

RIVM rapport 680001001/2005

**Praktijkmogelijkheden Geluidmetingen  
Luchtvaart in het buitengebied van Schiphol**

J. Jabben, C. Potma

Contact:  
J. Jabben  
Laboratorium voor Milieumetingen  
j.jabben@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Commissie Regionaal Overleg luchthaven Schiphol, in het kader van project 680001

## Abstract

### **Pilot aircraft noise measurements in the outside region of Amsterdam Airport Schiphol**

This pilot shows that correct recognition of the type of noise is both a sufficient and a necessary condition for reliable monitoring of trend developments of aircraft noise in the outside area of Amsterdam Airport Schiphol. A lower limit for the noise levels that can be monitored is estimated to vary between 40 and 45 dB(A) Lden. This followed from a pilot investigation in which noise measurements were carried out at three sites in the outside region of Amsterdam Airport Schiphol. The measurements were part of a practical research of possibilities for monitoring trend developments in aircraft noise at low levels in areas at large distances from the airport. At each site the measurements were carried out continuously during one month, using various noise measurement systems. For each plane passing by the measurement site, the sound exposure level and the arrival time were recorded simultaneously. After each month, the measured arrival times of the planes according to each measurement system were compared with calculated arrival times using flight track data.

**Keywords:** aircraft noise, monitoring, Schiphol, measurements, decibel

## Rapport in het kort

### **Praktijkmogelijkheden Geluidmetingen Luchtvaart in het buitengebied van Schiphol**

Correcte herkenning van het type geluid blijkt een noodzakelijke en tevens voldoende voorwaarde te zijn om trends in de geluidbelasting in het buitengebied via doorlopende, onbemande metingen te kunnen monitoren. Een ondergrens voor de te monitoren geluidbelasting ligt tussen de 40 en 45 dB(A) Lden. Dit zijn de conclusies uit een onderzoek waarin metingen zijn verricht aan luchtvaartgeluid op drie locaties in het buitengebied van luchthaven Schiphol. Het betrof een praktijkstudie naar de mogelijkheden om in het buitengebied bij relatief lage geluidbelasting op grote afstand van de luchthaven de bijdrage van vliegtuigen te monitoren. Op elke meetlocatie zijn gedurende een maand lang doorlopend geluidmetingen verricht met verschillende meetsystemen. Bij elke vliegtuigpassage zijn gelijktijdig het geluidniveau en de passagetijd geregistreerd. Na elke meetperiode zijn de passagetijden vergeleken met berekende passagetijden gebaseerd op de vluchtgegevens.

**Trefwoorden:** luchtvaartgeluid, monitoren, Schiphol, metingen, decibel

## Voorwoord

Het onderhavige akoestische onderzoek naar het meten van luchtvaartgeluid vond plaats in de zomer van 2005 op drie locaties in het buitengebied van Schiphol. Het RIVM hoopt dat het onderzoek kan bijdragen aan het op verantwoorde wijze inbrengen van geluidmetingen bij de beoordeling van de geluidproblematiek rondom Schiphol.

Hoewel er al veel vraag is naar de inzet van metingen en er op de markt verschillende systemen beschikbaar zijn, zijn er nog relatief weinig gevalideerde meetreeksen over een langere periode beschikbaar. Dit onderzoek beoogt in dit opzicht een leemte op te vullen en met betrekking tot de mogelijkheden en beperkingen van geluidmetingen in het buitengebied meer ervaring op te doen.

De uitvoering van het project vond plaats met verschillende meetsystemen en op verschillende locaties over een relatief lange periode. Daarbij was veel samenwerking en afstemming nodig met andere partijen. In dit verband is veel dank verschuldigd aan de gemeenten Castricum en Warmond voor het beschikbaar stellen van het gemeentehuis als meetlocatie. Van de betrokken leveranciers van meetapparatuur gaat onze dank uit naar Rein Muchall, Gertjan de Waard en Ger de Prez voor de inzet van de apparatuur en de uitvoering van de metingen.

Verder ook dank aan Henk Veerbeek van het NLR en Marcel Janssens van TNO-TPD voor hun waardevolle inbreng bij de validatie en de beoordeling van de metingen.

Tenslotte is dank verschuldigd aan Suzan Kreuger, Fred van Deventer en de leden van de werkgroep 'Meten en Rekenen' van de CROS voor hun initiatief bij de start van het onderzoek en voor de begeleiding ervan.

De auteurs.



# Inhoud

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Samenvatting</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1. Inleiding</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1 Kader  | 7         |
| 1.2 Het belang van metingen  | 8         |
| 1.3 Doelstelling van dit onderzoek                                       | 9         |
| <b>2. Onderzoek</b>  | <b>11</b> |
| 2.1 Opzet van de pilot   | 11        |
| 2.2 Meetsystemen voor luchtvaartgeluid                                   | 12        |
| 2.3 Geselecteerde systemen   | 14        |
| 2.4 Beoordelingswijze  | 15        |
| 2.4.1 Vergelijking met berekende waarden                                 | 15        |
| 2.4.2 Indeling passageniveaus  | 15        |
| 2.4.3 Indicatoren  | 16        |
| 2.4.4 Corrigeren meetuitkomsten op basis van radargegevens               | 16        |
| <b>3. Resultaten</b>   | <b>19</b> |
| 3.1 Zegveld  | 19        |
| 3.1.1 Meetresultaten Zegveld 23 mei t/m 19 juni 2005                     | 19        |
| 3.1.2 Beoordeling resultaten Zegveld                                     | 20        |
| 3.2 Castricum  | 22        |
| 3.2.1 Meetresultaten Castricum van 27 juni t/m 24 juli 2005              | 23        |
| 3.2.2 Beoordeling resultaten Castricum                                   | 23        |
| 3.3 Warmond  | 25        |
| 3.3.1 Meetresultaten Warmond 1 augustus t/m 30 augustus 2005             | 25        |
| 3.3.2 Beoordeling resultaten Warmond                                     | 26        |
| <b>4. Conclusies</b>   | <b>29</b> |
| <b>Referenties</b>   | <b>31</b> |
| <b>Bijlage 1 Resultaten Zegveld 23 mei t/ 19 juni 2005</b>               | <b>33</b> |
| <b>Bijlage 2 Resultaten Castricum 24 juni t/m 24 juli 2005</b>           | <b>36</b> |
| <b>Bijlage 3 Resultaten Warmond 1 t/m 30 augustus 2005</b>               | <b>39</b> |
| <b>Bijlage 4 Totale equivalente geluidsniveaus en achtergrondniveaus</b> | <b>42</b> |
| <b>Bijlage 5 Definitie geluidsniveaus</b>                                | <b>43</b> |

## Samenvatting

In opdracht van de Commissie Regionaal Overleg Schiphol zijn gedurende de periode mei - augustus 2005, op drie locaties in het buitengebied van Schiphol geluidmetingen verricht. Het doel was inzicht te verkrijgen in praktijkmogelijkheden voor het monitoren van de geluidbelasting door luchtvaart in de relatief veraf gelegen buitengebieden van Schiphol. De meetlocaties en meetperioden waren:

- Stillegebied Zegveld, 23 mei t/m 19 juni 2005
- Gemeentehuis Castricum, 27 juni t/m 24 juli 2005
- Gemeentehuis Warmond, 1 augustus t/m 30 augustus 2005

Op deze meetlocaties zijn over de aangegeven perioden gelijktijdig metingen uitgevoerd met verschillende meetsystemen.

Na afloop van elke meetperiode is het gemeten geluidniveau van elke vliegtuigpassage vergeleken met een berekende waarde op basis van de vluchtgegevens en locatie. Dit bood inzicht in de mate waarin de systemen in staat zijn vliegtuiggeluid afzonderlijk te meten en andere vormen van omgevingsgeluid uit te sluiten.

Uit het onderzoek is gebleken dat met geluidmeetsystemen die gebruikmaken van betrouwbare, praktijkbestendige microfoons, in combinatie met foutloze herkenning van het type geluid, monitoring van trends in geluidbelasting in het buitengebied goed mogelijk is. Deze voorziening kan bestaan uit speciale software die op het meetsignaal wordt toegepast en bij elke vliegtuigpassage als uitkomst het type geluid geeft. Een andere mogelijkheid bestaat uit het gebruik van vluchtgegevens waarbij geluidregistraties die in tijd niet goed samenvallen met de passagetijden volgens de vluchtgegevens worden weggelaten. Beide methoden bieden bij optimale instelling van het systeem de mogelijkheid vanaf Lden-waarden tussen 40 en 45 dB(A), trends in de geluidbelasting door luchtvaart te monitoren.

Het onderzoek liet zien dat betrouwbare herkenning van het type geluid, behalve een voldoende, ook een *noodzakelijke* voorwaarde is om trends te kunnen monitoren. Los van de vraag of er vluchtgegevens beschikbaar zijn, is het daarom aan te bevelen om bij de beoordeling van metingen in het buitengebied steeds gebruik te maken van vluchtgegevens, teneinde de fouten bij de herkenning zoveel mogelijk uit te sluiten. In het onderzoek bleek dat de berekende passagetijden gebaseerd op vluchtgegevens uitstekend 'matchen' met de tijden waarop vliegtuigen zijn gemeten en deze informatie vormt een waardevolle aanvulling bij een correcte interpretatie en uitwerking van de metingen.

# 1. Inleiding

## 1.1 Kader

De Commissie Deskundigen Vliegtuiggeluid (CDV) heeft op 9 juni 2005 haar Vierde Voortgangsrapportage gepubliceerd [1] en daarin gepleit voor een open, transparante houding van de luchtvaartsector ten aanzien van de geluidbelasting door de luchtvaart in relatie tot de effecten op de leefomgeving. De commissie stelt dat niet alleen in de gebieden vlakbij de luchthaven, maar ook in de wijde omgeving ervan openheid moet zijn over de ontwikkeling van de geluidbelasting en dat burgers recht hebben op informatie daaromtrent.

Naast de wens van een ruimtelijk compleet beeld van de geluidbelasting - dat wil zeggen overal waar de geluidbelasting zodanig is dat deze tot hinderbeleving kan leiden - wordt er vanuit de burgers steeds meer voor gepleit om bij de wijze waarop de geluidbelasting wordt bepaald rechtstreeks metingen te betrekken. De Commissie voor Regionaal Overleg luchthaven Schiphol (CROS) signaleert een toegenomen behoefte van omwonenden in het buitengebied van Schiphol aan objectieve meetinformatie. Omliggende provincies en gemeenten dringen aan op het plaatsen van geluidmonitoringslocaties, niet alleen in woongebieden vlakbij de luchthaven, maar ook in de woongebieden op ruimere afstand, buiten de 20 Ke-geluidcontour. Men ervaart een toename van het aantal klachten in deze gebieden; het betreft onder andere de regio's Leiden/Oegstgeest, Castricum/Heemskerk/Uitgeest, Mijdrecht/Hilversum. In het kader van de Evaluatie van het Schipholbeleid wordt de CROS gevraagd 'om – vanuit haar taak om de hinder zoveel mogelijk te beperken – mogelijke verbeteringen van het beleid aan te dragen'[2].

De sector Milieu en Veiligheid van het RIVM heeft onder andere als taak om zowel de burger als overheid van objectieve informatie te voorzien aangaande de milieukwaliteit en de ontwikkeling daarvan. Zo verricht het RIVM onderzoek in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES), een meerjarig onderzoeksprogramma in opdracht van de ministeries van VROM, VWS en V&W. Daarnaast vindt onderzoek plaats naar bodem- water- en luchtkwaliteit. Voor een deel wordt daarbij gebruik gemaakt van modellen, voor een belangrijk deel echter ook van metingen. De ervaring leert dat betrouwbare metingen en de koppeling daarvan aan rekenmodellen, belangrijk zijn voor de kwaliteit van modelstudies en daarop gebaseerde schattingen van effecten. Een voorbeeld is het landelijke meetnet voor luchtkwaliteit dat in Nederland in totaal 60 meetposten omvat en dat naast trendmonitoring tevens gebruikt wordt om rekenmodellen voor luchtkwaliteit te valideren en modeluitspraken te verifiëren. Met betrekking tot de geluidproblematiek in Nederland zijn momenteel een aantal vaste geluidmeetposten opgesteld vlakbij de ligging van bronnen die een belangrijke bijdrage leveren aan omgevingsgeluid, zoals wegverkeer, railverkeer en luchtvaart.

Vanuit de bovenomschreven problematiek is bij de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Utrecht het idee ontstaan om door het RIVM een pilot uit te laten voeren naar de mogelijkheden om in de genoemde regio's vaste meetlocaties in te richten en de geluidbelasting daarmee te kunnen monitoren. Dit heeft geleid tot het onderhavige project in opdracht van de CROS. Gedurende de maanden mei t/m augustus 2005 zijn op drie locaties in het buitengebied van Schiphol metingen verricht aan luchtvaartgeluid, waarover hier wordt gerapporteerd. De resultaten van het onderzoek kunnen mede worden gebruikt bij verdere ontwikkeling van de beoordelingswijze van de geluidbelasting en hinderbeleving rondom Schiphol.

## 1.2 Het belang van metingen

Bij de bepaling van de geluidbelasting door omgevingsgeluid afkomstig van wegverkeer, railverkeer of luchtvaart wordt in de meeste situaties gebruik gemaakt van modelberekeningen, gebaseerd op een wettelijk vastgelegd rekenvoorschrift. Dit heeft het voordeel dat, gegeven een set van brongegevens (aantal voertuigen/vliegtuigen, snelheden, vlieghoogten), aan de hand van het voorschrift eenduidig en snel de geluidbelasting op een groot aantal relevante punten bepaald kan worden. Het rekenprocédé stelt de bronbeheerder in staat prognoses te maken zodat op voorhand kan worden nagegaan of wijzigingen aan de bron (bijvoorbeeld door verandering in verkeersomvang, routes) of realisatie van bouwplannen tot overschrijding van de vigerende normstelling zullen leiden. Voor een luchthaven is het daarmee mogelijk om de geplande vluchten te beoordelen met betrekking tot eventuele overschrijding van geluidnormen, hetgeen voor de bedrijfsvoering van essentieel belang is. Gegeven een set goed gedefinieerde invoergegevens die de bron kenmerken, ligt resultaat van het rekenprocédé, los van de geluidbelasting die in de praktijk optreedt, binnen relatief zeer kleine marges eenduidig vast.

Meetresultaten laten zich daarentegen minder goed voorspellen. De uitkomst van het meetresultaat wordt mede bepaald door minder goed voorspelbare factoren als weersomstandigheden. Daarnaast geldt dat de uitkomst van een meting slechts voor een beperkt gebied rondom de meetlocatie geldt en indien informatie over een groot ruimtelijk gebied gewenst is, er een meetnet moet worden opgebouwd waarmee doorgaans flinke kosten gemoeid zijn.

Waarom is er dan toch behoefte aan metingen? Dit kent een aantal oorzaken. De rekenwijze voor de vaststelling van jaargemiddelde geluidbelasting is, met name voor de luchtvaart, complex en aan buitenstaanders moeilijk uit te leggen. De uitkomst en toetsing van de resultaten van een modelberekening zijn voor de burger niet of nauwelijks verifieerbaar, hetgeen kan leiden tot een gebrek aan vertrouwen en onvrede in de relatie tussen een luchthaven en haar omgeving. Bij omwonenden die te maken krijgen met een toenemende mate van blootstelling en die dit niet kunnen terugvinden in de beschikbare informatie over



de geluidproblematiek kan daardoor het gevoel ontstaan dat de sector zich onvoldoende inspant om de geluidhinder tot een minimum terug te brengen.

Metingen hebben daarnaast een belangrijke functie om aannames in rekenmodellen te valideren. Met name metingen die over relatief langere periode worden uitgevoerd leveren soms nieuwe, onverwachte informatie op die niet in de modelveronderstellingen was meegenomen.

Het Milieu- en Natuurplanbureau [3] constateert dat rondom de luchthaven Schiphol de ontwikkeling van geluidoverlast in de directe omgeving voldoet aan de daarvoor geldende beleidsdoelstellingen, maar dat de problematiek zich in het buitengebied minder gunstig heeft ontwikkeld. In deze buitengebieden (buiten de 20 Ke-zone) signaleren de provincies Noord- en Zuid Holland en Utrecht een groeiende behoefte aan concrete metingen bij de informatievoorziening in omliggende gemeente over de ontwikkeling van de geluidbelasting. Modeluitkomsten zullen een groter draagvlak verkrijgen en minder aan discussie onderhevig zijn als deze kunnen worden onderbouwd door metingen. Mits de metingen op verantwoorde wijze kunnen worden uitgevoerd en het resultaat vrij is van fouten, passen zij in een open houding ten aanzien van milieubelasting door economische activiteiten hetgeen de relatie tussen de luchthaven en haar omgeving ten goede komt.

### **1.3 Doelstelling van dit onderzoek**

Hoewel de eenvoudige uitkomst van een meting de buitenstaander meer aanspreekt dan een complexe niet of nauwelijks controleerbare berekening van de jaargemiddelde geluidbelasting, dient ook het resultaat en de geldigheid van een meting kritisch te worden beoordeeld. Het betrouwbaar meten van luchtvaartlawaai is bij relatief lage passageniveaus op locaties in woongebieden in het buitengebied veel minder goed mogelijk dan bijvoorbeeld op polderlocaties vlakbij de luchthaven. Het stoorgeluid van andere typen bronnen (wegverkeer, railverkeer, windgeruis) zal, naarmate het geluidniveau van vliegtuigpassages afneemt, de meetuitkomst steeds meer gaan beïnvloeden. Het is daarom noodzakelijk dat het meetstelsel een voorziening heeft om andere typen geluid te kunnen onderscheiden en uit het meetresultaat weg te laten. Het is immers niet te rechtvaardigen dat passagegeluid van bijvoorbeeld autos, treinen en bromfietsen of andere typen, niet door vliegtuigen veroorzaakt geluid, wordt toegeschreven aan de geluidbelasting van de luchthaven.

Gezien de grote belangen die met de problematiek van luchtvaartgeluid gemoeid zijn wil de CROS in nauw overleg met de Commissie Deskundigen Vliegtuiggeluid(CDV), als eerste stap in een beoordeling van de mogelijkheden om via vaste meetpunten in het buitengebied te monitoren, praktijkervaring opdoen met één of een aantal daartoe specifiek ontworpen meetsystemen. *Het doel van dit onderzoek is daarom een verkenning van de praktijkmogelijkheden van onbemande meetsystemen voor vliegtuiggeluid in het buitengebied*

van Schiphol. De aard van het onderzoek is verkennend en praktijkgericht, zonder dat een hoge mate van wetenschappelijke diepgang wordt nagestreefd. De vragen die daarbij van belang zijn luiden:

- Kan andersoortig lawaai onder verschillende omstandigheden afdoende worden uitgesloten van het meetresultaat?
- Welke geluidbelasting kan nog redelijkerwijze door meting worden vastgesteld?
- Welke praktische problemen kunnen zich voordoen wanneer de metingen over een relatief langere periode onder diverse meteorologische omstandigheden worden uitgevoerd?
- Kan een indruk worden verkregen van de onzekerheid in het meetresultaat?
- Zijn metingen geschikt om in het buitengebied over langere perioden de geluidbelasting te monitoren?

Een afgewogen, zorgvuldige beoordeling van alle aspecten van vliegtuigmetingen en een uitvoerige studie naar de onzekerheden ervan is in het kader van dit onderzoek niet aan de orde. Centraal staat het opdoen van praktijkervaring met vliegtuigmetingen over een relatief lange periode op verschillende meetlocaties.

In het onderzoek wordt gebruikt gemaakt van berekende waarden voor de geluidniveaus van vliegtuigen. Deze zijn gebaseerd op radargegevens. Het onderzoek heeft echter niet als doel deze berekende waarden aan de hand van de metingen te valideren. Dit zou een geheel andere opzet van het onderzoek vereisen.

In het onderzoek werd geen ontwikkeling van nieuwe meetsystemen beoogd maar is uitgegaan van bestaande meettechnieken. Daarbij was het, in het kader van een eerste pilot, niet haalbaar om een uitputtende validatie van alle momenteel op de markt verkrijgbare systemen voor het meten van luchtvaartlawaai te realiseren. In dit onderzoek moest een beperkte keuze worden gemaakt waarbij in aanvang drie systemen zijn geselecteerd.

In het onderzoek zijn drie meetlocaties geselecteerd, het stiltegebied bij Zegveld, het gemeentehuis van Castricum en het gemeentehuis van Warmond. Op elke meetlocatie zijn gedurende een maand lang doorlopend metingen uitgevoerd, die na afloop zijn beoordeeld aan de hand van vluchtgegevens.

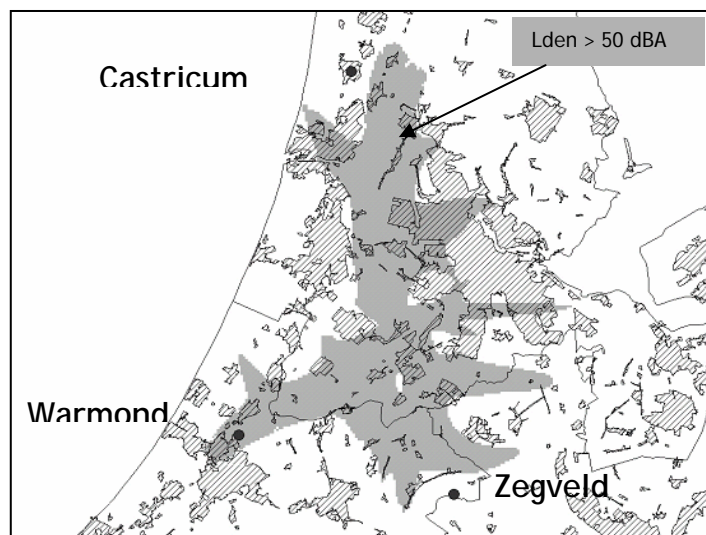
## 2. Onderzoek

### 2.1 Opzet van de pilot

Op drie meetlocaties in het buitengebied zijn gedurende ongeveer 1 maand doorlopend geluidmetingen verricht. Het buitengebied is daarbij het gebied dat voornamelijk buiten de 20 Ke- zone ligt op relatief ruime afstand (~40 km of meer) van Schiphol. Het betreft (achtereenvolgens) de volgende locaties:

- Stiltegebied Zegveld, 23 mei t/m 19 juni 2005
- Gemeentehuis Castricum, 27 juni t/m 24 juli 2005
- Gemeentehuis Warmond, 1 augustus t/m 30 augustus 2005

Er is gekozen voor een relatief lange meetperiode per locatie. Deze keuze is ingegeven vanuit het aspect dat i) de geluidbelasting op elk punt van dag tot dag sterk kan variëren. ii) er behoefte was aan een ruime set van meetresultaten en iii) beoogd werd een goed beeld te verkrijgen van mogelijke praktijkproblemen, die bij een meer incidentele meting zich minder waarschijnlijk zouden voordoen. De meetlocaties zijn weergegeven in Figuur 2.1.



*Figuur 2.1* Overzicht van de meetlocaties uit het onderzoek

Na afloop van elke meetperiode heeft het RIVM in samenwerking met TNO-TPD en het Nationaal Lucht en Ruimtevaart Laboratorium (NLR) de meetresultaten beoordeeld in relatie met FANOMOS- vluchtgegevens (Flight track and Aircraft NOise Monitoring System). De FANOMOS gegevens zijn ten behoeve van dit onderzoek beschikbaar gesteld door de Lucht Verkeersleiding Nederland (LVNL). Aan de hand van deze radargegevens heeft het NLR voor elke meetlocatie bepaald op welke tijdstippen binnen de meetperiode er sprake was een

vliegtuigpassage en is een indicatie gegeven van het verwachte geluidsniveau bij deze passages[4]. Op die manier is onderzocht in welke mate een meetsysteem vliegtuigpassages op de betreffende meetlocatie als zodanig heeft herkend en stoorlawaai (geluid dat niet door vliegtuigpassages wordt veroorzaakt) heeft onderdrukt.

Het onderzoek was er niet op gericht om per meetsysteem tot een uitgesproken oordeel ‘voldoet/ongeschikt’ te komen of de systemen ten opzichte van elkaar te kwalificeren. Zoals in de inleiding al is aangegeven heeft het onderzoek zich gericht op het opdoen van praktijkervaring met metingen in het buitengebied, zodat in een latere fase bij eventuele inzet van meer permanente meetposten in dit gebied een goed beeld beschikbaar is van de mogelijkheden voor geluidmonitoring: wat is wel- en niet goed mogelijk en onder welke omstandigheden. Waar liggen de beperkingen?

## 2.2 Meetsystemen voor luchtvaartgeluid

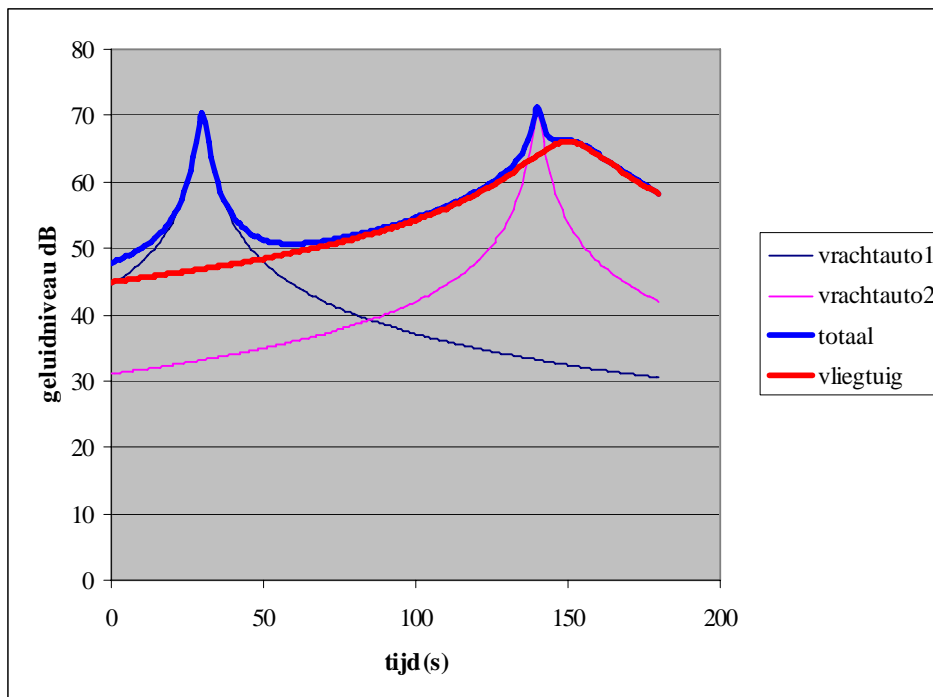
De geluidbelasting door een luchthaven kan van dag tot dag sterk wisselen en tijdelijke, incidentele metingen kunnen daarom geen goed beeld leveren van representatieve geluidbelasting over een langere periode. Net zoals een modelberekening betrekking heeft op de jaargemiddelde geluidbelasting dient een meting in principe de mogelijkheid te bieden de jaargemiddelde geluidbelasting als eenduidig meetresultaat op te leveren. Dit betekent dat het meetsysteem onder alle weersomstandigheden permanent in bedrijf moet zijn en betrouwbaar moet meten. Er mogen geen of heel weinig apparaatstoringen optreden. Vanuit logistiek oogpunt is het tevens belangrijk dat het meetsysteem onbemand functioneert, op afstand kan worden uitgelezen dan wel voldoende dataopslagcapaciteit biedt, zodat de metingen over een lange periode kunnen worden opgeslagen. Dit stelt al direct hoge eisen aan de robuustheid en praktijkbestendigheid van een meetsysteem.

Daarboven komen nog een aantal meettechnische eisen [5], waarvan de belangrijkste luidt dat het systeem in staat moet zijn te voorkomen dat het geluid, dat niet door vliegtuigen wordt veroorzaakt, bijdraagt aan het meetresultaat. Naarmate de bijdrage van andere bronnen toeneemt en de geluidbelasting van de vliegtuigen afneemt wordt dit steeds lastiger. In een stedelijke omgeving (maar ook in een landelijk gebied bij aanhoudende sterke wind) ontstaat makkelijk een achtergrondniveau van 50 dB(A). Met een normaal meetsysteem (zonder specifieke voorzieningen voor onderdrukking van stoorlawaai) kan daarbij een gemiddelde geluidbelasting door vliegtuigen van minder dan 50 dB al niet goed meer gemeten worden. De gewenste waarde voor de te meten niveaus in het buitengebied rondom Schiphol liggen in de orde van 40-50 dBA.

Bij meetsystemen voor vliegtuiggeluid die speciaal ontworpen zijn om dit probleem op te lossen kan men globaal de volgende typen onderscheiden:

- A. Meetsystemen die in staat zijn om het geluid van vliegtuigen te herkennen van het geluid dat door andere bronnen wordt veroorzaakt;
- B. Meetsystemen die in staat zijn om het geluid van andere bronnen te onderdrukken;
- C. Hybride meetsystemen die een combinatie vormen van type A en B.

Ad A. Herkenning van de aard van het geluid biedt, deels, de mogelijkheid om niet door vliegtuigen veroorzaakt geluid uit te sluiten van bijdrage aan het meetresultaat. Deze mogelijkheid geldt echter niet wanneer de periode waarin het te meten vliegtuiggeluid zich voordoet, samenvalt met de periode waarin er ook andere typen geluid optreedt. Dit wordt verduidelijkt in het voorbeeld Figuur 2.2. Geluid van de eerste vrachtautopassage kan worden 'uitgefilterd' omdat het vliegtuiggeluid pas later een maximum bereikt. Dit kan men in het getoonde voorbeeld bereiken door alleen de periode van 100 tot 200 s mee te nemen. Uitfiltering van de tweede vrachtauto op dezelfde manier zou echter betekenen dat ook de bijdrage van het vliegtuig in sterke mate wordt onderdrukt. De meting zou dan een te lage gemiddelde geluidbelasting door vliegtuigen opleveren.



*Figuur 2.2 Voorbeeld van vrachtautopassages die bijdragen aan het totale geluidniveau*

Ad B. Dit betreft doorgaans systemen die een voorziening hebben waarmee richtingsgevoelig kan worden gemeten. De invalrichting van het door vliegtuigen veroorzaakt geluid verschilt vaak (echter niet altijd) van die van andere omgevingsbronnen zoals bijvoorbeeld autos en treinen of brommers. Indien het ruimtelijk scheidend vermogen (resolutie van de invalshoek) van het meetsysteem voldoende hoog is kan daarmee in principe ook stoorlawaai dat gelijktijdig met vliegtuiggeluid optreedt worden onderdrukt (i.e in Figuur 2.2 zou ook de bijdrage van de tweede vrachtauto kunnen worden geëlimineerd. Bij de metingen in het buitengebied is bij dit type meetsystemen een hoge ruimtelijke resolutie nodig, daar ook vliegtuigen die de meetpost op relatief grote afstand passeren van belang zijn en de

invalsrichting van het geluid van deze vliegtuigen maar weinig verschilt van bijv. passerende treinen en autos. Met type A-systemen kan alleen de eerste vrachtautopassage worden uitgesloten van bijdrage aan het meetresultaat. Type B en C bieden deze mogelijkheid, deels of geheel, ook voor de tweede passage.

## 2.3 Geselecteerde systemen

Leveranciers van type A-meetsystemen voor luchtvaartgeluid zijn onder andere Acoutronic, Bruel&Kjaer, Goffin-Meyvis en Lochard. Deze systemen hebben met elkaar gemeen dat zij gebruik maken van één omnidirectionele microfoon in combinatie met software (Sound-Intelligence, Debacom) voor het herkennen vliegtuigpassages en het uitfilteren van andere typen geluid. Verder kunnen tot dit type ook de meetposten uit 'Geluidsnet' ([www.geluidsnet.nl](http://www.geluidsnet.nl)) worden gerekend omdat deze, evenals de hiervoor genoemde systemen, herkenningsoftware bij de verwerking van de meetgegevens betreft.

Bekende type B meetopstellingen zijn de zogenaamde array-systemen zoals die zijn ontwikkeld door de TU-Delft en TNO. Bij deze systemen kan door gecombineerd gebruik van een groot aantal microfoons een sterke richtingsgevoeligheid met een hoge ruimtelijke resolutie worden bereikt. Een ander voorbeeld van een type B meetopstelling is het DINOS-systeem (Ciserv), dat gecombineerd gebruik maakt van vier microfoons.

Er zijn momenteel nog weinig meetopstellingen van het type C (gecombineerde herkenning en onderdrukking door middel van richtingsgevoeligheid) verkrijgbaar. Het enige systeem dat als type C kan worden geclassificeerd is het zogenaamde 'Luistervink'-meetsysteem van Geluidconsult BV. (Voorheen Omegam-Geluid BV). De opstelling bestaat uit één microfoon in het centrum van een vierkante, 60 cm hoge bak van 2 x 2 m. De bak is van binnen voorzien van geluiddempend materiaal, waarmee bodemreflecties worden onderdrukt. Behalve herkenningsoftware wordt bij deze meetopstelling door de opstaande randen van de bak een afscherpende werking voor het geluid, afkomstig van zijwaartse richting, gecreëerd. Op die manier ontstaat de richtingsgevoeligheid van de meetopstelling, die in zijwaartse richting sterk afneemt (orde 10 dB verzwakking). Door de bak met een doek af te dekken en de microfoon te voorzien van een extra grote windbol wordt de invloed van windgeruis op de metingen zo veel mogelijk beperkt.

In het kader van deze verkennende pilot paste het niet om een uitputtende validatie van alle momenteel op de markt verkrijgbare systemen voor het meten van luchtvaartlawaai te realiseren. Het opdoen van praktijkervaring met één of enkele meetsystemen die gebruik maken van vliegtuigherkenning en/of richtingsgevoeligheid, zo mogelijk van verschillende typen stond centraal. Ook vanuit logistieke overweging moest een beperkte keuze uit beschikbare systemen worden gemaakt waarbij in aanvank drie systemen zijn geselecteerd. Dit betekent dat sommige kansrijke systemen in dit onderzoek nog niet konden worden beoordeeld. Dit geldt onder andere voor de meetposten uit 'Geluidsnet' waarvoor bij veel

gemeenten belangstelling voor is. Array- systemen zijn in dit onderzoek niet meegenomen, onder andere omdat deze systemen momenteel nog minder geschikt zijn voor langdurige onbemande metingen. Ook het meetsysteem van B&K in combinatie met Debacom herkenningsoftware, als mogelijk alternatief voor de Sound-Intelligence herkenningsoftware, is in dit onderzoek niet meegenomen.

De in dit onderzoek aanvankelijk geselecteerde meetsystemen zijn:

1. de 'Luistervink' -opstelling van Geluidconsult BV (LVK)
2. een meetsysteem van Lochard (LHD)
3. de 'Dinos' -meetopstelling van Ciserv (DNS)
4. een standaardgeluidmeter van het RIVM (SGM)

De systemen 1 t/m 3 zijn speciaal ontworpen voor vliegtuigmetingen. Meetopstelling 4 betreft een standaard buitenmeter zoals die algemeen bij onbemande metingen wordt gebruikt, zonder speciale voorzieningen voor het meten van vliegtuiggeluid. Daarmee zijn alle registraties (inclusief niet-vliegtuiggeluid) vanaf een drempelwaarde van 60 dBA (zie Bijlage 5) gemeten en zijn ook de achtergrondniveaus op de diverse meetlocaties bepaald.

## 2.4 Beoordelingswijze

### 2.4.1 Vergelijking met berekende waarden

Na afloop van elke meetperiode op een meetlocatie zijn de meetresultaten, passageniveaus<sup>1</sup> en tijdstippen waarop deze plaatsvonden, vergeleken met berekende waarden, voor dit onderzoek aangeleverd door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium(NLR). De berekende passageniveaus zijn gebaseerd op de FANOMOS-vluchtgegevens (FNS). Deze vergelijking heeft niet als doel modeluitkomsten te valideren (dit zou een veel uitgebreider en gedetailleerder onderzoek vergen), maar geeft, op basis van de passagetijden, een indruk van de mate waarin de meetsystemen vliegtuiggeluid correct herkennen en andersoortig geluid buiten de registratie laten. De gemeten passageniveaus beslaan de perioden dat het betreffende meetsysteem een vliegtuig registreerde. Een toelichting op de definitie van de gehanteerde geluidmaten is te vinden in de Bijlage 5.

### 2.4.2 Indeling passageniveaus

Bij de beoordeling van de metingen is de volgende indeling van passageniveaus aangehouden:

Categorie 1: vliegtuigpassages die 80 dBA passageniveau of meer veroorzaakten;

Categorie 2: vliegtuigpassages die 70-80 dBA passageniveau veroorzaakten;

---

<sup>1</sup> Bedoeld wordt hier de SEL- waarden en niet de Lmax waarden. Voor een toelichting zie Bijlage 5.

Categorie 3: vliegtuigpassages die 60-70 dBA passageniveau veroorzaken.

De vliegtuigen die passageniveau minder dan 60 dBA veroorzaken hebben nauwelijks nog significantie voor gemiddelde geluidbelasting (zie TA1) . Globaal geldt dat voor het betrouwbaar vaststellen van de gemiddelde geluidbelasting vanaf 40 dB, de passageniveaus van minder dan 60 dB nauwelijks relevant zijn, die van 60-70 dB enige invloed hebben, niveaus van 70-80 dB belangrijk zijn en die boven 80 dB beslist goed zouden moeten worden gemeten.

### 2.4.3 Indicatoren

Elke meetreeks uit de verschillende meetlocaties is op basis van de correlatie met FANOMOS-gegevens nader geanalyseerd en daarbij zijn de volgende indicatoren bepaald:

- het aantal *gemeten* passages met een passageniveau van respectievelijk 60-70 dBA, 70-80 dBA, en meer dan 80 dBA
- als referentie, het aantal *berekende* passages met een passageniveau (SEL) van respectievelijk 60-70 dBA, 70-80 dBA, en meer dan 80 dBA bepaald door het NLR, op basis van FANOMOS-gegevens
- het aantal passages waarbij meting en berekening duidelijk gekoppeld konden worden in de zin dat er minder dan 45 seconden tijdverschil én minder dan 10 dB niveauverschil tussen het berekende en gemeten passageniveau aanwezig was
- de gemiddelde geluidbelasting volgend uit de gemeten passageniveaus
- de gemiddelde geluidbelasting volgend uit de berekende passageniveaus met FANOMOS-gegevens(FNS)

### 2.4.4 Corrigeren meetuitkomsten op basis van radargegevens

Naast de beoordeling van de originele metingen is beoordeeld in welke mate de overeenkomst tussen de gemeten en berekende waarden vergroot kan worden door een correctie aan de hand van de vluchtgegevens. Daarvoor zijn twee mogelijke correcties beoordeeld:

#### Correctie 10: in vluchtgegevens traceerbare, afgekeurde passages alsnog meenemen

Bij geluidregistraties geven de meetsystemen LHD en LVK aan of een registratie wel of geen vliegtuigpassage betrof. Bij de verwerking van de meetresultaten blijkt dat sommige registraties die door het meetsysteem niet als vliegtuig zijn herkend zowel in tijd als niveau goed samen vallen met de FNS waarden. In dat geval is de kans groot dat de betreffende registratie door het meetsysteem onterecht is afgekeurd. In nabewerking kunnen dergelijke registraties bij wijze van correctie eenvoudig alsnog worden meegenomen.



Correctie 01: in vluchtgegevens niet traceerbare, goedgekeurde registraties alsnog afkeuren

De tweede mogelijkheid bestaat in het afkeuren van alle passages die niet 'matchen' met de passagetijden en geluidniveaus gebaseerd op de FANOMOS gegevens. In dit onderzoek is deze correctie (01) alleen toegepast op de resultaten van het standaard geluidmeetsysteem (SGM). Deze correctie zou ook nog op de andere meetsystemen kunnen worden toegepast, maar dan zou voorbij worden gaan aan de mogelijkheid dat het meetsysteem wel degelijk correct een vliegtuigpassage heeft geregistreerd, die echter niet in de FANOMOS-gegevens voorkwam (bijvoorbeeld helicopters, vliegtuigen van/naar Rotterdam of Lelystad).



## 3. Resultaten

### 3.1 Zegveld

De eerste meetlocatie in Zegveld bevond zich in een stiltegebied. De meetsystemen van Lochard en Ciserv zijn opgesteld op het dak van een portocabine die normaal door het RIVM wordt gebruikt als behuizing voor luchtmeetapparatuur (zie Figuur 3.1). De meetopstelling 'Luistervink' werd iets verderop in het weiland opgesteld en is net niet zichtbaar op de foto.



*Figuur 3.1 De portocabine in het stiltegebied Zegveld, periode 23 mei t/m 19 juni 2005*

#### 3.1.1 Meetresultaten Zegveld 23 mei t/m 19 juni 2005

Vrij snel na aanvang op 23 mei 2005 in Zegveld bleek dat het DINOS systeem van Ciserv nog onvoldoende was ontwikkeld voor deze veldproef. Men ondervond problemen met zowel de hardware, als ook de software die voor deze test moest worden aangepast om de gevraagde geluidindicatoren op te leveren. Ciserv heeft daarop besloten om zich uit het project terug te trekken, daar voor de locatie Castricum nog geen verbetering werd verwacht. Omtrent de mogelijkheden van dit systeem voor metingen in het buitengebied kon in dit project daarom geen ervaring meer worden opgedaan.

In Bijlage 1 is in Figuur B1.1 een voorbeeld gegeven van de metingen op zondag 12 juni. Geplot zijn de passageniveaus versus het tijdstip van passage. Een plot van de gemiddelde equivalente geluidsniveaus over dag- avond- en nachtperiode, alsmede de Lden van dag tot dag is weergegeven in Bijlage 1, Figuur B1.2. In Tabel B1.1 zijn de totale equivalente geluidsniveaus (behalve vliegtuigen ook andere bronnen) en de achtergrondniveaus over de verschillende dagdelen weergegeven.

In Tabel 3.1 zijn de gemiddelde waarden per 24 uur aangegeven. Deze zijn gebaseerd op alle dagen dat het betreffende systeem in bedrijf is geweest.

Tabel 3.1 Resultaten op de meetlocatie Zegveld, gemiddelde etmaalwaarden over de periode 27 juni t/m 24 juli 2005

|     | corr | Vliegtuigpassages<br>1e cat. (SEL>80 dB) |   |        | Vliegtuigpassages<br>2e cat. (SEL 70-80) |    |        | Vliegtuigpassages<br>3e cat. SEL 60-70 dB |    |        | Totaal cat 1 t/m 3 |      |
|-----|------|--|---|--------|--|----|--------|---|----|--------|--------------------|------|
|     |      | aant                                     | k | Leq,c1 | aant                                     | k  | Leq,c2 | aant                                      | k  | Leq,c3 | Leq24u             | Lden |
| FNS |      | 2  |   | 36     | 41                                       |    | 40     | 166                                       |    | 39     | 43                 | 46   |
| LVK | -    | 1  | 1 | 33     | 20                                       | 18 | 37     | 76  | 67 | 35     | 40                 | 42   |
|     | 10   | 2  | 1 | 34     | 27                                       | 24 | 39     | 83  | 74 | 36     | 41                 | 43   |
| LHD | -    | 1  | 0 | 36     | 3  | 1  | 31     | 3   | 1  | 24     | 38                 | 40   |
|     | 10   | 1  | 0 | 36     | 4  | 2  | 32     | 3   | 1  | 24     | 38                 | 40   |
| SGM | -    | 6  | 1 | 46     | 24                                       | 10 | 40     | 0   | 0  | 7      | 47                 | 48   |
|     | 01   | 1  | 1 | 35     | 10                                       | 10 | 36     | 0   | 0  | 0      | 40                 | 41   |

Aant.= het over de meetperiode gemiddelde aantal per etmaal;

K=aantal metingen duidelijk te koppelen mbt tijdstip en niveau aan FANOMOS;

Leq = gemiddelde 24 uren geluidbelasting over in dBA van vliegtuigen uit de betreffende categorie  
code 00=origineel, corr 10=onterecht afgekeurd alsnog erbij; corr 01= niet koppelbaar met FNS eruit

### 3.1.2 Beoordeling resultaten Zegveld

Op deze locatie is de geluidbelasting door vliegtuigen relatief laag. Vliegtuigpassages van de eerste categorie doen zich nauwelijks voor, de geluidbelasting wordt vooral bepaald door passages van de tweede en derde categorie. Naarmate passages van een lagere categorie belangrijker worden voor de gemiddelde geluidbelasting door vliegtuigen wordt het voor een meetsysteem steeds moeilijker om deze geluidbelasting nog goed te meten ten opzichte van andere bronnen. In dat opzicht is de locatie Zegveld direct al een zware opgave, hoewel het feit dat de locatie niet in de directe omgeving ligt van verkeerswegen of spoorwegen het onderscheid weer enigszins vergemakkelijkt. De 24-uur gemiddelde geluidbelasting als totaal over alle bronnen bedraagt 52 dBA (zie Bijlage 4, Tabel B4.1) wat ruim boven de streefwaarde voor stiltegebieden ligt (40 dBA).

#### 'Luistervink'

Het meetsysteem 'Luistervink' (LVK) heeft aanvankelijk problemen met de hardware ondervonden, waardoor voor de periode van 23 mei t/m 4 juni en deel van 6 juni geen data beschikbaar zijn. De overige perioden heeft het systeem goed gefunctioneerd. Het systeem hanteert twee criteria voor al of niet meenemen van geluidsniveaus: een criterium gebaseerd op onder meer stijgtijd van het geluidsniveau en windsnelheid en daarnaast de uitkomst van herkenningsoftware.

De resultaten van het systeem 'Luistervink' vertonen over het algemeen goede samenhang met de berekende tijden (FNS). Dit is te zien in het voorbeeld van Figuur B1.1, waarin de passageniveaus van 12 juni met het tijdstip van meting zijn vergeleken met FNS-registraties. Op de overige dagen dat het systeem-LVK in bedrijf was bleken de gemeten registraties op vergelijkbare wijze met FNS-gegevens samen te vallen. Dit komt tot uiting in het verloop van

dag tot dag van de gemiddelde (equivalente) geluidniveaus over de dag- avond- en nachtperiode weergegeven in Figuur B1.2. De trends van dag tot dag die in de FNS- reeks voorkomen tengevolge van wisselende verkeersbelasting/ bezetting van vliegroutes etcetera komen ook in de LVK-metingen tot uiting. Zonder dat een exacte uitspraak kan worden gedaan over de betrouwbaarheid van de meetuitkomsten in absolute zin, duidt het resultaat van Figuur B2.1 erop dat met de LVK-meetopstelling in Zegveld trends in de geluidbelasting vanaf een grens  $L_{den} 45 \text{ dB(A)}$  te monitoren zijn.

Een deel van de passages volgens FNS, wordt niet in de metingen teruggevonden. Dit geldt met name voor categorie 3-passages (zie Tabel 3.1). De afwijking van het gemiddelde niveau is in deze categorie dan ook het grootst (35 vs 39 dB zie Tabel 3.1). De gemiddeld gemeten geluidbelasting over het etmaal als totaal over alle categorieën blijft 3 dB achter bij de berekende waarde. Indien onterecht<sup>2</sup> afgekeurde passages alsnog worden meegenomen (correctie 01 in Tabel 3.1) kan de overeenkomst tussen LVK en FNS nog met 1 dB worden verbeterd.

#### *Lochard*

Lochard heeft in Zegveld aanzienlijk minder passages geregistreerd dan volgens de FNS-referentie. Vooral in de 2e en 3e categorie blijft het aantal registraties sterk achter bij de FNS-gegevens. Het systeem gebruikt twee criteria bij het al of niet meenemen van passages: het eerste heeft onder andere te maken met de snelheid waarmee het geluid aanzwelt, nadat het systeem heeft geregistreerd dat een drempelwaarde (in Zegveld 55 dBA) is overschreden. Daarna wordt het tweede criterium toegepast, dat luidt dat de herkenningsoftware aangeeft dat er van vliegtuiggeluid sprake is. Deze software is van dezelfde leverancier als de herkenningsoftware die bij 'Luistervink' wordt gebruikt, maar betreft een andere versie. Mogelijk dat één of beide criteria te zwaar zijn ingesteld, waardoor teveel passages zijn afgekeurd. Uit Tabel 3.1 blijkt dat de resulterende meetuitkomsten nogal verschillen van FNS-uitkomsten. Bij de instelling die in Zegveld werd gebruikt correleren de metingen in het buitengebied met deze opstelling niet of nauwelijks met de berekende tijden en SEL-waarden en kunnen geen betrouwbare meetuitkomsten worden verwacht. Dit blijkt ook duidelijk uit het verloop van dag tot dag uit Figuur B1.2. Uit Tabel 3.1 blijkt verder dat het alsnog meenemen van onterecht afgekeurde passages niet significant tot verbetering leidt.

#### *Standaard Geluid Meter*

De Standaard Geluid Meter (SGM) die door het RIVM is geplaatst mist alle SEL-waarden beneden 70 dB, aangezien een SEL- waarde van 70 op deze locatie ongeveer overeenkomt met een drempelwaarde van 60 dB en pas boven de laatstgenoemde waarde registratie wordt gestart. Desondanks liggen de gemiddelde waarden ruim boven die van 'Luistervink' en Lochard, terwijl de hoogste drempelwaarde is gebruikt. Dit verschil is voor een belangrijk

---

<sup>2</sup> Bedoeld wordt hier passages die zowel in tijdstip als niveau goed samenvallen met de FNS gegevens en toch door het meetsysteem zijn afgekeurd

deel waarschijnlijk veroorzaakt doordat ook andersoortig lawaai (wind, schapen , kikkers, tractoren) wordt gemeten. Wanneer alleen de passages worden meegenomen die konden worden ‘gematched’ met de FANOMOS-tijden (SGM, correctie 01 zie Tabel 3.1) wordt een betere correlatie met de FNS-gegevens verkregen (zie Figuur B1.2). Na correctie ligt het gemiddeld 24-uurs niveau 3 dB lager en de Lden 5 dB lager dan de FNS-uitkomst, wat vooral wordt veroorzaakt door de relatief hoge drempelwaarde van het meetsysteem. Door deze hoge drempelwaarde is de meetopstelling ‘doof’ voor vliegtuigpassages van de derde categorie welke op de (relatief stille) locatie Zegveld van belang zijn voor het totaal. Dit kan verbeterd worden door een lagere drempel te gebruiken, maar daarbij kunnen weer problemen ontstaan indien over langere perioden stoorlawaai boven de drempel ligt. De kans is dan aanwezig dat stoorlawaai verhogend gaat werken op de passageniveaus van de vliegtuigen.

## 3.2 Castricum

Op de tweede meetlocatie in Castricum zijn de metingen na het uitvallen van het meetsysteem van Ciserv vervolgd met 3 meetopstellingen: de ‘Luistervink’ opstelling, het systeem van Lochard en een standaard geluidmeter van het RIVM. De opstellingen zijn met medewerking van de gemeente Castricum gerealiseerd op het dak van het gemeentehuis. De opstelling zijn weergegeven in Figuur 3.2.



*Figuur 3.2 De tweede meetlocatie op het dak van het gemeentehuis in Castricum, 27 juni t/m 24 juli 2005*

### 3.2.1 Meetresultaten Castricum van 27 juni t/m 24 juli 2005

In Bijlage 2 is in Figuur B2.1 een voorbeeld gegeven van de metingen op 4 juli. Geplot zijn de passageniveaus (SEL- waarden in dBA) versus het tijdstip van passage.

De daaruit afgeleide over de hele meetperiode gemiddelde waarden geldig voor het etmaal zijn aangegeven in Tabel 3.2. Het verloop van dag tot dag van de gemiddelde geluidbelasting over dag- avond en nachtperiode is weergegeven in Bijlage 2, Figuur B2.2. In Tabel B2.1 zijn de totale equivalente geluidniveaus (behalve vliegtuigen ook andere bronnen) en de achtergrondniveaus over de verschillende dagdelen weergegeven.

Tabel 3.2 Resultaten op de meetlocatie Castricum, gemiddelde etmaalwaarden over de periode 27 juni t/m 24 juli 2005

|     | corr | Vliegtuigpassages vd<br>1e cat. (SEL>80 dB) |   |          | Vliegtuigpassages vd<br>2e cat. (SEL 70-80) |    |          | Vliegtuigpassages vd<br>3e cat. SEL 60-70 dB |    |          | Leq24u | Lden |
|-----|------|---|---|----------|---|----|----------|--|----|----------|--------|------|
|     |      | aant  | k | Leq,cat1 | aant  | k  | Leq,cat2 | aant   | k  | Leq,cat3 |        |      |
| FNS |      | 5   |   | 40       | 34  |    | 41       | 104  |    | 36       | 44     | 47   |
| LVK | -    | 4   | 4 | 41       | 31  | 27 | 40       | 50   | 29 | 33       | 44     | 48   |
|     | 10   | 4   | 4 | 41       | 33  | 28 | 41       | 59   | 38 | 34       | 44     | 48   |
| LHD | -    | 2   | 1 | 63       | 4   | 2  | 33       | 1  | 0  | 17       | 63     | 63   |
|     | 10   | 6   | 5 | 42       | 14  | 9  | 41       | 3  | 1  | 24       | 44     | 48   |
| SGM | -    | 16  | 6 | 61       | 179   | 21 | 48       | 5  | 1  | 28       | 61     | 61   |
|     | 01   | 8   | 6 | 43       | 54  | 21 | 43       | 2  | 1  | 23       | 46     | 49   |

Aant.= het over de meetperiode gemiddelde aantal per etmaal;

K=aantal metingen duidelijk te koppelen mbt tijdstip en niveau aan FANOMOS;

Leq = gemiddelde 24 uurs geluidbelasting over in dBA van vliegtuigen uit de betreffende categorie code 00=origineel, corr 10=onterecht afgekeurd alsnog erbij; corr 01= niet koppelbaar met FNS eruit

### 3.2.2 Beoordeling resultaten Castricum

De 24-uur gemiddelde geluidbelasting als totaal over alle bronnen bedraagt 61 dBA (zie Bijlage 4, Tabel B4.1) wat ruim boven de waarde in Zegveld ligt. Dit wordt vooral bepaald door de dag- en periode, want 's nachts is gemiddeld een lager niveau gemeten.

#### 'Luistervink'

Evenals in Zegveld blijken de SEL waarden en de daarbij behorende tijdstippen die door LVK zijn gemeten goed te correleren met de waarden die op basis van FANOMOS-gegevens zijn bepaald. Ook het verloop van de gemiddelde (equivalente) niveaus in Figuur B2.2 laat vanaf 40 dB een goede correlatie zien, die niet alleen boven de 40 dB(A), maar ook bij lagere waarden nog aanwezig is. De door het systeem gemeten Lden komt in Castricum 1 dB hoger uit dan de waarde op basis van FANOMOS. Indien de volgens FNS onterecht afgekeurde registraties alsnog worden meegenomen leidt dit niet tot andere gemiddelde waarden (zie Tabel 3.2).

#### Lochard

De meetuitkomsten van het meetsysteem van Lochard in Castricum correleren beter met de waarden die op basis van FANOMOS-gegevens zijn bepaald dan in Zegveld, waar de

instelling van de meter niet goed was. Niettemin werkte de herkenningsoftware niet optimaal. Analyse van de plots zoals weergegeven in Figuur B2.1 laat zien dat SEL-waarden boven 70 dB in het algemeen goed werden gedetecteerd, maar te vaak werden afgekeurd omdat het systeem de passages niet als vliegtuiggeluid identificeerde.

Dat de vliegtuigherkenning niet optimaal functioneerde, is vooral van belang bij een foutieve registratie op maandag 4 juli, 12.00 u waar de maandelijkse sirene (SEL 126 dBA) als vliegtuigpassage werd geregistreerd. Een dergelijke hoge waarde werkt onmiddellijk zeer sterk door in gemiddelde waarden (zie Figuur B2.2). Het resulterende LAeq, 7-19 u op 4 juli bedraagt 80 dB en over de gehele periode geeft het meetsysteem door deze foutieve herkenning een gemiddeld niveau van 63 dBA (zie Tabel 3.2). Dit onderstreept het belang van foutloze herkenning bij vliegtuigmetingen. Een sterke verbetering kan worden bereikt door de volgens FNS onterecht afgekeurde registraties alsnog mee te nemen en het geluidniveau dat bij de sirene is gemeten niet mee te nemen. De afwijkingen van de door LHD gemeten gemiddelde waarden met die van LVK en FNS vallen dan mee, vooral omdat er van de relatief hoge en belangrijke cat 1 en 2 passages, dan veel minder worden gemist (zie Tabel 3.2).

Wat verder opvalt uit Figuur B 2.1, Castricum 4 juli van 19.00 tot 22.00 uur, is dat harde wind (meer dan 10 m/s) leidt tot SEL-registraties. Deze worden in het algemeen afgekeurd, maar rond 20.00 uur zijn toch een aantal daarvan foutief als vliegtuiggeluid getypeerd, hetgeen ook in Figuur B2.2 in het Laeq,19-23 is te zien. Deze ligt bijna 10 dBA boven de waarden van LHD en FNS.

#### *Standaard Geluid Meter*

De gemiddelde (equivalente) geluidniveaus die met de gewone meetopstelling zijn bepaald liggen veel hoger dan in vergelijking met FNS en LVK. Dit was te verwachten omdat alle geluid boven een drempel van 60 dB wordt geregistreerd, onder andere ook de sirene op 4 juli. Indien deze hoge waarde wordt weggelaten uit het meetresultaat en van de resterende registraties alleen die registraties worden meegenomen die kunnen worden 'gematched' met de FNS-gegevens vergelijken de niveaus beter (hoewel nog wel 2 dB hoger, zie Tabel 3.2) met de waarden gebaseerd op FNS. Deze correctie werkt op de locatie Castricum beter dan in Zegveld, waarschijnlijk omdat het gemiddelde niveau in Castricum wat hoger ligt waardoor de drempel van het meetsysteem minder afwijking geeft. Het resulterende verloop van dag tot dag van de gemiddelde Laeq waarden is eveneens weergegeven in Figuur B2.2.



### 3.3 Warmond

De laatste metingen uit de pilot vonden plaats in Warmond in de periode 1 t/m 30 augustus 2005. De meetopstellingen zijn met medewerking van de gemeente Warmond geplaatst op het dak van het gemeentehuis (zie Figuur 3.3).



*Figuur 3.3 De derde meetlocatie op het dak van het gemeentehuis in Warmond, 1 t/m 30 augustus 2005*

#### 3.3.1 Meetresultaten Warmond 1 augustus t/m 30 augustus 2005

In Bijlage 3 is in Figuur B3.1 een voorbeeld gegeven van de metingen op 17 augustus. Geplot zijn de passageniveaus (SEL- waarden in dBA) versus het tijdstip van passage.

De daaruit afgeleide over de hele meetperiode gemiddelde waarden geldig voor het etmaal zijn aangegeven in Tabel 3.3. Het verloop van dag tot dag van de gemiddelde geluidbelasting over dag- avond en nachtperiode is weergegeven in Bijlage 3, Figuur B2.3. In Tabel B3.1 zijn de totale equivalente geluidniveaus (behalve vliegtuigen ook andere bronnen) en de achtergrondniveaus over de verschillende dagdelen weergegeven.

Tabel 3.3 Resultaten op de meetlocatie WARMOND; gemiddelde etmaalwaarden over de periode 27 juni t/m 24 juli 2005

|     | corr | Vliegtuigpassages vd<br>1e cat. (SEL>80 dB) |    |          | Vliegtuigpassages vd<br>2e cat. (SEL 70-80) |    |          | Vliegtuigpassages vd<br>3e cat. SEL 60-70 dB |    |          | Leq24u | Lden |
|-----|------|---|----|----------|---|----|----------|--|----|----------|--------|------|
|     |      | aant  | k  | Leq,cat1 | aant  | k  | Leq,cat2 | aant   | k  | Leq,cat3 |        |      |
| FNS |      | 10  |    | 43       | 94  |    | 45       | 96   |    | 37       | 48     | 52   |
| LVK | -    | 6   | 6  | 41       | 75  | 66 | 44       | 56   | 44 | 36       | 46     | 52   |
|     | 10   | 8   | 7  | 42       | 87  | 78 | 45       | 70   | 58 | 36       | 47     | 53   |
| LHD | -    | 8   | 7  | 43       | 23  | 18 | 41       | 2  | 1  | 22       | 45     | 52   |
|     | 10   | 15  | 14 | 46       | 44  | 40 | 43       | 4  | 3  | 25       | 48     | 54   |
| SGM | -    | 18  | 14 | 52       | 83  | 62 | 46       | 1  | 1  | 21       | 53     | 55   |
|     | 01   | 14  | 14 | 45       | 62  | 62 | 45       | 1  | 1  | 20       | 48     | 53   |

Aant.= het over de meetperiode gemiddelde aantal per etmaal;

K=aantal metingen duidelijk te koppelen mbt tijdstip en niveau aan FANOMOS;

Leq = gemiddelde 24 uren geluidbelasting over in dBA van vliegtuigen uit de betreffende categorie  
code 00=origineel, corr 10=onterecht afgekeurd alsnog erbij; corr 01= niet koppelbaar met FNS eruit

### 3.3.2 Beoordeling resultaten Warmond

De 24-uur gemiddelde geluidbelasting als totaal over alle bronnen bedraagt 59 dBA (zie Bijlage 4, Tabel B4.1) wat maar 1 dB boven de waarde in Zegveld ligt. Dit geeft aan dat de bijdrage van andere bronnen op deze locatie verhoudingsgewijs kleiner is dan in Castricum en dat de locatie Warmond met betrekking tot andere bronnen relatief rustig is. Daar de geluidniveaus van de vliegtuigpassages circa 5 dB hoger liggen dan in Castricum (zie Tabel 3.3) kan worden verwacht dat op deze locatie het vliegtuiggeluid makkelijker gemeten kan worden (Betere signaal/ruis verhouding).

#### 'Luistervink'

Door storing aan de apparatuur heeft deze opstelling in Warmond geen metingen opgeleverd over de periode 1 t/m 6 augustus (zie Figuur B3.2). Daarna heeft het systeem aaneengesloten gefunctioneerd t/m 30 augustus. In Figuur B3.1 is een kenmerkend beeld opgenomen van de geluidregistraties die het systeem heeft gemaakt op 17 augustus 2005 in vergelijking met de gegevens die door het NLR op basis van de vluchtgegevens zijn gemaakt. De resulterende verschillen in equivalente geluidniveaus volgens Tabel 3.3 zijn klein. Dit is ook te zien in het verloop van dag tot dag van het gemiddelde 24-uursniveau in Figuur B3.2. Trends in de berekende waarden worden ook in de metingen teruggevonden, zowel voor de dag-, avond- als de nachtperiode.

#### Lochard

De resultaten van Lochard in Warmond vertonen een betere overeenkomst met de berekende waarden dan in Castricum. Dit heeft vooral te maken met het feit dat in Warmond de categorie 3-passages, met een passageniveau tussen 60 en 70 dB(A), een relatief minder grote bijdrage aan het totaal veroorzaken. Het zijn deze passages die het moeilijkst goed te meten zijn. Uit Figuur B3.2 blijkt dat de trend in de berekende waarden van het NLR door het meetsysteem van Lochard op de locatie Warmond veel beter wordt vervolgd dan in

Castricum. Op sommige dagen blijft de gemeten geluidbelasting echter nog achter. Dit is verklaarbaar aan de hand het voorbeeld op 17 augustus in Figuur B3.1. Er zijn nog relatief veel passages die in tijd en niveau goed samenvallen met de NLR-gegevens, maar die het systeem niet als vliegtuiggeluid beschouwt en daardoor niet in de gemiddelde niveaus meeneemt (de open driehoeken). Na correctie (10) van de meetgegevens waarbij deze passages alsnog worden meegenomen is de correlatie met de NLR-gegevens aanzienlijk beter. Het resulterende geluidniveau ligt na deze correctie echter circa 2 dB hoger dan de NLR-waarde. Dit is verklaarbaar door het feit dat de microfoon van Lochard in Warmond vrij laag (circa 70 cm) boven het reflecterende oppervlak van het dak stond opgesteld, waardoor reflecties een verhogend effect hebben.

#### *Standaard Geluid Meter*

Evenals in Castricum ligt het niveau dat met een standaard geluidmeter is gemeten hoger dan de andere waarden. Het verschil is in Warmond echter minder groot. De oorzaak is dat andersoortig omgevingsgeluid wordt meegenomen en ook registraties veroorzaakt, hetgeen resulteert in een hoger gemiddeld niveau. Indien registraties, die niet matchen met FANOMOS-gegevens uit de middeling worden weggelaten (correctie 01) is het gemeten verloop van dag tot dag uitstekend vergelijkbaar met het berekende verloop (zie Figuur B3.2). Dit geeft aan dat het combineren van meetgegevens met vluchtgegevens voor het onderscheid van vliegtuiggeluid met andersoortig geluid, goede mogelijkheden biedt om trends in het buitengebied te monitoren.



## 4. Conclusies

- Op dit moment zijn er in Nederland alleen systemen, bestaande uit 1 microfoon in combinatie met vliegtuigherkenning, operationeel voor de praktijk van doorlopende, onbemande buitenmetingen aan luchtvaargeluid.
- Meetopstellingen bestaande uit 1 microfoon in combinatie met vliegtuigherkenning bieden mogelijkheden om ten behoeve van informatievoorziening in het buitengebied van Schiphol vanaf Lden-waarden tussen 40-45 dB(A) de geluidbelasting te monitoren. Toe- of afnemende trends in het Lden van enkele dB's boven dit gebied kunnen, bij optimaal functioneren van de microfoon en de herkenning, goed worden gemeten.
- Randvoorwaarde daarbij is een betrouwbare herkenning van vliegtuiggeluid. Dit is van cruciaal belang voor de betrouwbaarheid van de meetuitkomst. Hoge geluidsniveaus die niet door vliegtuigen worden veroorzaakt en toch worden meegenomen, leiden tot sterke toename van de gemiddelde (Laeq) waarden voor dag- avond- en nachtperiode en daarmee de totale geluidbelasting (Lden).
- Voor de herkenning kan gebruik worden gemaakt van speciale software, die tijdens de passages of in nabewerking op het meetsignaal wordt toegepast. De metingen in Castricum zijn een indicatie dat ook de herkenning via correlatie met FANOMOS goede resultaten op kan leveren.
- Op dagen met sterke wind kunnen meetssystemen die daar onvoldoende op toegerust zijn een te hoge gemiddelde geluidbelasting registreren. Indien het systeem geen voorziening heeft om windinvloed voldoende te onderdrukken, is het nodig de windsterkte ter plaatse te registreren en perioden met sterke wind uit te sluiten van het meetresultaat.
- De meetssystemen die in dit onderzoek zijn beoordeeld kunnen nog verbeterd worden door de passagetijden op basis van FANOMOS-radargegevens als aanvullende informatie te gebruiken om niet herkende passages alsnog in het meetresultaat mee te nemen.
- Op de locaties in dit onderzoek bleek betrouwbare herkenning van het type geluid, behalve een voldoende, ook een *noodzakelijke* voorwaarde om trends te kunnen monitoren. Los van de vraag of er vluchtgegevens beschikbaar zijn, is het daarom aan te bevelen bij de beoordeling van metingen steeds gebruik te maken van vluchtgegevens, teneinde de fouten bij de herkenning zoveel mogelijk uit te sluiten.
- In hoeverre metingen ook een rol kunnen vervullen in het kader van de handhaving wordt onderzocht door de Commissie Deskundigen Vliegtuiggeluid (CDV) en is in dit onderzoek niet aan de orde gekomen.



## Referenties

1. Commissie Deskundigen Vliegtuiggeluid, Vierde Voortgangsrapportage, Elias Communicatie, juni 2005.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Evaluatie Schipholbeleid - Plan van aanpak, november 2004.
3. Milieu en Natuurplanbureau, Het Milieu rond Schiphol 1990-2010 – Feiten en Cijfers, Bilthoven 2005.
4. Nationaal Lucht en Ruimtevaartlaboratorium, Voorschrift voor de berekening van de Lden en Lnight geluidbelasting in dB(A) ten gevolge van vliegverkeer van en naar de luchthaven Schiphol, NLR-CR-2001-372-PT-2.
5. TNO-TPD, Beoordelingsaspecten met betrekking tot akoestische eigenschappen van monitorsystemen voor vliegtuiggeluid, DGT-MEM-040074, juni 2004.

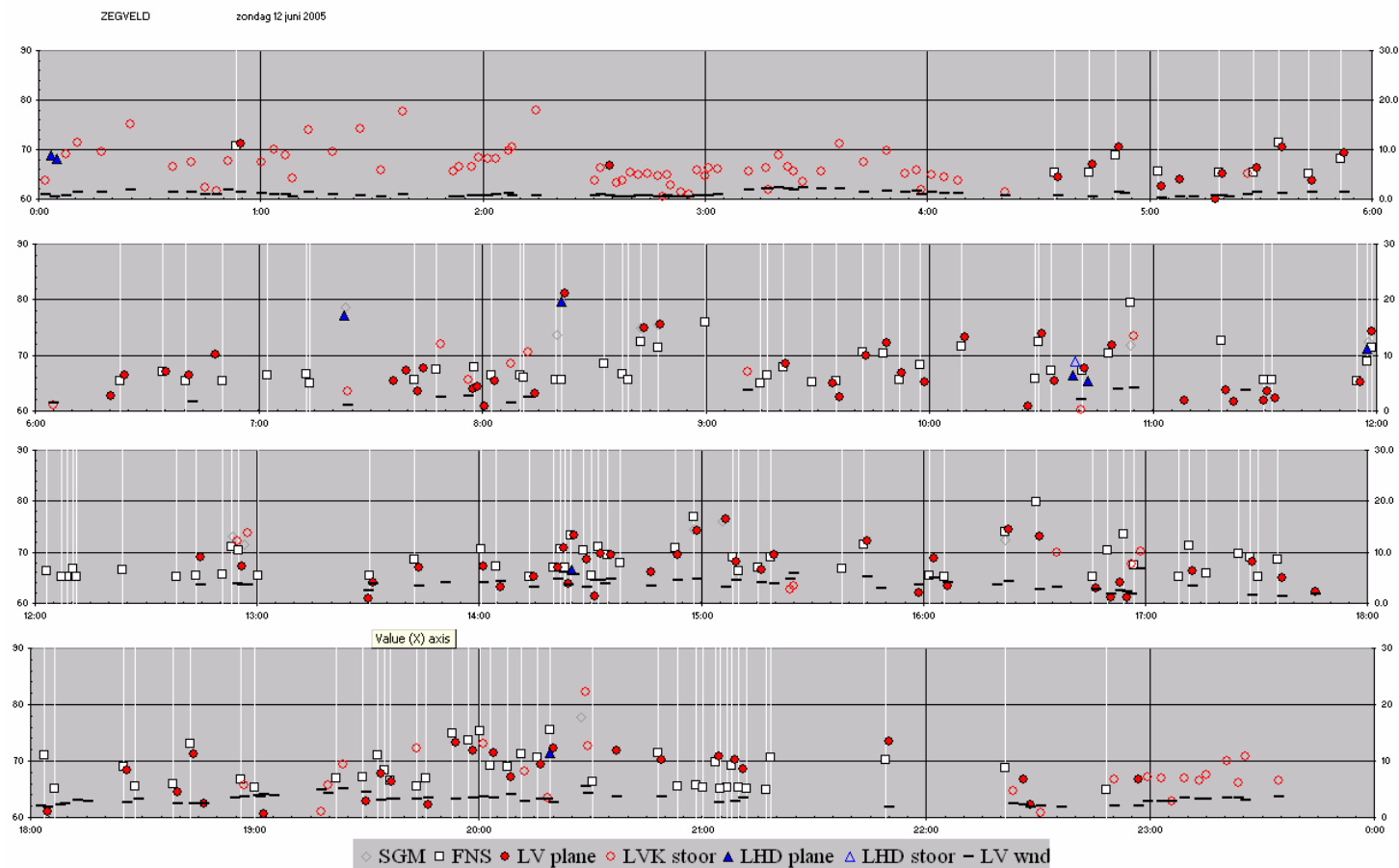




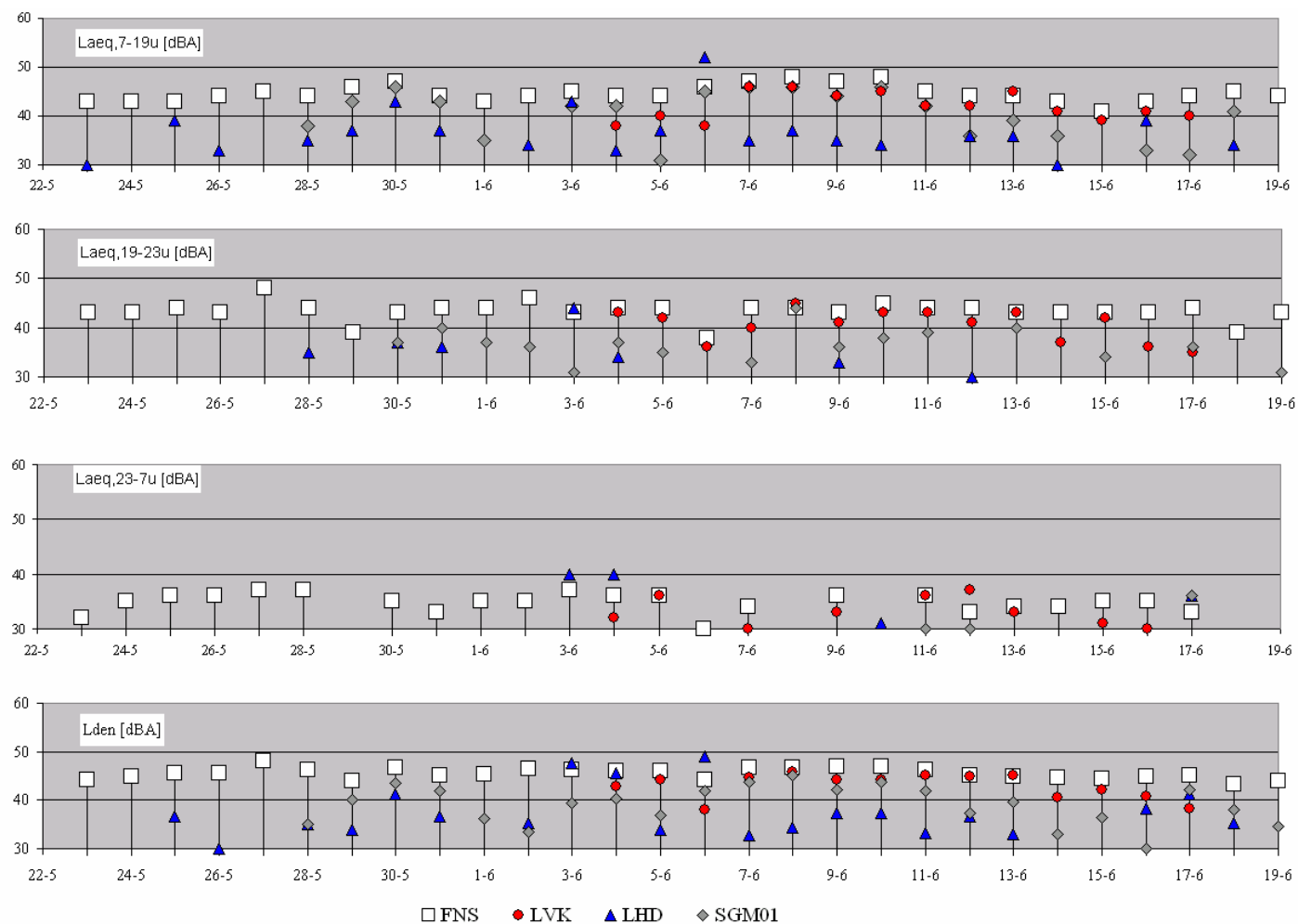
## Bijlage 1 Resultaten Zegveld 23 mei t/ 19 juni 2005

In Figuur B1.1 zijn de volgende gegevens opgenomen:

- De gemeten geluidniveaus die door LVK en LHD als vliegtuigpassages zijn beschouwd (● resp. ▲)
- De gemeten geluidniveaus die door LVK en LHD als ander type geluid zijn beschouwd (○ resp. △)
- De berekende geluidniveaus op basis van FANOMOS vluchtgegevens die door het NLR is aangeleverd (□)
- De geluidniveaus van een Standaard Geluid Meter (SGM) van het RIVM◇
- De windsnelheid in m/s die bij de metingen door 'Luistervink' is geregistreerd (—) op de secundaire y-as



*Figuur B1.1 Kenmerkend verloop in ZEGVELD van SEL-registraties op 12 juni 2005 in vergelijking met berekende waarden gebaseerd op FANOMOS*

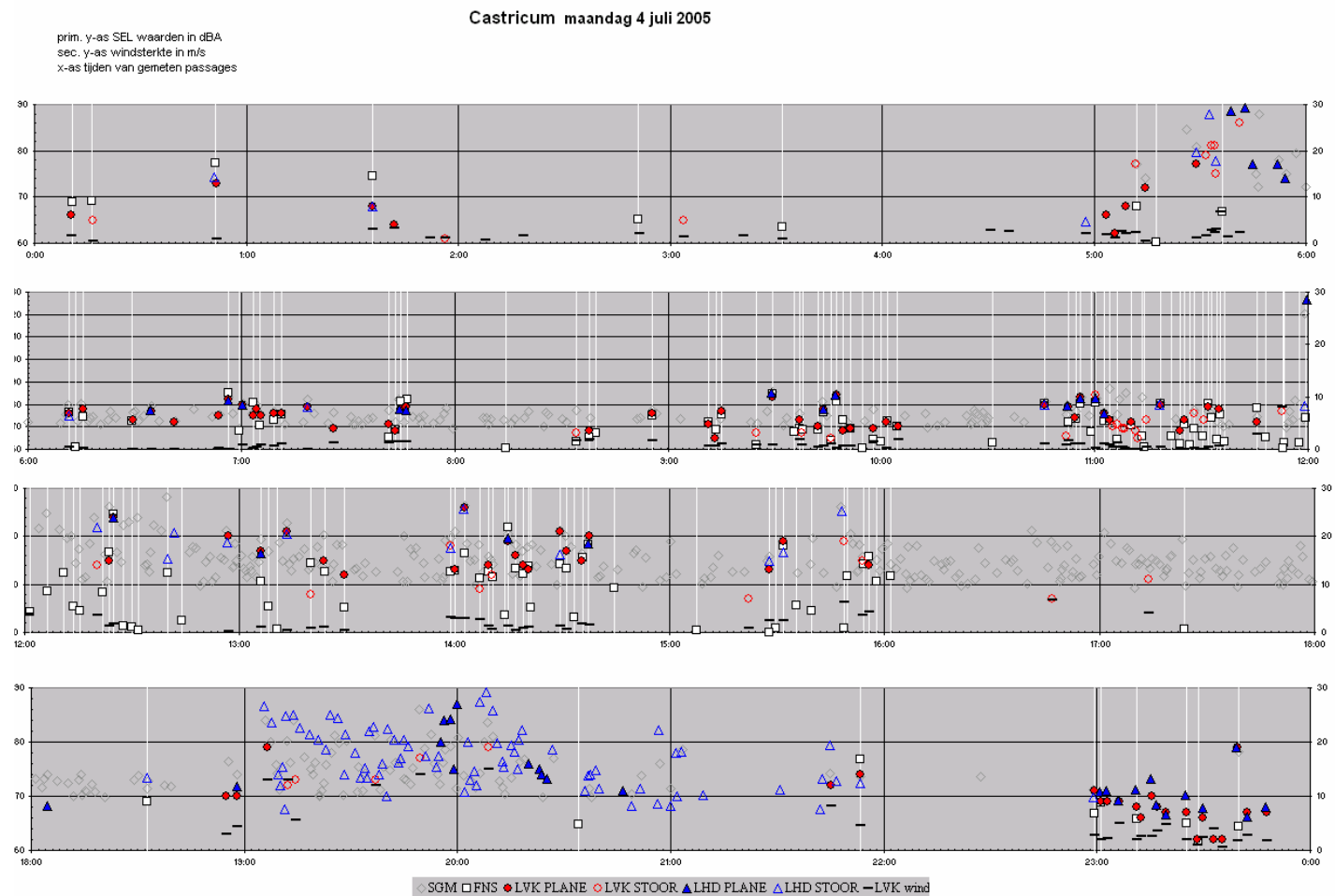


Figuur B1.2 Verloop gemiddelde geluidniveaus ( $Leq$  voor dag- avond- en nachtperiode in dBA) en  $Lden$  in vergelijking met berekende waarden gebaseerd op FANOMOS op de locatie ZEGVELD, 23 mei t/m 19 juni 2005

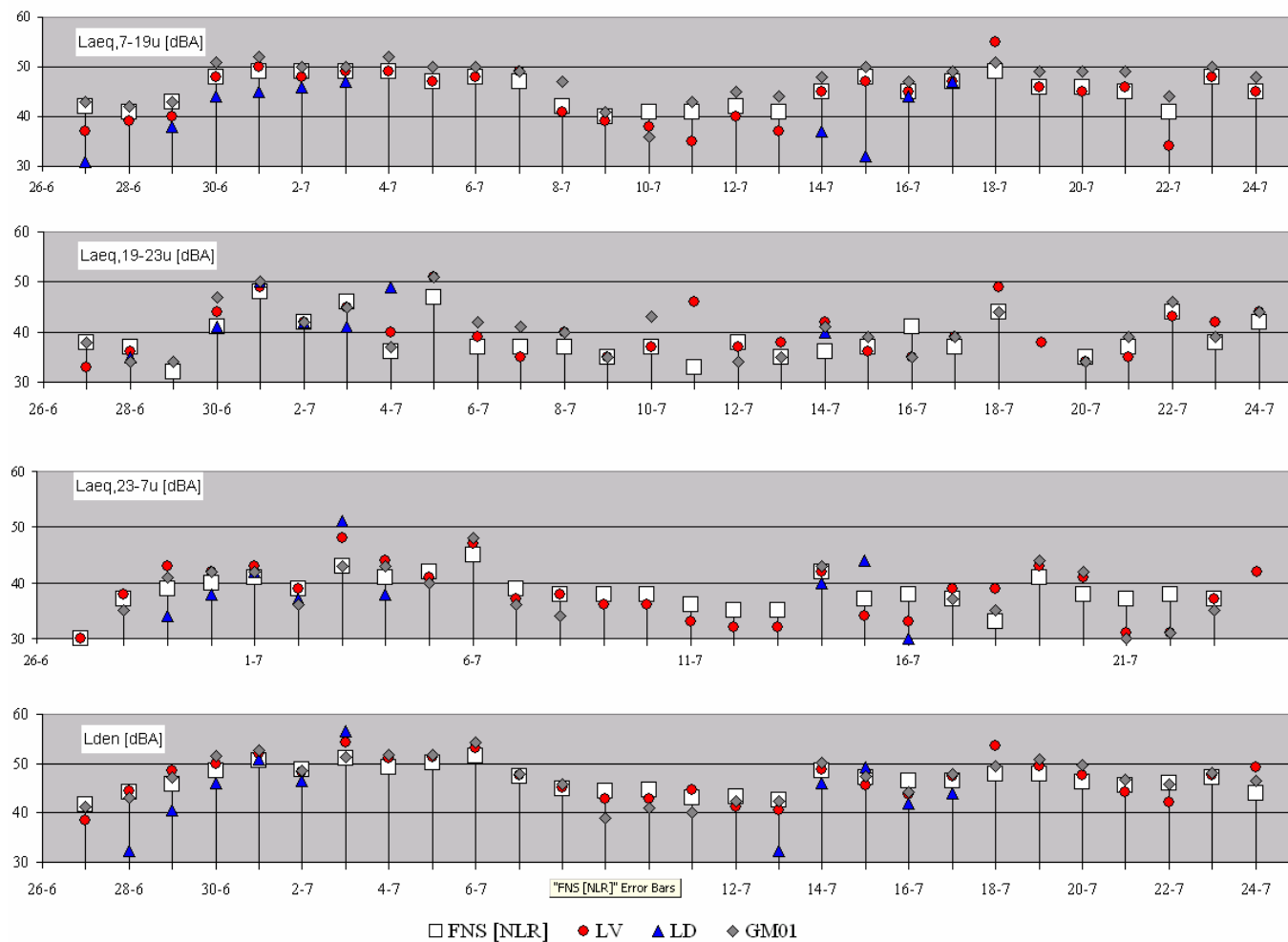
## Bijlage 2 Resultaten Castricum 24 juni t/m 24 juli 2005

In Figuur B2.1 zijn de volgende gegevens opgenomen:

- De gemeten geluidniveaus die door LVK en LHD als vliegtuigpassages zijn beschouwd (● resp. ▲)
- De gemeten geluidniveaus die door LVK en LHD als ander type geluid zijn beschouwd (○ resp. △)
- De berekende geluidniveaus op basis van FANOMOS vluchtgegevens die door het NLR is aangeleverd (□)
- De geluidniveaus van een Standaard Geluidmeter (SGM) van het RIVM ◇
- De windsnelheid in m/s die bij de metingen door 'Luistervink' is geregistreerd (—) op de secundaire y-as



*Figuur B2.1 Locatie CASTRICUM op 4 juli 2005, kenmerkend verloop SEL-registraties in vergelijking met berekende waarden gebaseerd op FANOMOS*

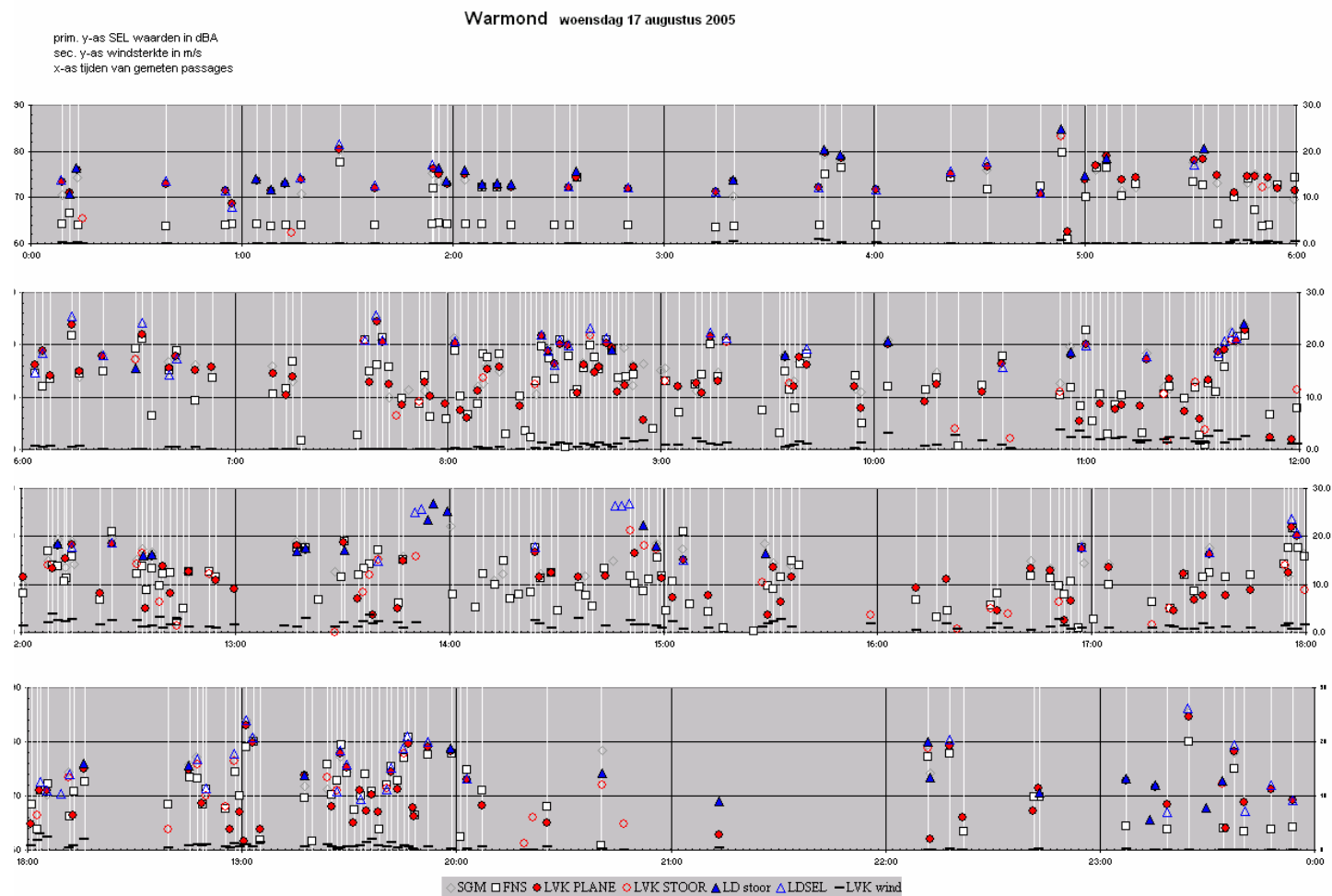


*Figuur B2.2 Verloop gemiddelde geluidniveaus (Leq voor dag- avond en nachtperiode in dBA) en Lden in vergelijking met berekende waarden gebaseerd op FANOMOS op de locatie CASTRICUM, 27 juni t/m 24 juli 2005*

## Bijlage 3 Resultaten Warmond 1 t/m 30 augustus 2005

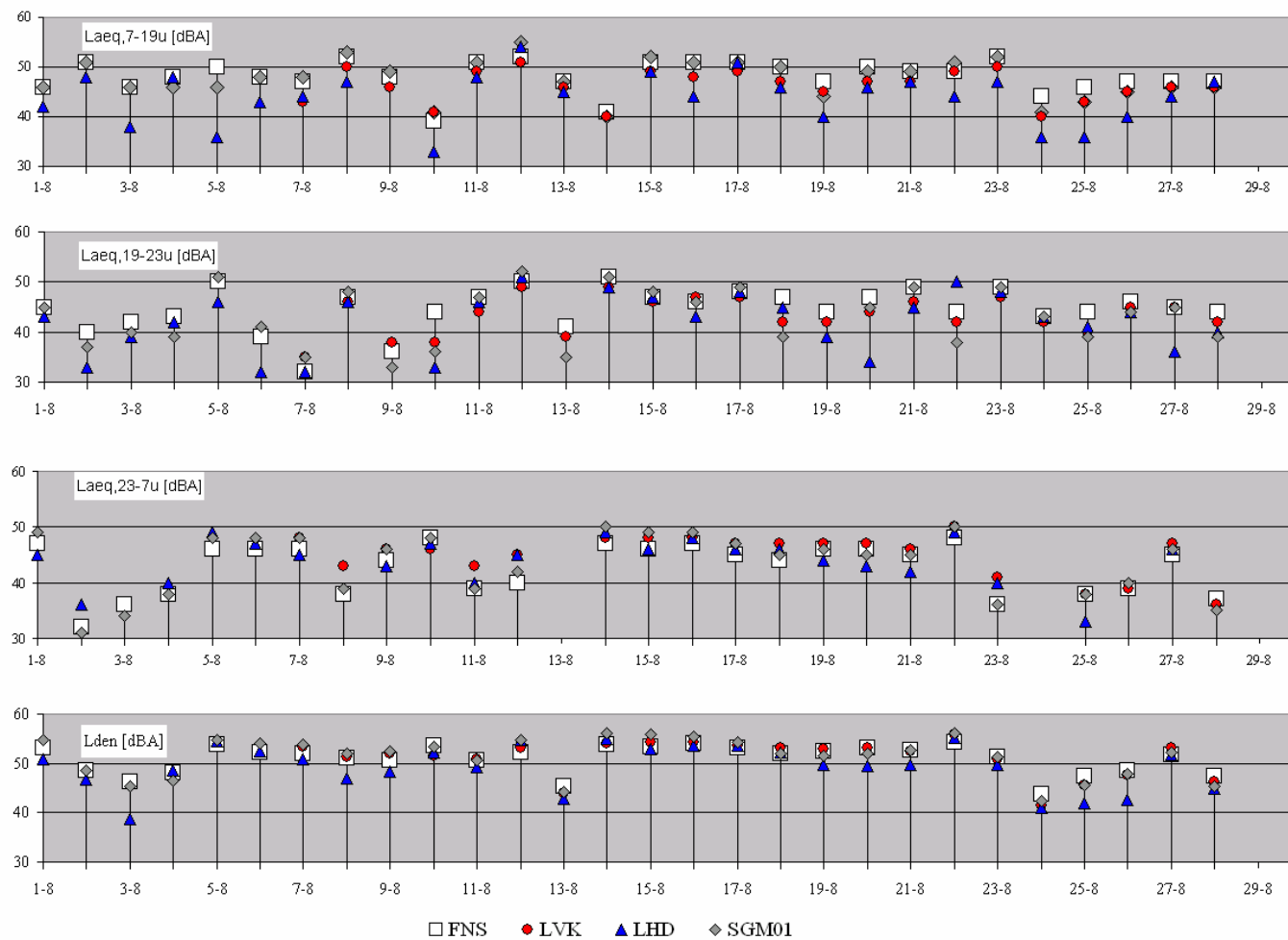
In Figuur B3.1 zijn de volgende gegevens opgenomen:

- De gemeten geluidniveaus die door LVK en LHD als vliegtuigpassages zijn beschouwd (● resp. ▲)
- De gemeten geluidniveaus die door LVK en LHD als ander type geluid zijn beschouwd (○ resp. △)
- De berekende geluidniveaus op basis van FANOMOS vluchtgegevens die door het NLR is aangeleverd (□)
- De geluidniveaus van een Standaard Geluid Meter (SGM) van het RIVM ◇
- De windsnelheid in m/s die bij de metingen door 'Luistervink' is geregistreerd (—) op de secundaire y-as



*Figuur B3.1 Locatie WARMOND op woensdag 18 augustus 2005 kenmerkend verloop SEL registraties in vergelijking met berekende waarden gebaseerd op FANOMOS*





*Figuur B3.2 Verloop gemiddelde geluidniveaus (Leq voor dag- avond en nachtperiode in dBA) en Lden in vergelijking met berekende waarden gebaseerd op FANOMOS; locatie WARMOND 1 t/m 30 augustus 2005*

## Bijlage 4 Totale equivalente geluidniveaus en achtergrondniveaus

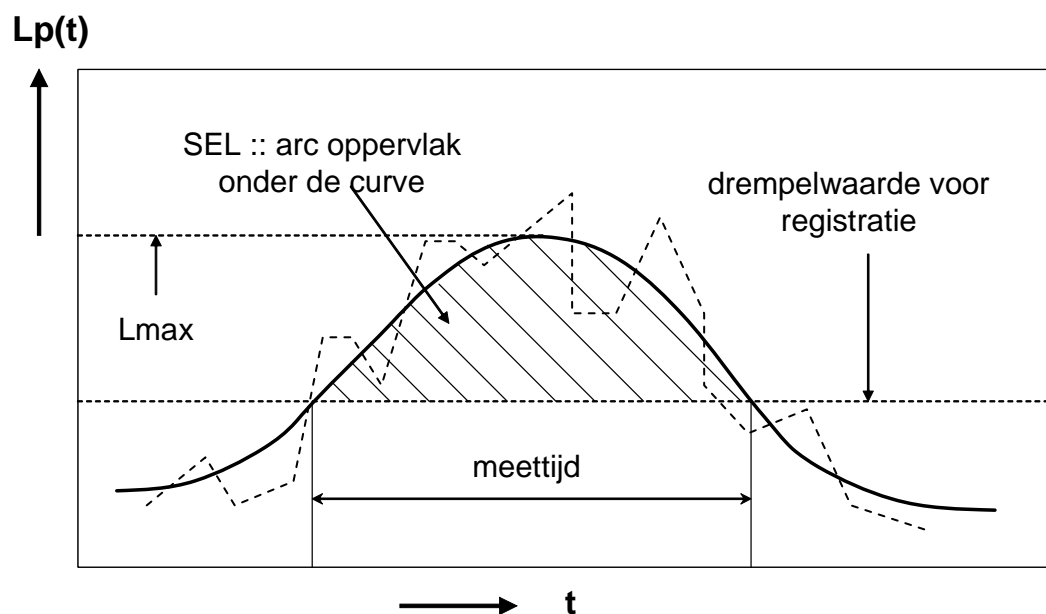
In Tabel B4.1 worden de geluidniveaus weergegeven die zijn gemeten met de Standaard GeluidMeter van het RIVM. In deze geluidniveaus zijn alle geluidvormen (i.e. niet alleen vliegverkeer, maar ook autos treinen, wind etcetera) meegenomen. In Castricum blijkt de hoogste gemiddelde (equivalente) waarde voor het omgevingsgeluid gemeten. Het achtergrondniveau was op de verschillende locaties vergelijkbaar. Dit geeft aan dat hoewel de locaties Castricum en Warmond in een stedelijk gebied liggen, beide locaties relatief stil waren.

Tabel B4.1 overzicht van equivalente niveaus en achtergrondniveaus, *totaal* van alle bronnen (vliegtuigen *en* andersoortig geluid) gemeten met de Standaard Geluid Meter

|             | Equivalente niveaus |           |         | Achtergrondniveaus (L95) |           |         |
|-------------|---------------------|-----------|---------|--------------------------|-----------|---------|
|             | Zegveld             | Castricum | Warmond | Zegveld                  | Castricum | Warmond |
| Laeq_7-19u  | 53                  | 64        | 57      | 42                       | 49        | 48      |
| Laeq_19-23u | 49                  | 55        | 53      | 41                       | 46        | 45      |
| Laeq_23-7u  | 51                  | 50        | 51      | 45                       | 39        | 43      |
| Laeq_24uur  | 52                  | 61        | 55      | 43                       | 47        | 46      |
| Lden        | 58                  | 64        | 59      | 51                       | 52        | 51      |

## Bijlage 5 Definitie geluidniveaus

Om de 'impact' van een vliegtuigpassage op een meetpunt te kenmerken is een geluidmaat nodig. In het onderzoek zijn daarvoor Sound Exposure Levels (SEL) gebruikt. Dit is een maat voor de geluidenergie die door de microfoon wordt geregistreerd over de periode dat het momentane geluidniveau dat door het vliegtuig op het meetpunt wordt veroorzaakt zich boven een bepaalde drempelwaarde bevindt. (de meettijd in Figuur B1.1)



Figuur B5.1: De bepaling van het Sound Exposure Level bij een geluidregistratie

De technische definitie van de SEL-waarde luidt:

$$SEL = 10 \log \left( \int_{\text{passage}} 10^{\frac{Lp(t)}{10}} dt \right)$$

De SEL-waarde biedt het voordeel ten opzichte van de Lmax-waarde dat hij minder gevoelig is voor fluctuaties van het momentane geluidniveau (gestreepte curve in Figuur B5.1) door meteorologische invloeden. Daarnaast kunnen uit de registratie van SEL-waarden over een bepaalde periode gemakkelijk de equivalente (i.e. akoestisch gemiddelde) geluidmaten worden afgeleid, waaruit ook de nieuwe dosismaat Lden volgt:

$$Laeq,T = 10 \log \left( \sum_{\text{alle passages}} 10^{\frac{SEL}{10}} \right) - 10 \log(T)$$

$$Lden = 10 \log \left( 12 \cdot 10^{\frac{Laeq_{7-19u}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{Laeq_{19-23u} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{Laeq_{23-8u} + 10}{10}} \right) - 10 \log(24)$$