



Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat  
DG Luchtvaart en Maritieme Zaken  
**Bescherming persoonlijke leven**  
Postbus 20901  
2500 EX Den Haag

A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
www.rivm.nl

KvK Utrecht 30276683

T +31 88 689 8989  
info@rivm.nl

## memo

Advies over structurele monitoring van het verschil  
tussen metingen en berekeningen van vliegtuiggeluid

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Binnen de programmatische aanpak meten vliegtuiggeluid (PAMV) is onder andere onderzoek gedaan naar het valideren van geluidberekeningen van vliegtuiggeluid met behulp van geluidmetingen. Dit heeft geresulteerd in een methode die is toegepast voor een eerste validatie van het Doc.29 model voor Schiphol. Tijdens de verkenning uitgevoerd voor de PAMV is het aanbevolen om een dergelijke validatie structureel uit te voeren, d.w.z. dat de vergelijking tussen berekeningen en metingen met een bepaalde frequentie over tijd wordt herhaald. Hiermee kan het verschil tussen rekenresultaten en metingen structureel worden gemonitord en kan naar de potentiële oorzaken worden gekeken indien de overeenkomst ten opzichte van de eerdere vergelijking is verslechterd.

**Uw kenmerk**

**Kopie aan**

**Bijlage(n)**  
Geen

Nu de eerste validatie voor Schiphol is uitgevoerd is het van belang om te bepalen hoe een dergelijke validatie in de toekomst structureel dient te worden uitgevoerd en welke frequentie van herhaling hierbij kan worden geadviseerd. In dit document wordt hier nader op ingegaan waarbij o.a. de volgende zaken aan bod komen:

- Wat is de doelstelling van de structurele monitoring?
- Hoe sluit de structurele monitoring aan op de reeds uitgevoerde onderzoeken binnen de PAMV?
- Op welke manier kan een structurele monitoring opgezet worden?
- Welke keuzes kunnen hierbij gemaakt worden en wat zijn de voor- en nadelen van de verschillende keuzes?
- Advies voor het opstellen van structurele monitoring van het verschil tussen meten en rekenen en daarmee van de kwaliteit van het rekenmodel.

## 1. Doel

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

In de rapportage van de verkenningsfase van de PAMV is onder andere het volgende geschreven over het doel van structurele monitoring, dat eventuele modelon nauwkeurigheden dient te signaleren:

Aanbevolen wordt een methodiek te ontwikkelen die een signaalfunctie vervult. Deze methodiek heeft als doel om op basis van meetgegevens te controleren of de resultaten van geluidberekeningen van de gewenste kwaliteit zijn. Deze methodiek is van essentieel belang voor het uitvoeren van modelvalidatiestudies en, daarmee samenhangend, modelverbetering en ontwikkeling.

Indien gezocht wordt naar verbetermogelijkheden op basis van een systeem met signaalfunctie, kan het model waar mogelijk worden verbeterd. Vervolgens kunnen de verschillen tussen meten en rekenen continu gemonitord worden. Het wordt echter aanbevolen om eventuele verdere modelverbeteringen niet continu door te voeren, maar om dit juist periodiek te doen om de continuïteit van het model te borgen.

## 2. Relatie met andere onderzoeken

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

De structurele monitoring sluit direct aan bij de twee PAMV onderzoeken over validatie van het Doc.29 model voor Schiphol<sup>1</sup> en het toepassingsbereik van metingen en berekeningen<sup>2</sup>. Hieronder wordt de relatie met deze twee onderzoeken kort samengevat.

### i. Validatie:

Voor het PAMV-validatieonderzoek is eerst een validatieaanpak<sup>3</sup> bepaald waarna deze aanpak is toegepast voor de validatie van het Doc.29 model voor Schiphol. Het werk uitgevoerd voor het validatieonderzoek heeft de basis gelegd voor de ontwikkeling van een systeem dat gebruikt kan worden voor structurele monitoring. De belangrijkste punten uit de validatieaanpak worden hieronder kort samengevat:

#### *Validatie scope*

Op basis van een literatuurstudie en eerdere ervaring met validatie van rekenmodellen werd de volgende scope voor de validatie voorgesteld:

- De validatie richt zich op geluidberekeningen volgens de ECAC-Doc.29 (4<sup>th</sup> edition) methode, specifiek de implementatie voor Schiphol.
- De validatie richt zich op het verbeteren van (specifieke) invoergegevens van geluidberekeningen (d.w.z. niet de modellering zelf).
- De validatie richt zich op de  $L_{den}$  geluidmaat.
- De validatie ondersteunt het onderzoek naar het toepassingsbereik van metingen en berekeningen.

#### *Aanvullende meeteisen voor validatie*

De meetgegevens gebruikt voor validatie moeten in eerste instantie zijn verzameld met behulp van meetsystemen geschikt voor validatie en op locaties die voldoen aan de validatie-eisen voor de meetlocatie, zoals

---

<sup>1</sup> Sahai, A., Wartenberg, T., Mabjaia, N., Hogenhuis, R., Heblj S.J., Vinkx, K. (2023). Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV): Validatie Doc.29 model voor Schiphol.

<sup>2</sup> Sahai, A., Mabjaia, N., Wartenberg, T. Hogenhuis, R., Heblj S.J., Vinkx, K. (2023). Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV): Toepassingsbereik metingen en berekeningen van vliegtuiggeluid.

<sup>3</sup> Sahai, A., Hogenhuis, R., Heblj S.J., Vinkx K. (2022). Validatieopstartfase - Voorstel voor een validatiemethodiek Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV).

vastgelegd in de PAMV Nationale Meetstrategie<sup>4</sup>. Er is voor de PAMV-validatieaanpak ook over aanvullende meeteisen nagedacht. Hierbij wordt voorgesteld om metingen alleen te gebruiken voor validatie als ze zijn uitgevoerd onder de volgende condities:

- Windsnelheid: 5 m/s of minder, tenzij er voor de specifieke meetpost ruimere limieten zijn vastgesteld.
- Neerslag: geen neerslag.
- Elevatiehoek: 60 graden of meer.

#### *Validatie criterium*

Voor de validatieaanpak is een streefwaarde voorgesteld voor het maximale verschil tussen meten en rekenen. Een maximaal verschil van 2 dB  $L_{den}$  per meetpost wordt hierbij als een initiële streefwaarde beschouwd. Bij verschillen tussen gemeten en berekende geluidbelasting van groter dan 2 dB  $L_{den}$  zal gezocht moeten worden naar mogelijkheden voor modelverbetering of naar een verklaring voor het verschil in de meetwaarden. Op basis van bevindingen tijdens de validatie zou deze streefwaarde waar nodig aangescherpt kunnen worden.

#### ii. Toepassingsbereik:

Het onderzoek naar het toepassingsbereik van metingen en berekeningen heeft het doel gehad om de grenzen te bepalen waarbinnen metingen en berekeningen van vliegtuiggeluid betrouwbaar kunnen worden uitgevoerd. Delen van het onderzoek naar het toepassingsbereik van metingen en berekeningen zijn op dezelfde vergelijking van berekende en gemeten geluidbelasting gebaseerd als het validatieonderzoek. Voor het bepalen van het toepassingsbereik van berekeningen is het 2 dB  $L_{den}$  criterium toegepast.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

---

<sup>4</sup> Sahai, A., Hogenhuis, R.H., Heblj S.J., Smetsers R., Assink, J. (2021). Programmatie Aanpak Meten Vliegtuiggeluid: Nationale meetstrategie. Kaders en inventarisatie meetsystemen.

### 3. Keuzes bij invulling structurele monitoring

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Bij het PAMV onderzoek naar modelvalidatie is eenmalig een vergelijking gemaakt tussen meten en rekenen voor Schiphol. Een structurele monitoring van geluidberekeningen heeft tot doel om met enige regelmaat een vergelijking te maken tussen metingen en berekeningen om zo te monitoren of het gehanteerde rekenmodel de metingen voldoende goed blijft volgen. Indien dit niet het geval is dient nader onderzocht te worden wat de reden hiervoor is, en indien blijkt dat het te grote verschil verklaard kan worden met een specifiek onderdeel van de modellering dat verbeterd kan worden is dat aanleiding tot een aanpassing van het model.

Bij het opzetten van de structurele monitoring dienen keuzes gemaakt te worden over hoe en hoe vaak het verschil tussen meten en rekenen dient te worden bepaald. De volgende zaken worden in dit verband in deze memo besproken:

- Uitgangspunten van de monitoringsanalyses
- Uit te voeren analyses ten behoeve van monitoring
- Maximale afwijking tussen meten en rekenen
- Manier van monitoring van de overeenkomst tussen meten en rekenen
- Frequentie waarmee de overeenkomst tussen meten en rekenen gemonitord wordt
- Frequentie waarmee het model (waar nodig) aangepast wordt.

#### 3.1 **Uitgangspunten van de monitoringsanalyses**

Bij het opzetten van de structureel monitoringsanalyses kan gebruik gemaakt worden van de kennis die is opgedaan bij de reeds uitgevoerde PAMV onderzoeken. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de volgende uitgangspunten:

- De signaalfunctie kan worden uitgevoerd door structureel het verschil tussen berekeningen en metingen te monitoren. Daarbij dienen de metingen te voldoen aan de eisen zoals gedefinieerd in de nationale meetstrategie en de aanvullende meeteisen voorgesteld en toegepast voor de PAMV validatie.
- Het uiteindelijke doel van het Doc.29 rekenmodel is een goede indicatie te geven van de jaarlijkse geluidbelasting, uitgedrukt in de  $L_{den}$  geluidbelastingmaat. Het ligt dan voor de hand om in ieder geval het verschil in gemeten en berekende  $L_{den}$  te monitoren.
- Hou rekening met het toepassingsbereik van metingen en berekeningen. Het gebruik van metingen heeft beperkingen naarmate meetposten verder van de vliegroutes en/of de luchthaven afliggen doordat de geluidniveaus van vliegtuigen niet (voldoende) boven het achtergrondgeluid uitkomen.

- Zoals al geconstateerd in de PAMV verkenningsfase zullen zowel berekeningen als metingen nooit volledig nauwkeurig zijn, wat ook wil zeggen dat ze niet exact gelijk zullen zijn aan elkaar. Daarom is voorgesteld te streven naar een maximaal verschil tussen de berekende geluidbelasting en de geluidbelasting bepaald op basis van metingen. Voor het PAMV validatie onderzoek is hiervoor een maximaal verschil van 2 dB  $L_{den}$  per meetpost gebruikt.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Het is goed om vast te leggen welke uitgangspunten voor de structurele monitoring gehanteerd worden. Zo kunnen bijvoorbeeld de eisen vanuit de nationale meetstrategie volledig worden overgenomen, of kunnen in sommige gevallen andere keuzes gemaakt worden, door bijvoorbeeld iets minder strenge eisen aan individuele metingen te stellen zodat meer meetgegevens gebruikt kunnen worden. Hierbij kan vooral aan de eis aan de elevatiehoek en windsnelheid gedacht worden. Uit de reeds uitgevoerde PAMV onderzoeken bleek dat een elevatiehoek van 45 graden (i.p.v. 60 graden) en windsnelheid tot 10 m/s (i.p.v. 5 m/s) tot duidelijk meer metingen kan leiden voor de validatie. Voor de windsnelheid kan per meetpost een check worden gedaan of deze eis niet tot verstoorde metingen leidt en of de grens waar nodig wat lager dient te worden bijgesteld, zoals bijvoorbeeld tot 8 m/s.

### **3.2 Uit te voeren analyses ten behoeve van monitoring**

Om te monitoren in hoeverre de verschillen tussen meten en rekenen binnen de gestelde marges blijven kunnen verschillende analyses worden uitgevoerd. Voor het PAMV validatie onderzoek zijn diverse analyses uitgevoerd op totaal niveau, vluchtsoortniveau en vliegtuigtypeniveau om de overeenkomst tussen meten en rekenen in detail te bepalen. Naast deze analyses kan het waardevol zijn om de verschillen voor specifieke vliegtuigtypes te monitoren, bijvoorbeeld voor een aantal vliegtuigtypes met de grootste bijdrage aan de totale geluidbelasting, of een nieuw vliegtuigtype om na de introductie de modellering van een dergelijk type te vergelijken met metingen.

Los van de vraag welke analyses gedaan dienen te worden, is het van belang om een keuze te maken voor een minimaal aantal meetlocaties en/of voor een minimaal aantal bruikbare geluidmetingen dat nodig is voor een betrouwbare analyse. Daarbij zullen de kaders van de nationale meetstrategie leidend zijn. Als bij het meten te veel wordt afgeweken van de kaders van de nationale meetstrategie is een validatie minder goed of zelfs niet mogelijk.

### **3.3 Maximale afwijking tussen meten en rekenen**

Bij het ontwikkelen van de validatiemethodiek voor het PAMV-validatieonderzoek is op basis van literatuur en eerdere ervaring met validaties van geluidmodellen (naast vliegtuiggeluid ook weg- en railverkeer) voorgesteld om te beginnen met een

streefwaarde voor een maximaal verschil van 2 dB  $L_{den}$ . Indien het verschil groter is dan deze waarde dient nader onderzoek naar de oorzaken van het verschil te worden uitgevoerd.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Hierbij kan voor de structurele monitoring overwogen worden om een marge mee te nemen, bijvoorbeeld door al vanaf verschillen groter dan 1,5 dB nader onderzoek in te stellen om zo de kans te verkleinen dat op een later moment verschillen van 2 dB of meer optreden. Daarnaast kan ook gekeken worden naar trends. Indien een verschil van 1,5 dB gevonden wordt op een meetpost waar tot dat moment over een langere periode minder dan 1 dB verschil gevonden werd, kan dat aanleiding zijn tot nader onderzoek. Dit zal niet het geval zijn indien op de betreffende meetpost structureel een verschil van 1,5 dB wordt gevonden.

Naast het criterium van 2 dB  $L_{den}$  kunnen waar nodig ook aanvullende criteria worden toegepast bijvoorbeeld met betrekking tot de correlatiecoëfficiënt(en) tussen berekeningen en metingen. Indien gekozen wordt te monitoren op aanvullende parameters naast de geluidbelasting (zoals trends over de jaren of aanvullende statistische parameters), dient ook voor deze parameters bepaald te worden in welke situatie een signaal afgegeven dient te worden dat nader onderzoek nodig is. Een eenvoudig voorbeeld hierbij kan zijn als de R-waarde van de overeenkomst verslechtert van de 0,95 naar 0,75 is dat een signaal dat de overal vergelijking door de een of andere redenen duidelijk is verslechterd.

### 3.4 Manier van monitoring

De methodiek toegepast voor het PAMV-validatieonderzoek vergelijkt rekenresultaten met metingen en geeft op basis van een statistische analyse een oordeel over hoe goed de overeenkomst tussen beiden is. Deze toegepaste methodiek dient als basis te dienen voor het systeem waarmee de structurele monitoring kan worden uitgevoerd. Wel kan ervoor gekozen worden om een aantal van de statistische analyses voor nader onderzoek te behouden en niet structureel uit te voeren, bijvoorbeeld de vergelijking op vliegtuigtype-niveau.

Het monitoringssysteem kan in principe op twee manieren worden toegepast om de kwaliteit van het rekenmodel structureel te monitoren – automatisch, indien de methodiek toegepast voor het PAMV-validatieonderzoek wordt geautomatiseerd, of handmatig waarbij een vergelijkbare aanpak wordt gevolgd als bij de uitvoering van het PAMV-validatieonderzoek. Beide opties worden hieronder kort toegelicht:

#### 1. Automatisch:

Met een automatische monitoring wordt een geautomatiseerde toepassing van de methodiek bedoeld die voor het PAMV-validatieonderzoek is gebruikt. Hier gaat het om een eenvoudige applicatie waarmee op basis van een geautomatiseerde toepassing de kwaliteit van de rekenresultaten kan

worden beoordeeld. Ideaal gezien zou hiervoor de benodigde reken- en meetdata ook automatisch worden vergaard bijvoorbeeld uit de nationale database voor metingen en een database/digitale opslagplaats waar de rekenresultaten voor de validatie worden opgeslagen en online voor validatie doeleinden beschikbaar gemaakt. Indien automatische verzameling van reken- en meetdata niet mogelijk is moeten de reken- en meetbestanden, net als voor het PAMV-validatieonderzoek, handmatig worden vergaard.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Vervolgens kan het systeem op een geautomatiseerde wijze en conform de PAMV-validatiemethodiek de gegevens vergelijken en een oordeel geven over de geobserveerde overeenkomst. Indien de verschillen ten opzichte van de eerdere vergelijking zijn toegenomen of de globale overeenkomst is verslechterd dan is dat een signaal dat er op termijn nader onderzoek naar de verschillen nodig zal zijn. Hierbij kan vroegtijdig actie worden genomen. Voor de automatische monitoring kan onder andere aan de volgende geautomatiseerde stappen worden gedacht:

- Verzamelen van meet- en rekendata.
- Controleren van meet- en rekendata voor correctheid en uitfilteren van foutieve of onbruikbare metingen.
- Het koppelen van metingen aan berekeningen.
- Toepassen van de validatie 'filters' voor wind, neerslag en elevatiehoek.
- Het uitvoeren van de statistische vergelijking van de berekende en gemeten geluidbelasting.
- Het creëren van de benodigde figuren en tabellen met de bijbehorende correlatie- en statistische coëfficiënten.
- Het opstellen van een automatische rapportage over de uitkomsten van de vergelijking.

Een automatisering vergt altijd een grotere investering aan het begin die door de automatische toepassing op de langere termijn tot minder handmatig werk (en daarmee minder kosten) leidt. Om kosten te besparen kan het programmeerwerk gedaan voor het validatieonderzoek geschikt gemaakt worden voor het uitvoeren van een automatische validatie. Hiernaast kan ook gekozen worden voor een compactere analyse dan gepresenteerd voor het validatieonderzoek. Indien voor een geautomatiseerd monitoringssysteem wordt gekozen dient met de enigszins hogere ontwikkelingskosten rekening te worden gehouden en eventuele (beperkte) beheerskosten om het monitoringssysteem actueel en functioneel te houden.



## 2. Handmatig:

Voor een handmatige toepassing van het monitoringssysteem wordt ervan uitgegaan dat zowel de meetdata als de rekendata handmatig zullen worden verzameld en voor de validatie geschikt gemaakt. Voor deze methode van monitoring zijn minder ontwikkelingskosten verwacht, aangezien de methode toegepast voor het validatieonderzoek reeds klaar ligt en dient in dit geval niet te worden geautomatiseerd. Wel zal voor deze manier van vergelijken en monitoren de benodigde mankracht beschikbaar moeten zijn om de vergelijking uit te voeren en te analyseren. Alhoewel de ontwikkelingskosten voor handmatige monitoring lager zullen zijn kunnen de structurele kosten voor een handmatige, periodieke vergelijking hoger uitvallen dan voor een automatische toepassing (afhankelijk van hoe vaak een handmatige monitoring wordt vereist). Bij het uitvoeren van handmatige analyses kan bij een eerste analyse eenmalig een analysemethode beschikbaar gemaakt worden, zodat daarop volgende analyses efficiënt en consistent met voorgaande analyses vergeleken kunnen worden.

Handmatige monitoring is logischerwijs meer geschikt voor monitoring die minder vaak wordt uitgevoerd en in ieder geval niet continu is.

**Datum**

28 maart 2024

**Ons kenmerk**

M&V-2024-0062

## 3.5 Frequentie van monitoring

De term 'structureel' in structurele validatie houdt een herhaling in van het proces van vergelijken van rekenresultaten met metingen met een bepaalde frequentie over tijd. Afhankelijk van de beleidsbehoefte kunnen voor de validatie frequentie verschillende keuzes worden gemaakt. In het PAMV verkenningsrapport is bijvoorbeeld aanbevolen om het verschil tussen meten en rekenen continu te monitoren, waarbij niet gespecificeerd is wat hiervoor de beste frequentie is (kortom, of bijvoorbeeld voor een dagelijkse of maandelijkse analyse gekozen wordt). In het Verenigd Koninkrijk (VK) wordt door de CAA-UK (Engelse civiele luchtvaart autoriteit) jaarlijks een vergelijking van het ANCON model met metingen uitgevoerd, om de rekenresultaten op basis van metingen te kalibreren<sup>5</sup>. Voor andere sectoren in Nederland zoals rail- en wegverkeer wordt ook een jaarlijkse vergelijking van berekende en gemeten geluidbelasting gemaakt voor de geluidmonitor<sup>6</sup>. Een jaarlijkse vergelijking zou de luchtvaart dan meer in lijn brengen met de andere transportsectoren. Een structurele validatie zou ook over een

---

<sup>5</sup> Rhodes D. P., e. a. (2018). Guidance on comparing calculated aircraft noise levels with measurements, UK Civil Aviation Authority.

<sup>6</sup> Bouwman, D.R., Kok, A., den Hollander, H., Geluidmonitor 2021 – Meting en validatie van geluidproductie van rijkswegen en hoofdspoorwegen, RIVM.

langere termijn kunnen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld eens in de vijf jaar, samenvallend met de END-cyclus.

**Datum**  
28 maart 2024

Voor de frequentie van de structurele monitoring bestaan er in principe de volgende opties met de bijbehorende voor- en nadelen:

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

1. Continu:

Voor een continue monitoring zijn continue metingen en berekeningen van vliegtuiggeluid nodig waarmee het monitoringssysteem de overeenkomst tussen beiden kan beoordelen. Bij de meeste luchthavens van nationale betekenis wordt continu gemeten om burgers over de lokale geluidssituatie in hun omgeving te informeren. Berekeningen kunnen ook in principe continu worden uitgevoerd (met de benodigde tijd en budget, afhankelijk van de behoefte daarnaar). Voor een continue monitoring kan gedacht worden aan een dynamische versie van het Doc.29 model waarmee de berekening op operationele basis continu kan worden uitgevoerd. Iets vergelijkbaars werd door het PAMV-consortium eind 2020 met de toenmalige Omgevingsraad Schiphol (ORS) besproken in verband met de vraag om op postcode-niveau over geluid te informeren. Hierbij werd geadviseerd, om relatief snel en efficiënt tot een eerste oplossing te komen, gebruik te maken van een versie van Doc.29 die rekening houdt met actuele temperatuur en luchtvochtigheid en die verbeterd is op basis van meetgegevens.

Het grootste voordeel van continue monitoring is dat met deze vorm van monitoring een potentiële verslechtering van de rekenresultaten vroegtijdig kan worden geïdentificeerd. Een continue monitoring zal daarom een proactieve houding signaleren in plaats van een reactieve houding wat tot nu toe het geval is geweest. Het grootste nadeel van deze manier van monitoren is de relatief grote investering die daarvoor nodig zal zijn en ook de benodigde ontwikkelingstijd. Voor een continue monitoring zal uiteraard een geautomatiseerde toepassing van de validatiemethodiek nodig zijn.

2. Jaarlijks:

Net als voor de weg- en railsector wordt gedaan en ook voor vliegtuiggeluid in het Verenigd Koninkrijk kunnen één keer per jaar berekeningen met metingen vergeleken worden om daarmee de kwaliteit van het model te controleren. Deze manier van monitoring is niet per se 'continu' maar heeft wel een vaste frequentie waarmee de kwaliteit van het rekenmodel op een relatief reguliere basis kan worden gemonitord. Voor de jaarlijkse monitoring geldt dat de monitoring automatisch of handmatig kan worden uitgevoerd (of een tussenvorm waarbij met een beperkte handmatige

inspanning de vergelijking wordt uitgevoerd volgens een verder geautomatiseerd proces).

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

3. Eens in de X jaren (bijvoorbeeld iedere 2 of 5 jaar):

Ook kan de monitoring minder regelmatig uitgevoerd worden, bijvoorbeeld eens in de twee jaar of eens in de vijf jaar. Indien deze keuze wordt gemaakt is de monitoring niet meer continu. Vooral bij een periode langer dan twee jaar kan de ontwikkeling van de overeenkomst tussen berekeningen en metingen minder goed worden gevolgd met mogelijk grote veranderingen in het verschil tussen meten en rekenen in de tussentijd. Net als bij een jaarlijkse monitoring kan de monitoring ook hier of handmatig of geautomatiseerd worden uitgevoerd. Een automatische toepassing van het monitoringssysteem lijkt hierbij echter minder goed geschikt of overbodig. Qua kosten zal een structurele validatie herhaald over een langere periode de minste kosten vergen.

Voor de te kiezen periode dient er hiernaast een afweging gemaakt te worden tussen een aantal zaken:

- Indien blijkt dat naar aanleiding van de uitkomst van de monitoring aanvullend onderzoek nodig is om de resultaten te verklaren (d.w.z. het verschil voor meerdere meetposten boven de 2 dB  $L_{den}$  waarde ligt en/of dat de correlatie duidelijk is verslechterd), dient er voldoende tijd te zijn om minstens een eerste analyse uit te voeren voordat de volgende monitoringsanalyse uitgevoerd kan worden. Dit voorkomt dat meerdere keren onderzoek gedaan moet worden naar een verschil met dezelfde oorzaak.
- Indien door een operationele verandering verschillen ontstaan tussen meten en rekenen die een modelaanpassing vergen, is het wenselijk dat dat niet te lang onbekend blijft, zodat relatief snel bepaald kan worden of hier een actie voor nodig is en, zo ja, welke.

### 3.6 Frequentie aanpassen rekenmodel

Het is voor de structurele monitoring belangrijk om een onderscheid te maken tussen de frequentie waarmee het verschil tussen meten en rekenen wordt gemonitord en de frequentie waarmee het model uiteindelijk wordt aangepast en verbeterd. Het aanpassen van een rekenmodel en de bijbehorende invoergegevens is een proces dat zorgvuldig doorlopen dient te worden en dat derhalve tijd en geld kost. Daarom ligt het voor de hand om niet met grote regelmaat het rekenmodel aan te passen. Dit wil zeggen dat de frequentie waarmee dit gebeurt lager zal zijn dan de frequentie waarmee de monitoring wordt gedaan. Praktisch gezien zou op basis van de monitoring een lijst bijgehouden kunnen worden van mogelijke aanpassingen, waarna eens in de zoveel tijd alle aanpassingen op deze lijst in één

keer worden doorgevoerd. Conform de PAMV-validatieaanpak is bij een groter verschil dan 2 dB  $L_{den}$  eerst nader onderzoek nodig naar de mogelijke oorzaken van het verschil. Vervolgens kan een besluit worden genomen om het model aan te passen indien de verbeterpunten bij de modellering liggen. Als het verschil (na verbetering) onder het 2 dB criterium blijft is er in principe geen aanleiding om het model aan te passen.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

## 4. Advies

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Na de beschrijving van de diverse mogelijkheden om structurele monitoring vorm te geven in de voorgaande paragrafen van deze memo wordt in deze paragraaf een advies gegeven over hoe invulling kan worden gegeven aan structurele monitoring van het verschil tussen meten en rekenen. Het advies wordt gegeven zowel over de frequentie van de monitoring als de manier van monitoring. Hiernaast wordt ook geadviseerd over de frequentie van modelverbetering.

### 4.1 Advies omtrent frequentie van monitoring

Omwille van de verwachte kosten en ontwikkelingstijd wordt afgeraden om tot een 'continu' monitoringssysteem te komen dat het verschil tussen meten en rekenen op dagelijkse of zeer regelmatige basis monitort. Voor het beoogde doel van monitoring is een dergelijk systeem overbodig. Het advies is om op korte termijn met de monitoring aan de slag te gaan.

Een frequentie van meerdere jaren tussen iedere vergelijking of validatie is ook niet wenselijk aangezien er in de periode tussen de vergelijkingen grote veranderingen kunnen plaatsvinden en het volgen van het verschil tussen meten en rekenen over tijd dan niet goed mogelijk is. Hierbij wordt in ieder geval afgeraden om de monitoring eens in de vijf jaar te doen, samenhangend met de Environmental Noise Directive (END) cyclus. Een keer in de twee jaar zou een optie kunnen zijn maar achter deze keuze zit geen rationaal of referentie. Bovendien voldoet monitoring een keer in de twee jaar niet aan de definitie van wat als continu zou worden beschouwd.

Om de frequentie van monitoring redelijk 'continu' te houden wordt geadviseerd om voor Schiphol jaarlijks een vergelijking uit te voeren van de rekenresultaten met metingen. Hiermee zou niet alleen de frequentie regelmatig zijn maar wordt ook consistentie bereikt met andere sectoren waarvoor een vergelijkbare monitoring van de uitkomsten van het rekenmodel wordt gedaan (bijvoorbeeld bij geluid van wegverkeer en treinverkeer).

Vanuit een praktisch perspectief kan hierbij overwogen worden om de berekeningen die voor andere doeleinden een keer per jaar worden uitgevoerd (zoals voor de handhaving) te combineren met berekeningen op de locaties van NOMOS-meetposten die voor de validatie zullen worden gebruikt.

### 4.2 Advies omtrent manier van monitoring

Voor de manier van monitoring wordt geadviseerd om voor een geautomatiseerde monitoring te kiezen, of in ieder geval een manier die zover mogelijk geautomatiseerd is en een beperkte handmatige analyse vergt. Aangezien voor het

PAMV-validatieonderzoek een groot deel van het benodigde werk reeds is uitgevoerd zou op korte termijn en met beperkte kosten tot een geautomatiseerd monitoringssysteem kunnen komen. Voor het geautomatiseerde monitoringssysteem zullen de in paragraaf 3.4 genoemde stappen automatisch worden uitgevoerd met de analyse en bevindingen samengevat in een compacte monitoringsrapportage. Voor deze rapportage is het voldoende om de vergelijking op totaalniveau en vluchtsoortniveau te presenteren. Een verdiepende analyse op vliegtuigtypeniveau is vervolgens alleen nodig indien de analyse op hoofdlijnen daar aanleiding voor geeft. De monitoringsrapportage zal kort en feitelijk de verschillen tussen meten en rekenen voor het betreffende gebruiksjaar toelichten met een eerste indicatie van de mogelijke oorzaken indien het verschil t.o.v. de vorige vergelijking is verslechterd. Een automatische toepassing van het monitoringssysteem zou op termijn minder capaciteit (en daardoor tijd en budget) vergen dan een handmatige toepassing.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Een handmatige monitoring blijft hierbij nog steeds een optie, indien er voor de automatisering geen budget beschikbaar blijkt. Tevens met een handmatige validatie kan het verschil tussen meten en rekenen worden gemonitord. Wel zal deze manier van monitoren meer capaciteit vragen dan een geautomatiseerde monitoring wat op termijn tot hogere kosten kan leiden dan een geautomatiseerde monitoring. Bij deze optie dient verder met de betreffende partijen en experts tijdig een planning afgesproken te worden waarmee de benodigde capaciteit vroegtijdig kan worden gereserveerd. Bij een handmatige monitoring verdient het de aanbeveling om wel eenmalig een analysemethode beschikbaar te maken, zodat daarop volgende analyses efficiënt en consistent met voorgaande analyses uitgevoerd kunnen worden.

Voor het maken van de beoogde monitoringsrapportage kan overwogen worden om voor het gebruiksjaar 2019 (waarvoor de PAMV validatie is uitgevoerd) een compacte monitoringsrapportage op te stellen en deze na afstemming met het ministerie als opdrachtgever vervolgens voor de structurele monitoring te gebruiken. De structurele monitoring zou bij de eerste mogelijkheid vanaf het gebruiksjaar 2022 kunnen worden uitgevoerd, waarbij de jaren 2020 en 2021 worden overgeslagen in verband met de invloed van de coronapandemie op het gevlogen vliegverkeer in deze jaren. Daardoor wordt het niet zinvol geacht om trends te onderzoeken waar deze jaren onderdeel van uitmaken.

#### **4.3 Advies omtrent frequentie van modelverbetering**

Indien voor een jaarlijkse monitoring wordt gekozen wordt geadviseerd om per jaar de geïdentificeerde verbeterpunten te verzamelen en tijdens de modelverbetering gebundeld uit te voeren. Indien de verschillen voor meerdere meetposten groter worden dan 2 dB  $L_{den}$  en/of als de globale correlatie duidelijk verslechtert t.o.v. de

voorgaande jaren is dat aanleiding voor nader onderzoek naar de oorzaken van de verschillen. Een vergelijkbare aanpak wordt voor de geluidmonitor voor weg- en spoorgeluid gevolgd waarbij nader onderzoek alleen wordt uitgevoerd als daar aanleiding voor is. De uitkomsten van het nader onderzoek zullen in principe bepalen of een aanpassing van het model mogelijk is en of dit tot een potentiële verbetering leidt. Zoals eerder beschreven is het niet wenselijk om het model regelmatig aan te passen. Gezien de beleidsimpact van een aanpassing van het model is het van belang dat het ministerie van IenW naar aanleiding van de monitoringsrapportages bepaalt wat een goed moment is voor een modelaanpassing. Een voor de hand liggende optie is hierbij om dit eens in de vijf jaar te doen, kort voor het moment waarop berekeningen uitgevoerd worden in het kader van de Environmental Noise Directive. Indien echter op een eerder moment onverwacht grote verschillen tussen meten en rekenen blijken op te treden kan overwogen worden om al eerder verbeteringen door te voeren.

**Datum**  
28 maart 2024

**Ons kenmerk**  
M&V-2024-0062

Dit advies is door het RIVM en haar partners NLR en To70 opgesteld. We vertrouwen erop hiermee het ministerie van IenW voldoende handvatten te hebben gegeven waarmee op korte termijn een besluit over de structurele monitoring kan worden genomen.

Met vriendelijke groet,

Bescherming persoonlijke leven