

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

National Aerospace Laboratory NLR



NLR-TP-2008-569


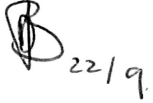
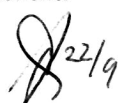
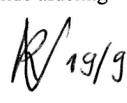
Grondgeluid rondom SchipholH.W. Veerbeek, J. Nijmeijer¹ en D.H.T. Bergmans¹ Amsterdam Airport Schiphol

Dit rapport is gebaseerd op een presentatie te houden tijdens het congres Geluid Trillingen en Luchtkwaliteit, Nieuwegein, 6 november 2008.

Uit dit rapport mag worden geciteerd onder de voorwaarde dat volledige bronvermelding plaatsvindt.

Opdrachtgever	NLR
Contractnummer	----
Eigenaar	NLR
NLR Divisie	Air Transport
Verspreiding	Onbeperkt
Rubricering titel	Ongerubriceerd
	september 2008

Goedgekeurd door:

Auteur	Reviewer	Beherende afdeling
 19/9	 22/9	 22/9
		 19/9

Inhoudsopgave

Introductie	3
Inventarisaties en analyses	4
Fase I	5
Fase II	5
Fase III	6
Installeren vaste NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid	7
Inventarisatie resultaten NOMOS grondgeluid meetposten	7
Inventarisatie met metingen grondgeluid Amstelveen	8
Installeren tweede NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid	8
Conclusies	9
Referenties	9



Grondgeluid rondom Schiphol

H.W. Veerbeek^a, J. Nijmeijer^b, D.H.T. Bergmans^a

^a*Air Transport Divisie, Nationaal Lucht en Ruimtevaartlaboratorium, Anthony Fokkerweg 2, 1059 CM Amsterdam*

^b*Environmental Capacity, Amsterdam Airport Schiphol, Evert v/d Beekstraat 202 1118 CP Schiphol*

veerbeek@nlr.nl

Abstract

Sinds de opening van de Polderbaan in 2003, ondervinden de inwoners van Hoofddorp hinder van grondgeluid. In de context van dit artikel is het grondgeluid alleen het geluid dat wordt veroorzaakt door het vliegtuig als het begint te rollen en de intentie heeft een start uit te voeren. Grondgeluid is hierbij het geluid dat zich bevindt in het lage gedeelte van het geluidsspectrum, namelijk tussen de 25 en 100 Hz.

Schiphol heeft de intentie de hinder, veroorzaakt door grondgeluid, aan te pakken en te reduceren. Hiervoor zijn vanaf 2004 verschillende onderzoeken uitgevoerd. Dit artikel geeft een overzicht van onderzoeken naar grondgeluid tot nu toe. Werden er in 2005 inventariserende metingen gedaan om grip te krijgen op het probleem, tegenwoordig zijn er NOMOS-metposten die continue grondgeluidgegevens vastleggen.

Introductie

In 2003 is de Polderbaan op de luchthaven Amsterdam Airport Schiphol (AAS) in gebruik genomen. Na de ingebruikname is het aantal klachten gerelateerd aan grondgeluid in Hoofddorp toegenomen. Naar aanleiding van deze klachten heeft AAS het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) destijds verzocht een inventarisatie te doen naar grondgeluid. Deze inventarisatie bleek de eerste stap om de hinder veroorzaakt door grondgeluid te onderzoeken.

Langs een tijdslijn (2003 tot en met 2008) zijn de stappen weergegeven die tot heden een bijgedrage geleverd hebben aan de zoektocht naar een oplossing om de hinder van het grondgeluid te verminderen. Middels deze tijdslijn is getracht een zo volledig beeld neer te zetten van de doorlopen stappen.

2003	Ingebruikname Polderbaan
	Klachten Grondgeluid te Hoofddorp
	Schiphol start onderzoek "Grondgeluid Hoofddorp"
2004	Fase I: Inventarisatie met NOMOS metingen [Ref.1]
	Fase II: Inventarisatie met aanvullende metingen [Ref.2]

2005	Fase III: Analyse met gedetailleerde metingen [Ref.3]
	Fase IV: Onderzoek grondgeluid m.b.v. simulaties
2006	Grondgeluid: een overzicht en resultaten [Ref.4]
	Op zoek naar vermindering grondgeluid te Hoofddorp
2007	Installeren vaste NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid
	Initiatief reductie grondgeluid m.b.v. innovatieve geluidswal - piramides
2008	Prijsvraag "Create a barrier of silence" [Ref.5]
	Inventarisatie resultaten NOMOS grondgeluid meetposten [Ref.6]
	Inventarisatie met metingen grondgeluid Amstelveen [Ref.7]
	VROM's inventarisatie normering laagfrequent geluid
	Installeren tweede NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid [Ref.8]

Naast het NLR zijn bij het doorlopen van de stappen op de tijdslijn ook andere partijen betrokken geweest, dit zijn o.a. Wylelabs, TNO en Alterra. Deze partijen zijn op verzoek van AAS en/of omwonenden in het onderzoek betrokken. Zij maakten (tijdelijk) deel uit van het projectteam waarin, naast AAS en omwonenden, ook de gemeente Haarlemmermeer en CROS (Commissie Regionaal Overleg Schiphol) vertegenwoordigd waren.

In de context van dit artikel is de definitie van grondgeluid het geluid (geluidsenergie) dat zich bevindt in het lage gedeelte van het geluidsspectrum, namelijk tussen de 25 en 100 Hz. Grondgeluid is laagfrequent geluid, maar niet al het laagfrequent geluid afkomstig van vliegtuigen is grondgeluid. Kenmerkend aan het grondgeluid is dat de toename van het laagfrequent geluid te relateren is aan een vliegtuig dat de intentie heeft een start uit te voeren.

Dit artikel beschrijft het onderzoek naar grondgeluid rondom Schiphol. Inventarisaties en analyses worden samengevat. Eerst worden een aantal stappen, zoals weergegeven op de tijdslijn, verder toegelicht om vervolgens af te sluiten met conclusies en aanbevelingen. Het spreekt voor zich dat voornamelijk wordt ingegaan op de onderzoeksstappen, waarbij het NLR betrokken was of nog is.

Inventarisaties en analyses

De betrokkenheid van het NLR in de stappen zoals op de tijdslijn weergegeven betreft:

- Fase I,II,III (Grondgeluid een overzicht en resultaten);
- Installeren vaste NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid;
- Inventarisatie resultaten NOMOS grondgeluid meetposten;
- Inventarisatie met metingen grondgeluid Amstelveen;
- Installeren tweede NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid.

Het NLR heeft tijdens de eerste onderzoeksstappen (Fase I, II, III) van grof naar fijn het grondgeluid benaderd. In het begin zijn inventariserende metingen uitgevoerd met bestaande meetposten, later zijn er metingen uitgevoerd voor het doen van gedetailleerdere analyses.

Fase I

Het doel van fase I was om de toegenomen hinder in Hoofddorp op een objectieve wijze te beoordelen. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschikbare geluidmeetgegevens gemeten door NOMOS-metpost 17, locatie Landleeuw. Het onderzoek is later uitgebreid door tijdelijk twee mobiele meetposten te plaatsen in Hoofddorp-Noord.

De geregistreerde piekniveaus zijn vergeleken met waarden die worden veroorzaakt door vliegverkeer van andere startbanen. Piekniveaus dus, die ook al optraden voordat de Polderbaan in gebruik genomen werd. Uit deze vergelijking bleek dat geen sprake was van hogere piekniveaus. Wel was, door het toegenomen aantal vluchten in het gebied, sprake van beduidend meer metingen van vliegtuiggeluid in een gelijkdurige periode.

Voor alle onderzochte locaties bleek overigens dat het gemeten piekniveau (L_{Amax}) tijdens starts vanaf de Polderbaan vaak beneden de detectiedrempel bleef. Hierdoor werd door de NOMOS-metposten voor veel starts vanaf de Polderbaan geen geluidsgebeurtenis gedetecteerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat NOMOS niet ontworpen is voor het vastleggen van grondgeluid, maar voor geluid van overvliegende vliegtuigen. De meetposten registreren A-gewogen geluidniveaus op basis waarvan de geluidgebeurtenissen gedetecteerd worden. Metingen die niet tot een geluidgebeurtenis behoren worden na verloop van tijd gewist.

De standaard beschikbare NOMOS geluidgebeurtenissen boden geen goede basis voor beoordeling van grondgeluid. Aanbevolen werd destijds om, in overleg met omwonenden, aanvullende meetsessies uit te voeren naar de geluidniveaus in het lagere frequentiedomein. Gekoppeld aan deze geluidmetingen werd aanbevolen ook te inventariseren op trillingen in woningen, omdat bij heel lage frequenties het geluidniveau (trillingsniveau) minder gehoord wordt maar des te meer gevoeld.

Fase II

Het doel van fase II was om de beperkingen van NOMOS-metposten ten aanzien van laagfrequent geluid weg te nemen. Het NLR heeft hiervoor aanvullende metingen uitgevoerd op dezelfde posities in Hoofddorp-Noord als in fase I. De metingen betroffen nog steeds primair het beoordelen van het grondgeluid ter plaatse van de ontvanger. Op basis hiervan is getracht een duidelijke relatie te leggen tussen starts vanaf de Polderbaan en geconstateerde hinder. Tijdens fase II zijn C-gewogen geluidniveaus geanalyseerd om zodoende het laagfrequente signaal in detail te kunnen analyseren. Aanvullend zijn trillingsniveaus gemeten aan de constructies van de woningen in de buurt waar gemeten werd.

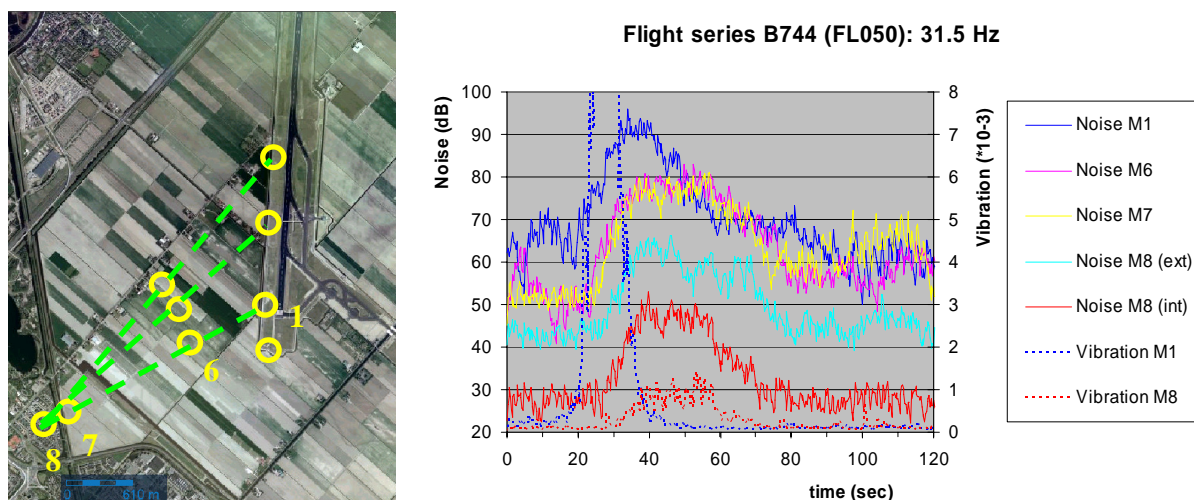
Uit analyse van de meetgegevens bleek dat trillingen met een frequentie van 32 Hz dominant waren. De verkregen meetresultaten hadden een aantoonbare relatie met het startende

vliegverkeer vanaf de Polderbaan. Verder bleek dat vooral de vliegtuigen met een groter startgewicht tot hogere geluid- en trillingsniveaus leiden. De resultaten afgeleid uit de C-gewogen meetresultaten kwamen overeen met de waarnemingen van omwonenden.

De aanvullende metingen hebben de relatie tussen startend verkeer vanaf de Polderbaan en mogelijke hinder in Hoofddorp-Noord bevestigd. Tevens is aangetoond dat met name bij lagere frequenties (32 Hz) hogere niveaus voorkwamen. Op basis van deze resultaten werd aanbevolen nadere studie te doen naar de bron en het overdrachtspad.

Fase III

Tijdens de derde fase van het onderzoek naar grondgeluid in Hoofddorp zijn de metingen uitgebreid naar locaties buiten de woonwijken. Het doel was inzicht te krijgen in de precieze relatie tussen bron en ontvanger, en in de overdracht van bron naar ontvanger. Hiervoor zijn zowel geluid- als trillingsmetingen uitgevoerd in het gehele gebied tussen de startbaan en de woonwijk. In figuur 1 zijn de meetlocaties weergegeven en geluid- en trillingsresultaten voor een startende Boeing 747-400.



Figuur 1 links: meetlocaties fase III - rechts: meet resultaten geluid en trillingen

De trillingsmetingen, zowel bij de startbaan als tussen Hoofddorp en Schiphol, gaven niet aan dat trillingen via de grond een bijdrage leverden aan de gemeten trillingsniveaus in de woningen te Hoofddorp. De geluidmetingen daarentegen leverden voor alle locaties goed correlerende gegevens op. Hieruit is geconcludeerd dat de overdracht van het grondgeluid door de lucht plaatsvindt.

Verder bevestigden de verkregen geluidsresultaten dat:

- Geluidniveaus die binnenshuis optraden dominant waren bij frequenties rond 32 Hz. Deze trend van dominantie correspondeerde met het moment dat het vliegtuig begint te rollen.
- De invloed van wind leidde tot variaties tot ongeveer 4 dB, ongeacht het vliegtuigtype. Er hebben metingen plaatsgevonden zowel met wind als zonder wind.
- In absolute zin is er sprake van een relatie tussen het vliegtuigtype en de geluidniveaus: de zwaardere types leiden tot hogere geluidniveaus.

Voor toetsing van mogelijke overlast zijn de beschikbare meetgegevens naast de hinderrapportages van omwonenden gelegd. De uitkomst was dat de gemeten maximale geluidniveaus in situaties zonder gerapporteerde hinder 5 tot 10 dB lager waren dan in situaties waarin wel hinder was aangegeven.

De aard en omvang van de metingen bracht met zich mee dat deze slechts gedurende een korte periode konden worden uitgevoerd. Om aanvullende gegevens te verkrijgen in situaties met andere meteorische omstandigheden zijn modellen gebruikt. De meetgegevens waren erg waardevol om als input te dienen voor deze modellen. De berekeningen hebben het effect van wind en bodemgesteldheid inzichtelijk gemaakt.

Installeren vaste NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid

Nadat de onderzoeksfases zijn doorlopen, is gekeken hoe de hinder ten aanzien van het grondgeluid verder verminderd kan worden. Net als bij het reguliere vliegtuiggeluid bestaan hiervoor een aantal mogelijkheden. Deze mogelijkheden zijn op te splitsen in akoestische en niet-akoestische factoren. Met de akoestische factoren richt men zich op het reduceren van de bron (bijvoorbeeld stillere motoren), de overdracht (bijvoorbeeld een geluidswal) of de ontvanger (zoals verhogen van de geluidsisolatie van woningen). Bij het reduceren van de hinder met niet-akoestische factoren is het verbeteren van de communicatie een belangrijk onderdeel. Schiphol heeft ervoor gekozen de hinder ten aanzien van het grondgeluid te verminderen door het creëren van een geluidswal (overdracht, akoestische factoren, zie ook de prijsvraag op de tijdslijn) en het verbeteren van de informatievoorziening (niet-akoestische factoren, installeren extra vaste NOMOS meetposten).

Voor het verbeteren van deze informatievoorziening is het NOMOS geluidmeetsysteem uitgebreid. Aan meetpost 17 in Hoofddorp is een extra microfoon geïnstalleerd (meetpost 80) om het grondgeluid te registreren en de niveaus zichtbaar te maken op de NOMOS-online site van Schiphol. De NOMOS meetpost 80 geeft hierbij zijn resultaten weer in C-gewogen geluidswaarden. Dit is gedaan om met het resultaat gevoeliger te maken voor laagfrequent geluid (grondgeluid) en de detectie te verbeteren.

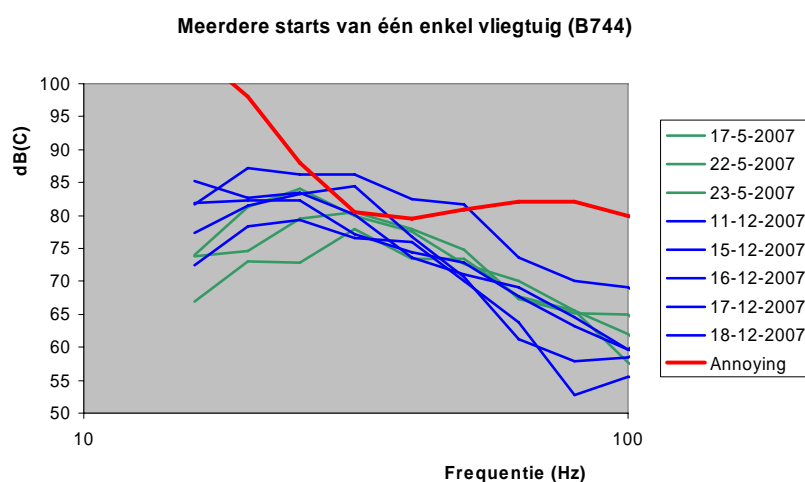
Inventarisatie resultaten NOMOS grondgeluid meetposten

Na het installeren van een vaste NOMOS meetpost kwam over een langere periode C-gewogen geluidsdata horende bij startende vliegtuigen beschikbaar. Dit in tegenstelling tot de

metingen gedaan in het kader van fase II en III, die een beperkte meetduur kenden. De meetresultaten van de periode januari 2007 tot december 2007 zijn vervolgens onderzocht.

Uit de meetresultaten blijkt dat door de plaatsing van meetpost 80, in vergelijking met de niet aangepaste meetpost 17 (op dezelfde locatie), een completer beeld van grondgeluid wordt verkregen. Meetpost 80 registreert namelijk geluidniveaus voor aanzienlijk meer starts.

De set gegevens uit de geselecteerde perioden laat zien dat met name de grote vliegtuigen tot hinder kunnen leiden. Bevindingen uit eerdere, korter durende, meetsessies worden hiermee door de meetgegevens van meetpost 80 ondersteund. In figuur 2 zijn meetgegevens weergegeven van hetzelfde vliegtuig, startend vanaf de Polderbaan, maar op verschillende dagen gemeten. De meetresultaten zijn in dezelfde grafiek uitgezet als de gehanteerde hindercurve (zie in figuur 2 links de rode lijn). De trend die waarneembaar is dat in de wintermaand december de geluidniveaus (rond 32 Hz) boven de hindercurve uitkomen.



Figuur 2 links: vergelijking meetresultaten van B744 starts - rechts: foto's van een startende B744

Inventarisatie met metingen grondgeluid Amstelveen

Medio 2008 zijn er op verzoek van Schiphol door het NLR ook metingen in Amstelveen uitgevoerd om vast te stellen of er ook sprake is van grondgeluid in Amstelveen. Dit naar aanleiding van klachten over grondgeluid in Amstelveen. De inventarisatie met metingen van grondgeluid Amstelveen worden momenteel uitgevoerd.

Installeren tweede NOMOS meetpost voor het meten van grondgeluid

In oktober 2008 zal Schiphol een tweede grondgeluid meetpost in Hoofddorp-Noord (Allegonda Hoeve) toevoegen aan haar NOMOS meetnet. Er is voor gekozen de nieuwe meetpost te plaatsen in de buurt van de woning waar eerder metingen zijn uitgevoerd in fase

I t/m III (figuur 1, locatie 8). Doordat de gekozen locatie vlak achter de Geniedijk ligt en deze dijk mogelijk invloed had op de metingen zijn proefmetingen uitgevoerd voor het bepalen van de tweede NOMOS meetlocatie [Ref.8]. Gebleken is dat de Geniedijk geen significante belemmering vormt voor het detecteren van het grondgeluid. De NOMOS-meetpost kan daarom zonder problemen achter de Geniedijk in de buurt bij de woningen geplaatst worden.

Conclusies

Sinds de opening van de Polderbaan in 2003, ondervinden de inwoners van Hoofddorp hinder van grondgeluid. Dat Schiphol de klachten over grondgeluid serieus neemt blijkt uit de onderzoekstappen genomen in het verleden en de zoektocht naar oplossingen.

Uit de objectieve geluidsonderzoeken vanaf 2003 blijkt dat grondgeluid aanwezig is in Hoofddorp. Uit analyse van de meetgegevens bleek dat trillingen met een frequentie van 32 Hz dominant waren. De verkregen meetresultaten hadden een aantoonbare relatie met het startende vliegverkeer vanaf de Polderbaan. Verder bleek dat vooral de vliegtuigen met een groter startgewicht tot hogere geluid- en trillingsniveaus leiden. Hierbij zijn weersomstandigheden ook van grote invloed.

Na de uitgebreide meetcampagnes is het grondgeluid aan bestaande hindercriteria getoetst. Voor Hoofddorp correleert deze toetsing met bekende hinderrapportages.

In de afgelopen jaren is kennis opgebouwd ten aanzien van het grondgeluid, met als doel de hinder te verminderen. De aanpak om hinder te verminderen kan via twee wegen bewandeld worden: akoestisch en niet akoestisch. Akoestisch zoekt Schiphol nu naar oplossingen om het geluid op het overdrachtspad te reduceren, via een zogenaamde “barrier of Silence”. De eerste niet-akoestisch reducerende maatregelen zijn getroffen door een uitbreiding van het bestaande NOMOS geluidmeetsysteem met grondgeluidmeetposten.

Referenties

- [1]. Veerbeek, H.W., *'Analyses NOMOS geluidmetingen in relatie tot startende vliegtuigen vanaf de Polderbaan'*, NLR-CR-2004-492, december 2004.
- [2]. Veen, T.A. *et al*, *'Measurements of noise and vibration near Schiphol Airport'*, NLR-CR-2005-175, mei 2005.
- [3]. Veerbeek, H.W. *et al*, *'Measurement results of noise and vibration measurements near Schiphol Airport'*, NLR-CR-2005-736, december 2005.
- [4]. Sharp, B. *et al*, *'Groundnoise Polderbaan Overview of Results'*, Wyle Report WR 06-02 (J/N 52611) February 2006.
- [5]. Internetsite: www.innovatieveoplossing.nl
- [6]. Veerbeek, H.W. *et al*, *'Grondgeluid Hoofddorp – een analyse van C-gewogen meetresultaten'*, NLR-CR-2008-149 (concept, nog niet gepubliceerd).
- [7]. Bergmans, D.H.T. *et al*, *'Grondgeluid Amstelveen'*, NLR-CR-2008-140 (concept, nog niet gepubliceerd).
- [8]. Veerbeek, H.W. *et al*, *'Metingen voor tweede NOMOS grondgeluid locatie Hoofddorp'*, NLR-CR-2007-720, oktober 2007.