

Alderstafel Schiphol

Technische beschrijving vliegtuig geluidmeetsystemen:
Luistervink, Nomos, Sensornet



Alderstafel Schiphol

*Technische beschrijving vliegtuig geluidmeetsystemen:
Luistervink, Nomos, Sensornet*

Opdrachtgever: Alderstafel Schiphol

Rapport: 25971JGA1.016

Auteur: dr.ir. W. Soede

Datum: 1 Juni 2012

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | SAMENVATTING | 4 |
| 2 | AUTOMATISCHE GELUIDMEETSYSTEMEN | 8 |
| 2.1 | Waarneming vliegtuiggeluid | 8 |
| 2.2 | Principe meetstelsel | 8 |
| 2.3 | Norm NEN-ISO 20906 en aanbeveling CDV2005 | 9 |
| 2.4 | Nauwkeurigheid en spreiding | 9 |
| 3 | BESCHRIJVING EN VERGELIJKING SYSTEMEN | 11 |
| 3.1 | Beschrijving systemen | 11 |
| 3.2 | Overzichtstabel | 11 |
| 3.3 | Toelichting overzichtstabel | 11 |
| 4 | CONCLUSIE | 15 |
| 4.1 | Vergelijking systemen | 15 |
| 4.2 | Gebruik systemen voor informatie en verificatie | 16 |
| | BIJLAGEN | |
| | Bijlage 1 Achtergrond vliegtuigdetectie | 17 |
| | Bijlage 2 Toelichting NEN-ISO 20906 | 20 |
| | Bijlage 3 Luistervink (Geluidconsult) | 22 |
| | Bijlage 4 NOMOS (Brüel & Kjaer) | 25 |
| | Bijlage 5 Geluidsnet (Sensornet) | 28 |
| | Bijlage 6 Vergelijkingstabel drie systemen | 31 |
| | Bijlage 7 Technische aanbevelingen voor geluidmetingen CDV2005 | 37 |

1 SAMENVATTING

VRAAGSTELLING EN OPDRACHT

- Meetsystemen Rond de luchthaven Schiphol zijn voor monitoring van vliegtuiggeluid nu drie “onbemande” geluidmeetsystemen¹ in bedrijf:
- Luistervink (leverancier Geluidconsult) met meetstations geplaatst in opdracht van een aantal gemeenten.
 - NOMOS systeem (gebaseerd op het systeem ANOMS van leverancier Brüel & Kjaer, voorheen Lochard). Dit systeem is geplaatst in opdracht van Amsterdam Airport Schiphol.
 - Geluidsnet (leverancier Sensornet) met meetstations geplaatst in opdracht/samenwerking met diverse gemeenten/particulieren.

Elk meetsysteem meet het geluid rond Schiphol. Resultaten worden gepresenteerd op websites en/of via (schriftelijke) overzichtsrapportages.

In de praktijk blijkt dat de resultaten van de systemen lijken te verschillen waardoor door betrokkenen vragen worden gesteld over de wijze van meten en de verslaglegging. Dit heeft geleid tot discussie over de manier van meten in het publieke domein en onder andere schriftelijke vragen in de Tweede Kamer maar ook in diverse gemeenteraden en bewonersplatforms.

- Vraagstelling Aan de Alderstafel Schiphol (het overlegorgaan tussen luchtvaartsector en omgeving over de ontwikkeling van de luchthaven) is gevraagd om een onafhankelijke vergelijking tussen de verschillende meetsystemen. Dit zodat de beleidsmakers, maar ook de bewoners in staat gesteld worden om vragen hierover te beantwoorden. Onder andere op basis van de eerder door de Tweede Kamer gestelde vragen over dit onderwerp (kamerstuk 2009-2010, 2878) is een aantal indicatoren geïdentificeerd waarop de verschillende systemen getoetst en vergeleken worden.

- Opdracht Door de Aldersregie is aan ARDEA gevraagd een technische beschrijving van de geluidmeetsystemen op te stellen op basis van gegevens van de leveranciers. Deze rapportage geeft de technische beschrijving per meetsysteem waarbij de eigenschappen op basis van gegevens van de leveranciers en publiek toegankelijke informatie naast elkaar is gezet.

- NEN-ISO 20906 Voor de uitleg en toelichting wordt uitgegaan van de internationale norm ISO20906:2009. Deze norm is geaccepteerd als Nederlandse norm NEN-ISO 20906 in januari 2010.

BESCHRIJVING SYSTEMEN

- Systemen Bij een automatisch geluidmeetsysteem zijn drie onderdelen relevant: de meetpost (microfoon/geluidmeter met lokale computer), de centrale dataopslag (meetresultaten, radar, meteo) en de wijze van rapporteren.

Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht van de meetsystemen Luistervink, Nomos en Sensornet/geluidsnet.

¹ Bij de presentatie van de meetsystemen wordt uitgegaan van de alfabetische volgorde Luistervink, Nomos, Sensornet

De systemen maken gebruik van microfoonsystemen die het ter plaatse optredende actuele geluidniveau (vliegtuig inclusief omgevingsgeluid) kunnen meten met een nauwkeurigheid van 1-2 dB(A) (zie tabel 2 uit dit rapport). De totale eindnauwkeurigheid wordt echter vooral bepaald door de afstand tussen vliegp pad en microfoon (spreiding in overdracht), de invloed van het heersende omgevingsgeluid en de gebruikte detectiesoftware om relevante vliegtuigpassages daadwerkelijk te meten en te classificeren onder invloed van omgevingsgeluid.

Tabel 1 Samenvattend overzicht meetsystemen (details zie Tabel 2 en Bijlage 6)

| Omschrijving | Luistervink | Nomos | Sensornet/Geluidsnet |
|------------------------|--|--|--|
| Meetpost | | | |
| Microfoon | Klasse 1 | Klasse 1 | Klasse 2 |
| Microfoon hoogte | 0.5 m, bak extra reductie omgevingsgeluid 6-10 dB(A) | Meetmast 6-10 m | Daklocatie 2 m |
| Aantal Schiphol | 8 | 32 | Circa 100 |
| Detectie/opslag | | | |
| Vliegtuig-detectie | Zelfstandig per post | Zelfstandig per post | Correlatie tussen meetposten |
| Detectie-drempel | Adaptief | 1-4 vaste drempels (per 24u) | Adaptief |
| Koppeling Radar | - | Schiphol Radar | Flight tracking |
| Rapportage | | | |
| Piek LAmx | Schriftelijk | Nomosonline.nl | Geluidsnet.nl |
| Gemiddeld Lden | Schriftelijk | Via Fanomos | Schriftelijk/portal |
| Rapportage | Schriftelijk opdrachtgever | Via portal beschikbaar voor opdrachtgever | Schriftelijk/portal opdrachtgever |
| Online website overig | 1 Meetpost gekoppeld aan Sensornet | LAmx aantal dag/week/maand Informatie baangebruik, geluid per vliegtuigtype | LAmx (actueel, urregevens laatste dag/week) |

Dit betekent dat bij onderlinge vergelijking van data van de systemen en verschillende meetposten een grotere spreiding in resultaten kan optreden. Deze spreiding kan uitkomen op ± 5 dB(A) en heeft dan niet met het technische meetsysteem zelf te maken maar met meteorische omstandigheden en de lokale situatie (invloed reflecties bodem en bebouwing en/of afscherming).

| | |
|-------------|---|
| Luistervink | Het systeem Luistervink heeft een speciale opstelling van de microfoon waardoor het meetsignaal minder beïnvloed is door het omgevingsgeluid en het detectie-algoritme, mede door de adaptieve detectiedrempel, in principe in staat is om vliegtuigpassages met geluidsniveaus gelijk of iets hoger dan het omgevingsgeluid te detecteren. Luistervink kan geen gebruik maken van radardata van Schiphol, gedetecteerde passages worden nu niet gekoppeld aan radarpassages. Rapportage met uitgebreide analyses vindt schriftelijk plaats. |
| NOMOS | Het systeem NOMOS gaat uit van hoge microfoonplaatsing om invloed van reflecties van de omgeving te beperken. Het systeem heeft geen adaptieve detectie-drempel maar maakt gebruik van vast ingestelde drempelwaarden. Door deze keuze kunnen vliegtuigpassages die zich duidelijk onderscheiden van het omgevingsgeluid betrouwbaar worden gemeten maar worden vliegtuigpassages met geluidsniveaus onder de vaste detectiedrempel per definitie niet gemeten. Het systeem koppelt de gedetecteerde passages automatisch aan de eigen radargegevens van Schiphol. Rapportage vindt plaats via een portal naar de opdrachtgever en voor het publiek via internet. |
| Sensornet | Het systeem van Sensornet maakt gebruik van klasse 2 microfoons met de microfoon op 2 m hoogte boven het dak. Deze microfoonplaatsing voldoet aan de aanbeveling van de Commissie Vliegtuigdeskundigen maar door deze keuze moet wel rekening worden gehouden met invloed van lokale (bodem)reflecties. Het systeem heeft een adaptieve detectiedrempel. Detectie van vliegtuigen vindt plaats door de gegevens van nabijgelegen meetposten te correleren. Sensornet heeft geen toegang tot de Radar van Schiphol en koppelt de gedetecteerde passages via flighttracking aan vliegtuigen die |

voorzien zijn van een transponder (ADS-B). Rapportage naar de opdrachtgever vindt schriftelijk plaats of via een portal met diverse mogelijkheden.

Keuze/Gebruik

De beschreven systemen hebben elk hun eigen specifieke eigenschappen. De inzet en bruikbaarheid van de beschreven systemen Luistervink, NOMOS en Sensornet voor monitoring wordt vooral bepaald door de voorkeur van de opdrachtgever ten aanzien van de gewenste informatie (globaal/instantaan/gedetailleerd), rapportagemogelijkheden (schriftelijk/online) en door de wens/noodzaak om op een specifieke situatie geluid te willen monitoren. Dit hangt dan af van de afstand tot het vliegveld en de lokale situatie met veel/weinig omgevingsgeluid en mogelijkheid microfoonplaatsing (zie illustratie figuur 1).

| | Directe omgeving vliegveld | Grotere afstand vliegveld |
|--|---|---|
| | | |
| | <p>Geluid vliegtuigen wordt met het menselijk oor gemakkelijk gehoord door hoge piekwaarden tijdens passage.</p> | <p>Geluid alle vliegtuigen kan worden gehoord. Zachte passages (buiten en in de woning) waarneembaar voor menselijk oor op basis van kenmerkende frequenties en amplitudevariaties gedurende de passage.</p> |
| | <p>Detectie van passages zeer goed mogelijk met hoge detectiescore. Bij passageniveaus die 10 dB(A) boven omgeving uitkomen nauwkeurige meetresultaten. Bepaling piekgeluid L_{Amax} en gemiddeld geluid (SEL, L_{den}, L_{night}) goed mogelijk.</p> | <p>Detectie passages in beperkte mate mogelijk door invloed omgevingsgeluid. Bij verwerking meetresultaten voor normering verificatie rekening houden met correctie omgevingsgeluid. Bepaling piekgeluid L_{Amax} mogelijk boven drempel. Bepaling gemiddeld geluid (SEL, L_{den}, L_{night}) afhankelijk van detectiescore en omgevingsgeluid.</p> |

Figuur 1 Illustratie waarneming van vliegtuiggeluid met menselijk oor of microfoonsysteem. In directe omgeving vliegveld is het geluidsniveau van de vliegtuigpassages hoger dan het overige omgevingsgeluid (links). Op grotere afstand is het geluidsniveau van de vliegtuigen lager (verder weg, hoger in de lucht) en valt deels in het omgevingsgeluid.

AANBEVELINGEN

- Verwachting Bij het maken van een keuze voor een systeem zal per situatie bepaald moeten welke verwachtingen er zijn en wat men met een systeem wil monitoren. Welke informatie wil men vastleggen en welke resultaten komen wanneer en hoe ter beschikking. Kan volstaan worden met een jaarlijks schriftelijk rapport met gedetailleerde informatie of moet alles online beschikbaar zijn? Bestaat er dan naast de presentatie van L_{Amax} waarden bijvoorbeeld ook behoefte aan presentatie van L_{den} of L_{night} waarden of langjarige historische gegevens.
ARDEA beveelt aan dat betrokken partijen (Overheden, Schiphol, bewonerplatforms) duidelijker vastleggen welke verwachtingen er zijn ten aanzien van de informatie en validiteit en nauwkeurigheid afkomstig van de meetsystemen. De NEN-ISO 20906 en de aanbevelingen van de Commissie Vliegtuigdeskundigen geven daarvoor een goed uitgangspunt.
- Detectiescore Op dit moment geeft géén van de systemen inzicht hoe het aantal vastgelegde vliegtuigpassages zich verhoudt tot het totaal aantal voor het menselijk oor waarneembare vliegtuiggeluid.
Dit is in de toekomst belangrijk als vliegtuigen stiller worden en nu al relevant voor situaties op grotere afstand van het vliegveld of locaties waar sprake is van een relatief hoog omgevingsgeluidsniveau en stillere passages niet gedetecteerd zullen worden (zie figuur 1).
ARDEA beveelt daarom aan dat de systemen meer inzicht geven door het aangeven van een detectiescore van het correct aantal gedetecteerde passages² voor een specifieke locatie ten opzichte van het werkelijk aantal passages langs een bepaalde vliegroute. Op basis van radargegevens³ kan bepaald worden hoeveel passages binnen een bepaalde straal van het meetstation hebben plaatsgevonden. Indien het percentage correct gemeten passages voor een bepaalde locatie laag uitvalt dan moet beoordeeld worden of het desbetreffende meetsysteem en/of locatie wel geschikt is als informatiebron.

² Daarmee kan dan ook beoordeeld worden of voldaan wordt aan de eis van NEN-ISO 20906 die stelt dat minimaal 50% van de passages correct moet worden gemeten en geïdentificeerd.

³ In het kader van deze aanbeveling is het gewenst dat de meetnetten op gelijke wijze toegang krijgen tot de beschikbare radardata van alle vliegtuigpassages.

2 AUTOMATISCHE GELUIDMEETSISTEMEN

Dit hoofdstuk Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van de meest relevante onderdelen van een automatisch geluidmeetsysteem. Vervolgens wordt op basis van de norm NEN-ISO 20906 en de aanbeveling van het rapport van de commissie deskundigen vliegtuiggeluid 2005 (CDV2005) ingegaan op de te gebruiken apparatuur en de te verwachten nauwkeurigheid van spreiding in resultaten in het algemeen.

2.1 Waarneming vliegtuiggeluid

Menselijk oor Het oor stelt de mens om in staat om geluid te horen met een zeer grote tijd- en frequentieresolutie.

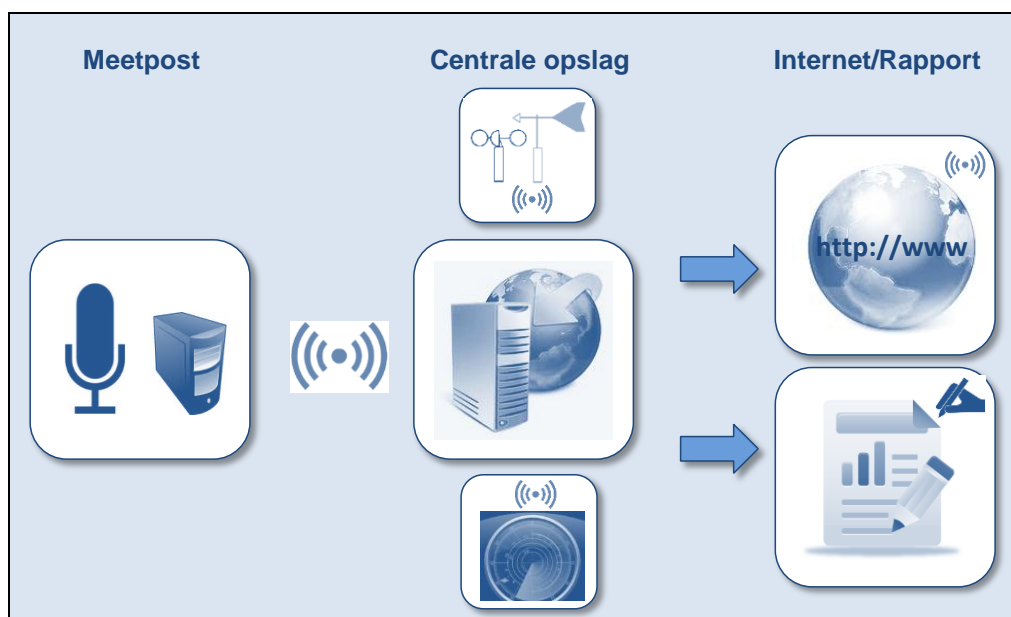
Door de auditieve verwerking van het geluid in het brein, waarbij ook kleine verschillen tussen linkeroor en rechteroor worden meegenomen, zijn we in staat om niet alleen te horen of het geluid hard of zacht is maar ook er richting aan te geven en zelfs geluiden te onderscheiden die zachter zijn dan het omgevingsgeluid.

Door deze auditieve verwerking kan vliegtuiggeluid zelfs nog worden gehoord als het 5-10 dB(A) zachter is dan het heersende omgevingsgeluid. Binnen in een woning kan een vliegtuig dan ook nog worden waargenomen door het specifieke karakter van het geluid.

Systeem Op dit moment bestaat er geen automatisch meetsysteem met microfoon, geluidmeter of computerprogramma dat het menselijk oor en de auditieve verwerking in de hersenen kan evenaren. Automatische detectie is op dit moment alleen goed mogelijk als het geluid van de passage harder is dan het omgevingsgeluid (Figuur 1).

2.2 Principe meetsysteem

Systeem In de huidige praktijk bestaat een automatisch geluidmeetsysteem uit een geluidmeter met lokale computer met een centrale dataopslag met mogelijkheid voor rapportage.



Figuur 2 Principe geluidmeetsystemen.

De gemeten geluiddata wordt dan digitaal verstuurd naar een centrale opslag. Deze centrale opslag kan aanvullende gegevens ontvangen van weerstations en radargegevens van vliegtuigpassages. Op basis van deze gegevens kunnen dan meetdata beschikbaar worden gesteld via internet en/of een schriftelijk rapport.

Vliegtuigdetectie Bijlage 1 geeft een introductie over het automatisch meten van geluid van vliegtuigpassages.

2.3 Norm NEN-ISO 20906 en aanbeveling CDV2005

NEN-ISO 20906 De ontwikkeling van automatische geluidmeetsystemen rond vliegvelden kent een geschiedenis van meer dan 20 jaar. Bij de ontwikkeling en plaatsing van systemen kon de ISO 3891-1987 ("Procedure for describing aircraft noise heard on the ground") gebruikt worden. In de afgelopen 10 jaar is deze norm internationaal herzien en heeft nu de titel "Acoustics – Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports (ISO 20906:2009)". De norm is geaccepteerd als Nederlandse norm in januari 2010 NEN-ISO 20906. De norm richt zich op monitoring en heeft niet het doel om een methode te beschrijven voor validatie van geluidcontouren of certificering van het geluid van een vliegtuigtype.

De NEN-ISO norm 20906 gaat uit van toepassing van klasse 1 geluidmeters volgens de norm IEC 61672-1. Voor plaatsing van de meetmicrofoon gaat de norm uit van een vrije opstelling van de meetmicrofoons met een minimale plaatsingshoogte van 6 m tot 10 m boven het grondoppervlak.

CDV 2005 De commissie vliegtuigdeskundigen heeft, destijds in aanvulling op de ontwerpnorm 20906:2003, een aantal aanbevelingen gegeven voor het uitvoeren van geluidmetingen om informatie te verkrijgen. Bijlage 7 geeft deze aanbevelingen. Op basis van deze aanbevelingen kunnen makkelijker meetlocaties in de bebouwde omgeving⁴ worden gerealiseerd en kan een minder nauwkeurige meetmicrofoon klasse 2 worden toegepast.

2.4 Nauwkeurigheid en spreiding

Bij het uitvoeren van geluidmetingen, maar ook bij geluidberekeningen met een model⁵, dient rekening te worden gehouden met meet- en rekennauwkeurigheid.

Deze nauwkeurigheid wordt bepaald door de meetonzekerheid van de gebruikte microfoon/geluidmeter, invloeden van geluid uit de omgeving en spreiding in de resultaten vanwege overdracht van geluid door de lucht en de geluidbron zelf. Bijlage 2 geeft een samenvatting op basis van de norm. In hoofdzaak gaat het om de volgende nauwkeurigheden.

Meetonzekerheid De meetonzekerheid van een geluidmeetstation zelf wordt bepaald door de gevoeligheid van de meetmicrofoon en de elektronica voor verdere verwerking. Voor meetstations met een klasse 1 microfoon komt de meetonzekerheid uit op 0.7-0.9 dB. Voor klasse 2 wordt een meetonzekerheid van 1.1-1.4 dB geaccepteerd.

Omgeving In de praktijk bestaat een gemeten geluidwaarde uit de som van het geluid van de vliegtuigpassage en het geluid uit de omgeving (verkeer, mensen, windgeruis in bomen). Als het geluid van de vliegtuigpassage 15 dB boven het omgevingsgeluid uitkomt dan is het effect op de meetwaarde beperkt en is de benodigde correctie < 0.1 dB. Is het verschil 10 dB dan moet al rekening worden gehouden met een correctie van 0.5 dB.

Spreiding De NEN-ISO 20906 geeft verder aan dat naast de nauwkeurigheid van het meetstation zelf ook rekening moet worden gehouden met spreiding in de geluidniveaus vanwege verschillen tussen vliegtuigtypen, vliegp pad (afstand/hoogte) en invloed van de

⁴ ISO 20906 beschrijft een meethoogte van minimaal 6 m tot maximaal 10 m. De aanbeveling van de CDV gaat uit van 2 m hoogte met aanvullende eis dat de microfoon wordt geplaatst boven een absorberend oppervlak.

⁵ Bij berekeningen met een geluidmodel wordt uitgegaan van standaardgegevens en parameters op basis van metingen. Een model heeft daarmee intrinsiek ook een onzekerheidsmarge en nauwkeurigheid.

weersomstandigheden (wind/turbulentie, vochtigheid, temperatuur). De spreiding vanwege de onzekerheid in de overdracht van het geluid bedraagt circa 3 dB(A) bij een afstand van 1 km.

- Verschillen Op basis van het voorgaande moet bij het beoordelen van meet- en rekenresultaten van verschillende meetsystemen er dus steeds rekening mee worden gehouden dat er grote verschillen kunnen optreden tussen verschillende meetstations. Alleen als twee meetmicrofoons op dezelfde positie direct naast elkaar worden geplaatst is de spreiding vanwege de omgeving en de overdracht niet aanwezig en hoeft alleen nog rekening te worden gehouden met het verschil in meetonzekerheid door de gebruikte apparatuur.
- Steekproef Het uitvoeren van metingen op verschillende locaties kan beschouwd worden als het uitvoeren van een statistische steekproef. Bij verwerking van meetresultaten naar een dag-, maand- of jaargemiddelde is het daarom noodzakelijk om te blijven beseffen dat er steeds een steekproef is gedaan en dat statistische toetsing noodzakelijk is. Op basis van de statistische toetsing kan dan bepaald worden of een vastgesteld verschil significant is dan wel binnen het betrouwbaarheidsinterval blijft (bijvoorbeeld toe- of afname van geluid of verschil tussen rekenmodel en metingen).
- Nauwkeurigheid De totale eindnauwkeurigheid van een serie metingen is een combinatie van de bovenbeschreven genoemde onnauwkeurigheden en de omvang van de steekproef. In de rapportage van de CDV (pagina 41) wordt aangegeven dat een totale eindnauwkeurigheid van 1 dB(A) haalbaar is. Indien er echter sprake is van meer stoorlawaai en/of een kleiner aantal passages dan zal de spreiding toenemen en de eindnauwkeurigheid kleiner worden. De NEN-ISO 20906:2010 stelt de bovengrens op 3 dB (par 4.5, lid a) en bovendien dat 50% van de vliegtuigpassages correct moet zijn geïdentificeerd (par 4.5, lid b en c).
Bij presentatie van resultaten is het dus gewenst dat ook de totale nauwkeurigheid wordt berekend en het correct aantal geïdentificeerde vliegtuigen.

3 BESCHRIJVING EN VERGELIJKING SYSTEMEN

3.1 Beschrijving systemen

In de bijlagen 3 (Luistervink), 4 (Nomos) en 5 (Geluidsnet/Sensornet) wordt een samenvatting gegeven van de verschillende geluidmeetsystemen. Bijlage 6 geeft een meer technisch overzicht met informatie zoals type apparatuur meetstation, opslag en dataverwerking.

Paragraaf 3.2 geeft een overzichtstabel met een selectie van de informatie die naar het inzicht van ARDEA kenmerkend is voor de overeenkomsten en verschillen tussen de systemen. Paragraaf 3.3 geeft bij elk onderdeel van de omschrijving een aanvullende toelichting.

3.2 Overzichtstabel

In Bijlage 6 is een detailoverzicht gegeven ten aanzien van de systemen op basis van informatie welke ter beschikking is gesteld door de leveranciers. Tabel 1 geeft een overzichtstabel met kenmerkende verschillen en overeenkomsten.

3.3 Toelichting overzichtstabel

- Nauwkeurigheid Luistervink en NOMOS maken gebruik van klasse 1 meetmicrofoons die speciaal ontwikkeld zijn voor buitenmetingen. Daarmee voldoen de systemen aan de NEN-ISO 20906. Sensornet maakt gebruik⁶ van klasse 2 meetmicrofoons. De meetonzekerheid van Sensornet van een individuele meetwaarde is door gebruik van de klasse 2 microfoons groter.
- Microfoonhoogte Luistervink maakt gebruik van een speciale opstelling om invloed van het omgevingsgeluid en bodemreflectie te verminderen. De opstelling wijkt daarmee formeel af van de NEN-ISO 20906 maar kan naar het inzicht van ARDEA als een technisch gelijkwaardige oplossing worden beschouwd indien gecorrigeerd wordt voor de bodemreflectie (zie verder).

Bij de plaatsing van de meetposten van NOMOS is in het verleden gekozen voor meethoogtes en posities die zo min mogelijk beïnvloedt worden door reflecties. In hoeverre nu voldaan wordt aan alle plaatsingseisen van NEN-ISO 20906 is nog niet bekend.

De meetmicrofoons van Sensornet zijn meestal geplaatst op 2 m hoogte boven lokaal maaiveld. Daarmee wordt wel voldaan aan de aanbevelingen van de CDV2005 maar niet aan de NEN-ISO 20906. De resultaten zijn daarmee afhankelijk van de lokale bodem- en gevelreflectie.

⁶ Sensornet geeft aan dat plaatsing van type 1 microfoons mogelijk is. De opdrachtgevers maken daar echter geen gebruik van voor monitoring van vliegtuiggeluid.

Tabel 2 Overzichtstabel kenmerkende verschillen en overeenkomsten.

| Omschrijving | Luistervink | Nomos | Sensornet/Geluidsnet |
|-----------------------------|--|---|--|
| MEETPOST | | | |
| Nauwkeurigheid meetpost | Klasse 1, 0.7-0.9 dB, buitenmicrofoon | Klasse 1, 0.7-0.9 dB, buitenmicrofoon | Klasse 2, 1.1-1.4 dB |
| Microfoon hoogte | 0.5 m speciale absorberende bak van 0.6 m hoog op daklocatie voor reductie omgevingsgeluid | meetmast 10 m daklocatie 6 m | Daklocatie 2 m |
| Calibratie/ controle | 1x 2 jaar volledig/ 1x 3 maanden controle ijkbron /onderhoud | 4x per dag elektrisch akoestisch 1x per jaar/ 1x jaarlijks onderhoud | 2x per jaar |
| Aantal Schiphol | 8 | 32 | Circa 100 |
| DATA-ANALYSE | | | |
| Vliegtuig-detectie | Zelfstandige detectie met div. parameters/ herkenningssoftware | Zelfstandige detectie met div. parameters | Statistische methode via correlatie tussen nabijgelegen meetposten in omgeving |
| Detectie-drempel | Detectiedrempel past zich automatisch aan op basis van kwartierwaarde actueel omgevingsgeluid. | 4 detectietemplates, naar keuze schakelbaar voor bv. dag, nacht, spitsuur verkeer | Adaptieve drempel afhankelijk omgevingsgegeluid |
| Koppeling radar | - | ✓ | ✓ |
| GEGEVENS | | | |
| Dataserver | L _{Amax} , LAX, L _{den} | L _{Amax} , LAX, Frequentiespectrum, Geluidsamples, L _{den} via Fanomos | L _{Amax} , LAX, L _{den} |
| Rapportage | Schriftelijk diverse parameters en analyses, in overleg met opdrachtgever | Via portal beschikbaar voor opdrachtgever | Schriftelijk/portal diverse parameters, in overleg met opdrachtgever |
| Online website voor publiek | 1 Meetpost gekoppeld aan Sensornet | L _{Amax} (actueel, top 10, geclassificeerd, gemiddeld), aantal gemeten passages, dag/week/maand/jaar Informatie baangebruik, geluid per vliegtuigtype | L _{Amax} (actueel, uurgegevens laatste dag/week) |
| OVERIG | | | |
| Centrale database | ✓ | ✓ | ✓ |
| Optionele software | Maatwerk gericht op lokale markt | Extra softwaremodules monitoring/ bewaking/vliegroutes zie website www.lochard.com | Maatwerk gericht op lokale markt |

| | |
|------------------------|--|
| Calibratie Controle | Akoestische calibratie wordt bij alle systemen jaarlijks uitgevoerd conform de eis. Het NOMOS-systeem heeft, in overeenstemming met NEN-ISO 20906, een dagelijkse automatische elektrische controle. |
| Aantal posten | Ten opzichte van Luistervink en NOMOS is Geluidsnet in een kort tijdsbestek gegroeid naar een groot aantal van 100 meetposten. Deze groei is mede mogelijk geweest door de keuze om uit te gaan van een eenvoudige klasse 2 systeem en te kiezen voor een systeem dat primair het actuele geluidsniveau laat zien. Vanwege de gebruikte detectiemethode op basis van onderlinge correlatie van meetposten op de centrale server, zijn per meetcel (woonwijk) meer meetposten ⁷ nodig met een maximale onderlinge afstand van 600 m. |
| Detectie | De meetposten van Luistervink en NOMOS detecteren zelfstandig vliegtuigpassages waarbij op hoofdlijn gebruik wordt gemaakt van kenmerken zoals ook genoemd in NEN-ISO 20906. Bij Luistervink is de meetmicrofoon in een soort bak geplaatst die moet dienen als een geluidscherm om het omgevingsgeluid te reduceren. Indien de opstelling geplaatst kan worden op een dak van een gebouw met meerdere verdiepingen dan kan het overige geluid van verkeer uit de directe omgeving met ca. 6 dB(A) verminderd worden ^{8,9} . Voor bepaalde meetlocaties met een relatief hoog omgevingsgeluidsniveau is het dan te verwachten dat stillere vliegtuigpassages met een relatief lage L _{max} -waarde beter gedetecteerd kunnen worden. Sensornet maakt gebruik van statistische verwerking door gebruik te maken van correlatie tussen meetstations en radargegevens. Deze methode heeft het voordeel dat vliegtuigen gevolgd kunnen worden langs hun vliegpad. Door de lage positie van de meetmicrofoon is er echter meer invloed van door interferentie van direct geluid met lokale bodemreflecties. |
| Drempel | Luistervink en Sensornet maken gebruik van een meetdrempel die automatisch veranderd met het omgevingsgeluid. Dit kan relevant zijn voor situaties waarin het omgevingsgeluid sterk fluctueert. Bij NOMOS kan gekozen worden uit vier verschillende drempelprofielen per etmaal. |
| Radar | NOMOS is gekoppeld aan de radargegevens van Schiphol. Sensornet maakt gebruik van openbare radargegevens op basis van een virtueel radarsysteem ((transponder ADS-B). |
| Rapportage | De systemen bepalen voor alle passages de piekwaarde L _{max} en het passageniveau L _A . Volgens opgave corrigeert géén van de systemen de meetwaarden voor het instantane omgevingsgeluidniveau conform annex B van de norm of specifieke reflecties vanwege de bebouwde omgeving. De CDV2006 wijst in haar rapportage ook op deze invloeden vanuit de omgeving. Bij onderlinge vergelijking van meetdata en/of berekeningen dient dan ook rekening te worden gehouden met een systematische afwijking. Door Luistervink en Sensornet worden aanvullend berekeningen gedaan van de gemiddelde geluidbelasting L _{den} /L _{night} . In de schriftelijke rapportage geven Luistervink en Sensornet aanvullende analyses over aantallen, stille dagen e.d. Deze rapportages staan ter beschikking aan de opdrachtgevers. De opdrachtgevers kunnen dan zelf bepalen op welke wijze de rapportages beschikbaar komen aan het publiek. |

⁷ Er zijn geen gegevens bekend over de nauwkeurigheid in relatie tot het aantal microfoons in een meetcel.

⁸ De waarde van 6 dB(A) is gebaseerd op eigen metingen van Luistervink. Deze waarde is door ARDEA geverifieerd via een modelberekening op basis van de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999.

⁹ Hierbij wordt opgemerkt dat de reductie ook optreedt voor het geluid van het vliegtuig dat weerkaatst wordt door de bodem of lager gelegen bebouwing. Daardoor zal ter plaatse het totale passageniveau lager zijn en de detectie voor vliegtuigen verder aan de horizon soms weer iets minder goed gaan. Luistervink past daarom wel een vaste bodemcorrectie van 1 dB(A) toe.

Het NOMOS-systeem levert geen L_{den}/L_{night} waarden. Op basis van de meetgegevens kunnen deze wel bepaald worden. Op dit moment maakt de NLR en Schiphol gebruik van de meetgegevens voor verdere berekeningen.

- Online website Informatie van Luistervink is niet beschikbaar via een website met uitzondering van meetpost Amstelveen welke is aangesloten op Geluidsnet. Sensornet presenteert op de publieke website alleen LAmax-data (actueel met een historie van een week). Opdrachtgevers kunnen desgewenst toegang krijgen tot een portal met meer data. De NOMOS online site laat LAmax waarden zien, actuele informatie over gebruik van het banenstelsel en biedt historische informatie. (weglaten is niet onderscheidend).
- Overig Alle systemen slaan de data op in een centrale database van de leverancier. In principe is het mogelijk om data aan te leveren voor één landelijke database. Alle leveranciers kunnen op verzoek maatwerk leveren gericht op de lokale markt. De leverancier van NOMOS kan aanvullend diverse softwaremodules leveren met extra informatie over vluchten en monitoring. Deze modules vragen om additionele investeringen van de opdrachtgever Schiphol.

4 CONCLUSIE

4.1 Vergelijking systemen

| | |
|-------------------------|--|
| Systemen | <p>De systemen Luistervink, NOMOS en Geluidsnet/Sensornet zijn in staat om vliegtuigpassages te onderscheiden van overig geluid en leggen de geluidniveaus van deze passages op automatische wijze vast in een eigen opslagsysteem. De systemen genereren daarmee data die bruikbaar is voor informatie aan omwonenden over de optredende geluidniveaus en geluidbelasting.</p> <p>De systemen maken gebruik van microfoonsystemen die het ter plaatse optredende actuele geluidniveau (vliegtuig inclusief omgevingsgeluid) kunnen meten met een nauwkeurigheid van 1-2 dB(A) (zie tabel 1 uit dit rapport). De totale eindnauwkeurigheid wordt echter vooral bepaald door de afstand tussen vliegpad en microfoon (spreiding in overdracht), de invloed van het heersende omgevingsgeluid en de gebruikte detectiesoftware om relevante vliegtuigpassages daadwerkelijk te meten en te classificeren onder invloed van omgevingsgeluid.</p> <p>De informatie van de meetsystemen is voor het brede publiek in beperkte mate beschikbaar via de sites NOMOS online en Geluidsnet. Voor alle drie de systemen kan gesteld worden dat meer uitgebreide maand- en jaarrapportages wel beschikbaar zijn voor opdrachtgevers maar in beperkte mate direct beschikbaar zijn voor het publiek.</p> |
| Statistische Verwerking | <p>Indien data gebruikt worden voor beoordeling van de lokale hindersituatie of vergelijking van de meetresultaten met computermodelberekeningen dan dient voor de meetsystemen (maar ook voor computermodelberekeningen) gebruik worden gemaakt van statistische dataverwerking met opgave van nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en ontbrekende gegevens vanwege een defect meetsysteem of weersomstandigheden.</p> <p>Op het moment dat via een gestandaardiseerde en structurele wijze duidelijkheid bestaat over nauwkeurigheden en het rendement van de herkenning¹⁰ is het beter mogelijk om de data van de meetposten (die beschouwd kunnen worden als een praktijk steekproef) statistisch te vergelijken met de tot nu gebruikte computermodellen voor prognose en handhaving.</p> |
| Radar | <p>Met het oog op de toekomst, waarbij vliegtuigen stiller worden en de piekniveaus dalen, is het gewenst dat alle systemen, bij presentatie van meetdata op internet en schriftelijke rapportages, duidelijker aangegeven in hoeverre het meetsysteem in staat is geweest om het geluid van de vliegtuigpassages vast te leggen die binnen een bepaalde straal¹¹ van het meetpunt hebben plaatsgevonden. Radardata is tegenwoordig al deels op transparante wijze beschikbaar (bv. www.casperflights.com). Dat neemt niet weg dat nu nog niet alle vliegtuigen zijn voorzien van de apparatuur voor flighttracking (transponder ADS-B) en dat klassieke radardata voor alle meetnetten beschikbaar zou moeten zijn.</p> <p>Indien het percentage correct gemeten passages (aan radardata gerelateerde vliegtuigpassages) voor een bepaalde locatie laag uitvalt dan zal beoordeeld moeten</p> |

¹⁰ In de afgelopen jaren heeft het RIVM een eerste aanzet gegeven voor validatie/vergelijking van enkele meetsystemen waaronder Luistervink, ANOMS van Lochard en geluidsnet voor een aantal proeflocaties. Bij deze vergelijking werden grote verschillen gevonden ten aanzien van het aantal correct gedetecteerde vliegtuigen op de desbetreffende proeflocaties (zie o.a. RIVM rapport praktijkmogelijkheden Geluidmetingen Luchtvaart in het buitengebied van Schiphol (nr. 680001001/2005), geluidmonitor 2006, (nr. 680300004/2007), noisemonitor 2009 (nr. 68074004/2010).

¹¹ Afhankelijk van de positie van de meetpost kan in eerste instantie gedacht worden aan een afstand tot circa 2 km. Bij een grotere afstand zal de spreiding in geluidniveaus wel toenemen (zie Tabel 4, bijlage 2).

worden of het desbetreffende meetsysteem en/of locatie wel geschikt is als informatiebron.

De NEN-ISO 20906 gaat met het oog op monitoring bijvoorbeeld uit van een score van 50% correct vastgestelde waarden en een nauwkeurigheid van 3 dB. Voor validatie het gewenst dat de nauwkeurigheidsmarge kleiner is. Voor een nauwkeurigheid van 1 dB is het overeenkomstig percentage gelijk aan 79% (zie Bijlage 2).

4.2 Gebruik systemen voor informatie en verificatie

Informatie

De beperking in nauwkeurigheid bij meten die vooral ontstaan door lokale invloeden nemen niet weg dat drie beschreven systemen, afhankelijk van het doel en de gewenste informatie, behulpzaam kunnen zijn voor het geven van informatie aan een breed publiek.

De Commissie Deskundigen Vliegtuiggeluid (CDV) in 2005 heeft dit in haar rapportage als volgt beschreven:

Uit contacten met omwonenden van Schiphol krijgt de commissie de indruk dat de opvatting bestaat, dat áls er maar gemeten wordt, daardoor de ondervonden overlast afneemt. Meten op zich zal er niet toe leiden dat de geluidbelasting afneemt, maar kan wel een gunstige invloed hebben op de ondervonden hinder of overlast, wanneer het **vertrouwen in de handhaving** door meten toeneemt of wanneer metingen gewenste informatie bieden over vliegtuiggeluid.

Voor (gehinderde) omwonenden is het daarbij van belang dat **een systeem informatie** geeft die **aansluiting geeft bij de hinderbeleving**.

(...)

Geef **begrijpelijke** informatie. (Niet iedereen is vertrouwd met cijfers of grafieken en het lezen van toelichtingen met technische beschouwingen)

Mensen horen geluid maar hebben **geen idee hoeveel decibels** deze vliegtuigen veroorzaken, tot welke 'gemiddelde' waarden of geluidbelasting L_{den} die leiden, waarom de maat L_{den} eigenlijk wordt gebruikt en welke relatie er is tussen blootstelling en hinder.

In de huidige situatie bestaat de publiek beschikbare informatie op internet voornamelijk uit presentatie van L_{Amax} waarden¹² terwijl de systemen in principe de mogelijkheid hebben om meer informatie aan te leveren. Dit betreft bijvoorbeeld een gemiddelde waarde per dag/week/maand/jaar op basis van een de L_{den}/L_{night} -berekening voor de desbetreffende periode (inclusief historische ontwikkeling en vergelijking met officiële contouren). ARDEA heeft niet onderzocht welke informatie gewenst is maar beveelt wel aan dat partijen in onderling overleg bepalen of het op eenvoudige wijze mogelijk is aanvullende informatie te verstrekken die aanvullend aansluiting geeft bij de hinderbeleving.

Verificatie

De meetsystemen zijn primair bedoeld voor monitoring. De resultaten van de meetsystemen zijn, mits rekening wordt gehouden met genoemde nauwkeurigheden en de totale eindnauwkeurigheid, bruikbaar voor verificatie van de computer modelberekeningen. Indien de verificatie op de juiste wijze wordt uitgevoerd en voldoende uitleg wordt gegeven over nauwkeurigheden van metingen en berekeningen, dan kunnen de metingen op die manier bijdragen aan het vertrouwen van het publiek in de modelberekeningen.

Het is dan echter wel gewenst dat de meetsystemen, op basis van volledig openbare radardata, complete informatie geven over het aantal correct geregistreerde passages, het aantal gemiste passages en de statistische nauwkeurigheid van het eindresultaat van de metingen.

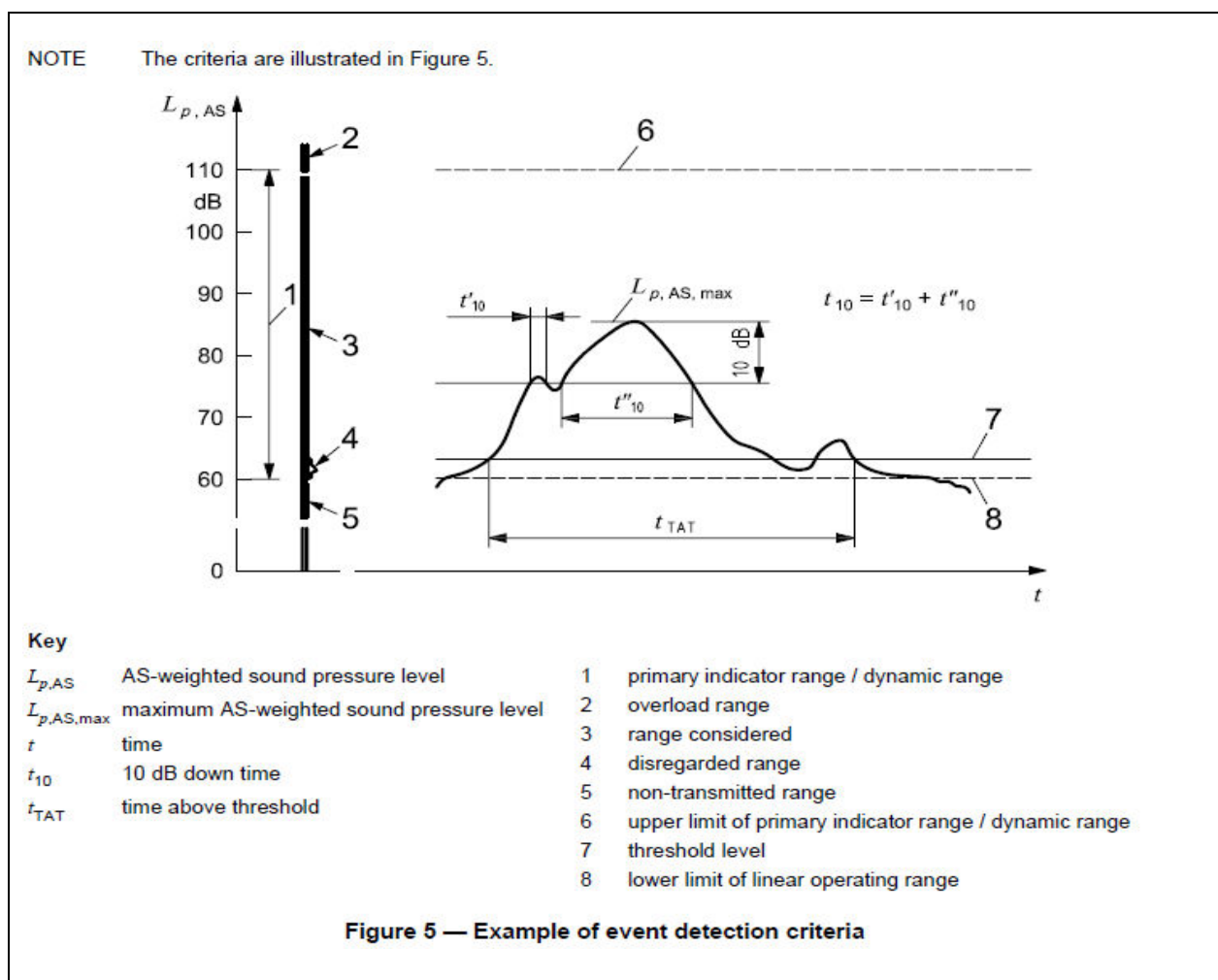
¹² De NOMOS website levert meer informatie, zie Tabel 2.

Bijlage 1 Achtergrond vliegtuigdetectie

Algemeen

Bij het meten van geluid van vliegtuigen geschiedt op basis van het verloop van het geluidniveau over een bepaalde tijdsduur. Indien een vliegtuig aan komt vliegen dan neemt het geluid in een korte periode toe tot een maximum om dan weer af te nemen. Met de meetmicrofoon wordt het totale geluidniveau (vliegtuiggeluid inclusief omgevingsgeluid) opgevangen en opgeslagen. Vervolgens wordt een computeralgoritme toegepast om uit het tijdsverloop te bepalen of er een vliegtuigpassage dan wel een auto of een brommer. Deze verwerking kan deels lokaal en deels op een centrale computer plaatsvinden.

Onderstaande figuur geeft een illustratie van een passage met de verschillende parameters zoals beschreven in de norm NEN-ISO 20906:2010. Als het geluidniveau boven een bepaalde drempel uitkomt (7) dan bepaalt het computeralgoritme of de snelheid van de toename van het geluidniveau (en nadien de afname) voldoen aan de te verwachten signatuur van een vliegtuigpassage. Indien de totale tijdsduur (t_{TAT} in figuur) bijvoorbeeld langer is dan 10 s dan neemt het programma aan dat er een vliegtuig is gepasseerd.



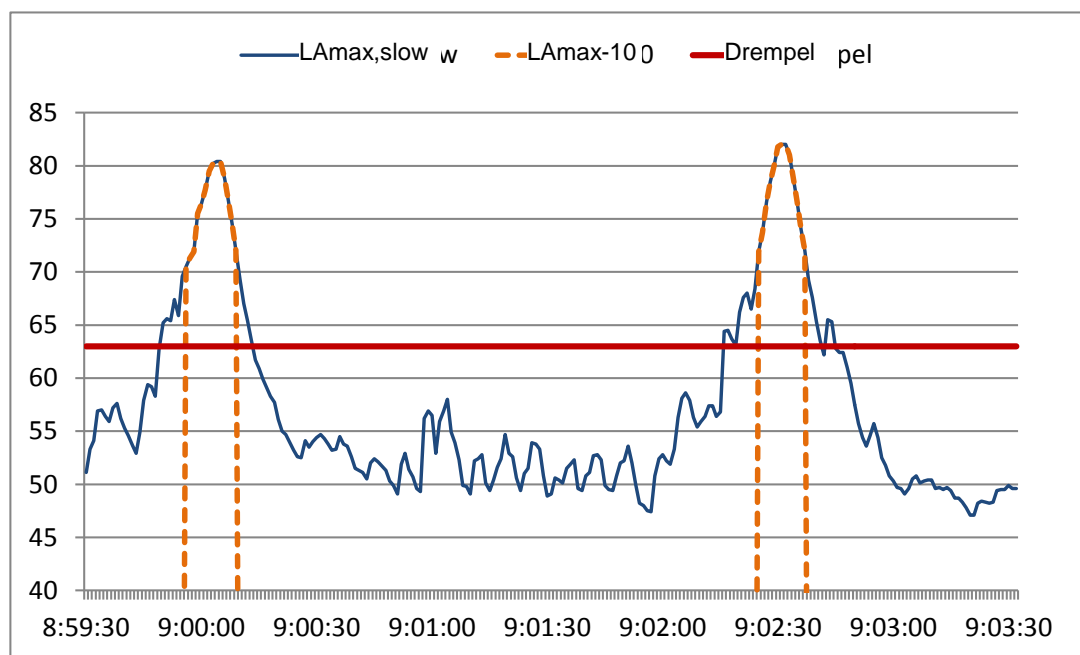
Figuur 3 Voorbeeld uit NEN-ISO 20906:2010

Uit de meetgegevens wordt dan allereerst het maximale geluidniveau $L_{p,AS}$ bepaald (de top). Vervolgens wordt dan nog de tijd bepaald dat het geluidniveau 10 dB onder het maximum is ($t_{10=}$ t'_{10} t''_{10}) in de figuur. Het geluidniveau over deze periode wordt dan gesommeerd alsof het gedurende 1 s is opgetreden. Dit wordt de SEL_{1s} genoemd. Een alternatieve bepaling kan ook bestaan uit een bepaling van het geluidsniveau gedurende de tijd dat de drempelwaarde wordt overschreden. Voorwaarde is dan wel dat de piekwaarde minimaal 10 dB boven de drempelwaarde is uitgekomen.

Om het geluid automatisch te analyseren kan gebruik worden gemaakt van een computerprogramma. Dit computerprogramma kan worden uitgevoerd op een lokaal systeem of, na verzending van de data naar een centrale server, op een centrale computer.

Praktijkvoorbeeld

In de praktijk staan de geluidmeetposten in een omgeving waar ook andere geluiden zijn. De mogelijkheid om dan de passage van een vliegtuig goed te detecteren worden dan vooral bepaald door de verhouding tussen de sterkte van het geluid van de passage van een vliegtuig en het niveau van het overige geluid in de omgeving. In onderstaande figuur 3 zijn twee passages van vliegtuigen weergegeven afkomstig van metingen uitgevoerd door ARDEA (locatie Aalsmeer). De passages zijn duidelijk zichtbaar en komen duidelijk boven de drempel uit. Detectie van de piek (L_{Amax}) en het geluidsniveau 10 dB onder de piek (L_{Amax-10}) zijn eenvoudig te bepalen.

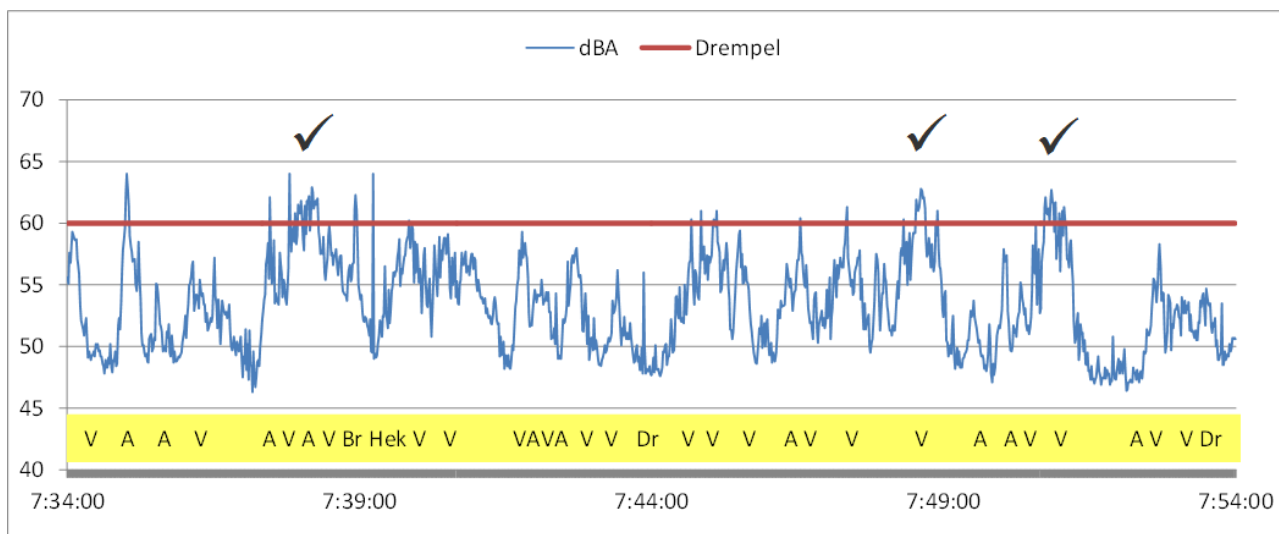


Figuur 4 Voorbeeld detectie passage nabij NOMOS-metpost 10 Aalsmeer op basis geluidmeting ARDEA en drempelwaarde 63 dB(A).

Wanneer het geluidniveau van een vliegtuigpassage minder sterk is en nauwelijks boven het omgevingsgeluid uitkomt ontstaat een ander beeld. De volgende figuur 4 geeft het verloop van het geluid over een periode van 20 minuten. In de figuur is aangegeven welke geluiden auditief hoorbaar zijn: vliegtuiggeluid (V), autopassage (A), brommer (Br), dichtslaan hek (Hek) en dichtslaan deur (Dr). Daarbij is er ook geluid van fluitende vogels waardoor het totaalbeeld in de figuur veel "stoorgeluid" laat zien.

Een automatisch systeem kan in totaal 3 vliegtuigpassages detecteren omdat het geluid boven de ingestelde drempel uitkomt en qua tijdsverloop voldoet aan de herkenningcriteria. Een zeer groot deel van de tijd is geluid van passerende vliegtuigen

hoorbaar maar wordt door het systeem niet gedetecteerd vanwege de ingestelde drempel



Figuur 5 Voorbeeld detectie passage NOMOS meetpost 12 Rijssenhout op basis van geluidmeting ARDEA. De drempelwaarde is ingesteld op 60 dB(A). Het systeem start de detectie vanaf deze drempelwaarde en heeft vervolgens op basis van de detectieparameters drie passages vastgelegd.

Het NOMOS¹³ systeem detecteert in dit voorbeeld totaal 3 passages die voldoen aan de ingestelde detectiecriteria, terwijl een groot deel van de tijd geluid van passerende vliegtuigen hoorbaar is. De detectie van de drie passages is correct vanwege de ingestelde drempel van 60 dB(A). Uit dit voorbeeld blijkt dat een automatisch systeem in deze situatie passages van vliegtuigen die een lager passageniveau geven niet detecteert omdat zij juist onder de ingestelde drempelwaarde vallen.

¹³

Dit voorbeeld is een illustratie. In een eerder onderzoek heeft ARDEA aan Schiphol de suggestie gegeven om de vaste drempels in NOMOS, waar mogelijk, zoveel mogelijk aan te passen aan het heersende omgevingsgeluid. De betrouwbaarheid van gedetecteerde events kan dan gecontroleerd worden op basis van de beschikbare radartracks.

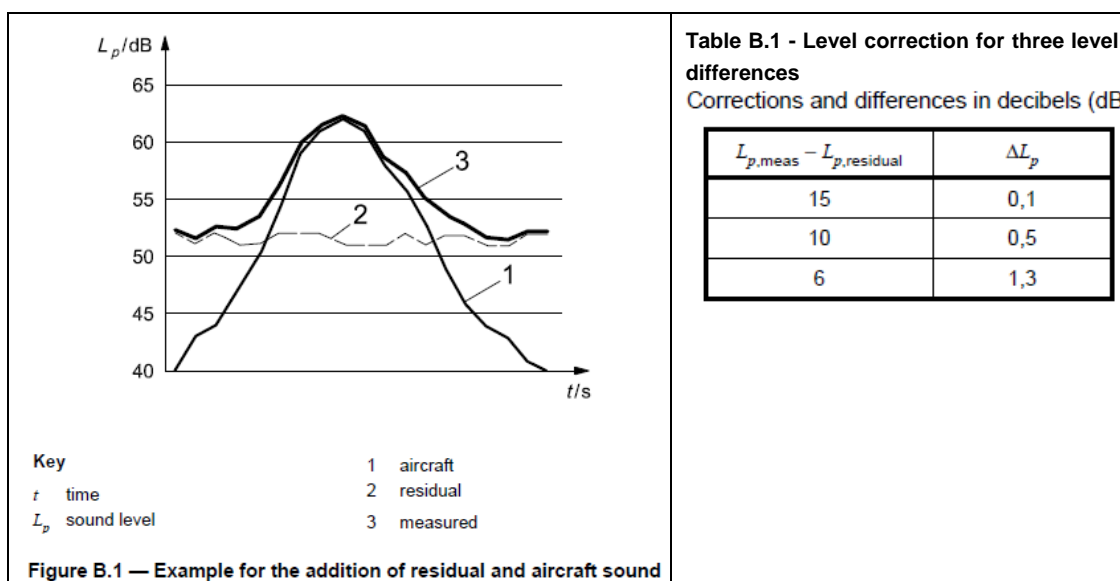
Bijlage 2 Toelichting NEN-ISO 20906

Nauwkeurigheid Tabel 3 geeft een overzicht van de nauwkeurigheid voor een geluidmeetstation op basis van klasse 1 of 2. Deze nauwkeurigheid is altijd van toepassing ongeacht de locatie of plaats van een meetmicrofoon.

Tabel 3 Nauwkeurigheid geluidmeetstation op basis van annex B NEN-ISO 20906 met meetmicrofoon klasse 1 of klasse 2¹⁴.

| Omschrijving | Klasse 1 | Klasse 2 |
|----------------------------|----------|----------|
| Hoek van geluidinval < 30° | 0.7 | 1.1 |
| Hoek van geluidinval < 90° | 0.9 | 1.4 |

Correctie Volgens de NEN-ISO 20906 dient aanvullend nog rekening te worden gehouden met een correctie vanwege het altijd aanwezige omgevings- of achtergrondgeluid. Figuur 6 geeft een toelichting uit de norm en een voorbeeld van correctiewaarden. Deze bedraagt 0.1 dB voor situaties als het geluidsniveau van een vliegtuigpassage 15 dB boven het omgevingsgeluid uitkomt. Indien het verschil kleiner is (en dus de invloed van het omgevingsgeluid groter) dan neemt de correctie toe. Bijvoorbeeld: wanneer de meetwaarde gelijk is aan 68.2 dB(A) en het omgevingsgeluidniveau is gelijk aan 58.2 dB(A). Het verschil is dan 10 dB. Conform de tabel is het gecorrigeerde geluidniveau vanwege het vliegtuig dan gelijk aan 68.2 dB(A) - 0.5 dB = 67.7 dB(A).



Figuur 6 De som van het geluid van het vliegtuig (1) en het omgevingsgeluid (2) levert het totale geluidniveau (3) (voorbeeld NEN-ISO 20906). De tabel B.1 geeft voorbeelden van correctiewaarden.

Spreiding De NEN-ISO 20906 geeft aan dat naast de nauwkeurigheid van het meetstation zelf ook rekening moet worden gehouden met spreiding in de geluidniveaus vanwege verschillen tussen vliegtuigpassages en invloed van de weersomstandigheden (wind, vochtigheid, temperatuur) op het geluidniveau.

¹⁴ In de NEN-ISO 20906 is de berekening voor klasse 1 volledig beschreven. De nauwkeurigheid klasse 2 is aan de hand van de voorbeeldberekening bepaald met de eisen klasse 2 conform IEC 61672-1.

In annex B van de norm wordt aangegeven dat de onzekerheid van geluidoverdracht door de lucht beschreven kan worden met de volgende formule:

$$u_{\text{att}} = \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 + (p_j r + q_j)^2 \quad (\text{B.19})$$

In deze formule zijn p_j en q_j constanten gebaseerd op diverse onderzoeken, r is de afstand tussen vliegtuig en meetmicrofoon en r_0 een referentieafstand van 750 m. De norm geeft per vliegtuigtype waarden voor p_j en q_j voor stijgen en landen. Onderstaande tabel geeft de berekende waarde voor een gemiddelde p_j en q_j van stijgen en landen.

Tabel 4 Onzekerheid overdracht door lucht u_{att} op basis van paragraaf B.5.2.2 NEN-ISO 20906.

| Afstand (m) r | Landen q_j | Stijgen p_j | Gemiddeld dB |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 250 | 10.8 | 10.3 | 10.6 |
| 500 | 4.3 | 3.8 | 4.1 |
| 750 | 3.3 | 2.7 | 3.0 |
| 1000 | 3.2 | 2.5 | 2.8 |
| 1500 | 3.4 | 2.7 | 3.1 |
| 2000 | 4.0 | 3.2 | 3.6 |

Classificatie

De NEN-ISO 20906 geeft aan dat een automatisch geluidmeetsysteem betrouwbaar en precies het geluid van vliegtuigen moet classificeren. In paragraaf 4.5 van de norm zijn een aantal eisen beschreven waaraan een systeem aantoonbaar moet voldoen bij oplevering. De norm gaat er daarbij dan vanuit dat de controle handmatig plaatsvindt.

Tabel 5 Eisen NEN-ISO 20906 voor correcte detectie en classificatie.

4.5 Aircraft sound event detection and classification

An automatic sound-monitoring system shall reliably and precisely detect and classify aircraft sound events. A variety of techniques can be used to detect the aircraft sound events depending on the situation. It may be necessary to use different techniques for different periods of the day.

The chosen technique shall classify the aircraft sound events precisely enough to satisfy the following three criteria.

- The expanded uncertainty (see Clause 6) of the measured cumulated exposure level of all aircraft sound events shall not exceed 3 dB.
- At least 50 % of true aircraft sound events shall be correctly classified as aircraft sound events.
- The number of non-aircraft sound events which are incorrectly classified as aircraft sound events shall be less than 50 % of the true number of aircraft sound events.

De waarde van 50% hangt waarschijnlijk samen met het uitgangspunt dat een systeem een nauwkeurigheid moet hebben van 3 dB zoals genoemd bij de eerste voorwaarde: bij een percentage van 50% kan verwacht worden dat de andere helft van de vliegtuigen een lager geluidniveau heeft en daarmee de meetwaarde hoogstens met 3 dB zal verhogen.

Indien de wens bestaat om de onzekerheid te verlagen naar 2 dB of 1 dB dan zal het bijbehorende percentage uitkomen op respectievelijk 63% en 79%.

Wind

De NEN-ISO 20906 gaat uit van een maximaal geluidniveau vanwege wind van 65 dB bij een windsnelheid van 10 m/s (6 Bft). De idee achter deze waarde is dat bij hogere windsnelheden het omgevingsgeluid vanwege de wind zodanig hoog is dat een betrouwbare meting van het vliegtuiggeluid met een standaard buitenmicrofoon niet mogelijk is.

Bijlage 3 Luistervink (Geluidconsult)

Ontstaan en organisatie

Luistervink is in de jaren 90 ontwikkeld door de afdeling geluid van de Amsterdamse onderzoeksdienst OMEGAM. In 2003 werd deze dienst door de gemeenteraad van Amsterdam opgeheven. De geluidactiviteiten zijn eerst voortgezet door Omegam-Geluid b.v. In 2005 is de naam gewijzigd in Geluidconsult b.v.

Voor meer informatie over het bedrijf zie: www.geluidconsult.nl.

Internet

Algemene beschrijving systeem

Monitorsysteem Luistervink is bedoeld voor meten van vliegtuiggeluid. Het wordt geplaatst op een plat dak in of nabij een woongebied op een bijvoorbeeld rustige locatie. De installatie bestaat uit een microfoonhuis met meterkast, computer met meetsoftware en een softwarepakket voor nabewerking tot eindresultaten. Het gehele systeem is in Nederland ontwikkeld en momenteel op een tiental locaties in bedrijf ten behoeve van een aantal gemeenten rond Schiphol.



Figuur 7 Meetstation luistervink met microfoonhuis

Het microfoonhuis heeft een afmeting van $b \times d \times h = 2.5 \times 2.5 \times 0.6$ m met gaasdoek aan de bovenzijde en een geluidsabsorberende bodem. Hierin is de buitenmicrofoon opgenomen. Voor het meten van de windsnelheid is een aparte windmeter opgenomen. Het microfoonhuis heeft de functies:

- windgeruis tot het minimum reduceren waardoor ondermeer weersomstandigheden betrouwbaar kunnen worden gemeten,
- het afschermen van stoorgeluiden van de omgeving,
- het absorberen van de storende bodemreflectie. Door de absorberende bodem kan de hoogte van de installatie beperkt worden gehouden tot 0.6 m zodat deze niet of minder zichtbaar is vanaf de openbare weg.

Tegen het microfoonhuis is de meterkast gemonteerd waarin een klasse 1 geluidmeter, meetcomputer en communicatieapparatuur is opgenomen.

Data-analyse en verwerking

Detectie

De meetsoftware bestaat uit twee delen. Een programma dat de geluidenergie en de piekwaarde van elke geluidgebeurtenis bepaald alsmede de windsnelheid en het achtergrondniveau van elk kwartier.

Herkenning

Het tweede programma onderscheidt vliegtuiglawaai van andere soorten lawaai. Dit herkenningsprogramma maakt gebruik van een computersimulatie van het menselijk oor

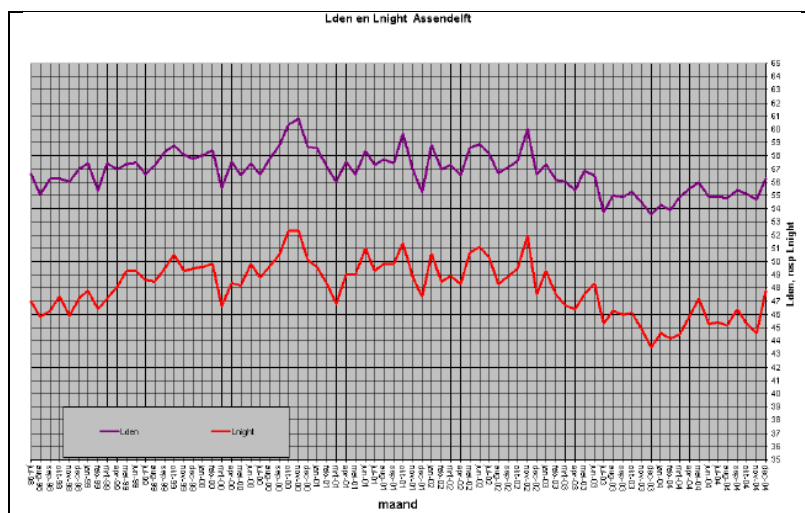
en is ontwikkeld aan de universiteit van Groningen. Het is afgestemd op herkenning van vliegtuiggeluid op de Luistervinklocaties.

Met dit systeem kunnen vliegtuigpassages met een piekwaarde van 10 dB(A) of meer boven het momentane achtergrondniveau worden gemeten. De leverancier vermeldt dat aldus een L_{max} waarde van 50-55 dB(A) gemeten kan worden in een rustige omgeving. In de meetcomputer worden de ruwe meetbestanden opgeslagen en periodiek getransporteerd naar het thuisstation. In een nabewerking worden stoorlawaai en vliegtuiglawaai verder gescheiden.

Presentatie en rapportage

Van de geselecteerde vliegtuiggeluiden worden de eindresultaten samengesteld. Deze bestaan uit (per maand en per 12 maanden):

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosteneenheden KE (Nederlandse eenheid) ▪ L_{den} en L_{night} (Europese eenheden) ▪ Leq dag 7-19 ▪ Leq avond 19-23 ▪ Leq nacht 23-7 en 23-6 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aantal meetbare passages ▪ Verdeling geluidbelasting over het etmaal ▪ Verdeling aantal passages over het etmaal ▪ Verdeling passages in geluidklassen van 2 dB(A). |
|--|--|



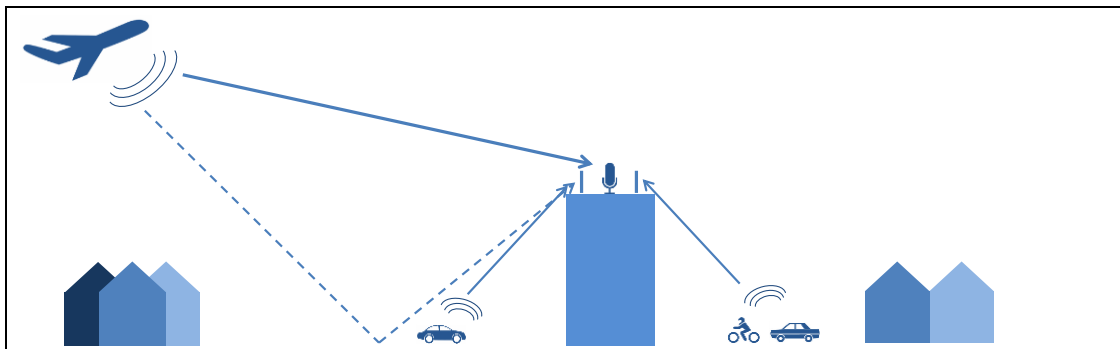
Figuur 8 Voorbeeld Lden en Lnight per maand

Resultaten worden schriftelijk gerapporteerd naar de opdracht gevende gemeente/milieudiensten. Deze rapportage geeft o.a. de L_{den}, L_{night}, de geluidbelasting L_{Aeq} dag-avond-nacht, het aantal gemeten passages, de etmaalwaarde per dag en een top 20. Eén meetpost is direct aangesloten op Sensornet (zie Bijlage 5).

Onderscheidende kenmerken

Opstelling

De meetmicrofoon van Luistervink wordt geplaatst in een speciale opstelling. Deze opstelling wordt toegepast om de invloed van bodemreflecties, omgevingsgeluid en windgeruis (bij hoge windsnelheden) te reduceren. Bij plaatsing op een hoger dak van een gebouw kan het van opzij/van onderkomend omgevingsgeluid 6-10 dB(A) worden gereduceerd¹⁵.



Figuur 9 Illustratie afschermdende werking meetopstelling Luistervink voor omgevingsgeluid. De bodemreflectie van het vliegtuig wordt ook afschermd.

Drempel

Luistervink maakt verder gebruik van een variabel drempel van 5 dB boven het heersende omgevingsgeluid. Daardoor ontstaat de mogelijkheid om vliegtuigpassages te detecteren met een passagegeluidniveau van L_{Amax} 50-55 dB(A). Dat heeft tevens tot gevolg dat geluidbelastingen vanaf 45 dB(A) L_{den} resp 15 KE betrouwbaar kunnen worden gemeten.

Onderscheid tussen geluid van passages van vliegtuigen en andere geluiden (auto, trein) wordt gemaakt op basis van geluidherkenningssoftware van Universiteit Groningen.

Samenvatting Luistervink

Het geluidssysteem Luistervink heeft als onderscheidend kenmerk dat de meetmicrofoon wordt geplaatst in een bak waarvan de bodem is voorzien van een laag absorberend materiaal. Doel van deze opstelling is het verminderen van het effect van bodemreflecties en het afschermen van omgevingsgeluid door de opstaande randen. Door deze opstelling kan verwacht worden dat in bepaalde situaties met veel omgevingsgeluid passages van stille vliegtuigen beter onderscheiden kunnen worden van het overige geluid en dat daardoor met een hogere nauwkeurigheid gemeten kan worden dan met een standaard opstelling.

Data van het systeem worden opgeslagen op een centrale computer van Geluidconsult b.v.. Gegevens worden op dit moment alleen¹⁶ beschikbaar gesteld via schriftelijke rapportages aan opdrachtgevers.

¹⁵ De waarde van 6 dB(A) is gebaseerd op eigen metingen van Geluidconsult. Voor bronnen dicht bij de opstelling kan de afscherming groter zijn. Deze waarde is door ARDEA geverifieerd via een modelberekening op basis van de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999.

¹⁶ Eén meetstation levert data aan Geluidsnet/Sensornet.

Bijlage 4 NOMOS (Brüel & Kjaer)

Ontstaan en organisatie

NOMOS

Het NOMOS meetsysteem is ontwikkeld door het Australische bedrijf Lochard¹⁷. Lochard heeft NOMOS geplaatst bij circa 250 vliegvelden wereldwijd. Lochard is in 2009 overgenomen door het bedrijf Brüel & Kjaer¹⁸ (B&K).

De eerste geluidmeetposten van NOMOS zijn in 1993 geplaatst in opdracht van Schiphol. Daarbij is gekozen voor een systeem op basis van klasse 1 geluidmeetapparatuur. Het systeem is door Schiphol opgezet als een informatiesysteem met mogelijkheden om detailinformatie te verkrijgen voor verdere analyse van relevante meetlocaties¹⁹.

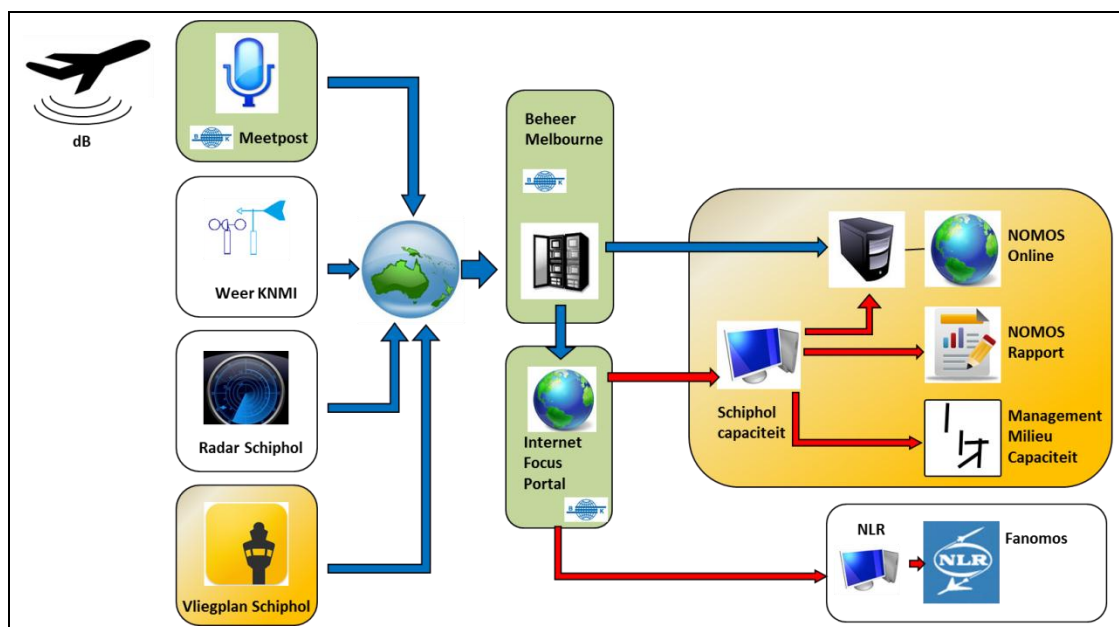
In de loop der jaren is het systeem uitgebreid en aangepast. Er zijn nu 29 vaste geluidmeetposten en 2 mobiele posten. Sinds maart 2011 wordt gewerkt met het zogenoemde NOMOS III systeem.

Internet

Voor meer informatie over het bedrijf en de organisatie zie: www.lochard.com en www.schiphol.nl/nomosonline.

Algemene beschrijving systeem

Het NOMOS systeem bestaat op dit moment uit circa 30 meetstations. Elk meetstation is voorzien van een geluidmeetsysteem klasse 1 waarbij de microfoon vrij op een daklocatie (school/flat) is geplaatst of een meetmast van 10 m hoogte in woonwijken. De meetdata van elke meetstation wordt continu verstuurd naar een centrale opslag (B&K Melbourne). De centrale computer ontvangt daarnaast meteogegevens, radardata en vliegplangegevens van Schiphol. Op de centrale computer worden alle gegevens gecombineerd. Meetdata is beschikbaar voor andere computersystemen via een directe verbinding. Detaildata voor onderzoek is beschikbaar via een internetportal.



Figuur 10 Overzicht NOMOS meetsysteem en wijze van presenteren.

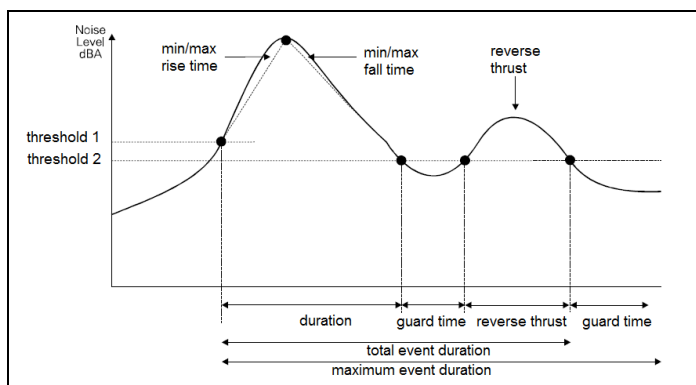
¹⁷ www.lochard.com

¹⁸ www.bksv.com

¹⁹ De commissie vliegtuigdeskundigen heeft in haar rapport van 2006 aanbevelingen gegeven voor geluidmetingen voor informatie. Veel van deze aanbevelingen maken onderdeel uit van NEN-ISO 20906:2010.

Wijze van data-analyse

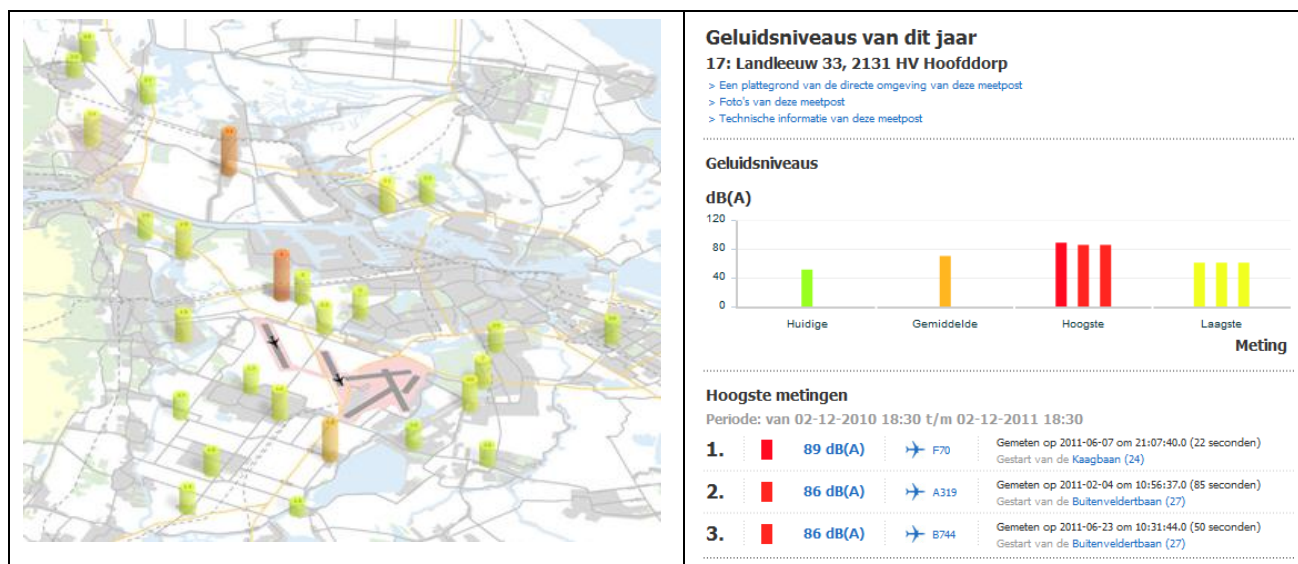
Het NOMOS-systeem heeft verschillende algoritmen om een geluidspassage van een vliegtuig te detecteren: NOMOS standaarddetectie, DIN456543-detectie en SWD-detectie²⁰. Figuur 9 geeft schematisch het geluidverloop van een vliegtuigspassage. Nadat het geluidniveau een instelbare statische drempelwaarden (4 drempels²¹ per 24 uur) overschrijdt bepaald het algoritme of er sprake is een vliegtuigspassage op basis van de stijgtijd, daaltijd en totale lengte. Op basis van de radargegevens wordt vervolgens een koppeling gemaakt tussen het geluidevent en een vliegtuig. Bij twijfel over een geluidevent wordt een event geheel afgekeurd of geaccepteerd met waarschuwing.



Figuur 11 Overzicht paramaters NOMOS-standaard detectie

Presentatie en rapportage

NOMOS online De gegevens van de centrale server worden automatisch verstuurd naar het NOMOS Online systeem voor presentatie op internet. NOMOS online presenteert nu o.a. de actuele geluidniveaus, L_{Amax}-waarden, het gemiddelde van de L_{Amax}, aantal gemeten passages per meetpost en dag-, week- en maandgemiddelden. Verder worden gegevens opgenomen over baangebruik, geluidmetingen per type toestel.



Figuur 12 Presentatie geluidniveaus op NOMOS online en overzicht historische gegevens.

²⁰ SWD: aangepaste versie DIN voor Zwitserse vliegvelden.

²¹ In de huidige situatie is bij de meeste NOMOS meetposten gekozen voor één vaste waarde. Naar aanleiding van de audit door ARDEA van september 2011 heeft Schiphol aangegeven onderzoek uit te gaan voeren op welke plaatsen aanpassing mogelijk is.

Via het Focus Portal en/of de ANOMS client bestaat de mogelijkheid dat beheerders en/of gebruikers kunnen inloggen op de server om de gegevens uit de database op te halen voor additionele doeleinden. Het NLR heeft rechten om gegevens op te halen voor haar Fanomos geluidberekeningen. Schiphol capaciteitsmanagement gebruikt het portal voor aanvullingen op NOMOS online, de maandrapportages en managementstudies ten behoeve van bijvoorbeeld verbetering vliegprocedures. Tenslotte heeft Schiphol capaciteitsmanagent de mogelijkheid om de meetpost direct te benaderen en direct alle data uit een meetpost op te halen.

Onderscheidende kenmerken

De opzet en organisatie van het geluidmeetsysteem NOMOS lijkt, hoewel formeel niet getoetst, goed aan te sluiten bij de NEN-ISO 20906. Het heeft een zelfstandige dagelijkse automatische kalibratie met defectdetectie. Het systeem slaat veel detailinformatie voor verificatie en gebruik voor achtergrondstudies en modelberekeningen. Onderhoud en toegang tot het meetsysteem vindt plaats door gecertificeerd personeel. Informatie vanuit het systeem is voor het publiek direct toegankelijk via de internetsite www.schiphol.nl/nomosonline.

Samenvatting NOMOS

Het geluidstelsel NOMOS is een wereldwijd gebruikt systeem rond circa 250 vliegvelden. Qua opzet en structuur lijkt, lijkt, alhoewel formeel niet getoetst, goed aan te sluiten bij de NEN-ISO 20906. Data van het systeem wordt opgeslagen op een centrale computer in Melbourne en is via een beheerdersportal beschikbaar voor Schiphol en NLR voor verdere rapportages.

Informatie over gemeten L_{Amax} waarden en aantal passages is vanuit het systeem voor het publiek direct toegankelijk via de internetsite www.schiphol.nl/nomosonline.

Bijlage 5 Geluidsnet (Sensornet)

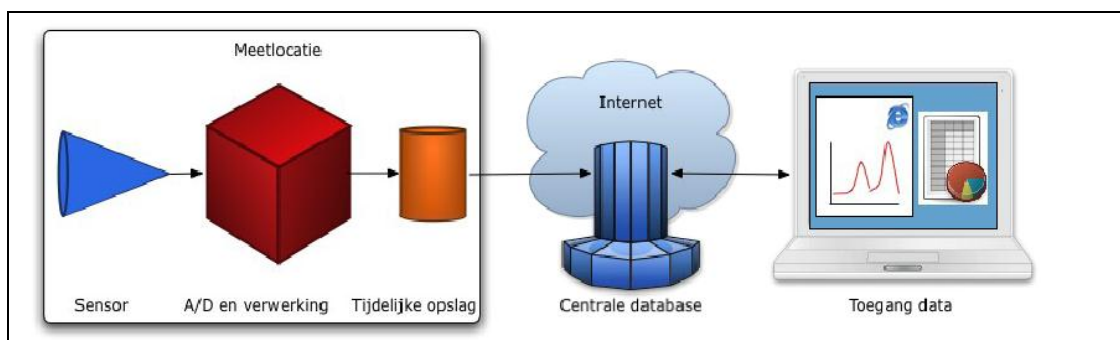
Ontstaan en organisatie

Geluidnet werd in 2003 opgericht om als onafhankelijke pioniersorganisatie betrouwbare en objectieve gegevens over geluidsoverlast in de woon- en werkomgeving te verzamelen. In 2005 is besloten om de organisatie te veranderen en te gaan samenwerken met adviserend ingenieurbureau DGMR om de operationele dienstverlening te verbeteren voor haar klanten. Sinds 2006 wordt door beider partijen samengewerkt onder de naam Sensornet. Sensornet levert nu informatie op contractbasis aan opdrachtgevers.

Voor meer informatie over het bedrijf en de organisatie zie: www.sensornet.nl en www.dgmr.nl.

Algemene beschrijving systeem

Geluidnet biedt verschillende meetdiensten aan gebaseerd op netwerken van geluidmeetpunten. Deze meten continu het geluidniveau op de meetlocaties en sturen de meetresultaten (1 meting per s) via internet naar een centrale computer. Door analyse van het geluidpatroon worden lokale verstoringen uitgefilterd. Indien gewenst kunnen de actuele meetresultaten toegankelijk gemaakt worden via de Geluidnet-website. Het is ook mogelijk om deze informatie via andere kanalen weer te geven, zoals de website van de opdrachtgever.



Figuur 13 Principe Sensornet



Figuur 14 Voorbeeld van opstelling meetstations.

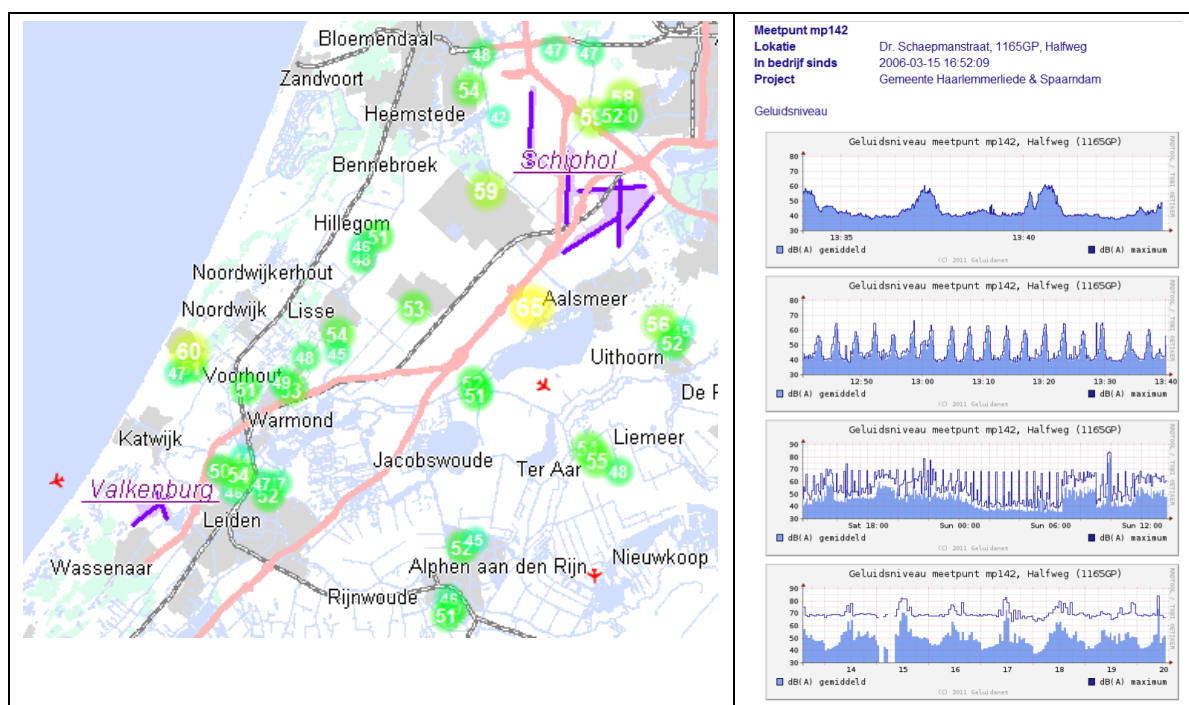
De locaties voor de meetpunten worden in onderling overleg vastgesteld. Geschikte locaties zijn één of twee verdiepingen hoog, hebben een plat dak en een breedband-internet aansluiting. De huidige meetpunten staan gelijk verdeeld bij bedrijven, scholen, particulieren of openbare gebouwen (gemeentehuis, zwembad, bibliotheek, buurtcentrum, brandweerkazerne, etc.). Er zijn ook oplossingen voor locaties waar geen breedband-internet of geen vaste stroomvoorziening aanwezig is.

Wijze van data-analyse

De detectie van vliegtuigpassages is in belangrijke mate gebaseerd op correlatie van de geluiden tussen nabijgelegen meetpunten. De optimale afstand tussen meetlocaties is ongeveer 600 meter. Door deze methode worden lokale verstoringen/passages (brommer of vrachtwagen) zoveel mogelijk uitgefilterd en kunnen vliegtuigpassages worden vastgesteld op basis van het geluidverloop tussen verschillende punten en radargegevens. Gegevens over nauwkeurigheid van deze methode zijn in beperkte mate beschikbaar. Het RIVM heeft een eerste vergelijking uitgevoerd in 2009 (rapport geluidmonitor 2009, RIVM nr. 680740004/2010).

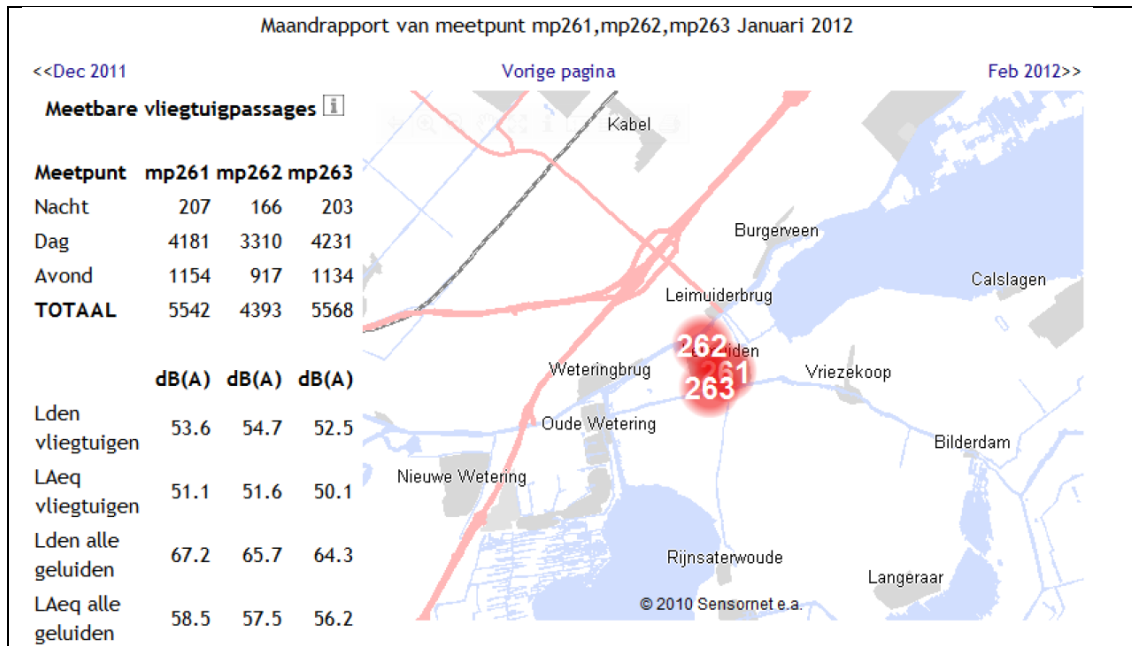
Presentatie en rapportage

De actuele meetwaarden van Sensornet worden gepresenteerd op de website met daarbij ook vertrekkende en landende vliegtuigen. Per meetstation wordt een grafiek gegeven met recente meetwaarden.



Figuur 15 Online website met meetwaarden (links). Informatie laatste minuten tot 7 dagen terug (rechts).

Naast de presentatie op de website worden voor opdrachtgevers schriftelijke maand- of jaarrapportages opgesteld met o.a. aantallen vliegtuigpassages, geluidbelasting, L_{den} vliegtuigpassages per uurwaarde, dag of maand en geluidniveaus per vliegtuigpassage. Voor opdrachtgevers is er een portal beschikbaar om online maand- en jaarrapportages te bekijken.



Figuur 16 Voorbeeld maandrapportage beschikbaar via portal voor opdrachtgevers.

Samenvatting Sensornet

Sensornet is gebaseerd op eenvoudige meetstations. Verwerking van data vindt plaats op de centrale computer waarbij passages bepaald worden op basis van correlatietechnieken. Informatie over LAmix waarden is voor het publiek direct toegankelijk via de internetsite www.geluidsnet.nl.

Bijlage 6 Vergelijkingstabel drie systemen

| Informatie | Toelichting | Luistervink | Nomos | Sensornet |
|-----------------------|---|---|---|--|
| MEETPOSTEN | | | | |
| Systeem | Korte beschrijving van het systeem met een blokdiagram | Zie Bijlage 3 | Zie Bijlage 4 | Zie Bijlage 5 |
| Meetposten | Plaats/locatie meetpost | 8 stations (Buitenveldert, Amstelveen, Krommenie, Driehuis, Velsen). | 32 stations (Zwanenburg, Amsterdam, Amstelveen, Aalsmeer, Rijsenhout, Leimuiden, Abbenes, Nieuw Vennep, Hoofddorp, Haarlem, Spraandam, Assendelft, Oostzaan, Heemskerk, Uithoorn, Velsbroek, Uitgeest, Limmen, Castricum, Hoofddorp, Schiphol, Lijnden) | 100 microfoons |
| | Positionering microfoon. Conform NEN-ISO 20906 minimaal 6 m hoogte. Aanbevelingen Commissie Vliegtuigdeskundigen zie Bijlage 7. | De meethoogte is 0.6 m boven dak/bodem, waarbij het dak/bodem voorzien wordt van geluidabsorberend materiaal. Microfoon wordt afgeschermd door randen bak voor omgevingsgeluid. Afscherming windgeruis door extra grote windbol met gaasdoek. | Stations staan zo veel mogelijk vrij opgesteld met microfoon op 10 m hoogte. | Behoudens een enkele uitzondering Ja. De circa 100 microfoons staan doorgaans op ongeveer 5m hoogte waarbij microfoons geplaatst zijn op een mast en aan gebouwen en dakopstanden bevestigd. |
| MEETAPPARATUUR | | | | |
| Apparatuur | De nauwkeurigheid van geluidmeters kan voldoen aan ISO-IEC 61672-1:2002. De geeft de eisen voor klasse 0 (laboratorium, klasse 1 (laboratorium/standaard), klasse 2 (algemene toepassingen) en klasse 3 (verkennde meting) | Geluidmeters en microfoons klasse 1 Merken: B&K type 2236; Rion NL15; NL 32 ; dB01 type Solo | Lochard EMU 2, klasse 1 ISO 61672 en 606521 | Rion UC52 klasse 2 microfoon (Klasse 1 optioneel) |
| | Geluidmeters zijn in het algemeen uitgerust met omni-directionele microfoons. Richtmicrofoons maken het is het mogelijk om het geluid uit één bepaalde richting op te vangen en het geluid van achteren te onderdrukken. | Omni-directioneel | Omni-directioneel | Omni-directioneel |
| | Bij buitengebruik is het relevant dat de microfoons onder alle weersomstandigheden blijven functioneren. Invloed van neerslag wordt bij alle systemen voorkomen door een speciale windbol. Een te hoge luchtvochtigheid in/op de microfoon kan worden voorkomen door verwarmen en/of silicagel. | Alle relevante temperaturen. De microfoons worden verwarmd. | -40 °C - +60 °C, speciale buitenmicrofoon | -10 °C - +50 °C De microfoons worden verwarmd. |
| | | | | |

| Informatie | Toelichting | Luistervink | Nomos | Sensornet |
|------------------------------------|--|-------------------------------|--|--|
| | Geluid | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Temperatuur | - | ✓ (enkele stations) | - |
| | Windrichting | - | ✓ (enkele stations) | - |
| | Windsnelheid | ✓ | ✓ (enkele stations) | - |
| | Relatieve vochtigheid | - | ✓ (enkele stations) | - |
| GEGEVENS DERDEN | | | | |
| | Radar | Op 1 meet post virtuele radar | Gegevens lokale radar vliegveld | |
| | Vliegtuigtype | - | Gegevens lokale radar vliegveld | ✓ |
| | Luchtvaartmaatschappij | - | Gegevens lokale radar vliegveld | ✓ |
| | Hoogte vliegtuig | - | Gegevens lokale radar vliegveld | ✓ |
| | Anders | - | - | Meteogegevens, temperatuur, wind en richting worden extern betrokken |
| MEETWAARDEN/ PARAMETERS | | | | |
| $L_{p,AS,max}$ | Het maximale geluidniveau dat optreedt in een bepaald tijdsinterval (bv. passage) met de geluidmeter in meterstand "Slow". De A-weging is de standaard correctie voor de gevoeligheid van het menselijk oor. | ✓ | ✓ | ✓ |
| $L_{p,AS,1s}$ | Het gemiddeld geluidniveau dat optreedt in een periode van 1s. | ✓ | ✓ | ✓ |
| LAX (SEL) | Het totale gemiddelde geluidniveau voor de duur dat het geluid van een vliegtuig 10 dB onder het maximum is geweest (zie toelichting Bijlage 1) | ✓ | ✓ | - |
| LC | Het C-gewogen optredende geluidniveau. | - | ✓ | - |
| Leq | | ✓ | ✓ | ✓ |
| L95 | Het minimale geluidniveau dat gedurende 95% van de tijd optreedt. Dit niveau wordt beschouwd als een goede beschrijving van het continue omgevingsgeluid/achtergrondgeluid. | ✓ | ✓ | - |
| dB(A) | Bij de meting van het geluid kan aanvullend een frequentieanalyse worden uitgevoerd. Deze analyse vindt vaak plaats in negen 1/1 octaafbanden (25-10000 Hz) of 27 1/3-octaafbanden. Deze detailinformatie kan (later) gebruikt worden voor controle en/of verdere analyse en berekeningen. | dB(A) | dB(A) 31 1/3 octaafbanden 16-16000 Hz | dB(A) |
| Geluidsamples van event | Opslag van geluidsamples maakt het mogelijk om achteraf te bepalen wat er in werkelijkheid is gemeten. | - | ✓ op te halen uit meetstation | - |
| Overig | | | | |
| Temperatuur | | - | ✓ (enkele stations, uurdata) | ✓ <u>elk station of vanuit meteo?</u> |
| Windrichting | | - | ✓ (enkele stations, uurdata) | ✓ |
| Windsnelheid | | ✓ | ✓ (enkele stations, uurdata) | ✓ |
| | | | | |

| Informatie | Toelichting | Luistervink | Nomos | Sensornet |
|--------------------------------------|--|--|--|---|
| DETECTIE en PARAMETERS | | | | |
| Aantal gedetecteerde passages | Het aantal gedetecteerde passages wordt vastgelegd. | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | Herkenningstetal vliegtuiggeluid Waarde0-1, Stijgtijd geluid dB/sec Passageduur (Tpas) pp zwevende meetdrempel die 5 dB boven L95 ligt van afgelopen 15 minuten. T10 passagetijd 10 dB onder de top | Passageduur, tijdsduur, spectrum L _{Amax} , L _{Aeq} , SEL en ingestelde detectie-parameters drempel, minimale duur. LCS _{max} , LCE, LCE _q , LCE _{qmax} , PNL _{max} , EPNL Uurwaarden LAE, LAE, max level, L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99. | |
| Vliegtuigdetectie | | Koppelen van het meetbestand met een bestand van geluidherkennings programmatuur Aanvullende herkenningparameters als piekniveau- windsnelheid, stijgtijd, soms vergelijking met nabijgelegen meetpost (clusterherkenning), vergelijkingen L _{Amax} - LSEL, en vergelijkingen ander gemeten parameters L _{Amax} -Tpas; Tpas-T10 etc | Overschrijding ingestelde drempel Tijdsduur gebeurtenis (minimum tijd/maximum tijd) Snelheid van toe- en afname gebeurtenis (niet te snel of te langzaam) | Geluidpatroonherkenning, Correlatie dB(A)-waarde met naburige meetpunten, radartracks |
| Criteria | | Als de vectorsom H van alle herkenningparameters boven een bepaalde waarde komen. $H^2 = a1 \cdot h1^2 + a2 \cdot h2^2 + a3 \cdot h3^3 + a4 \cdot h4^2 \dots \text{etc}$ H1= herkenningparameter 1 A1 weegfactor van herkenningparameter1 Event= valid als H1 < drempelwaarde, anders stoorlawaai | Systeem gebruikt een fuzzy logic algoritme dat de L _{Amax} waarde van een gebeurtenis koppelt aan radargegevens op basis van afstand, vliegpad (hoogte, stijgen, dalen). | Zie boven, voor elk event wordt een statistische zekerheid bepaald |
| L _{den} /L _{night} | Wordt een berekening uitgevoerd van het gemiddelde geluidniveau L _{den} of L _{night} | ✓, rapportage schriftelijk Luistervink | ✓, rapportage NLR | ✓, rapportage schriftelijk Sensornet |
| CORRECTIES | | | | |
| Stoorgeluidcorrectie | Conform NEN-ISO 20906 kan rekening worden gehouden met een stoorgeluidcorrectie (zie Bijlage 2). | Alleen als L _{Amax} -L95 < 10 dB. Normaliter is L _{Amax} -L95 groter dan 10 dB., dan is correctie niet gebruikelijk. | Nee, alleen passages boven een drempelwaarde worden gemeten. De drempelwaarde is per meetpost zo ingesteld dat de L _{Amax} waarde niet significant beïnvloed wordt. | Nee |

| Informatie | Toelichting | Luistervink | Nomos | Sensornet |
|--------------------------------|---|---|--|-------------------------------------|
| Stoorgeluidcorrectie (vervolg) | | Normaliter worden events bij LMax-L95 < 10 dB niet meegenomen omdat daarbij de herkenning te veel fouten oplevert en de geluidbijdrage van deze events meestal te verwaarlozen is. | | |
| Andere correcties/bodem/gevel | Invloed van lokale reflecties moet worden voorkomen om meetdata onderling vergelijkbaar te maken. | Ja, omdat de bodem van het microfoonhuis sterker absorbeert, (Reflectie 0 dB) dan de standaard situatie bij de certificaat metingen met laag grasland (geschatte reflectie 1 dB) zoals gedefinieerd in de Icao voorschriften Annex16, wordt bij de gemeten geluidniveau's 1 dB(A) opgeteld. | - | - |
| Onderdrukking windgeruis | | Er is een dubbele windafscherming : een grote 20 cm windbol met daarboven een gaasdoek van 2,5x2,5 m. Aangezien het windgeruis afneemt met de 4e macht van de diameter van de windbol, geeft deze oplossing een veel lager windruisniveau dan een 10 cm windbol. | Windbol | Windbol |
| Invloed wind | Zie toelichting invloed wind Bijlage 2. | Alle events worden vastgelegd. Bij een te grote kans dat het event door windgeruis wordt veroorzaakt, wordt het event afgekeurd. Dit is afhankelijk van de relatie Lmax-Vwind. De Lmax door de wind wordt berekend en vergeleken met de gemeten Lmax.Events met een windsnelheid > 20 m/s (9 Bft) worden later weggefilterd. | Bij windsnelheid > 10 m/s (6 Bft) wordt een gebeurtenis voorzien van een waarschuwing voor mogelijke invloed wind. | 10 m/s |
| Max/min geluidniveau drempel | Door het instellen van een drempelwaarde wordt voorkomen dat systeem teveel fouten gaat maken door langfluctuaties van het omgevingsgeluid (bv. auto in de verte) te 'herkennen' als vliegtuig. Het instellen van een bovengrens kan zinvol zijn om niet zinnige piekgeluiden (windvlagen, onweer) buiten beschouwing te laten. | Ondergrens als Lmax-L95 < 10 dB(A). Bovengrens als Vwind > 20 m/s of als L95 > 60 dB(A). Luistervink heeft een zwevende meetdrempel op 5 dB boven het heersende L95 niveau. Dat betekent dat in een aantal gevallen een L95 niveau 's nachts van 35 dB(A) voorkomt, hetgeen betekent dat pieken vanaf 45 dB(A) al worden geregistreerd. | 4 detectietemplates, naar keuze schakelbaar voor bv. dag, nacht, spitsuur verkeer | Passage 10 dB boven omgevingsgeluid |
| | | | | |

| Informatie | Toelichting | Luistervink | Nomos | Sensornet |
|--|--|---|---|---|
| Beheer/ Meetgegevens | | | | |
| Locatie | Meetdata kan direct bij het meetstation worden opgeslagen en/of elders. | Op de computer van het meetstation, Na periodieke verzending per week ook op de computers van de thuisbasis. | Lokale meetgegevens in meetstation. Daarna transport naar centrale server (Melbourne) | Centrale servers |
| Beheer | Wie regelt de opslag en beheer | Geluidconsult | Brüel & Kjaer | Geluidnet medewerkers |
| | Wie heeft toegang tot de meetgegevens. | Geluidconsult | Brüel & Kjaer, Schiphol, NLR Platform Vliegtuighinder Castricum (meetposten) | Geluidnet medewerkers |
| Omgeving | Wordt het meetsysteem of delen daarvan elders gebruikt in of buiten Nederland | | | |
| Buitenland | | - | Circa 250 locaties wereldwijd | Ja |
| Controle, onderhoud, ijking, validatie | Met welke frequentie wordt het systeem gecontroleerd, onderhouden en geijkt. Met welke regelmaat worden de microfoons geijkt. Op welke wijze wordt gecontroleerd of de frequentie eigenschappen van het systeem stabiel zijn. Worden onderdelen van het systeem gecontroleerd op veroudering (bv. windbol) en standaard vervangen | | | |
| Controle | | 1x per 1-3 maanden controle 1x week data uitwisseling 1 station naar geluidnet | 4x Dagelijkse Automatische Controle Wekelijkse Controlerapporten naar Schiphol 1x per jaar volledige onderhoud | 2x per jaar |
| Ijking | | 1x per 2 jaar | 1x per jaar met pistophon | 2x per jaar |
| Frequentie eigenschappen | | 1x per 2 jaar | - | - |
| Veroudering | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Registratie onderhoud | | Via logboek | Via onderhoudsrapporten en tickets in beheerportal | ???? |
| Bewaartermijn | | Onbeperkt, vanaf 1991 | Onbeperkt | Onbeperkt |
| Maximaal aantal posten | | Onbeperkt, zelfstandig per post | Onbeperkt | Onbeperkt |
| Landelijke database | Is de data beschikbaar te maken voor een landelijke database | ✓ | ✓ | ✓ |
| Beheer ISO organisatie/bedrijf | Interne kwaliteit van het bedrijf/organisatie | Algemene kwaliteitsprincipes | ISO9001 | Intern |
| Relatie bedrijf/kwaliteit | | Geluidconsult is onafhankelijk van de opdrachtgever met een mate van onafhankelijkheid Type A volgens de kwaliteitsnorm ISO 17020 voor inspection bodies. | Brüel & Kjaer beheert systeem in opdracht van Schiphol | Hier is bij onze doelgroep geen extra budget voor |
| ISO systeem | Toegepaste normen | ISO-61672 en 60651. De ISO 20906 en ISO 3891-2 waren nog niet beschikbaar toen de Luistervinkstations werden geïnstalleerd. | ISO 61672 en 60651 (meetpost) ISO 20906 (totaal systeem, plaatsing meetpost buiten verantwoordelijkheid B&K/Lochard) | ISO-61672 en 60651. |

| Informatie | Toelichting | Luistervink | Nomos | Sensornet |
|--|--|--|--|--|
| DATA PRESENTATIE RAPPORTAGE | | | | |
| | Op welke wijze kan uw systeem data rapporteren en presenteren (email/online/website) | Zie Bijlage 3 Normaliter via jaarlijkse elektronische rapportages aan de opdrachtgever: de betreffende gemeente. Bij een gemeente is per kwartaal een verslag gemaakt. Op 1 Luistervink meet station in Amstelveen is er een online internetpresentatie via het netwerk van Geluidnet. Meetpunt 213 | Zie Bijlage 4 NOMOS online (Applicatie Schiphol) | Zie Bijlage 5 Website met geluidniveaus Overige uitkomsten L_{den}/L_{night} schriftelijk voor opdrachtgevers |
| TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING | | | | |
| | Verwacht u in het komend jaar veranderingen aan het systeem die u relevant acht om nu te melden. | Mogelijke veranderingen in het geluidherkenningspakket. Verbeteringen mbt draadloze communicatie Verbeteringen in de meetsoftware | Brüel & Kjaer kan extra software modules leveren zoals <i>NoiseOffice</i> , opslag en analyse data <i>WebTrak</i> , online vlucht en geluidinformatie <i>iView</i> , visualisatie vluchten <i>Flyquiet</i> , voor Management lawaaiprogramma | Ja, o.a. verbetering geluidherkenning |

Bijlage 7 Technische aanbevelingen voor geluidmetingen CDV2005

Bijlage 5: Technische aanbevelingen voor geluidmetingen voor informatie

Voor de meting en evaluatie van vliegtuiggeluid bestaat een internationale standaard: ISO 3891-1987 (E) "Procedure for describing aircraft noise heard on the ground". Het werk aan een herziening van dit document heeft recentelijk geleid tot een ontwerptekst voor een nieuwe standaard, "Acoustics – unattended monitoring of aircraft noise in the vicinity of airports" (ISO/CD 20906, d.d. 28.04.2003). Dit ontwerp geeft in detail de voorschriften voor de te gebruiken meetapparatuur, meetomstandigheden en gegevensverwerking. Het ligt voor de hand dat dit document een belangrijke rol moet spelen bij de ontwikkeling van een meetsysteem voor vliegtuiggeluid. Het zal in de praktijk niet altijd mogelijk zijn om aan alle voorschriften te voldoen. Het afwijken van de voorschriften brengt het risico met zich mee dat er onduidelijkheid gaat ontstaan over wat een meetresultaat precies voorstelt en met welke nauwkeurigheid dit is bepaald. Om dit risico te beperken zijn hieronder enkele technische aanbevelingen beschreven.

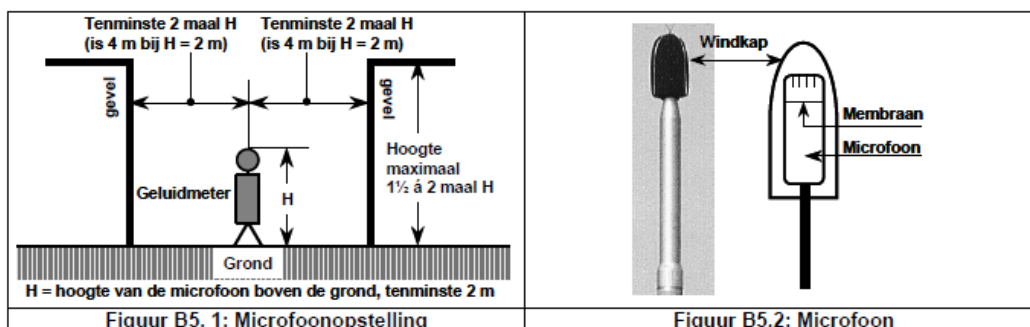
Onderstaande aanbevelingen geven geen garantie voor een bepaalde mate van betrouwbaarheid of nauwkeurigheid. Ook is het niet zo dat de aanbevelingen een noodzakelijke voorwaarde zijn voor het realiseren van een betrouwbaar meetsysteem. Maar men moet zich wel bewust zijn van afwijkingen tussen meetresultaten die op onderstaande manier en op een andere manier worden verkregen en eventueel maatregelen treffen om deze afwijkingen te vermijden.

a. Meetapparatuur

- De meetapparatuur moet geschikt zijn voor het meten van het geluid-drukniveau L_p één keer per seconde in meterstand 'slow' en/of $L_{eq,1sec}$ in dB(A). Deze gegevens zijn nodig om de geluidsniveaus L_{Amax} en L_{AX} van de vliegtuigpassages te bepalen, maar kunnen op zich achterwege blijven bij de presentatie van de resultaten.
- De apparatuur inclusief microfoons voldoen aan IEC "klasse 2" of wijken in de primaire meetresultaten, dat wil zeggen de L_p waarden hierboven genoemd, minder dan plus of min 3 dB(A) af ten opzichte van een ijking met "klasse 0" of "klasse 1" geluidsmeters. Ter toelichting: geluidsmeters zijn ingedeeld in door de IEC geformuleerde klassen. Hoe lager het klasse nummer, hoe beter de kwaliteit van de meter, klasse 0 is laboratorium apparatuur.
- De metingen worden zodanig uitgevoerd dat de resultaten met A-weging kunnen worden gepresenteerd.
- De apparatuur moet ongevoelig zijn voor en bestand zijn tegen temperatuur-variaties en vocht.
- De meetmicrofoon moet voorzien zijn van een windkap, die het te meten geluid niet beïnvloedt maar wel het stoorgeluid van wind vermindert.
- De calibratie van het meetsysteem wordt uitgevoerd bij installatie en na het herstel van technische storingen en voorts ten minste twee maal per jaar.

b. Opstelling van de microfoons

Meetresultaten zijn afhankelijk van de opstelling van de microfoon. Obstakels die de weg van het geluid tussen het vliegtuig en de microfoon belemmeren en reflecterende oppervlakken (gevels en daken van gebouwen, maar ook het bodemoppervlak) kunnen zorgen voor een versterking of verzwakking van het geluid, die op twee nabij gelegen meetpunten sterk kan verschillen. Om te weten wat er precies wordt gemeten en om meetresultaten onderling te kunnen vergelijken, moeten zoveel



mogelijk onzekerheden ten gevolge van reflecties en afscherming worden vermeden. Dit kan door de microfoon op een hoogte van tenminste 2 meter boven een geluidabsorberend oppervlak. (geen harde bestrating, grind of asfalt) op te stellen en op voldoende afstand (tenminste twee maal de meethoogte) van reflecterende verticale vlakken, zoals de gevels van huizen, die niet hoger zijn dan twee maal de meethoogte. Dit is aangegeven in figuur B5.1, waarin de meethoogte is aangeduid met "H". Het is gebruikelijk een meetmicrofoon te gebruiken die verticaal wordt opgesteld, zodat het membraan van de microfoon horizontaal ligt; zie figuur B5.2

c. Bewerking van de primaire meetresultaten

Voor bruikbare metingen moeten de primaire meetresultaten, derhalve de elke seconde gemeten L_p waarden, worden bewerkt:

- Eliminatie van onbetrouwbare resultaten ten gevolge van regen, onweer, of windsnelheden boven circa 5 m/s. Hogere windsnelheden kunnen toelaatbaar zijn, indien - naast het gebruik van de eerder genoemde windkap - het windgeluid voldoende kan worden onderdrukt.
- Scheiding van vliegtuiggeluid van het geluid van andere bronnen, bijvoorbeeld door het instellen van drempelniveau's (dat wil zeggen een waarde voor het geluidniveau waaronder niet wordt gemeten), koppeling aan radargegevens van vliegtuigen, filtering technieken die gebruik maken van de specifieke karakteristieken van vliegtuiggeluid ten opzichte van andere bronnen of correlaties tussen resultaten van verschillende dicht bij elkaar gelegen meetposten.
- Voor alle vliegtuiggeluidpassages worden per meetpost naast de primaire resultaten ook L_{Amax} en bij voorkeur ook L_{AX} geregistreerd; deze maten worden gebruikt voor de presentatie van de resultaten.

d. Meteorologische gegevens

Het verdient aanbeveling ook de meteorologische omstandigheden, waaronder de metingen zijn uitgevoerd, vast te leggen. Deze gegevens zijn belangrijk, want als exact hetzelfde vliegtuig exact hetzelfde vliegt langs dezelfde meetpost, maar bij verschillende meteorologische omstandigheden – zoals luchtdruk, temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid, windrichting (naar de meetpost toe of er vanaf) – wordt gemeten, verschillen de resultaten van die metingen van elkaar.