

**ONTWIKKELING, ERVARINGEN EN ONDERZOEKSRISULTATEN
VAN EEN PERMANENT MONITORSYSTEEM VOOR VLIEGTUIG-
LAWAAI UITGERUST MET PATROONHERKENNING**

ing. Rein C. Muchall
OMEGAM-Geluid
H.J.E. Wenckebachweg 120, 1096 AR Amsterdam

**DEVELOPMENT, EXPERIENCE AND STUDY RESULTS OF AN
AIRCRAFT NOISE MONITORING SYSTEM EQUIPPED WITH
PATTERN RECOGNITION**

Summary: In 1989 the environmental authorities of Amsterdam initiated the development of an aircraft noise monitoring system to find out whether the aircraft noise contour maps correspond with the real noise levels in Amsterdam around Schiphol airport. The first unit started operations in 1990, followed by a second one in 1992. The system consists of a standard universal noise level meter and a 286 personal computer. The unit costs less than \$10.000. A characteristic property of this system is the pattern recognition software to select airplane noise events from disturbing noise. A set of filters was developed and tested, which is able to sort out 95% of non aircraft events and results in an accuracy of approximately ± 1 dB(A) over a 1 year period. The measurements over 1992 showed a 3 dB(A) higher average noise level compared to the calculations. A second method of determination, combining measured noise levels per aircraft type with airport registrations, confirmed the differences. It may be concluded that the average peak levels measured in the field are approximately 3 dB(A) higher than those derived from the certification tests in combination with prescribed flight paths. The further development of the monitoring system and its software will go on and the aircraft noise monitoring around Schiphol airport will be continued.

1 INLEIDING

De geluidbelasting van vliegverkeer wordt in Nederland sinds het begin tachtiger jaren bepaald door middel van een genormaliseerd rekenmodel volgens LL-HR-20-01. In Amsterdam bestond echter geruime tijd de behoefte om de geluidbelasting in Kosten-Eenheden direct via metingen vast te stellen. Op initiatief van de Milieudienst van Amsterdam is in 1989 door OMEGAM een nieuw type monitorsysteem voor vliegtuiglawaaï ontwikkeld, genaamd LUISTERVINK, dat in 1990 in werking is gesteld.

2 DOELSTELLING EN RANDVOORWAARDEN

Bij het opzetten van het meetsysteem stonden enkele vragen centraal waarop een antwoord gegeven moest worden: Wat is de geluidbelasting door vliegtuigen in Buitenveldert op jaarbasis in zowel KostenEenheden KE als in equivalente geluidniveaus L_{Aeq} ? Hoe verhoudt deze gemeten geluidbelasting zich ten opzichte van de berekende waarde? Hoe ziet het verloop van de L_{max} en L_{Aeq} per maand en de dag/nacht verdeling er uit en welke trend is er te bespeuren?

Hoeveel geluidpieken komen er voor die 's nachts slaapverstoring kunnen veroorzaken?

Er waren vervolgens enkele randvoorwaarden waaraan moest worden voldaan:

- 1) Om de kosten te drukken diende het meetsysteem zo veel mogelijk te worden samengesteld uit standaard apparatuur zoals gewone geluidniveaumeters, eenvoudige personal computers en dergelijke.
- 2) Het systeem moest geheel onafhankelijk van het luchtvaartcomplex: Schiphol (NVLS), Rijksluchtvaartdienst (RLD), Nederlands Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR), kunnen functioneren.
- 3) Het systeem moest ook de lagere geluidbelastingen onder 65 dB(A) kunnen registreren.

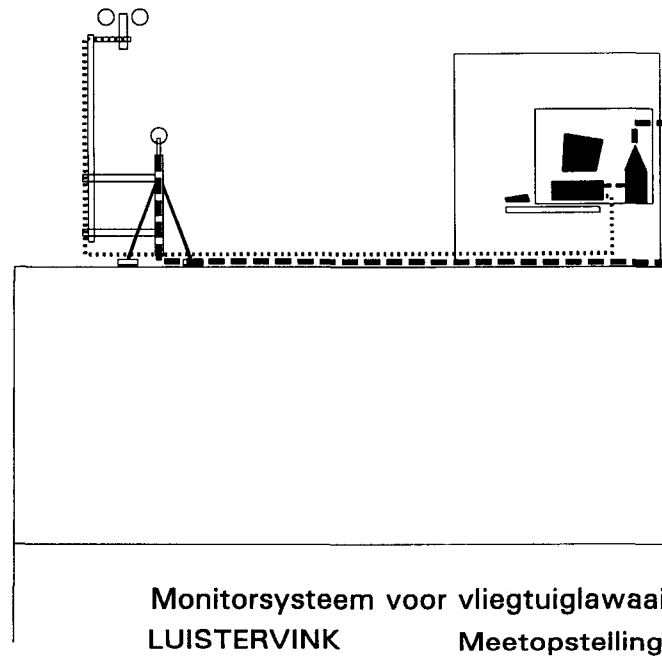
Onbemande, continu werkende installaties brengen eigen problemen met zich mee zoals hoge eisen ten aanzien van weersbestendigheid, betrouwbaarheid, ijking en datatransport. Ervaringen met het buitenluchtmeetnet en civiel-technische meetnetten van OMEGAM hebben veel praktische kennis opgeleverd zodat deze problematiek oplosbaar was. Bij het meten van omgevingslawaai is het elimineren van stoorlawaai op te lossen door een vorm van patroonherkenning toe te passen. Dit vereist een enigszins intelligente meetinstallatie.

Een tweede probleem, dat met het voorgaande op gespannen voet staat, is de meetgevoeligheid. Het is niet moeilijk stoorlawaai weg te filteren als daarbij zonder bezwaar wat informatie verloren mag gaan. Dat is hier niet het geval: elke hoorbare decibel vliegtuiglawaai dient geregistreerd te worden. Dit betekent dat continu het achtergrondgeluid moet worden gemeten en dat elk geluid dat daar enigszins bovenuit komt, kan worden geregistreerd. Ook dit vraagt meetintelligentie.

Een derde probleem is de hoeveelheid informatie die binnenkomt en moet worden opgeslagen en verwerkt. Een maand bevat alleen al zo'n 2,6 miljoen seconden. Hieraan een aantal meetdata koppelen zou vele megabytes vergen die later ook bewerkt en bewaard zouden moeten worden. De intelligentie van het meetstation zou dus ook ingezet moeten worden voor datareductie.

3 BESCHRIJVING VAN DE MEETINSTALLATIE EN DATA-VERWERKING

De meetopstelling bestaat uit een buitenmicrofoon, voorzien van een regenkap, verwarming en windbol en een windsnelheidsmeter, gemonteerd op een verzwaard statief. Het geheel is opgesteld op het dak van een hoge woonflat. In de dakopbouw is de besturings- en verwerkingseenheid geplaatst waarin een geluidniveaumeter is opgenomen (B&K type 2218) welke samen met de windsnelheidsmeter is aangesloten op een ter plaatse opgestelde personal computer (80286) met meetkaart. De geluidniveaumeter is, zoals gebruikelijk voor vliegtuiglawaai, ingesteld op A-weging en integratiestand SLOW. De plaatsing van de microfoon ligt tamelijk gevoelig met het oog op reflectie en interferentie van de bodem (dak). Uit onderzoek naar de meetmethode voor gevels blijkt dat bij een afstand van 2 m voor de gevel er rond de 160 Hz uitdoving plaatsvindt. De meethoogte van 1,2 m volgens ICAO geeft uitdoving tussen 200 en 1000 Hz, afhankelijk van de elevatiehoek. Volgens Payne [1982] treedt er boven 5 m meethoogte een lagere reflectie dan 3 dB(A) op. Hier is in overeenstemming met aanbevelingen in Scandinavische landen een meethoogte van 2 meter gekozen op een dak dat meer dan 10 meter boven de grond ligt. Op deze wijze is getracht een zuivere bodemreflectie zonder veel interferentie te bewerkstelligen.



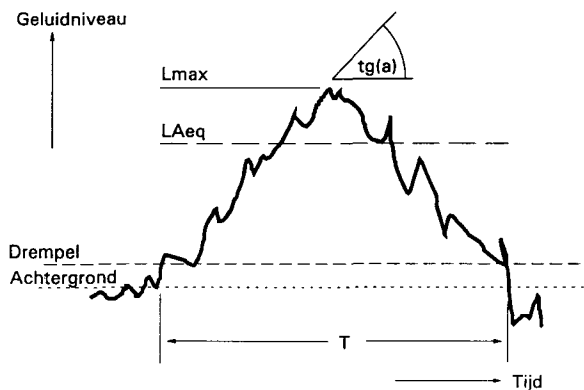
Figuur 1 Meetopstelling op het dak van een flatgebouw.

De meetprogrammatuur bemonstert elke seconde het geluidsniveau en de windsnelheid. Hieruit wordt over een periode van circa 15 minuten het heersende achtergrondniveau berekend en de drempelwaarde, die 5 dB(A) hoger ligt, vastgelegd. Wanneer nu deze drempel langer dan 10 seconden wordt overschreden is er sprake van een "gebeurtenis". Het einde van deze gebeurtenis wordt gekenmerkt door een onderschrijding van de drempel gedurende meer dan 5 seconden. Vervolgens wordt een aantal gegevens vastgelegd:

- de datum en het tijdstip van de L_{max} tot op de seconde nauwkeurig
- het L_{max} in dB(A)
- het L_{Aeq} van de gebeurtenis in dB(A)
- het achtergrondniveau in dB(A)
- de tijdsduur van de gebeurtenis in seconden
- de windsnelheid in m/s
- de maximum stijgtijd van het geluid(later ingebouwd) in dB/s.

Na het verstrijken van de gebeurtenis worden met de parameters enkele vergelijkingen uitgevoerd om te bepalen of de gebeurtenis enige gelijkenis vertoont met een vliegtuigpassage. Dit is eigenlijk de eerste stap van de patroonherkenning. Wordt aan deze voorwaarde voldaan, dan worden de genoteerde parameters opgeslagen op de harde schijf. Het resultaat van deze bewerking is een forse datareductie met ongeveer een factor 50 tot 100 ten opzichte van systemen die elk monster bewaren. Per maand wordt circa

Karakteristieke vorm vliegtuig passage

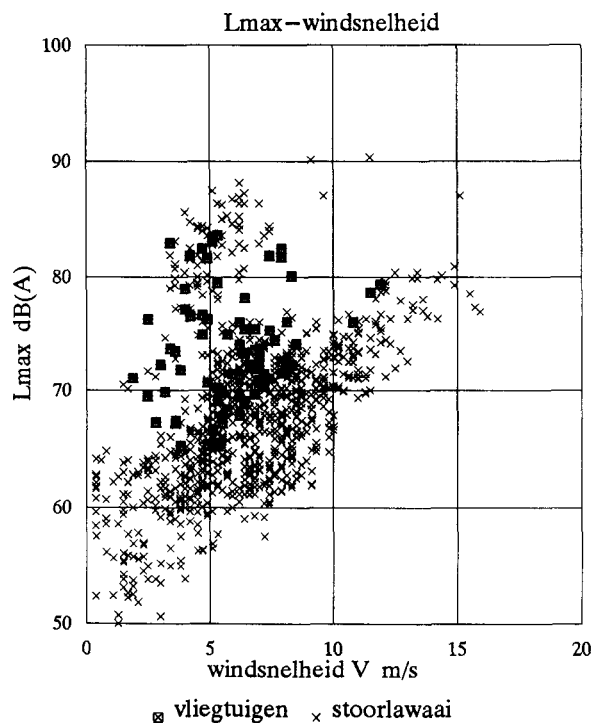


Figuur 2 Karakteristieke vorm van een vliegtuigpassage. De hoofdvorm is een driehoek met een basis gevormd door de drempel.

400 kilobyte aan data weggeschreven. Elke maand wordt de installatie geïnspecteerd, geïjkt, de klok gelijkgezet, de meetgegevens op een diskette gekopieerd en het logboek bijgewerkt. De ruwe meetdata worden vervolgens in een aantal stappen verder verwerkt. De eerste stap houdt in het toepassen van correcties: de ijkcorrectie, een regenkap-correctie van 0,6 dB(A) en een klokcorrectie, waaronder de correctie voor zomer- en wintertijd. De gemeten waarden hebben uiteraard alleen betrekking op de tijd dat er werkelijk gemeten werd. Geen enkele installatie is in staat is 100% van de tijd te functioneren. Er is een zekere uitval door service werkzaamheden, doordat de meetcondities te slecht zijn, storingen etc. Om zo zuiver mogelijk de gemiddelde geluidbelasting weer te geven moet derhalve een meettijdcorrectie worden toegepast. De meetsoftware plaatst een start- en stopcode in het meetgegevensbestand waaruit berekend kan worden hoeveel procent van de tijd gemeten is. Deze factor wordt later weer gehanteerd om de meetuitkomst lineair te extrapoleren naar de gehele studieperiode.

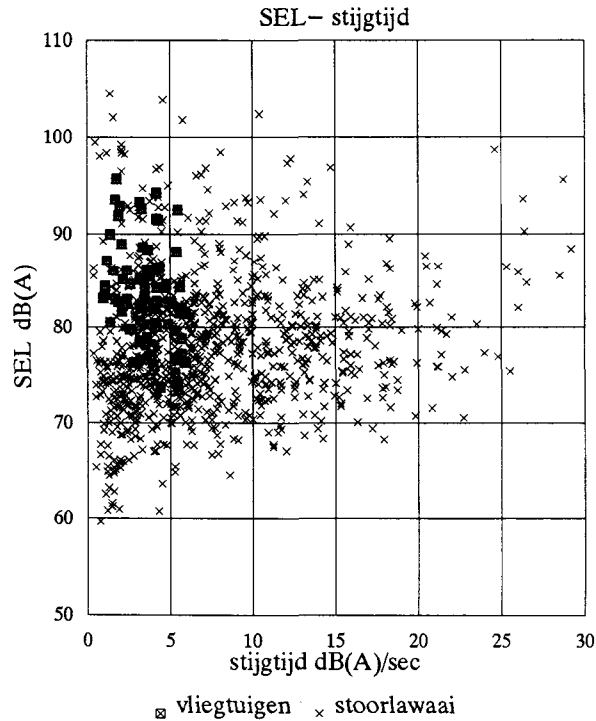
3.1 Patroonherkenning

De tweede stap betreft het uitfilteren van stoornis. Dit is een belangrijk kernpunt van het meetsysteem. De selectie verloopt via een methode van patroonherkenning en betreft zowel het patroon van het 'gezochte geluid' alsmede dat van het ongewenste stoornis. Elke gemeten parameter heeft zijn eigen maximum- en minimum grenzen. Dat is een eerste criterium. Een vliegtuigpassage heeft echter een karakteristieke driehoeksvorm. Daarom dient de onderlinge verhouding tussen verschillende parameters binnen bepaalde grenzen te liggen. Het L_{max} ten opzichte van het L_{Aeq} , de tijdsduur en het achtergrondniveau etc. Elk geformuleerd selectiecriteria werkt als een filter dat een deel van het stoornis wegfiltert. Per filter behoeven de eisen niet bijzonder hoog te zijn. Als men bijvoorbeeld 10 filters ontwerpt die elk in staat zijn 25% van het stoornis weg te filteren, is er na 10 filters nog maar 5,6% van het oorspronkelijke stoornis over. De filters zijn ontwikkeld



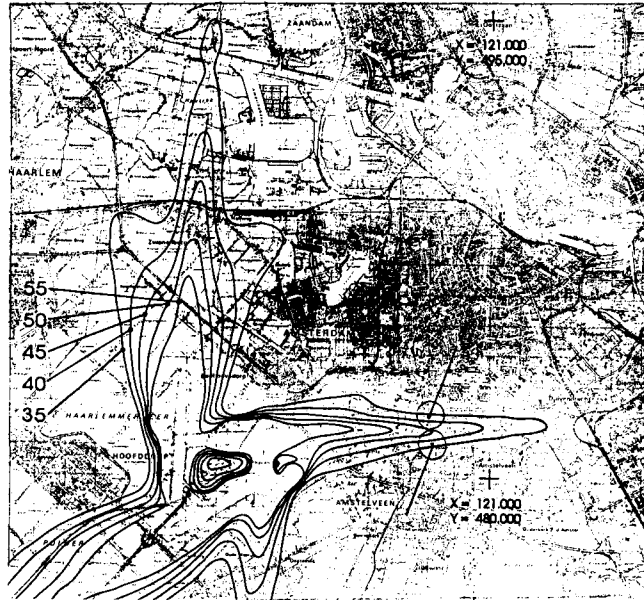
Figuur 3 Relatie L_{\max} -windsnelheid. In een groot gebied komt alleen stoorlawaai voor. Dit geeft een criterium voor selectie.

door opnamen te maken van zowel vliegtuiglawaai als stoorlawaai. Door middel van niveauschrijver, bandrecorder, visuele waarneming of luchthavenregistraties zijn vervolgens de gebeurtenissen in beide categorieën ingedeeld. Daarna werden de correlaties van een aantal parameters bestudeerd en selectiecriteria ontwikkeld. Bepaalde relaties leveren een beter selectierendement op dan andere. De relatie L_{\max} -windsnelheid geeft de mogelijkheid vrij veel stoorlawaai te elimineren zie hiervoor figuur 3. Onder een bepaalde lijn moet elke gebeurtenis als stoorlawaai worden aangemerkt. Een veel gebruikt criterium is de stijgtijd van het geluid (zie figuur 4). Vliegawaai heeft normaliter een stijgtijd minder dan 7 dB/sec. Windstoten, donderslagen en geschreeuw stijgen veel sneller. Een gevaar waar men zich voor moet hoeden is dat het filter te krap staat waardoor valide waarnemingen worden geëlimineerd en de gemeten belasting lager uitkomt. Een ideale filterset bestaat niet maar wordt nog het beste benaderd door een filterset die het gemiddelde niet beïnvloedt, dus die in gelijke mate stoorlawaai goedkeurt als valide geluid afkeurt. Daarom is een validatietest nodig die uitwijst of de gemiddelde geluidbelasting na filtering overeenkomt met de werkelijkheid. Dit evenwicht is echter mede afhankelijk van de verhouding stoorlawaai-vlieglawaai. Bij deze meetpunten in de buurt van de 35 KE contour en gemiddelde L_{\max} -niveaus van 75 dB(A) ligt, over het gehele jaar gemeten, de



Figuur 4 De stijgtijd van vliegtuigpassages ligt normaliter lager dan 7 dB/sec.

verhouding vlieg:stoor op ongeveer 1:1. Wordt er echter weinig gevlogen bij slecht weer dan is deze verhouding veel groter, met een lagere betrouwbaarheid als gevolg. Daar staat een grotere betrouwbaarheid bij veel vluchten en goed weer tegenover. De hoogte van de geluidspieken ten opzichte van het achtergrondlawaaai is eveneens van invloed. Hoe groter de relatieve piek hoe beter de herkenbaarheid. Tenslotte spelen lokale omstandigheden een rol. Het lokale achtergrondlawaaai en obstakels die windturbulenties kunnen veroorzaken beïnvloeden de gevoeligheid van de installatie zodat de filterset per lokatie moet worden ontwikkeld en getest. Uit een validatietest bleek een ontwikkelde filterset van 11 afzonderlijke filters 97% van het geregistreerde stoorlawaaai weg te kunnen filteren. Ook kon worden afgeleid dat bij een verhouding stoor/vlieg van 1:1 en een gemiddeld piekniveau van 75 dB(A) zoals die optreden bij de beide meetpunten, de missers en de overblijvende stoorgeluiden elkaar ongeveer in evenwicht houden. Een standaardafwijking van 5% en een betrouwbaarheid van 95% geeft in decibellen uitgedrukt een nauwkeurigheid van ± 0.4 dB(A) ofwel ± 0.6 KE. Omdat het type stoorlawaaai in de praktijk niet noodzakelijkerwijs overeen hoeft te komen met die uit de tests kan in de praktijk de nauwkeurigheid iets anders liggen. In het onderhavige onderzoek is derhalve een marge aangehouden van ± 1 dB(A), respectievelijk $\pm 1,5$ KE.



Figuur 5 De meetlokaties zijn aan weerszijden van de geluidtrog gelegen zodat ze onderling kunnen worden vergeleken en elkaars reserve zijn.

Van de gevalideerde L_{Aeq} en L_{max} per passage kunnen allerlei soorten gemiddelde laaibelastingen “noise climats” worden samengesteld. De eerste stap is die in Kosten-Eenheden en het L_{Aeq} per uur. Hierbij wordt vervolgens de straffactor van dat betreffende uur verwerkt en kan het gemiddelde per etmaalperiode: dag, of nacht worden berekend. De definitie daarvan verschilt nogal eens. Volgens de LuchtvaartWet duurt de nacht van 24–6 uur. Sinds kort is daaraan de definitie voor nachtnormering van het binnengeluid aan toegevoegd met een 7–urige nacht tussen 23 en 7 uur. Voor Schiphol is 23–6 uur gekozen. De Amerikanen en Britten (en steeds meer landen) hanteren de L_{dn} (day-night level) met een nachtperiode van 22–7 uur. De Wet GeluidHinder hanteert de dag- (7–19), avond- (19–23) en nachtperiode (23–7) en de etmaalwaarde. Van al deze perioden wordt een maandgemiddelde samengesteld en vervolgens een jaargemiddelde van januari tot en met december. Een goed inzicht in de trend waarbij de invloed van de seizoenen worden uitgeschakeld geeft het lopende 12–maands gemiddelde, dus van januari tot januari februari tot februari etc.

4 MEETLOKATIE

Er zijn in eerste instantie twee meetpunten langs de oostelijke aanvliegeroute “27” van Schiphol geprojecteerd. Deze zijn aan weerszijden van de “geluidstrog” gepositioneerd, beide op ongeveer dezelfde afstand van de landingsbaan. De lokaties zijn zodanig gekozen

dat uit de overeenkomsten en verschillen van de beide metingen bevestigingen of afwijkingen van de geluidstrog zijn af te leiden. Bovendien zijn beide installaties elkaars reserve bij eventuele uitval. Het meetpunt aan de noordzijde is geplaatst op een 9 etages hoog flatgebouw in Buitenveldert langs de Amstelveense weg op ongeveer 500 meter van het midden van de vliegroute. Dit meetpunt (Bolestein) is sinds september 1990 in werking. Het meetpunt aan de zuidzijde is gepositioneerd in de gemeente Amstelveen op een 8 etages hoog flatgebouw aan het Goereesepad op enkele honderden meters vanaf de Amstelveenseweg en op circa 400 meter van het midden van de vliegroute. Er worden hier sinds januari 1992 metingen uitgevoerd.

5 MEETRESULTATEN

De resultaten over 1991 en 1992 zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 Meetresultaten per jaar en per periode in KE en L_{eq} in dB(A).

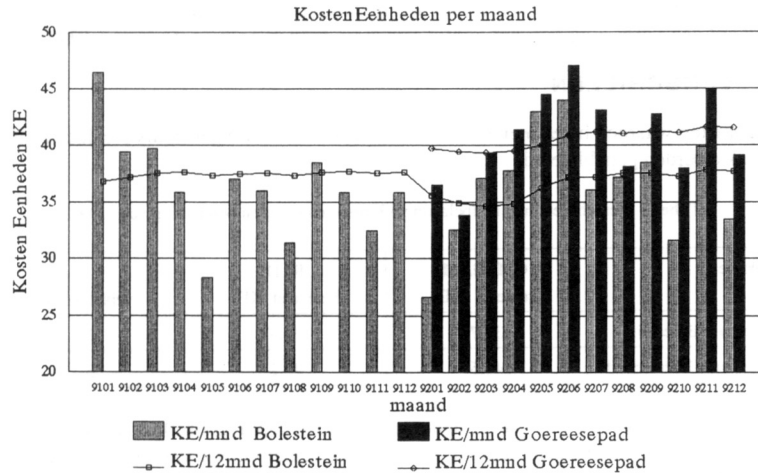
Lokatie:	Periode:	1991 KE	1991 L_{eq} dB(A)	1992 KE	1992 L_{eq} dB(A)
Bolestein	etmaal	37.6	56.7	37.7 KE	57.8
	dag	29.9	55.6	34.6	56.0
	nacht incl. straffactor	32.9	–	27.1	–
	nacht + 10 dB(A)	–	50.1	–	53.1
Goereesepad	etmaal	–	–	41.5	60.9
	dag	–	–	37.4	58.7
	nacht incl. straffactor	–	–	33.1	–
	nacht + 10 dB(A)	–	–	–	56.9

Vergeleken met de berekening van het NLR over 1991 ligt de meting circa 3.6 KE hoger. De contourenkaart van de berekening over 1992 levert een geluidsbelasting van circa 34 en 36 KE op zodat de metingen ongeveer 3 en 6 KE hoger uit komen. De L_{Aeq} -waarden liggen circa 20 dB(A) hoger dan de geluidbelasting B in Kosteneenheden. Ook kan men een relatie van $L_{Aeq} = 0.5B + 39$ vinden, hetgeen iets hoger ligt dan door anderen gevonden relatie $0.5B + 34$ tot $0.5B + 38$.

Er is een flinke variatie per maand van zo'n 20 KE. In januari 1991 trad er een sterke piek op in geluidsbelasting tengevolge van veel militaire nachtvluchten in verband met de Golfoorlog. Deze had vermoedelijk tevens tot gevolg dat het vliegverkeer in mei 1991 een sterke daling te zien gaf. Een jaar later was deze trend precies andersom: een daling in januari en een stijging in mei. Normaliter is er een forse toename van het aantal (vakantie) vluchten in juni, juli en augustus.

De trends zijn enigszins zichtbaar te maken in het lopende 12-maands gemiddelde. De trend in geluidbelasting werd in 1991 sterk verstoord door de invloeden van de Golfoorlog. Er is derhalve in dat jaar geen stijgende of dalende trend waar te nemen. In 1992 is bij het Goereesepad een stijgende trend te zien van 3 KE, bij Bolestein is dat circa 2 KE stijging per jaar.

Hoewel de verhouding van het aantal vluchten nacht/dag in de orde van 1 : 30 ligt, is de geluidbelasting 's nachts ongeveer 9 KE lager dankzij de hoge straffactor voor



Figuur 6 De maandelijkse belasting varieert zo'n 20 KE. Het 12 maandsgemiddelde maakt de trend zichtbaar.

nachtvluchten. Zonder nachtvluchten komt de geluidsbelasting in beide meetpunten 3 à 4 KE lager uit. De geluidsbelasting uitgedrukt in L_{Aeq} geeft hetzelfde beeld als die in KE, echter met circa 20 dB(A) hogere getallen. Het L_{Aeq} geeft wat kleinere verschillen te zien. Het niveau van de nachtelijke vluchten ligt ongeveer 4 dB(A) lager dan dat van het gehele etmaal en zonder nachtvluchten zou de geluidbelasting L_{Aeq} circa 2 dB(A) lager uitkomen. De stijgende trend is hier in de orde van 0.5 dB(A) per jaar.

Het aantal geregistreerde passages in de nachtperiode, hoger dan 80 dB(A), op deze lokaties overeenkomend met een Sound Exposure Level, SEL, van 90 dB(A) bedroeg in de orde van 300 tot 700 per jaar, verdeeld over ongeveer 35 nachten, dus ongeveer 10 tot 20 vluchten per gevlogen nacht. In 1991 was dit aantal hoger vanwege de militaire nachtvluchten in januari. Achter een ongeïsoleerde gevel met een gemiddelde geluidsisolatie van zo'n 20 dB(A) betekent een enkele passage van 80 dB(A) piekniveau buiten een L_{max} in de slaapkamer van 60 dB(A) respectievelijk een SEL van 70 dB(A) en een L_{eq} over 7 uur van 26 dB(A). Volgens Passchier-Vermeer [1994] is de kans op ontwakken 1,8% bij passages met een SEL (binnen gemeten) van 70 dB(A). Over 35 nachten met 15 passages betekent dat 9,5 ontwakingen. De kans op slaapstadiumveranderingen is hierbij 525 maal, dus meer dan 100% per passage. Ter vergelijking: de nieuwe nachtnormering van 26 dB(A) gaat uit van maximaal 10 ontwakingen per jaar.

Omdat de werkelijke geluidbelastingen rond 5 KE hoger liggen dan de berekende contouren aangeven, is de oppervlakte en het aantal inwoners binnen een contour eveneens groter. Op basis van extrapolatie van de gegevens in de NLR rapportage betekent een verhoging van de geluidbelasting met 5 KE een vergroting van het gebied binnen een bepaalde geluidcontour met ongeveer 50%. Het aantal woningen

neemt meer dan evenredig toe met de afstand tot de luchthaven en 5 KE meer betekent een verhoging van het aantal inwoners binnen zo'n contour met 100%.

6 VERSCHILLEN

De gemeten waarden betekenen een verschil met de berekeningen zoals die door de NLR jaarlijks worden gepubliceerd

Tabel 2 Verschillen in geluidbelasting KE tussen meting en berekening voor 1992.

Lokatie:	OMEGAM gemeten (KE)	RLD berekend (KE)	verschil (KE)
Meetpunt Bolestein	37.7	34.5	3.2
Meetpunt Goereesepad	41.5	35.2	6.3

De mogelijke oorzaak hiervan is nader onderzocht. Door gebruik te maken van het historisch registratiesysteem van Schiphol en van de rapportage van Dolderman [1993] van het NLR over 1992 was het mogelijk de aantallen passages over de dag en nachtperiode vast te stellen. Koppeling van deze registraties aan de gemeten piekniveaus maakte het mogelijk om van elke geregistreerde vliegtuigcategorie het gemiddelde piekniveau te bepalen. De standaard deviatie van de piekniveaus bedraagt gemiddeld over alle vliegtuigcategorieën ongeveer 2,5 dB(A) ofwel 3,9 KE. Bij optelling van alle categorieën middelt de fout per categorie zich verder uit zodat de spreiding van het gemiddelde over alle categorieën samen op minder dan 0,2 KE uitkomt. Op deze gemiddelde geluidspieken is een straffactor, afhankelijk van het passagetijdstip toegepast. Van de nachtvluchten is dit tijdstip precies bekend. Voor de dagsituatie is de gemiddelde straffactor afgeleid uit de NLR rapportage over 1992. Ten slotte is aldus op een alternatieve manier de geluidbelasting over het jaar bepaald. Deze aanpak leverde de volgende resultaten op:

Tabel 3 Overzicht resultaten gemengde berekening.

Berekeningsmethode:	Bolestein	Goereesepad
gemengde berekening NVLS/NLR/OMEGAM	39,6 KE	40,3 KE
berekening RLD/NLR	34,5	35,2
verschil	5,1	5,1

Het verschil bedraagt op beide meetpunten ongeveer 5 KE. Aangezien de gemengde berekening net als de RLD-berekening van dezelfde aantallen vluchten uitgaat, kan het verschil alleen te wijten zijn aan een verschil in piekniveau. Dit betekent ongeveer 3 dB(A) verschil in de gemiddelde L_{\max} -waarde.

De verklaringen voor de geconstateerde verschillen zijn de volgende:

De piekniveaus bij het overvliegen van nieuwe vliegtuigen zoals deze bij de fabriekstests worden vastgesteld kunnen in de praktijk hoger uitvallen tengevolge van bijvoor-

beeld slijtage of onzuivere afstelling en dergelijke. Te verwachten is dat afwijkingen ten opzichte van de fabrieksgegevens bijna altijd tot verhoging van de piekniveaus zullen leiden.

De powersetting van de vliegtuigmotor kan afwijken van de bij de berekening aangenomen toestand. In de praktijk moet regelmatig het vermogen worden opgevoerd om het voorgeschreven vliegpad te kunnen volgen. Dit veroorzaakt meer lawaai dan de ideale powersetting. Bij de metingen zijn soms individuele verhogingen van meer dan 10 dB(A) geconstateerd. In het rekenmodel zijn in het geheel geen correcties van deze aard opgenomen.

De luchtdemping kan afwijken van de waarden zoals in het rekenmodel van LL-HR-20-01 zijn aangenomen. Vooral bij metingen over grote afstand kan dit aanzienlijke afwijkingen veroorzaken. Bij een meetafstand van rond 500 meter, zoals in dit geval, is deze afwijking overigens beperkt.

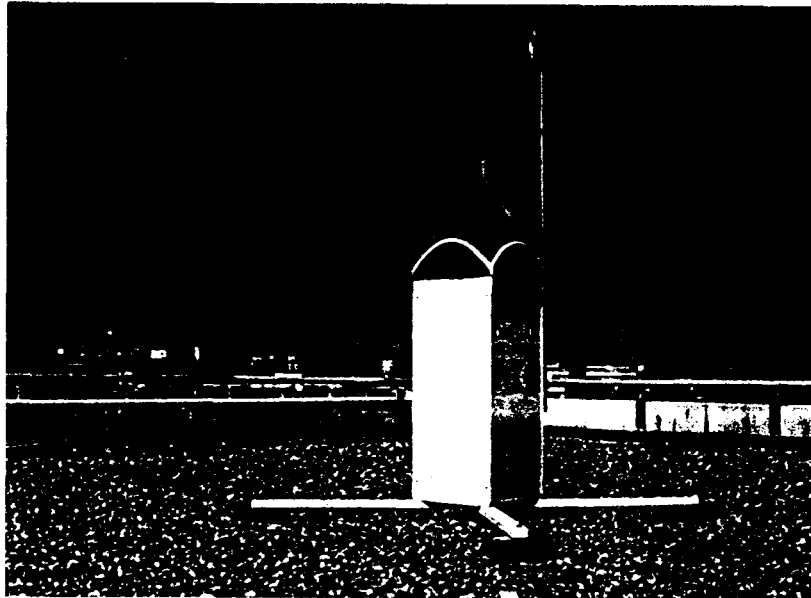
De baanafwijking is niet overeenkomstig het model. In de rapportage van het NLR wordt melding gemaakt van de Verbeterde Horizontale Spreiding (VHS). De werkelijkheid kan hiervan afwijken. De overgang van het oude verspreidingsmodel naar het nieuwe leverde soms verschillen van meer dan 5 KE op, en geeft daarmee een indruk hoe groot de invloed hiervan kan zijn. De werkelijke afwijkingen, zoals door de RLD zijn vastgelegd met het FANOMOS systeem, worden echter niet direct in de berekening betrokken.

De hoogteverschillen tussen de waarneempunten van het meetsysteem (rond 32 meter) en de hoogte waarop de berekeningen zijn gericht (2 meter boven het maaiveld) geven een verschil. Hoe hoger, hoe dichter bij de vliegtuigen deste meer lawaai. Dit wordt nog versterkt door de spreiding van de vliegpaden in horizontale en verticale zin. Het 95% spreidingsgebied is ongeveer 700 meter breed. Bij een normale verdeling van de baanafwijkingen betekent dat op 32 meter hoogte het gemiddelde circa 0,4 KE hoger uitkomt.

De onnauwkeurigheden van het validatiesysteem veroorzaken een fout in de geluidsbelasting. Uit een analyse van de geregistreerde aantallen passages komt naar voren dat meetpost Bolestein ongeveer 15% minder en meetpunt Goereesepad ongeveer 15% meer passages dan de officiële registraties van starts en landingen van baan "27" en "09" van Schiphol aangeven. Uit de validatietest is gebleken dat vooral de minder lawaaiige passages en stoorlawaai minder zuiver zijn te herkennen. Een onzuiverheid van 15% van de passages over alle lawaai-categorieën samen kan via deze redenering worden verklaard. De gevoeligheid van beide meetinstallaties is niet gelijk zodat het ene meetpunt meer kan oppikken dan het andere. Het te hoge aantal kan komen doordat starts en landingen van andere banen soms ook over het meetpunt vliegen. Ook is gebleken dat militaire vluchten nooit in de registraties worden opgenomen, hetgeen de officiële registraties minder betrouwbaar maakt.

7 EVALUATIE VAN DE MEETINSTALLATIES EN VERDERE ONTWIKKELINGEN

De kosten van de beschreven installatie liggen onder de f 20.000,- hetgeen relatief laag is ten opzichte van de op de markt verkrijgbare systemen die ongeveer f 100.000 aan investering vergen. Door verdere integratie van computer en geluidniveaumeter kan dit in de toekomst verder worden teruggedrongen. Inmiddels is een tweede generatie monitorsystemen gereedgekomen waar de microfoon en windsnelheidsmeter samen met de rest



Figuur 7 Tweede generatie monitorsystemen met geïntegreerde buitenmicrofoon en windmeter.

van de apparatuur (geluidniveaumeter, computer) in een weersbestendige kast zijn opgenomen. Hierin zal ook een data-communicatiesysteem worden ingebouwd dat aansluit op het automatisch luchtmeetnet van OMEGAM. Datatransport, ijking, functiecontrole en on-line meekijken kan daardoor vaker en met minder operationele kosten plaatsvinden. Verder is op grond van de ervaringen een beter onderhouds- en revisieschema opgesteld. De patroonherkenning en stoorlawaaifiltering zal verder worden ontwikkeld. Een aanzienlijke verbetering van het selectierendement wordt verwacht van een filter dat de gebeurtenissen van post A en B aan elkaar koppelt. Ook een koppeling met de meteobestanden van het KNMI zal tot stand worden gebracht.

LITERATUUR

- Dolderman, A.B., 1993. De geluidsbelasting rond de luchthaven Schiphol in 1992, NLR rapport, nr. NLR CR 93410L.
- Muchall, R.C., 1993. Akoestisch onderzoek naar de geluidbelasting vanwege de luchtvaart op woningen langs de oostelijke aanvliegeroute van Schiphol door middel van meting, OMEGAM rapport nr. 1470101.
- Muchall, R.C., 1993. Validatie en ijking van de automatische vliegtuiglawaaimetingen van het meetsysteem "Luistervink"; OMEGAM rapport nr. 1470101-2.
- Muchall, R.C., 1993. Onderzoek naar de verschillen tussen meting en berekening van vliegtuiglawaai op meetpunten in Amsterdam en Amstelveen; OMEGAM rapport nr. 1470101-3.
- Passchier-Vermeer, W. 1994. Slaapverstoring door nachtelijk vliegtuiglawaai; Nederlands Instituut voor praeventieve Gezondheidszorg TNO; rapport nr PG 94.021.
- Payne, R.C., 1982. Acoustics report 102; National Physical Laboratory Teddington UK.