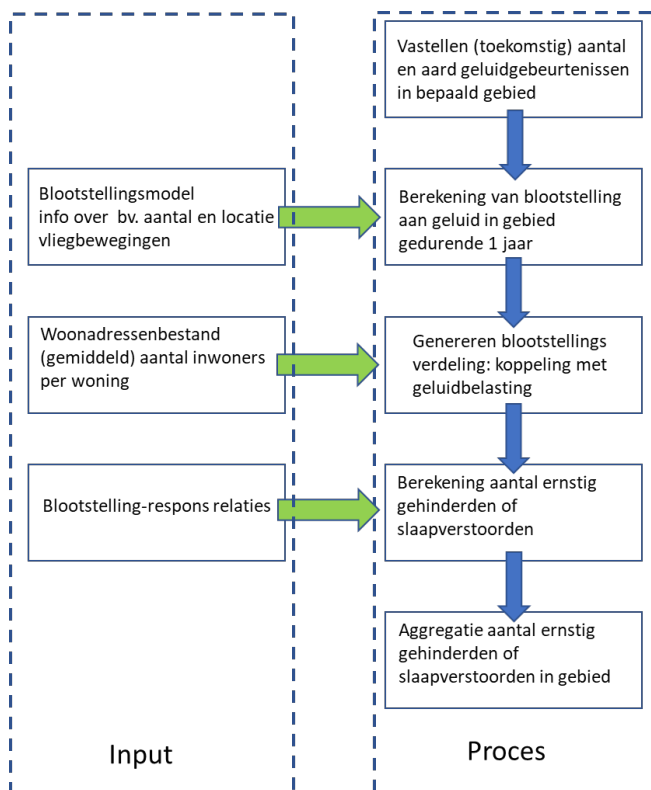
In de loop der jaren zijn er verschillende reviews gepubliceerd waaruit blijkt dat geluid van invloed is op onze slaap [19] [20, 21]. Effecten kunnen zich op verschillende manieren manifesteren: in het slaapgedrag (men ontwaakt eerder, vaker of langer), in de structuur van de slaap (veranderingen in de duur van de slaapstadia), als lichamelijke reacties (bv verandering in de hartslag), of als effecten in de periode na de slaap [22]. In de loop der tijd zijn er verschillende effecten gemeten in relatie tot geluid. Slaapverstoring is een term die vaak wordt gebruikt als het gaat om het aanduiden van het effect van de blootstelling aan nachtelijk geluid. En volgens de WHO [23] is het bovendien van grote invloed op gezondheid en welzijn.

De (ervaren hinderlijkheid van) slaapverstoring wordt vaak gemeten als onderdeel van een vragenlijst. Daarin wordt gevraagd naar de frequentie en/of mate van slaapverstoring van de afgelopen periode [24]. Echter, tijdens de nacht zijn mensen zich vaak niet bewust van zichzelf of hun omgeving. Het proces van inslapen en de periodes dat men wakker is tijdens de nacht dragen daarom disproportioneel bij aan de inschatting van de frequentie en/of mate van slaapverstoring. Daarom worden als onderdeel van een vragenlijst vaak ook verschillende indicatoren van slaapverstoring en/of zelf-gerapporteerde slaapkwaliteit gemeten: bv ontwaken of 's nachts wakker worden, of moeite met in slaap vallen, verstoring van de nachtrust. Desondanks, wordt zelf-gerapporteerde slaapverstoring beschouwd een goede

weergave van de invloed van het geluid op de slaap zoals die voor langere tijd wordt ervaren door een persoon. Hierbij is de precieze vraagstelling belangrijk; immers verschillende vraagstellingen leiden tot verschillende definiëringen van ervaren slaapverstoring: ervaren ernstige slaapverstoring door nachtelijk geluid of ernstige hinder door nachtelijk geluid [23].

De berekening van hinder en slaapverstoring

De hinder en slaapverstoring waarover in de verschillende luchtvaartrapportages wordt geschreven, is niet altijd gemeten door middel van veldonderzoek. Het is namelijk niet altijd mogelijk om een veldonderzoek te doen, bijvoorbeeld bij het maken van prognoses of bij het vergelijken van scenario's. In die gevallen moet worden uitgegaan van de 'berekende hinder' of 'berekende slaapverstoring'. Dit is ook het geval bij de vastgestelde aantallen ernstige hinder en ernstige slaapverstoring bij de gelijkwaardigheidscriteria. Om het aantal ernstig gehinderden of ernstig slaapverstoorden te berekenen, moeten een aantal stappen worden doorlopen. Deze worden weergegeven in figuur 7 (verdieping van figuur 5).



Figuur 7 Stappen en benodigheden bij de berekening van het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden in een gebied (ontleend aan: [3]).

In figuur 7 is aangegeven dat BR-relaties belangrijke ingrediënten zijn om het aantal ernstig gehinderden of ernstig slaapverstoorden te kunnen berekenen. Een BR-relatie beschrijft welk aandeel van de mensen bij een bepaalde geluidbelasting 'gemiddeld genomen' ernstig gehinderd of ernstig slaapverstoord is.

Blootstelling-respons relaties (BR-relaties)

BR-relaties beschrijven de relatie tussen de blootstelling aan bepaalde niveaus of concentraties van een omgevingsfactor (in dit geval geluid) en de kans op een respons (bijv. hinder of slaapverstoring). Ze kunnen worden afgeleid door:

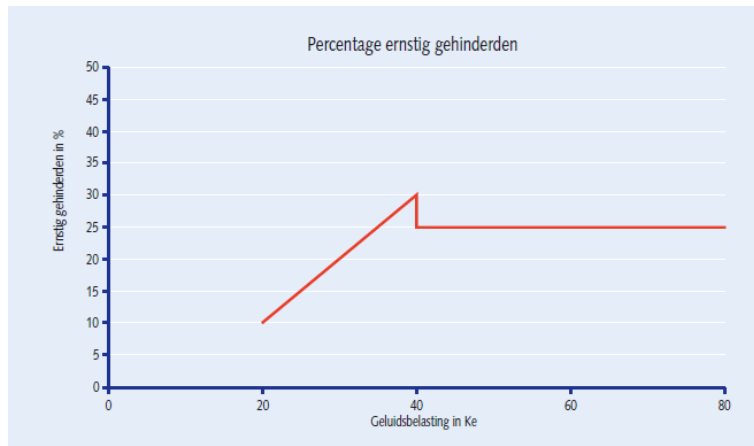
- a) de mate van geluidhinder of slaapverstoring die de deelnemers in een enkele studie rapporteerden te koppelen aan de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den} of L_{night}) op hun woonadres,
- b) de resultaten van verschillende studies waarin de relatie tussen geluid en respectievelijk de mate van hinder of slaapverstoring is onderzocht met elkaar te combineren (ook wel aangeduid als een meta-analyse), of
- c) de mate van geluidhinder of slaapverstoring die deelnemers van meerdere studies hebben gerapporteerd te koppelen aan de jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den} of L_{night}) (ook wel aangeduid als data-pooling).

Tot nog toe zijn er verschillende pogingen geweest om BR-relaties af te leiden die de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer en het percentage (ernstige) hinder of (ernstige) slaapverstoring weergeven: internationaal, nationaal en regionaal.

3.3.2. *Ontwikkelingen BR-relaties*

3.3.2.1. *BR-relaties die de relatie beschrijven tussen geluid van vliegverkeer en hinder*

In de loop van de jaren zijn er rondom verschillende Nederlandse luchthavens van nationaal belang, diverse vragenlijstonderzoeken uitgevoerd; ook rondom de luchthaven Schiphol (zoals bijv. [25, 26]). Zoals al is gebleken uit figuur 2, is er in de periode 1990 en 2006 een *andere* BR-relatie toegepast om het aantal mensen dat als ernstig gehinderd wordt aangemerkt vast te stellen voor de gelijkwaardigheidscriteria, dan in de periode vanaf 2006 tot nu. Het gaat om een BR-relatie die is gebaseerd op onderzoek uitgevoerd in de eerst helft van de jaren '60 door de Adviescommissie Geluidhinder door Vliegtuigen. Deze commissie stond onder leiding van professor Kosten en werd in 1961 opgericht. In die tijd werd hinder op een andere manier gemeten dan dat we dat tegenwoordig doen: er werd gebruik gemaakt van de zogenaamde Bitter-index of Gemiddelde Relatieve Hinderscore (GRHS). Deze index was destijds speciaal ontwikkeld in relatie tot vliegtuiggeluid, in samenwerking met de commissie Kosten [27]. De GRHS wordt berekend uit scores op een aantal vragen. Deze vragen hebben betrekking op verstoring van activiteiten (lezen, luisteren naar de radio etc.) en andere specifieke ervaringen zoals schrikken of de waarneming dat het huis trilt. De numerieke waarde van de Bitter-index komt overeen met de numerieke waarde van de geluidbelasting B , in Kosten-eenheden (Ke). Deze geluidsmaat voor vliegverkeer was destijds samengesteld uit onder andere het jaarlijks aantal vluchten met maximaal geluidniveau van meer dan 65 dB(A), een maximaal geluidniveau gedurende een vliegtuigpassage en een gewichtsfactor voor het tijdstip van de dag.

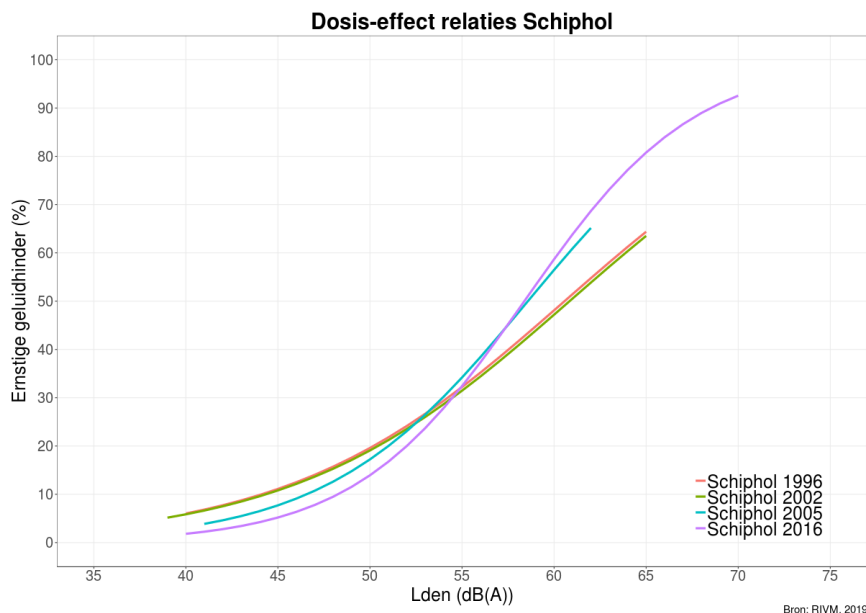


Figuur 8. De relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer (uitgedrukt in Ke) en het percentage ernstige hinder afgeleid door de Commissie Kosten (bron: [28]).

Net als de Ke, wordt de Bitter-index tegenwoordig niet of nauwelijks meer gebruikt om hinder te meten: op een gegeven moment is de index in onbruik geraakt door de grotere nadruk die er vooral om praktische redenen wordt gelegd op de zogenaamde 'niet-specifieke' hinder.

In 1996 werd in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) een vragenlijstonderzoek uitgevoerd onder 11.812 personen van 18 jaar en ouder die in een straal van 25 kilometer rondom de luchthaven Schiphol woonden. Daartoe werd een steekproef getrokken, waarbij werd gestratificeerd op geluidbelasting en afstand tot de luchthaven. De mate van hinder door geluid van vliegtuigen werd gemeten met behulp van de volgende vraag: "Hoe hinderlijk of niet hinderlijk vindt u bij u thuis het geluid van vliegtuigen?". Antwoorden konden worden gegeven op een schaal van 0 (helemaal niet hinderlijk) tot 10 (heel erg hinderlijk) [29]. In 2002 en 2005 zijn er in het kader van GES twee nieuwe vragenlijstonderzoeken uitgevoerd [30]. Deze waren qua opzet vergelijkbaar met het onderzoek dat in 1996 is uitgevoerd. Aan het onderzoek van 2002 deden uiteindelijk 5.873 personen mee (respons 46%); in 2005 deden er 6.091 personen (respons 49%) mee. Op basis van de data die in 1996, 2002 en 2005 zijn verzameld, zijn BR-relaties afgeleid.

In 2019 is er op basis van data die zijn verzameld met behulp van de GGD-gezondheidsmonitor 2016 (let op: dit is een landelijk onderzoek) een BR-relatie afgeleid specifiek voor Schiphol (zie ook Breugelmans et al. 2019 voor verdere details [26]). De BR-relaties afgeleid als onderdeel van GES en met behulp van data van de GGD-Gezondheidsmonitor uit 2016, worden weergegeven in figuur 9.



Figuur 9 Het verloop in de tijd van de BR-relaties rond de luchthaven Schiphol (periode 1996-2016) (Bron: [26]).

Figuur 9 laat zien dat de BR-relaties uit 1996 en 2002 vrijwel gelijk zijn en onderling uitwisselbaar. De BR-relatie uit 2005 laat een shift zien, waarbij het percentage ernstige hinder toeneemt bij een geluidbelasting boven 55 dB L_{den} en afneemt bij lagere geluidbelastingen. Dit is vergelijkbaar met de BR-relatie op basis van de GGD-Gezondheidsmonitor 2016. Hoewel de onderzoeksmethodieken verschillen, vertonen de BR-relaties uit 2005 en 2016 hetzelfde patroon.

De "Schiphol-2002"-relatie [30] is sinds 2006 in gebruik als de systematiek om het aantal mensen dat als ernstig gehinderd wordt aangemerkt vast te stellen binnen de 48 dB(A) L_{den} -geluidcontour. De trend die uit figuur 9 naar voren komt, suggereert echter dat deze BR-relatie uit 2002 de hindersituatie rond Schiphol niet meer adequaat in beeld brengt. Bij MER-berekeningen bij een geluidbelasting tussen 48 en 55 dB(A) L_{den} treedt mogelijk een overschatting op, terwijl bij geluidbelastingen van meer dan 55 dB(A) L_{den} , de hindersituatie wordt onderschat.

Correctie van BR-relatie GES-2002

In 2017 werd voorgesteld de GES-relatie uit 2002 te corrigeren in verband met de overgang van NRM naar Doc29 (zie ook hoofdstuk 2). Immers, t.b.v. van het GES-onderzoek in 2002 was de blootstelling van de deelnemers geschat met behulp van het NRM. Wanneer de blootstelling van de deelnemers destijds was vastgesteld met Doc29, zouden ze dus aan een andere geluidbelasting zijn toegewezen. De resulterende BR-relatie zou er dan waarschijnlijk iets anders hebben uitgezien. In 2017 kwamen het NLR en To70 daarom met een voorstel de formule van de BR-relatie iets aan te passen [31]. Volgens het RIVM [32], was het voorstel van NLR en To70 een goede weergave van de invloed die de overgang naar Doc29 heeft op de verandering van de BR-relatie voor geluidhinder. Wel werden door het RIVM een aantal

kanttekeningen geplaatst: De oorspronkelijke BR-relatie opgesteld als onderdeel van GES 2002 is uitgevoerd onder deelnemers die blootstonden aan geluidniveaus in de range van 39 – 65 dB (L_{den}). De BR-relatie is dan ook op die range gebaseerd. Het RIVM raadde dan ook aan om de nodige voorzichtigheid in acht te nemen bij toepassing van de BR-relatie buiten deze range.

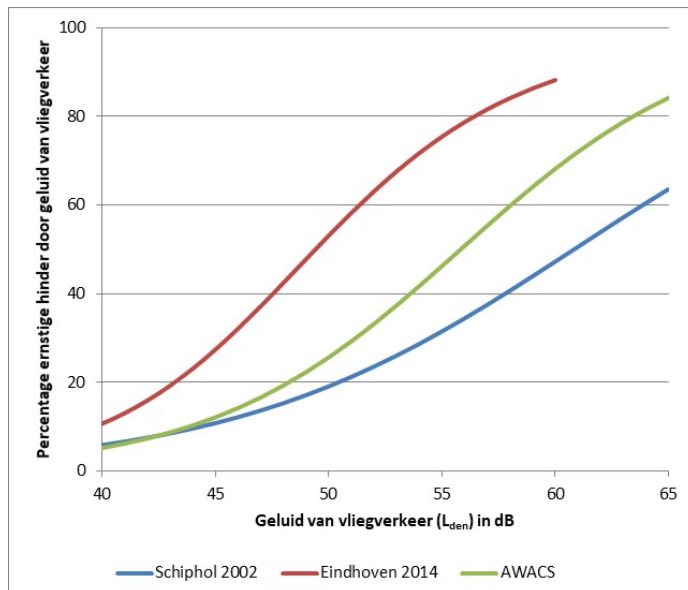
De overgang van NRM naar Doc29 leidt ook tot een verschuiving van de geluidcontouren. Het is goed dat men zich realiseert dat deze verschuiving een groter effect heeft op het aantal ernstig gehinderden dan de voorgestelde correctie van de BR-relatie. Bovendien is er bij de correctie geen rekening gehouden met eventuele verschuivingen in hinderbeleving.

Tabel 7 Aantal ernstig gehinderden bij verschillende combinaties van geluidsmodel (NRM of Doc29), BR-relaties (originele GES-2002 relatie of de gekalibreerde GES-2002 relatie) en verschillende gebieden (omsloten door 48 dB(A) L_{den} contour van NRM of 48 L_{den} contour van Doc29) (ref: [31]).

Gebied	48 dB(A) L_{den} contour NRM			48 dB(A) L_{den} contour Doc29
Model en BR-relatie	NRM + NRM-BR-relatie	Doc29 _ NRM-BR-relatie	Doc29 + gekalibreerde BR-relatie	Doc29 + gekalibreerde BR-relatie
GJ 2004	106415	104412 (-1,9%)	106457 (+0,0%)	95649 (-10,1%)
GJ 2005	126253	124014 (-1,8%)	126666 (+0,3%)	115967 (-8,1%)
GJ 2006	119966	117065 (-2,4%)	119491 (-0,4%)	107784 (-10,2%)

*Afkortingen: GJ = gebruiksjaar

BR-relaties gebaseerd op onderzoeken rondom Nederlandse luchthavens
 Ook rondom andere Nederlandse luchthavens zijn diverse onderzoeken uitgevoerd. Beschrijvingen daarvan en de onderliggende onderzoeken zijn terug te vinden in Breugelmans et al [26] [25]. Belangrijk om te weten is dat er nogal wat verschillen zijn tussen de verschillende BR-relaties. Dat blijkt ook uit figuur 10 waarin een aantal van deze luchthaven-specifieke BR-relaties worden weergegeven. De figuur laat zien dat de gemeten ernstige hinder in relatie tot geluidbelasting voor verschillende luchthavens uiteen kan lopen. Bijvoorbeeld, bij een geluidbelasting van 55 dB(A) L_{den} is gemiddeld 30% van de omwonenden in de omgeving van Schiphol ernstig gehinderd, terwijl bij dezelfde geluidbelasting in de omgeving van de NAVO vliegbasis Geilenkirchen, van waaruit met zogenaamde AWACS vliegtuigen wordt gevlogen, bijna 55% van de omwonenden ernstig is gehinderd.



Figuur 10 De relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder door geluid (L_{den}) van vliegverkeer rondom drie Nederlandse luchthavens van nationale betekenis (Bron: Van Kempen in press [33]).

BR-relaties gebaseerd op nationale onderzoeken

In de loop van de tijd zijn er verschillende nationale onderzoeken uitgevoerd waarbij hinder door geluid van vliegverkeer is gemeten. De bekendste zijn de Inventarisatie Verstoringen [34] [35] (tegenwoordig ook wel bekend als de onderzoeken Beleving woonomgeving) en de GGD-Gezondheidsmonitor [36].

Alleen de gegevens verzameld met behulp van de GGD-Gezondheidsmonitor 2016 werden tot nog toe geschikt geacht om een BR-relatie af te leiden voor de associatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder die van toepassing is op geheel Nederland. Zoals in een recente rapportage van Breugelmans et al. [26] is te lezen, zijn de data van de GGD-gezondheidsmonitor 2016 minder geschikt om luchthaven specifieke BR-relaties af te leiden tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder. Dat komt onder meer omdat het aantal deelnemers aan de GGD-gezondheidsmonitor rondom specifieke luchthavens niet groot genoeg is om een betrouwbare BR-relatie af te leiden. Daarnaast is de hindervraag in de GGD-Gezondheidsmonitor 2016 alleen voorgelegd aan deelnemers van 18-64 jaar. Breugelmans et al [26] hebben de data van de GGD-Gezondheidsmonitor 2016 daarom uiteindelijk alleen gebruikt om BR-relaties af te leiden specifiek voor de luchthaven Schiphol en de luchthaven van Eindhoven. Ter vergelijking: aan het onderzoek dat in 2002 in het kader van GES was uitgevoerd deden personen mee van 18 jaar en ouder.

Vanwege de in deze paragraaf genoemde beperkingen, is besloten om voor de GGD-Gezondheidsmonitor 2020 de hindervraag ook voor te leggen aan deelnemers van 65 jaar en ouder. Ook zijn de steekproeven rondom luchthavens van nationaal belang opgehoogd, zodat er wel voldoende deelnemers rondom deze luchthavens beschikbaar zijn om een luchthaven-specifieke BR-relatie af te leiden. De eerste resultaten

van de GGD-Gezondheidsmonitor 2020 worden in het najaar van 2021 verwacht.

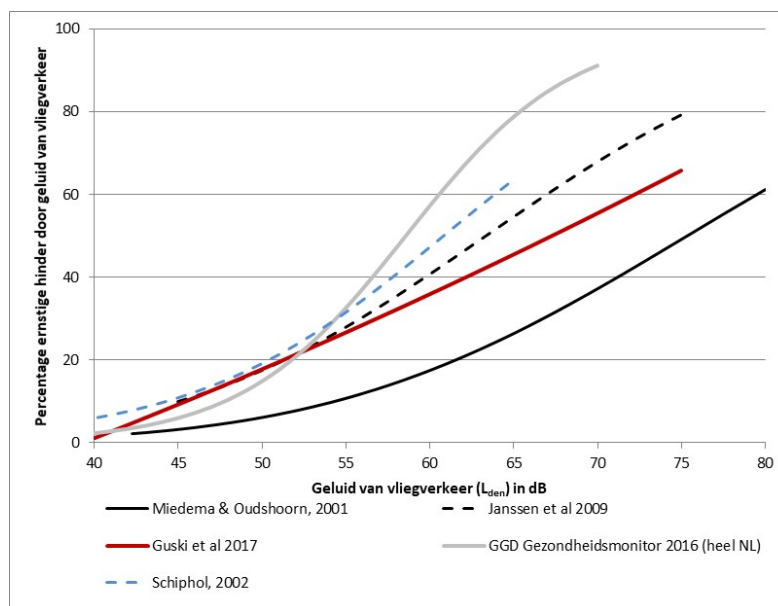
BR-relaties gebaseerd op onderzoeken uit verschillende landen

In het verleden zijn er verschillende pogingen geweest om op basis van internationale onderzoeken, BR-relaties af te leiden die de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer en het percentage (ernstige) hinder weergeven. In 1998 hebben Miedema en Vos [37] voor het eerst bron-specifieke BR-relaties gerapporteerd voor de associatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer (uitgedrukt in L_{den}) en (ernstige) hinder. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van de deelnemers aan een groot aantal vragenlijstonderzoeken die in Europa, Noord-Amerika, en Australië zijn uitgevoerd in de periode 1965-1994. De BR-relatie tussen geluid van vliegverkeer en (ernstige) hinder was gebaseerd op de gegevens van twintig onderzoeken (34.214 deelnemers). In 2001 werd een vernieuwde versie van gepresenteerd [38]. Daarbij werden meer geavanceerde statistische modellen gebruikt en werd de blootstelling aan geluid uitgedrukt in L_{den} . De update voor de relatie voor vliegverkeer was ditmaal gebaseerd op negentien onderzoeken (27.081 datapunten). De afgeleide relatie werd in formulevorm (ook wel aangeduid als polynomen) gepresenteerd, waarbij het percentage ernstige hinder bij 42 dB(A) L_{den} door nul werd geforceerd. In 2002 werd in het kader van de EU-richtlijn Omgevingslawaai aanbevolen om de BR-relatie van Miedema & Oudshoorn (2001) te gebruiken bij de bepaling van het aantal (ernstig) gehinderde personen in relatie tot de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Zoals figuur 11 laat zien, ligt de BR-relatie die is afgeleid door Miedema en Oudshoorn lager dan de GES-2002 relatie. Dat wil zeggen dat bij gelijke geluidsniveaus de kans op ernstige hinder door vliegverkeer volgens de GES-2002 hoger is dan volgens de BR-relatie afgeleid door Miedema en Oudshoorn. Voor de berekening van de omvang van ernstige hinder betekent dit dat, bij een gelijke blootstellingsverdeling, het aantal ernstig gehinderden met behulp van de GES-2002 relatie hoger ligt dan het aantal berekend met behulp van de BR-relatie afgeleid door Miedema en Oudshoorn.

Verschillende onderzoekers suggereerden dat de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder in de loop van de tijd "steiler" is geworden [39] [40] [41]. Met andere woorden: er werd in recentere onderzoeken meer ernstige hinder gemeten bij gelijke geluidsniveaus. De voor de EU-richtlijn aanbevolen relatie van Miedema & Oudshoorn zou bovendien niet de meest recente onderzoeken bevatten. In 2009 is er daarom door Janssen en Vos een nieuwe BR-relatie² afgeleid die de associatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder beschrijft [42]. Deze relatie is gebaseerd op zeven onderzoeken die zijn gepubliceerd in de periode 1996-2005. De onderzoeken waren uitgevoerd rond luchthavens in Nederland, Duitsland en Zwitserland. Het aantal deelnemers varieerde van 154 tot 11.143 personen. De nieuwe afgeleide BR-relatie was geldig in de geluidrange 45-75 dB(A) L_{den} . Zoals figuur 11 laat zien, is de BR-relatie die is afgeleid door Janssen en Vos redelijk vergelijkbaar met de GES-2002 relatie.

² In tegenstelling tot de GES-2002 relatie is deze nieuwe BR-relatie is niet specifiek afgeleid voor de situatie rondom Schiphol. Daardoor is de BR-relatie van Janssen en Vos wel een verbetering t.o.v. de BR-relatie van Miedema en Oudshoorn, maar is het geen verbetering t.o.v. de GES-2002 relatie.

De meest recente BR-relatie die de associatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder beschrijft is afgeleid als onderdeel van een "evidence review" over hinder die is uitgevoerd door Guski et al [43]. Guski et al hebben voor hun review vijftien dwarsdoorsnede-onderzoeken geïncludeerd en beoordeeld die de relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder hebben onderzocht. De onderzoeken waren uitgevoerd in de periode 2001-2014. Er waren elf onderzoeken uitgevoerd rondom luchthavens in Europa; de overige vier onderzoeken waren uitgevoerd in Vietnam en Japan. Het aantal deelnemers aan de onderzoeken varieerde van 291 tot 5.873 personen. Helaas beschikten de onderzoekers, in tegenstelling tot Miedema [37] en Janssen [42], niet over de gegevens op individueel niveau. Daarom hebben Guski et al [43] op basis van de gegevens van twaalf van de vijftien geselecteerde onderzoeken (17.094 deelnemers) door middel van een meta-analyse een BR-relatie afgeleid voor de associatie tussen geluid van vliegverkeer en het percentage ernstige hinder. Het resultaat is gepresenteerd met behulp van een polynoom. De door Guski et al [43] afgeleide BR-relatie is door de WHO als input gebruikt voor de richtlijnen voor omgevingslawaai die in 2018 zijn gepubliceerd [13]. Overigens adviseert de WHO om zoveel mogelijk gebruik te maken van lokale data, wanneer het gaat om het schatten van het aantal (ernstig) gehinderden in een bepaald gebied.



Figuur 11 De relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder afgeleid op basis van internationale en nationale data ([36, 38, 42, 43]).

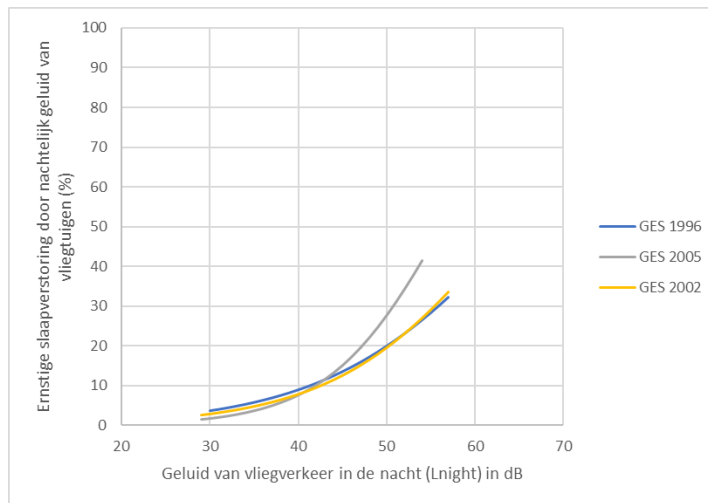
3.3.2.2. Blootstelling-respons relaties die de relatie beschrijven tussen nachtelijk geluid van vliegverkeer en slaapverstoring BR-relaties luchthaven Schiphol

Om het aantal ernstig slaapverstoorden te bepalen in het kader van gelijkwaardigheidscriteria, is in de periode 1990 en 2006 een BR-relatie toegepast die in het AMER staat beschreven [44]. Deze BR-relatie, die ook wel bekend staat als de PKB-relatie, geeft het verband weer tussen de geluidbelasting in L_{Aeq} en het percentage mensen dat vaak bij slapen wordt verstoord. De L_{Aeq} heeft betrekking op de periode tussen 23:00 en

6:00 uur. Verder is het goed om te weten dat het om een *binnen* niveau gaat (in de slaapkamer). Bij deze relatie is aangenomen dat bij een geluidsblootstelling boven 26 dB ($L_{Aeq23-6, \text{ binnenwaarde}}$) geen verdere toename optreedt in het percentage slaapverstoorden, vanwege de geluidsisolatie van woningen in dit gebied. Onder de 20 dB ($L_{Aeq23-6, \text{ binnenwaarde}}$) wordt de relatie tussen geluidbelasting en slaapverstoring niet weergegeven omdat dit blootstellingsgebied niet relevant is voor de beschrijving van het aantal ernstig slaapverstoorden binnen de 20 dB(A) nachtcontour.

Volgens Houthuijs et al [45] is de PKB-relatie in 1994 afgeleid uit gegevens van vragenlijstonderzoeken uitgevoerd in Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk en Nederland [46]. Op basis van deze onderzoeken is de relatie bepaald tussen nachtelijk vliegtuiggeluid en slaapverstoring. De blootstelling aan vliegtuiggeluid tussen 23 en 7 uur (buitenwaarde) werd bepaald in een blootstellingsgebied van 20 tot 60 dB(A). Bij gebrek aan een relatie met $L_{Aeq23-06\text{uur}}$ (binnenwaarde) is de relatie vertaald van een nachtperiode van 23 tot 7 uur naar een nachtperiode van 23 tot 6 uur door een correctie van 2 dB(A) toe te passen. Ook is rekening gehouden met geluidwering. Ten slotte is de naamgeving van "ernstige slaapverstoring" veranderd in "vaak bij slapen verstoord".

Als onderdeel van de drie vragenlijstonderzoeken die zijn uitgevoerd in het kader van GES is ook slaapverstoring gemeten. In 1996 is slaapverstoring door nachtelijk geluid van vliegverkeer met de volgende vraag gemeten: "In welke mate wordt u slaap verstoord door het geluid van vliegtuigen?". Antwoorden konden worden gegeven op een schaal van 0 (helemaal niet verstoord) tot 10 (heel erg verstoord). Aan het begin van het blok met vragen waar deze vraag deel van uitmaakt, wordt aangegeven dat steeds om de ervaring over de afgelopen 12 maanden gaat [29]. In 2002 en 2005 zijn dezelfde vragen gebruikt [47] [30]. Net als voor hinder zijn ook nu weer BR-relaties afgeleid, die de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer tijdens de nacht (L_{night}) en het percentage ernstige slaapverstoring beschrijven. Deze worden weergegeven in onderstaande figuur 12. De figuur laat zien dat de BR-relaties uit 1996 en 2002 vrijwel gelijk zijn en onderling uitwisselbaar. De BR-relatie uit 2005 laat een shift zien, waarbij het percentage ernstige slaapverstoring toeneemt bij een geluidbelasting vanaf $\sim 45\text{dB } L_{\text{night}}$. De "GES-2002"-relatie is sinds de actualisatie in 2007 in gebruik als de systematiek om het aantal mensen dat als ernstig slaapverstoord wordt aangemerkt vast te stellen binnen de 40 dB(A) L_{night} -geluidcontour.



Figuur 12. Het verloop in de tijd van de BR-relaties rond de luchthaven Schiphol (periode 1996-2005).

Net als bij hinder, stelden NLR en To70 bij de invoering van Doc29 de formule van de BR-relatie iets aan te passen [31]. Volgens het RIVM [32] was het voorstel van NLR en To70 een goede weergave van de invloed die de overgang naar Doc29 heeft op de verandering van de BR-relatie voor slaapverstoring. Immers op een bepaalde locatie wordt een andere waarde voor de geluidbelasting berekend vanwege de toepassing van een ander model. De ervaren hinder op die locatie blijft echter gelijk. Wel plaatste het RIVM een aantal kanttekeningen bij het voorstel, vergelijkbaar met die voor hinder.

BR-relaties gebaseerd op studies uit andere landen

Tot nog toe zijn er verschillende pogingen geweest om BR-relaties af te leiden door de resultaten van studies uit verschillende landen met elkaar te combineren. In 2004 hebben Miedema en Vos [48] een BR-relatie afgeleid voor de associatie tussen nachtelijk geluid van vliegverkeer (L_{night}) en (ernstige) slaapverstoring. Deze BR-relatie was gebaseerd op data afkomstig van in totaal acht onderzoeken die waren uitgevoerd in de periode 1967 tot 2004. In datzelfde jaar, werd door de European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects (WGHSEA) [49] voorgesteld om de door Miedema & Vos [48] afgeleide BR-relatie voor nachtelijk geluid van vliegverkeer en (ernstige) slaapverstoring, aan te bevelen om in het kader van de EU-richtlijn Omgevingslawaai het aantal (ernstig) slaapverstoorde personen te bepalen. Net als bij hinder, werd de BR-relatie voor slaapverstoring in formule-vorm (polynomen) gepresenteerd.

In 2007 presenteerden Miedema en Vos een vernieuwde BR-relatie voor de blootstelling aan nachtelijk geluid van vliegverkeer [50]. Daarbij werden dezelfde technieken gehanteerd zoals gebruikt bij Miedema en Oudshoorn [38]. In tegenstelling tot in 2004, was de BR-relatie voor nachtelijk geluid van vliegverkeer ditmaal gebaseerd op data van 9.982 personen afkomstig van 8 onderzoeken.

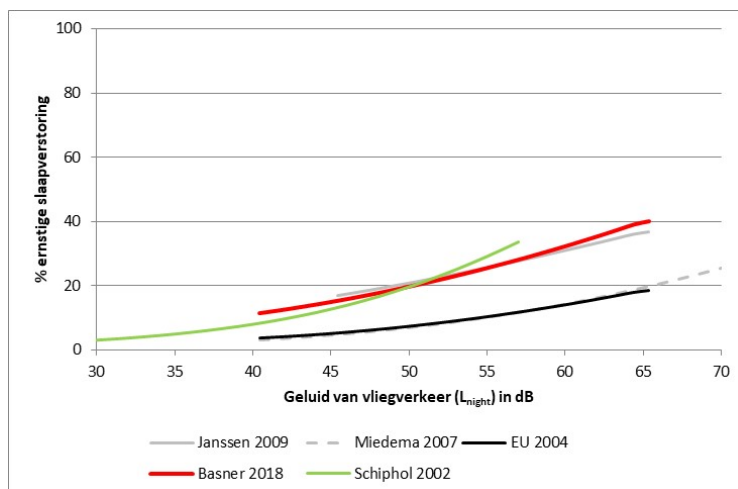
In 2009 werd de BR-relatie voor de nachtelijke blootstelling aan geluid van vliegverkeer door Janssen en Vos vernieuwd. Deze BR-relatie was gebaseerd op twaalf onderzoeken die zijn gepubliceerd in de periode 1967-2005. De onderzoeken waren uitgevoerd rond luchthavens in

Nederland, Duitsland en Zwitserland. Het aantal deelnemers varieerde van 264 tot 3.961 personen. De nieuwe afgeleide BR-relatie was geldig in de geluidrange 45-65 dB (L_{night}).

Recent is als onderdeel van de WHO "evidence review" over de effecten op de slaap ook een BR-relatie afgeleid voor de langdurige blootstelling aan nachtelijk geluid van vliegverkeer (L_{night}) en ernstige slaapverstoring [21]. De nieuwe BR-relatie is afgeleid door de resultaten van verschillende onderzoeken te combineren in een meta-analyse. Voor deze meta-analyse werden acht onderzoeken (gepubliceerd in de periode 2009 – 2015) geselecteerd die de relatie tussen de blootstelling aan nachtelijk geluid afkomstig van vliegverkeer onderzochten in relatie tot zelf-gerapporteerde slaapkwaliteit. Daarbij werden alleen die onderzoeken geselecteerd die een of meer van de volgende drie eindpunten onderzochten:

- Ontwaken ('s nachts wakker worden) in de periode nadat een persoon (in de avond) in slaap is gevallen en voordat iemand (in de ochtend) weer wakker wordt;
- Moeite met in slaap vallen; of
- Slaap verstoring verwijzend naar interne/externe verstoringen van het begin van de slaap dan wel tijdens het slapen.

Het aantal deelnemers varieerde van 195 tot 2.309 personen. De geluidsniveaus over de verschillende onderzoeken varieerden van 37,5 tot 62,5 dB (L_{night}). Om een BR-relatie voor ernstige slaapverstoring af te leiden, hebben de onderzoekers besloten om de resultaten van zes onderzoeken te combineren waarin slaapverstoring werd vastgesteld door vragen over moeilijkheden met inslapen, of wakker worden, of verstoring van de slaap. Respondenten die waren blootgesteld aan geluidsniveaus lager dan 45 dB L_{night} werden niet meegenomen in de analyses. Volgens de onderzoekers waren de geluidsniveaus lager dan 45 dB L_{night} op minder accurate wijze vastgesteld.



Figuur 13 Overzicht van de bestaande internationale relaties tussen nachtelijk geluid van vliegverkeer (L_{night}) en het percentage ernstige slaapverstoring.

Uit figuur 13 blijkt dat de BR-relaties op een aantal punten van elkaar verschillen: de hoogte van ernstige slaapverstoring en de geluidrange waarop de BR-relaties van toepassing zijn.

3.3.2.3. *Bespreking: verschillen tussen de BR-relaties*

De BR-relaties die zijn gepresenteerd in figuur 9 tot en met figuur 13 verschillen op punten van elkaar. Ook in de review van Guski et al [43] over hinder, kwamen grote verschillen tussen luchthavens naar voren. Dit geeft volgens Smetsers et al [3] aan dat een BR-relatie die is afgeleid uit onderzoek in de omgeving van een luchthaven niet representatief hoeft te zijn voor de situatie rond een andere luchthaven. Ook het gebruik van een BR-relatie die de onderzoeken rond verschillende luchthavens samenvat (zoals door Miedema & Oudshoorn in 2001 is gedaan of door Guski in 2018), kan berekende hinder- of slaapverstoringpercentages opleveren die niet representatief zijn voor de omgeving van een luchthaven. Naast verschillen tussen luchthavens kan de mate van hinder en slaapverstoring ook in de loop van de tijd veranderen.

In Smetsers et al [3] en Breugelmans et al [25] worden een aantal oorzaken van verschillen tussen luchthavens op een rij gezet. Daarbij onderscheid gemaakt tussen a) methodologische verschillen, en b) verschillen veroorzaakt door demografische, persoonsgebonden, sociale en contextuele, en situationele kenmerken (ook wel aangeduid als de zgn. niet-akoestische factoren).

Methodologische verschillen

Methodologische verschillen hebben te maken met hoe de studie waarin de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer en de mate van hinder of slaapverstoring wordt uitgevoerd. Dus: op welke manier wordt de steekproef getrokken, hoe zijn hinder en/of slaapverstoring gemeten, het deelname percentage (vaak aangeduid als de response rate), hoe is de blootstelling geschat. Welke invloed dergelijke methodologische factoren kunnen hebben op de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder of slaapverstoring laten Guski et al [43] en Basner en McGuire [21] zien in hun reviews. Eerder al hebben Van Kempen en Van Kamp [40] en Janssen et al [41] hier onderzoek naar gedaan.

Vershillen veroorzaakt door zgn. niet-akoestische factoren

Geluidhinder ontstaat in de eerste plaats omdat mensen worden blootgesteld aan geluid. Er zijn verschillende kenmerken van het geluid (ook wel aangeduid als de akoestische factoren) die van belang zijn in relatie tot hoe men het geluid ervaart. Voorbeelden zijn: de frequentie van het geluid, het aantal events. Daarnaast zijn er ook factoren die niets met het fysieke geluid te maken hebben, die de mate van hinder kunnen beïnvloeden. Dat komt omdat de ervaring van geluid niet alleen door het geluid zelf, maar ook door allerlei andere factoren wordt bepaald. Het gaat hierbij onder andere om de houding ten opzicht van diegene die het geluid produceert, verwachtingen, geluidgevoeligheid. In de praktijk worden deze factoren vaak aangeduid als "niet-akoestische factoren". Ze omvatten een groot aantal aspecten en worden vaak onderverdeeld in persoonsgebonden factoren, sociale en contextuele factoren, situationele factoren en demografische factoren. In verschillende RIVM-rapporten wordt een overzicht gegeven van de

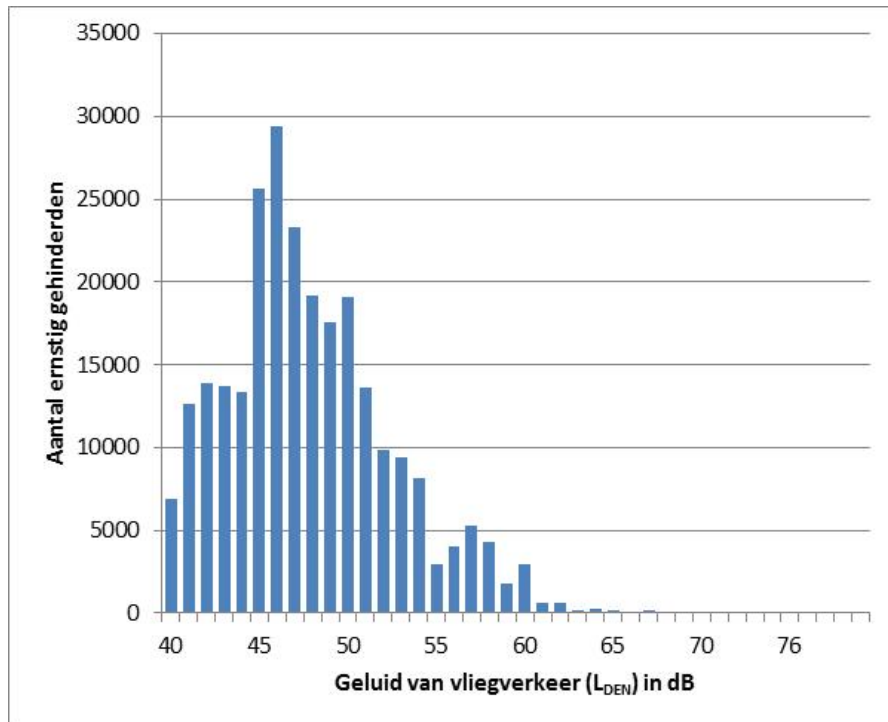
belangrijkste niet-akoestische factoren en hun invloed op de BR-relatie tussen geluid van (vlieg)verkeer en hinder [3, 51, 52]. Uit deze overzichten blijkt bovendien dat niet-akoestische factoren onderling soms sterk kunnen samenhangen. Voor beleid betekent dit dat het ook belangrijk is om rekening te houden met niet-akoestische factoren die een minder grote invloed hebben op hinder en/of die nauwelijks of in mindere mate zijn te beïnvloeden. Ook is gebleken dat niet alle niet-akoestische factoren rond luchthavens even belangrijk zijn. Momenteel is echter niet bekend welke niet-akoestische factoren rondom de verschillende Nederlandse luchthavens er bovenuit steken. Ondanks de belangrijke rol die we toeschrijven aan niet-akoestische factoren, is het opvallend dat niet-akoestische factoren (nog steeds niet) systematisch en op een gestandaardiseerde wijze worden gemeten/in beeld worden gebracht.

De verschillende BR-relaties die zijn gepresenteerd in deze rapportage houden geen rekening met de invloed van niet-akoestische factoren; ook de GES-2002 relaties niet. Met andere woorden: in de statistische analyse is bij het afleiden van de BR-relatie geen rekening gehouden met eventuele vertekening door niet-akoestische factoren. Wanneer dit wel het geval was geweest, had dit consequenties gehad voor het gebruik van de BR-relaties bij het berekenen van het aantal ernstig gehinderden of slaapverstoorden. Stel: een BR-relatie houdt rekening met factoren als geluid-gevoeligheid of verwachtingen. Bij toepassing van deze BR-relatie moet dan rekening gehouden moeten worden met de verdeling van geluid-gevoeligheid en verwachtingen over de bevolking wonende in het gebied waarvoor de omvang van ernstige hinder of slaapverstoring wordt bepaald: immers een geluidgevoelig persoon heeft bij een bepaald geluidniveau een andere kans op hinder dan een persoon die niet-geluidgevoelig is. Vaak is deze informatie echter niet voorhanden.

3.3.3. *Observaties*

BR-relaties en de gelijkwaardigheidscriteria

Door een BR-relatie te combineren met de verdeling van de bevolking over de verschillende blootstellingsniveaus kan worden geschat/berekend hoeveel mensen negatieve effecten door geluid ondervinden. Wanneer je deze aantallen uitsplitst naar decibel-niveau, kan ook inzicht worden verkregen bij welke geluidniveaus het probleem zich voordoet. Dit is bijvoorbeeld gedaan voor de Nederlandse situatie als onderdeel van het recent verschenen rapport naar aanleiding van de motie Schonis [1]. In deze rapportage werd het aantal mensen in Nederland dat ernstige hinder ondervindt door geluid van vliegverkeer geschat op gemiddeld ruim 259.000. In figuur 14 is per 1 dB de omvang van het aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer weergegeven.



Figuur 14. Verdeling van het totaal geschat aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer in Nederland (Bron: [1])

Uit figuur 14 blijkt dat de omvang van het aantal ernstig gehinderden door geluid van vliegverkeer in Nederland vooral worden bepaald door geluidsniveaus in de range van 45-50 dB L_{den} . Hoewel figuur 14 de situatie voor heel Nederland weergeeft, is het aannemelijk dat de situatie rondom Schiphol vergelijkbaar is. Vertaald naar gelijkwaardigheidscriteria betekent dit dat het grootste aantal ernstig gehinderden waarschijnlijk in gebieden woont met geluidsniveaus lager dan 48 dB L_{den} .

Om tot een zo groot mogelijke gezondheidswinst te komen zou het daarom beter zijn om beleid te voeren dat er naar zou streven om het gemiddelde geluidsniveau te verlagen. In aanvulling daarop blijft het van belang om de hoogste niveaus omlaag te krijgen. Immers bij deze niveaus lopen mensen niet alleen kans op ernstige hinder of slaapverstoring, maar hebben ze daarnaast ook nog eens een verhoogd risico op meer ernstige gezondheidseffecten zoals coronaire hartziekten. Uit de nieuwe richtlijnen voor omgevingslawaai van de WHO blijkt dat ernstige gezondheidseffecten als hart- en vaatziekten zich al voor kunnen doen bij geluidsniveaus van 53 dB (L_{den}). Dit is lager dan eerder werd gedacht: In 1994 concludeerde de Gezondheidsraad namelijk dat effecten als hart- en vaatziekten pas optreden vanaf geluidsniveaus vanaf 70 dB ($L_{Aeq,6-22hr}$). Welkers et al hebben in hun rapportage laten zien dat in het gebied tussen 53 en 70 dB L_{den} relatief veel gezondheidseffecten optreden in vergelijking met het gebied met geluidsniveaus en hoger. Gezien de veranderde inzichten over de waarnemingsdrempel over het optreden van ernstige effecten als hart- en vaatziekten, kan volgens Welkers et al dan ook gesteld worden dat de huidige maximale waarden voor bijvoorbeeld weg- en railverkeer minder bescherming bieden dan

op basis van het advies van de Gezondheidsraad in 1994 werd gedacht [53] [1].

Het geluidbeleid zou kunnen worden verbeterd door meer nadrukkelijker dan nu het geval is, aan de vermindering van gezondheidseffecten door geluid te werken. Net als het Nederlandse geluidbeleid heeft ook het stelsel van gelijkwaardigheidscriteria niet primair als doel om de gezondheid van burgers te verbeteren. In haar rapportage, geven Welkers et al [1] een aantal handreikingen en beleidsrichtingen hoe gezondheidsverbetering te kunnen bewerkstelligen. Specifiek voor geluid van vliegverkeer kan dat bijvoorbeeld inhouden dat bij de ontwikkeling en implementatie ook rekening wordt gehouden met de personen die *buiten* de huidige geluidcontouren wonen. Het kan bijvoorbeeld ook betekenen dat de toegestane geluidruimte wordt beperkt waardoor maatregelen moeten worden getroffen zodat de geluidproductie wordt vermindert. Het is aan het beleid om te bepalen welke van deze handreikingen en richtingen worden overgenomen.

Een ander punt is dat binnen het stelsel al ruim 14 jaar gebruik wordt gemaakt van BR-relaties die zijn afgeleid in 2002. Zoals in dit hoofdstuk is gebleken, is het de vraag in hoeverre deze BR-relaties de huidige situatie rondom Schiphol op een adequate wijze weergeven. Analoog aan de rapportage van Welkers et al [1] beveelt het RIVM dan ook aan om eerder en met meer regelmaat te bezien of een BR-relatie de gegeven situatie nog steeds adequaat weergeeft. Het zou in dat verband goed zijn om daarbij aan te sluiten bij de 5-jaarlijkse cyclus van de geluidsbelastingkaarten van de EU-richtlijn Omgevingslawaai (END). De verwachting is dat in de nabije toekomst data voorhanden komen waarmee mogelijk nieuwe luchthaven-specifieke BR-relaties tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder of ernstige slaapverstoring kunnen worden afgeleid voor een aantal Nederlandse luchthavens (waaronder Schiphol): Als onderdeel van de GGD-Gezondheidsmonitor 2020 is zowel hinder als slaapverstoring door geluid van vliegverkeer gemeten. Daarnaast zijn de steekproeven rondom luchthavens van nationaal belang, waaronder Schiphol, opgehoogd, zodat er in elk geval voldoende deelnemers rondom deze luchthavens beschikbaar zijn waarmee een luchthaven-specifieke BR-relatie af kan worden geleid. Of het daadwerkelijk mogelijk is om luchthaven specifieke BR-relaties af te leiden wordt momenteel onderzocht. De eerste resultaten van de analyses van de GGD-Gezondheidsmonitor 2020 worden in 2022 verwacht.

4 Conclusies en Aanbevelingen

4.1 Algemeen

- Het stelsel van de criteria voor gelijkwaardigheid voor Schiphol is een nadere uitwerking van artikel 8.17 Wet luchtvaart en de afspraken de diverse stakeholders dat het beschermingsniveau per saldo gelijkwaardig is aan of beter is dan het niveau zoals dat geboden werd door het eerste besluit over de kaders voor geluid, externe veiligheid en luchtkwaliteit.
- De gelijkwaardigheidscriteria zijn een resultaat van berekeningen op basis van geluidcontouren, woningbestanden en blootstelling-respons (BR-)relaties.
- De gemeten omvang van het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden kan verschillen van de omvang die berekend is. Dit heeft te maken met de actualiteit van de gehanteerde modellen en van de toegepaste input.
- De parameters en grenswaarden van de gelijkwaardigheidscriteria wijzigen om gemotiveerde redenen in de tijd. De wijzigingen zijn echter niet consequent verwerkt in de gelijkwaardigheidscriteria. De navolgbaarheid van de wijzigingen en overeenkomst met de werkelijkheid staan daardoor onder druk.
- De wijzigingen zijn niet toe te kennen aan één partij of organisatie. De rijksoverheid, decentrale overheden en de luchtvaartsector hebben ieder een deel van de verantwoordelijkheid bij het actualiseren van de (modellen voor de) geluidcontouren, de woningbestanden en de BR-relaties.
- De parameters en grenswaarden van de gelijkwaardigheidscriteria zijn per saldo gedefinieerd, wat betekent dat een afname van de geluidbelasting en resulterende effecten in een gebied af kan nemen en in andere gebieden tegelijkertijd toe kan nemen met gevolg dat er een netto reductie is en dat de criteria niet worden overschreden.

4.2 Modelling van vliegtuigoperaties en vliegtuiggeluid

- Sinds het eerste LVB zijn de gebruikte modellen voor vliegoperaties en vliegtuiggeluid regelmatig geactualiseerd en zijn tot op heden de primaire aanleiding geweest voor een actualisatie van de gelijkwaardigheidscriteria. Door deze regelmatig uitgevoerde actualisaties zijn de gebruikte modellen voor baan- en routegebruik, gevlogen route en vliegtuiggeluid representatief voor de huidige stand van de techniek.
- Sinds 2017 wordt het model Doc29 gebruikt. Dit model is op Europees niveau vereist.
- Het gebruik van Doc29 betekent ook dat aanpassingen in dit model op Europees niveau zullen worden uitgevoerd. Deze aanpassingen kunnen vervolgens opnieuw aanleiding geven voor toekomstige actualisaties in de gelijkwaardigheidscriteria.
- Met Doc29 is het voorlopig niet mogelijk om maatschappelijk verkeer, bijv. van (politie)helikopters, te modelleren. Het aantal ernstig gehinderden zal dus hoger liggen dan de cijfers die met Doc29 berekend zijn.

4.3 **Bouwvolume**

- Tot nog toe hanteert men nog steeds het woningbestand uit het jaar 2005 bij het bepalen van de woningaantallen en aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden voor de gelijkwaardigheidscriteria.
- Vanaf 2018 worden voor scenario analyses het WBS van 2018 gebruikt. Het ligt voor de hand dat bij de opname van de gelijkwaardigheidscriteria in het Luchthavenverkeersbesluit gebruik wordt gemaakt van het meest actuele WBS.
- Een verandering van de woningsituatie, doordat er bijvoorbeeld woningen zijn bijgebouwd, betekent in algemene zin een overeenkomstige groei in het aantal woningen en een groei van het aantal gehinderde en slaapverstoorde mensen binnen de geluidcontour ten gevolge van het vliegverkeer.
- De overheid heeft, in samenspraak met de luchtvaartsector en de betreffende gemeenten en provincies, een scheiding aangebracht in de verantwoordelijkheden tussen de luchtvaartsector en de regionale overheden. Dit betekent dat als er nieuwe woningen in de omgeving van Schiphol worden gebouwd waardoor er meer ernstig gehinderden en slaapverstoorden komen, de luchtvaartsector daar niet op moet worden afgerekend volgens het kabinet. Dit houdt in dat als de ontwikkelingen in de woningsituatie een actualisatie van het woningbestand vereisen, de grenswaarden voor de gelijkwaardigheidscriteria voor de nieuwe woningsituatie opnieuw moeten worden bepaald.

4.4 **Blootstelling-respons relaties**

- Hinder en slaapverstoring zijn belangrijke gezondheidseffecten zijn die kunnen optreden ten gevolge van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer.
- De mate van hinder en slaapverstoring kan worden gemeten met behulp van een (internationaal) gestandaardiseerde vraag. Deze vraag is vaak een onderdeel van een vragenlijstonderzoek.
- Het aantal (ernstig) gehinderden en (ernstig) slaapverstoorden rondom een luchthaven kan worden berekend met behulp van blootstelling-respons relaties.
- In het kader van de gelijkwaardigheidscriteria wordt sinds 2007 gebruik gemaakt van BR-relaties die zijn afgeleid in 2002 in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol. Na 2002 zijn er echter diverse nieuwe BR-relaties verschenen. Een aantal van deze relaties beschrijven de situatie rondom Schiphol beter dan de GES-2002 relaties.
- Blootstellings-respons relaties kunnen nogal van elkaar verschillen. Deze verschillen worden veroorzaakt door methodologische verschillen tussen studies en door zogenoemde niet-akoestische factoren. Blootstellings-respons relaties kunnen ook in de tijd veranderen, bijvoorbeeld vanwege een veranderende houding ten opzichte van luchthavens en luchtverkeer.

4.5 Aanbevelingen

- Om tot gelijkwaardigheidscriteria te komen die de realiteit zo goed mogelijk benaderen is het belangrijk om zo actueel mogelijke componenten (model voor geluidcontouren, woningbestanden en Blootstelling-respons relaties) te gebruiken.
- Deze componenten dienen voor een bepaalde periode te worden vastgelegd, te denken valt aan de 5-jaarlijkse cyclus van de Europese Richtlijn voor Omgevingsgeluid.
- Na de bepaalde periode kan worden overwogen of de componenten moeten worden aangepast en daarmee de waarden van de diverse parameters (aantallen woningen en aantallen ernstig gehinderden of ernstig slaapverstoorden). Het is daarbij van groot belang dat de wijzigingen van zowel de rekenmethoden en basisgegevens als de waarden navolgbaar worden uitgevoerd. De waarden vormen immers een kader voor een volgend besluit.
- Het RIVM adviseert voor de berekening van het aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden rondom Schiphol om zoveel mogelijk gebruik te maken van BR-relaties die zijn gebaseerd op data die zijn verzameld rondom Schiphol. Daarom bevelen we aan om de huidige BR-relaties te verversen. De verwachting is dat in de nabije toekomst data voorhanden komen waarmee mogelijk nieuwe luchthaven-specifieke BR-relaties tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder of ernstige slaapverstoring kunnen worden afgeleid voor een aantal Nederlandse luchthavens (waaronder Schiphol). Of het daadwerkelijk mogelijk is om op basis van deze data luchthaven specifieke BR-relaties af te leiden wordt momenteel onderzocht. De eerste resultaten van de analyses worden in 2022 verwacht.
- Het stelsel van de criteria voor gelijkwaardigheid heeft niet primair als doel om de gezondheid van burgers te verbeteren. Vanuit het perspectief van gezondheid zou het geluidbeleid rondom Schiphol kunnen worden verbeterd door nadrukkelijker dan nu het geval is, aan de vermindering van gezondheidseffecten door geluid te werken. Specifiek voor ernstige hinder vanwege geluid van vliegverkeer kan dat bijvoorbeeld inhouden dat ook rekening wordt gehouden met de personen die buiten de gehanteerde 48dB L_{den} geluidcontour wonen.
Het kan bijvoorbeeld ook betekenen dat de toegestane geluidruimte wordt beperkt waardoor maatregelen moeten worden getroffen zodat de geluidproductie wordt verminderd. Belangrijk is dan wel dat de vrijgekomen geluidruimte wordt ingezet voor gezondheidswinst en niet wordt opgevuld met gevoelige functies.

Literatuur

1. Welkers D.; Kempen E van.; Helder R.; Verheijen E.; Poll R van *Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018)*. 2020, RIVM: Bilthoven.
2. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, *Verantwoord vliegen naar 2050. Luchtvaartnota 2020-2050*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2020: Den Haag.
3. Smetsers RCGM, et al., *Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven. Een verkenning van wensen en ontwikkelopties*. 2019, RIVM, NLR, KNMI: Bilthoven.
4. Vinkx, K., *Gelijkwaardige bescherming omgeving Schiphol. Actualisatie gelijkwaardigheidscriteria Schiphol*, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Editor. 2019, To70 Aviation Consultants: Den Haag.
5. Deventer, F.v., *Handboek Basiskennis vliegtuiggeluid*. 2014: Capelle aan den IJssel.
6. Europese Unie, *Verordening (EU) nr. 598/2014 van het Europees Parlement en de Raad van 16 april 2014 inzake de vaststelling van regels en procedures voor de invoering van geluidsgerelateerde exploitatiebeperkingen op luchthavens in de Unie binnen het kader van een evenwichtige aanpak, en tot intrekking van Richtlijn 2002/30/EG.*, E. Unie, Editor. 2014: Straatsburg.
7. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *ESB (2007). Evaluatie Schiphol Beleid*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Editor. 2007, Sdu Uitgevers: Den Haag.
8. Dalmeijer W H, *Gebruiksprognose 2019*. 2018, Schiphol: Amsterdam Airport.
9. Dalmeijer W H, *Gebruiksprognose 2020*. 2019, Schiphol: Amsterdam Airport.
10. ECAC.CEAC, *Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports. ECAC.CEAC Doc 29. Volume 1: Applications Guide. As endorsed by DGCA/147 on 7 december 2016*, ECAC.CEAC, Editor. 2016: Neuilly-sur-Seine.
11. Tweede Kamer der Staten Generaal, *Brief van Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu; Evaluatie Schipholbeleid*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Editor. 2015-2016: Den Haag.
12. Berglund B, Lindvall, and Schwela DH, *Guidelines for community noise*. 1999, World Health Organization: Geneva.
13. World Health Organization Regional Office for Europe, *Environmental noise guidelines for the European region*. 2018, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.
14. Eriksson C, Pershagen G, and Nilsson M, *Biological mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise*. 2018, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.
15. Gezondheidsraad, *Grote luchthavens en gezondheid*. 1999, Gezondheidsraad: Den Haag.
16. Guski R.; Felscher-Suhr U.; Schuemer R, *The concept of noise annoyance: how international experts see it.* . Journal of Sound and Vibration, 1999. **223 (4)**: p. 513 - 527.

17. Commission, E., *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.*, E. Commission, Editor. 2002: Brussels, Belgium. p. 12 - 25.
18. International Organization for Standardization (ISO), *Acoustics: Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.* 2003.
19. Gezondheidsraad, *Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid.* 2004, Gezondheidsraad: Den Haag.
20. WHO Regional Office for Europe, *Night noise guidelines for Europe*, Hurtley C, Editor. 2009, World Health Organization Copenhagen.
21. Basner M and McGuire S, *WHO Environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018. **15**(3): p. 519.
22. Dormolen M van, K.I.v.V.-G.A.d., ; Altena K., *Omgevingslawaai, slaap en gezondheid.* 1988, IVM: Groningen.
23. World Health Organization Regional Office for Europe, *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years in Europe*, Theakston F, Editor. 2011, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.
24. Fast T, *Beoordelingskader Gezondheid en Milieu: nachtelijk geluid van vliegverkeer rond Schiphol en slaapverstoring.* 2004, RIVM: Bilthoven.
25. Breugelmans O, H.D., ; Poll R van., *Inventarisatie van gezondheids- en belevingsonderzoeken (1996-2015) rondom (regionale) luchthavens van nationale betekenis.* 2016, RIVM: Bilthoven.
26. Breugelmans O, Houthuijs D, and Kempen van E, *Geluidhinder rond Nederlandse luchthavens. Monitoring, enquetes en blootstelling-responsrelaties.* 2019, RIVM: Bilthoven.
27. Adviescommissie Geluidhinder door Vliegtuigen, *Geluidhinder door vliegtuigen.* 1967, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: Den Haag.
28. Advanced Decision Systems Airinfra, DHV, and NLR, *Evaluatie Schipholbeleid. Gelijkwaardigheidsstoets Schipholbeleid*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat and DG Transport en Luchtvaart, Editors. 2006: Delft. p. 44.
29. TNO-PG & RIVM, *Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol. Resultaten van een vragenlijstonderzoek.* 1998, RIVM, TNO: Bilthoven.
30. Breugelmans ORP, et al., *Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002. Tussenrapportage monitoring gezondheidskundige evaluatie Schiphol.* 2004, RIVM: Bilthoven.
31. Heblj SJ; Derei J., *Methodenrapport Doc29.* 2019, NLR: Amsterdam.
32. RIVM, *Dosis-effect relaties hinder en slaapverstoring Schiphol.* , RIVM, Editor. 2017: Bilthoven.
33. Kempen E van, Breugelmans O, and Houthuijs D, *Nieuwe gezondheidskundige richtlijnen voor omgevingsgeluid. Nadere gezondheidskundige analyses.* in press, RIVM: Bilthoven.

34. Poll R van, et al., *Beleving woonomgeving in Nederland: Inventarisatie Verstoringen 2016*. 2018, RIVM: Bilthoven.
35. Poll R van, *Ernstige Hinder en Slaapverstoring. Monitoringsgegevens Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) 2019*. 2020, RIVM: Bilthoven.
36. GGD GHOR Nederland, *Gezondheidsmonitor 2016. Cijfers voor lokaal en landelijk beleid*. 2016, GGD GHOR Nederland: Utrecht.
37. Miedema HME and Vos H, *Exposure-response relationships for transportation noise*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1998. **104 (6)**: p. 3432-3445.
38. Miedema HM and Oudshoorn CG, *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals*. *Environmental Health Perspectives*, 2001. **109(4)**: p. 409-416.
39. Guski R, *How to forecast community annoyance in planning noisy facilities*. *Noise and Health*, 2004. **6(22)**: p. 59-64.
40. Kempen E van; I van Kamp, *Annoyance from air traffic noise. Possible trends in exposure-response relationships*. 2005, RIVM: Bilthoven.
41. Janssen SA, et al., *Trends in aircraft noise annoyance: the role of study and sample characteristics*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2011. **129(4)**: p. 1953-1962.
42. Janssen SA; Vos H., *A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure response relationships*. 2009, TNO: Delft, The Netherlands.
43. Guski R, Schreckenberg D, and Schuemer R, *WHO Environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017. **14(12)**: p. 1539.
44. AMER, *Aanvullend Milieu-effect rapport Schiphol en omgeving*. 1994, Ministerie van Verkeer en Waterstaat: Den Haag.
45. Houthuijs D, et al., *Vergelijking schattingen slaapverstoringsonderzoek Schiphol met referentiegetal PKB Schiphol*. 2003, RIVM: Bilthoven.
46. Miedema HME, *Geluidmaten voor vliegtuiggeluid, in Publicatiereeks Verstoring*. 1994, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer: Den Haag.
47. Houthuijs DJM; Wiechen CMAG van., *Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol*. 2006, RIVM: Bilthoven.
48. Miedema HME; Vos H, *Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise*. . 2004, TNO: Delft.
49. Working Group on Health and Socio-Economic Aspects, *Position paper on dose response relationships for night time noise.*, European Commission, Editor. 2004.
50. Miedema HME; Vos H, *Associations between self-reported sleep disturbances and environmental noise based on reanalysis of pooled data from 24 studies*. *Behavioral Sleep Medicine*, 2007. **5(1)**: p. 1-20.
51. Dusseldorp A, et al., *Handreiking geluidhinder wegverkeer. Berekenen en meten*. 2011, RIVM: Bilthoven.

52. Kempen EEMM van and Simon SN, *Kennisscan hinder door luchtvaartgeluid: effecten van woningisolatie en niet-akoestische factoren*. 2019, RIVM: Bilthoven.
53. Gezondheidsraad: Commissie Geluid en Gezondheid, *Geluid en gezondheid*. 1994, Gezondheidsraad: Den Haag.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag