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

Samen meten aan **geluid** en beleving rond de luchthaven Schiphol

Een verkennend citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder in het kader van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid

RIVM-rapport 2024-0057
J. Devilee et al.

Samen meten aan geluid en beleving rond de luchthaven Schiphol

Een verkennend citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder in het kader van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid

RIVM-rapport 2024-0057

Colofon

© RIVM 2024
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-2024-0057

J. Devilee (auteur), RIVM
N. Mabjaia (auteur), RIVM
H. Volten (auteur), RIVM
M. Haaima (auteur), RIVM
A. Sahai (auteur), RIVM
M. Reedijk (auteur), RIVM
E. van Kempen (auteur), RIVM
M. Schipper (auteur), RIVM

Contact:
Jeroen Devilee
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
jeroen.devilee@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid

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

Publiekssamenvatting

Samen meten aan geluid en beleving rond de luchthaven Schiphol

Een verkennend citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder in het kader van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid

Met citizen science doen burgers en wetenschappers samen onderzoek. Burgers doen bijvoorbeeld zelf metingen of verzamelen informatie. Dit kan een aanvulling zijn op gangbare onderzoeken om hinder door vliegtuiggeluid te bepalen. In deze onderzoeken wordt vooral gekeken naar de gevolgen van langdurige blootstelling. Citizen science geeft waardevol inzicht in hinder op de korte termijn (per dagdeel).

Het RIVM heeft met citizen science-onderzoek de invloed van andere onderdelen van de blootstelling onderzocht. Dit geeft meer inzicht in de kortetermijnhinder. Het onderzoek bevestigt dat de mate van hinder door vliegtuigen niet alleen wordt bepaald door het geluidniveau. Ook andere factoren hebben daar invloed op, zoals het aantal vliegtuigpassages per uur of het aantal luide passages van vliegtuigen.

Vernieuwend aan het onderzoek is dat gegevens met een app worden verzameld. Hiermee kunnen burgers makkelijk gegevens doorgeven, waardoor snel veel gegevens verzameld kunnen worden. De app maakt het mogelijk om op een efficiënte manier onderzoek met korte vragenlijsten te herhalen. Dit kan beleidsmakers veel waardevolle inzichten geven.

Er blijken mogelijkheden te zijn om de kwaliteit van de door de deelnemers verzamelde data te verbeteren. In dit onderzoek is er maar bij een beperkte groep deelnemers onderzoek gedaan. Met meer deelnemers kan hinder nog beter onderzocht worden. Daarnaast moet de plaats waar de meetpunten van de deelnemers staan zorgvuldiger worden gekozen. Want het is belangrijk dat andere geluidbronnen, zoals auto’s, de metingen van vliegtuiggeluid zo min mogelijk beïnvloeden.

Voor het onderzoek gaven twee groepen van veertien mensen vier keer per dag informatie door over de mate waarin zij, terugkijkend op een dagdeel, gehinderd waren. Bovendien gaven zij onder meer het aantal vliegtuigen aan en hoe hoog het geluidniveau naar hun idee was. Deze resultaten zijn vergeleken met data van overkomende vluchten. Het onderzoek is gedaan met mensen die aan hard geluid door vliegtuigen blootstaan of daar gevoeliger op reageren.

Kernwoorden: citizen science, burgerwetenschappen, hinder, vliegtuiggeluid

Synopsis

Collectively measuring noise and perceptions around Schiphol Airport

An exploratory citizen science study into short-term nuisance in the context of the Programmatic Approach to Measuring Aircraft Noise

In 'citizen science', citizens and scientists conduct research together. For example, citizens take measurements or collect data themselves. This can be additional research to supplement regular studies into the levels of nuisance caused by aircraft noise. The main focus in those studies is on the consequences of long-term exposure. Citizen science produces valuable insights into short-term nuisance (per part of the day).
RIVM has used citizen science to study the influence of other aspects of exposure, giving us more insight into short-term nuisance. The research has confirmed that the nuisance caused by aircraft does not only depend on the amount of noise they produce. Other factors also play a role, such as the number of aircraft movements per hour and the number of loud aircraft passages.

What is innovative about this research is that the data are collected using an app. This makes it easy for citizens to transmit data, allowing a great deal of information to be collected in a short period of time. The app also makes it possible to repeat short surveys in an efficient way, which generates many valuable insights for policymakers.

The quality of the data collected by participants can be improved in several ways. This particular study involved research among only a limited group of participants. If more participants are found, nuisance can be studied even more effectively. In addition, the locations of the participants' measurement points need to be chosen more carefully. This is because interference from sound sources, such as cars, with the aircraft noise measurements must be kept to a minimum.

In this study, two groups of 14 people each transmitted data 4 times a day about the level of nuisance they had experienced during the preceding part of the day. They also provided data about numbers of aircraft and their estimate of the level of noise involved. These results were compared with actual data of aircraft passages. The participants were people who were exposed to, or more sensitive to, loud noise from aircraft.

Keywords: citizen science, nuisance, aircraft noise

Inhoudsopgave

Samenvatting — 11

1 Inleiding — 17
1.1 Aanleiding — 17
1.2 Opvolging in onderzoek — 17
1.3 Opbouw van deze rapportage — 18

2 Citizen science — 19
2.1 Wat is citizen science? — 19
2.2 Citizen science en het RIVM — 19
2.2.1 Luchtkwaliteit — 20
2.2.2 Geluid en gezondheid — 20
2.2.3 Citizen science als kans voor kortetermijnhinderonderzoek — 22

3 Achtergrond — 25
3.1 Akoestische begrippen — 25
3.2 Respijt — 26
3.3 Geluidgevoeligheid — 27
3.4 Hoogrisicogroepen — 28
3.5 Niet akoestische factoren — 29
3.6 Vergelijken tussen korte en langetermijnhinder — 30

4 Werving en selectie van deelnemers — 33
4.1 Op pad zonder volledig vastgelegde vraagstelling — 33
4.2 Werven — 33
4.3 Selecteren — 34
4.3.1 Groep respijt — 34
4.3.2 Groep 'Geluidgevoeligen’ — 34
4.4 Resultaat — 35

5 Ontwikkeling van een vraagstelling — 39
5.1 Online startbijeenkomst — 39
5.2 Tweede bijeenkomst over de vraagstelling & voorbereiding van geluidmeten — 39

6 Verzameling van gegevens & analyse — 43
6.1 Inleiding — 43
6.2 Geluid meten — 43
6.2.1 Meetopstelling — 43
6.2.2 Gemeten waarden — 44
6.3 Beleving meten met een app — 45
6.4 Vaststellen welk geluid van vliegtuigen komt — 46
6.4.1 Vluchtgegevens — 46
6.4.2 Event detectie — 47
6.4.3 Koppeling vluchtgegevens en geluidgegevens — 47
6.5 Operationele- en akoestische indicatoren — 48
6.5.1 Indicatoren op basis van vluchtgegevens — 48
6.5.2 Indicatoren op basis van geluidmetingen — 50
6.5.3 Meteo gegevens — 51
6.6 Statistische analyse — 51

7 Resultaten — 57
7.1 Indicatoren voor aantallen en geluid — 57
7.1.1 Operationele indicatoren — 57
7.1.2 Akoestische indicatoren — 59
7.1.3 Meteo — 62
7.2 Focusgroepen — 62
7.3 Gemiddelde kortetermijnhinderscores — 63
7.4 Gemengde lineaire modellen voor de totale groep deelnemers — 63
7.4.1 Model met zelf-gerapporteerde, akoestische en operationele indicatoren — 63
7.4.2 Model met alleen akoestische en operationele factoren — 65
7.5 Gemengde lineaire modellen voor geluidgevoeligen — 68
7.6 Correlaties tussen de verschillende indicatoren — 70
7.7 Analyses zonder ervaren aantallen en ervaren geluidniveaus — 72
7.7.1 Voor- en nadelen van zelf-gerapporteerde indicatoren voor aantallen of geluidniveaus — 72
7.7.2 Weglaten van de variabelen ‘Ervaren aantal vliegtuigpassages’ en ‘Ervaren geluidniveau’ voor de gehele groep — 73
7.7.3 Weglaten van de variabelen ‘Ervaren aantal vliegtuigpassages’ en ‘Ervaren geluidniveau voor de groep 'Geluidgevoeligen’ — 74
7.8 Blootstelling-responsrelaties — 77

8 Discussie en conclusie — 83
8.1 Inleiding — 83
8.2 In hoeverre past de methode bij de vraagstelling? — 83
8.3 Beantwoording van de (resterende) deelvragen uit de vraagstelling — 84
8.3.1 Deelvraag 1a:Wat is hierbij het effect van de verdeling van vluchten in de tijd? — 84
8.3.2 Deelvraag 1b: Wat is hierbij het effect van geluidpieken? — 85
8.3.3 Deelvraag 1d:Verschil in beleving tijdens dag en nacht — 85
8.3.4 Deelvraag 2: Gemeten vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden — 85
8.3.5 Deelvraag 3: In welke mate hangen de metingen van geluid op deze locaties en de ervaring hiervan met elkaar samen? — 85
8.3.6 Deelvraag 4: ‘Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over rustperiodes tussen vliegtuigpassages om de hinder van vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden te verminderen?’ — 86
8.3.7 Deelvraag 5: ‘Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over mogelijkheden om de hinder van vliegtuiggeluid door geluidgevoelige burgers te verminderen?’ — 86
8.4 Beperkingen — 86
8.5 Discussie — 87
8.5.1 Citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder als aanvullende benadering? — 87
8.5.2 Datakwaliteit — 89
8.5.3 Combinaties van waarnemingen en betekenissen als mechanisme achter hinder — 91
8.6 Conclusie en aanbevelingen — 93

9 Referenties — 95

Bijlage A Wervingsbrief en selectiebrieven — 99

Bijlage B Weinsteinschaal voor geluidgevoeligheid — 105

Bijlage C Korte overzichten voor het gezamenlijk opstellen van de probleemstelling — 106

Bijlage D Protocol Focusgroepen Beleving Vliegtuiggeluid — 115

Bijlage E Vragenlijst in de app — 118

Bijlage F Beschrijvende statistieken — 119

Bijlage G Richting van effecten in de statistische analyse — 125

Bijlage H Meetnauwkeurigheid geluidmeters — 128

Samenvatting

S1 Inleiding

Aanleiding
In 2019 heeft een consortium van Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) en Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) in het kader van de Programmatische Aanpak van het Meten van Vliegtuiggeluid (PAMV) zeven concrete aanbevelingen gedaan voor verbetermogelijkheden bij het meten, berekenen en beleven van vliegtuiggeluid (Smetsers et al, 2019). Een van de aanbevelingen in het rapport 'Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven' is om bewoners in de omgeving van luchthavens structureel te betrekken door citizen science-onderzoek uit te voeren met hoogrisicogroepen. Hoogrisicogroepen zijn omwonenden die een hogere kans hebben op gezondheidseffecten door blootstelling aan vliegtuiggeluid. Bij dit laatste denkt men concreet aan groepen die aan een hogere geluidbelasting worden blootgesteld, omdat zij onder vluchtroutes wonen of groepen die geluid (veel) sterker dan gemiddeld ervaren (geluidgevoeligen).

In dit rapport beschrijven we het onderzoek dat voortvloeiend uit de aanbevelingen is uitgevoerd. De precieze vraagstelling werd samen met de deelnemers aan het onderzoek ontwikkeld. Wat wel vaststond was dat:

1. We een onderzoek wilden doen naar het belang van rustperiodes met omwonenden van luchthavens die zelf hebben aangegeven intensief aan vliegtuiggeluid te zijn blootgesteld en;
2. We een onderzoek wilden doen naar de beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen met omwonenden van luchthavens die zelf aangeven geluidgevoelig te zijn.

Het betreft hier een onderzoek naar kortetermijnhinder. In de verschillende PAMV-onderzoeken is op verschillende manieren naar hinder gekeken. Normaliter kijkt het RIVM naar langetermijnhinder, de hinder die burgers in de afgelopen twaalf maanden ervaren hebben. Met onderzoek naar kortetermijnhinder hebben we nog geen eerdere ervaring. Het citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder, waarover hier gerapporteerd wordt, moet daarom als verkennend beschouwd worden.

Wat is citizen science?
De onderzoeksmethodiek die het RIVM in dit onderzoek gebruikt, heeft als belangrijk kenmerk dat het onderzoek samen met omwonenden van de luchthaven Schiphol is opgezet en uitgevoerd. Deze aanpak is niet nieuw, maar heeft door technologische ontwikkelingen wel nieuwe toepassingsgebieden gekregen. Dit komt onder andere door de opkomst van goedkope geluidmeters en apps waarmee de beleving kan worden geregistreerd en opgeslagen.

Er zijn meerdere manieren waarop burgers bij wetenschap betrokken kunnen zijn. Haklay (2013) maakt een onderscheid in vier niveaus van

betrokkenheid bij citizen science. Op het laagste niveau dragen de burgers alleen bij aan de dataverzameling. Op het hoogste niveau 'extreme', is er geen onderscheid tussen de activiteiten van burgers en wetenschappers.

S2 Werving en selectie van deelnemers

Op pad zonder volledig vastgelegde vraagstelling
In dit onderzoek is er door het RIVM expliciet gekozen voor minimaal niveau 3 van het model van Haklay 'Participatory-science', waarbij burgers een bijdrage leveren aan de probleemstelling en data verzamelen. De reden voor deze keuze was dat we het belangrijk vonden om gezamenlijk de vraagstelling van het onderzoek te bepalen. Dit draagt eraan bij dat onderzoek uitgevoerd wordt dat zowel burgers als onderzoekers zinvol vinden.

Werving & selectie
De deelnemers zijn in juli tot en met september 2021 via verschillende kanalen geworven: via de Samen Meten-nieuwsbrief van het RIVM, via de sociale mediakanalen van het RIVM en door inspanningen van de Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG) en Schipholwatch.[1] De laatste plaatste een wervingsoproep op hun website. Deelnemers werden verwezen naar een online aanmeldingsformulier. Er was ruime belangstelling voor deelname. Het resultaat van de werving en selectie was twee gemêleerde groepen van veertien deelnemers per groep.

S3 Ontwikkeling van een vraagstelling

Voor de ontwikkeling van de vraagstelling van het onderzoek zijn voor zowel de groep 'rustperiodes' als de groep 'Geluidgevoeligen' twee online-bijeenkomsten georganiseerd. Door de COVID-19-pandemie waren fysieke bijeenkomsten niet mogelijk. De eerste bijeenkomst was introducerend en bood gelegenheid voor kennismaking. In de tweede bijeenkomst werd de vraagstelling van het onderzoek verder aangescherpt en werden de eerste voorbereidingen voor het meten van geluid getroffen. Gedurende de ontwikkeling van de vraagstelling voor de geluidgevoeligen, bleek dat een recent beeld over het voorkomen van geluidgevoeligheid in Nederland ontbreekt. De gezamenlijk ontwikkelde vraagstelling is voor beide groepen identiek: 'Onder welke omstandigheden draagt het aantal vliegtuigpassages op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden bij aan de hinder van vliegverkeer?'

S4 Verzameling van gegevens

Geluid meten
De dataverzameling begon met het meten van geluid in februari 2022. In dit project is de DNMS- (Digital Noise Measuring Sensor) geluidmeter van Sensor.Community[2] gebruikt. De geluidmeters zijn alle op het RIVM getest met een parallelmeting naast een professionele klasse 1-geluidmeter voor een periode van één tot drie weken. Ook zijn de geluidmeters gekalibreerd voordat ze bij de deelnemers zijn ingezet.

[1] SchipholWatch is een stichting die, naar eigen zeggen, strijdt voor een betere leefomgeving en dus tegen de verdere groei van Schiphol op de huidige locatie. Zie: https://schipholwatch.nl/over-ons/
[2] Sensor.Community is, naar eigen zeggen, een wereldwijd sensornetwerk, gedreven door de bijdragers, dat open milieudata creëert. Hun missie is om mensen te inspireren en hun leven te verrijken, zij bieden daarvoor een platform aan. Zie: https://sensor.community/nl/

Beleving meten met een app
Voor de vragenlijst in de app zijn twee groepsgesprekken (focusgroepen) gehouden. Op basis van de input van de deelnemers in deze focusgroepen kon een korte vragenlijst samengesteld worden en werd ook duidelijk dat het voor de beleving van belang was om een dag op te delen in vier periodes: de nacht (23.00-7.00 uur), de vroege ochtend (7.00-10.00 uur), midden van de dag (10.00-18.00 uur) en de avond (18.00-23.00 uur). Dat impliceerde dat er 4x per dag een vragenlijst ingevuld diende te worden.

In de vragenlijst in de app werd gevraagd naar de ervaren kortetermijnhinder, naar het aantal vliegtuigen dat passeerde, naar het voorkomen van aaneengesloten periodes met vluchten (vluchtblokken) en de duur hiervan, naar de rust tussen vluchtblokken, naar het geluidniveau van vliegtuigpassages, en naar de oorzaken van de verstoring.

Vaststellen welk geluid van vliegtuigen komt
Hoewel de geluidmeters door de deelnemers zijn opgehangen op locaties waarop door hen hinder/overlast van vliegverkeer ervaren werd, is niet al het geluid dat de meters registreren afkomstig van vliegtuigen. Denk bijvoorbeeld aan geluid van een nabij gelegen weg of geluid door bouwwerkzaamheden. Daarom was het noodzakelijk om het geluid dat de geluidmeters registreerden te koppelen aan vluchtgegevens.

Vliegtuiggeluid kan geïdentificeerd worden door na te gaan of de geluidmeter een geluidpiek (event) registreert op het moment dat er volgens de vluchtgegevens inderdaad een vliegtuig in de buurt is. In zo'n geval kan er een koppeling gemaakt worden tussen vluchtgegevens en geluidgegevens. Het percentage koppelingen dat op deze manier gemaakt kon worden varieerde tussen de 5 procent en 81 procent. Het gemiddelde koppelingspercentage voor dit onderzoek is 55 procent. Het gaat hier om vluchten binnen 2 kilometer van de meetlocatie die gekoppeld konden worden aan een piek in de geluidmetingen.

S5 Resultaten

Geluid- en vluchtgegevens
Gemiddeld zijn er per dagdeel 38 vluchten gepasseerd binnen een horizontale straal van twee kilometer van de meetlocatie. Dit is te vertalen naar gemiddeld 7,8 vluchten per uur. 27 Maal zien we meer dan 200 vluchten per dagdeel, al deze dagdelen zijn 'midden van de dag' (10.00-18.00). Het maximum is hierbij 305 vluchten (50,8 per uur). Als we kijken naar vluchten onder vijf kilometer vlieghoogte is het gemiddelde 31 vluchten en het maximum 286 vluchten.

In totaal zijn tijdens de meetperiodes ruim 94.000 vliegtuigpassages gedetecteerd, waarvan er ruim 54.000 zijn gekoppeld aan geluidmetingen. Dit geeft een koppelpercentage van 55 procent voor alle meetperiodes en meetlocaties bij elkaar. Als we alleen kijken naar vluchten onder vijf kilometer vlieghoogte is dit percentage 70 procent. Naast individuele passages kunnen ook aaneengesloten periodes met vliegtuigpassages van belang zijn voor de ervaren hinder. Er zijn bijna 12.000 vluchtblokken gedetecteerd op basis van de vluchtgegevens. Een

vluchtblok bestaat uit minstens twee vluchten met maximaal vijf minuten ertussen. De meeste vluchtblokken bestonden uit enkele vluchten. 39 procent van de vluchtblokken bestaan uit twee vluchten. 71 procent uit vijf of minder vluchten.

Wat betreft geluidniveaus meten de gekoppelde vliegtuigpassages gemiddeld 70 dB L_{max}. Het gemeten achtergrondgeluid was gemiddeld 38 dB L_{95}. Het laagst gemeten achtergrondgeluid is 28 dB en het hoogste is 54 dB.

Gemengde lineaire regressieanalyses
Voor de statistische analyse zijn 2368 vragenlijsten gebruikt, ingevuld door 27 personen. De kortetermijnhinder voor de gehele groep wordt het best verklaard met een combinatie van zelf gerapporteerde, operationele (op basis van vluchtgegevens) en akoestische indicatoren, waarbij het ervaren geluidniveau uit de analyse is weggelaten. Het 'ervaren aantal vliegtuigpassages' en de 'ervaren oorzaak van het geluid' verklaren de meeste hinder. Verder komt 'de maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage' (SELmax)[3] als belangrijkste akoestische indicator naar voren. De hinder komt vooral in de nacht voor. Binnen de variabele 'ervaren oorzaak van het geluid', zijn 'angst voor en door vliegtuigen' en de 'indruk dat het geluid vermijdbaarheid is' het belangrijkste.

De statistische analyse voor geluidgevoeligen is gebaseerd op 1286 vragenlijsten bij 17 geluidgevoelige deelnemers. Ook in deze analyse is de variabele 'ervaren geluidniveau' weggelaten. Belangrijke variabelen voor de verklaring van de hinder zijn, net als in de gehele groep, het ervaren aantal vliegtuigpassages' en de ervaren oorzaak van het geluid'. Ook in dit model is 'de maximale waarde van het opgetelde geluidsniveau over een hele passage' (SELmax) de belangrijkste akoestische indicator.

Het verschil met de gehele groep is dat deze indicator(SELmax) belangrijker is en dat dit vooral geldt bij een laag achtergrondgeluidniveau. Een ander verschil met de gehele groep is dat het aantal vliegtuigpassages boven 75 dB belangrijker is, wat vooral geldt als het aantal vluchten per uur toeneemt. Ook is het aantal vliegtuigpassages boven 60 dB voor geluidgevoeligen belangrijker dan voor de gehele groep. In de analyse voor de groep geluidgevoeligen zijn in totaal vijf variabelen belangrijker bij grotere aantallen vliegtuigen per uur.
Op basis van deze analyse kan niet geconcludeerd worden dat rustperiodes van belang zijn voor de ervaren hinder.

Blootstelling-responsrelaties
Er is een relatie gevonden tussen het aantal keer dat 75 dB(A) wordt overschreden en de korte termijn hinder score. Naarmate meer vliegtuigen de 75 dB(A) overschrijden neemt de hinder score toe. Deze toename is het grootst bij de groep 'Geluidgevoeligen'. Vanaf het moment dat de 75 dB(A) ongeveer 50 maal is overschreden, is de stijging in de hinderscore een stuk minder groot. Opvallend is dat voor

[3] Het sound exposure level (SEL) is het geluiddrukniveau dat gedurende 1 seconde dezelfde hoeveelheid energie (dosis) vertegenwoordigt als het werkelijke geluid gedurende een periode, bijvoorbeeld een vliegtuigpassage. Het is de basis voor de berekening van onder andere de Lden en de Lnight.

de geluidgevoeligen de stijging een stuk groter is dan voor de deelnemers in de groep die zich richtte op rustperiodes en de totale groep. Dit impliceert dat het aantal overschrijdingen van de NA75 bij deze groep meer hinder veroorzaakt.

Ook is er is een relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer uitgedrukt als maximale waarde van het opgetelde geluidsniveau over een hele passage (SELmax) en de korte termijn hinderscore. Naarmate het SELmax niveau toeneemt, neemt de hinderscore toe. De gevonden relaties zijn zeer vergelijkbaar tussen de drie groepen.

Verder wordt de korte termijn hinder groter naarmate het aantal vluchten per uur toeneemt. De stijging in de groep 'Geluidgevoeligen' is het grootst. De stijging in de hinderscore wordt in alle drie de groepen minder vanaf ongeveer vijftien vluchten per uur.

S6 Conclusie

We hebben met behulp van dit citizen science-project meer inzicht gekregen in factoren die belangrijk zijn voor het ontstaan van hinder door vliegverkeer. Door dagboekmetingen met een app, vluchtgegevens en geluidgegevens te combineren, is een methodiek ontwikkeld om middels citizen science kortetermijnhinder van vliegtuiggeluid in kaart te brengen. Omdat het een verkennend onderzoek is, en de datakwaliteit verbeterd kan worden, moeten we voorzichtig zijn met conclusies. Deze zijn als volgt:

- Op citizen science gebaseerd kortetermijnhinderonderzoek kan, als aanvulling op het meer gangbare onderzoek, een bijdrage leveren aan een zorgvuldige, geïnformeerde besluitvorming over de omgang met hoogrisicogroepen.
- Deze bijdrage bestaat er met name uit dat door middel van variatie in tijd van operationele (uit vluchtgegevens), akoestische (uit geluidmetingen) en zelf gerapporteerde indicatoren (uit vragenlijst in app) aan zowel de blootstellings- als aan de effectenkant een informatief beeld geschetst kan worden van hoe vliegverkeer intervenieert in de leefwereld van hoogrisicogroepen.
- In lijn met ander onderzoek naar korte termijn hinder, laat het onderzoek zien dat hinder onder vliegroutes in de Schipholregio niet alleen wordt veroorzaakt door het geluidniveau. Ook andere kenmerken van de blootstelling, zoals aantallen vliegtuigpassages en aantallen luide passages zijn van belang.
- Voor geluidgevoeligen stijgt de hinderscore in verschillende blootstelling-respons relaties, zoals hinder versus aantal vliegtuigen per uur of hinder versus het aantal overschrijdingen van 75 dB(A), sterker dan voor dan voor de deelnemers in de groep die zich richtte op rustperiodes en de totale groep. Ook geldt voor hen dat lagere geluidniveaus duidelijker ervaren worden en dat de invloed van de blootstelling afhankelijk is van het achtergrondgeluid en van het aantal vliegtuigen per uur.
- De aanpak om de korte termijn hinder voor geluidgevoelige burgers terug te brengen is niet anders dan voor burgers die niet geluidgevoelig zijn. Zowel aantallen als geluidniveaus spelen bij

de ervaren hinder een belangrijke rol, voor geluidgevoelige burgers nog sterker dan voor niet geluidgevoelige burgers.

Aanbevolen wordt om:

- In kaart te brengen hoe vaak geluidgevoeligheid in Nederland voorkomt.
- Bij een herhaling van het onderzoek de datakwaliteit te verbeteren door geluidmeters zorgvuldiger te plaatsen en meer deelnemers uit te nodigen.
- Te onderzoeken in hoeverre operationele indicatoren zoals 'aantal vluchten per uur' een geaggregeerde maat kunnen zijn voor niet-akoestische factoren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2019 heeft een consortium van Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) en Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) in het kader van de Programmatische Aanpak van het Meten van Vliegtuiggeluid (PAMV) het verkenningsrapport 'Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven' uitgebracht (Smetsers et al, 2019; zie: https://open.overheid.nl/documenten/ronl-f0e3a3c1-7961-4957-90a3-b5511d4a7905/pdf). In het rapport werden zeven concrete aanbevelingen gedaan voor verbetermogelijkheden bij het meten, berekenen en beleven van vliegtuiggeluid. Een van de aanbevelingen in het verkenningsrapport is om de bewoners in de omgeving van luchthavens structureel te betrekken door citizen science-onderzoek uit te voeren.

Bij het bepalen van de doelgroepen van een dergelijk onderzoek werd aanbevolen om de focus te leggen op zogenaamde hoogrisicogroepen, zoals burgers die dicht bij een start-of landingsbaan wonen, of burgers met specifieke persoonskenmerken, zoals een verhoogde gevoeligheid voor omgevingsgeluid (Smetsers et al., 2019). Burgers nabij start- en landingsbanen of onder vluchtroutes geven aan dat de overlast door vliegverkeer hen te veel wordt en dat ze behoefte hebben aan rustperiodes (Omgevingsraad Schiphol, 2019).

De doelstelling van het onderzoek is enerzijds het verkrijgen van bruikbare meetgegevens waarmee de relatie tussen dagelijks ervaren kortetermijnhinder en blootstelling aan geluid van vliegtuigen kan worden onderzocht. Anderzijds is het vergroten van het begrip van het systeem van meten en bereken ook een doelstelling van citizen science. Dit verloopt via wederzijds leren. Het gaat hier dus niet alleen om het begrip van burgers. Ook onderzoekers worden uitgedaagd om hun eigen concepten, methoden, aannames en terminologie kritisch te bekijken.

Een belangrijk neveneffect van het gezamenlijk met burgers uitvoeren van onderzoeken is dat op deze manier gebouwd kan worden aan de relatie tussen burgers, wetenschap en overheden. Hiermee wordt beoogd dat de citizen science-onderzoeken een bijdrage leveren aan het behalen van de overkoepelende doelstelling van de PAMV, namelijk het (terug)winnen van het vertrouwen van burgers in de systematiek rondom vliegtuiggeluid.

1.2 Opvolging in onderzoek

In dit rapport beschrijven we het onderzoek dat voortvloeiend uit de aanbevelingen is uitgevoerd. De precieze vraagstelling werd samen de deelnemers aan het onderzoek ontwikkeld. Wat wel vaststond was dat:

1. We een onderzoek wilden doen naar het belang van rustperiodes met omwonenden van luchthavens die zelf hebben aangegeven intensief aan vliegtuiggeluid te zijn blootgesteld en;

2. We een onderzoek wilden doen naar de beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen met omwonenden van luchthavens die zelf aangeven geluidgevoelig te zijn.

Verderop in dit rapport zal blijken dat het hier een onderzoek naar kortetermijnhinder betreft. In de verschillende PAMV-onderzoeken is op een verschillende manier naar hinder gekeken. Normaliter kijkt het RIVM naar langetermijnhinder, de hinder die burgers in de afgelopen twaalf maanden ervaren hebben. Met onderzoek naar kortetermijnhinder hebben we nog geen eerdere ervaring. Het citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder, waarover hier gerapporteerd wordt, moet daarom als verkennend beschouwd worden.

1.3 Opbouw van deze rapportage

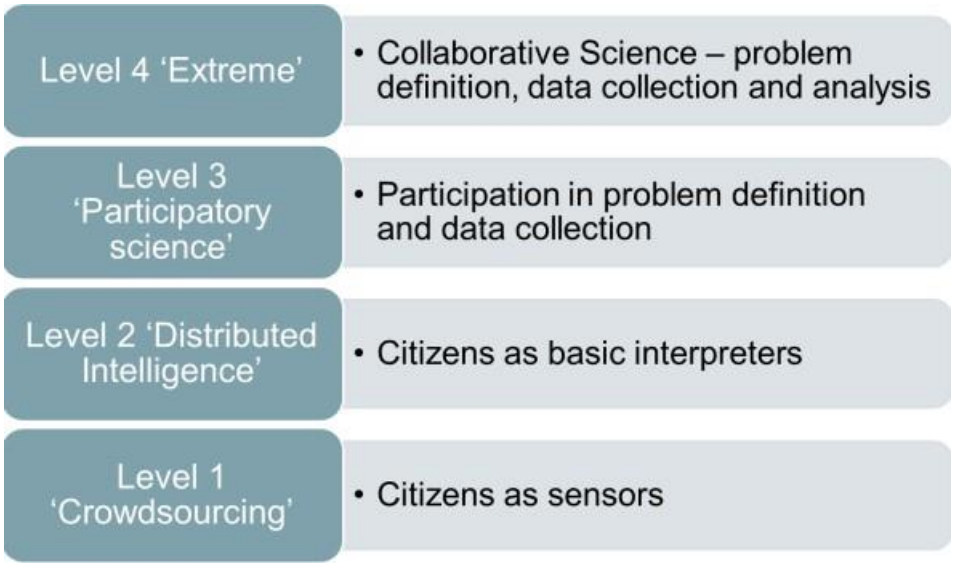
We beginnen dit rapport in hoofdstuk 2 met een introductie op citizen science en kortetermijnhinder. In hoofdstuk 3 (achtergrond) vindt u toelichting op enkele centrale begrippen in dit rapport, zoals geluidgevoeligheid, rustperiodes, geluidmaten, hoogrisicogroepen en niet-akoestische factoren. Hoofdstuk 4 behandelt de werving en selectie van deelnemers. In hoofdstuk 5 gaan we in op de vraagstelling, die samen met de omwonenden ontwikkeld werd. In hoofdstuk 6 staat het verzamelen van gegevens en de analyse hiervan centraal. In hoofdstuk 7 behandelen we de resultaten, waarna in hoofdstuk 8 de discussie en conclusie volgt.

2 Citizen science

2.1 Wat is citizen science?

Wie denkt dat citizen science gelijk staat aan apps en sensoren en dat het een recent fenomeen is, heeft het mis. De Audubon Society's Bird Count wordt in Noord Amerika sinds 1900 uitgevoerd en er zijn sindsdien vele varianten ontwikkeld. In de ontwikkeling van citizen science heeft Rick Bonney van het Cornell lab of Ornithology een belangrijke rol gespeeld (Bonney, 2007, Bonney et al. 2009a, 2009b; zie: http://www.birds.cornell.edu/) Belangrijke aanleiding om hiermee te starten, was dat op deze manier kosteneffectieve data beschikbaar kwamen, die de onderzoekers zonder de inzet van grote aantallen vrijwilligers niet konden verzamelen. Dit kan ook in het onderzoek naar geluid en gezondheid een belangrijke rol gaan spelen, zoals later in dit rapport zal blijken.

Van belang is ook dat bij citizen science burgers op verschillende manieren en verschillende mate van intensiteit aan het onderzoek verbonden zijn. Haklay (2013) maakte een indeling met vier niveaus, waarin burgers op het laagste niveau alleen data verzamelen, terwijl ze het op het hoogste niveau gelijkwaardig zijn aan de betrokken wetenschappers (Figuur 2.1.1). Deze indeling is geen kwaliteitsschaal. Level 4 is niet beter of slechter dan Level 1-onderzoek. Het zijn verschillende aanpakken die geschikt zijn voor verschillende situaties of vraagstukken. De in dit rapport beschreven citizen science-onderzoeken zijn op niveau 3 uitgevoerd, 'Participatory science'.



Figuur 2.1.1 Niveaus van betrokkenheid bij citizen science (Haklay, 2013).

2.2 Citizen science en het RIVM

Citizen science heeft de laatste jaren door het gebruik van apps en kleine, voor vrijwel iedereen betaalbare, sensoren een enorme vlucht gekregen. Wat voor het milieudomein langzaamaan duidelijk wordt, is

dat, door deze sensoren, data over de leefomgeving niet meer alleen door kennisinstituten gegenereerd hoeven worden.

2.2.1 Luchtkwaliteit

Citizen science wordt door het RIVM tot nog toe het meest toegepast bij het meten en rekenen aan luchtkwaliteit. Erkend werd dat het meten aan luchtkwaliteit niet langer het exclusieve domein is van kennisinstituten en dat kleine, goedkope sensoren kunnen bijdragen aan een betere ruimtelijke en temporele resolutie. Daarom is gestart met de ontwikkeling van een hybride meetsysteem, waarvan ook data uit citizen science deel uitmaken. Belangrijk uitgangspunt hierbij is dat gekeken wordt naar de mogelijkheden van data in plaats van de beperkingen hiervan. Wel streeft men naar zo goed mogelijke data door onder meer kennis uit te wisselen over sensoren, de juiste manier van meten en het bieden van de mogelijkheid om sensoren te kalibreren bij een meetstation uit het nationale luchtmeetnet (Zie: https://www.luchtmeetnet.nl/).

Burgerwetenschappers en luchtkwaliteit-specialisten hebben in dit proces geregeld contact. Een belangrijke rol in de communicatie met burgerinitiatieven wordt gevormd door de site Samenmeten.nl. Deze site biedt duidelijke publiekscommunicatie over de mogelijkheden en beperkingen van meten met behulp van tekst, visuals en korte filmpjes. Als onderdeel van Samenmeten.nl wordt via een zogenoemd dataportaal (Samenmeten.rivm.nl), informatie uit burgermetingen ontsloten.

2.2.2 Geluid en gezondheid

2.2.2.1 Hinder

Het is bekend dat verschillende (gezondheid)effecten met omgevingsgeluid in verband kunnen worden gebracht. Het gaat onder meer om verstoring van activiteiten, gedragsmatige responsen (bijvoorbeeld het sluiten van ramen), ‘psychische’ responsen zoals hinder, acute fysiologische responsen, zoals verandering in slaap-stadia, of veranderingen in bloeddruk, cognitieve responsen (bijvoorbeeld effecten op de leerprestaties van kinderen), chronische fysiologische responsen, zoals hypertensie en aandoeningen zoals hartvaatziekten, diabetes, depressie. Niet voor alle effecten is de bewijslast even sterk.

Hinder is het meest beschreven en onderzochte gezondheidseffect van omgevingsgeluid. De Gezondheidsraad omschrijft dit als “een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt” (Gezondheidsraad, 1999). Of iets als hinderlijk wordt ervaren of niet, verschilt per persoon. Analoog aan de definitie van gezondheid die de Wereldgezondheids Organisatie (WHO) hanteert, beschouwen we hinder als een gezondheidseffect. Daarnaast kan chronische hinder ook als een stressor worden beschouwd die met andere gezondheidseffecten is geassocieerd.
Doorgaans meten we hinder als onderdeel van een vragenlijstonderzoek, zoals toegepast voor het bepalen van de blootstelling-responsrelaties voor langdurige blootstelling aan vliegtuiggeluid (Van Poll et. al. 2023). Daarbij krijgen deelnemers de vraag om op een schaal van 0 tot 10 aan te geven in welke mate ze het afgelopen jaar worden gehinderd door het geluid van een bepaalde

bron. De manier van het meten van hinderbeleving is vastgelegd in een ISO-norm.[4]

2.2.2.2 Onderzoek naar kortetermijnhinder

In het citizen science-onderzoek dat in deze rapportage wordt gepresenteerd, kijken we naar zogenaamde *kortetermijnhinder*.[5] Dit is anders dan acute hinder, waarbij het gaat om momentane gevoelens van ongenoegen die optreden tijdens of direct na het passeren van een vliegtuig. In tegenstelling tot acute hinder verwijst kortetermijnhinder volgens de literatuur echter naar de hinder die optreedt bijvoorbeeld het uur of de dag nadat het geluidevent is opgetreden (Bartels et al., 2015) (Schreckenberg & Schuemer, 2010). Laatstgenoemde hinder wordt vaak onderzocht in relatie tot de effecten van nachtelijk geluid op slaap. In dat onderzoeksveld is het namelijk redelijk gebruikelijk om naar de effecten van nachtelijke geluidevents te kijken; in relatie tot hinder is het minder gebruikelijk.

In het verleden is er een aantal studies uitgevoerd dat onderzoek heeft gedaan naar kortetermijnhinder (Stearns et al., 1983): in een Amerikaans onderzoek uit de jaren tachtig moesten achttiendeelnemers die in de buurt van een luchthaven woonden gedurende vijf dagen een dagboek bijhouden wanneer ze werden gehinderd (event-related noise annoyance), bij welke activiteit dat was en waar ze op dat moment waren. Daarnaast werden de deelnemers uitgerust met digitale geluidsmeters waarmee elk vlieggeluid-event werd vastgelegd. Verder kon gebruik worden gemaakt van de data van de monitoringssystemen van de betreffende luchthavens. In de jaren negentig voerden Schomer en Wagner een onderzoek uit naar de waarneembaarheid (noticeability) van omgevingsgeluid en hinder per event met palm-top-computers (Schomer & Wagner, 1996). In 2004 presenteerden Schreckenberg et al. een studie waarin ze 1.200 personen interviewden die verspreid woonden in vier gebieden waar geluid van wegverkeer dominant was en twee gebieden waarin geluid van railverkeer de dominante bron was. Zowel hinder als verstoring van activeiten werd gemeten. Uit de groep van 1.200 deelnemers werd een groep van 120 personen geselecteerd waarin de hinder per uur werd gemeten gedurende vier dagen met behulp van elektronische dagboekjes. Daarnaast werd voor elke deelnemer het equivalente geluidniveau (Leq) per uur berekend (Schreckenberg et al., 2004). In 2010 presenteerden Schreckenberg & Schuemer een nieuwe studie waarin ze invloed van zogenaamde niet-akoestische factoren op kortetermijnhinder en verstoring door geluid van vliegverkeer probeerden te onderzoeken. Daarbij maakten ze gebruik van data die verzameld was tijdens een vragenlijstonderzoek dat was uitgevoerd in 2005 onder 2.312 personen die verspreid over 66 gebieden in de buurt van de luchthaven van Frankfurt woonden. Uit deze groep van deelnemers werden 200 personen geselecteerd die gevraagd werden om gedurende vier dagen van zeven uur in de ochtend tot 11 uur in de avond elk uur aan te geven in welke mate ze gehinderd waren door het geluid van vliegtuigen.

[4] https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:15666:ed-2:v1:en,
[5] In dagboekonderzoek noemt men dit ook wel time-sampling.

2.2.2.3 Onderzoek naar langetermijnhinder

Het RIVM onderzoekt doorgaans alleen de effecten van langdurige blootstelling aan geluid, waarbij voor het meten van hinder gebruik wordt gemaakt van vragenlijst-onderzoeken. De gemeten hinder wordt daarbij gekoppeld aan jaargemiddelde gewogen, equivalente geluidniveaus (L_{den}) die zijn berekend met behulp van geluidmodellen. Vervolgens worden er op basis van deze data zogenaamde blootstelling-respons- (BR) relaties afgeleid. Dit zijn relaties die voor een range van jaargemiddelde equivalente geluidniveaus aangeven wat de kans op (ernstige) hinder is. Dergelijke BR-relaties zijn belangrijk voor beleid. Zo kunnen ze bijvoorbeeld worden gebruikt om normen mee vast te stellen of om een schatting te maken van het verwachte aantal mensen dat ernstig gehinderd wordt. De BR-relaties zeggen echter vaak alleen iets over de kans op ernstige hinder bij een groep bewoners van een gebied. Ze zijn niet geschikt om uitspraken te doen over de hinderbeleving van individuele burgers.

Dat zit hem in een aantal dingen: Op de eerste plaats houden ze geen rekening met de specifieke situatie waarin de blootstelling plaatsvindt. Daarnaast is het de vraag of een maat als de jaargemiddelde L_{den} de beste voorspeller is voor hinder. Sterker nog, uit eerder onderzoek naar kortetermijnhinder is gebleken dat jaargemiddelde equivalente geluidniveaus de variatie in de waargenomen hinder niet alleen kunnen verklaren. Ook andere akoestische parameters, zoals het aantal events, maximale geluidsniveaus, de duur van de blootstelling et cetera zijn van invloed op de gerapporteerde kortetermijnhinder (Bartels et al 2015). Studies die hinder of andere gezondheidseffecten die optreden na langdurige blootstelling bestuderen, zijn echter lang niet altijd in staat naar de invloed van dit soort geluidparameters te kijken.

2.2.3 Citizen science als kans voor kortetermijnhinderonderzoek

De kortetermijneffecten van geluid worden door het RIVM tot nog toe niet/nauwelijks onderzocht, waardoor er weinig ervaring mee is. Dit citizen science-onderzoek biedt een mooie gelegenheid om op dit gebied ervaring op te doen. Bovendien kunnen dit soort studies, zoals eerder genoemd, leiden tot een nog beter begrip van het concept hinder. Hieronder schetsen we de belangrijkste kenmerken van de benadering in dit onderzoek.

2.2.3.1 Kleinschaligheid

Een eerste kenmerk van de aanpak is kleinschaligheid. Er is wat betreft citizen science-studies geen vastgelegde methodologie, maar in de onderzoeken van het RIVM is het aantal deelnemers tot nog toe veel kleiner (enkele tientallen) dan in een grootschalig epidemiologisch onderzoek. Deze beperking komt ook voort uit het feit dat citizen science, in de door het RIVM gehanteerde level 3- (participatory science) aanpak, een mengvorm is van kwalitatief onderzoek, samen de vraagstelling formuleren, en kwantitatief onderzoek. Om de groep in de kwalitatieve fase te kunnen hanteren, kan het aantal deelnemers niet te groot zijn. In een eventueel vervolgonderzoek zou de ontwikkelde aanpak met een grotere groep deelnemers op bijvoorbeeld level 2 kunnen worden uitgevoerd.

2.2.3.2 Dagboekonderzoek met een app

Een tweede kenmerk van het onderzoek in dit rapport is dat er niet per se twaalf maanden teruggekeken hoeft te worden. Bij gebruik van een app met daarin een heel korte vragenlijst, kan men ook terugkijken op een dagdeel dat net gepasseerd is (bijvoorbeeld de avond). Op deze wijze kunnen deelnemers bijvoorbeeld viermaal per dag aangeven in welke mate men in een dagdeel gehinderd was. Om deze hinder te onderscheiden van de hinder die in het epidemiologisch vragenlijstonderzoek uitgevraagd wordt, spreken we van kortetermijnhinder.

Op het moment van schrijven is een onderzoek gepubliceerd naar geluid van treinen in Horst aan de Maas, waarin ook een citizen science-benadering gevolgd wordt (Vegt et al., 2024). Daarnaast is in het onderzoek in Horst aan de Maas ook gebruikgemaakt van meer gangbare technieken: namelijk het meten van hinder na langdurige blootstelling met behulp van een vragenlijstonderzoek (zie: https://www.rivm.nl/publicaties/burgermeetnetwerk-spoor-america-geluidhinder-door-treinverkeer). Het citizen science-onderzoek waarover dit rapport rapporteert, gebruikt deze traditionele technieken bewust niet, omdat we met behulp van dagboekonderzoek de (effecten van) variatie in blootstelling willen onderzoeken.

Een voordeel van een onderzoek dat over een korte periode terugkijkt, is dat het gericht uitgevoerd kan worden in de zomerperiode waarin mensen vaker in en om hun huis leven met de ramen open, terwijl het vliegverkeer piekt als een gevolg van vakanties. Een gerelateerd punt is dat deelnemers uit een meetperiode van een aantal maanden een aantal weken kunnen selecteren, waarin de overlast door de windrichting en het bijbehorende baangebruik het ergste is. Dit laatste droeg, zo bleek uit gesprekken in bijeenkomsten, zeer bij aan het gevoel van de deelnemers dat ze serieus genomen werden in hun klachten en dat het om een onafhankelijk onderzoek ging.

2.2.3.3 Gericht op de vragen van burgers

Een derde kenmerk van dit citizen science-onderzoek naar geluid en gezondheid is dat de mensen die zich aanmelden op voorhand al aangeven dat zij gehinderd zijn door vliegverkeer. Op hun verzoek is expliciet gekeken naar de invloed van indicatoren voor aantallen in de verklaring van hinder. Bijvoorbeeld het aantal vliegtuigen dat (per uur) op een specifiek dagdeel passeert, het aantal aaneengesloten vliegtuigpassages (blokken), de hoogte waarop vliegtuigen passeren of de hoeveelheid rust (afwezigheid van vliegtuiggeluid). Deze gegevens zijn af te leiden uit de vluchtgegevens van vliegtuigen. Ook kan er meteo-informatie zoals windrichting en buitentemperatuur in de analyses worden meegenomen.

2.2.3.4 Kwantitatief onderzoek

Op deze wijze kan er voor de dagdelen waarover de deelnemers aan het citizen science-onderzoek rapporteren een grote hoeveelheid data gecombineerd worden, waarop statistische analyses uitgevoerd kunnen worden. Als het aantal ingevulde vragenlijsten groot genoeg is, kunnen er modellen voor een kleine groep deelnemers gemaakt worden. Naast de dosis-responserelaties tussen geluid en kortetermijnhinder kunnen er

dosis-responserelaties voor aantallen vliegtuigen en kortetermijnhinder en vlieghoogte en kortetermijnhinder opgesteld worden.

2.2.3.5 Motivatie van de deelnemers

Het ander verschil tussen de citizen science-opzet in dit rapport en het meeste epidemiologische onderzoek naar geluid en gezondheid is de motivatie van de deelnemers. Zij willen een bijdrage leveren aan het verbeteren van hun leefomgeving en worden door mee te doen aan dit onderzoek hiertoe in de gelegenheid gesteld. Het zelf meten van geluid vormt hierin een concrete en 'tastbare' bijdrage. Dit wordt gedaan met kleine, goedkope geluidmeters in de tuinen of op de balkons van de burgeronderzoekers. Het voordeel is dat op deze wijze geen geluidevents bij voorbaat worden uitgesloten en dat er bij de deelnemers geen twijfel is dat de geluidblootstelling rond hun woning correct wordt meegenomen. Dit is een belangrijke motivatie voor hun bijdrage aan de rest van het onderzoek.

Omdat de kwaliteit van de geluidsensoren met klasse 1-meters is vergeleken en als goed is beoordeeld, zijn er weinig twijfels over de betrouwbaarheid van de gemeten geluiddata. De belangrijkste beperking is dat niet al het gemeten geluid vliegtuiggeluid is. Denk bijvoorbeeld aan geluid van een nabijgelegen weg of het geluid van bouwwerkzaamheden. Het gevolg is dat er vliegtuiggeluid onderscheiden moet worden door een koppeling te maken tussen een geluidevent (gebeurtenis) en vluchtgegevens die duidelijk maken of er al dan niet een vliegtuig passeert. De mate waarin dit op een specifieke locatie mogelijk is, bepaalt of de geluiddata voor het koppelen met belevingsdata aangaande vliegverkeer bruikbaar zijn.

3 Achtergrond

3.1 Akoestische begrippen

Door de jaren heen zijn er verschillende manieren gebruikt voor het weergeven van het geluidniveau (geluid per individuele vliegbeweging)en de geluidbelasting (geluid over een langere periode, doorgaans een jaar) door vliegtuiggeluid. Hieronder volgt een korte toelichting van enkele geluidtermen die in dit rapport voorkomen.

dB(A)
De hoeveelheid geluid wordt uitgedrukt in decibellen (dB). Geluidmaten voor vliegtuiggeluid worden uitgedrukt in 'A-gewogen decibel', ofwel dB(A). Door deze weging, tellen vooral lagere frequenties net als bij het menselijk gehoor minder zwaar mee. De decibel drukt een verhouding uit ten opzichte van een bepaalde referentie, in dit geval de gehoordrempel. Alle geluidniveaus in dit rapport zijn A-gewogen.

L_{max}
De L_{max} is het maximale geluidniveau dat gedurende een bepaaldetijdsperiode is vastgesteld. In de context van vliegtuiggeluid wordt gebruikelijk gesproken over de L_{max} van een individuele vliegtuigpassage. Zo ook in dit rapport.

L_{min}
De L_{min} is het minimale geluidniveau dat gedurende een bepaalde tijdsperiode is vastgesteld. De geluidmeters produceren deze geluidmaat. Deze is verder niet gebruikt in de analyse.

SEL
Het sound exposure level (SEL) is het geluiddrukniveau dat gedurende 1 seconde dezelfde hoeveelheid energie (dosis) vertegenwoordigt als het werkelijke geluid gedurende een periode, bijvoorbeeld een vliegtuigpassage. Het is de basis voor de berekening van onder andere de L_{den} en de L_{night}.

L_{den}
De L_{den} is een dosismaat die onder andere wordt voorgeschreven in Europese regelgeving. De 'den' staat voor 'day-evening-night'. Het is een etmaalwaarde met verschillende wegingen voor dag, avond en nacht, waarbij het verloop van het geluidniveau gedurende de gehele passage wordt meegenomen. De L_{den} wordt bepaald op basis van de geluidniveaus buitenshuis en het is een jaargemiddelde.

L_{night}
Ook dit is een door Europese regelgeving voorgeschreven dosismaat. De L_{night} is op een vergelijkbare wijze gedefinieerd als de L_{den} (dus gebaseerd op geluidniveaus buitenshuis), maar dan alleen voor de nacht, en zondertoepassing van weegfactoren. Ook bij de L_{night} gaat het om jaargemiddelde geluidniveaus.

NAx
De NAx is het aantal vliegtuigpassages per tijdsperiode (bijvoorbeeld een jaar) waarbij het maximale geluidniveau (L_{Amax}) een bepaalde waarde, uitgedrukt in dB(A), overschrijdt. Dit wordt aangeduid met NumberAbove. In onderzoeken wordt veelal de NA60, NA65, NA70 als indicator gebruikt. Deze geluidmaat is ook afhankelijk van de periode waarover de vliegtuigpassages worden geteld. Vaak wordt de NAx per jaar bepaald, maar in dit onderzoek kijken we naar vliegtuigpassages per dagdeel. Omdat niet alle dagdelen even lang duren, is hieruit ook een afgeleide NAx per uur bepaald voor elk dagdeel.

L_t
De L_t is het geluidniveau wat maximaal t seconden wordt overschreden. Bijvoorbeeld, stel dat L_{20}=70dB. Dat betekent dat het geluidniveau 20 seconden lang hoger was dan 70dB. Net als bij de NA_X geldt hiervoor ook dat in dit onderzoek wordt gekeken naar de L_t per dagdeel en de afgeleide L_t per uur.

3.2 Respijt

De behoefte aan rustperiodes van omwonenden is het gevolg van de manier waarop het geluid van vliegtuigen verdeeld wordt. Dit noemen we 'respijt'. In een wetenschappelijke review van de literatuur over de rechtvaardigheid van vliegtuiggeluid, stellen Hauptvogel et al. (2021) dat er verschillende manieren van verdeling van vliegtuiggeluid voorstelbaar zijn:

1. Vliegtuiggeluid wordt zo verdeeld dat de verhouding tussen de nadelen (bijvoorbeeld de last van geluidblootstelling) en de voordelen van de luchthaven in de buurt gelijk zijn voor alle omwonenden.
2. Geluid moet gelijk verdeeld worden over zo veel mogelijk omwonenden, ongeacht de samenstelling van de bevolking en andere vormen van milieubelasting.
3. Omwonenden met speciale behoeften (bijvoorbeeld kinderen, zieken of ouderen) moeten zoveel mogelijk tegen geluid beschermd worden.
4. Geluid moet zo verdeeld worden dat het grootste aantal omwonenden niet gehinderd wordt, zelfs als dit impliceert dat sommige omwonenden een erg hoge geluidbelasting ervaren.

De auteurs stellen echter dat op basis van wetenschap niet beantwoord kan worden welke van deze principes toegepast zouden moeten worden om tot een als meest eerlijk gepercipieerde verdeling te komen. Verschillende groepen belanghebbenden zullen een voorkeur hebben voor een andere verdeling.

Hauptvogel et al. beoordeelden in hun review ook de mate waarin inzichten uit onderzoek naar interventies toepasbaar zijn bij de verdeling van vliegtuiggeluid. In hun beoordeling betrokken zij de ervaringen naar het toepassen van rustperiodes rond de luchthaven Londen Heathrow, waarin men probeert een optimale verdeling over start- en landingsbanen te vinden (Anderson Acoustics, 2016) en de ervaringen rond de luchthaven Frankfurt (Schreckenberg et al. 2016). De auteurs concluderen in de review dat onderzoek geen aanwijzingen biedt voor

het manipuleren van de verdeling van geluid in tijd en ruimte om de hinder te laten afnemen. Dit is dus niet makkelijk toepasbaar. De benadering van rustperiodes rond Heathrow wordt er overigens door lokale belangengroepen van verdacht dat dit voornamelijk een poging is om meer vliegen mogelijk te maken (Airportwatch, 2018). Dit maakt dat je ook in de Nederlandse context de bedoelingen van onderzoek naar rustperiodes goed moet uitleggen.

3.3 Geluidgevoeligheid

Geluidgevoeligheid is een van de meest onderzochte en meest invloedrijke persoonlijke factoren die zijn onderzocht in relatie tot hinder door geluid. Mensen verschillen in de mate waarin zij gevoelig zijn voor geluid. Geluidgevoeligheid kan het beste worden omschreven als 'een toestand van het individu, die een verhoogde reactie op geluid veroorzaakt'. Dit kan een biologische, psychologische of leefstijl-gerelateerde achtergrond hebben en een tijdelijk of stabiel persoonlijkheidskenmerk zijn (RIGO, 2005). Er doen verschillende hypotheses de ronde over de oorzaak van geluidgevoeligheid: zo zou geluidgevoeligheid het gevolg kunnen zijn van bijvoorbeeld een fysieke aandoening en/of mentale stoornis. Daarnaast kan het ook een kwestie van aanleg zijn: ze zijn dan al direct vanaf de geboorte geluidgevoelig of het wordt getriggerd door omgevingsstressoren als geluid (Van Kamp & Davies, 2013). Geluidgevoeligheid wordt vaak gemeten als onderdeel van een vragenlijst of interview met behulp van een of meerdere vragen. Een van de meest bekende instrumenten is de Weinstein Noise Sensitivity- (WNS) schaal.

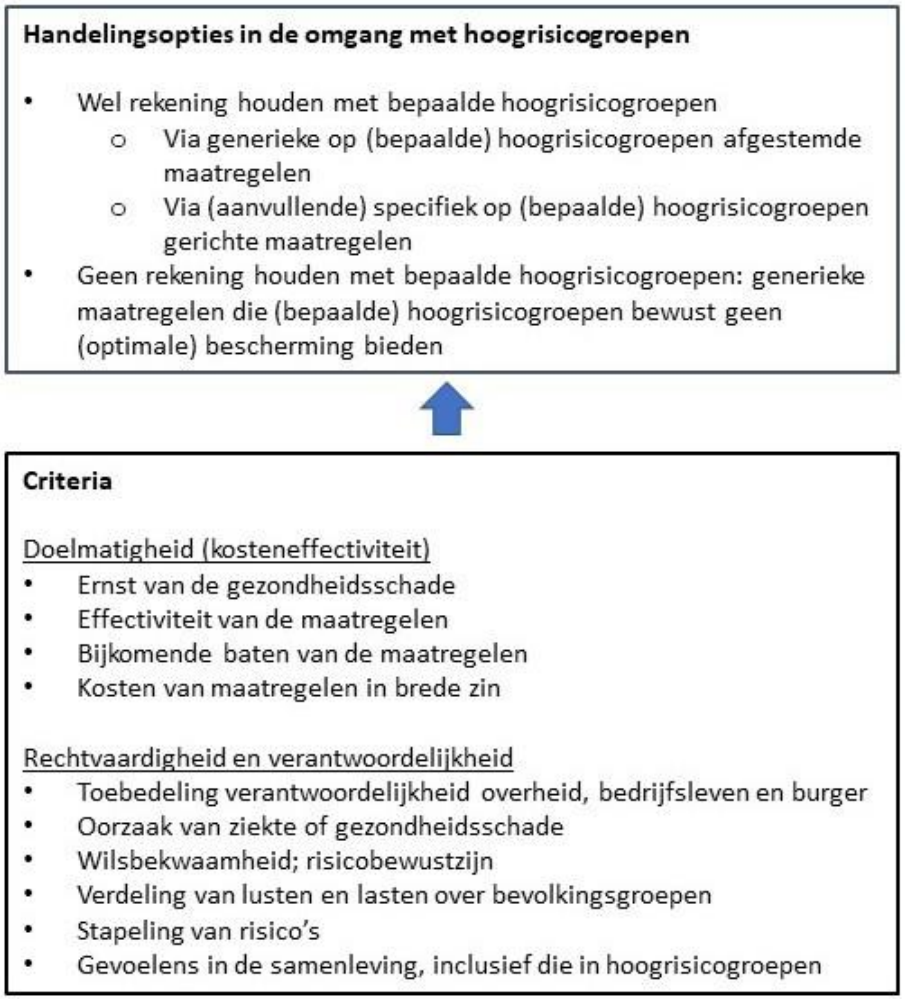
Geluidgevoeligheid & vliegverkeer
Naarmate mensen meer geluidgevoelig zijn, rapporteren ze meer hinder. Er is ook onderzocht in hoeverre geluidgevoeligheid van invloed is op de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder. De bevindingen van de verschillende studies zijn niet geheel consistent: Uit een analyse van Miedema & Vos (1999) bleek dat de relatie tussen geluid van vliegverkeer en hinder sterker zou zijn naarmate men meer geluidgevoelig was. Deze waargenomen verschillen bleken statistisch significant te zijn. Van Kamp et al (2004) onderzochten het effect van geluidgevoeligheid op hinder van vliegtuiggeluid bij drie verschillende luchthavens (Sydney, Schiphol, Heathrow). Dit onderzoek laat zien in welke mate geluidgevoeligheid in een gebied met een straal van 25 km rond de luchthaven voorkomt. In het onderzoek wordt de geluidgevoeligheid opgedeeld in laag, middel en hoog. De respondenten blijken bij alle drie de luchthavens min of meer gelijk verdeeld over deze categorieën (1/3 laag; 1/3 middel; 1/3 hoog). Ook gaat men met behulp van een statistische analyse na in hoeverre hinder van vliegverkeer verklaard kan worden door geluidgevoeligheid. Het effect in de regio Schiphol is duidelijk groter dan in de onderzoeken rondom Sydney en Heathrow. In deze laatste twee onderzoeken vindt men niet dat naarmate de geluidniveaus toenemen er tussen groepen (laag, middel, hoog geluidgevoelig) sterkere verschillen ontstaan in de hinder. Er is dus geen sprake van een zogenaamd interactie-effect.

Ook in het derde vragenlijst-onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) is de interactie

onderzocht tussen geluid van vliegverkeer en geluidgevoeligheid in de relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder (Houthuijs & van Wiechen, 2006). Uit de analyses bleek dat naarmate men meer geluidgevoelig is, de prevalentie van ernstige hinder toeneemt bij een gegeven geluidbelastingniveau (uitgedrukt in L_{den}). Bij het laagste geluidbelastingniveau (<45 dB L_{den}) hebben verschillen in geluidgevoeligheid nauwelijks invloed op de prevalentie van ernstige hinder. Bij het hoogste geluidbelastingniveau (≥ 60 dB L_{den}) is de prevalentie van ernstige hinder hoger in de groepen personen die relatief erg geluidgevoelig zijn in vergelijking met de groepen personen die relatief minder geluidgevoelig zijn of dat zelfs niet zijn.

3.4 Hoogrisicogroepen

Mensen verschillen in de mate waarin ze risico lopen op ziekte en gezondheidsschade. In hoeverre beleid afgestemd moet worden op hoogrisicogroepen hangt van veel factoren af (Gezondheidsraad, 2011).

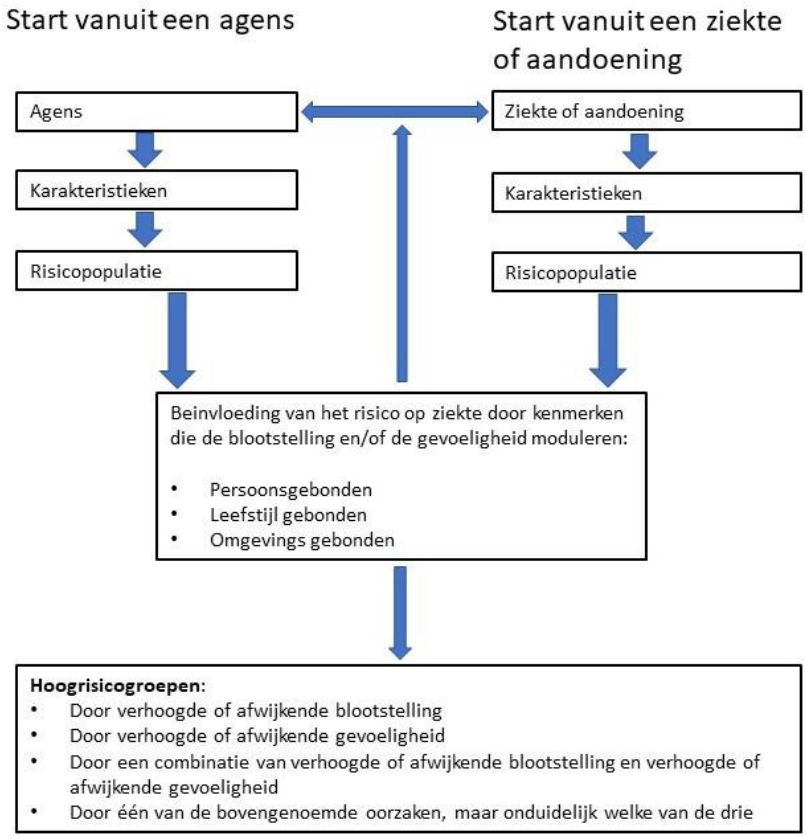


Figuur 3.4.1 Afwegingskader bij de omgang met hoogrisicogroepen (Bron: Gezondheidsraad, 2011).

Een besluit hierover vergt veel kennis en lastige normatieve afwegingen. Wie zijn die groepen precies, hoe groot zijn ze en waar komt hun

verhoogde risico vandaan? Heeft het met eigen gedrag en keuzes te maken? Hoe ernstig is de schade die zij kunnen oplopen en welke maatregelen zijn daartegen te nemen? Hoe effectief zijn die en wat zijn de bijbehorende kosten? Afhankelijk van de antwoorden kan een keuze gemaakt worden om maatregelen voor de hele bevolking af te stemmen op de gevoeligste groepen, om aparte maatregelen te treffen voor specifieke groepen of om (bepaalde) hoogrisicogroepen onbeschermd te laten (Figuur 3.4.1).

Niet altijd is even duidelijk in hoeverre bij de besluitvorming rekening is gehouden met bepaalde hoogrisicogroepen en of daaraan bewuste keuzes ten grondslag liggen. Figuur 3.4.2 geeft een beoordelingskader dat gebruikt kan worden om hoogrisicogroepen te identificeren. Zo wordt meestal wel rekening gehouden met factoren als leeftijd en geslacht, maar lang niet altijd met leefstijl, genetische achtergrond, ziekte en omgevingsgebonden factoren. Dit verschilt bovendien per beleidsterrein. Volgens de Gezondheidsraad kan de overheid de keuzes over hoogrisicogroepen consistenter en systematischer maken en ook beter expliciteren.



Figuur 3.4.2 Beoordelingskader voor de identificatie van hoogrisicogroepen (Bron: Gezondheidsraad, 2011).

3.5 Niet akoestische factoren

Geluidhinder ontstaat op de eerste plaats omdat mensen worden blootgesteld aan geluid. Niet alleen de decibellen spelen een rol. Ook andere factoren die direct zijn gerelateerd aan de blootstelling zijn van

belang voor de mate van hinder. Dan gaat het om (i) de karakteristieken van het geluid waaraan men is blootgesteld (bijvoorbeeld frequenties, aantal events, maximale niveaus of aanwezigheid van meerdere geluidbronnen), en (ii) maatregelen die de blootstelling aan geluid reduceren (bijvoorbeeld raamisolatie, beschikbaarheid stille zijde woning). Daarnaast zijn er ook factoren die niets met het fysieke geluid te maken hebben, die de mate van hinder kunnen beïnvloeden. De ervaring door het geluid wordt immers niet alleen door het geluid zelf, maar ook door allerlei andere factoren bepaald. Het gaat dan bijvoorbeeld om de houding ten opzichte van diegene die het geluid veroorzaakt, verwachtingen, coping, idee van beheersbaarheid of geluidgevoeligheid. In de praktijk worden deze factoren aangeduid als niet-akoestische factoren of co-determinanten. Ze omvatten een groot aantal factoren en worden vaak onderverdeeld in persoonlijke, contextuele en sociale factoren (Van Kempen & Simon, 2019). Inzicht in hoe de verschillende akoestische factoren met hinder, maar ook onderling, samenhangen is relevant. Het kan namelijk aanknopingspunten bieden om maatregelen te ontwikkelen die de hinder beperken of verminderen.

3.6 Vergelijken tussen korte en langetermijnhinder

Schreckenberg en Schuemer (2010) vergeleken korte en langetermijnhinder: zij beschikten in hun onderzoek namelijk over bijna 200 deelnemers die deel hadden genomen aan zowel een vragenlijstonderzoek waarin hinder op dezelfde manier is gemeten als in de GGD Gezondheidsmonitor, als aan een onderzoek waarin ze ieder uur moesten registreren in welke mate ze gehinderd waren door het geluid van vliegverkeer. Naast hinder werden er in het onderzoek in beide gevallen nog andere factoren gemeten. Het betreft zowel andere kenmerken van het geluid (bijvoorbeeld aantal events en maximale geluidniveaus), als operationele factoren (bijvoorbeeld starts- en landingen) en verschillende co-determinanten. Het onderzoek vond in beide gevallen plaats in de buurt van de luchthaven Frankfurt. Er zijn op een aantal punten vergelijkingen uitgevoerd. Zo is er gekeken naar de correlaties tussen de verschillende blootstellings-indicatoren en de twee typen hinder. De correlaties tussen indicatoren als Lmax, LAeq6-22hr en NAx en langetermijnhinder varieerden tussen 0,22 en 0,43; de correlaties tussen LAeq, Lmax en NAx (gemeten) en kortetermijnhinder varieerden tussen 0.23 en 0,42. Bij zowel korte als langetermijnhinder bleken vooral de NAx het sterkste te zijn gecorreleerd. Daarnaast werden er regressieanalyses uitgevoerd, waarbij de associatie met zowel lange als kortetermijnhinder werd onderzocht. Qua co-determinanten bleken de volgende factoren een rol te spelen bij zowel korte als langetermijnhinder: negatieve verwachtingen en vertrouwen in hetgeen de autoriteiten doen. Daarbij bleek de invloed van verwachtingen bij het model voor kortetermijnhinder wel een stuk kleiner te zijn dan in het model voor langetermijnhinder. In relatie tot langetermijnhinder bleek ook nog de angst voor vliegverkeer, en de mentale gezondheid een rol te spelen (bij kortetermijnhinder juist niet). In relatie tot kortetermijnhinder bleken bezorgdheid over milieu/sociale problemen en geluidgevoeligheid juist een rol te spelen. Opmerkelijk genoeg kwam geluidgevoeligheid bij langetermijnhinder niet bovendrijven als een belangrijke factor. In de regressie modellen waren naast een reeks aan

co-determinanten ook het equivalente geluidniveau meegenomen (gemeten/gemodelleerd). In het model voor kortetermijnhinder, bleek dat het equivalente geluidniveau een sterkere voorspeller was dan de LAeq 6-22hr in het model voor langetermijnhinder. Tenslotte hebben de onderzoekers juist nog gekeken naar de correlatie tussen korte en langetermijnhinder aan de ene kant en verstoringen van activiteiten op de korte en lange termijn aan de andere kant. Ook daar zag je weinig verschillen tussen lange en kortetermijnhinder.

4 Werving en selectie van deelnemers

4.1 Op pad zonder volledig vastgelegde vraagstelling

Zoals uit het inleidende hoofdstuk blijkt, zijn er verschillende niveaus waarop burgers bij een citizen science-onderzoek betrokken kunnen zijn. In het onderzoek naar vliegtuiggeluid met omwonenden is er expliciet gekozen voor minimaal niveau 3 'participatory science' (zie Figuur 2.1.1), waarin omwonenden samen met de wetenschappers bepalen wat de vraagstelling zal zijn en een bijdrage leveren aan het verzamelen van gegevens. Als daar bij deelnemers behoefte toe was, was niveau 4 'extreme' ook een optie. In de praktijk bleek 'participatory science' de beste beschrijving van de deelname van omwonenden in het onderzoek.

Het gevolg van deze benadering is dat dat we niet met een al vastlegde vraagstelling op pad gingen om deelnemers aan het citizen science-project te werven. In feite was er slechts een ruw idee over hoe het citizen science-onderzoek met hoogrisicogroepen eruit zou komen te zien. De kern was dat:

1. We een onderzoek wilden doen naar het belang van rustperiodes met omwonenden van luchthavens die zelf hebben aangegeven intensief aan vliegtuiggeluid te zijn blootgesteld en;
2. We een onderzoek wilden doen naar de beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen met omwonenden van luchthavens die zelf aangeven geluidgevoelig te zijn.

4.2 Werven

De onderzoeksdeelnemers zijn in juli tot en met september 2021 via verschillende kanalen geworven. Een eerste stap was een bericht in de Samen Meten-nieuwsbrief (zie Bijlage A). Daarnaast is er gebruikgemaakt van de sociale mediakanalen van het RIVM. Aanvullend is aan Schipholwatch (https://schipholwatch.nl/) en aan de Nederlandse Stichting Geluidhinder (https://nsg.nl/nl/home) gevraagd of zij een stukje op hun website wilden plaatsen. In de uitnodiging stond een link naar een aanmeldingsformulier, waarin men kon aangeven voor welk citizen science-onderzoek men belangstelling had: respijt, geluidgevoeligheid of beiden. Ook werd gevraagd of de aanmelder zichzelf als 'geluidgevoelig' beschouwd. Voor het aanmelden voor het onderzoek naar respijt werd als voorwaarde gesteld dat men nabij de luchthaven Schiphol woonde. Voor het aanmelden voor het onderzoek naar de beleving van geluidgevoeligen was het niet noodzakelijk dat men nabij een luchthaven woonde. Dit resulteerde in 147 aanmeldingen. Hoewel het in eerste instantie de bedoeling was om met 2 x 12 deelnemers te werken, zijn er uiteindelijk 2 x 14 = 28 deelnemers geselecteerd. Dit was het gevolg van de zeven ruimtelijke clusters, waarin de aanmelders in te delen waren. Door de groepen iets groter te maken, kon hiermee rekening gehouden worden.

4.3 Selecteren

4.3.1 Groep respijt

De adressen van de aanmeldingen zijn op een kaart van Nederland geplot. Het bleek mogelijk om rond de luchthaven Schiphol zeven ruimtelijke clusters te identificeren. Voor de veertien deelnemers in de groep 'Respijt' zijn uit deze clusters steeds twee deelnemers geselecteerd. Hierbij werd enigszins rekening gehouden met achtergrondvariabelen, zoals geslacht, leeftijd en opleidingsniveau. Een ander criterium was of personen zich al dan niet eerder met vliegtuiggeluid hadden beziggehouden. Gestreefd werd naar een mix van ervaren, goed geïnformeerde actievoerders, vertegenwoordigers van bewonersgroepen en personen met nog weinig ervaring met het onderwerp. Niet geselecteerden zijn op een reservelijst geplaatst. Er zijn brieven verstuurd aan zowel de geselecteerden als de niet-geselecteerden, waarin uitgelegd werd hoe de selectieprocedure verlopen is (zie bijlage A).

Gedurende het selectieproces, of vlak daarna bij het installeren van de geluidmeter, bleek dat drie beoogde deelnemers hun bedenkingen hadden. Redenen die gegeven werden, waren dat deelnemers de benodigde tijd verkeerd hadden ingeschat of doordat er door persoonlijke omstandigheden minder tijd beschikbaar was. Met behulp van de reservelijst zijn vergelijkbare vervangers uit dezelfde ruimtelijke clusters als de afzeggers benaderd.

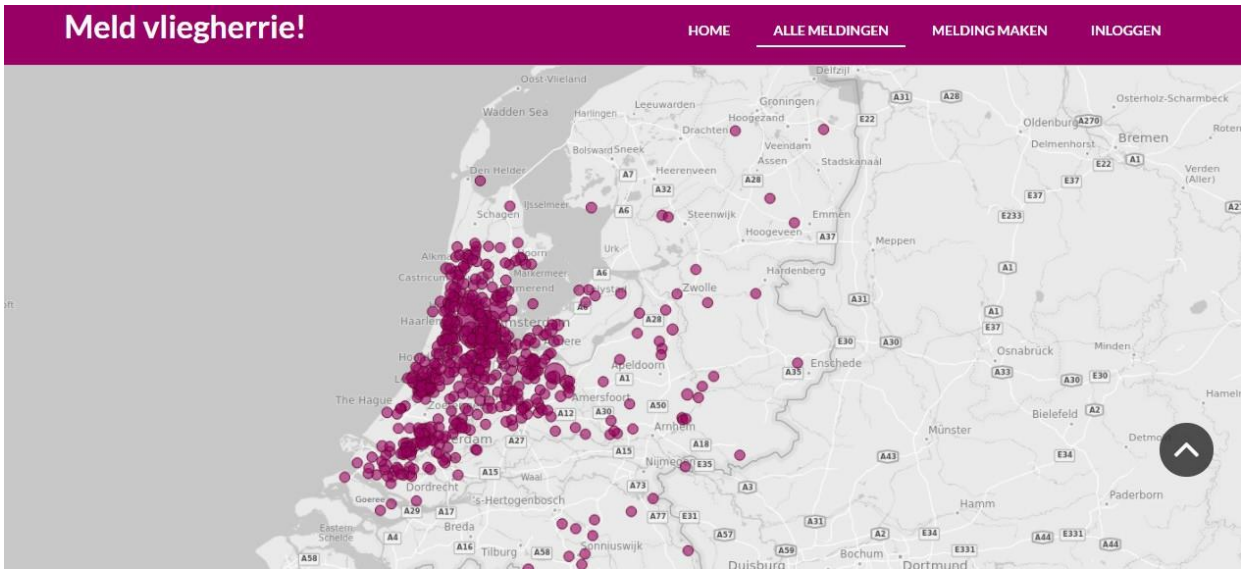
4.3.2 Groep 'Geluidgevoeligen'

Bij het selecteren van onderzoeksdeelnemers naar de beleving door geluidgevoeligen, zouden we in principe de clusters hierboven buiten beschouwing kunnen laten. Toch zijn er redenen om wel hiervan gebruik te maken. De belangrijkste zijn:

1. Dat we dan een vergelijking kunnen maken tussen deelnemers die al dan niet gevoelig voor geluid zijn.
2. Dat er een grotere kans is dat er inderdaad vliegtuigen overvliegen.
3. Dat we kunnen vergelijken met gebieden met minder vliegverkeer.

De keuze werd als volgt: zeven deelnemers uit de verschillende clusters en zeven deelnemers buiten deze clusters. Aanvullende criteria waren dat dat het merendeel van de deelnemers kennis van het onderwerp heeft en dat zij interesse hebben in de beleving van vliegverkeer.

Hoewel een deel van de 147 aanmeldingen voor het onderzoek te maken heeft met Rotterdam/The Hague airport, met Eindhoven Airport en met Maastricht Airport, komt het leeuwendeel van de aanmeldingen uit de omgeving van Schiphol. Daarom zijn er ook zeven deelnemers buiten de clusters uit deze omgeving geselecteerd. Zie hieronder ook ter illustratie de ruimtelijk verdeling van de meldingen op vliegherrie.nl (Figuur 4.3.1). De meeste klachten komen uit de omgeving van Schiphol en waaien uit richting het Oosten. Aan de zuidzijde is er een invloed van Rotterdam/The Hague Airport. Daarom kiezen we de resterende aanmeldingen voor het onderzoek naar de beleving van geluidgevoelige burgers aan de Oostzijde van Schiphol. Gezien het grote geografische gebied en de beperkingen in de omvang van het onderzoek, zijn deze keuzes logischerwijs enigszins willekeurig.



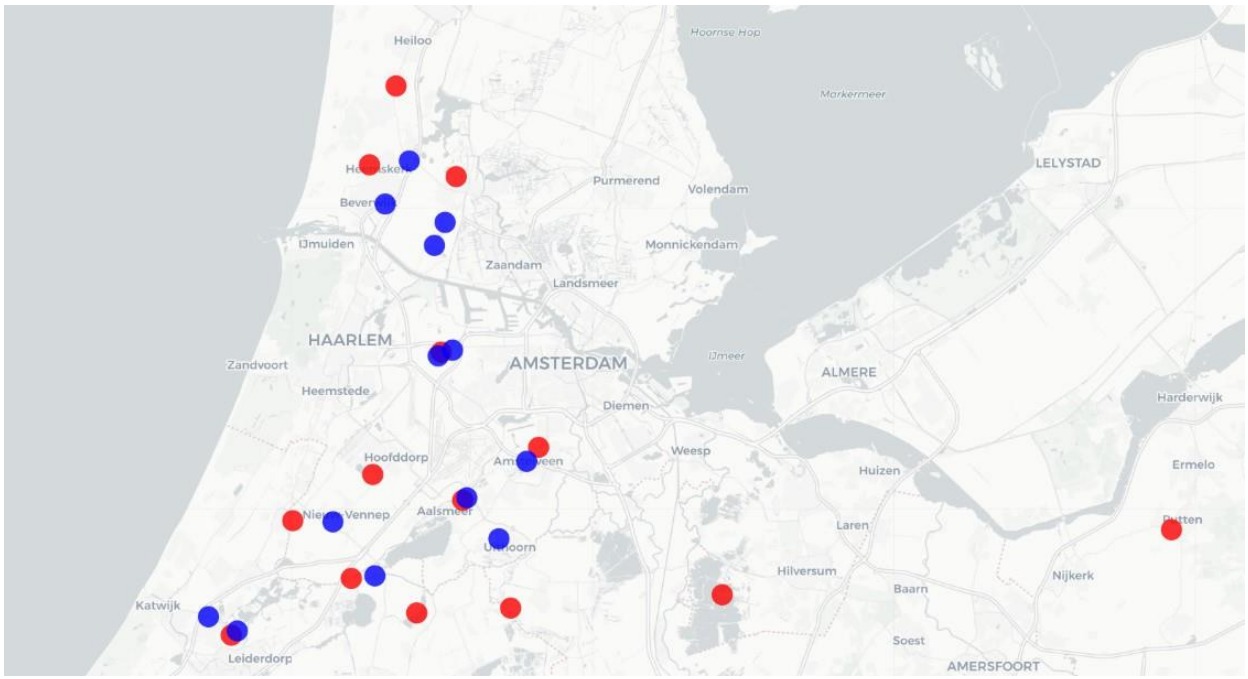
Figuur 4.3.1 Meldingen op vliegherrie.nl (geraadpleegd, 18 september, 2021).

Net als bij de groep 'Respijt', zijn er brieven verstuurd aan zowel de geselecteerden als de niet geselecteerden, waarin uitgelegd werd hoe de selectieprocedure verlopen is. Niet-geselecteerden zijn op een reservelijst geplaatst. Geselecteerden werd gevraagd om eerst een tiental vragen over geluidgevoeligheid te beantwoorden, zodat geverifieerd kon worden dat zij inderdaad geluidgevoelig zijn. Voorbeelden van items in deze schaal zijn: 'Niemand zou zich er wat van aan moeten trekken als iemand de muziekinstallatie af en toe hard aanzet', 'Ik word snel wakker door geluid' en 'Ik word gehinderd als mijn buren lawaaiig zijn'. Zie bijlage B voor alle items (Weinstein, 1978).

Net als bij de groep 'Respijt' bleek dat een aantal van de beoogde deelnemers hun bedenkingen had en toch niet aan het onderzoek wilde meedoen. In deze groep ging het om zes deelnemers. Dit is opgelost door de deelnemers van de reservelijst met zoveel mogelijk vergelijkbare persoonskarakteristieken en uit hetzelfde ruimtelijke cluster te benaderen. Dit was helaas niet altijd mogelijk. Het gevolg is dat uiteindelijk tien deelnemers binnen de ruimtelijke clusters en vier deelnemers buiten de ruimtelijke clusters geselecteerd zijn.

4.4 Resultaat

Het resultaat van de selectieprocedure waren twee gemêleerde groepen van veertien deelnemers. In Figuur 4.4.1 staat een overzicht van de geografische positie van de deelnemers aan het onderzoek. In het blauw wordt de positie van de deelnemers in de groep 'Respijt' weergegeven. De rode bolletjes geven de geografische positie van de deelnemers in de groep 'Geluidgevoeligen' weer. Bijna alle meetlocaties liggen tussen de 1,6 en 23 kilometer afstand van de banen van de luchthaven Schiphol. Eén locatie ligt verder, op 55 km van de luchthaven.



Figuur 4.4.1 Overzicht van de locaties van de deelnemers aan het onderzoek.

Tabel 4.4.1 geeft enkele karakteristieken van de deelnemers in de twee groepen weer. De groep 'Respijt' heeft tien mannen (71%) en vier vrouwen (29%). De meesten geven aan al wat langer met het onderwerp bezig te zijn en er kennis over te hebben. Er is een redelijke mix in leeftijden, opleidingsniveau en motivatie. Het is niet voor iedereen duidelijk hoe men de oproep om mee te doen aan het onderzoek (Bron in Tabel 4.4.1) ontvangen heeft. Het meest waarschijnlijk is de oproep van Schipholwatch, omdat we dit niet als specifieke bron aangegeven hadden.

In de groep 'Geluidgevoeligen' zitten zes vrouwen (43%) en acht mannen (57%). Ook in deze groep geven de meeste deelnemers aan al wat langer met het onderwerp bezig te zijn en er kennis over hebben. Er is een redelijke mix in leeftijden en motivatie, maar de meesten hebben een universitaire of hbo-opleiding. Ook bij deze groep is niet helemaal duidelijk waar (Bron in Tabel 4.4.1) de deelnemers de wervingstekst gelezen hebben. Het belangrijkste verschil in de motivatie in deze groep met de groep 'Respijt', is het in kaart brengen van de beleving van geluidgevoeligen. Ook respijt wordt vaak als motivatie genoemd.

Tabel 4.4.1 Deelnemers in het onderzoek

Kenmerk	**Groep 'Respijt' (N = 14)**	**Groep 'Geluidgevoeligen' (N = 14)**
Geslacht		
Man	71%	57%
Vrouw	29%	43%
Leeftijd		
24-45 jr	29%	15%
45-65 jr	50%	64%
65-85 jr	21%	21%

Kenmerk	Groep 'Respijt' (N = 14)	Groep 'Geluidgevoeligen' (N = 14)
Opleiding		
Mbo	29%	7%
Hbo	29%	57%
Universiteit	42%	36%
Kennis		
Ja	86%	86%
Nee	14%	14%
Motivatie		
Hinder	15%	19%
Meten	17%	18%
Beleving Geluidgevoeligen	7%	16%
Onderzoek	8%	10%
Verbeteren leefomgeving	22%	17%
Respijt	15%	13%
Beleving	13%	7%
Anders	3%	-
Bron		
Twitter	14%	21%
Waag Society	7%	-
Omgevingsraad Schiphol	14%	-
Lokale contacten	14%	-
Anders	51%	79%

5 Ontwikkeling van een vraagstelling

5.1 Online startbijeenkomst

Het citizen science-onderzoek ging van start met twee online-startbijeenkomsten. Door de COVID-19-epidemie waren fysieke bijeenkomsten niet mogelijk. De startbijeenkomst voor de groep 'Respijt' vond plaats op 28/10/21 van 20.00 tot 21.30 uur. De startbijeenkomst voor de groep 'Geluidgevoeligen' was een dag later op hetzelfde tijdstip. In deze bijeenkomsten was er de gelegenheid om kennis te maken, werd uiteengezet dat dit een citizen science-project is, waarbij het RIVM samen met burgers onderzoek doet. Dus dat het van belang is om mee te denken over de aanpak. Wat niet wil zeggen dat er geen beperkingen zijn. Er wordt uitgegaan van het ruwe idee van het RIVM, waarin omwonenden zelf geluid meten en gedurende een periode in de zomermaanden de beleving met een app geregistreerd wordt.

Dit verliep prima, wel was het noodzakelijk om uit leggen en af te spreken dat gezondheidsonderzoek anders dan een onderzoek naar de beleving niet mogelijk was. Dat we ons zouden richten op hinderbeleving stond ook duidelijk in de wervingstekst. Een ander punt was de vraag waar het idee voor dit onderzoek vandaan kwam. Bij een onderzoek naar respijt rondom Heathrow Airport in de UK, was het volgens sommige deelnemers namelijk vooral de bedoeling om meer vliegen mogelijk te maken (Airportwatch (2018). Dat was niet iets waaraan zij mee wilden werken. Hierbij was het noodzakelijk uit te leggen dat het citizen science-onderzoek een aanbeveling was van het PAMV-consortium en dat de minister van Infrastructuur en Waterstaat deze aanbeveling overgenomen heeft, waarna er via het ministerie van infrastructuur en Waterstaat financiering mogelijk was.

5.2 Tweede bijeenkomst over de vraagstelling & voorbereiding van geluidmeten

Na de startbijeenkomsten werden twee vervolgbijeenkomsten gehouden, waarin het onderzoek verder uitgewerkt werd en voorbereidingen voor het meten van geluid werden getroffen. De tweede bijeenkomst voor de groep 'Respijt' was wederom online en vond plaats op 19-01-22 van 20.00 tot 21.30 uur. De tweede bijeenkomst voor de groep 'Geluidgevoeligheid' werd wederom een dag later gehouden op hetzelfde tijdstip. Ter voorbereiding is er door het RIVM voor beiden onderwerpen 'respijt' en 'geluidgevoeligen' in een korte tekst het probleem geschetst en is er een voorstel voor een vraagstelling afgeleid (zie Bijlage C).

Voor de groep 'Respijt' geldt dat bewust buiten beschouwing is gelaten, hoe starts en landingen over de verschillende banen verdeeld zouden moeten worden. De korte probleemschets laat zien dat hier op basis van de wetenschap geen uitspraak over gedaan kan worden (Hauptvogel et al., 2021). In feite is er voor deze groep een beperkte bijstelling van de initiële vraagstelling. In de wervingsbrief werd nog gesteld dat er gezocht zou worden naar een definitie van respijt.

Voor de groep 'Geluidgevoeligen' speelt dat zij geen idee hebben in welke mate geluidgevoeligheid voorkomt. Uit de korte probleemschets komt naar voren dat mensen behoorlijk verschillend zijn in de manier waarop zij geluid ervaren. In het onderzoek naar geluid maakt men daarom indelingen naar de mate waarin mensen gevoelig zijn voor geluid. In sommige onderzoeken naar de relatie tussen geluid en hinder is een derde van de mensen gevoelig en ongeveer 10 procent zeer gevoelig voor geluid (Van Kamp et al., 2004; Öhrström et al., 2006).[6] Miedema en Vos (1999) lieten zien dat de meest geluidgevoelige mensen omgevingsgeluid als 11 dB decibel luider ervaren dan de minst geluidgevoeligen.

Vraagstelling:

1. Onder welke omstandigheden draagt het aantal vliegtuigpassages op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden bij aan de hinder van vliegverkeer?
    a. Wat is hierbij het effect van een verdeling van vluchten in de tijd?
    b. Wat is hierbij het effect van geluidspieken?
    c. In hoeverre is er een impact van weersomstandigheden?
    d. In hoeverre is er een verschil tussen dag en nacht?
    e. In hoeverre is er een verschil tussen seizoenen?
    f. Wat is de impact van vakantieperiodes?
    g. Wat is de impact van het baangebruik?
        i. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als hoofdbaan?
        ii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan in piekperiodes (betrekkelijk voorspelbaar)?
        iii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan om operationele storingen op te vangen (onvoorspelbaar)?
2. Wat is het gemeten vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden?
3. In welke mate hangen de metingen van geluid op deze locaties en de ervaring hiervan met elkaar samen?
4. Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over rustperiodes tussen vliegtuigpassages om de hinder van vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden te verminderen?
5. 'Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over mogelijkheden om de hinder van vliegtuiggeluid door geluidgevoelige burgers te verminderen?'

Box 5.2.1 Vraagstelling voor de groep 'Respijt' en de groep 'Geluidgevoeligen'.

Dat geluidgevoeligheid in de genoemde onderzoeken zo vaak voorkomt, was voor de deelnemers aan het onderzoek een eyeopener. Omdat het onderzoek waarop dit gebaseerd is al wat ouder is, moet er een slag om de arm genomen worden over de mate waarin geluidgevoeligheid tegenwoordig voorkomt. Desalniettemin is het realistisch om aan te nemen dat het zou kunnen gaan om aanzienlijke percentages en daarmee ook om aanzienlijke aantallen omwonenden.

[6] Zie ook: https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-omgevingsgeluid/gezondheidseffecten-geluid/geluidhinder

Voor beiden groepen geldt dat aantallen vliegtuigpassages een belangrijk onderdeel van het probleem zijn. De vraagstelling is voor beiden groepen daarom vrijwel identiek (zie Box 5.2.1). Alleen de formulering van vraag 4 en vijf is anders.

Omdat tijdens de tweede bijeenkomst de geluidmeters die we in het project wilden gebruiken al beschikbaar, getest en gekalibreerd waren, is in de tweede bijeenkomst ook al heel concreet gesproken over het meten van geluid, het ophangen van meters, het koppelen aan Internet en het zichtbaar maken in dataportalen.

6 Verzameling van gegevens & analyse

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de manier waarop er in het onderzoek data verzameld zijn en op welke wijze hierop analyse heeft plaatsgevonden. We starten in volgende paragraaf met een beschrijving van het meten van geluid met de relatief goedkope sensoren van sensor.community. Daarna (paragraaf 6.3) beschrijven we hoe het meten van de beleving met een app in zijn werk is gegaan. Paragraaf 6.4 gaat in op het koppelen van geluidevents en vluchtdata, zodat we kunnen bepalen of het geluid dat werd geregistreerd door de geluidmeters inderdaad van vliegtuigen afkomstig is. Daarna (paragraaf 6.5) schetsen we de akoestische en operationele indicatoren die uit de dataverzameling voorkomen. Het hoofdstuk ronden we in paragraaf 6.6 af met een beschrijving van de gebruikte statistische analyses.

6.2 Geluid meten

6.2.1 Meetopstelling

De dataverzameling begon met het meten van geluid in februari 2022. Voor het meten van geluid is dit project de DNMS (Digital Noise Measuring Sensor) van Sensor.Community[7] gebruikt. Dit is een doe-het-zelf-handleiding-en-kit[8], waarmee burgers zelf een geluidmeter kunnen bouwen en geluid kunnen meten. Omdat niet iedereen het leuk vindt of in staat is om zelf een geluidmeter te bouwen, hebben we de meters door een bedrijf in elkaar laten zetten. De kosten voor onderdelen van deze geluidmeter zijn zo'n 70 euro, terwijl een professionele klasse-1 geluidmeter[9] duizenden euro's kan kosten.

De geluidmeters zijn alle op het RIVM getest met een parallelmeting naast een klasse 1-geluidmeter. Deze parallelmeting duurde één tot drie weken. Tevens zijn de geluidmeters gekalibreerd voordat ze in het veld zijn ingezet.

De geluidmeters werden kort na de tweede bijeenkomst naar de deelnemers opgestuurd. In de doos zat een beschrijving van de wijze waarop de meter opgehangen moest worden, advies over de locatie, een beschrijving van de manier waarop de geluidmeter via Wifi aan het Internet gekoppeld kon worden en zichtbaar kon worden gemaakt op de dataportalen van Samen Meten en Sensor.Community (zie: https://www.samenmeten.nl/hoe-gebruik-je-sensorcommunity-geluidmeter). Ter ondersteuning zijn ook twee filmpjes gemaakt, waarin het instellen van de geluidmeter en het zichtbaar maken op de dataportalen nogmaals uitgelegd wordt (zie: https://youtu.be/JeAguVCZDBM?si=OUQ17x67uRZjiaYB en https://youtu.be/eXsga7jbipU?si=7WzfzNFIFGAG0Gfn). Alle deelnemers bleken in staat om op deze wijze de geluidmeter werkend en online zichtbaar te krijgen. RIVM-medewerkers waren voor ondersteuning hierbij beschikbaar, maar dit was slechts in enkele gevallen noodzakelijk. Vanaf februari 2022 waren de meeste geluidmeters

[7] Sensor.Commnunity: https://sensor.community/
[8] DNMS-geluidmeter: https://sensor.community/en/sensors/dnms/
[9] Een klasse 1-geluidmeter is een zeer nauwkeurige geluidmeter die voldoet aan de norm IEC-61672.

online[10]. In de periode van februari tot het belevingsonderzoek met de app in de zomer, was er ruim tijd om opstartproblemen te verhelpen en voor een zo stabiel mogelijk meetnetwerk te zorgen.

Deze lange meetperiode voorafgaand aan het belevingsonderzoek was ook een goede test van het commitment van de deelnemers. In beide groepen was het in enkele gevallen noodzakelijk om de geluidmeter te laten retourneren en een deelnemer van de reservelijst te benaderen.



Figuur 6.2.1 Twee voorbeelden van meetopstellingen die deelnemers hebben gerealiseerd en gefotografeerd.

Voor zes individuele meetopstellingen bleek het lastig om het vliegtuiggeluid van ander achtergrondgeluid te onderscheiden. De balans tussen achtergrondgeluid en het geluid van vliegtuigpassages op de plek van de geluidmeter is hierbij bepalend. Voor één locatie waren de niveaus van de vliegtuigen te laag om goed te detecteren. Voor vijf van deze meetopstellingen lag het vooral aan hoge achtergrondniveaus. Hier is samen met de deelnemers gezocht naar een optimalisatie van de meetopstelling. Deze deelnemers bleken al goed nagedacht te hebben over de oorspronkelijke meetopstelling. In één geval was er een grote verbetering. In twee andere gevallen was de verbetering gering en in twee gevallen was er geen verbetering mogelijk. Lees meer over achtergrondgeluid en het detecteren van vliegtuigen in deelhoofdstuk 6.4.

6.2.2 *Gemeten waarden*

De geluidmeters stonden ingesteld op een tijdsresolutie van tien seconden. Daarmee waren er voor elke tien seconden drie waarden beschikbaar: $L_{eq,10sec,}$ L_{max} en L_{min}. L_{eq} staat voor equivalent geluidniveau en L_{max} voor maximaal geluidniveau. L_{min} wordt in dit rapport verder niet gebruikt. Alle geluidniveaus in dit rapport zijn A-gewogen, dus met L_{max} impliceren we L_{Amax} uitgedrukt in dB(A). De A-weging is een veelgebruikte manier om de frequentieafhankelijke gevoeligheid van het menselijk oor mee te nemen.
De tijdsresolutie van tien seconden is gekozen om vliegtuigen te kunnen onderscheiden met zo min mogelijke belasting van het Wifi-netwerk. De

[10] Deelnemers konden de geluidmeter na de looptijd van de meetcampagne terugsturen, maar mochten de geluidmeter ook zelf houden. Eind 2023 staan enkele nog online.

geluidmeters stuurden de waarden direct via het Wifi-netwerk naar het dataportaal. Op deze manier hadden zowel deelnemers als onderzoekers bijna *real time* (één minuut vertraging) toegang tot de metingen.

Waarden in dit rapport zijn gebaseerd op de directe metingen zonder correcties. Een beeld van de meetnauwkeurigheid van de geluidmeters is opgenomen in de bijlage. Concreet heeft dit als gevolg voor dit rapport: De L_{max}-waarden zijn gemiddeld drie dB te hoog, waardoor een NA75 gelezen kan worden als een NA72. De L_{eq-}, L_{den-} en L_{t}-waarden hebben geen afwijking en zijn voldoende nauwkeurig gemeten.

6.3 Beleving meten met een app

Focusgroepen
Nadat het meten van geluid gestart was, is er twee keer een focusgroep gehouden over de beleving van vliegtuiggeluid (Zie Bijlage D voor het protocol). Voor een goede verwerking van de uitkomsten zijn er geluidopnames gemaakt, die vrijwel letterlijk zijn uitgeschreven. Het doel van de bijeenkomsten was om na te gaan wat goede vragen zouden zijn voor de vragenlijst in het belevingsonderzoek met een app. De focusgroep voor de groep 'Respijt' werd gehouden op 23-3-22 van 19.30 tot 21.00 uur. De focusgroep voor de groep 'Geluidgevoeligen' was een dag later op hetzelfde tijdstip. Beiden bijeenkomsten zijn gehouden in het Aristo zalencomplex nabij Amsterdam Sloterdijk.

De focusgroepen waren opgebouwd uit drie 'rondes'. In de eerste ronde werd gesproken over de beleving van vliegverkeer. In de tweede ronde ging het over de vragen die dit zou opleveren voor de app. In de derde ronde stond de manier waarop met de app data verzameld zou worden centraal. Op basis van de focusgroepen kon een korte vragenlijst samengesteld worden (zie Bijlage E) en werd ook duidelijk dat het voor de beleving van belang was om de een dag op te delen in: de nacht (23.00-7.00 uur), de vroege ochtend (7.00-10.00 uur), het 'midden van de dag' (10.00-18.00 uur) en de avond (18.00-23.00 uur). Dat impliceerde dat er vier keer per dag een vragenlijst ingevuld moest worden. Afgesproken werd dat iedere deelnemer gedurende een periode van drie weken zou meten. Dat hoefde geen aaneengesloten periode te zijn, zolang er maar 21 dagen gemeten werd. Deelnemers waren dus vrij om de dagen te kiezen, waarop zij werkelijk hinder ondervonden. Dit was niet van tevoren bedacht, maar het gevolg van de wens van deelnemers. Vanwege de spreiding van de woonplaatsen van de deelnemers rondom de luchthaven is de ondervonden hinder afhankelijk van de windrichting. Omdat in de zomerperiode de overlast het grootste is, werd besloten dat de metingen in de periode juni tot en met september 2022 zouden moeten plaatsvinden. Dit is een vrij intensieve en lange periode om de vragenlijsten in te vullen, maar de deelnemers gaven aan dat ze dat geen probleem vonden.

Beleving meten met een app
De app die in dit onderzoek gebruikt is, is de RIVM-belevingsapp (zie: https://www.samenmeten.nl/beleving-app-rivm). Dit is een app waarin, afhankelijk van de behoefte, een vragenlijst met verschillende soorten vragen flexibel kan worden opgesteld. De projectbeheerder kan bijvoorbeeld in de testfase nog allerlei zaken in de vraagstelling

aanpassen. De huidige versie van de Belevingsapp is voor het eerst in dit onderzoek gebruikt, waardoor er ook bijdragen geleverd zijn aan de ontwikkeling van de app. De app was uiteindelijk eind juni beschikbaar, net op tijd voor dit onderzoek.

In de vragenlijst in de app werd gevraagd naar de ervaren kortetermijnhinder (op de registratieperiode aangepaste ISO-vraagstelling in een 11-puntschaal), naar het aantal vliegtuigen dat passeerde, naar het voorkomen van aaneengesloten periodes met vluchten (vluchtblokken) en de duur hiervan, naar de rust tussen vluchtblokken, naar het geluidniveau van vliegtuigpassages, en naar de oorzaken van de verstoring. Bij dit laatste ging het om: lawaaierige typen vliegtuigen, grondgeluiden, geluid of trillingen door laag overvliegen, geluid door het maken van een bocht, variabel geluid door weersomstandigheden, vliegen buiten de afgesproken tijdstippen (tussen 7.00–23.00 uur), stijgend of dalend vliegverkeer, slaapverstoring of angst voor/door vliegtuigen. Afgezien van de hindervraag zijn deze vragen niet gebaseerd op vragen uit eerder onderzoek.[11]

De dataverzameling met de app is uitgevoerd in de periode van 7 juli 2022 tot en met 1 oktober 2022. Vrijwel alle deelnemers hebben gedurende 21 dagen viermaal per dag een registratie gedaan. Eén deelnemer zag uiteindelijk af van dataverzameling en een ander heeft heel beperkt bijgedragen. Bij de resterende 26 deelnemers was het commitment aanzienlijk. Sommige deelnemers hebben langer dan drie weken data verzameld. De doelstelling was om 28 (deelnemers) x 4 (dagdelen) x 21 (dagen) = 2.352 vragenlijsten te verzamelen. Na het opschonen van de data waren er 2.582 bruikbare vragenlijsten over. Dit is 78 procent van alle verzamelde data met de app. In de analyses zijn, door missing values op belangrijke indicatoren (geluid- of vluchtgegevens), uiteindelijk 2.368 vragenlijsten gebruikt.

6.4 Vaststellen welk geluid van vliegtuigen komt

Hoewel de geluidmeters van de deelnemers zijn opgehangen op locaties waarop hinder van vliegverkeer ervaren werd, is niet al het geluid dat de meters registreren afkomstig van vliegtuigen. Denk bijvoorbeeld aan geluid van een nabij gelegen weg of geluid door bouwwerkzaamheden. Daarom was het noodzakelijk om het geluid dat de geluidmeters registreerden, te koppelen aan vluchtgegevens.

6.4.1 Vluchtgegevens

Vliegtuigen zenden signalen uit met live vluchtinformatie middels zogenoemde ADS-B-transponders[12]. Op de grond kunnen ontvangers deze data oppikken en verzamelen. Het gaat om gegevens zoals positie, snelheid, vluchtnummer en kenmerken van het vliegtuig. Voor dit onderzoek zijn vluchtgegevens verkregen via OpenSky[13] en via Donderdorp.nl[14]. Dit zijn beide burgerinitiatieven die data van ADS-B-ontvangers verzamelen en kosteloos publiek beschikbaar stellen. Het

[11] https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:15666:ed-2:v1:en, 11
[12] Automatic Dependent Surveillance–Broadcast. Zie: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_Dependent_Surveillance%E2%80%93Broadcast
[13] https://opensky-network.org/
[14] https://donderdorp.nl/

gebruik van deze databronnen past in het 'Open Science'-karakter van dit onderzoek. Alle gebruikte data zijn openbaar beschikbaar. Opensky opereert internationaal en Donderdorp.nl richt zich op Nederlandse luchthavens met vooral een goede dekking voor vluchten rond Schiphol. Beide initiatieven hebben actief meegewerkt aan dit onderzoek door een directe dataverbinding open te stellen voor efficiënte toegang tot significante hoeveelheden data die benodigd zijn voor het onderzoek.

De opgehaalde data zijn voor beide bronnen van vluchtgegevens (OpenSky of Donderdorp.nl) vaak vrijwel identiek. Voor enkele meetlocaties zien we duidelijke verschillen in dekking. Per meetlocatie is gekeken welke bron de meeste vluchten registreert binnen een straal van twee kilometer.

6.4.2 Event detectie

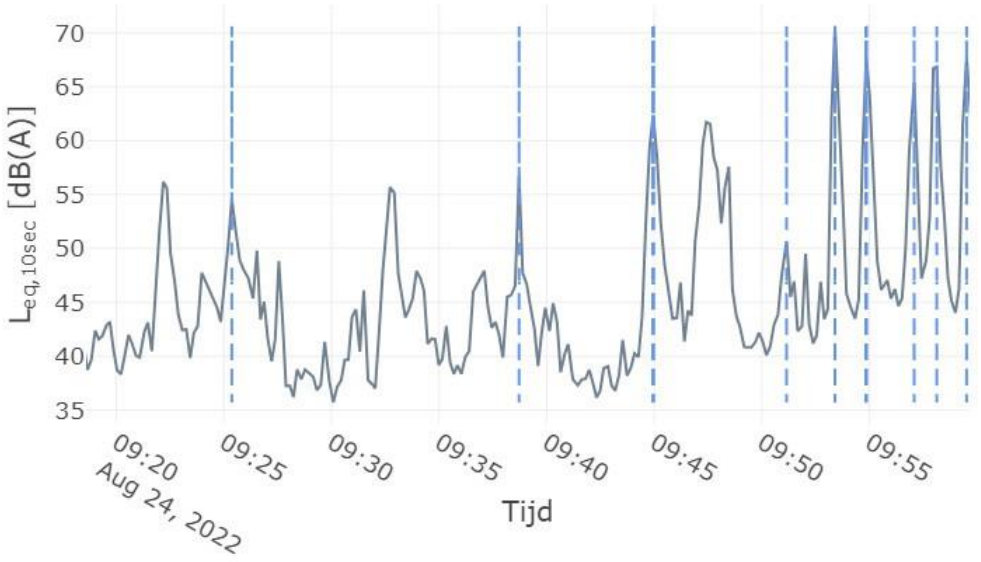
Vliegtuiggeluid kan geïdentificeerd worden door na te gaan of de geluidmeter een geluidpiek (event) registreert op het moment dat er volgens de vluchtgegevens inderdaad een vliegtuig in de buurt is. In zo'n geval kan er een koppeling gemaakt worden tussen vluchtgegevens en geluidgegevens.

Voor het detecteren van events is er een algoritme opgesteld dat geluidmetingen analyseert. Het algoritme zoekt in de gemeten geluidniveaus naar pieken die lijken op vliegtuigpassages. Ze moeten een bepaalde hoogte en lengte hebben en duidelijk boven achtergrondgeluid uitsteken. Het is mogelijk om deze parameters per locatie optimaal in te stellen om zo veel mogelijk vliegtuigen te detecteren. In dit onderzoek is echter op elke meetlocatie precies dezelfde event-detectie toegepast. Er is gekozen voor uniformiteit tussen meetlocaties in het proces van dataverzameling. Dit is eerlijker voor de uiteindelijke statistische analyse. Het resultaat hiervan is wel dat de detectie niet optimaal is afgesteld voor de meetlocatie die ver weg van de luchthaven is.

6.4.3 Koppeling vluchtgegevens en geluidgegevens

In dit onderzoek hebben we geluiddata en de vluchtdata verzameld voor de dagdelen waarop de deelnemers de beleving registreerden in de app. Vervolgens is nagegaan of op deze tijdstippen een koppeling tussen deze data gemaakt kon worden. Als we kijken naar vluchten onder vijf kilometer vlieghoogte kunnen we een beeld krijgen van het percentage koppelingen voor vluchten van en naar Schiphol. Dat percentage vluchten binnen twee kilometer horizontale afstand dat gekoppeld kon worden aan een geluid-event varieerde per locatie tussen de 18 procent en 87 procent. Als we vluchten boven vijf kilometer ook meenemen, komen we uit op vier tot 82 procent[15]. Het koppelpercentage voor alle vluchten onder vijf kilometer in dit onderzoek is 70 procent.

[15] Voor het interpreteren van deze koppelpercentages is het goed om te benoemen dat er verder geen filters zijn toegepast. Hierdoor worden passages meegerekend waarvan de geluidniveaus zeer laag zijn. Hieronder valt overvliegend vliegverkeer op grote vlieghoogte van 10 kilometer of meer. Daarnaast zien we dicht bij de luchthaven ook zeer laag vliegende vliegtuigen (bijvoorbeeld 100 meter), die door een grotere horizontale afstand (bijvoorbeeld tegen de twee kilometer) waarschijnlijk worden afgeschermd door bebouwing en andere omgevingsfactoren. Het geluid van deze stille passages kan soms wel worden opgepikt in de nacht.



Figuur 6.4.1 Voorbeeld van detectie van vliegtuigen aan de hand van geluidmetingen en vluchtgegevens. De verticale stippellijnen geven aan dat het gemeten geluid aan een vliegtuigpassage kon worden gekoppeld.

Het gemiddelde detectiepercentage van 70 procent is goed te noemen. Bijvoorbeeld als je het vergelijkt met de norm NEN-ISO 20906 waarin van meetstations voor vliegtuiggeluid een detectiepercentage van minstens 50 procent wordt verwacht[16]. Het is goed om hierbij te beseffen dat deze koppelpercentages zijn behaald door de geluidmeters op te hangen bij mensen thuis, op de locatie waar de deelnemer het geluid ervaart. Dit betekent dat de meetlocaties niet zijn uitgekozen voor het optimaal meten van vliegtuiggeluid. Bij veel meetlocaties waren er andere geluidbronnen in de buurt, zoals wegverkeer, industrie, scheepsvaart en een schoolplein. Dit is relevant, omdat het gevolg is dat data over niveaus van vliegtuigpassages niet compleet zijn. Niet elk hoorbaar vliegtuig is goed gekoppeld aan een geluidniveau van de geluidmeter. Dit is relevant voor de analyse van relaties tussen hinder en geluidniveaus van vliegtuigpassages.

6.5 Operationele- en akoestische indicatoren

Om de verschillende akoestische en operationele parameters te kunnen vergelijken met in de app gerapporteerde beleving en hinder zijn de indicatoren vertaald naar indicatoren *per dagdeel*. In eerste instantie is een groot aantal indicatoren berekend, waarna er een selectie plaatsvond waarop de daaropvolgende uitgebreide statistische analyse is uitgevoerd. Dit deelhoofdstuk beschrijft de uiteindelijke indicatoren die in de statistische analyse zijn onderzocht.

6.5.1 Indicatoren op basis van vluchtgegevens

Om de vliegtuiggegevens te kunnen relateren aan de app-vragenlijsten zijn er per dagdeel indicatoren bepaald. De indicatoren die in dit onderzoek gebruikt zijn, zijn:

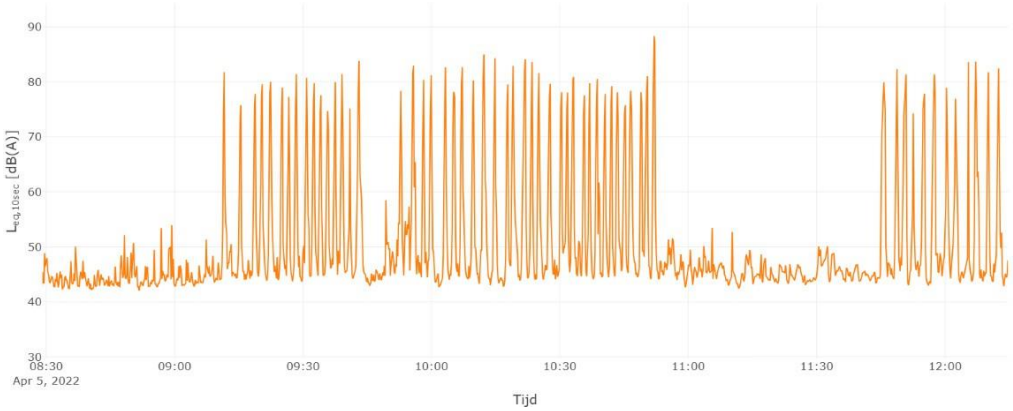
[16] Om volledig te zijn: de vergelijking is niet exact. De norm gaat hier wel uit van handmatige bepaling van de passages in plaats van radartracks binnen een straal van twee kilometer. Ondanks dit verschil geeft het wel een beeld van koppelpercentages die doorgaans van vliegtuigmeetsystemen worden verwacht.

Tabel 6.5.1 Operationele indicatoren

Indicator	**Toelichting**
Aantal vluchten	Binnen straal van twee km hemelsbreed
Aantal vluchten onder vijf km.	Vliegverkeer van en naar Schiphol
Aantal vluchten per uur	Afgeleid uit het aantal per periode
Gemiddelde afstand	Elke vlucht de kleinste afstand tussen vliegtuig en waarnemer
Vlieghoogte	Gemiddelde vlieghoogte in dagdeel
Aantal vluchtblokken in registratieperiode	Blok = minstens twee vluchten met maximaal vijf minuten ertussen
Langste periode zonder vluchten	Duur van langste rustperiode
Totale tijd zonder vluchten	rustperiodes bij elkaar opgeteld
Totale tijd binnen vluchtblokken	Duur van blokken bij elkaar opgeteld
langste blok	Duur van langste blok in dagdeel
Langste periode zonder vluchten onder vijf km	Rustperiodes vluchten van Schiphol
Totale tijd zonder vluchten onder vijf km	Zie bovenstaande uitleg
Totale tijd binnen vluchtblokken onder vijf km	Zie bovenstaande uitleg
Langste blok onder 5km	Zie bovenstaande uitleg

Om de indicatoren af te leiden, is per meetlocatie gekeken naar vluchten binnen een straal van twee kilometer rondom de meetlocatie. Zodra een vliegtuig binnen die straal is gekomen, geldt de kleinste afstand tussen vliegtuig en waarnemer als 'de afstand'.

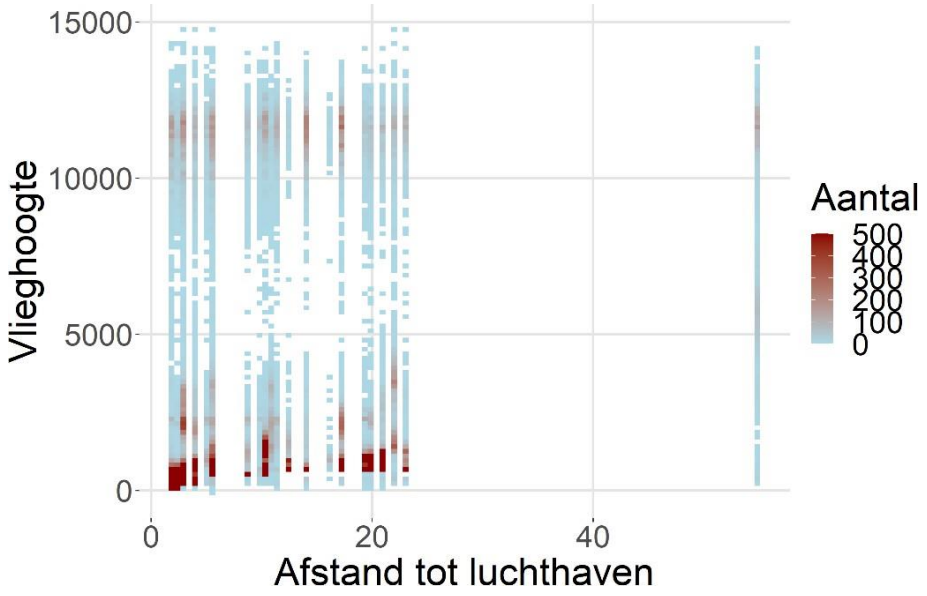
In Tabel 6.5.1 zien we een aantal indicatoren gebaseerd op vluchtblokken. Vluchtblokken zijn hier gedefinieerd als periodes van minimaal twee vluchten met maximaal vijf minuten tussen de vluchten.



Figuur 6.5.1 Voorbeeld van vluchtblokken, zoals gemeten op een woonlocatie 3,8 kilometer van een landingsbaan.

Ook zien we een aantal indicatoren waarbij alleen vluchten met een vlieghoogte van vijf kilometer zijn meegenomen. Deze indicatoren zijn toegevoegd om een onderscheid te maken tussen vluchten die op Schiphol starten of landen en overvluchten van andere luchthavens. Over het algemeen is te stellen dat overvluchten van andere luchthavens op grotere hoogte vliegen, rond de tien kilometer hoogte.

Op de meetlocaties van dit onderzoek kunnen we verwachten dat vluchten van en naar Schiphol lager vliegen dan vijf kilometer.



Figuur 6.5.2 Vlieghoogte van alle vluchten die hebben meegedaan in dit onderzoek versus de afstand tot de luchthaven.

In Figuur 6.5.2 is te zien hoe de vlieghoogtes van gedetecteerde vluchten zijn verspreid over de meetlocaties op verschillende afstanden tot de luchthaven. Een meetlocatie lag een stuk verder van de luchthaven af dan de rest (55 kilometer). Op deze meetlocatie zien we dat de verdeling anders is.

6.5.2 *Indicatoren op basis van geluidmetingen*

Op basis van de geluidmetingen kan een groot aantal geluidindicatoren berekend worden (Tabel 6.5.2). Voor de statistische analyse is een selectie gemaakt, wat resulteert in deze indicatoren:

Tabel 6.5.2 Akoestische indicatoren

Indicator	**Toelichting**
$L_{eq\text{-}periode}$	Het gemiddelde geluidniveau over een periode (alle bronnen).
NA75	Het aantal gekoppelde vluchten met maximaal geluidniveau boven de 75 dB(A).
NA60	Het aantal gekoppelde vluchten met maximaal geluidniveau boven de 60 dB(A).
Maximale SEL	Hoogste SEL van gekoppelde vluchten.
Maximale L_{max}	Hoogste L_{max} van gekoppelde vluchten.
L95	Achtergrondgeluidniveau, waarde waar het niveau 95% van de tijd boven zit.
L_{20}	Geluidniveau wat niet meer dan 20 seconden is overschreden.
Hoogste blok-gemiddelde L_{max}	Karakteriseert het luidste blok. Gemiddelde L_{max} van luidste blok.

Geluidmaten NA75, NA60, SEL en L_{max} hebben betrekking op de vluchten die gekoppeld konden worden aan de geluidmetingen. Het is van belang om nogmaals te benoemen dat niet alle vliegtuigpassages gekoppeld konden worden aan geluidmetingen. De waardes die voor deze indicatoren (NA75, NA60, SEL en L_{max}) zijn bepaald, zijn dus niet gebaseerd op alle passages, maar op het deel dat goed gemeten en gekoppeld kon worden. Deze waardes zijn daardoor waarschijnlijk vaak een onderschatting. De mate van onderschatting varieert per meetlocatie en per periode. De koppelpercentages (zie 4.4.3) zijn dus van belang voor de verdere data-analyse van deze indicatoren en de mogelijke relaties met kortetermijnhinder. Dit betekent dat er ruis is in deze data wat als gevolg zou kunnen hebben dat een verband tussen kortetermijnhinder en een van deze geluidindicatoren niet wordt gedetecteerd in deze analyse.

Bovenstaande geldt niet voor de indicatoren $L_{eq,periode}$, L_{95} en L_{20}. Deze indicatoren zijn gebaseerd op het totale geluid, dus niet van alleen vliegtuigen. Deze indicatoren zijn opgenomen vanwege het contrast met vliegtuiggeluid.

6.5.3 Meteo gegevens

Om te kijken of het weer een effect heeft op het geluid en op de gerapporteerde kortetermijnhinder door vliegtuigpassages, is gebruikgemaakt van de openbaar beschikbare metingen uurgemiddelde van het KNMI. Omdat er lokaal best verschillen kunnen bestaan, is elke meetlocatie gekoppeld aan data van het meest dichtbijzijnde KNMI-meetstation. Dit waren stations Schiphol, Voorschoten, Soesterberg, IJmuiden en Wijk aan Zee. Er is gekeken naar meteofactoren windsnelheid, windrichting, temperatuur, luchtvochtigheid en neerslag. Omdat de statistiek beperking heeft in het aantal variabelen dat zinvol kan worden meegenomen, is in de statistische analyse alleen de temperatuur gebruikt.

6.6 Statistische analyse

Lineaire gemengde regressiemodellen

Het doel van de statistische analyse was het verklaren van de hinderscore[17] op basis van de zelf-gerapporteerde gegevens uit de app, de gekoppelde geluiddata (geluid gemaakt door vliegtuigen) en data uit radartracks (vluchtgegevens).

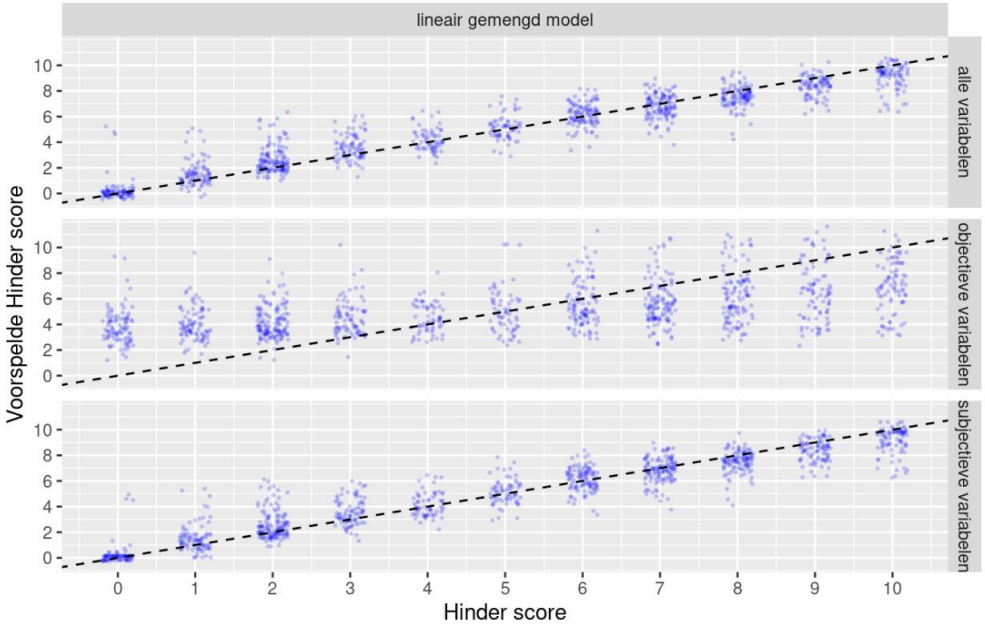
In de statistische analyse is gebruikgemaakt van lineaire gemengde regressiemodellen. Deze modellen zijn bruikbaar in een grote verscheidenheid aan disciplines in de fysische, biologische en sociale wetenschappen, waarbij de metingen op een of andere manier geclusterd zijn. Ze kunnen specifiek worden toegepast wanneer sprake is van herhaalde metingen op dezelfde statistische eenheden (longitudinaal onderzoek). Een bijkomend voordeel is dat, onder milde aannames, deze modellen kunnen omgaan met ontbrekende waarden in de uitkomsten. Daardoor hebben modellen met gemengde effecten vaak de voorkeur boven meer traditionele benaderingen als variantieanalyse met herhaalde metingen.

[17] Voorbeeld uit de nachtvragenlijst: Van 23.00 tot 7.00 uur, welk getal van 0-10 geeft het beste aan hoeveel u gehinderd, gestoord of geërgerd werd door vliegtuiggeluid? (Helemaal niet gehinderd – Extreem gehinderd. Schaal 0-10, 11 = ik was niet aanwezig).

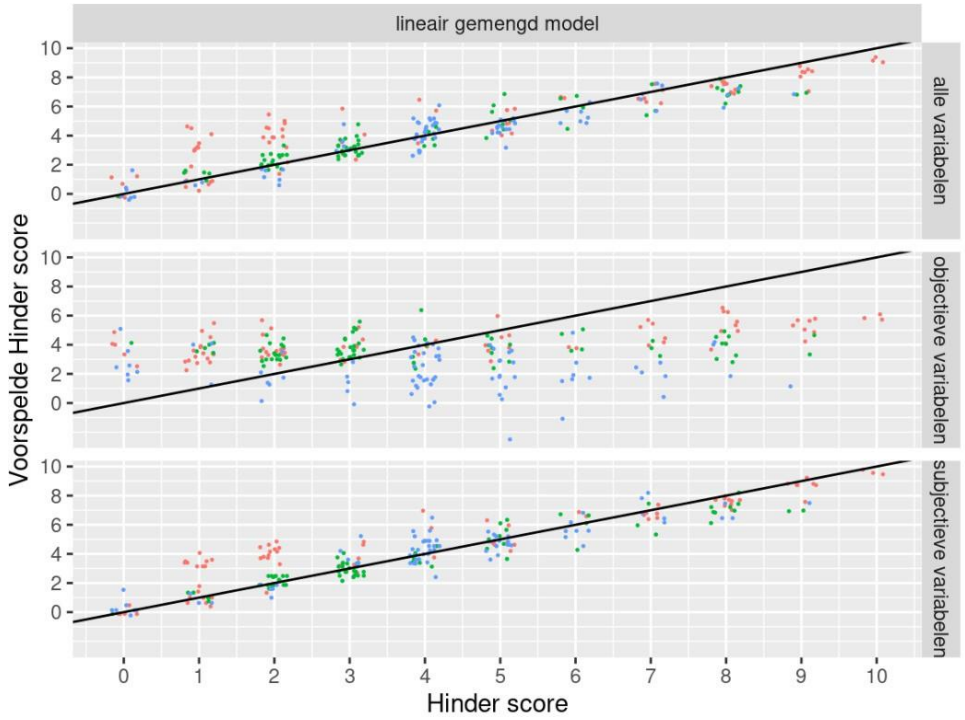
Voor deze studie geldt dat waarnemingen binnen een persoon meer op elkaar zullen lijken dan waarnemingen tussen personen. Sommige deelnemers zullen altijd een hogere hinder ondervinden en/of rapporteren dan anderen. Om daarmee rekening te houden, worden de genoemde gemengde regressiemodellen gebruikt. In een gemengd model worden voor het verklarende deel zowel 'fixed effects' als 'random effects' gespecificeerd: 'fixed effects' voor de verklarende variabelen en een random effect (intercept) voor de deelnemers. Dit zorgt ervoor dat de uitkomsten van één persoon niet als onafhankelijk gemodelleerd worden, maar als een cluster gezien worden.

Training en test data
Voor de statistische analyse op de gehele groep is de volledige dataset onderverdeeld in twee random deeldatasets: de trainingset en de testset. De trainingset bestaat uit de gegevens van 23 deelnemers. Terwijl de testset bestaat uit de gegevens van overige vier. De lineaire gemengde regressiemodellen in de statistische analyse worden ontwikkeld op de trainingset) en uiteindelijk gevalideerd op de testset Hiermee krijgen we een goed beeld van hoe goed de gevonden modellen generaliseren op een onafhankelijke dataset van nieuwe personen.

Figuur 6.6.1 en Figuur 6.6.2 geven een voorbeeld voor geluidgevoeligen. In deze analyse bestaat de trainingset uit veertien personen en de testset uit drie personen. In de analyse wordt steeds voor ieder model de voorspelling van de hinderscore uitgezet tegen de gerapporteerde hinderscore. De zwarte gestreepte lijn geeft de relatie aan in het geval van een perfecte modelfit. De gekleurde punten in Figuur 6.6.1 maken een onderscheid tussen personen in de testset.



Figuur 6.6.1 Fit van het model voor geluidgevoeligen op de trainingsdata.



Figuur 6.6.2 Fit van het model voor geluidgevoeligen op de testdata.

Modelselectie
In de statistische analyse moet besloten worden welke gemengd lineair regressiemodel het beste bij de data past. In onze analyse is er sprake van percepties van en beoordelingen door de deelnemers aan het citizen science-onderzoek. Deze data, verzameld met behulp van de Belevingsapp, noemen we in dit onderzoek zelf gerapporteerde data. De andere data in het onderzoek zijn akoestische data (uit geluidmeters), operationele data (uit radartracks) en meteogegevens.
In de statische analyse zijn er gemengde lineaire regressiemodellen gemaakt op basis van: 1) alleen zelf gerapporteerde data; 2) alleen akoestische en operationele data; 3) alle data (zelf gerapporteerde data, akoestische data en operationele data bijeen). Voor de eerste twee type modellen is de volgende selectieprocedure gebruikt:

1. Start met het fitten van een model waarbij de Hinder-score verklaard wordt met alle vooraf gespecificeerde variabelen als fixed hoofdeffecten + een random intercept per deelnemer.
2. Doe een terugwaartse modelselectie: verwijder fixed effects die niet significant bijdragen aan het verklaren van de variantie in de uitkomsten (hinderscore)
3. Maak een nieuw model waarbij de hinderscore verklaard wordt met de resterende significante variabelen en voeg daarbij de interacties toe tussen resterende continue verklarende variabelen + een random intercept per deelnemer.
4. Doe opnieuw een terugwaartse modelselectie: verwijder fixed effects (hoofdeffecten of interacties) die niet significant bijdragen aan het verklaren van de variantie in de uitkomsten (hinderscore)
5. Het definitieve model is het model na deze tweede stapsgewijze modelselectie.

Voor de modellen die gebaseerd zijn op de combinatie van zelf-gerapporteerde, akoestische én operationele indicatoren (alle data) wordt een ander stappenplan toegepast voor modelselectie:

1. Start met het fitten van een model waarbij de hinderscore verklaard wordt met de overgebleven variabelen van zowel het uiteindelijke model dat gebaseerd is op de zelf-gerapporteerde indicatoren als van het uiteindelijke model dat gebaseerd is op de akoestische en operationele indicatoren. Ook hier wordt een random intercept per deelnemer toegevoegd.
2. Doe een terugwaartse modelselectie: verwijder fixed effects (hoofdeffecten of interacties) die niet significant bijdragen aan het verklaren van de variantie in de uitkomsten (hinderscore)
3. Het definitieve model is het model na deze stapsgewijze modelselectie.

Belangrijk om op te merken is dat door de terugwaartse modelselectie er geen problemen zijn met colineariteit. Als de samenhang te groot is, wordt de variabele die de minste variantie verklaart uit de analyse verwijderd.

Inzoomen op geluidgevoeligen
Omdat we in het project speciale belangstelling hebben voor de beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen, zijn er analyses uitgevoerd op data van deelnemers die geluidgevoelig zijn. We hebben ons niet beperkt tot de geluidgevoeligen in de groep die speciaal voor dit doel geworven zijn, maar hebben ook de deelnemers uit de groep 'Respijt' de vragen over geluidgevoeligheid voorgelegd. Het gevolg is dat de groep waarop ingezoomd is, bepaald wordt door de score op de Weinsteinschaal. Geluidgevoeligen hebben een score > 36 op deze schaal (10-50) voor geluidgevoeligheid[18].

Tabel 6.6.1 scores voor geluidgevoeligheid voor de totale groep (N = 17)

Beschrijvend kenmerk	**Totale groep**	**Geluidgevoeligen**
Minimum	26.00	37.00
Eerste kwartiel	33.00	43.00
Mediaan	39.00	45.00
Gemiddelde	38.73	44.38
Derde kwartiel	45.00	46.00
Maximum	49.00	49.00

Voor de totale groep deelnemers geldt dat scores op geluidgevoeligheid variëren van 26.00 tot 49.00 op een schaal van 10.00 tot en met 50.00. Gemiddeld is de score voor geluidgevoeligheid 38.73 voor de totale groep. Voor de groep 'Geluidgevoeligen' liggen de scores logischerwijs een stuk hoger. Ook de kwartielscores[19] voor de geluidgevoeligen geven aan dat de schaalscores voor deze groep een stuk hoger liggen (Tabel 6.6.1).

[18] Analoog aan Miedema en Vos (1999) hebben we gekozen voor een driedeling: laag, midden en hoog.
[19] In de statistiek is een kwartiel een van de drie waarden die een geordende set data, de steekproef of populatie, in vier (zo goed mogelijk) gelijke delen opdeelt. Elk deel is in dat geval een kwart van de dataset. Men spreekt van eerste, tweede en derde kwartiel en noteert deze als Q1, Q2 en Q3. In deze systematiek worden de uitersten van de dataset, het minimum en het maximum wel genoteerd als Q0 en Q4. Met de zo bepaalde vijf kwartielen kan een dataset kort samengevat worden in wat de vijf-getallensamenvatting heet.

Omgaan met missende geluidgegevens
Karakteristiek voor onze benadering is dat de met de app verzamelde gegevens altijd aanwezig zijn. Zij vormen immers de basis waarbij de vluchtgegevens en de gekoppelde (het is een vliegtuig) geluidgegevens gezocht worden. Tabel 6.6.2 geeft een overzicht van de verdeling van het aantal vragenlijsten in het onderzoek over de verschillende dagdelen.

Tabel 6.6.2 Aantal waarnemingen voor de verschillende periodes waarin er met de app is gemeten

Dagdeel of deel van de week	**Totale groep (N=27)**	**Geluidgevoeligen (N=17)**
Beleving nacht (23.00 -7.00 uur)	725	410
Beleving vroege ochtend (7.00 -10.00 uur)	557	290
Beleving midden van de dag (10.00 -18.00 uur)	490	266
Beleving avond (18.00-23.00)	596	320
Doordeweeks	1687	917
Weekend	681	369
Totaal	2368	1286

De vluchtgegevens hebben ook altijd een waarde (bijvoorbeeld het aantal vliegtuigen per uur). Dat geldt echter niet altijd voor de geluidgegevens. Dat komt, zoals eerder beschreven, doordat er niet altijd een koppeling met vliegtuiggeluid gemaakt kan worden. Een andere oorzaak voor missende geluidgegevens is dat de geluidmeters weliswaar verrassend goed zijn, maar niet honderd procent stabiel. Het komt soms voor dat een meter uitvalt en opnieuw moet worden opgestart. In een enkel geval bleek een meter echt defect en moest vervangen worden. Ongelukkigerwijs bleek dat bij een deelnemer tijdens de periode van verzamelen van belevingsdata met de app de geluidmeter gedurende een aanzienlijk deel van deze periode uitgevallen was.

7 Resultaten

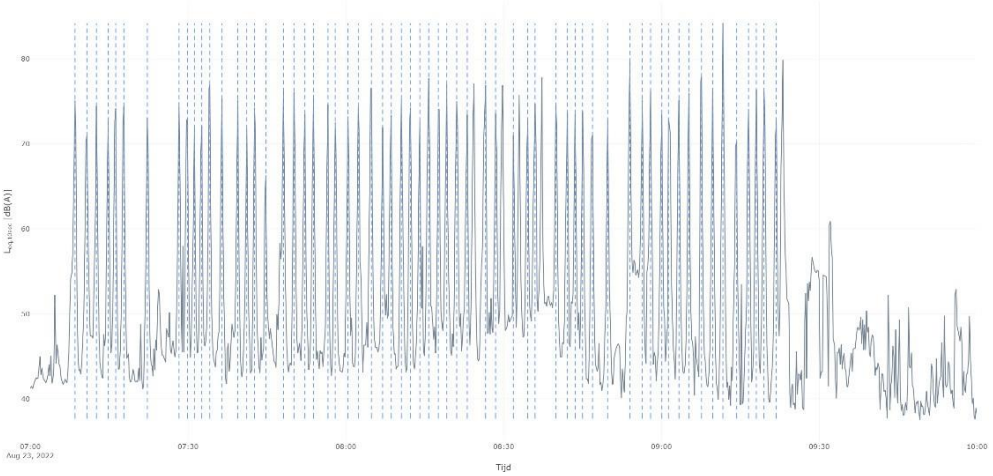
7.1 Indicatoren voor aantallen en geluid

Hieronder volgt een beschrijving van de verzamelde operationele en akoestische indicatoren. Dit zijn vlucht- en geluidgegevens voor de dagdelen waarvoor deelnemers de belevingsapp hebben ingevuld. Het is goed om te herhalen dat de deelnemers zelf deze dagen hebben uitgekozen. Desondanks geeft dit een beeld van de woonlocaties van de deelnemers in relatie tot vliegtuigpassages.

7.1.1 Operationele indicatoren

Gemiddeld zijn er per dagdeel 38 vluchten gepasseerd binnen een horizontale straal van twee kilometer van de meetlocatie. Dit is te vertalen naar gemiddeld 7,8 vluchten per uur. 27 maal zien we meer dan 200 vluchten per dagdeel[20], al deze dagdelen zijn 'midden van de dag' (10.00-18.00). Het maximum is hierbij 305 vluchten (50,8 per uur)[21]. Als we kijken naar vluchten onder vijf kilometer vlieghoogte is het gemiddelde 31 vluchten en het maximum 286 vluchten.

In de nachtperiode (23.00-07.00) zien we gemiddeld twaalf vluchten met negen vluchten onder vijf kilometer. Tijdens 98 procent van de gerapporteerde nachten zijn er een of meer vluchten gepasseerd. Het 'midden van de dag' (10.00-18.00) is het drukste dagdeel met gemiddeld 81 vluchten (13 per uur).



Figuur 7.1.1 Een beeld van een ochtend in Zwanenburg met 64 vliegtuigpassages (21 per uur). $L_{eq,10sec}$ geluidniveaus gemeten bij een deelnemer in Zwanenburg. Bij de gestippelde verticale lijnen is een vliegtuig gekoppeld aan een vlucht.

In totaal zijn tijdens de meetperiodes ruim 94.000 vliegtuigpassages gedetecteerd waarvan er ruim 54.000 zijn gekoppeld aan

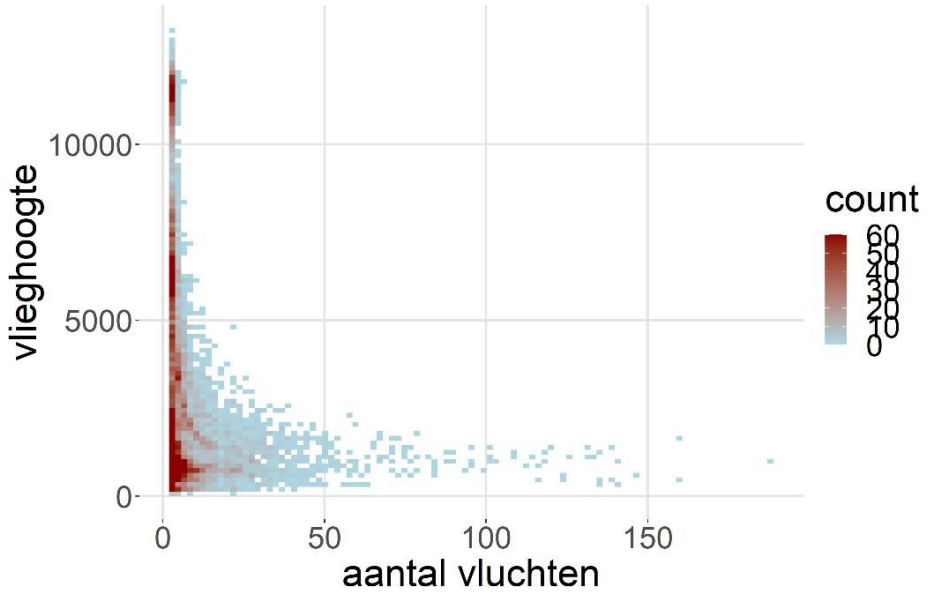
[20] In vooral Zwanenburg en Assendelft, en Uithoorn. Daarnaast een enkele maal in Aalsmeer en Uitgeest.

[21] Van de vluchten tijdens dit dagdeel in Zwanenburg zorgt een groot deel (zo'n 45%) voor relatief lage niveaus. Dit zijn laag vliegende vliegtuigen (rond 1.500 meter), die door de grotere horizontale afstand (tegen de 2 kilometer) waarschijnlijk worden afgeschermd door bebouwing en andere omgevingsfactoren. Het geluid van deze passages is doorgaans te laag (<50dB Lmax) om te detecteren met de geluidmeter. Ze kunnen soms wel worden opgepikt in zeer stille momenten in de nacht. Toch zijn dit zeer hoge aantallen.

geluidmetingen. Dit geeft een koppelpercentage van 57 procent voor alle meetperiodes en meetlocaties bij elkaar. Als we alleen kijken naar vluchten onder vijf kilometer vlieghoogte is dit percentage 70 procent.

Er zijn bijna 12.000 vluchtblokken gedetecteerd[22]. De meeste vluchtblokken bestonden uit enkele vluchten. 71 procent uit vijf of minder vluchten. 39 procent van de vluchtblokken bestaat uit twee vluchten. Het grootste vluchtblok bestond uit 189 vluchten en duurde 281 minuten boven een meetlocatie in Zwanenburg. Het dagdeel wat het meest gevuld was met vluchtblokken was een 'midden-van-de-dag' met twee vluchtblokken die met totaal 464 minuten een groot deel van deze periode (480 minuten) besloegen.

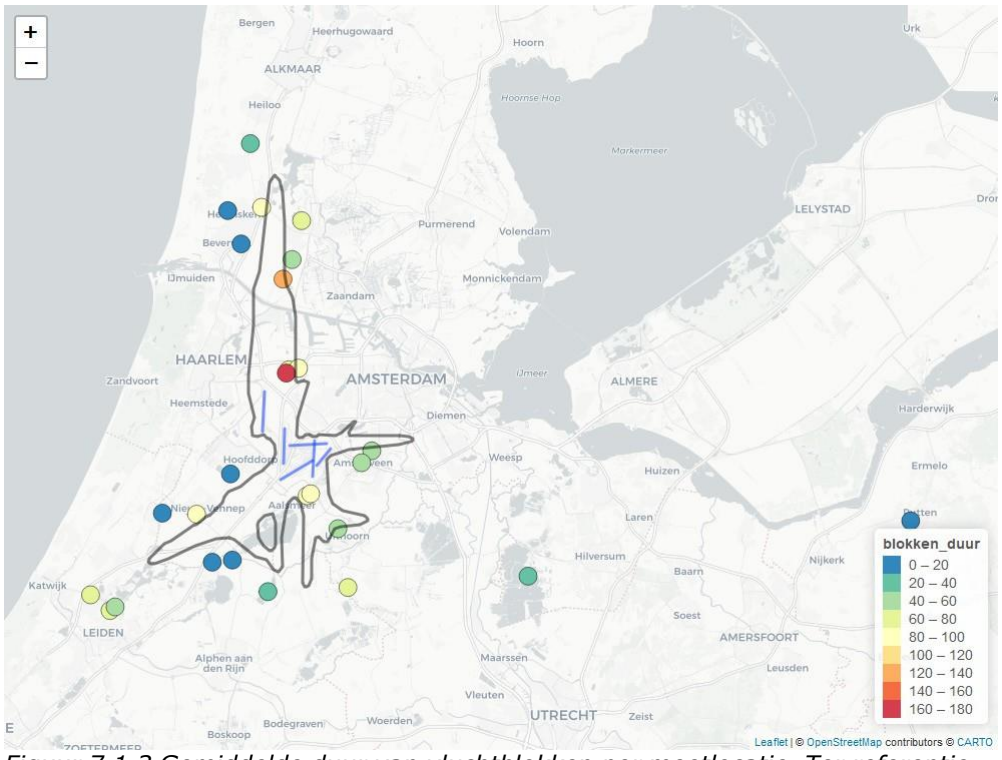
In Figuur 7.1.2 is het aantal vluchten in een vluchtblok weergegeven tegen vlieghoogte. We zien hier onder andere dat de vluchtblokken met veel vluchten vooral gevuld zijn met laag overvliegende vliegtuigen.



Figuur 7.1.2 Het aantal vluchten in een vluchtbok afgezet tegen de gemiddelde vlieghoogte binnen het blok. De kleur geeft aan hoe vaak het voorkwam.

De aanwezigheid van vluchtblokken is ook ruimtelijk weer te geven. In Figuur 7.1.3 zien we de meetlocaties op een kaart. De kleur van de meetlocatie geeft aan hoe lang er gemiddeld sprake is van een vluchtblok per dagdeel. De meest gebruikte vluchtpaden vanuit Schiphol zijn hierin goed terug te zien. Hier gaat het weer over vluchten binnen twee kilometer van de meetlocatie. De rode stip is de locatie in Zwanenburg waarvoor ook vluchten van de polderbaan net binnen twee kilometer vallen. Voor de twee andere meetlocaties in Zwanenburg vallen die vluchten er net buiten.

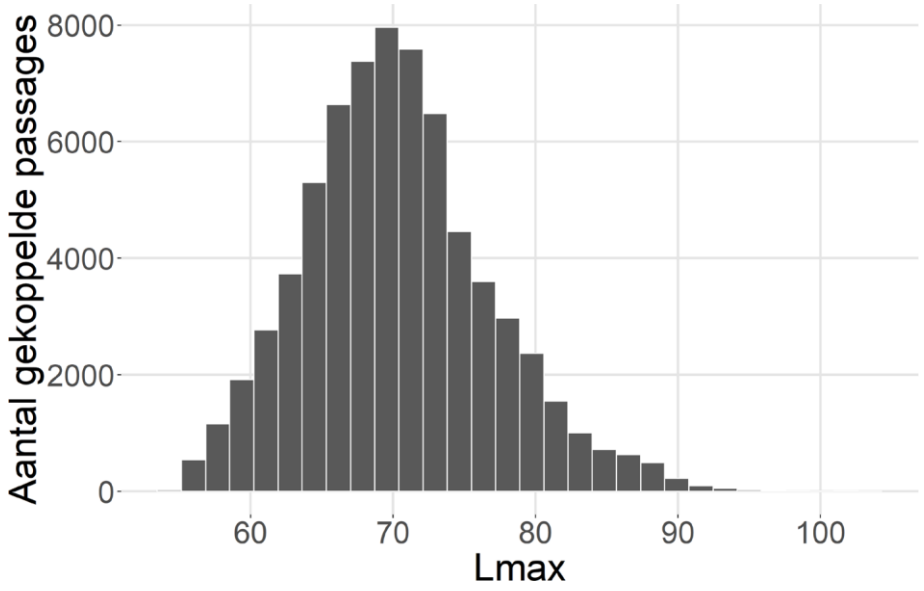
[22] Ter herinnering: de definitie van een vluchtblok is in dit onderzoek: meerdere vluchten die minder dan vijf minuten na elkaar passeren



Figuur 7.1.3 Gemiddelde duur van vluchtblokken per meetlocatie. Ter referentie is ook de 55 dB L_{den}-contour van 2021 getoond.

7.1.2 *Akoestische indicatoren*

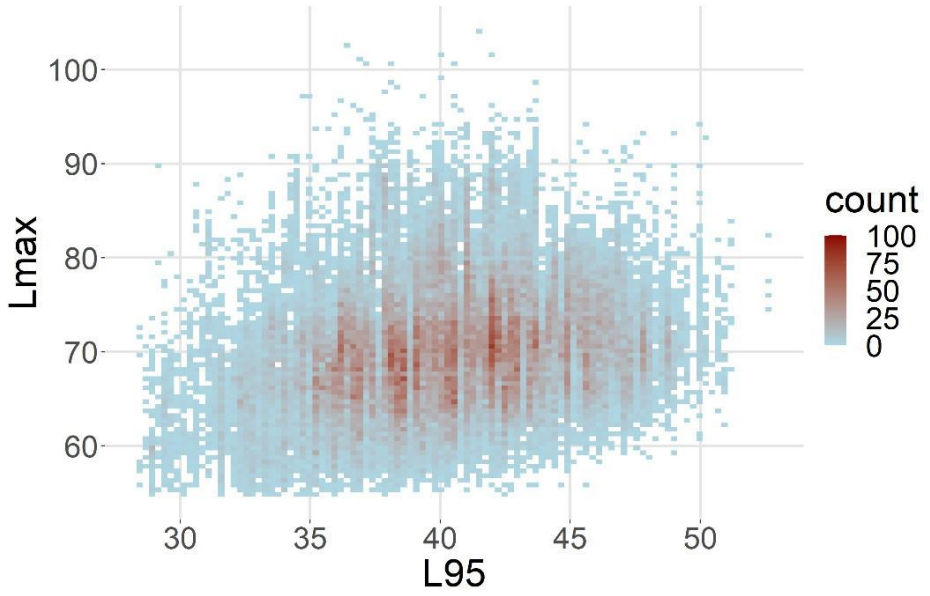
Wat betreft geluidniveaus meten de gekoppelde vliegtuigpassages gemiddeld 70 dB L_{max}. In Figuur 7.1.4 zien we hoe de gemeten L_{max}-waarden zijn verdeeld over alle gekoppelde vliegtuigpassages.



Figuur 7.1.4 Histogram van Lmax-waarden van vliegtuigpassages.
Er is een afkap op 55 dB vanwege een harde afkap in het event-detectie-algoritme. Hiermee verliezen we weinig passages.

Het gemeten achtergrondgeluid was gemiddeld 38 dB L_{95}. Het laagst gemeten achtergrondgeluid[23] is 28 dB en het hoogste is 54 dB.

In Figuur 7.1.5 zien we L_{max}-niveaus van vliegtuigpassages geplot tegen het achtergrondgeluid L_{95}. We zien dat bij lager achtergrondgeluid stillere vliegtuigen te meten zijn die bij een hoger achtergrondgeluid niet worden gedetecteerd door de geluidmeter.



Figuur 7.1.5 Lmax van vliegtuigpassages ten opzichte van het achtergrondgeluid L95 van het dagdeel. Bij lager achtergrondgeluid is het mogelijk om stillere vliegtuigpassages te detecteren met de geluidmeter. Voor lagere achtergrondniveaus zien we weer de afkap van het detectie-algoritme op 55 dB Lmax. Voor situaties met weinig achtergrondgeluid zou een lagere afkap geschikt kunnen zijn.

Voor meer inzicht in de plaatselijke situatie op de verschillende meetlocaties geeft Figuur 7.1.6 een beeld van de geluidniveaus van vliegtuigen die zijn gemeten per meetlocatie. Hier zien we dat het gemiddelde geluidniveau dichter bij drukke vliegroutes hoger wordt.

[23] Uit eerdere tests is gebleken dat deze geluidmeters een ondergrens hebben rond die 28 dB. Het is dus goed mogelijk dat lagere niveaus zijn voorgekomen. Ook goed om eraan te herinneren dat dit op basis van Leq-waarden met een middeltijd van tien seconden is bepaald. Deze L95-waarde is dus de $L_{eq,10sec}$ die binnen het dagdeel 95 procent van de tijd wordt overschreden.



Figuur 7.1.6 Het gemiddelde geluidniveau L_{eq} door vliegtuigen op de meetlocaties voor dit onderzoek, tijdens de dagdelen waarvoor hinder is gerapporteerd. Dit is op basis van vliegtuigpassages die gekoppeld konden worden aan geluidniveaus.[24]

De L_{den} is een meer gangbare maat om het geluidniveau van vliegtuigen over langere tijd te beschrijven. Om hierop aan te sluiten is in Figuur 7.1.7 een benadering van de L_{den} weergegeven. Strikt genomen zou men ook het hele jaar moeten meten om een L_{den} te bepalen aan de hand van metingen. Dus dit is een benadering van de echte L_{den} op basis van de gemeten geluidniveaus. We zien dat deze gemeten L_{den} al wel goed aansluit op de berekende 55 L_{den}-contour voor 2021.

[24] Individuele SEL-niveaus van passages zijn opgeteld en gemiddeld door de totale tijdsduur van de dagdelen waarop hinder is gerapporteerd.



Figuur 7.1.7 Benadering van L_{den} op basis van gemeten vluchten tijdens de dagdelen waarop hinder is gerapporteerd. Ter referentie is hier weer de 55 L_{den} - countour van 2021 getoond[25].

In het kader van *open data* en op verzoek van enkele deelnemers zijn de meetdata waarop de analyses zijn gedaan openbaar beschikbaar gesteld. Dit gaat om de geluidindicatoren, de vluchtgegevens en de koppeling. Deze gegevens zijn te vinden op https://data.rivm.nl/data/geluid/pamvcitizenscience/.

7.1.3 Meteo

Het weer tijdens de meetperiode was relatief warm met gemiddeld 18.3 graden Celsius. Dat is bijna 8 graden hoger dan de gemiddelde temperatuur in Nederland tussen 1991 en 2020[26]. Ook valt op dat de wind tijdens de app-meetperiodes meestal uit het Noorden kwam. In Nederland komt de wind meestal uit het zuidwesten.

7.2 Focusgroepen

In het vorige hoofdstuk hebben we al een deel van de uitkomsten van de focusgroepen van de groep 'Respijt' en groep 'Geluidgevoeligen' besproken (zie paragraaf 6.3 en Bijlage D) voor het gebruikte protocol). Het ging om de opbrengst voor zover deze van invloed was op de vragen die in de app gesteld dienden te worden en de wijze waarop we de app wilden inzetten om de beleving te meten. Hieruit kwam naar voren dat naast het geluidniveau van het vliegverkeer ook de frequentie (het aantal) van vluchten belangrijk is en ook specifieke vliegtuigpassages (bijvoorbeeld laag vliegen of buiten de afgesproken vliegtijden vliegen), waarvan volgens omwonenden veelal de vraag

[25] Berekend door NLR. Bron: https://nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/9f245229-80e9-4208-a244-04daf5fce8d3?tab=relationsv

[26] Dat is 10,5 graden gemeten door KNMI in de Bilt. https://weerstatistieken.nl/

gesteld kan worden of ze noodzakelijk zijn. Bij dit laatste speelt ook het tijdstip (vroege ochtend, dag, avond, nacht) een rol. Ook kwam naar voren dat angst voor/door vliegverkeer bij geluidgevoeligen een rol speelt.

Aanvullend op deze bevindingen geldt dat uit de focusgroepen blijkt dat er een aanzienlijke verontwaardiging bij de omwonenden is dat het in Nederland mogelijk is dat op specifieke locaties vliegtuigen met een zeer hoge frequentie (tussenpozen van enkele minuten) langdurig overkomen. Er is verbazing bij sommige omwonenden dat veel buurtgenoten dit klakkeloos lijken te accepteren. Een deel van de deelnemers geeft aan dat hun leven door vliegtuiggeluid sterk negatief aangetast of zelfs ontwricht wordt. Men ziet zich genoodzaakt om huizen of slaapkamers sterk tegen geluid te isoleren, men slaapt met oordoppen, men kampt met sterke verstoring van activiteiten door vliegtuiggeluid of men moet op vakantie om van de opgebouwde stress te herstellen. Deze constateringen geven duidelijk aan dat de deelnemers aan de studies vliegverkeer en de blootstelling daaraan als een ernstig probleem beschouwen dat volgens hen tot nu toe door de overheid niet serieus is opgepakt.

7.3 Gemiddelde kortetermijnhinderscores

In Tabel 7.3.1 staan de gemiddelde kortetermijnhinderscores uitgesplitst naar groep. Er kan gescoord worden van 0-10. Andere beschrijvende statistieken van de verschillende indicatoren in dit onderzoek staan in Bijlage F.

Tabel 7.3.1 Gemiddelde kortetermijnhinderscores per groep

Groep	Gemiddelde	Ondergrens 95 % betrouwbaarheidsinterval	bovengrens 95 % betrouwbaarheidsinterval
Totaal	4,88	4,76	5,00
Geluidgevoelig	4,81	4,65	4,98
Respijt	4,95	4,80	5,11

7.4 Gemengde lineaire modellen voor de totale groep deelnemers

7.4.1 Model met zelf-gerapporteerde, akoestische en operationele indicatoren

Voor de statistische analyse zijn 2.368 vragenlijsten gebruikt, ingevuld door 27 personen. De variabelen in de modellen zijn geselecteerd door een statistisch algoritme en niet door de onderzoekers. De gerapporteerde hinder wordt het best verklaard met een combinatie vanzelf gerapporteerde en akoestische indicatoren (90,5 procent van de variantie). De effecten worden uitgedrukt in p-waarden omdat dit een uniforme maat is, onafhankelijk van de wijze van meten. De richting van de effecten is, met enkele uitzonderingen daargelaten, zoals verwacht (zie Bijlage G).

Tabel 7.4.1 Invloed van zelf-gerapporteerde indicatoren, akoestische indicatoren en operationele indicatoren op de kortetermijnhinderscore

Beschrijving	**Type indicator**	**Bron**	**Effectgrootte (P-waardes)**	**Bijdrage aan het model**
Ervaren geluidniveau	Zelf-gerapporteerd	App	5.3e-244	Groot
Ervaren aantal vliegtuigpassages	Zelf-gerapporteerd	App	8.4e-110	Groot
Deel van de dag, tijdstip	Zelf-gerapporteerd	App	4.8e-08	Klein
Ervaren oorzaak van het geluid	Zelf-gerapporteerd	App	9.3e-05	Klein
Aantal vliegtuigpassages boven 75 dB	Akoestisch	Geluidmeter	7.5e-04	Klein
Ervaren lengte van aaneengesloten vliegtuigpassages	Zelf-gerapporteerd	App	1.2e-02	Klein

Tabel 7.4.1 laat zien welke variabelen de ervaren hinder het best verklaren (bijdrage aan het model). Dit zijn het ervaren geluidniveau en het ervaren aantal vliegtuigpassages, waarbij het effect van het ervaren geluidniveau duidelijk groter is. De verhouding is ongeveer 3:1. Hoewel in dit model zeer beperkt, dragen ook de ervaren lengte van een vluchtblok en het aantal vliegtuigpassages boven de 75 dB bij aan de verklaring. Figuur 7.4.1 toont voor de verschillende meetlocaties een beeld van het aantal passages boven 75 dB(A).

Een aanvullende analyse laat zien dat op basis van de variabele ‘Deel van de dag, tijdstip’ geconcludeerd kan worden dat de hinder vooral in de nacht voorkomt. Aanvullende analyse op de variabele ‘Ervaren oorzaak van het geluid’ leert dat het hierbij vooral gaat over angst voor en door vliegtuigen en om de perceptie van de vermijdbaarheid ervan.



Figuur 7.4.1 indicator NA75 op de kaart. Per dagdeel is voor elke locatie het aantal passages met een geluidniveau boven 75 dB bepaald. Voor elke locatie is hiervan het gemiddelde weergegeven.

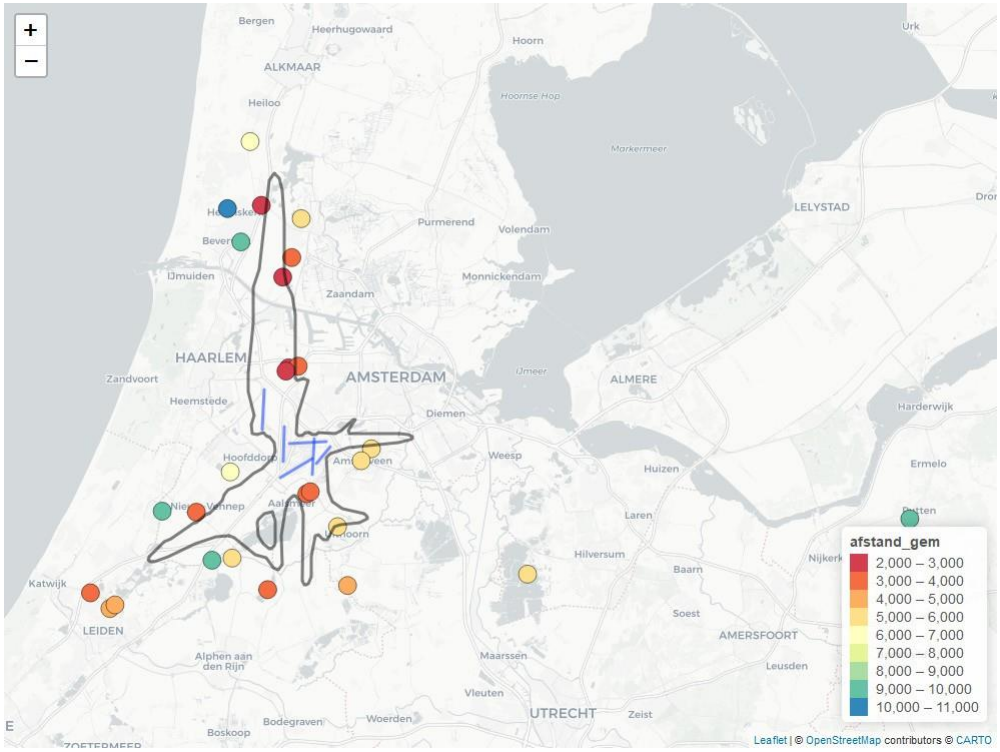
7.4.2 Model met alleen akoestische en operationele factoren

Op basis van alleen de uit de geluidmetingen en de vluchtgegevens afgeleide indicatoren kan de ervaren kortetermijnhinder matig (37,3 procent van de variantie) verklaard worden. De effecten worden wederom uitgedrukt in p-waarden, omdat dit een uniforme maat is, onafhankelijk van de wijze van meten. De richting van de effecten is, met enkele uitzonderingen daargelaten, zoals verwacht (zie Bijlage G). De matige fit en de beperkte effectgrootte veroorzaakt onzekerheid in de uitkomsten.

Deze analyse geeft een indruk welke van de akoestische en operationele indicatoren het belangrijkste zijn (Tabel 7.4.2). ‘De gemiddelde afstand tussen de waarnemer en het vliegtuig’, het aantal vliegtuigpassages boven de 75 dB (NA75)’ en ‘het aantal vluchten onder 5 kilometer hoogte’. Daarna zijn ‘het geluidniveau dat maximaal 20 seconden overschreden wordt’, het aantal vluchtblokken onder 5 kilometer’ en ‘het aantal vluchten per uur’ ongeveer even belangrijk. Figuur 7.4.2, Figuur 7.4.3 en Figuur 7.4.4 geven per meetlocatie een beeld van de gemiddelde afstand tussen de waarnemer en het vliegtuig, het aantal vluchten onder vijf kilometer en het aantal vluchten per uur.

Tabel 7.4.2 Invloed van akoestische indicatoren en operationele indicatoren op de kortetermijnhinderscore.

Beschrijving	**Type**	**Bron**	**Effectgrootte (P-waardes)**	**Bijdrage aan het model**
Gemiddelde afstand vliegtuig-waarnemer	Operationeel.	Opensky & Donderdorp.nl	2.9e-09	Matig
Aantal vliegtuigpassages boven 75 dB	Akoestisch	Geluidmeter	2.4e-06	Matig
Aantal vluchten onder 5 km (verkeer Schiphol)	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	2.9e-05	Matig
Geluidniveau maximaal 20 seconden overschreden	Akoestisch	Geluidmeter	1.1e-04	Klein
Aaneengesloten vliegtuigpassages onder 5 km (verkeer Schiphol)	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	1.2e-04	Klein
Aantal vliegtuigpassages per uur	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	1.2e-04	Klein
Deel van de dag	Operationeel	App	1.9e-04	Klein
De maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage	Akoestisch	Geluidmeter	3.6e-04	Klein
Hoogste gemiddelde maximale geluidniveau van vluchtblok	Akoestisch	Geluidmeter	3.7e-04	Klein
Achtergrondgeluidniveau	Akoestisch	Geluidmeter	7.1e-04	Klein
Totale rust tussen vluchtblokken onder 5 km hoogte (verkeer Schiphol)	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	1.3e-03	Klein
Gemiddelde temperatuur	Meteo	KNMI	3.2e-03	Klein
Aantal vluchten	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	5.1e-03	Klein
Totale rust tussen vluchtblokken	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	1.5e-02	Klein



Figuur 7.4.2 Indicator afstand op de kaart. Per dagdeel is voor elke meetlocatie de gemiddelde afstand van waarnemer tot vliegtuig bepaald. Voor elke locatie is hiervan het gemiddelde weergegeven.



Figuur 7.4.3 Indicator aantallen onder 5 kilometer op de kaart. Per dagdeel is voor elke locatie het aantal passages met vlieghoogte onder 5 kilometer bepaald. Voor elke locatie is hiervan het gemiddelde weergegeven.



Figuur 7.4.4 Indicator aantallen per uur op de kaart. Per dagdeel is voor elke locatie het uurgemiddelde aantal passages bepaald. Voor elke locatie is hiervan het gemiddelde weergegeven.

7.5 Gemengde lineaire modellen voor geluidgevoeligen

De statistische analyse voor geluidgevoeligen is gebaseerd op 1.286 vragenlijsten bij 17 geluidgevoelige deelnemers.[27] Opnieuw kan de gerapporteerde kortetermijnhinder het beste verklaard worden met de zelf-gerapporteerde indicatoren (app) en met de combinatie van zelf-gerapporteerd indicatoren, operationele indicatoren en akoestische indicatoren. Voor geluidgevoeligen kan hinder onvoldoende (in termen van verklaarde variantie) verklaard worden door alleen de akoestische en operationele indicatoren te gebruiken. Het statistische model met alle drie typen indicatoren heeft een iets slechtere fit dan het model op basis van alleen zelf gerapporteerde indicatoren (81,6 versus 84,3 procent verklaarde variantie). Desondanks is het statistische model waarin alle drie de typen indicatoren gebruikt worden, het meest informatief (Tabel 7.5.1). De richting van de effecten is wederom, met enkele uitzonderingen daargelaten, zoals verwacht (zie Bijlage G)

[27] 13 uit de groep 'Geluidgevoeligen' en 4 uit de groep 'Respijt'. Gebaseerd op de vragenlijst, die hierover uitsluitsel geeft.

Tabel 7.5.1 Invloed van zelf-gerapporteerde indicatoren, akoestische indicatoren en operationele indicatoren op de kortetermijnhinderscore van geluidgevoeligen

Beschrijving	**Type**	**Bron**	**Effectgrootte (P-waardes)**	**Bijdrage aan het model**
Ervaren geluidniveau	Zelf gerapporteerd	App	1.9e-136	Groot
Ervaren aantal vliegtuigpassages	Zelf-gerapporteerd	App	7.4e-55	Groot
Ervaren oorzaak van het geluid	Zelf - gerapporteerd	App	9.4e-05	Matig
De maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage	Akoestisch	Geluidmeter	1.6e-04	Klein
Aantal vliegtuigpassages per uur	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	4.9e-04	Klein
Achtergrondgeluidniveau	Akoestisch	Geluidmeter	7.8e-04	Klein
Ervaren lengte van aaneengesloten vliegtuigpassages	Zelf-gerapporteerd	App	1.2e-02	Klein
Aantal vliegtuigpassages boven 75 dB	Akoestisch	Geluidmeter	1.3e-02	Klein
Totale rust tussen vluchtblokken onder 5 km hoogte (verkeer Schiphol)	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	1.5e-02	Klein
Aantal vliegtuigpassages boven 60 dB	Akoestisch	Geluidmeter	2.5e-02	Klein
Geluidniveau maximaal 20 seconden overschreden	Akoestisch	Geluidmeter	2.7e-02	Klein
Totale rust tussen vluchtblokken	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	3.2e-02	Klein
Hoogste gemiddelde maximale geluidniveau	Akoestisch	Geluidmeter	1.1e-01	Klein

Ook voor geluidgevoeligen zijn het ervaren geluidniveau en het ervaren aantal vliegtuigen de belangrijkste indicatoren voor de gerapporteerde kortetermijnhinder. Ook hier is het ervaren geluidniveau duidelijk het belangrijkste. Daarna is het variabele karakter van het geluid, dat wil zeggen de ervaren oorzaak van de hinder, het belangrijkste. Aanvullende analyse (niet in de tabel) leert dat het bij deze variabele opnieuw vooral gaat om angst voor of door vliegtuiggeluid en de naar beleving van geluidgevoeligen vermijdbaarheid hiervan.

Figuur 7.5.1 Indicator SELmax op de kaart. Per dagdeel is voor elke locatie het de hoogste SEL-waarde bepaald. Voor elke locatie is hiervan het gemiddelde weergegeven.



Verschil in uitkomsten

Er zijn ook verschillen tussen de resultaten van geluidgevoeligen ten opzichte van de totale groep. Deze vinden we vooral bij variabelen met een klein effect, dus enige voorzichtigheid bij het trekken van conclusies is geboden. Het belangrijkste verschil is dat voor geluidgevoeligen de hoogste waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage (SELmax) belangrijker is dan aantallen maximale geluidniveaus (NA75 en NA60).

Op basis van deze analyse lijkt het erop dat de tijdsduur dat vliegtuiggeluid wordt waargenomen belangrijker is voor geluidgevoeligen. Ook speelt het verschil met het achtergrondniveau voor hen een grotere rol.

De relevantie van het aantal vluchten wordt benadrukt door de bijdrage van de objectieve indicator ‘aantal vluchten per uur’, naast de subjectieve ervaren aantal passages. Opvallend is verder dat de totale hoeveelheid rust tussen vluchtblokken relevant is voor geluidgevoeligen en dat voor deze groep niet alleen het aantal keer dat vliegtuigen 75 dB overschrijden telt, maar ook het aantal maal dat 60 dB overschreden wordt. Bij geluidgevoeligen dragen dus ook lagere maximale geluidniveaus bij aan de ervaren hinder.

7.6 Correlaties tussen de verschillende indicatoren

Belangrijk om hier nogmaals op te merken is dat door de terugwaartse modelselectie er geen problemen zijn met colineariteit. Als de samenhang te groot is, wordt de variabele die de minste variantie

verklaart uit de analyse verwijderd. Desalniettemin zijn correlaties van belang. Uit de statistische analyse komt namelijk naar voren dat het gerapporteerde aantal vliegtuigpassages en het gerapporteerde geluidniveau van belangrijke variabelen zijn in de verklaring van de hinderscore. Onder meer daarom is het van belang te weten in hoeverre de percepties van de deelnemende burgerwetenschappers corresponderen met de vluchtgegevens en de geluiddata. In Tabel 7.7.1 staan de correlaties weergegeven tussen 'gepercipieerd aantal', 'gepercipieerd geluidniveau' en een aantal akoestische en operationele indicatoren, waarvan we uit de gemengde lineaire regressieanalyses weten dat ze van belang zijn. Omdat de variabelen niet normaal verdeeld zijn, zijn niet parametrische correlaties berekend volgens de Spearman-methode. Deze methode berekent de correlaties tussen de rangnummers van de waarnemingen. Door deze keuze hoeven geen aannames gedaan te worden over de verdeling van de data.

Tabel 7.7.1 Correlaties (niet parametrisch) tussen indicatoren op basis van geluiddata, vluchtgegevens en indicatoren uit de app.

	Indicatoren uit de app			
Indicatoren op basis van geluidmetingen en vluchtgegevens	Ervaren aantal door gehele groep	Ervaren aantal door geluidgevoeligen	Ervaren geluidniveau door gehele groep	Ervaren geluidniveau door geluidgevoeligen
NA75 (Number Above)	0,37	0,47	0,28	0,46
NA60	0,50	0,50	0,43	0,41
Aantal vluchten onder 5 kilometer	0,49	0,51	Niet berekend	Niet berekend
Aantal vluchtblokken onder 5 kilometer	0,20	0,19	Niet berekend	Niet berekend
Aantal vluchten per uur	0,51	0,54	Niet berekend	Niet berekend
Geluidniveau dat minder dan 20 seconden overschreden wordt	Niet berekend	Niet berekend	0,37	0,40
Gekoppelde vlucht met de grootste SEL	Niet berekend	Niet berekend	0,44	0,44
Geluidniveau dat 95% van de tijd overschreden wordt	Niet berekend	Niet berekend	0,17	0,18

De correlaties laten zien dat voor het aantal vluchten dat overkomt met name de objectieve variabelen NA60, aantal vluchten onder de vijf kilometer en het aantal vluchten per uur correleren met het gepercipieerd aantal vluchten. Deze correlaties zijn om en nabij de 0,5. Het zit hiermee op de grens van een middelsterk en een sterk positief verband (zie Tabel 7.7.2).

De beoordeling hiervan hangt af van de verwachting van de perceptie van een omgevingssituatie. Het aantal uit de vluchtgegevens is een scan van vluchten in een horizontale straal van twee kilometer van de locatie van de deelnemers. Het is erg moeilijk om daar een 1:1-perceptie van te hebben. De correlaties geven daarom aan de deelnemers aan het onderzoek het redelijk inschatten. Als ze er volledig naast zitten, zou je lagere of zelfs negatieve correlaties kunnen krijgen. We kunnen hiermee concluderen dat de percepties van het aantal vluchten redelijk overeenkomt met het daadwerkelijke aantal vluchten.

Tabel 7.7.2 Voorzichtige vuistregels voor het interpreteren van de sterkte van een verband tussen twee continue variabelen zoals uitgedrukt in een correlatiecoëfficiënt.

Correlatie	**Samenhang**
Tussen -1 en-0,7	Zeer sterk negatief
Tussen -0,7 en -0,5	Sterk negatie
Tussen – 0,5 en -0,3	Middelsterk negatief
Tussen -0,3 en -0,1	Zwak negatief
Tussen -0,1 en 0,1	Triviaal
Tussen 0,1 en 0,3	Zwak positief
Tussen 0,3 en 0,5	Middelsterk positief
Tussen 0,5 en 0,7	Sterk positief
Tussen 0,7 en 1,0	Zeer sterk positief

Bron: Hoofdstuk 20 Correlaties | Open Methodologie en Statistiek (OpenMenS) (ou-books.gitlab.io).

De correlatie tussen het gepercipieerde geluidniveau en de objectieve indicatoren die het geluidniveau uitdrukken, zijn iets minder sterk. De hoogste correlatie is met de gekoppelde vlucht met de hoogste SEL en met de NA60. De correlaties zijn ongeveer 0,45 en hiermee is het verband middelsterk positief. Ook het gepercipieerde geluidniveau heeft dus een duidelijke match met het daadwerkelijke geluidniveau, maar dit verband is iets minder sterk.

Als we de genoemde correlaties nogmaals bekijken, maar dan alleen voor de groep 'Geluidgevoeligen', dan blijkt dat deze correlaties sterk overeenkomen met de correlaties voor de gehele groep. De enige, maar wel belangrijke, afwijking is dat voor deze groep het gepercipieerde geluidniveau sterker samenhangt met de NA75, het aantal keer dat 75 dB(A) wordt overschreden.

7.7 Analyses zonder ervaren aantallen en ervaren geluidniveaus

7.7.1 Voor- en nadelen van zelf-gerapporteerde indicatoren voor aantallen of geluidniveaus

Het voordeel van de indicatoren 'ervaren aantal vliegtuigpassages' en 'ervaren geluidniveau' is dat inzichtelijk gemaakt wordt dat met deze twee variabelen veel van de hinderscore verklaard kan worden. En dat je een indruk krijgt van de verhouding ten opzichte van elkaar. In onze analyses is het 'ervaren geluidniveau' ongeveer driemaal zo belangrijk als het 'ervaren aantal'. Het nadeel van deze indicatoren is dat er fouten kunnen zitten in de inschatting van de daadwerkelijke aantallen en niveaus en dat dit ook beïnvloed wordt door negatieve associaties bij vliegtuigen. Een waarneming met een negatieve associatie is

waarschijnlijk eerder veel of luid dan een waarneming met een positieve associatie. Het is niet duidelijk of deze mechanismen elkaar versterken of compenseren. De correlaties in de vorige paragraaf laten zien dat de deelnemers de daadwerkelijke geluidniveaus en aantallen vluchten redelijk inschatten.

Een ander nadeel van het gebruik van deze indicatoren is dat dit in het model zicht op de invloed van operationele en akoestische indicatoren wegneemt. Dit komt doordat zelf-gerapporteerde gegevens consistenter met elkaar samenhangen dan met operationele gegevens en akoestische gegevens. Daarom zijn de analyses ook gedaan zonder gerapporteerde aantallen en gerapporteerde niveaus. Dit levert een aantal inzichten op die deze paragraaf beschrijft. Dit komt onder meer doordat er een aantal interactie effecten ontstaan. Dat wil zeggen dat variabelen een effect hebben, afhankelijk van de conditie van een modererende variabele.

We maken hiermee een begin met het ontwikkelen van een beter begrip van het concept 'hinder'. Voor een nog beter begrip zou de statistische analyse eigenlijk verdiept moeten worden.

7.7.2 Weglaten van de variabelen 'Ervaren aantal vliegtuigpassages' en 'Ervaren geluidniveau' voor de gehele groep

Het weglaten van de variabele 'Ervaren aantal vliegtuigpassages' voor de gehele groep levert niet veel meer inzicht op. Het blijkt dat andere zelf-gerapporteerde variabelen belangrijker worden. Deze analyse gegeven we hier niet weer.

Bij het weglaten van het 'Ervaren geluidniveau' (Tabel 7.6.1) daalt de verklaarde variantie van 90,5 naar 80,9 procent. In dit model zijn het 'Ervaren aantal vliegtuigpassages' en de 'Ervaren oorzaak van het geluid' het belangrijkste. Verder wordt de maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage (een akoestische indicator SELmax) een stuk belangrijker. Ook blijkt dat, afhankelijk van het achtergrondgeluidniveau, het aantal aaneengesloten vliegtuigpassages onder de vijf kilometer en het aantal vliegtuigpassages een bijdrage leveren. Dit wil zeggen dat deze variabelen vooral een effect hebben bij een laag achtergrondgeluid. Dit soort moderaties komt in de analyse een aantal keer voor. Naast het achtergrondgeluid zijn het aantal vluchten onder vijf kilometer en het aantal vluchten per uur ook modererende variabelen. In deze gevallen hebben de variabelen vooral een effect als er veel vluchten zijn (onder de vijf kilometer of per uur)

Tot slot wordt een relatief kleine bijdrage geleverd door deze indicatoren: het geluidniveau dat maximaal 20 seconden overschreden wordt, wordt gemodereerd door het aantal aaneengesloten vliegtuigpassages onder de vijf kilometer hoogte. Het aantal vliegtuigpassages boven 75 dB wordt gemodereerd door het aantal vluchten per uur. Het deel van de dag en het aantal vluchten per uur wordt gemodereerd door het achtergrondgeluidniveau.

Tabel 7.6.1 Invloed van zelf-gerapporteerde indicatoren, akoestische indicatoren en operationele indicatoren op de kortetermijnhinderscore voor de gehele groep zonder zelf gerapporteerd geluidniveau.

Beschrijving	**Type**	**Bron**	**Effectgrootte (P-waardes)**	**Bijdrage aan het model**
Ervaren aantal vliegtuigpassages.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
Ervaren oorzaak van het geluid.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
De maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage.	Akoestisch	Geluidmeter	0.001	Relatief matig
Aantal aaneengesloten vliegtuigpassages onder 5 kilometer (verkeer Schiphol), gemodereerd door achtergrondgeluidniveau.	Operationeel & akoestisch	Opensky & Donderdorp.nl & geluidmeters	0.003	Relatief matig
Aantal vliegtuigpassages, gemodereerd door achtergrondgeluidniveau.	Operationeel & akoestisch	Opensky & Donderdorp.nl & geluidmeter	0.005	Relatief klein
Geluidniveau maximaal 20 seconden overschreden, gemodereerd door Aantal aaneengesloten vliegtuigpassages onder 5 kilometer (verkeer Schiphol).	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter & Opensky & Donderdorp.nl	0.007	Relatief klein
Aantal vliegtuigpassages boven 75 dB gemodereerd door het aantal vluchten per uur.	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter & Opensky & Donderdorp.nl	0.008	Relatief klein
Deel van de dag.	Operationeel	App	0.025	Relatief klein
Aantal vluchten per uur gemodereerd door het achtergrondgeluidniveau.	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter & Opensky & Donderdorp.nl	0.034	Relatief klein

7.7.3 Weglaten van de variabelen 'Ervaren aantal vliegtuigpassages' en 'Ervaren geluidniveau voor de groep 'Geluidgevoeligen'

Voor geluidgevoeligen beschrijven we nu voor het eerst een model met alleen zelf -gerapporteerde variabelen in Tabel 7.6.2 hieronder. Dit doen we omdat de invloed van de mate van geluidgevoeligheid hierin goed naar voren komt. Uit de tabel volgt dat als we de ervaren aantallen uit deze analyse verwijderen, de ervaren duur van de aaneengesloten vliegtuigpassages de belangrijkste variabele wordt en dat hierbij een afhankelijkheid is van de mate van geluidgevoeligheid. Dus hoe hoger de geluidgevoeligheid, hoe sterker de invloed van ervaren duur van aaneengesloten vliegtuigpassages op de kortetermijnhinder. Ook in dit model is de ervaren oorzaak van het geluid belangrijk. Tenslotte blijkt

dat, afhankelijk van de geluidgevoeligheid, het ervaren geluidniveau een relatief groot effect heeft en de ervaren rust tussen aaneengesloten vliegtuigpassages een relatief klein effect heeft.

Tabel 7.6.2 Invloed van zelf-gerapporteerde indicatoren op de kortetermijnhinderscore voor geluidgevoeligen zonder ervaren aantal vliegtuigpassages.

Beschrijving	**Type**	**Bron**	**Effectgrootte (P-waardes)**	**Bijdrage aan het model**
Ervaren duur van aaneengesloten vliegtuigpassages gemodereerd door de mate van geluidgevoeligheid.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
Ervaren oorzaak van het geluid.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
Ervaren geluidniveau gemodereerd door de mate van geluidgevoeligheid.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
Ervaren rust tussen ervaren aaneengesloten vliegtuigpassages gemodereerd door de mate van geluidgevoeligheid.	Zelf-gerapporteerd	App	0.008	Relatief klein

Tabel 7.6.3 toont het gevolg van het verwijderen van de variabele 'Ervaren geluidniveau' uit het model voor geluidgevoeligen met drie typen indicatoren. De verklaarde variantie gaat van 81,6 naar 68,17 procent in dit model. Relatief belangrijke variabelen in dit model zijn net als in de gehele groep het ervaren aantal vliegtuigpassages en de ervaren oorzaak van het geluid. Ook in dit model wordt de maximale waarde van het opgetelde geluidsniveau over een hele passage (SELmax) belangrijker. Het verschil met de gehele groep is dat dit afhankelijk is van het achtergrondgeluidniveau. Dus het effect van deze akoestische variabele is sterker bij lage achtergrondniveaus. Het effect van deze gemodereerde indicator is ook groter dan het effect van de niet-gemodereerde indicator bij de gehele groep. Een ander verschil met het model voor de gehele groep is het relatief grote effect van het aantal vliegtuigpassages boven 75 dB, wat afhankelijk is van het aantal vluchten per uur. Dus hoe meer vliegtuigen per uur hoe sterker deelnemers gehinderd zijn door luide vliegtuigpassages boven 75 dB. Ook is het relatief grote effect van het aantal vliegtuigpassages boven 60 dB een verschil met het model voor de gehele groep. Deze drie verschillen zijn consistent met de verschillen die we eerder in de modellen vonden, waarin ervaren aantallen vliegtuigpassages en ervaren geluidniveaus wel zijn opgenomen.

Bij de indicatoren met een relatief klein effect in het model is het opvallend dat vier van deze indicatoren gemodereerd zijn door het

aantal vluchten per uur. Omdat aantal vliegtuigen per uur in dit model in totaal in vijf variabelen een modererende invloed heeft, is bij deze vijf variabelen het effect sterker naarmate er meer vliegtuigen per uur zijn. Aantal vliegtuigen per uur lijkt daarom een belangrijke indicator voor de kortetermijnhinderscore te zijn.

Tabel 7.6.3 Invloed van zelf-gerapporteerde indicatoren, akoestische indicatoren en operationele indicatoren op de kortetermijnhinderscore voor de groep 'Geluidgevoeligen' zonder zelf-gerapporteerd geluidniveau.

Beschrijving	**Type**	**Bron**	**Effectgrootte (P-waardes)**	**Bijdrage aan het model**
Ervaren aantal vliegtuigpassages.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
Ervaren oorzaak van het geluid.	Zelf-gerapporteerd	App	<0.001	Relatief groot
De maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage gemodereerd door het achtergrondgeluidniveau.	Akoestisch	Geluidmeter	<0.001	Relatief groot
Aantal vliegtuigpassages boven 75 dB gemodereerd door het aantal vluchten per uur.	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter & Opensky & Donderdorp.nl	<0.001	Relatief groot
Aantal vliegtuigpassages boven 60 dB.	Akoestisch	Geluidmeter	<0.001	Relatief groot
De maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage gemodereerd door het aantal vluchten per uur.	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter	0.005	Relatief klein
Geluidniveau max 20 seconden overschreden, gemodereerd door Aantal vluchten per uur.	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter & Opensky & Donderdorp.nl	0.006	Relatief klein
Totale rust tussen aaneengesloten vliegtuigpassages gemodereerd door het aantal vluchten per uur.	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	0.009	Relatief klein
Totale rust tussen aaneengesloten vliegtuigpassages onder 5 km (verkeer Schiphol) gemodereerd door het aantal vluchten per uur.	Operationeel	Opensky & Donderdorp.nl	0.015	Relatief klein
Hoogste gemiddelde maximale geluidniveau gemodereerd door de totale hoeveelheid rust tussen aaneengesloten vliegtuigpassages.	Akoestisch & operationeel	Geluidmeter & Opensky & Donderdorp.nl	0.016	Relatief klein

7.8 Blootstelling-responsrelaties

In het onderzoek naar geluid en gezondheid is het gebruikelijk om zogenaamde blootstelling-responsrelaties af te leiden. Zo'n relatie beschrijft de kans op een effect (bijvoorbeeld hinder) in een organisme, veroorzaakt door verschillende blootstellingsniveaus (of doseringen). In het onderzoek naar effecten van langdurige hinder, waarbij de respondent gevraagd wordt om terug te kijken naar de afgelopen twaalf maanden, is de relatie tussen een geluidmaat die de geluidblootstelling over het hele jaar beschrijft (zoals de L_{den}) en ernstige hinder belangrijk.

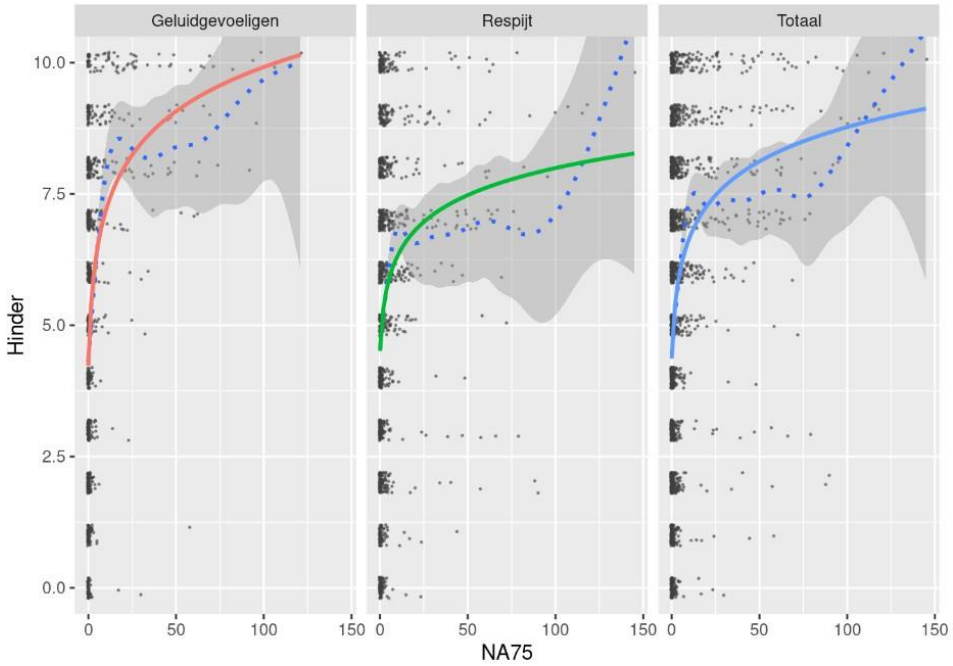
In dit onderzoek naar kortetermijnhinder, waarin de respondent herhaald terugkijkt op de verstreken uren van de registratieperiode, verkennen we of er zinvolle relaties tussen een kortetermijnhinder(score) en een aantal akoestische en operationele indicatoren af te leiden zijn. We beperken ons hierbij dus niet tot indicatoren voor geluid. Uiteraard geldt ook nu weer dat we geïnteresseerd zijn in de beleving van geluidgevoeligen. Op basis van de uitkomsten van de gemengde lineaire regressie analyses, is besloten om voor de kortetermijnhinder in de maanden juli, augustus en september, de volgende dosis-effectrelaties nader te bekijken:

1. De relatie tussen de kortetermijnhinderscore en NA75 (het aantal keer dat 75 dB(A) overschreden wordt.
2. De relatie tussen de kortetermijnhinderscore en de maximale waarde van het opgetelde geluidniveau over een hele passage.
3. De relatie tussen de kortetermijnhinderscore en het aantal vluchten onder vijf kilometer vlieghoogte.
4. De relatie tussen de kortetermijnhinderscore en het aantal vluchten per uur.
5. De relatie tussen de kortetermijnhinderscore en de gemiddelde afstand tussen het vliegtuig en de waarnemer.

De blootstelling-responsrelaties zijn gegeven via figuren, waarin steeds de waarnemingen geplot zijn en per groep een niet-parametrische fit in de vorm van een blauwe stippellijn en een lichtgrijze bijbehorende betrouwbaarheidsband. Daarnaast is er ook een parametrische fit weergegeven in de vorm van een doorgetrokken gekleurde lijn. De relaties zijn bepaald met behulp van een lineair regressiemodel.

Uit de grafieken blijkt dat het betrouwbaarheidsinterval bij hogere en bij sommige indicatoren ook lagere waardes groot is door weinig datapunten.

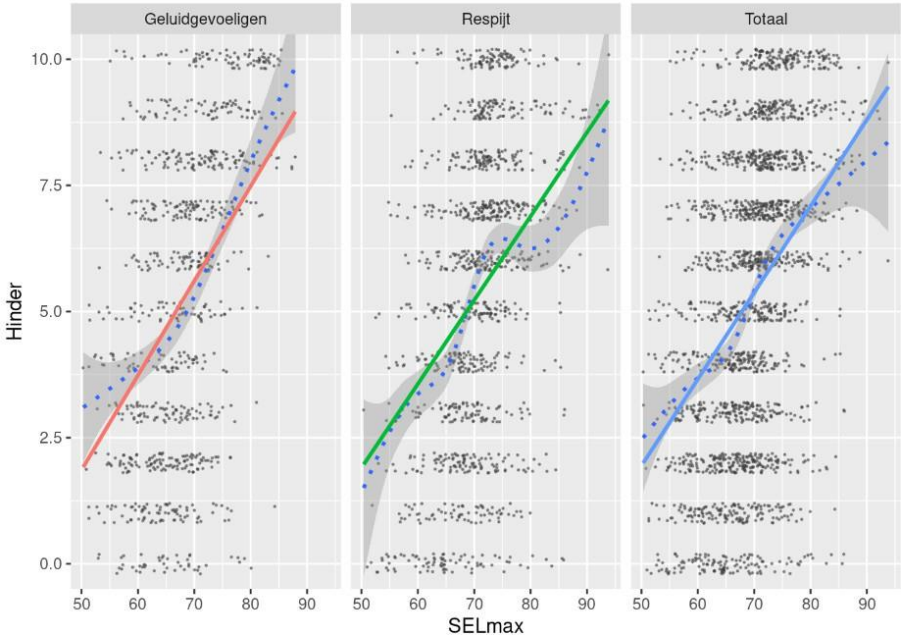
Figuur 7.8.1 laat zien dat er een relatie is gevonden tussen het aantal keer dat 75 dB(A) wordt overschreden en de kortetermijnhinderscore: naarmate meer vliegtuigen de 75 dB(A) overschrijden, neemt de hinderscore toe. Deze toename is het grootst bij de groep 'Geluidgevoeligen'. Uit de figuur blijkt ook dat de stijging in hinderscore vanaf een NA75-waarde van ongeveer vijftig een stuk minder groot is.



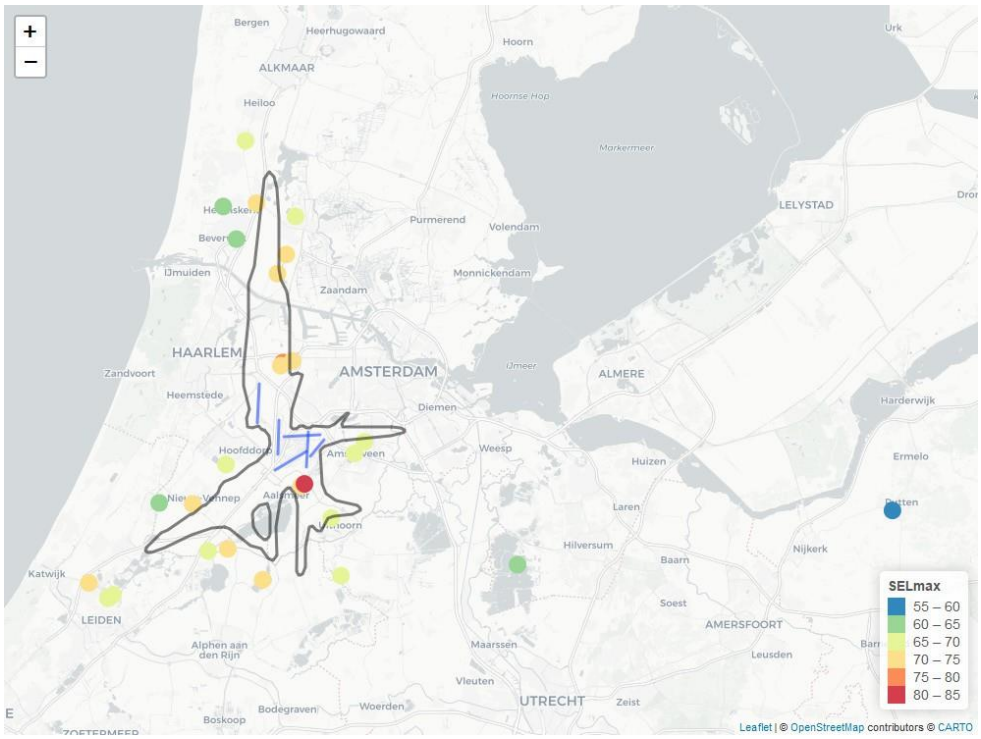
Figuur 7.8.1 Blootstelling-responsrelatie tussen kortetermijnhinderscore van vliegverkeer en het aantal keer dat 75 dB(A) wordt overschreden.

Opvallend is dat voor de geluidgevoeligen de hinderscore bij gelijke NA75-waardes hoger ligt: bij 50 overschrijdingen is de hinderscore in de groep 'Geluidgevoeligen' ~8.5, terwijl deze in de groep 'Respijt' ~7.5 is. Ook is de stijging groter in de groep 'Geluidgevoeligen': bij een toename van NA75 van 50 naar 100 neemt de hinderscore toe van 8.5 naar 10. In de groep 'Respijt' neemt de hinderscore toe van 7.5 naar ~8. De stijging in de groep 'Geluidgevoeligen' is dus een stuk groter dan voor de groep 'Respijt' en de totale groep. Dit impliceert dat het aantal overschrijdingen van de NA75 bij deze groep meer kortetermijnhinder veroorzaakt.

Uit Figuur 7.8.2 blijkt dat er een relatie is tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer uitgedrukt als SELmax en de kortetermijnhinderscore: naarmate het SELmax-niveau toeneemt, neemt de kortetermijnhinderscore toe. De gevonden relaties zijn zeer vergelijkbaar tussen de drie groepen (lijnen lopen zo goed als parallel). Dit zegt iets over de relevantie van de duur van een event.



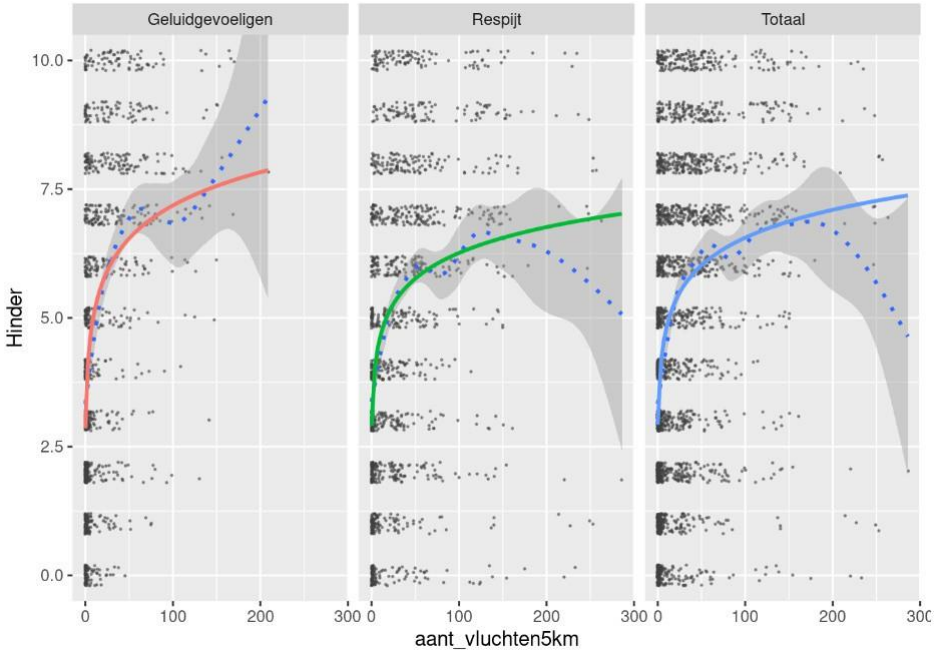
Figuur 7.8.2 Blootstelling-responsrelatie tussen kortetermijnhinderscore van vliegverkeer en de maximale SEL van een event.



Figuur 7.8.3 Indicator SELmax op de kaart. Per dagdeel is voor elke locatie de maximale SEL van een passage bepaald. Voor elke locatie is hiervan het gemiddelde weergegeven.

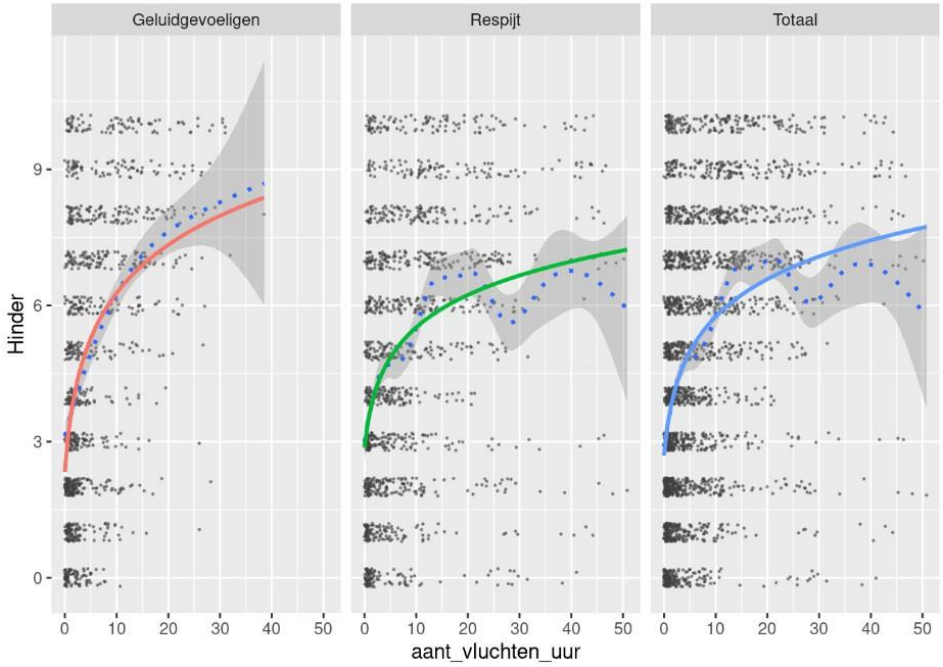
Figuur 7.8.4 laat zien dat er een relatie is tussen het aantal vluchten onder 5 kilometer hoogte en de kortetermijnhinderscore: naarmate het aantal vluchten toeneemt, neemt de score toe. Daarbij lijkt de toename in de kortetermijnhinderscore bij de geluidgevoeligen het sterkst. Verder

valt op dat in alle groepen de toename het sterkst is tussen de 0 en ~100 vluchten.



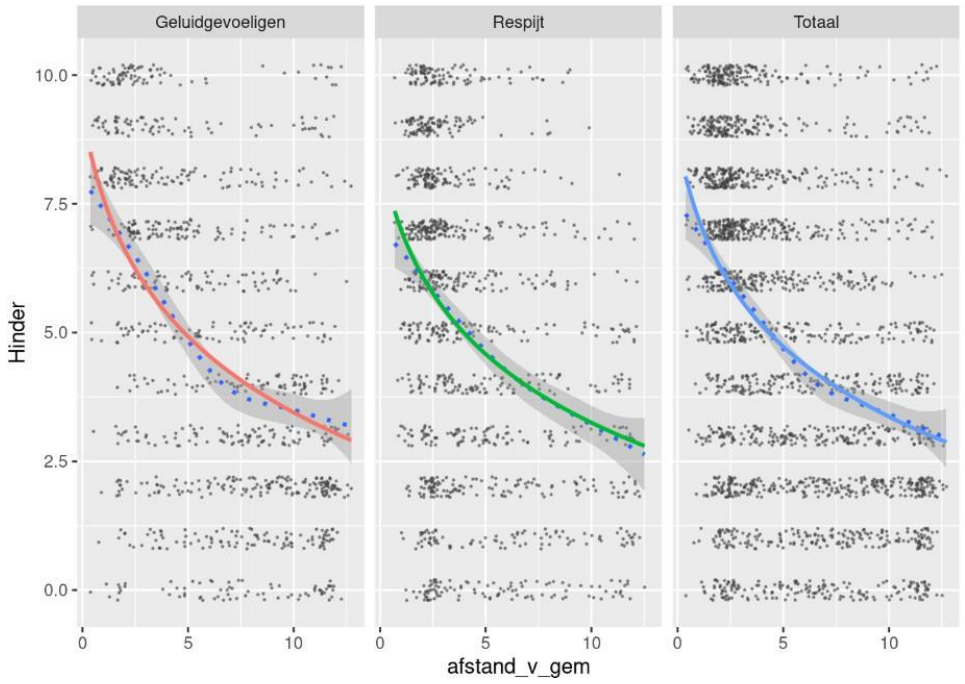
Figuur 7.8.4 Blootstelling-responsrelatie tussen kortetermijnhinderscore van vliegverkeer en het aantal vluchten onder vijf kilometer hoogte.

Uit Figuur 7.8.5 blijkt dat er een relatie is tussen het aantal vluchten per uur en de hinderscore: naarmate het aantal vluchten toeneemt, neemt de hinderscore toe. De stijging in de groep 'Geluidgevoeligen' is het grootst. Wel zie je dat de stijging in kortetermijnhinderscore in alle drie de groepen minder wordt vanaf ongeveer vijftien vluchten per uur. De vorm van deze grafiek is vergelijkbaar met de NA75-grafiek. Dit is logisch, omdat het in beide gevallen gaat het om indicatoren die iets zeggen over het aantal events.



Figuur 7.8.5 Blootstelling-responsrelatie tussen kortetermijnhinder van vliegverkeer en het aantal vluchten per uur.

In Figuur 7.8.6 staat tot slot de blootstelling-responsrelatie tussen de kortetermijnhinderscore van vliegverkeer en de afstand tussen vliegtuig en waarnemer. Deze relatie is wederom te schatten met log-lineair-verband. Uit Figuur 7.8.6. blijkt dat er een relatie is tussen de afstand tussen vliegtuig en waarnemer en de hinderscore: naarmate de afstand groter wordt, neemt de hinderscore af. De relaties in de verschillende groepen zijn zeer vergelijkbaar met elkaar (afgezien van wat kleine verschillen).



Figuur 7.8.6 Blootstelling-responsrelatie tussen kortetermijnhinder van vliegverkeer en de afstand (in km) tussen vliegtuig en waarnemer.

8 Discussie en conclusie

8.1 Inleiding

In dit laatste hoofdstuk gaan we wat dieper in op wat de bevindingen nu eigenlijk betekenen, welke vragen het oproept en wat het toepassingsbereik is van de bevindingen. We doen dit voornamelijk in de discussie. In de conclusie zetten we puntsgewijs de belangrijkste bevindingen onder elkaar. Maar voordat we dit doen, beantwoorden we in paragraaf 8.2 en 8.3 de vraagstellingen, voor zover dat met de gebruikte methode mogelijk is.

Vraagstelling:

1. Onder welke omstandigheden draagt het aantal vliegtuigpassages op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden bij aan de hinder van vliegverkeer?
    a. Wat is hierbij het effect van een verdeling van vluchten in de tijd?
    b. Wat is hierbij het effect van geluidspieken?
    c. In hoeverre is er een impact van weersomstandigheden?
    d. In hoeverre is er een verschil tussen dag en nacht?
    e. In hoeverre is er een verschil tussen seizoenen?
    f. Wat is de impact van vakantieperiodes?
    g. Wat is de impact van het baangebruik?
        i. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als hoofdbaan?
        ii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan in piekperiodes (betrekkelijk voorspelbaar)?
        iii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan om operationele storingen op te vangen (onvoorspelbaar)?
2. Wat is het gemeten vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden?
3. In welke mate hangen de metingen van geluid op deze locaties en de ervaring hiervan met elkaar samen?
4. Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over rustperiodes tussen vliegtuigpassages om de hinder van vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden te verminderen?
5. Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over mogelijkheden om de hinder van vliegtuiggeluid door geluidgevoelige burgers te verminderen?

Box 8.1.1 Vraagstelling in het onderzoek

8.2 In hoeverre past de methode bij de vraagstelling?

Aan het eind van dit rapport beschouwen we in hoeverre we met de bevindingen de vraagstelling, die het RIVM en de deelnemers aan het onderzoek gezamenlijk ontwikkelden, beantwoorden. In Box 8.1.1 herhalen we deze nog een keer en voegen we de vraagstellingen voor de groep ‘Geluidgevoeligen’ en de groep ‘Respijt’ samen. Alleen vraag vier en vijf zijn verschillend voor de twee groepen.

Nadere beschouwing leert dat deze vraagstelling op punten wat te ambitieus is geweest. Op basis van de gekozen methodologie kunnen sommige vragen niet beantwoord worden. Dit geldt voor 1c. Om deze vraag te kunnen beantwoorden hadden we veel meer variabelen over het weer moeten meenemen. Iets vergelijkbaars geldt voor vraag 1e. Om verschillen tussen seizoenen te kunnen, vinden had het belevingsonderzoek met de app langer moeten lopen of we hadden dit in verschillende seizoenen moeten herhalen. Omdat we überhaupt niet wisten of de aanpak zou slagen, hebben we dit niet gedaan. Ook vraag 1f is om deze reden niet te beantwoorden. Verder geldt dat vraag 1g over de impact van het baangebruik met de gebruikte methodologie niet te beantwoorden is. Om dit te kunnen doen, moet er in de geluiddata een koppeling gemaakt worden tussen geluid, de banen die vliegtuigen gebruiken om te starten en te landen en de banen als hoofdbaan of secundaire baan. Dat is in dit onderzoek niet gedaan.

8.3 Beantwoording van de (resterende) deelvragen uit de vraagstelling

De hoofdvraag was: 'Onder welke omstandigheden draagt het aantal vliegtuigpassages op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden bij aan de hinder door vliegverkeer?'

8.3.1 Deelvraag 1a:Wat is hierbij het effect van de verdeling van vluchten in de tijd?

In feite veronderstelt deze vraag dat er een effect is van het aantal vliegtuigpassages op de kortetermijnhinder. Het onderzoek laat zien dat dit inderdaad het geval is. Uit zowel de data die zijn verzameld met behulp van de app als uit de geluidgegevens en de vluchtgegevens blijkt dat er een effect is van het aantal vliegtuigpassages op de gerapporteerde kortetermijnhinder. Namelijk: de hinderscore was hoger naarmate (i) deelnemers meer overvliegende vliegtuigen rapporteerden in de app, (ii) meer vliegtuigen over het huis van de deelnemer vlogen volgens de vluchtgegevens, en (iii) het aantal luide passages (NA75) groter was.

Verder bleek dat de perceptie van het aantal vluchten redelijk overeenkomt met het daadwerkelijke aantal vluchten. De correlaties laten namelijk zien dat met name de variabelen NA60, het aantal vluchten onder de vijf kilometer en het aantal vluchten per uur correleren met het gepercipieerd aantal vluchten (r ~0,5).

De bevindingen van onderhavig onderzoek zijn consistent met de resultaten van Schreckenberg & Schuemer (2010) en de COSMA-studie (Bartels, 2015). In eerstgenoemd onderzoek werden verschillende akoestische indicatoren getest: het equivalente geluidniveau (L_{eq}), maximale geluidniveaus (L_{max}) en ook het aantal passages boven een bepaald geluidniveau (NAx). Uit de analyses bleek dat met name het aantal passages boven een bepaald geluidniveau het beste met de hinder waren geassocieerd. Ook in de COSMA-studie werd de invloed van een hele set aan akoestische parameters bestudeerd op de hinder per uur. Na analyse bleek dat van de onderzochte indicatoren vooral het aantal passages boven een bepaald geluidniveau (NAx) het sterkst geassocieerd was met de kortetermijnhinder.

Uit de resultaten van ons onderzoek bleek ook dat de gevonden BR-relaties tussen indicatoren van het aantal luide passages en de kortetermijnhinderscore het sterkst waren voor de groep 'Geluidgevoeligen'. Helaas hebben zowel Schreckenberg en Bartels geen aparte analyses voor geluidgevoeligen gedaan. Wel zag je in beide studies terug dat geluidgevoeligheid geassocieerd was met de kortetermijnhinderscore. Ook is er in deze twee studies niet naar operationele indicatoren gekeken.

8.3.2 Deelvraag 1b: Wat is hierbij het effect van geluidpieken?

Ook hiervoor geldt dat uit de opgestelde blootstelling-responsrelaties duidelijk naar voren komt dat naarmate 75 dB(A) vaker overschreden wordt ook de kortetermijnhinder toeneemt. Ook dit geldt vooral voor de groep 'Geluidgevoeligen'. Voor hen is ook het aantal keer dat 60 dB(A) overschreden wordt van belang.

8.3.3 Deelvraag 1d:Verschil in beleving tijdens dag en nacht

De analyses laten zien dat hinder door geluidniveaus en aantallen vliegtuigen vooral 's nachts voorkomt. Dit, terwijl het aantal passerende vliegtuigen 's nachts lager is dan overdag. Zowel in de COSMA-studie als in Stearns et al (1983) als Schreckenberg en Meis (2006) werd een associatie gevonden tussen de tijd van de dag en kortetermijnhinder. Daarbij werden de hoogste hinderscores steeds gevonden in de vroege ochtend (7.00–8.00 uur). Dit is dus net iets anders dan in onderhavige studie. Wanneer we kijken naar het dag-nachtritme voor de gevoeligheid voor geluid, zijn de bevindingen in de onderhavige studie niet opmerkelijk: immers tijdens de avond en nacht zijn mensen juist op zoek naar ontspanning, rust en slaap.

8.3.4 Deelvraag 2: Gemeten vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden

Wat betreft geluidniveaus meten de geluidmeters gemiddeld 70 dB(A) Lmax tijdens vliegtuigpassages. Dit is gemiddeld genomen over alle meetlocaties van dit onderzoek en de belevingsmeetperiodes. Als we de meetafwijking in de microfoon meenemen, wordt dit 67 dB(A). Hierbij moet aangetekend worden dat het koppelen van luide passages beter gaat dan het koppelen van stille passages.

8.3.5 Deelvraag 3: In welke mate hangen de metingen van geluid op deze locaties en de ervaring hiervan met elkaar samen?

In deelvraag 3 is de mate waarin de metingen van geluid samenhangen met de ervaring van geluid het onderwerp. Deze samenhang kan worden uitgedrukt in correlaties. De correlaties tussen het gepercipieerde geluidniveau en de verschillende akoestische indicatoren zijn ongeveer 0,45 en hiermee is het verband middelsterk positief. Voor de gehele groep zijn de hoogste correlaties met de gekoppelde vlucht met de hoogste SEL en met de NA60. In de groep 'Geluidgevoeligen' is er ook een middelsterk positief verband tussen het gepercipieerde geluidniveau en de NA75. De ervaringen van het geluid en de geluidmetingen tonen dus een duidelijke overeenkomst.

8.3.6 *Deelvraag 4: 'Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over rustperiodes tussen vliegtuigpassages om de hinder van vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden te verminderen?'*

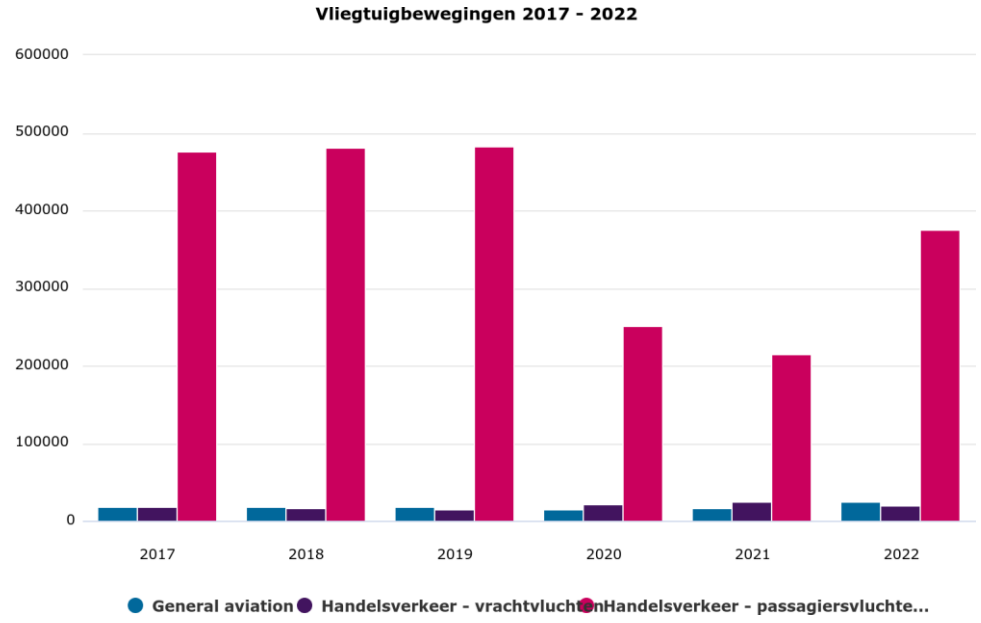
In de analyses zijn variabelen meegenomen die de afwezigheid van vliegtuigen uitdrukken. Bijvoorbeeld een variabele die de totale hoeveelheid rust tussen vluchtblokken onder vijf kilometer hoogte (vliegverkeer Schiphol) uitdrukt. Een deel van deze variabelen levert een statistisch significante bijdrage in de gemengde lineaire regressiemodellen die de kortetermijnhinder verklaren, maar de bijdrage is beperkt. Daarom kunnen we deze vraag niet beantwoorden.

8.3.7 *Deelvraag 5: 'Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over mogelijkheden om de hinder van vliegtuiggeluid door geluidgevoelige burgers te verminderen?'*

Voor geluidgevoeligen stijgt de hinderscore in verschillende dosis-effect-relaties sterker dan voor de groep 'Respijt' en voor de totale groep. Ook geldt voor hen dat ook lagere geluidniveaus duidelijker ervaren worden dan bij de deelnemers van de andere groep en dat de invloed van de blootstelling afhankelijk is van het achtergrondgeluid. Ook de duur van de blootstelling is voor deze groep van een groter belang. De aanpak om de kortetermijnhinder voor geluidgevoelige burgers terug te brengen, is niet anders dan voor burgers die niet geluidgevoelig zijn. Zowel aantallen als geluidniveaus spelen bij de ervaren hinder een belangrijke rol, voor geluidgevoelige burgers nog sterker zo dan voor niet geluidgevoelige burgers. De impact van deze bevindingen is lastig in te schatten. Gedurende de ontwikkeling van de vraagstelling kwam naar voren dat een actueel overzicht van het voorkomen van geluidgevoeligheid in Nederland ontbreekt (zie paragraaf 5.2).

8.4 Beperkingen

Tot slot nog een korte opmerking over het effect van de COVID-19-pandemie op onze bevindingen. De studies die dit rapport worden besproken, hebben plaatsgevonden direct na afloop van de pandemie. Tijdens de pandemie nam de overheid een groot aantal maatregelen dat was bedoeld om de verspreiding van het virus tegen te gaan. Dit had bijvoorbeeld gevolgen voor het aantal vliegbewegingen. In Figuur 8.4.1 staat een overzicht van het aantal vliegbewegingen per jaar. Dit laat zien dat het onderzoek in 2022 is uitgevoerd toen het aantal vliegbewegingen weer groeiende was, maar nog niet helemaal op het niveau van de jaren hiervoor. Dit kan op verschillende redenen het onderzoek beïnvloed hebben. Enerzijds was de blootstelling lager dan eerdere jaren, dit kan de hinder gedrukt hebben. Anderzijds weten we dat tijdens de pandemie, tegen de verwachting in, de hinder niet sterk afnam (Van Poll & Simon, 2023). Al met al valt dus niet heel precies te voorspellen wat het effect van de COVID-19-pandemie op de resultaten van het onderzoek is geweest.



Figuur 8.4.1 Effecten van corona op vliegtuigbewegingen. Bron: Staat van Schiphol 2022.

8.5 Discussie

8.5.1 Citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder als aanvullende benadering?

8.5.1.1 Methodologische voor- en nadelen

In paragraaf 1.4 gaven we al een korte schets van de wijze waarop onderzoek naar kortetermijnhinder, zoals ontwikkeld in dit citizen science-onderzoek, verschilt van het observationele onderzoek naar de effecten van langdurige blootstelling op hinder waarbij deelnemers wordt gevraagd om twaalf maanden terug te kijken. De GGD-gezondheidsmonitor is een voorbeeld van zo'n observationeel onderzoek.

Het is duidelijk dat het onderzoek naar kortetermijnhinder, zoals we dit in dit onderzoek ontwikkeld hebben, niet zonder gebreken is. Dat komt onder meer door de kleinschaligheid van de aanpak. Toch kan je er wel veel van leren. Dit komt doordat we met dit type onderzoek beter in staat zijn om te kijken wat de invloed is van de verschillende kenmerken en variatie van de blootstelling. Iets wat met behulp van observationeel onderzoek waarbij wordt gekeken naar het effect op hinder na langdurige blootstelling, minder goed mogelijk is. Bijvoorbeeld over de effecten van maximale geluidniveaus en aantallen vliegtuigpassages op specifieke tijdstippen en locaties en activiteiten.

In Tabel 8.5.1 zetten we de methodologische karakteristieken van de twee benaderingen naast elkaar. Dit doen we om in iets meer detail te schetsen hoe de benaderingen elkaar aanvullen en ondersteunen. Ook maakt het inzichtelijk hoe deze benaderingen ingezet kunnen worden om beleidsvorming te informeren. Uiteraard is veel afhankelijk van de specifieke opzet van een onderzoek, de te beantwoorden vraag en wat

je met dit antwoord wilt doen. Omdat de tabel voor een belangrijk deel voor zichzelf spreekt, lichten we alleen de belangrijkste zaken toe.

Tabel 8.5.1 Methodologische karakteristieken van observationeel onderzoek en citizen science-onderzoek naar kortetermijnhinder.

	Onderzoek naar effect langdurige blootstelling (bijvoorbeeld GGD-gezondheids-monitor)	**Citizen science-onderzoek naar effect blootstelling korte termijn**
Meet de hinder binnen een aantal uren, nadat blootstelling heeft plaatsgevonden of event is waargenomen.	Nee	Ja
Meet hinder op specifieke tijden, locaties, tijdens activiteiten.	Nee	Ja
Dosis-effect-relaties op basis van verschillen in blootstelling tussen en binnen personen.	Nee	Ja
Rekening houden met windrichting door flexibiliteit bij invullen (kies bijvoorbeeld 3 weken uit 3 maanden).	Nee	Ja
Mogelijkheden tot wederzijds leren en een positieve impact op vertrouwen en relaties.	Nee	Ja
Ontwikkeling van onderzoek met omwonenden.	Nee	Ja
Sluit aan bij de beleving van omwonenden.	Nee/minder goed	Ja
Meerdere belevingsmetingen per deelnemer.	Vaak niet	Ja
(Zelf) meten van geluid.	Vaak niet	Ja
Door meten geen last van afwijkingen in modellering.	Vaak niet	Ja
Meer dan één blootstellings indicator onderzoeken.	Vaak niet	Ja
Gebruik van geluidindicatoren die ook aantallen en maximale geluidsniveaus uitdrukken.	Soms, maar meestal minder precies	Ja
Dosis-effect-relaties op basis van verschillen in blootstelling tussen personen.	Ja	Ja
Onderzoekt oorzaken van hinder.	Ja	Ja
Onderzoek onder hoogrisicogroepen mogelijk.	Ja	Ja
Rekening houden met concentratie van vluchtpaden.	Ja	Ja
Gebruik van vluchtgegevens t.b.v. indicatoren (aantallen, vlieghoogtes, blokken).	Ja	Ja
Meten in de zomerperiode (mensen meer buiten en vakantiepiek).	Ja	Ja
Door modelleren geen last van afwijkingen in metingen en alle vliegtuigpassages kunnen worden meegenomen.	Ja	Nee
Meet de hinder die mensen gedurende een jaar hebben ervaren.	Ja	Nee
Grote aantallen deelnemers.	Ja	Nee
Generaliseerbaar naar alle omwonenden.	Ja	Nee
Past in het wettelijke kader.	Ja	Nee

De tabel laat zien dat veel van de kenmerken van het onderzoek naar korttermijnhinder in principe ook in een observationeel onderzoek meegenomen kunnen worden. De benaderingen hebben voor- en nadelen ten opzichte van elkaar en vullen elkaar aan. De belangrijkste verschillen zijn: terugkijken op een kortere termijn, het aantal deelnemers, meer gedetailleerd inzicht op effecten van de (variatie in) blootstelling, herhaalde metingen, zelf geluid meten, ontwikkeling van onderzoek met omwonenden en aansluiten op de beleving van omwonenden. In feite is dit het gevolg van het combineren van de voordelen van onderzoek naar kortetermijnhinder met de voordelen van een citizen science-benadering.

In de literatuur worden verschillende positieve effecten aan citizen science toegedicht (Haywood, 2014). Dit is ook in de tabel opgenomen. De veronderstellingen zijn onder meer dat burgers leren over wetenschap, dat de cognitieve kloof tussen burgers en wetenschap kleiner wordt, dat de relatie tussen burgers en wetenschap verbetert etc. De vraag of citizen science in dit project daadwerkelijk de toegeschreven effecten heeft, kan nu nog niet definitief beantwoord worden. Op dit moment loopt de evaluatie van het onderzoek.

Besluitvorming over hoogrisicogroepen (hoogblootgestelden en geluidgevoeligen) vraagt veel kennis en lastige normatieve afwegingen. Op citizen science gebaseerd kortetermijnhinderonderzoek kan hierbij aanvullend inzicht bieden in de mechanismen achter hinder en hiermee ook inzicht in de effectiviteit van maatregelen. Bovendien sluit het aan bij de leefwereld van omwonenden; het laat zien op welke wijze vliegverkeer intervenieert in het leven van leden van hoogrisicogroepen. Dit wordt gedaan door met operationele, akoestische en zelf-gerapporteerde indicatoren aan zowel de blootstellingskant als aan de effecten kant een informatief beeld te schetsen. Dit rapport is een eerste proeve, maar dit kan nog beter door bijvoorbeeld te vragen naar activiteitenverstoring en door analyses te doen per dagdeel.

8.5.2 Datakwaliteit

8.5.2.1 Betere data door het zorgvuldiger plaatsen van geluidmeters

Een beperking in het huidige onderzoek is dat er soms data over geluid van vliegverkeer ontbraken, omdat het altijd niet mogelijk was om vliegtuigpassages te koppelen aan geluidevents. Meestal was dit het gevolg van de plaatsing van de meter. Dit geldt voor de indicatoren (NA75, NA60, SEL en L_{max}) die niet gebaseerd zijn op alle passages, maar op het deel dat goed gemeten en gekoppeld kon worden. Dit geldt niet voor de indicatoren $L_{eq,periode}$, L_{95} en L_{20}. Deze indicatoren zijn gebaseerd op het totale geluid, dus niet van alleen vliegtuigen. Missende waardes hebben een grote invloed op wat er in een statistische analyse mogelijk is. Het is dus mogelijk dat hierdoor verbanden tussen geluidindicatoren en hinder niet in dit onderzoek naar boven zijn gekomen. Ook is de verwachting dat gevonden relaties nog sterker zullen zijn met meer volledige data.

Hoewel we de selectie van de deelnemers zorgvuldig gedaan hebben, hebben we niet op voorhand bekeken in hoeverre er op een specifieke locatie een koppeling tussen geluid en vliegverkeer te maken is. In een vervolgonderzoek zou het verstandig zijn om dit wel te doen.

Bijvoorbeeld door te werken via bewonersgroepen en hen te vragen deze optimalisatieslag door te voeren. Zij kunnen binnen hun leden de geluidmeter op de meest geschikte locatie onderbrengen. Voornamelijk door deelnemers te selecteren op locaties waarvan verwacht mag worden dat het vliegtuiggeluid duidelijk van andere geluidbronnen te onderscheiden zal zijn[28]. Daarnaast zou de nauwkeurigheid van de gemeten geluidniveaus verder verhoogd kunnen worden[29].

8.5.2.2 Betere data en analysemogelijkheden door meer deelnemers

De vraag is vervolgens in hoeverre de benadering op te schalen is met als doel de datakwaliteit en de analysemogelijkheden te verbeteren. Bij meer deelnemers kunnen we bijvoorbeeld de dataset opbreken in vier delen en analyses uitvoeren per dagdeel. Ook heeft het uitvallen van een meter of een meetlocatie met een laag koppelingspercentage dan minder impact. In de huidige benadering is er sprake van citizen science op het niveau van 'participatory science', waarbij gezamenlijk de vraagstelling bepaald wordt. Dit heeft ook een kwalitatieve fase. Hierdoor is het aantal deelnemers noodzakelijkerwijs beperkt. We zouden echter ook twee tredes kunnen dalen, in de indeling van Haklay voor burgerbetrokkenheid bij citizen science, en aan burgers alleen vragen data te verzamelen. We doen dan aan citizen science op het niveau van 'crowd sourcing'. Citizen science wordt dan gebruikt om dataverzameling te realiseren die zonder hulp van burgers niet mogelijk zou zijn, zoals bij het in kaart brengen van hemellichamen of bij het tellen van vogels. Er is een aanzienlijke kans dat dit succesvol is; de motivatie rond luchthavens om te meten en op deze wijze een alternatief voor de berekende blootstelling te bieden is groot. Dit blijkt uit het grote aantal aanmeldingen en het enthousiasme van de deelnemers. Nu er een 'proof of concept' is, is het ook makkelijker om te werven. Het is bekend wat er gedaan moet worden en wat het oplevert.

In zo'n situatie zou je bijvoorbeeld kunnen denken aan een mobiel meetnetwerk van in eerste instantie 250 geluidmeters, waarbij iedere geluidmeter in de zomermaanden tweemaal door twee verschillende burgers gebruikt wordt om drie weken te meten gedurende een periode van twee maanden. Dit resulteert in 500 deelnemers. Na deze meetperiode, waarin zowel geluid als beleving gemeten wordt, kunnen ze ingezet worden bij andere luchthavens van nationaal belang. Als dit werkt, kan je het aantal meters bijvoorbeeld langzaam laten toenemen tot 500. Gecombineerd met 84 herhaalde metingen per persoon, levert dit in een zomerperiode 84.000 metingen op. Voor het bepalen van de precieze aantallen kan een powerberekening nuttig zijn. Een alternatief is dat met een kleine groep omwonenden de opzet en vraagstelling van het onderzoek bepaald wordt, waarna de groep uitgebreid wordt met als doel een grotere hoeveelheid data te verzamelen. Dit laatste speelt wat beter in op de verschillende mogelijkheden van deelnemers. Ook op dit lagere niveau van betrokkenheid is leren over meten en rekenen aan geluid door deelnemers mogelijk, en kan er gewerkt worden aan relaties. En ook geldt, zoals al genoemd in paragraaf 2.2.2.4, dat burgers op deze wijze op een constructieve wijze invulling kunnen geven

[28] Ondanks dat de koppelpercentages in dit onderzoek relatief hoog zijn, verwachten we dat het mogelijk is om dit verder te verbeteren door hier specifiek op te sturen.

[29] Aan de ene kant door de nauwkeurigheid van de geluidmeters te verbeteren. Voor de Sensor Community DNMS-geluidmeters bijvoorbeeld door de laatste versie van de software te installeren. Aan de andere kant mogelijk door meer uitgebreide evaluatie en optimalisatie van elke meetopstelling door een geluidexpert.

aan hun betrokkenheid bij de eigen leefomgeving. Dus citizen science wordt nooit 'gewoon' onderzoek.

8.5.2.3 Belevingsapp

Een belangrijk onderdeel van de toegepaste methodologie om kortetermijnhinder in kaart te brengen is het dagboekonderzoek dat is geïmplementeerd door herhaald, met behulp van een app, een zeer korte vragenlijst af te nemen.

We hadden het geluk in dit onderzoek dat zeer gemotiveerde deelnemers meededen, wat zich uitbetaalde in de grote hoeveelheid data verzameld met de app. Zoals al eerder benoemd, denken wij dat de motivatie van omwonenden rond luchthavens om data te verzamelen over hun leefomgeving in het algemeen groot is. Behalve motivatie, was waarschijnlijk ook de keuze om het dagboekonderzoek als de belangrijkste vorm van dataverzameling te gebruiken van invloed op de opbrengst. Op deze manier zijn de inspanningen gericht en weten de deelnemers dat het dagelijks invullen van de app van groot belang is om data over hun beleving en leefomgevingskwaliteit in de Schipholregio aan te leveren. Er zijn voldoende voorbeelden waarin het verzamelen van data met een app minder grote hoeveelheden data opleverde.

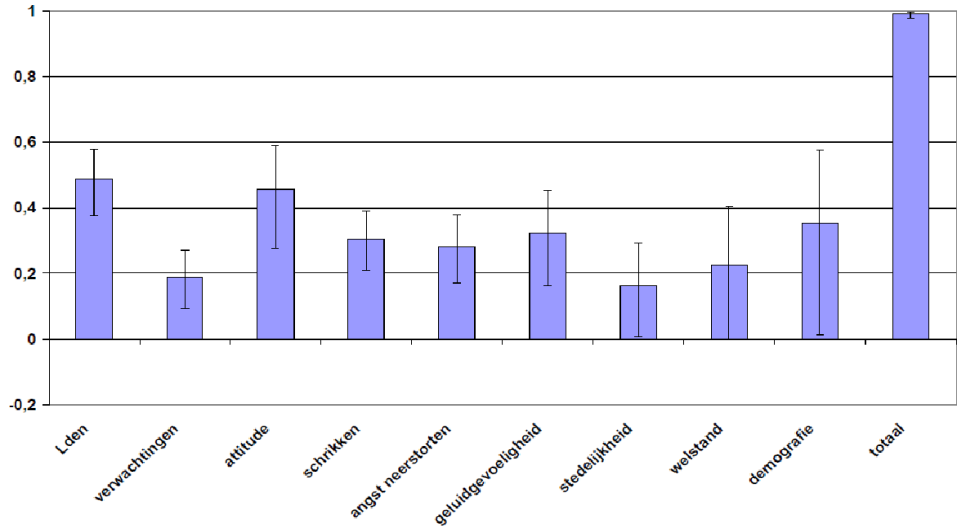
Wat betreft de kwaliteit van de data zou de verwachting kunnen zijn dat onderzoek met burgers waarvan een deel fervent tegenstander is van de luchthaven Schiphol, leidt tot een scherpe vertekening van de data. We hebben echter geen aanwijzingen dat deelnemers bewust een poging hebben gedaan om de data te manipuleren. Er zijn geen vreemde contrasten geïdentificeerd tussen de metingen met de app, de geluiddata en de vluchtgegevens. Het is ook goed om op te merken dat ook kritische burgers baat hebben bij zo zuiver mogelijk onderzoek.

Verder geldt dat we in de methodiek met name op zoek zijn geweest naar relaties tussen variabelen en dat deelnemers minimaal 84 keer een vragenlijstje ingevuld hebben. Bij bewuste manipulatie zou dit opvallen en zouden we een deelnemer uit de analyse verwijderd hebben. Al met al denken we dat de methodiek behoorlijk robuust is en redelijk bestand tegen moedwillige manipulatie, en dat de deelnemers oprecht hun beleving geregistreerd hebben. Positief is verder dat de inschattingen van aantallen en geluidniveaus behoorlijk goed sporen met de aantallen en geluidniveaus zoals gemeten met geluidmeters of afgeleid uit de vluchtgegevens.

8.5.3 Combinaties van waarnemingen en betekenissen als mechanisme achter hinder

In dit onderzoek naar kortetermijnhinder zijn, naast het geluidniveau en geluidevents, het aantal vliegtuigpassages op verschillende manieren meegenomen in de gemengde lineaire regressiemodellen die beogen de hinder te verklaren. Het blijkt dat de combinatie van geluidniveau en operationele indicatoren voor aantallen belangrijk is voor de voorspelling van hinder door vliegverkeer. In deze paragraaf zoeken we een verklaring voor het belang van de operationele indicatoren voor aantallen.

Een studie van Breugelmans et al. (2004) toont de L_{den}, de belangrijkste niet-akoestische indicatoren en hoe belangrijk ze volgens de studie zijn voor het voorspellen van hinder (Figuur 8.5.1). Hoewel deze niet-akoestische factoren allen van invloed zijn op hinder, zijn ze conceptueel niet allemaal hetzelfde. Geluidgevoeligheid, demografie, stedelijkheid en welstand gaan over personen of groepen die meer of minder gehinderd zijn. Bij angst, schrikken, verwachtingen en houding ten opzichte van de bron gaat het om betekenissen, de associaties bij geluid (Devilee et al., 2010; Bijsterveld, 2008).[30]



Figuur 8.5.1 Attributieve fracties van factoren die in theorie van invloed zijn op ernstige hinder door vliegtuiggeluid (inclusief 95% betrouwbaarheidsinterval).

Deze betekenissen spelen een belangrijke rol bij het al dan niet hinderlijk zijn. Het kan bijvoorbeeld gaan over:

- Bezorgdheid over gezondheidseffecten door fijnstof ultrafijnstof.
- Bezorgdheid of verontwaardiging over effecten op het klimaat.
- Boosheid over het gedrag van piloten of de luchtverkeersleiding.
- Verontwaardiging over het luchtvaartbeleid in Nederland.

De operationele indicatoren in onze analyses geven aan hoe vaak vliegtuigen passeren. Daarmee zouden deze indicatoren indicatief kunnen zijn voor de mate waarin een betekenis, een associatie voorkomt.

Een betekenis kan er alleen zijn als je een vliegtuig waarneemt. Op basis van operationele indicatoren weten we alleen dat er een vliegtuig passeert, maar niet op welke wijze het wordt waargenomen.[31] Het kan gaan om (combinaties) van:

- het horen van vliegtuigen;
- het zien van een vliegtuig;
- het ruiken van een kerosinegeur;
- het voelen van vliegtuigen door trillingen.

[30] Dit sluit elkaar niet helemaal uit. Bij geluidgevoeligheid bijvoorbeeld spelen betekenissen waarschijnlijk ook een rol.

[31] Dat andere vormen van waarnemen van belang zijn voor scores op een geluidhinderschaal lijkt misschien vreemd, maar onderzoek toont aan dat verschillende sensorische waarnemingen (maar ook verschillende niet-akoestische factoren) elkaar beïnvloeden. Zo dragen bijvoorbeeld stille zijdes van een woning vooral bij aan het herstellen van stress als ze ook visueel aantrekkelijk zijn (Öhrström et al., 2006).

Het komt er dus op neer dat (kortetermijn-)hinder deels veroorzaakt zou kunnen worden door een combinatie van waarnemingen en betekenissen. En dat als je (kortetermijn)-hinder wilt voorspellen, je moet kiezen voor een indicator die de kans op een waarneming met een negatieve betekenis het beste schetst. Die kans zit zowel in akoestische indicatoren die het aantal events aangeven, zoals de NAx, als in operationele indicatoren als aantallen per uur. De vraag bij de NAx is wel waarom je je zou beperken tot geluidevents boven een bepaalde decibelwaarde.

De operationele indicator 'aantal vluchten' is dus waarschijnlijk een geaggregeerde maat die de betekenis van waarnemingen uitdrukt. De ruimte die de operationele indicatoren bieden voor verschillende verklaringen, is waarschijnlijk de kracht ervan. Nadeel is dat ze weinig specifiek zijn. Dat een luide, intense waarneming van geluid een rol speelt, is behoorlijk voor de hand liggend, maar in feite weten we niet welke combinaties van waarnemingen en betekenissen voor de deelnemers aan het onderzoek van belang waren. Dat is een les voor vervolgonderzoek. Het zou zinnig zijn om te vragen naar de verschillende vormen van waarnemen en naar de verschillende betekenissen, associaties die deelnemers bij het waarnemen van vliegtuigen hebben. Dat laatste (de betekenissen) hoeft waarschijnlijk niet meermaals in een dagboekonderzoek, maar kan, na een eenmalige registratie, wel in de analyses meegenomen worden.

8.6 Conclusie en aanbevelingen

We hebben met behulp van dit citizen science-project meer inzicht gekregen in factoren die belangrijk zijn voor het ontstaan van hinder door vliegverkeer. Door dagboekmetingen met een app, vluchtgegevens en geluidgegevens te combineren is een methodiek ontwikkeld om middels citizen science kortetermijnhinder van vliegtuiggeluid in kaart te brengen. Omdat het een verkennend onderzoek is, en de datakwaliteit verbeterd kan worden, moeten we voorzichtig zijn met conclusies. Deze zijn als volgt:

- Op citizen science gebaseerd kortetermijnhinderonderzoek, kan als aanvulling op het meer gangbare onderzoek, een bijdrage leveren aan een zorgvuldige, geïnformeerde besluitvorming over de omgang met hoogrisicogroepen.
- De bijdrage is met name dat door variatie in tijd van operationele, akoestische en zelf-gerapporteerde indicatoren aan zowel de blootstellings- als aan de effectenkant een informatief beeld geschetst kan worden van hoe vliegverkeer intervenieert in de leefwereld van hoogrisicogroepen.
- In lijn met ander onderzoek naar kortetermijnhinder, laat het onderzoek zien dat hinder onder vliegroutes in de Schipholregio niet alleen wordt veroorzaakt door het geluidniveau. Ook andere kenmerken van de blootstelling, zoals aantallen vliegtuigpassages en aantallen luide passages, zijn van belang.
- Voor geluidgevoeligen stijgt de hinderscore in verschillende blootstelling-respons relaties, zoals hinder versus aantal vliegtuigen per uur of hinder versus het aantal overschrijdingen van 75 dB(A), sterker dan voor dan voor de deelnemers in de groep die zich richtte op rustperiodes en de totale groep. Ook

geldt voor hen dat lagere geluidniveaus duidelijker ervaren worden en dat de invloed van de blootstelling afhankelijk is van het achtergrondgeluid en het aantal vliegtuigen per uur.
- De aanpak om de korte termijn hinder voor geluidgevoelige burgers terug te brengen is niet anders dan voor burgers die niet geluidgevoelig zijn. Zowel aantallen als geluidniveaus spelen bij de ervaren hinder een belangrijke rol, voor geluidgevoelige burgers nog sterker dan voor niet geluidgevoelige burgers.

Uit het onderzoek volgt ook een aantal aanbevelingen:
- Actuele gegevens over het voorkomen van geluidgevoeligheid in Nederland ontbreken. Het is belangrijk om met survey-onderzoek in kaart te brengen in welke mate geluidgevoeligheid voorkomt, omdat geluidgevoeligen al bij lagere blootstellingen hinder ondervinden. Vervolgens kan op geïnformeerde basis besloten worden hoe met deze hoogrisicogroep om te gaan, zoals aanbevolen door de Gezondheidsraad.
- Het lijkt zinnig om nader onderzoek te doen naar de mogelijkheden van operationele indicatoren, zoals aantal vluchten onder vijf kilometer of aantal vluchten per uur als geaggregeerde indicator voor de betekenis van waarnemingen van vliegverkeer, ofwel de associaties hierbij (niet-akoestische factoren).
- In een vervolgonderzoek naar kortetermijnhinder, zou datakwaliteit verder geoptimaliseerd kunnen worden door geluidmeters nog zorgvuldiger te plaatsen, waardoor vliegtuiggeluid beter geïdentificeerd kan worden. Dit zorgt ervoor dat de data zo compleet mogelijk zijn.
- Voor de datakwaliteit is het ook raadzaam om te onderzoeken of het mogelijk en zinvol is om dit onderzoek op te schalen naar een groter aantal deelnemers. Met behulp van powerberekeningen zou nagegaan kunnen worden hoe het aantal deelnemers en het aantal metingen per deelnemer geoptimaliseerd kan worden.

9 Referenties

Airportwatch (2018). Heathrow study on 'respite' shows there is no clear definition, and no clarity on what it means, or whether it helps. Geraadpleegd op 8 december 2021, via https://www.airportwatch.org.uk/2018/02/heathrow-study-on-respite-shows-there-is-no-definition-and-no-clarity-on-what-it-means-or-whether-it-helps/

Anderson Acoustics (2016). A review on the state of the art on respite. Geraadpleegd op 8 december 2021, via https://hacan.org.uk/wp-content/uploads/2013/06/2694_FinalReport_2-0_June-2016.pdf

ANIMA (2019). Recommendations on annoyance mitigation and implications for communication and engagement. Geraadpleegd op 4 december 2021, via https://anima-project.eu

Bartels S, Marki F, Muller U. The influence of acoustical and non-acoustical factors on short-term annoyance due to aircraft noise in the field. The COSMA study. Science of the Total Environment. 2015; 538: 834-843

Bonney, R. (2007). Citizen science at the Cornell Lab of Ornithology. In R. Yager & D. Falk (Eds.), (Exemplary science in informal education settings: Standards-based success stories. Arlington, VA: NSTA Press.

Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. (2009a). Public participation in scientific research: defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report. Washington, DC: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE).

Bonney, R., Cooper, C., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K., & Shirk, J. (2009b). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. BioScience, 59(11), 977 – 984.999

Breugelmans ORP, van Wiechen CMAG, van Kamp I, Heisterkamp SH, Houthuijs DJM (2004) Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002 - Tussenrapportage Monitoring Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol. RIVM-rapport 630100001. RIVM: Bilthoven.

Bijsterveld, K. (2008) Mechanical Sound: Technology, Culture and Public problems of Noise in the Twentieth Century. Cambridge, MA: The MIT Press.

Devilee, J., Maris, E. en I. Van Kamp (2010). De maatschappelijke betekenis van geluid. RIVM-rapport 815120004/2010. RIVM: Bilthoven.

Gezondheidsraad (1999). Grote luchthavens en gezondheid. Gezondheidsraad: Den Haag.

Gezondheidsraad (2011). Leidraad voor identificatie en bescherming van hoogrisicogroepen. Gezondheidsraad: Den Haag

Haklay, Muki. (2013). Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. 10.1007/978-94-007-4587-2_7.

Haywood, B. (2014). A 'Sense of Place' in Public Participation in Scientific Research. Science Education, Vol. 98, No. 1, pp. 64–83 (2014)

Hauptvogel, D.; Bartels, S., Schreckenberg, D., Rothmund, T. (2021). Aircraft Noise Distribution as a Fairness Dilemma—A Review of Aircraft Noise through the Lens of Social Justice Research. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 7399. https://doi.org/10.3390/ijerph18147399

Houthuijs DJM & Van Wiechen CMAG (2006) Monitoring van gezondheid en beleving rondom de luchthaven Schiphol. RIVM-rapport 630100003. RIVM: Bilthoven.

ICAO (2004) Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management, Doc 9829 AN/451. Geraadpleegd op 2 december 2021, via https://www.icao.int/environmental-protection/pages/noise.aspx

ILT (2023). Staat van Schiphol 2022, via https://open.overheid.nl/documenten/ronl-c09a0941f68b0706641fa3a2319b27e210737682/pdf

Mabjaia, N., Haaima, M., Volten, H., & Loos, L. (2023), Vergelijkende metingen met betaalbare zelfbouwgeluidmeters. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM. https://doi.org/10.21945/RIVM-2023-0217

Miedema en Vos (1999) Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. The Journal of the Acoustical Society of America 105, 3336 (1999); https://doi.org/10.1121/1.424662

Omgevingsraad Schiphol (2019). Advies Toekomstbestendig NNHS & Advies Middellangetermijnoplossing 'wonen en vliegen'. Geraadpleegd op 1 december 2021, via: https://www.omgevingsraadschiphol.nl/wp-content/uploads/2019/01/Brief-Hans-Alders-30-1-2019.pdf

Öhrström et al (2006) Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. Journal of Sound and Vibration 295 (2006) 40–59

RIGO (2005). Achtergronden bij de beleving van Schiphol. Een kwalitatief onderzoek onder omwonenden. RIGO: Amsterdam

Schipholwatch (2021). Waarom de luchtverkeersleiding (theoretisch) gelijk heeft. Geraadpleegd op 7 december 2021, via https://schipholwatch.nl/2021/08/12/waarom-de-luchtverkeersleiding-theoretisch-gelijk-heeft/

Schreckenberg, D.; Götz, K.; Flindell (2016), I.H. Noise respite at Frankfurt Airport. In Proceedings of the INTER-NOISE and NOISECON Congress and Conference Proceedings, Hamburg, Germany, 23–26 August 2016; pp. 1288–1299. Geraadpleegd op 10 december 2021, via https://environmentalnoise.zeusgmbh.de/pdfs/Schreckenberg_2016_FRA-NoiseRespite_IN16_000179_v3_1.pdf

Schreckenberg D, Guski R, Schmaus I, Moehler U, Schuemer R. Annoyance and disturbances due to traffic noise at different times of day. Proceedings of the 33rd International Congress and Exposition of Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2004). Prague

Schreckenberg D, Meis M, Kahl C, Peschel C & T Eikmann (2010) Aircraft Noise and Quality of Life around Frankfurt Airport Int. J. Environ. Res. Public Health 2010, 7, 3382-3405; doi:10.3390/ijerph7093382

Schreckenberg D, Schuemer R. The impact of acoustical, operational and non-auditory factors on short-term annoyance due to aircraft noise. Proceedings of the 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010 (INTER-NOISE 2010), Lisbon Portugal

Stearns J, Brown R, Neiswander P. A pilot study of human response to general aviation aircraft noise. 1983: NASA, Langeley Research Center

Schomer PD, Wagner LR. On the contribution of noticeability of environemntal sounds to noise annoyance. Noise Control Engineering Journal. 1996; 44(6): 294-305

Slob et al. (2019) GGD-richtlijn medische milieukunde: omgevingsgeluid en gezondheid. Geraadpleegd op 24 december 2021, via https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-omgevingsgeluid

Smetsers et al. (2019) Vliegtuiggeluid: meten, rekenen en beleven. Een verkenning van wensen en ontwikkelopties. RIVM: Bilthoven. RIVM-rapport 2019-0201. Geraadpleegd op 20 december 2021, via: https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/12/18/vliegtuiggeluid-meten-rekenen-en-beleven

Van Kamp et al. (2004) The role of noise sensitivity in the noise–response relation: A comparison of three international airport studies. J. Acoust. Soc. Am. 116 (6), December 2004. Geraadpleegd op 24 december 2021, via: https://www.researchgate.net/publication/8072126_The_role_of_noise_sensitivity_in_the_noise-response_relation_A_comparison_of_three_international_airport_studies

Van Kamp, I., Dusseldorp, A., Van den Berg, G.P., Hagens, W.I. en M.J.A. Slob, Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden. GGD informatieblad medische milieukunde. Update 2013. RIVM Rapport 200000001/2013

Van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. Noise Health. 2013 May-Jun;15(64):153-9. doi: 10.4103/1463-1741.112361. PMID: 23689296.

Van Kempen E.E.M.M & S.N. Simon (2019). Kennisscan hinder door luchtvaartgeluid : Effecten van woningisolatie en niet-akoestische factoren. RIVM-briefrapport 2019-0096. RIVM: Bilthoven

Van Poll, R. & S.N. Simon (2023). Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) Hinder en slaapverstoring in 2022. RIVM-rapport 2023-0328. RIVM: Bilthoven

Van Poll, R., Reedijk, M. Hoekstra, J., Swart, W. en J van de Kassteele (2023) Relaties vliegtuiggeluid – hinder en slaapverstoring 2020. Civiele en militaire vliegvelden in Nederland. RIVM-rapport 2022-0007. RIVM: Bilthoven.

Vegt, K., Mabjaia, N., Boomsma, C., Bolders, A., Volten, H., White, K. en J. Elberse (2024). Burgermeetnetwerk Spoor America - Geluidhinder door treinverkeer met citizen science in kaart gebracht. RIVM-rapport 2023-0351. RIVM: Bilthoven.

Weinstein, N. D. (1978). Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory. Journal of Applied Psychology, 63(4), 458–466. https://doi.org/10.1037/0021-9010.63.4.458

Bijlage A Wervingsbrief en selectiebrieven

RIVM zoekt 24 burgerwetenschappers voor onderzoek naar beleving vliegtuiggeluid

Het RIVM start in 2021 met een onderzoek naar de beleving van vliegtuiggeluid. Het onderzoek bestaat uit twee deelprojecten. Hiervoor zijn wij op zoek naar verschillende burgerwetenschappers.

Omwonenden Schiphol
We zoeken 12 burgerwetenschappers die (heel) dichtbij de start- en landingsbanen van Schiphol wonen en mee willen doen aan een citizen science- project. De omwonenden gaan aan de slag met de definitie van 'respite' bij vliegtuigpassages. 'Respite' zijn rustperiodes tussen vliegtuigen die opstijgen en landen. Deze rustperiodes zijn belangrijk voor de leefbaarheid in de omgeving. Een definitie van 'respite' bestaat nog niet. In het project gaan we op zoek naar wat voor omwonenden van start- en landingsbanen een goede definitie is.
Als je mee wilt doen, dan is het belangrijk dat je in één van de gemarkeerde gebieden in onderstaande kaart woont (zie plaatje).

Wat meten we
In dit project registreren deelnemers met een app hoe ze geluid beleven en ook meten ze geluidniveaus. Afhankelijk van tijd en interesse kunnen deelnemers ook bijdragen aan het maken van analyses en rapportages. Het beïnvloeden van beleid is geen doelstelling. We gaan er wel vanuit dat het project zinnige informatie over kwaliteit van de leefomgeving in de buurt van Schiphol oplevert.

Een jaar meedoen
De looptijd van dit project is ruim een jaar, waarin we op een aantal momenten medewerking vragen aan de deelnemers. Bijvoorbeeld voor het installeren van de door ons beschikbaar gestelde geluidmeter. Ook vragen we de deelnemers om twee weken lang bij te houden hoe ze geluid beleven met een app op hun telefoon. Het project start in september.

Geluidgevoelige burgers

Naast direct omwonenden van Schiphol zoeken we ook 12 burgerwetenschappers voor een citizen science-project naar de beleving van vliegtuiggeluid door mensen die geluidgevoelig zijn.

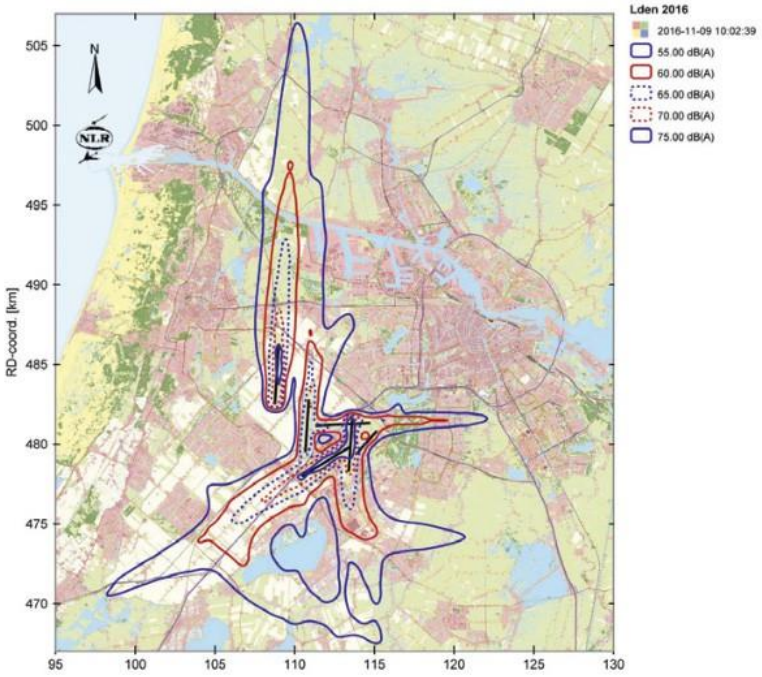
Om hieraan mee te kunnen doen is het belangrijk dat je veel eerder dan gemiddeld last van geluid ervaart. Je hoeft niet in de buurt van een luchthaven te wonen.
Ook in dit project registreren deelnemers met een app hoe ze geluid beleven en meten ze geluidniveaus. Hiernaast is het mogelijk om andere taken op te pakken, zoals bijvoorbeeld het maken van analyses en

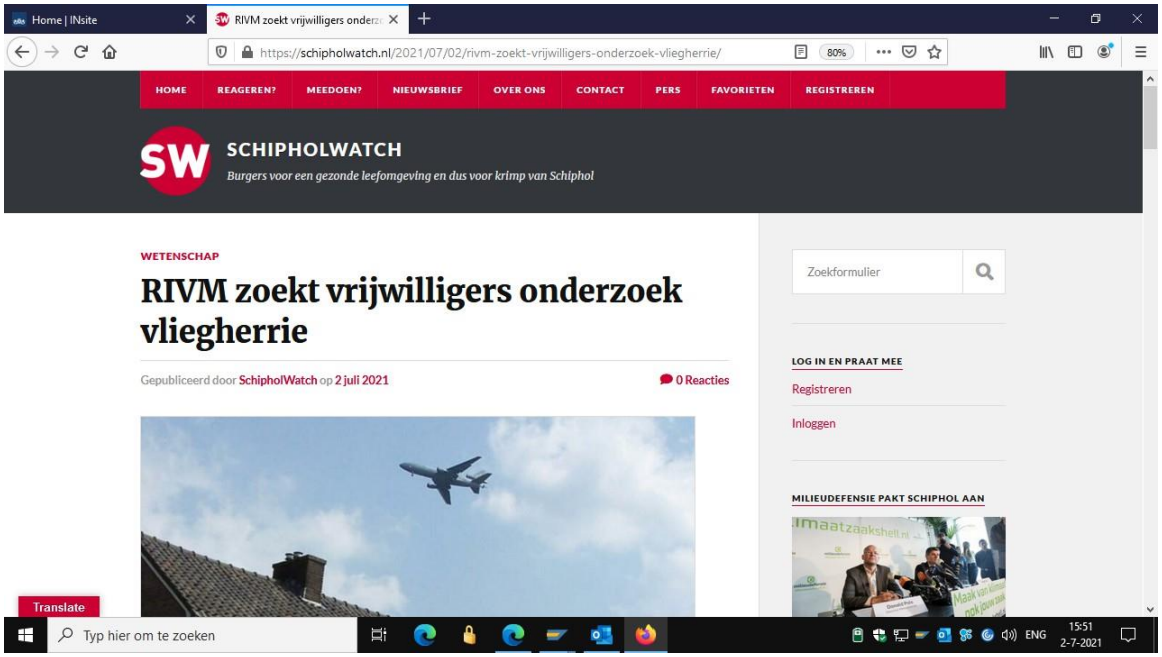
rapportages. Ook in dit project is het beïnvloeden van beleid geen doelstelling. Wel zetten we geluidgevoeligheid op de kaart.

Net als in het eerste project is de looptijd van dit project ruim een jaar, waarin deelnemers op een aantal momenten aan de slag gaan, bijvoorbeeld voor het installeren van de door ons beschikbaar gestelde geluidmeters. Ook in dit project houden de deelnemers twee weken lang bij hoe ze geluid beleven met een app op hun telefoon. Het project start in september.

Verwachte resultaten
We verwachten dat we de resultaten van de onderzoeken uiterlijk in het najaar van 2022 (september-november) opleveren. Als je mee wilt doen aan het onderzoek vul dan het aanmeldformulier in. Dat kan tot 15 augustus. Als er veel aanmeldingen zijn, maken we een selectie onder andere op basis van de plek waarop je woont. Iedereen die zich aanmeldt, krijgt eind augustus persoonlijk bericht.




Lden 2016
2016-11-09 10:02:39
55.00 dB(A)
60.00 dB(A)
65.00 dB(A)
70.00 dB(A)
75.00 dB(A)
RD-coord. [km]
505
500
495
490
485
480
475
470
95
100
105
110
115
120
125
130
N
NLR


Home | INsite
RIVM zoekt vrijwilligers onderz
https://schipholwatch.nl/2021/07/02/rivm-zoekt-vrijwilligers-onderzoek-vliegherrie/
80%
HOME
REAGEREN?
MEEDOEN?
NIEUWSBRIEF
OVER ONS
CONTACT
PERS
FAVORIETEN
REGISTREREN
SCHIPHOLWATCH
Burgers voor een gezonde leefomgeving en dus voor krimp van Schiphol
WETENSCHAP
RIVM zoekt vrijwilligers onderzoek vliegherrie
Gepubliceerd door SchipholWatch op 2 juli 2021
0 Reacties
Zoekformulier
LOG IN EN PRAAT MEE
Registreren
Inloggen
MILIEUDEFENSIE PAKT SCHIPHOL AAN
Translate
Typ hier om te zoeken
ENG
15:51
2-7-2021

Bilthoven, 17 september 2021

Beste heer/ mevrouw

Veel dank voor het aanmelden als burgerwetenschapper voor het RIVM-project waarin verkennend onderzoek wordt gedaan naar:

- Rustperiodes tussen vliegtuigpassages (respite) en/of;
- Beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen.

Hierbij laten we u weten dat u geselecteerd bent om deel te nemen aan het onderzoek naar rustperiodes tussen vliegtuigpassages.

Wat meten we
In dit project registreren deelnemers met een app hoe ze geluid beleven en ook meten ze geluidniveaus. Als u tijd en interesse heeft, kunt u ook bijdragen aan het maken van analyses en rapportages. Het beïnvloeden van beleid is geen doelstelling. Wel gaan we op zoek naar definitie van respite en verzamelen we gegevens over de omgevingskwaliteit in de Schipholregio.

Een jaar meedoen
De looptijd van dit project is ruim een jaar, waarin we op een aantal momenten uw medewerking vragen. Bijvoorbeeld voor het installeren van de door ons beschikbaar gestelde geluidmeter. Ook vragen we u om twee weken lang bij te houden hoe u geluid beleeft met een app op uw telefoon. *U ontvangt van ons een uitnodiging voor een startbijeenkomst in oktober. Graag ontvangen we van u een bevestiging dat u inderdaad meedoet*

De selectieprocedure
Er zijn veel vragen gesteld over de selectieprocedure. Daarom leggen we de procedure hierbij in het kort uit. De belangrijkste variabele voor selectie was de locatie van de aanmelders in Nederland. De meeste aanmelders bleken zich te groeperen in zeven ruimtelijke clusters rondom de luchthaven Schiphol. Het gaat om de volgende clusters:

1. Oegstgeest/Leiden/Katwijk
2. Leimuiden/Oude Wetering/Nieuw Vennep
3. Aalsmeer/Uithoorn/Kudelstaart
4. Amstelveen
5. Zwanenburg/Halfweg
6. Assendelft
7. Heemskerk/Uitgeest/Beverwijk

Omdat de locaties van aanmeldingen leidend waren, vallen deze clusters deels ook buiten de officiële geluidcontouren van Schiphol. Per cluster zijn twee deelnemers geselecteerd voor deelname aan het onderzoek naar rustperiodes tussen vliegtuigpassages. Dit zijn twee deelnemers meer dan de twaalf uit de oproep. In ieder ruimtelijk cluster is ook een deelnemer voor het onderzoek naar beleving door geluidgevoelige burgers geselecteerd. De resterende zeven deelnemers aan het onderzoek naar beleving door geluidgevoelige burgers, zijn buiten de genoemde clusters gekozen.

Hartelijke groet,
RIVM Samen Meten

Bilthoven, 17 september 2021

Beste heer/ mevrouw

Veel dank voor het aanmelden als burgerwetenschapper voor het RIVM-project waarin verkennend onderzoek wordt gedaan naar:

- Rustperiodes tussen vliegtuigpassages (respite) en/of;
- Beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen.

Hierbij laten we u weten dat u in principe geselecteerd bent om mee te doen aan het onderzoek naar de beleving door geluidgevoeligen. Omdat het voor het meedoen aan dit project belangrijk is dat u echt geluidgevoelig bent, doen we graag een extra check. Zou u daarom een paar extra vragen willen beantwoorden? Dit kan via de volgende link: https://www.formdesk.com/rivm/form807. *We nemen contact met u op over de uitslag.*

Wat meten we

In dit project registreren deelnemers met een app hoe ze geluid beleven en ook meten ze geluidniveaus. Als u tijd en interesse heeft, kunt u ook bijdragen aan het maken van analyses en rapportages. Het beïnvloeden van beleid is geen doelstelling. Wel zetten we geluidgevoeligheid op de kaart.

Een jaar meedoen

De looptijd van dit project is ruim een jaar, waarin we op een aantal momenten uw medewerking vragen. Bijvoorbeeld voor het installeren van de door ons beschikbaar gestelde geluidmeter. Ook vragen we u om twee weken lang bij te houden hoe u geluid beleeft met een app op uw telefoon. *U ontvangt van ons een uitnodiging voor een startbijeenkomst in oktober.*

De selectieprocedure

Er zijn veel vragen gesteld over de selectieprocedure. Daarom leggen we de procedure hierbij in het kort uit. De belangrijkste variabele voor selectie was de locatie van de aanmelders in Nederland. De meeste aanmelders bleken zich te groeperen in zeven ruimtelijke clusters rondom de luchthaven Schiphol. Het gaat om de volgende clusters:

1. Oegstgeest/Leiden/Katwijk
2. Leimuiden/Oude Wetering/Nieuw Vennep
3. Aalsmeer/Uithoorn/Kudelstaart
4. Amstelveen
5. Zwanenburg/Halfweg
6. Assendelft
7. Heemskerk/Uitgeest/Beverwijk

Omdat de locaties van de aanmeldingen leidend waren, vallen deze clusters deels ook buiten de officiële geluidcontouren van Schiphol. Per cluster zijn twee deelnemers geselecteerd voor deelname aan het onderzoek naar respite van vliegtuiggeluid. Dit zijn twee deelnemers meer dan de twaalf uit de oproep. In ieder ruimtelijk cluster is ook een deelnemer aan het onderzoek naar beleving door geluidgevoeligen geselecteerd. De resterende zeven deelnemers aan het onderzoek naar beleving door geluidgevoeligen zijn buiten de genoemde clusters gekozen.

Hartelijke groet,
RIVM Samen Meten

Bilthoven, 17 september 2021

Beste heer/ mevrouw

Veel dank voor het aanmelden als burgerwetenschapper voor het RIVM-project waarin verkennend onderzoek wordt gedaan naar:

- Rustperiodes tussen vliegtuigpassages (respite) en/of;
- Beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen.

Hierbij laten we u weten dat u helaas *niet geselecteerd bent om deel te nemen* aan het onderzoek. Als u het goed vindt zetten we u graag op de reservelijst voor als er uit de groep van geselecteerden nog mensen afvallen.

Toch meedoen

We snappen dat u graag mee had willen doen. Daarom bieden wij u wel de mogelijkheid om zelf vliegtuiggeluid te gaan meten en een bijdrage te leveren aan het project. Op www.samenmeten.nl plaatsen we in de loop van het project informatie over hoe u zelf vliegtuiggeluid kunt meten. Hou hiervoor ook de nieuwsbrief van Samen Meten [link] in de gaten.

De selectieprocedure

Er zijn veel vragen gesteld over de selectieprocedure. Daarom leggen we de procedure hierbij in het kort uit. De belangrijkste variabele voor selectie was de locatie van de aanmelders in Nederland. De meeste aanmelders bleken zich te groeperen in zeven ruimtelijke clusters rondom de luchthaven Schiphol. Het gaat om de volgende clusters:

8. Oegstgeest/Leiden/Katwijk
9. Leimuiden/Oude Wetering/Nieuw Vennep
10. Aalsmeer/Uithoorn/Kudelstaart
11. Amstelveen
12. Zwanenburg/Halfweg
13. Assendelft
14. Heemskerk/Uitgeest/Beverwijk

Omdat de locaties van aanmeldingen leidend waren, vallen deze clusters deels ook buiten de officiële geluidcontouren van Schiphol. Per cluster zijn twee deelnemers geselecteerd voor het onderzoek naar rustperiodes tussen vliegtuigpassages. Dit zijn twee deelnemers meer dan de twaalf uit de oproep. in ieder ruimtelijk cluster ook een deelnemer voor het onderzoek naar beleving door geluidgevoelige burger geselecteerd. De resterende zeven deelnemers aan het onderzoek naar beleving door geluidgevoelige burgers zijn buiten de genoemde clusters gekozen.

Hartelijke groet,
RIVM Samen Meten

Bijlage B Weinsteinschaal voor geluidgevoeligheid

Hieronder volgt een aantal stellingen die betrekking hebben op geluid. Wilt u op elke regel het antwoord omcirkelen dat het meest overeenkomt met uw mening? (per regel 1 antwoord omcirkelen)

	Helemaal mee eens	Tamelijk mee eens	Noch eens/noch oneens	Tamelijk mee oneens	Helemaal mee oneens
Niemand zou zich er wat van aan moeten trekken als iemand de muziekinstallatie af en toe hard aanzet					
Ik word snel wakker door geluid					
Ik word gehinderd als mijn buren lawaaiig zijn					
Ik raak zonder veel moeite aan de meeste geluiden gewend					
Soms werkt geluid op mijn zenuwen en raak ik geïrriteerd					
Muziek waar ik normaal gesproken van hou, stoort me als ik probeer te concentreren					
Ik vind het moeilijk me te concentreren op een plek waar het lawaaiig is					
Het maakt niet uit wat er om mij heen gebeurt; ik kan me altijd goed concentreren					
Ik word boos op mensen die geluid maken, waardoor ik niet kan slapen of kan werken					
Ik ben gevoelig voor geluid					

Bijlage C Korte overzichten voor het gezamenlijk opstellen van de probleemstelling

Rustperiodes tussen vliegtuigpassages

1 PAMV-rapport als aanleiding voor dit onderzoek

In het PAMV-rapport 'Meten, rekenen en beleven' doet het consortium van RIVM/NLR/KNMI de aanbeveling om met burgers een onderzoek te doen naar het belang van rustperiodes. Letterlijk staat er: 'In een citizen science-project over rustperiodes gaat men in feite samen met omwonenden op zoek naar een samenhangend stelsel van soundscapes onder de start- en landingsbanen van luchthavens, die door omwonenden als acceptabel geacht worden. Deze soundscapes laten zich niet goed uitdrukken in L_{den} en L_{night}. Dit is een ingewikkelde opgave, waarbij het maar de vraag is of zo'n stelsel van soundscapes wel samen kan gaan met huidig of toekomstig vliegverkeer.'
Zoals al aangegeven in de eerste bijeenkomst, bestaat er voor het onderzoek alleen een vrij ruw idee, namelijk dat we geluid willen meten en een belevingsonderzoek willen doen. In deze tekst verkennen we preciezer hoe zo'n onderzoek eruit zou kunnen zien. We zetten kort wat literatuur bijeen en doen we een voorstel voor een vraagstelling. In de volgende bijeenkomst bespreken we deze vraagstelling en kijken we of er aanpassingen nodig zijn.

2 Onder vliegroutes is behoefte aan rustperiodes

Startpunt voor de aanbeveling van uit het PAMV-rapport was de observatie dat burgers aangaven dat de frequentie van de vluchten te veel is geworden (Omgevingsraad Schiphol, 2019). Bewoners geven aan dat vliegtuigen in toenemende mate dicht op elkaar overkomen en dat tussenliggende periodes steeds kleiner worden, waar door de hinder lokaal sterk toeneemt. Hinder wordt volgens omwonenden veroorzaakt doordat vluchtroutes geconcentreerd worden en dat deze neiging als een gevolg van Performance Based Navigation (PBN) zal gaan toenemen. PBN is een navigatiemethode, waarbij gebruikgemaakt wordt van satellieten, waardoor vluchtpaden preciezer gevolgd kunnen worden. Ervaring met het gebruik van PBN in het buitenland laat zien dat het gebruik hiervan inderdaad in toenemende mate leidt tot hinder (Schipholwatch, 2021; Anderson Acoustics, 2016). Het gevolg van de toepassing van PBN is dat meer vluchten over de hoofden van dezelfde groep burgers zullen plaatsvinden.
De behoefte aan rustperiodes geeft aan dat er een grens is aan het aantal vluchten dat door de groep burgers onder de vluchtroutes als acceptabel wordt geacht. Belangrijk is het idee dat het uit ethisch oogpunt niet vanzelfsprekend is dat burgers onder vluchtroutes de lasten dragen van een grotere groep en dat er een discussie gevoerd moet worden over het concentreren van geluidoverlast. Dit impliceert niet vanzelfsprekend dat het aantal vluchten gelijk kan blijven of dat er een groei van luchthavens mogelijk is.

3 Over de beste verdeling van geluid biedt de wetenschap geen antwoord

De behoefte aan rustperiodes van omwonenden is het gevolg van de manier waarop het geluid van vliegtuigen verdeeld wordt. In een wetenschappelijke review van de literatuur over de rechtvaardigheid van vliegtuiggeluid, stellen Hauptvogel et al. (2021) dat er verschillende manieren van verdeling van vliegtuiggeluid voorstelbaar zijn:

1. Vliegtuiggeluid wordt zo verdeeld dat de verhouding tussen de nadelen (bijvoorbeeld de last van geluidblootstelling) en de voordelen van het vliegveld in de buurt gelijk zijn voor alle omwonenden.
2. Geluid moet gelijk verdeeld worden over zo veel mogelijk omwonenden, ongeacht de samenstelling van de bevolking en andere vormen van milieubelasting.
3. Omwonenden met speciale behoeften (bijvoorbeeld kinderen, zieken of ouderen) moeten zoveel mogelijk tegen geluid beschermd worden.
4. Geluid moet zo verdeeld worden dat het grootste aantal omwonenden niet gehinderd wordt, zelfs als dit impliceert dat sommige omwonenden een erg hoge geluidbelasting ervaren.

De auteurs stellen echter dat op dit moment niet beantwoord kan worden welke van deze principes toegepast zou moeten worden om tot een als meest eerlijk gepercipieerde verdeling te komen. Verschillende groepen belanghebbenden zullen een voorkeur hebben voor een andere verdeling. Hoewel wellicht niet expliciet zo gekozen, lijkt de praktijk rond veel vliegvelden op verdelingsprincipe vier.

Hauptvogel et al. beoordeelden in hun review ook de mate waarin inzichten uit onderzoek naar interventies toepasbaar zijn bij de verdeling van vliegtuiggeluid. In hun beoordeling betrokken zij de ervaringen naar het toepassen van rustperiodes rond de luchthaven Londen Heathrow, waarin men probeert een optimale verdeling over start- en landingsbanen te vinden (Anderson Acoustics, 2016) en de ervaringen rond de luchthaven Frankfurt (Schreckenberg et al. 2016). De auteurs concluderen in de review dat onderzoek geen aanwijzingen biedt voor het manipuleren van de verdeling van geluid in tijd en ruimte om de hinder te laten afnemen. Dit is dus niet makkelijk toepasbaar. De benadering van rustperiodes rond Heathrow wordt er overigens van verdacht dat dit voornamelijk een poging is om meer vliegen mogelijk te maken (Airportwatch, 2018).

4 Vraagstelling

In de opdracht voor dit onderzoek is afgesproken, dat dit onderzoek met burgerwetenschappers vormgegeven zal worden op basis van de wensen van deelnemende omwonenden. De nadelige effecten op hinder van ruimtelijke concentratie van vluchtroutes, en hiermee geluid van vliegtuigen is voor omwonenden een belangrijk onderwerp. Dit krijgt lang niet altijd evenveel ruimte in de discussie rond luchthavens en ook niet in onderzoek dat rond luchthavens uitgevoerd wordt. Daarom zetten we in dit onderzoek de effecten van aantallen vluchten centraal. Het gaat dus in feite om de effecten van de concentratie van vliegtuiggeluid in ruimte en tijd.
Afbakening:

- De vraag hoe vliegtuiggeluid het best verdeeld zou kunnen worden, laten we buiten beschouwing. Er zijn geen aanwijzingen uit onderzoek voor de wijze waarop dit gedaan zou moeten worden en het is een punt van discussie tussen verschillende belanghebbenden. Het is niet realistisch te verwachten dat dit beperkte onderzoek hier een oplossing voor gaat vinden. Aanvullend hierop geldt dat deelnemers aan dit citizen science-onderzoek niet willen bijdragen aan een systeem van verdeling van geluid in tijd en ruimte dat verdere groei van vliegverkeer mogelijk maakt.
- Het budget laat niet toe om uitgebreid gezondheidsonderzoek te doen. We beperken ons daarom tot een belevingsonderzoek.
- Het is bekend dat hinder van vliegtuiggeluid bepaald wordt door meerdere factoren, zoals beschreven in de zogenoemde 'balanced approach' (ICAO, 2004). Een factor die in de 'fifth pillar' van deze benadering de laatste tijd meer aandacht krijgt zijn de zogenoemde co-determinanten van geluidhinder zoals vertrouwen, houding ten opzichte van de bron, procedurele eerlijkheid, communicatie, engagement et cetera. Vooral vanuit het idee dat dit een factor is die verbeterd zou kunnen worden en hiermee de effectiviteit van andere benaderingen ondersteunt (ANIMA, 2019). Voor omwonenden onder vluchtroutes geldt uiteraard ook dat co-determinanten van invloed zijn op geluidhinder. Omdat dit echter geen grootschalig veldonderzoek is en we ons willen concentreren op de effecten van aantallen vliegtuigpassages en de verdeling hiervan in de tijd, beschouwen we de we co-determinanten als een constante en laten we deze in het belevingsonderzoek buiten beschouwing.

Voorstel voor een vraagstelling:

1. Onder welke omstandigheden draagt het aantal vliegtuigpassages op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden bij aan de hinder van vliegverkeer?
    a. Wat is hierbij het effect van een verdeling van vluchten in de tijd?
    b. Wat is hierbij het effect van geluidspieken?
    c. In hoeverre is er een impact van weersomstandigheden?
    d. In hoeverre is er een verschil tussen dag en nacht?
    e. In hoeverre is er een verschil tussen seizoenen?
    f. Wat is de impact van vakantieperiodes?
    g. Wat is de impact van het baangebruik?
    h. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als hoofdbaan?
        ii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan in piekperiodes (betrekkelijk voorspelbaar)?
        iii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan om operationele storingen op te vangen (onvoorspelbaar)?
2. Wat is het gemeten vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden?
3. In welke mate hangen de metingen van geluid op deze locaties en de ervaring hiervan met elkaar samen?
4. Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over rustperiodes tussen vliegtuigpassages om de hinder van

vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden te verminderen?

5 Effecten van corona

Tot slot is het duidelijk dat door corona het aantal vluchten sterk is afgenomen. Dat is ook waarneembaar in de CBS-gegevens: https://opendata.cbs.nl/?dl=48580#/CBS/nl/dataset/37478hvv/table. Anderzijds zijn mensen nu wel veel vaker thuis en kunnen ze bijvoorbeeld niet even naar het werk om geluidhinder te vermijden. We weten niet hoelang dit gaat duren en ook niet op welk niveau en met welke snelheid het vliegverkeer zich zal herstellen. Toch denken we dat het zinvol is om dit onderzoek naar de beleving van omwonenden op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden uit te voeren. Illustratief is https://vliegherrie.nl/meldingen. Met dit onderzoek kunnen we een verhaal vertellen over leefomgevingskwaliteit in de Schipholregio.

6 Referenties

Airportwatch (2018). Heathrow study on 'respite' shows there is no clear definition, and no clarity on what it means, or whether it helps. Geraadpleegd op 8 december 2021, via https://www.airportwatch.org.uk/2018/02/heathrow-study-on-respite-shows-there-is-no-definition-and-no-clarity-on-what-it-means-or-whether-it-helps/

Anderson Acoustics (2016). A review on the state of the art on respite. Geraadpleegd op 8 december 2021, via https://hacan.org.uk/wp-content/uploads/2013/06/2694_FinalReport_2-0_June-2016.pdf

ANIMA (2019). Recommendations on annoyance mitigation and implications for communication and engagement. Geraadpleegd op 4 december 2021, via https://anima-project.eu

Hauptvogel, D.; Bartels, S., Schreckenberg, D., Rothmund, T. (2021). Aircraft Noise Distribution as a Fairness Dilemma—A Review of Aircraft Noise through the Lens of Social Justice Research. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 7399. https://doi.org/10.3390/ijerph18147399

ICAO (2004) Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management, Doc 9829 AN/451. Geraadpleegd op 2 december 2021, via https://www.icao.int/environmental-protection/pages/noise.aspx

Omgevingsraad Schiphol (2019). Advies Toekomstbestendig NNHS & Advies Middellangetermijnoplossing 'wonen en vliegen'. Geraadpleegd op 1 december 2021, via: https://www.omgevingsraadschiphol.nl/wp-content/uploads/2019/01/Brief-Hans-Alders-30-1-2019.pdf

RIVM /NLR/KNMI (2019) Vliegtuiggeluid: meten, rekenen en beleven. Een verkenning van wensen en ontwikkelopties. RIVM: Bilthoven. RIVM-rapport 2019-0201. Geraadpleegd op 20 december 2021, via: https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/12/18/vliegtuiggeluid-meten-rekenen-en-beleven

Schipholwatch (2021). Waarom de luchtverkeersleiding (theoretisch) gelijk heeft. Geraadpleegd op 7 december 2021, via https://schipholwatch.nl/2021/08/12/waarom-de-luchtverkeersleiding-theoretisch-gelijk-heeft/

Schreckenberg, D.; Götz, K.; Flindell (2016), I.H. Noise respite at Frankfurt Airport. In Proceedings of the INTER-NOISE and NOISECON Congress and Conference Proceedings, Hamburg, Germany, 23–26 August 2016; pp. 1288–1299. Geraadpleegd op 10 december 2021, via

https://environmentalnoise.zeusgmbh.de/pdfs/Schreckenberg_2016_FRA-NoiseRespite_IN16_000179_v3_1.pdf

Beleving van vliegtuiggeluid door geluidgevoeligen

1 Introductie

Zoals we in de startbijeenkomst afgesproken hebben, zou het RIVM een kort overzicht maken van literatuur over geluidgevoeligheid en de impact hiervan op de beleving van vliegtuiggeluid. Dat hebben we gedaan. De mate waarin er informatie beschikbaar is, bleek beperkt en een deel hiervan gaat over de impact van geluidgevoeligheid op gezondheidseffecten. Dat is interessant, maar voor dit onderzoek niet zo relevant, omdat we geen middelen om uitgebreid onderzoek naar gezondheid te doen. We beperken ons tot hinder, de beleving van vliegtuiggeluid.
Een ander punt is dat dit onderzoek naar de beleving door geluidgevoeligen in zekere zin vergelijkbaar is met het RIVM-citizen science-onderzoek naar de effecten van aantallen vliegtuigen in een bepaald tijdsvak. Het gaat in dit onderzoek over de invloed van rustperiodes op de hinder door vliegverkeer. De verschillen zijn wel dat een deel van de deelnemers in het onderzoek naar de impact van geluidgevoeligheid iets verder van de luchthaven Schiphol woont en dat geluidgevoelige burgers eerder last hebben van geluid.
Wat we nu doen in deze tekst, is dat we de twee zaken combineren. We geven eerst een korte introductie op geluidgevoeligheid, geven daarna een beschrijving van de mogelijke impact van de concentratie van vluchtroutes en sluiten af met een voorstel voor vraagstelling. Een goede vraagstelling is belangrijk voor een onderzoek. Om zeker te weten dat dit inderdaad de goede vragen zijn, bespreken we dit voorstel graag in de tweede bijeenkomst.

2 Persoonlijke factoren die geluidhinder beïnvloeden

2.1 Geluidgevoeligheid en angst voor (de bron van) geluid

Mensen zijn behoorlijk verschillend in de manier waarop zij geluid ervaren. In het onderzoek naar geluid maakt men daarom indelingen naar de mate waarin mensen gevoelig zijn voor geluid. In het algemeen blijkt een derde van de mensen gevoelig en ongeveer 10 procent zeer gevoelig voor geluid te zijn (Van Kamp et al., 2004; Öhrström et al., 2006). Miedema en Vos (1999) lieten zien dat de meest geluidgevoelige mensen omgevingsgeluid als 11 dB decibel luider ervaren dan de minst geluidgevoeligen.
Een andere factor, die sterk van impact is op de beleving van geluid, is angst. Het kan hier gaan om angst voor de bron (bijvoorbeeld neerstorten vliegtuig) of directe angstreacties op geluid (zoals schrikken of bang worden). Miedema en Vos (1999) lieten zien dat de mensen met veel angst voor de bron het geluid als 19 dB luider ervaren dan mensen zonder angst voor de bron.

2.2 Bevindingen in twee specifieke bronnen

Het aantal onderzoeken dat geluidgevoeligheid als onderwerp meeneemt of als kern van het onderzoek heeft is, zoals gezegd, beperkt. In deze paragraaf geven we de bevindingen uit twee artikelen waarin de relatie tussen geluidgevoeligheid en hinder beschreven wordt. Van Kamp et al (2004) onderzoeken onderzochten het effect van geluidgevoeligheid op

hinder van vliegtuiggeluid bij drie verschillende vliegvelden (Sydney, Schiphol, Heathrow). Dit onderzoek laat zien in welke mate geluidgevoeligheid in een gebied met een straal van 25 km rond het vliegveld voorkomt. In het onderzoek wordt de geluidgevoeligheid opgedeeld in laag, middel en hoog. De respondenten blijken bij alle drie de vliegvelden min of meer gelijk verdeeld over deze categorieën (1/3 laag; 1/3 middel; 1/3 hoog). Ook gaat met behulp van een statistische analyse na in hoeverre hinder van vliegverkeer verklaard kan worden door geluidgevoeligheid. Het effect in de regio Schiphol is duidelijk groter dan bij de andere twee onderzoeken. In dit onderzoek vindt men niet dat naarmate de geluidniveaus toenemen er tussen groepen (laag, middel, hoog geluidgevoelig) sterkere verschillen ontstaan in de hinder. Er is dus geen sprake van een zogenaamd interactie-effect.
Öhrström et al. (2006) doen een onderzoek naar de hinder van wegverkeer en de effecten van het beschikbaar hebben van een stille zijde. Uit dit onderzoek is ook informatie over het belang van geluidgevoeligheid voor hinder te halen. De bevindingen over het voorkomen van geluidsgevoeligheid zijn vergelijkbaar met deze in andere onderzoeken. Van de 956 respondenten vond 18 procent zichzelf helemaal niet gevoelig voor geluid, 46 procent niet erg gevoelig, 27 procent nogal gevoelig en 9 procent erg gevoelig voor geluid. De correlatie tussen geluidsgevoeligheid en geluidhinder is ongeveer 0.35. Geluidniveaus waren, zoals verwacht, niet-gerelateerd aan geluidsgevoeligheid. Degenen die zichzelf als zeer gevoelig voor geluid beoordelen, ergeren zich meer aan geluid dan de andere groepen op hetzelfde geluidniveau. Bij de laagste geluidsniveaus is het verschil in hinder echter klein, maar dit neemt toe met hogere geluidniveaus, wat in dit onderzoek wel wijst op een interactie-effect.

3 Geluidgevoelige burgers onder druk bevlogen vliegroutes

Burgers onder druk bevlogen vliegroutes geven aan dat de frequentie van de vluchten te veel is geworden (Omgevingsraad Schiphol, 2019). Zij geven aan dat vliegtuigen in toenemende mate dicht op elkaar overkomen en dat tussenliggende periodes steeds kleiner worden, waardoor de hinder lokaal sterk toeneemt. Deze observatie geldt voor de totale groep; het is niet bekend hoe geluidgevoelige burgers het geluid van vliegverkeer ervaren.
Er is een verwachting dat lokale hinder als een gevolg van Performance Based Navigation (PBN) zal gaan toenemen. PBN is een navigatiemethode, waarbij gebruik gemaakt wordt van satellieten, waardoor vluchtpaden preciezer gevolgd kunnen worden. Ervaring met het gebruik van PBN in het buitenland laat zien dat het gebruik hiervan inderdaad in toenemende mate leidt tot lokale hinder (Schipholwatch, 2021; Anderson Acoustics, 2016). Het gevolg van de toepassing van PBN is dat meer vluchten over de hoofden van dezelfde groep burgers zullen plaatsvinden.
De klachten over hinder door burgers onder druk bevlogen vliegroutes, geven aan dat er een grens is aan het aantal vluchten dat acceptabel wordt geacht. Belangrijk is het idee dat het uit ethisch oogpunt niet vanzelfsprekend is dat burgers onder vluchtroutes de lasten dragen van een grotere groep en dat er een discussie gevoerd moet worden over het concentreren van geluidoverlast. Dit impliceert niet vanzelfsprekend

dat het aantal vluchten gelijk kan blijven of dat er een groei van luchthavens mogelijk is.

4 Vraagstelling

In de opdracht voor dit onderzoek is afgesproken, dat dit onderzoek met burgerwetenschappers vormgegeven zal worden op basis van de wensen van deelnemende omwonenden. De nadelige effecten op hinder van persoonlijke factoren en ruimtelijke concentratie van geluid van vliegtuigen is voor omwonenden een belangrijk onderwerp. Dit zetten we in dit onderzoek centraal.

Afbakening:

- Het budget laat niet toe om uitgebreid gezondheidsonderzoek te doen. We beperken ons daarom tot een belevingsonderzoek.
- Het is bekend dat hinder van vliegtuiggeluid bepaald wordt door meerdere factoren, zoals beschreven in de zogenoemde 'balanced approach' (ICAO, 2004). Een factor die in de 'fifth pillar' van deze benadering de laatste tijd meer aandacht krijgt zijn de zogenaamde co-determinanten van geluidhinder zoals vertrouwen, houding ten opzichte van de bron, procedurele eerlijkheid, communicatie, engagement et cetera. Vooral vanuit het idee dat dit een factor is die verbeterd zou kunnen worden en hiermee de effectiviteit van andere benaderingen ondersteunt (ANIMA, 2019). Voor omwonenden onder vluchtroutes geldt uiteraard ook dat co-determinanten van invloed zijn op geluidhinder. Omdat dit echter geen grootschalig veldonderzoek is en we ons willen concentreren op de effecten van persoonlijke factoren, en ruimtelijke concentratie van vliegtuiggeluid, beschouwen we de we co-determinanten als een constante en laten we deze in het belevingsonderzoek buiten beschouwing.

Voorstel voor een vraagstelling:

1. In welke mate worden geluidgevoelige burgers onder druk bevlogen vliegroutes gehinderd door vliegtuiggeluid?
    a. Wat is hierbij het effect van het aantal vluchten?
    b. Wat is hierbij het effect van een verdeling van vluchten in de tijd?
    c. Wat is hierbij het effect van geluidspieken?
    d. In hoeverre is er een impact van weersomstandigheden?
    e. In hoeverre is er een verschil tussen dag en nacht?
    f. In hoeverre is er een verschil tussen seizoenen?
    g. Wat is de impact van vakantieperiodes?
    h. Wat is de impact van het baangebruik?
        i. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als hoofdbaan?
        i. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan in piekperiodes (betrekkelijk voorspelbaar)?
        ii. Hoe wordt geluid ervaren bij gebruik als secundaire baan om operationele storingen op te vangen (onvoorspelbaar)?
2. Wat is het gemeten vliegtuiggeluid op locaties waar vluchtroutes ruimtelijk geconcentreerd worden?
3. In welke mate hangen de metingen van geluid op deze locaties en de ervaring hiervan met elkaar samen?

4. Wat kan op basis van de bevindingen gezegd worden over mogelijkheden om de hinder van vliegtuiggeluid door geluidgevoelige burgers te verminderen?

5 Effecten van corona

Tot slot is het duidelijk dat door corona het aantal vluchten sterk is afgenomen. Dat is ook waarneembaar in de CBS gegevens: https://opendata.cbs.nl/?dl=48580#/CBS/nl/dataset/37478hvv/table. Anderzijds zijn mensen nu wel veel vaker thuis en kunnen ze bijvoorbeeld niet even naar het werk om geluidhinder te vermijden. We weten niet hoelang dit gaat duren en ook niet op welk niveau en met welke snelheid het vliegverkeer zich zal herstellen. Toch denken we dat het zinvol is om dit onderzoek naar de beleving van geluidgevoelige burgers uit te voeren en dit onderwerp voor het voetlicht te brengen.

6 Literatuur

Anderson Acoustics (2016). A review on the state of the art on respite. Geraadpleegd op 8 december 2021, via https://hacan.org.uk/wp-content/uploads/2013/06/2694_FinalReport_2-0_June-2016.pdf

ANIMA (2019). Recommendations on annoyance mitigation and implications for communication and engagement. Geraadpleegd op 4 december 2021, via https://anima-project.eu

ICAO (2004) Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management, Doc 9829 AN/451. Geraadpleegd op 2 december 2021, via https://www.icao.int/environmental-protection/pages/noise.aspx

Miedema en Vos (1999) Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. The Journal of the Acoustical Society of America 105, 3336 (1999); https://doi.org/10.1121/1.424662

Omgevingsraad Schiphol (2019). Advies Toekomstbestendig NNHS & Advies Middellangetermijnoplossing 'wonen en vliegen'. Geraadpleegd op 1 december 2021, via: https://www.omgevingsraadschiphol.nl/wp-content/uploads/2019/01/Brief-Hans-Alders-30-1-2019.pdf

Öhrström et al (2006) Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. Journal of Sound and Vibration 295 (2006) 40–59

Schipholwatch (2021). Waarom de luchtverkeersleiding (theoretisch) gelijk heeft. Geraadpleegd op 7 december 2021, via https://schipholwatch.nl/2021/08/12/waarom-de-luchtverkeersleiding-theoretisch-gelijk-heeft/

Slob et al. (2019) GGD-richtlijn medische milieukunde: omgevingsgeluid en gezondheid. Geraadpleegd op 24 december 2021, via https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-omgevingsgeluid

Van Kamp et al. (2004) The role of noise sensitivity in the noise–response relation: A comparison of three international airport studies. J. Acoust. Soc. Am. 116 (6), December 2004. Geraadpleegd op 24 december 2021, via: https://www.researchgate.net/publication/8072126_The_role_of_noise_sensitivity_in_the_noise-response_relation_A_comparison_of_three_international_airport_studies

Bijlage D Protocol Focusgroepen Beleving Vliegtuiggeluid

Doel van het gesprek: Achterhalen hoe de beleving van vliegverkeer in elkaar steekt. Dit is een zelfstandige uitkomst, maar is ook van belang om een vragenlijst (in een app) voor een belevingsonderzoek te kunnen opstellen. Dit laatste is de belangrijkste doelstelling van deze focusgroep. We stellen hiertoe drie vragen aan iedereen: 1) Wat is uw beleving van vliegtuiggeluid en wat zijn hier de oorzaken van?, 2) Welke zaken zouden we in een dagboekonderzoek moeten meenemen?, 3) Wanneer, hoe lang en hoe vaak moeten we dit onderzoek afnemen?

Tijdsplanning (indicatie voor 1,5 uur)
- Introductie (10 minuten)
- Beleving vliegtuiggeluid (30 minuten)
- Vragen in het dagboekonderzoek (20 minuten)
- Wanneer, hoe vaak, hoe lang onderzoek afnemen (15 minuten)
- Conclusie (5 minuten)
- Meten van vliegtuiggeluid (5 minuten)
- Afronding (5 minuten)

1 Introductie (10 minuten)

Aandachtspunten voor de moderator:
- Noteer voor jezelf de tafelschikking, zodat je weet wie waar zit
- Heet de deelnemers welkom en bedank ze voor hun komst en deelname aan deze discussiebijeenkomst.
- Tekst: Zoals bekend voeren we dit citizen science-onderzoek in het kader van de Programmatisch Aanpak Meten Vliegverkeer (PAMV).Het is een opdracht van I&W, welke een gevolg is van een reactie van de kamer op het PAMV-rapport. We kunnen niet garanderen dat we het beleid veranderen, wel kunnen een verhaal vertellen over leefomgevingskwaliteit in de Schipholregio en over de beleving ervan.
- Uitleggen ‘spelregels’ van discussiegroepen: Verzoek om vrijuit te spreken, we zijn geïnteresseerd in uw meningen en uw motivatie. Er zijn dus geen goede of foute antwoorden en we streven niet naar consensus. U mag gerust van mening verschillen, maar laat elkaar wel uitspreken en luister naar elkaar. De gespreksleider kan ingrijpen om het gesprek zo open mogelijk te houden en het bij het onderwerp te houden.
- Noem opname van het gesprek voor de verslaglegging en anonieme verwerking; informed consent bij de uitnodiging.
- Verzoek om mobiele telefoons uit te zetten.
- Namen op de naambordjes schrijven.
- Het gesprek zal 1,5 uur duren.
- Voorstelrondje participanten: We hebben elkaar al tweemaal online gezien in wisselende samenstellingen. Is het nog nodig om even kort voor te stellen Hebben jullie daar behoefte aan? Als dat zo is maken we daar kort even tijd voor.

2 Beleving vliegtuiggeluid (30 minuten)

We beginnen uiteraard met de beleving van vliegtuiggeluid.

Allereerst is het natuurlijk van belang om te weten hoe u het vliegtuiggeluid in uw woonomgeving ervaart. Als u hinder ervaart, dan willen we graag zo specifiek mogelijk weten wat de oorzaken en omstandigheden zijn. Uiteraard zijn er geen goede of foute antwoorden en willen we graag zonder dat we een discussie voeren ieders mening hierover horen.

Aandachtspunten/mogelijke thema's tijdens het gesprek:

- Aantallen overvluchten in een tijdsinterval. Hoe is dit veranderd in de loop der tijd?
- Respijt of gebrek hieraan
- Weersomstandigheden, in het bijzonder windrichting
- Landen of opstijgen
- Achtergrondgeluid
- Voorspelbaarheid. Afwijkingen in baangebruik
- Mogelijkheden van coping, vermijding
- Seizoenen
- Verstoringen in gedrag en activiteiten
- Tijdstip van overvliegen
- Hinder
- Slaapverstoring
- Soort vliegtuigen: vrachtvliegtuigen of verouderde vliegtuigen
- Betekenis van geluid & geluid als event
- Niet constant geluid (hoogte, type vliegtuigen, afwijkingen in route)
- Niet legitiem geluid
- Te voorkomen door anders gebruik
- Te voorkomen door minder vliegen
- Externe veiligheid
- Gezondheid: PM10, UFP, geur van kerosine
- Top-3 maken bij een groot aantal issues?
- Specifiek voor geluidgevoeligheid
- Angst (externe veiligheid)
- Verandering in geluidgevoeligheid
- Interactie effect tussen geluidgevoeligheid, hinder en slaapverstoring

3 Vragen in het dagboekonderzoek in de app (20 minuten)

De vraag is vervolgens hoe we dit gaan verwerken in de vragen die we in de app gaan stellen.

Er is in de vorige ronde een flink aantal onderwerpen over de beleving van vliegtuiggeluid besproken. Wat zou volgens u de beste manier zijn om de beleving van vliegverkeer met behulp van een app te registreren? Wat zouden we dan moeten vastleggen en als we prioriteiten moeten stellen wat is dan het belangrijkste?

Aandachtspunten/mogelijke thema's tijdens het gesprek:

- Wat waren de weersomstandigheden?
- In welke mate gehinderd de afgelopen uren?
- In welke mate slaapverstoord de afgelopen uren?
- Wat waren de oorzaken van de slaapverstoring of hinder?
- Frequentie van overvliegen in een tijdsinterval

i. Hoelang duurde een voor het gevoel aaneengesloten periode?
ii. Hoeveel vluchten bevatte deze periode ongeveer?
iii. Hoeveel periodes waren er?
iv. Wat was de tijdsduur tussen deze periodes?

- Onvoorspelbaarheid
- Verstoring van gedrag en activiteiten
- Omgaan met, vermijding, buitensluiten
- Contrast met achtergrondniveau
- Het soort vliegtuig (vracht of oud)
- Niet constant geluid door hoogte, type vliegtuigen, afwijkingen in route
- Niet legitiem geluid (te voorkomen door gebruik of beleid)
- Bezorgdheid over externe veiligheid
- Bezorgdheid over Gezondheid

4 Hoe het belevingsonderzoek afnemen (15 minuten)

Met de vragenlijst zijn we er nog niet. Van groot belang is ook de manier waarop we de vragenlijst afnemen, de app invullen. Karakteristiek van deze benadering is dat we maar heel kort (een aantal uur, een halve dag terugkijken). Op sommige momenten zal u wellicht meer hinder ervaren. Hoe zorgen we ervoor dat we deze omstandigheden tijdens een relatief korte onderzoeksperiode niet missen?

Aandachtspunten/mogelijke thema's tijdens het gesprek

- Weersomstandigheden, windrichting
- Weersomstandigheden, temperatuur (buitenleven)
- Vakantieseizoen (meer vluchten)
- Hoe vaak per dag
- Hoe lang beleving bijhouden in dagen of weken?
- Baanonderhoud

5 Conclusie (5 minuten)

We komen al aan het eind van dit gesprek.
Welke conclusie kunnen we trekken over het ontwerp van het belevingsonderzoek? Ik ga proberen dit kort samen te vatten

6 Afronden (5 minuten)

Het is tijd om het gesprek af te sluiten.

- Is er nog een korte aanvullende vraag van de observatoren?
- Is er nog iemand die iets wil zeggen over dit onderwerp, tot besluit?

7 Nog kort iets over het meten van geluid (5 minuten)

Bijlage E Vragenlijst in de app

1. Was u thuis in de registratieperiode? (ja/nee)
2. Van 23.00 tot 7.00 uur, welk getal van 0-10 geeft het beste aan hoeveel u gehinderd, gestoord of geërgerd werd door vliegtuiggeluid?(Helemaal niet gehinderd – Extreem gehinderd. Schaal 0-10, 11 = ik was niet aanwezig)
3. Wat vond u van het aantal vliegtuigen dat passeerde van 23.00 tot 7.00 uur? (Heel weinig vliegtuigen - Heel veel vliegtuigen. Schaal 0-10, 11 = ik was niet aanwezig)
4. Was er sprake van vluchtblokken? (ja/nee)
5. Wat vond u van de duur van deze vluchtblokken? (Heel kort – heel lang. Schaal 0-10, 11= ik was niet aanwezig)
6. Wat vond u van de afwezigheid van vliegtuiggeluid tussen vluchtblokken? (onvoldoende-voldoende. Schaal 0-10, 11= ik was niet aanwezig)
7. Wat vond u van het geluidniveau van de vliegtuigen die passeerden van 23.00 uur tot 7.00 uur? (Helemaal niet hard - Heel erg hard. Schaal 0-10, 11= ik was niet aanwezig)
8. Is het mogelijk om het vliegtuiggeluid tussen 23.00 uur en 7.00 uur te typeren?
    - Nee, dat is niet goed mogelijk
    - Ja, namelijk (meerdere opties mogelijk):
        - Lawaaierige typen vliegtuigen
        - Grondgeluiden van vliegtuigen op het vliegveld
        - Geluid van vliegtuigen die laag over kwamen
        - Trillingen van vliegtuigen die laag over kwamen
        - Vliegtuigen maakten extra lawaai omdat ze een bocht maakten
        - Vliegtuigen maakten variabel geluid door weersomstandigheden
        - Er werd na 23.00 uur gevlogen
        - Er werd voor 7.00 uur gevlogen
        - Stijgend vliegverkeer
        - Dalend vliegverkeer
        - Slaapverstoring

Bijlage F Beschrijvende statistieken

In deze bijlage geven we de beschrijvende statistieken van de gegevens die in het onderzoek verzameld zijn. Dit geeft een beeld van de mate van kortetermijnhinder, de blootstelling aan geluid en de blootstelling aan het aantal vliegtuigen. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de dagdelen vroege ochtend, dag, avond en nacht. Het gaat hier om de meetperiode van drie weken.

Indicatoren op basis van zelf rapportage in de app
Tabel F.1 geeft de het ervaren geluidniveau. Voor de totale groep is de score gemiddeld 5.51, terwijl de geluidgevoeligen een gemiddelde score van 5.30 rapporteren. Deze scores liggen boven het midden van de schaal.

Tabel F.1 Ervaren geluidniveau (schaalscores).

Beschrijvend kenmerk	**Totale groep**	**Geluidgevoeligen**
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	3.00	3.00
Mediaan	6.00	6.00
Gemiddelde	5.51	5.30
Derde kwartiel	8.00	8.00
Maximum	10.00	10.00

Ook in de percepties van het aantal vliegtuigen zijn er geen grote verschillen tussen de percepties van de totale groep en de percepties van de geluidgevoeligen (Tabel F.2). Net als bij de voorgaande variabelen scoort met op het schaalmidden (ongeveer 5), wat aangeeft dat het aantal vliegtuigen tussen ‘heel weinig en ‘heel veel in zit.

Tabel F.2 Ervaren aantal vliegtuigen (schaalscores).

Beschrijvend kenmerk	**Totale groep**	**Geluidgevoeligen**
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	2.00	2.00
Mediaan	4.00	4.00
Gemiddelde	4.60	4.48
Derde kwartiel	7.00	7.00
Maximum	10.00	10.00

In het onderzoek is nagegaan of het voor omwonenden mogelijk is om data te leveren over vluchtblokken, periodes waarin er kort na elkaar vliegtuigen overkomen. Dit is niet per definitie het geval; vliegtuigen kunnen ook breder verspreid in de tijd overkomen. In het onderzoek geeft de groep geluidgevoeligen 365 keer aan dat er sprake is van vluchtblokken. In de totale groep wordt 787 keer aangegeven dat er sprake is van één of meerdere vluchtblokken. Voor de duur van de vluchtblokken (Tabel F.3) kon wederom gescoord worden op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 staat voor ‘heel kort’ en 10 staat voor ‘heel lang’. Uit de gemiddelde scores van 1.94 voor de totale groep en 1.57 voor de groep ‘Geluidgevoeligen’, blijkt dat in de onderzoeksperiode voornamelijk korte vluchtblokken waargenomen zijn.

Tabel F.3 Ervaren duur vluchtblokken (schaalscores).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	0.00	0.00
Mediaan	0.00	0.00
Gemiddelde	1.94	1.57
Derde kwartiel	4.00	3.00
Maximum	10.00	10.00

In het geval van vluchtblokken konden de deelnemers aan het onderzoek naast een oordeel over de duur van het blok ook een oordeel geven over de afwezigheid van geluid tussen vluchtblokken. Er kon gescoord worden op een schaal van 0 tot 10 met als uitersten 'kwam nauwelijks voor' en 'kwam veel voor'. Uit Tabel F.4 blijkt dat door de totale groep een gemiddelde score gegeven wordt van 1.46 en de geluidgevoeligen een 1.3 als gemiddelde score noteren. Dit geeft aan dat men van mening is dat de afwezigheid van vliegtuiggeluid tussen de korte vluchtblokken weinig voorkomt.

Tabel F.4 Ervaren rust tussen vluchtblokken (schaalscores).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	0.00	0.00
Mediaan	0.00	0.00
Gemiddelde	1.46	1.30
Derde kwartiel	3.00	2.00
Maximum	10.00	10.00

In de app is ten slot gevraagd of het mogelijk was om het vliegtuiggeluid dat de hinder veroorzaakte te karakteriseren. Uit Tabel 8 blijkt dat dit lang niet altijd mogelijk is. Als het wel kan scoort 'verhoudingsgewijs vermijdbaar vlieggedrag' het hoogst. In deze categorie is uit statistische overwegingen het volgende samengenomen:

1. Lawaaierige typen vliegtuigen
2. Geluid door vliegtuigen die erg laag overkomen
3. Trillingen door vliegtuigen die erg laag overkomen
4. Geluid door vliegtuigen die een bocht maken
5. Geluid door vliegverkeer na 23.00 uur
6. Geluid door vliegverkeer voor 7.00 uur
7. Slaapverstoring door vliegverkeer

Hierna spelen geluid door stijgende en dalende vliegtuigen een rol. Variabel geluid door weersomstandigheden, grondgeluiden en angst voor/door vliegverkeer worden hierna het vaakst genoemd. Het laatste komt voornamelijk op conto van de geluidgevoeligen in het onderzoek.

Tabel F.5 Karakterisering van het vliegtuiggeluid dat hinder veroorzaakt (aantallen).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Niet_gespecificeerd	672	431
Angst voor of door vliegtuiggeluid	36	28
Dalend vliegverkeer	321	212

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Verhoudingsgewijs vermijdbaar vlieggedrag	825	348
Grondgeluiden van vliegtuigen op het vliegveld	28	24
Stijgend vliegverkeer	416	204
Variabel geluid door vliegtuigen door weersomstandigheden	70	39

Indicatoren op basis van vluchtgegevens
De data in Tabel F.6 tot en met Tabel F.15 zijn verzameld op basis van de vluchtgegevens uit Opensky en Donderdorp.nl. Het gaat om vluchten boven de meetpunten van de deelnemende burgers in het onderzoek. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de dagdelen vroege ochtend, dag, avond en nacht. Het gaat hier om de meetperiode van drie weken. We geven hier verder geen beschrijving bij.

Tabel F.6 Aantal vluchten onder 5 kilometer

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	2.00	1.00
Mediaan	18.00	9.00
Gemiddelde	33.01	24.80
Derde kwartiel	49.00	38.00
Maximum	266.00	229.00

Tabel F.7 Aantal vluchten per uur.

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	1.40	1.20
Mediaan	4.70	3.30
Gemiddelde	8.21	6.55
Derde kwartiel	12.00	10.00
Maximum	50.80	42.50

Tabel F.8 Maximale rust tussen vluchtblokken (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	3.00	8.00
Eerste kwartiel	37.00	44.00
Mediaan	67.00	77.50
Gemiddelde	107.30	117.80
Derde kwartiel	144.20	16.80
Maximum	480.00	480.00

Tabel F.9 Maximale rust tussen vluchtblokken onder 5 kilometer (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	3.00	8.00
Eerste kwartiel	48.00	62.00
Mediaan	111.50	146.00
Gemiddelde	177.30	203.60
Derde kwartiel	288.50	330.00
Maximum	480.00	480.00

Tabel F.10 Totale rust tussen vluchtblokken (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	19.00
Eerste kwartiel	177.00	180.00
Mediaan	294.00	300.00
Gemiddelde	305.70	322.00
Derde kwartiel	470.20	474.00
Maximum	480.00	480.00

Tabel F.11 Totale rust tussen vluchtblokken onder 5 kilometer (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	27.00
Eerste kwartiel	180.00	188.20
Mediaan	300.00	300.00
Gemiddelde	311.00	327.50
Derde kwartiel	475.20	480.00
Maximum	480.00	480.00

Tabel F.12 Totale duur van vluchtblokken (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	1.00	1.00
Mediaan	24.10	12.00
Gemiddelde	57.12	44.44
Derde kwartiel	84.00	67.00
Maximum	464.00	402.00

Tabel F.13 Totale duur van vluchtblokken onder de 5 kilometer (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	0.00	0.00
Mediaan	18.00	6.00
Gemiddelde	51.66	39.30
Derde kwartiel	77.00	61.00
Maximum	464.00	390.00

Tabel F.14 Duur langste vluchtblok (uren).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	2.00	1.00
Mediaan	9.00	6.00
Gemiddelde	23.00	18.58
Derde kwartiel	30.00	26.00
Maximum	281.00	201.00

Tabel F.15 Duur langste vluchtblok onder de 5 kilometer (minuten).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	0.00	0.00
Eerste kwartiel	0.00	0.00
Mediaan	8.00	4.00
Gemiddelde	20.97	16.72
Derde kwartiel	28.00	23.00
Maximum	281.00	152.00

Indicatoren op basis van geluidmetingen

De data in Tabel F.16 tot en met Tabel F.18 zijn gebaseerd op de geluidmetingen met de sensor community-geluidmeter die de deelnemende burgers in hun tuin of op hun balkon geïnstalleerd hebben. Het zijn waarden die karakteristiek zijn voor de registratieperiode. In deze gemiddelden wordt wederom geen onderscheid gemaakt in vroege ochtend, dag avond en nacht. Het geluid waarover hierover gerapporteerd wordt, is al het omgevingsgeluid; het hoeft niet per se door vliegtuigen veroorzaakt te worden.

Tabel F.16 Gemiddelde geluidniveau over periode (dB(A)).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	29.40	29.40
Eerste kwartiel	40.80	39.50
Mediaan	45.60	44.90
Gemiddelde	46.01	45.34
Derde kwartiel	50.40	50.40
Maximum	81.20	79.50

Tabel F.17 Geluidniveau dat 95% van de tijd overschreden wordt (dB(A)).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	28.40	28.40
Eerste kwartiel	34.40	33.40
Mediaan	38.15	37.00
Gemiddelde	38.24	37.39
Derde kwartiel	42.00	41.08
Maximum	54.60	54.60

Tabel F.18 Geluidniveau minder dan 20 seconden overschreden (dB(A)).

Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	33.30	33.30
Eerste kwartiel	62.90	62.00
Mediaan	67.50	66.50
Gemiddelde	67.48	66.95
Derde kwartiel	71.70	71.10
Maximum	93.40	93.40

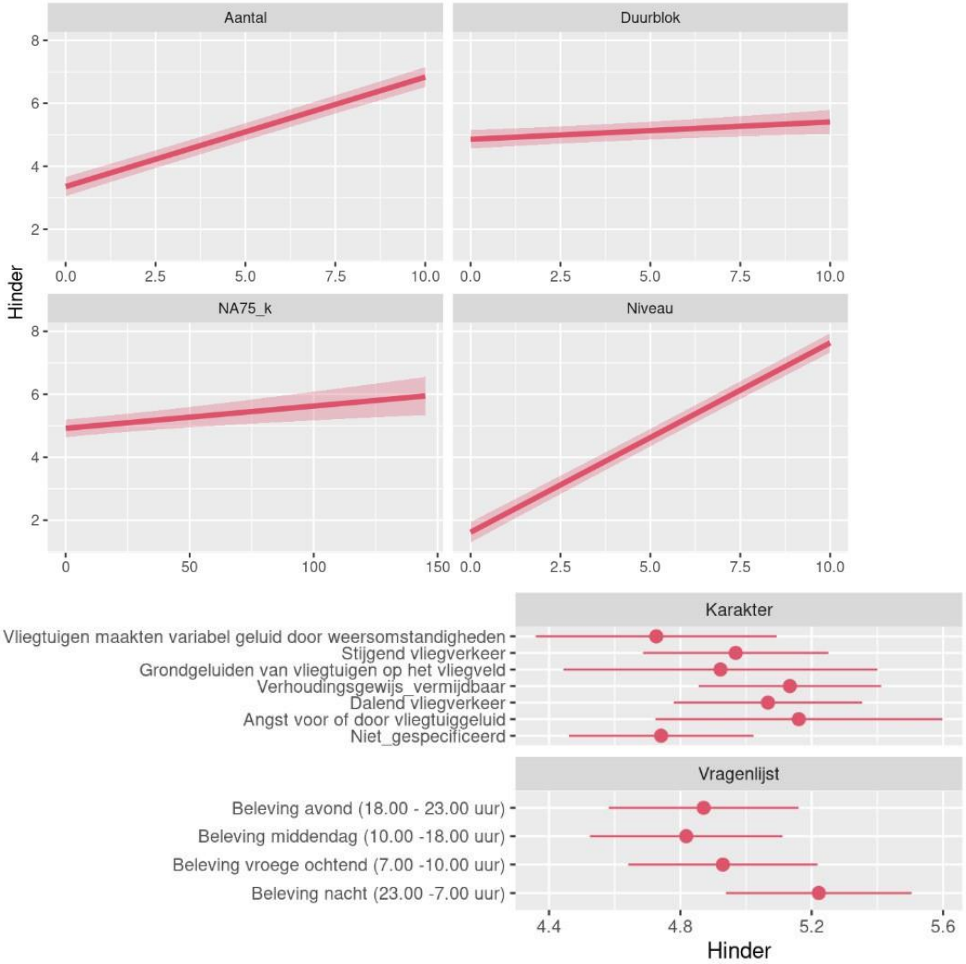
Meteogegevens

Tabel F.19 Buitentemperatuur (graden Celsius).

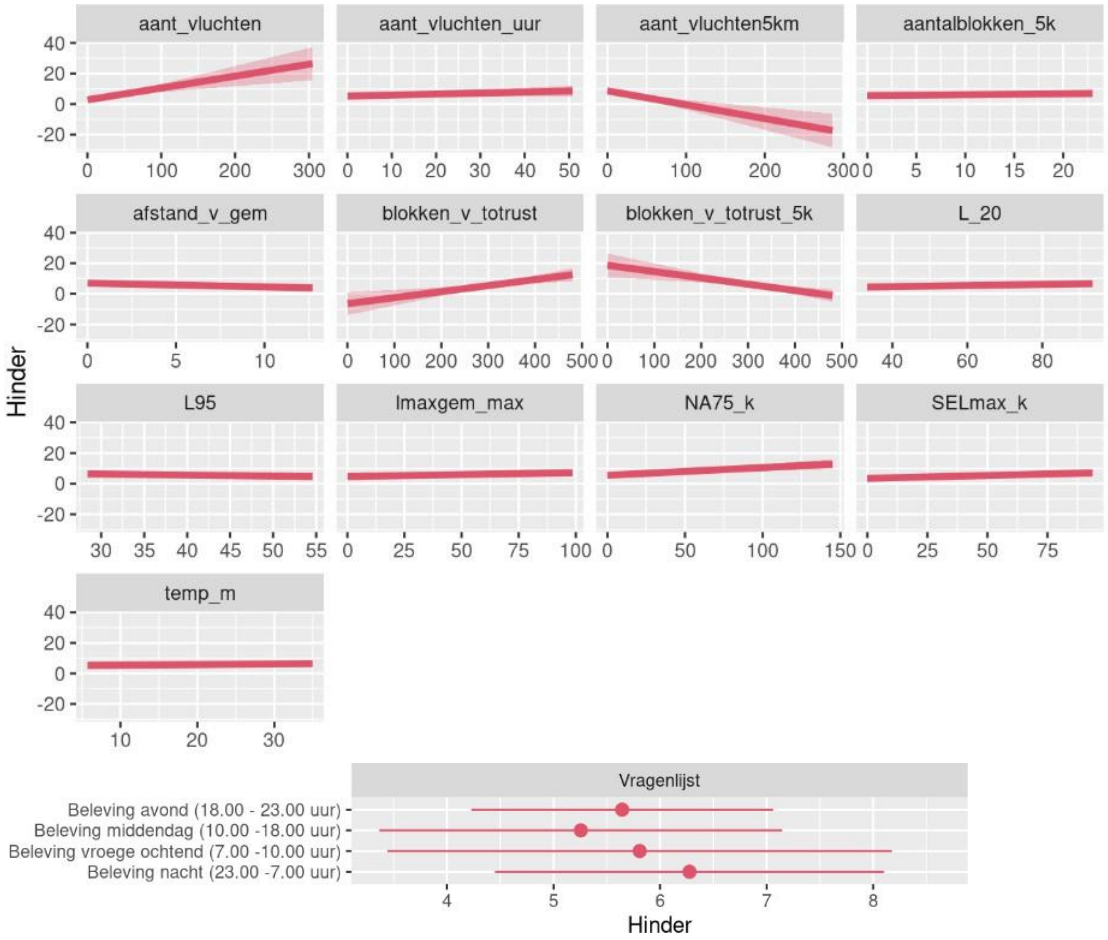
Beschrijvend kenmerk	Totale groep	Geluidgevoeligen
Minimum	5.70	5.70
Eerste kwartiel	15.90	16.10
Mediaan	18.00	18.20
Gemiddelde	18.18	18.41
Derde kwartiel	20.70	20.90
Maximum	35.00	35.00

Bijlage G Richting van effecten in de statistische analyse

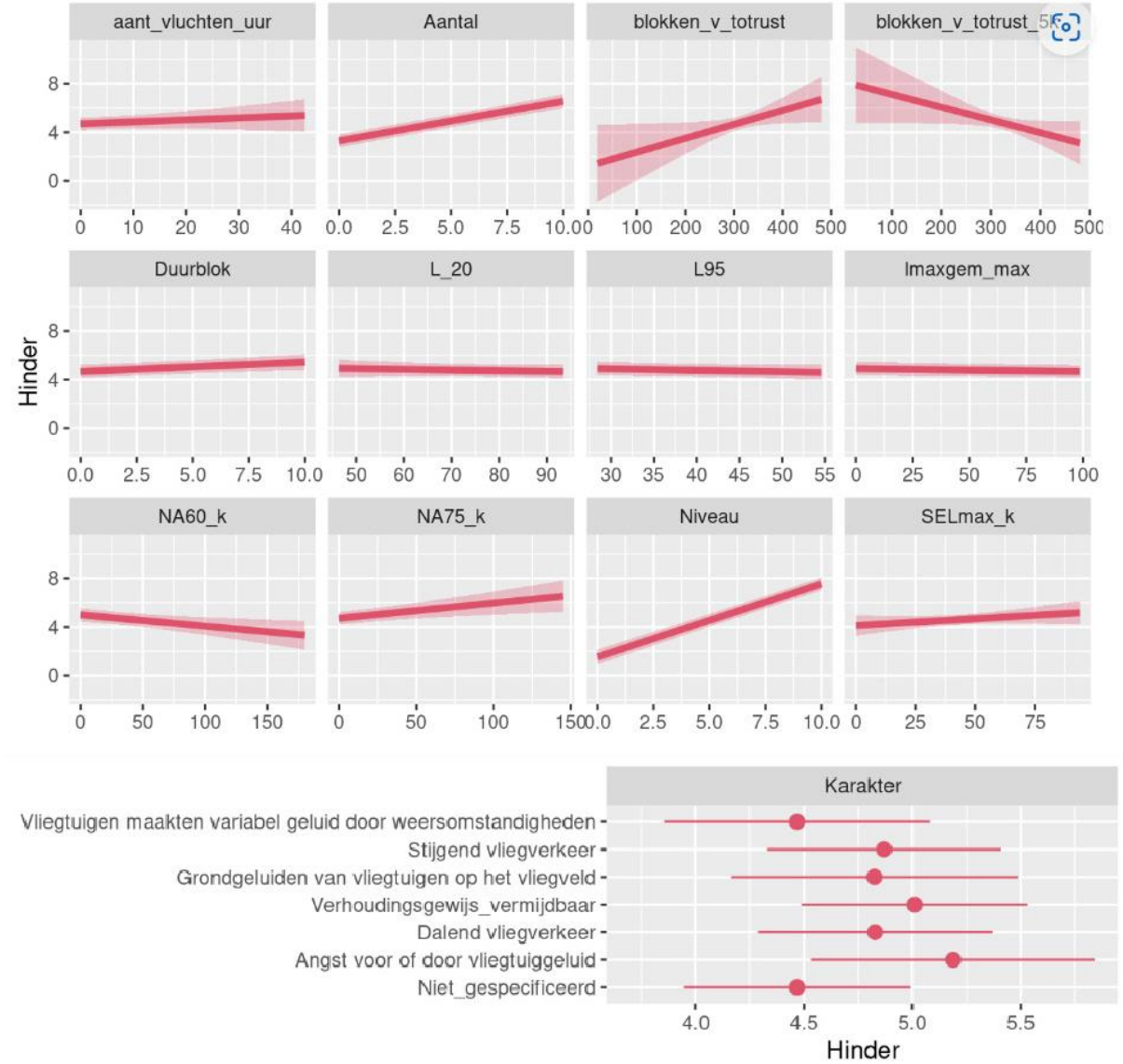
Om de richting van het effect van een variabele inzichtelijk te maken, wordt de marginale verwachting van deze variabele in een model berekend (dus gemiddeld over alle andere variabelen). Voor continue variabelen resulteert dit in een lijngrafiek met een bepaalde helling inclusief een betrouwbaarheidsinterval. Voor categorische variabelen resulteert dit in een figuur met puntschattingen en betrouwbaarheidsintervallen per categorie.



Figuur G.1 Richting van effecten van variabelen in het model op basis van zelf gerapporteerde, operationele en akoestische indicatoren voor de gehele groep.



Figuur G.2 Richting van effecten van variabelen in het model op basis van operationele en akoestische indicatoren voor de gehele groep.



Figuur G.3 Richting van effecten van variabelen in het model op basis van zelf gerapporteerde, operationele en akoestische indicatoren voor geluidgevoeligen.

Bijlage H Meetnauwkeurigheid geluidmeters

Op basis van tests op het RIVM-terrein (zie ook Mabjaia, 2022) kunnen we een inschatting maken van de meetnauwkeurigheid van de gebruikte geluidmeters.

Voor een enkele meting van $L_{eq,10sec}$ kunnen met 90 procent zekerheid stellen dat het fysieke geluidniveau binnen -2 dB en +2 dB van de meetwaarde zit. De SEL en andere gemiddelden zijn gebaseerd op deze $L_{eq,10sec}$. Voor L_{max}-metingen verwachten we een andere afwijking. Namelijk een gemiddelde afwijking van +3 dB en de onzekerheid is groter tussen -1 dB en +9 dB voor 90% van de metingen. Deze afwijking en grotere onzekerheid is vooral het resultaat van een verouderde instelling voor de signaalverwerking door de software op de geluidmeters[32].

Dit rapport behandelt vooral gemiddelden van grote aantallen metingen (zoals de gemiddelde L_{max} van meerdere vliegtuigpassages). Bij dergelijke aantallen wordt de onzekerheid kleiner. Voor L_{max} behouden we ook voor grote aantallen de +3 dB gemiddelde afwijking.

[32] De Lmax die gemeten is volgens een standaard voor tijdsmiddeling die niet meer gebruikelijk is, namelijk de 'impulse' middeltijd. Het is gebruikelijk om Lmax te meten met middeltijd 'fast'. In latere versies van de software is dit aangepast, maar tijdens de metingen voor dit onderzoek was dit nog niet bekend.

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

maart 2024

De zorg voor morgen begint vandaag