



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2024-302 | augustus 2024

# Controles berekeningen balanced approach Schiphol

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2024-302 | augustus 2024

# Controles berekeningen balanced approach Schiphol

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

*Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar en/of opdrachtgever.*

<b>OPDRACHTGEVER</b>	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
<b>CONTRACTNUMMER</b>	---
<b>EIGENAAR</b>	NLR
<b>NLR DIVISIE</b>	Aerospace Operations
<b>VERSPREIDING</b>	Beperkt
<b>RUBRICERING TITEL</b>	ONGERUBRICEERD

<b>GOEDGEKEURD DOOR:</b>	<b>Datum</b>
<b>AUTEUR</b>	29-08-2024
<b>REVIEWER</b>	29-08-2024
<b>BEHERENDE AFDELING</b>	29-08-2024

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Opzet controles</b>	<b>5</b>
	2.1 Afbakening van de controles	5
<b>3</b>	<b>Uitgevoerde controles</b>	<b>6</b>
	3.1 Algemene controles	6
	3.2 Reductie aantal vliegtuigbewegingen in de nacht	8
	3.3 Nachtoptimalisatie	9
	3.4 Tariefdifferentiatie	10
	3.5 Additionele vlootverstillings KLM en Transavia	10
	3.6 Het weren van luidruchtige toestellen uit de nacht	11
<b>4</b>	<b>Algemene aanbevelingen</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Samenvatting resultaten</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>15</b>

# 1 Introductie

Het NLR heeft in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) controles uitgevoerd op tussenresultaten van berekeningen in het kader van de balanced approach procedure voor Schiphol. Deze berekeningen zijn uitgevoerd door onderzoeksbureau To70. Bij deze berekeningen is het effect van diverse geluidreducerende maatregelen onderzocht. Om deze effecten te modelleren werden aanpassingen doorgevoerd aan de verkeerssamenstelling die vervolgens gebruikt werd om een geluidberekening mee uit te voeren.

De controles van NLR richtten zich met name op de aanpassingen zoals die werden doorgevoerd aan deze bestanden met verkeerssamenstellingen. In de berekeningen worden geluidreducties bepaald ten opzichte van een referentiesituatie met 500.000 vliegtuigbewegingen in totaal, waarvan 32.000 in de nacht (voor meer informatie over deze referentiesituatie zie Ref. 1).

In het doorlopen proces zijn diverse vragen van het NLR beantwoord en zijn een aantal aanpassingen doorgevoerd aan de berekeningen. Dit betreft bijvoorbeeld een aanpassing van de toepassing van de straffactor voor avondvluchten. Deze aanpassing heeft geresulteerd in lagere berekende reducties.

Dit zijn de belangrijkste opmerkingen van het NLR die na het doorlopen van het proces nog over zijn:

- Om een groter deel van het verkeer door te rekenen is in een aantal gevallen de vliegprocedure die wordt doorgerekend veranderd. Het NLR kan zich vinden in deze aanpak, omdat dit leidt tot een hogere nauwkeurigheid van de berekening, maar doordat dit voor een groot aantal vliegtuigbewegingen resulteert in het gebruik van procedures die tot een hogere geluidbelasting leiden, resulteert dit wel in een onderschatting van het effect van het totale maatregelenpakket. Daarbij wordt opgemerkt dat het toepassen van een hogere correctiefactor in dit specifieke geval ook tot een onderschatting van de effecten zou kunnen leiden, doordat daardoor stillere vliegtuigtypes minder goed meegenomen worden.
- Bij het modelleren van het effect van de verstilling van de vloot van Transavia is de verstilling van een deel van de nachtbewegingen met de Boeing 737-700 niet meegenomen. Dit is deels gecompenseerd door meer bewegingen overdag en in de avond te verstillen. Uiteindelijk resulteert dit echter alsnog in een onderschatting van het effect van deze maatregel.

Het ministerie van IenW heeft To70 de opdracht gegeven om een pakket met geluidreducerende maatregelen door te rekenen in het kader van de balanced approach procedure voor Schiphol. De maatregelen moeten leiden tot een verlaging van de geluidbelasting om zo de reductiedoelstellingen van de balanced approach procedure te behalen.

Hierbij gaat het om de volgende maatregelen:

- Verlaging van het aantal nachtbewegingen in de nacht van 32.000 naar 27.000.
- Het toepassen van een nachtoptimalisatie voor verkeer van KLM waarbij:
  1. Stillere toestellen ingezet worden in de nacht.
  2. Langeafstandsvluchten worden vervangen door korte afstandsvluchten (die worden uitgevoerd met stillere toestellen).
- Het gebruik van stillere toestellen aanmoedigen door middel van tariefdifferentiatie met de luchthavengelden op Schiphol.
- Additionele vlootvernieuwing bij KLM en Transavia.
- Het weren van luidruchtige toestellen in de nacht.

Hierna worden de controles van de modellering van deze maatregelen en van de algemene werkwijze besproken.

## 2 Opzet controles

Om de door To70 gemaakte verkeersverdelingen te controleren heeft NLR een aantal stappen gevolgd. Om een beeld te krijgen hoe de diverse maatregelen de verkeerssamenstelling beïnvloeden zijn de veranderingen van diverse parameters in de verkeerssamenstelling per modelleerstep onderzocht, zoals:

- Aantallen vliegtuigbewegingen, verdeeld over de dag (07:00u tot 19:00u), avond (19:00u tot 23:00u) en nacht (23:00u tot 07:00u).
- Verdeling van verkeer over de diverse start- en landingsbanen en sectoren en naderingspunten (hiermee wordt gekeken of het vergelijkbare routes volgt).
- De toegewezen vliegprocedures.
- De gebruikte vliegtuigtypes.

Daarnaast zijn ook eventuele invoergegevens bekeken indien die voor specifieke maatregelen beschikbaar waren en is getoetst of de diverse maatregelen het verwachte effect hadden. Tijdens de controles is regelmatig overleg gevoerd met To70 waardoor vragen van het NLR snel beantwoord konden worden en zodat onderling overlegd kon worden wat de beste aanpak was voor de berekeningen.

### 2.1 Afbakening van de controles

De controles van het NLR richtten zich op de methode waarmee To70 het effect van verschillende maatregelen heeft gemodelleerd. Daarbij is getoetst of de maatregelen op een correcte manier zijn vertaald naar veranderingen in de verkeerssamenstelling waarmee uiteindelijk geluidberekeningen zijn uitgevoerd. Hierbij is gekeken of de veranderingen in de verkeerssamenstelling aansluiten bij de gegevens die beschikbaar waren over het effect van de diverse maatregelen. Daar waar specifieke details niet gecontroleerd konden worden is dit opgenomen in dit rapport.

Een aantal aspecten van de door To70 uitgevoerde geluidberekeningen zijn niet door NLR gecontroleerd. Hierbij gaat het om:

- De controles richten zich uitsluitend op de vertaling van de maatregelen naar een verkeerssamenstelling die gebruikt wordt voor een geluidberekening. Daarmee is gecontroleerd of de maatregelen juist gemodelleerd zijn conform de opdracht van het ministerie van IenW, maar is geen controle uitgevoerd op de invoergegevens. Daarom geeft dit document niet aan in hoeverre de uiteindelijke resultaten ook realistisch zijn wat het NLR betreft.
- Het uitvoeren van een detailanalyse op de reductie van 32.000 naar 27.000 nachtbewegingen was niet mogelijk. Zoals wordt besproken in paragraaf 3.2 kon het effect van deze reductie op de verdeling van verkeer over vliegtuigtypes, banen, routes en procedures niet getoetst worden.
- De uiteindelijke verkeersverdeling is gebruikt voor het uitvoeren van geluidberekeningen voor meerdere meteorologische jaren en op basis van de resultaten van deze berekeningen is vervolgens een totaalresultaat bepaald waarmee tellingen van woningen, ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden uitgevoerd zijn. Al deze stappen waren geen onderdeel van het controleproces.
- De bepaling en toepassing van correctiefactoren voor verkeer dat niet doorgerekend is.
- De correcties voor clusters van avondverkeer die zijn doorgerekend met clusters voor verkeer tijdens de dag (of andersom). Wel is gecontroleerd dat deze correcties uiteindelijk resulteren in een correct aantal effectieve bewegingen.
- To70 zal ook nog deelberekeningen maken van het effect van individuele maatregelen, deze berekeningen zijn niet getoetst door het NLR, maar zullen naar verwachting gebaseerd zijn op dezelfde gegevens die wel door het NLR gecontroleerd zijn.

## 3 Uitgevoerde controles

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de uitgevoerde controles naar de modellering van de diverse maatregelen.

### 3.1 Algemene controles

Als eerste stap zijn een aantal algemene controles uitgevoerd, op basis waarvan een aantal zaken werden geconstateerd die spelen voor de modellering van alle, of minimaal meerdere maatregelen.

Zo lieten de controles in eerste instantie zien dat het aantal bewegingen gedurende de dag en avond veranderde ten opzichte van de referentiesituatie bij het modelleren van de maatregelen, terwijl deze verandering niet in lijn was met de geluidreducerende maatregelen. Hierbij nam de hoeveelheid verkeer in de avond af. Omdat bewegingen in de avond zwaarder meetellen dan bewegingen tijdens de dag in een  $L_{den}$  geluidberekening, zou dit resulteren in een lagere geluidbelasting. Daarom is de modellering aangepast zodat dit effect niet meer optreedt. Bij de uiteindelijke berekening is het eindresultaat hiervoor gecorrigeerd.

Daarnaast bleek dat verschuivingen optraden in de verdeling van vliegprocedures tussen de baseline met 27.000 bewegingen in de nacht en het scenario waarin de maatregelen gemodelleerd zijn:

- De verhouding tussen NADP1 en NADP2 startprocedures veranderde, waarbij meer NADP1 procedures werden toegekend.

Dit leidt tot een toename van de berekende geluidbelasting, met name dicht bij de luchthaven opzij van de vliegroutes<sup>1</sup>. Onder de vliegroutes kan dichtbij de luchthaven een afname van de geluidbelasting verwacht worden. Het NLR verwacht dat het toepassen van meer NADP1 profielen leidt tot een toename van de aantallen woningen binnen de 58dB(A)  $L_{den}$  en 48 dB(A)  $L_{night}$  en de aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden.

- De verdeling over de afstandsklassen voor startprocedures veranderde. Naarmate een vliegtuig naar een verder weg gelegen bestemming vliegt, zal het toestel meer brandstof nodig hebben en dit extra gewicht heeft een effect op de vliegtuigprestaties. Dit wordt in de berekening meegenomen door afhankelijk van de bestemming van een startend toestel een afstandsklasse toe te kennen. Gemiddeld werden in het scenario met geluidreducerende maatregelen hogere afstandsklassen toegekend.

Dit leidt tot een toename van de berekende geluidbelasting in het gehele rekengebied.

- De verhouding tussen naderingen met reduced flaps en full flaps (gereduceerde klepuitlagen en volledige klepuitlagen), waarbij meer full flap procedures werden toegekend.

Dit leidt tot een toename van de berekende geluidbelasting, met name relatief dicht bij de luchthaven.

- Het aantal landingen dat wordt uitgevoerd met een continue daalvlucht neemt af. Deze landingen worden vervangen door landingen waarbij het vliegtuig enige tijd op dezelfde hoogte vliegt op 2000, 3000 of 4000 voet (1 voet = 0.3048m). In sommige gevallen leidt dit ook tot naderingen die tijdens een landingspiek op banen 06 en 18C geen gebruik meer maken van een continue daalvlucht. In de baseline geldt dit wel voor al deze naderingen.

Dit leidt tot een toename van de berekende geluidbelasting, vanaf ongeveer 12 km voor de landingsbaan en verder van het vliegveld.

<sup>1</sup> Het te verwachten effect van de verschillende procedures in deze opsomming volgt deels uit bijlage 1 van Ref. 2.



Al deze effecten worden niet veroorzaakt door de geluidreducerende maatregelen en zullen in de praktijk dus niet optreden ten gevolge van het toepassen van de maatregelen. Het gaat om een neveneffect van de wijze van modelleren. De belangrijkste verklaring hierbij is dat de berekeningen gedaan worden op basis van een geluiddatabase, waarin niet voor ieder cluster verkeer (combinatie van vliegtuigtype, vliegprocedure, route en dagperiode) gegevens beschikbaar zijn. Om zoveel mogelijk verkeer door te kunnen rekenen wordt bij clusters waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn gezocht naar vergelijkbare clusters waarvoor wel gegevens beschikbaar zijn. Dit bleek te resulteren in de bovengenoemde effecten.

Het NLR onderschrijft dat het streven om de bijdrage aan de geluidbelasting van clusters die niet doorgerekend kunnen worden te benaderen met vergelijkbare clusters een goede aanpak is. Dit heeft namelijk tot gevolg dat een groter deel van het verkeer doorgerekend kan worden, terwijl het alternatief is dat voor het niet doorgerekende verkeer een correctiefactor wordt toegepast. Die laatste aanpak is minder nauwkeurig en leidt ertoe dat het effect van geluidreducerende maatregelen minder goed in kaart gebracht kan worden, zeker als nieuwere toesteltypes minder goed beschikbaar zijn in de database. To70 geeft aan dat de beschikbaarheid van clusters voor nieuwere (stillere) types lager is dan voor oudere (luidruchtigere) types, waardoor een hogere correctiefactor kan leiden tot een onderschatting van het effect van de maatregelen. Daar komt bij dat het niet mogelijk was om binnen de beschikbare tijd te werken aan een andere oplossing voor dit verschijnsel. Hierover heeft IenW bij het NLR aangegeven dat onderzocht gaat worden of hier een aanpassing in de berekeningen gedaan kan worden waardoor dit effect kleiner wordt.

Zoals in de opsomming al toegelicht leidt het vervangen van de clusters in dit geval echter ook tot een toename van de geluidbelasting in het gehele rekegebied en met name relatief dichtbij de luchthaven doordat gemiddeld luidere procedures toegepast worden. Daardoor zullen de berekende reducties van aantallen woningen binnen de 58dB(A)  $L_{den}$  en 48 dB(A)  $L_{night}$  en de aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden onderschat worden. Hoe groot deze onderschatting is valt zonder nader onderzoek niet te zeggen. Wel geldt dat het om grote aantallen vliegtuigbewegingen gaat waarbij een procedure wordt gehanteerd die een grotere bijdrage heeft aan de geluidbelasting. Hierbij gaat het om de volgende veranderingen van de effectieve aantallen<sup>2</sup> ten opzichte van de baseline met 27.000 bewegingen in de nacht:

- Toename NAPD1 procedures in plaats van NADP2 procedures: dit speelt bij 10.905 effectieve vliegtuigbewegingen.
- Toename afstandsklasse: de gemiddelde afstandsklasse neemt gemiddeld met ruim 0,09 toe voor een effectief aantal van ruim 420.000 starts. Dit lijkt geen groot getal, maar dat komt doordat de gemiddelde waarde is bepaald over een groot aantal starts. Zo neemt het aantal keer dat de laagste 2 afstandsklassen (in totaal zijn er 9 afstandsklassen) voorkomen af met 15.589 effectieve vliegtuigbewegingen.
- Toename full flap procedures in plaats van reduced flap procedures: dit speelt bij 87.409 effectieve vliegtuigbewegingen op een totaal effectief aantal landingen van ruim 504.000 (dit is het aantal effectieve bewegingen, dus inclusief nachtstraffactor, dat dit aantal duidelijk hoger is dan het effectieve aantal starts kan verklaard worden doordat gemiddeld meer landingen in de avond en/of nacht plaatsvinden). De grote toename van full flap naderingen hangt mogelijk samen met het feit dat in het baseline scenario geen full flap naderingen zijn toegepast voor 2000 en 3000 voet naderingen.
- Toename 2000, 3000 en 4000 voet procedures in plaats van glijvluchten: dit speelt bij 11.334 effectieve vliegtuigbewegingen. Hierbij zit de grootste toename in de naderingen met een horizontaal segment op 2000 voet.

<sup>2</sup> Bij een  $L_{den}$  berekening worden straffactoren toegepast voor bewegingen in de avond en nacht. Voor avondbewegingen wordt een factor 3,16 toegepast en voor nachtbewegingen betreft dit een factor 10. Het effectieve aantal betreft het aantal bewegingen vermenigvuldigd met de nachtstraffactor.



Alle vier bovengenoemde aantallen bewegingen zijn aanzienlijk en daarom zullen ze gezamenlijk een duidelijk effect hebben op de gevonden reducties. Doordat alle verschuivingen leiden tot een onderschatting van de onderzochte parameters, zullen deze parameters gezamenlijk een aanzienlijke onderschatting van het effect van de maatregelen geven.

De hierboven besproken algemene effecten treden op bij de modellering van de meeste individuele maatregelen en worden daarom niet afzonderlijk bij iedere maatregel benoemd.

Om te modelleren dat de gemiddelde vloot op Schiphol ieder jaar stiller wordt is een autonome vlootverstilling aangenomen in de berekeningen. Hierbij gaat het om een jaarlijkse geluidreductie van 0,1dB voor landingen en 0,2dB voor starts. Het NLR heeft geconstateerd dat deze verstilling correct is meegenomen voor één jaar in het scenario met de diverse geluidreducerende maatregelen. Dit wil zeggen dat deze verstilling wordt toegepast voor alle bewegingen, behalve voor verkeer van KLM en Transavia (zie paragraaf 3.5 voor een nadere toelichting hierbij).

Daarnaast heeft To70 geconstateerd dat voor twee nieuwe vliegtuigtypes (de A321NEO en Embraer 195-E2) relatief weinig gegevens beschikbaar zijn in de database die voor de berekeningen gebruikt wordt. Om toch een goede inschatting te maken van het geluid van deze toestellen zijn de toestellen in de verkeerssamenstelling vervangen voor toestellen waarvoor meer gegevens beschikbaar zijn en is een correctie toegepast om te corrigeren voor het verschil in de geluidproductie van het eigenlijke toestel en het toegepaste toestel. Deze correctiefactoren zijn door To70 bepaald op basis van geluidcertificatiegegevens van de betreffende vliegtuigen. Het NLR onderschrijft dat dit een goede aanpak is om met het ontbreken van de gegevens om te gaan en kan zich ook vinden in de toegepaste correcties.

Tot slot geeft To70 aan dat correctiefactoren toegepast worden indien verkeer alsnog niet doorgerekend kan worden, zodat de uiteindelijke berekening voor de juiste hoeveelheid verkeer wordt uitgevoerd. Daarbij worden losse correcties toegepast voor verkeer in de nacht en tijdens de rest van de dag. Dit is een gangbare methode om te corrigeren voor verkeer dat niet meegenomen kan worden in de berekeningen.

## 3.2 Reductie aantal vliegtuigbewegingen in de nacht

Het aantal vliegtuigbewegingen in de nacht is gereduceerd van 32.000 in het baseline scenario, naar 27.000 bewegingen (per jaar). Het NLR heeft getoetst of dit inderdaad het geval is in de verkeerssamenstelling en of dit op een logische manier is gedaan. Hierbij is geconstateerd dat het aantal vliegtuigbewegingen in de nacht inderdaad gereduceerd is tot 27.000.

Om dit te bewerkstelligen is de hoeveelheid bewegingen in de dag en avond verhoogd en in de nacht juist verlaagd. Hierbij is echter het aantal starts en landingen in de verkeersverdeling veranderd: in het scenario met 32.000 nachtbewegingen zitten 116 landingen meer dan starts en in de het scenario met 27k bewegingen zitten 1091 starts meer dan landingen (dus andersom en een groter verschil). Het is zonder nader detailonderzoek niet mogelijk om het effect van dit verschil te bepalen, maar verwacht mag worden dat dit een klein effect zal hebben op het eindresultaat. Daarnaast is gekeken naar de aantallen per vliegtuigtype. Ook hier is sprake van verschillen. Een paar verschillen die in het oog springen (qua aantal en/of qua vliegtuigtype) zijn:

- Een afname van 300 bewegingen met de A319
- Een afname van 537 bewegingen met de A320
- Een toename van 227 bewegingen met de A321

- Een toename van 145 bewegingen met de A333
- Een toename van 1076 bewegingen met de B738
- Een toename van 126 bewegingen met de B744
- Een afname van 183 bewegingen met de E170
- Een afname van 351 bewegingen met de E190

De toenames bij A333 en B744 zijn relevant omdat dit relatief luidruchtige toestellen zijn. De respectievelijke toe- en afname bij de B738 en A320 zijn met name opvallend omdat het grote aantallen zijn waarbij deze elkaar wel deels compenseren (ook omdat het toestellen zijn met een vergelijkbare geluidproductie). Met name de toenames bij de luidere types zal naar verwachting leiden tot een kleine toename van de geluidbelasting ten opzichte van de situatie waarbij het verkeer lineair afgeschaald wordt.

In de balanced approach rapportage uit maart 2023<sup>3</sup> blijkt dat inderdaad geen lineaire afschaling van het nachtverkeer is toegepast. Dat is de verklaring voor de gevonden verschuivingen in aantallen bewegingen per vliegtuigtype. Het NLR kan niet toetsen of deze afschaling is uitgevoerd conform de beschrijving in de rapportage en in hoeverre de gehanteerde uitgangspunten realistisch zijn.

Binnen de beschikbare tijd was het niet mogelijk om alle informatie beschikbaar te maken voor een volledige vergelijking van de verkeersverdeling van de situatie met 32.000 en met 27.000 bewegingen. Verwacht mag worden dat het verschuiven van verkeer van de nacht naar de dag resulteert in een andere verdeling van verkeer over routes, banen en procedures, maar of deze verschillen in lijn met de verwachtingen zijn is bij de nu uitgevoerde controles niet onderzocht.

### 3.3 Nachtoptimalisatie

Voor het implementeren van deze maatregel heeft KLM informatie verstrekt aan To70 en NLR. To70 en NLR hebben overleg gevoerd hoe deze maatregel gemodelleerd kan worden op basis van deze informatie. Vervolgens heeft To70 de informatie conform de afgesproken methode verwerkt en meegenomen in een aangepaste verkeersverdeling.

Deze maatregel resulteert in de verplaatsing van de specifieke aantallen bewegingen met diverse vliegtuigtypes van de dag naar de nacht en andersom. Het NLR heeft geconstateerd dat de juiste aantallen verkeer op de juiste manier verwerkt zijn in de verkeersverdeling.

Deze maatregel leidt tot beperkte veranderingen in het baangebruik. Dit is te verklaren doordat verkeer verschuift van de periode tussen 0500 en 0600u naar de periode tussen 0600u en 0700<sup>4</sup>. In een deel van die laatste periode is het baangebruik anders omdat dan sprake is van een zogeheten off-peak in plaats van een nachtperiode. Wat hierbij wel opvalt zijn procentueel grote toenames van verkeer op banen die normaal vrijwel niet gebruikt worden (landingen op baan 22, 24 en in mindere mate 36R). Het is niet precies duidelijk waardoor dit gebeurt. Omdat het gaat om relatief kleine aantallen landingen (in totaal 54 bewegingen op de drie genoemde banen) zal het effect op het eindresultaat beperkt zijn. Wel gaat het om banen die ongunstig zijn voor de aantallen woningen binnen de 58dB(A)  $L_{den}$  en 48 dB(A)  $L_{night}$  en de aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden, dus zal er mogelijk sprake zijn van een zeer beperkte onderschatting van de reducties ten gevolge van deze maatregel.

<sup>3</sup> Zie voor de gehanteerde aanpak de tekst met de titel 'Reduce the annual number of night flights' op pagina's 46 en 47 van ref. 1.

<sup>4</sup> Zowel het verkeer tussen 0500 en 0600u als het verkeer tussen 0600 en 0700u is nachtverkeer. Deze maatregel leidt er echter toe dat meer bewegingen in de nacht zullen plaatsvinden in het tijdsblok tussen 0600 en 0700u. Dit komt doordat de vluchten die naar de nacht verplaatst worden met name in dat tijdsblok uitgevoerd worden, terwijl de vluchten die uit de nacht gehaald worden voor een groter deel tussen 0500 en 0600u plaatsvinden. De uiteindelijke aantallen bewegingen tijdens de dag (0700 tot 1900u) en de nacht (2300 tot 0700u) veranderen niet ten gevolge van deze maatregel.

## 3.4 Tariefdifferentiatie

Tariefdifferentiatie leidt ertoe dat maatschappijen stillere toestellen zullen inzetten naar Schiphol doordat ze voor luidruchtigere toestellen hogere luchthavengelden moeten betalen. De mate waarin stillere toestellen ingezet worden hangt af van diverse factoren, waaronder de mate waarin tarieven voor verschillende soorten vliegtuigen verschillen en in hoeverre maatschappijen in hun vloot kunnen kiezen uit stillere en minder stille toestellen met een vergelijkbare capaciteit.

Om het effect van deze maatregel in te schatten is informatie aangeleverd door Schiphol en is onderzocht in welke mate verschillende maatschappijen in staat zijn om stillere toestellen van vergelijkbare omvang in te zetten. Vervolgens heeft IenW een keuze gemaakt voor de percentages verkeer die vervangen worden door stillere toestellen voor verkeer uit verschillende tariefcategorieën en verschillende soorten maatschappijen. Op basis van deze percentages heeft To70 verkeer in de verkeersverdeling vervangen.

Uit de controles van de verwerking van de invoergegevens blijkt dat de effecten van de maatregel volgens verwachting zijn verwerkt. Zo heeft de maatregel geen effect op aantallen bewegingen, baan- en routegebruik en vliegprocedures. Daarnaast heeft de maatregel geen effect op het verkeer van KLM, Transavia en Martinair, omdat deze maatschappijen Schiphol als thuishaven hebben, waardoor ze niet alleen hun stilste toestellen op Schiphol kunnen inzetten. Daarnaast blijkt uit een steekproef dat de juiste aantallen verkeer per type toestel zijn vervangen, waarbij het verkeer ook in de juiste verhouding tussen starts en landingen en dag, avond en nacht is verdeeld.

## 3.5 Additionele vlootverstelling KLM en Transavia

KLM heeft ten behoeve van het modelleren van deze maatregel informatie geleverd aan To70 en NLR over nieuwe toestellen die de komende tijd worden toegevoegd aan de vloot en over de toestellen die vervangen zullen worden door deze nieuwe toestellen. Dit wil zeggen dat een deel van de vliegtuigbewegingen van KLM en Transavia uitgevoerd zullen gaan worden met stillere toestellen. Op basis van de informatie van KLM is in overleg tussen NLR en To70 bepaald hoe het effect van deze nieuwe toestellen gemodelleerd kon worden.

Op basis daarvan heeft To70 de maatregel gemodelleerd. Bij de controle hiervan constateerde NLR dat de maatregel correct gemodelleerd was, maar ook dat deze modellering tot onverwachte resultaten leidde. Dit komt doordat de gebruiksprognose van Schiphol (waarop het baseline scenario gebaseerd is) andere verhoudingen heeft tussen de bewegingen met verschillende vliegtuigtypes dan verwacht werd op basis van de aantallen van deze toestellen in de vloot bij Transavia en KLM.

Om het effect van deze maatregel beter in kaart te kunnen brengen zijn daarom realistische aantallen bewegingen per vliegtuigtype opgevraagd bij KLM en Transavia. Het doel hiervan was om bij een realistisch aantal vliegtuigbewegingen het oudere vliegtuigtype te vervangen door een nieuwer vliegtuigtype (en om dus te voorkomen dat te veel of juist te weinig bewegingen met een stiller toestel gemodelleerd werden). Zowel KLM als Transavia hebben de gevraagde aantallen aangeleverd, waarbij Transavia ook de aantallen verdeeld over dag (inclusief avond) en nacht heeft aangeleverd (voor KLM was dit gezien de zeer beperkte tijd die beschikbaar was niet mogelijk).

Vervolgens zijn de berekeningen aangepast om de maatregel toe te passen op zo realistisch mogelijke aantallen bewegingen. Voor één toesteltype (de Boeing 737-700) van Transavia was dit echter niet zonder meer mogelijk in de nacht omdat in het referentiescenario met een gereduceerd aantal nachtbewegingen minder bewegingen in de nacht zaten dan het aantal bewegingen dat realistisch gezien vervangen had moeten worden.

To70 en NLR hebben hier een aanpak voorgesteld om het effect alsnog zo goed mogelijk te modelleren, namelijk door aanvullend op de verstillings van alle nachtbewegingen met de B737-700 ook deels bewegingen met de Boeing 737-800 van Transavia te verstillen, omdat dit een zeer vergelijkbaar toestel is dat op vergelijkbare routes wordt ingezet als de B737-800. Hierbij kan eventueel nog gecorrigeerd worden voor het verschil in geluidproductie van beide toestellen. Hier is echter door IenW in verband met de beschikbare tijd besloten om dit niet te doen, waardoor een deel van de verstillings van nachtelijke B737-700 bewegingen van Transavia niet gemodelleerd is.

Uiteindelijk zijn wel alle B737-700 bewegingen in de baseline vervangen, waardoor wel het juiste aantal bewegingen vervangen is. Hierbij gaat het echter om meer bewegingen overdag en in de avond en minder bewegingen in de nacht. Daardoor is voor effectief 2.260 vliegtuigbewegingen geen verstillings toegepast (dit aantal betreft dus het aantal bewegingen, vermenigvuldigd met de nachtstraffactor), wat leidt tot een onderschatting van het effect van deze maatregel.

Buiten deze constatering kan het NLR zich vinden in de verdere modellering van de vlootverstillings van KLM en Transavia. Hierbij is gecontroleerd dat de juiste aantallen vliegtuigbewegingen zijn vervangen met de juiste vliegtuigtypes. Daarbij is ook de correcte verdeling van verkeer over de dag, avond en nacht toegepast. Tevens is voor KLM en Transavia geen autonome vlootverstillings toegepast, omdat de verstillings voor deze maatschappijen door middel van het daadwerkelijke leveringschema gemodelleerd is.

## 3.6 Het weren van luidruchtige toestellen uit de nacht

Voor de modellering van deze maatregel hebben Schiphol en KLM informatie verstrekt aan To70 en NLR. De informatie van Schiphol bevatte informatie over aantallen vliegtuigbewegingen met bepaalde vliegtuigtypes. Door deze maatregel zullen een aantal toestellen vervangen worden door andere vliegtuigtypes en zullen een aantal vliegtuigbewegingen in de dag worden uitgevoerd in plaats van in de nacht. In dat laatste geval worden de nachtbewegingen vervolgens vervangen door bewegingen met stillere vliegtuigtypes die eerder juist overdag plaatsvonden.

Op basis van de beschikbaar gestelde informatie heeft To70 een voorstel gedaan voor hoe deze informatie vertaald kan worden naar de verkeersverdeling die voor de berekeningen gebruikt wordt. In overleg tussen To70 en NLR zijn een aantal vragen van het NLR beantwoord door To70 en zijn nog enkele aanpassingen doorgevoerd. Hierbij ging het bijvoorbeeld om het corrigeren van de aantallen bewegingen waarop deze maatregel effect heeft voor verschillen in aantallen bewegingen in de gegevens van Schiphol en de gebruiksprognose.

Vervolgens is de verkeersverdeling aangepast conform de afgestemde aanpak en heeft het NLR vastgesteld dat de juiste aantallen per vliegtuigtype zijn vervangen en verplaatst in de verkeersverdeling.

Hierbij treden wel veranderingen op in de verdeling van verkeer over de maatschappijen. Omdat bij een geluidberekening geen rekening gehouden wordt met de maatschappij heeft dit geen effect op de hoeveelheid berekend geluid per vliegtuigbeweging. Op de bewegingen met andere maatschappijen dan KLM en Transavia wordt echter een autonome vlootverstillings toegepast, terwijl dit niet gebeurt bij bewegingen van deze twee maatschappijen (dit komt doordat de additionele vlootvernieuwing van KLM en Transavia als geluidreducerende maatregel wordt meegenomen, waardoor geen sprake is van aanvullende autonome vlootverstillings). Door de veranderde verdeling over de maatschappijen neemt het gezamenlijke effectieve aantal bewegingen (dit is het aantal bewegingen

vermenigvuldigd met de nachtstraffactor) van KLM en Transavia toe met 1.838 bewegingen. Over deze bewegingen wordt vervolgens geen autonome vlootverstilling meer toegepast. Concreet betekent dit dat de geluidproductie van deze bewegingen met gemiddeld 0,153 dB wordt overschat, waardoor de gevonden reducties voor deze maatregel iets lager uitvallen dan verwacht zou mogen worden op basis van de toegepaste vervangingen en reducties van het maximale startgewicht. Naar verwachting zal dit effect beperkt zijn.

## 4 Algemene aanbevelingen

De volgende aanbevelingen zijn niet toepasbaar binnen het huidige traject, omdat dit nu bijvoorbeeld zou leiden tot wijzigingen in de eerder gekozen aanpak en in de gehanteerde baseline. Bij vergelijkbare toekomstige berekeningen kunnen deze aanbevelingen wel meegenomen worden:

- Maak voor vergelijkbare studies gebruik van een database die voor (vrijwel) alle relevante clusters verkeer informatie bevat zodat maatregelen goed doorgerekend kunnen worden. Indien een dergelijke database niet beschikbaar is bij aanvang van de studie is te overwegen deze eerst beschikbaar te maken voordat de studie uitgevoerd wordt.
- Voor vergelijkbare toekomstige studies wordt aanbevolen om eerst een afweging te maken of het gebruik van een meteomarge de juiste manier is om onzekerheden ten gevolge van variërende weersomstandigheden in kaart te brengen. Het toepassen van een meteomarge resulteert in een berekende geluidbelasting die in de praktijk nooit kan optreden gedurende een jaar, doordat de extremen van de weerscondities van verschillende jaren worden meegenomen. Het gevolg hiervan is dat het gebied waarbinnen de effecten berekend worden niet representatief is voor een geluidbelasting zoals die gedurende een jaar zal optreden.

Hierbij wordt overigens opgemerkt dat bij de balanced approach berekeningen de meteomarge zowel op de baseline als op het scenario met maatregelen wordt toegepast en dat vervolgens relatieve verschillen bepaald worden voor aantallen woningen binnen de 58dB(A)  $L_{den}$  en 48 dB(A)  $L_{night}$  en de aantallen ernstig gehinderden en slaapverstoorden. Daardoor blijven de resultaten wel vergelijkbaar met berekeningen zonder meteomarge.

## 5 Samenvatting resultaten

De uitgevoerde controles waren gericht op de vertaling van geluidreducerende maatregelen naar een verkeerssamenstelling die gebruikt wordt voor een geluidberekening. Hierbij is geen controle uitgevoerd op de daarbij gebruikte invoergegevens.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste conclusies per maatregel:

Maatregel	Bevindingen
Algemeen	Om meer vliegtuigbewegingen door te kunnen rekenen wordt een deel van de bewegingen doorgerekend met een andere procedure. Doordat de andere procedures gemiddeld resulteren in een hogere geluidbelasting leidt dit tot een aanzienlijke onderschatting van het gezamenlijke effect van de maatregelen.  Het rekenen met alternatieve clusters verkeer wordt gedaan om te zorgen voor een kleinere correctiefactor. Een hogere correctiefactor zou leiden tot een lagere nauwkeurigheid van de berekening en zou naar verwachting in deze specifieke situatie ook leiden tot een onderschatting van de berekende effecten.
Reductie naar 27.000 nachtbewegingen	Bij het reduceren van het aantal nachtbewegingen en ophogen van het aantal bewegingen overdag en in de avond zijn veranderingen ontstaan in de aantallen starts en landingen, het effect van deze verandering op het resultaat is onbekend.
Nachtoptimalisatie	Er is sprake van een onverwachte verschuiving in baangebruik voor zeer beperkte aantallen bewegingen. Dit geeft mogelijk een zeer beperkte onderschatting van het effect van deze maatregel.
Tariefdifferentiatie	Er zijn geen opmerkingen over modellering van deze maatregel.
Vlootvervanging KLM en Transavia	Voor effectief 2.260 vliegtuigbewegingen met de B737-700 van Transavia is geen verstilling toegepast met de A321NEO. Dit heeft een kleine onderschatting van het effect van de maatregel tot gevolg.
Weren luidruchtige toestellen uit de nacht	De modellering leidt tot een verschuiving van het aantal bewegingen door KLM en Transavia naar andere maatschappijen. Het effect daarvan is een kleine onderschatting van het effect van de maatregel.



## 6 Referenties

1. To70, Balanced approach study Schiphol Airport, Final report, maart 2023.
2. Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid (PAMV), Toepassingsbereik metingen en berekeningen van vliegtuiggeluid, A. Sahai et al, RIVM-rapport 2023-0366.



Dedicated to innovation in aerospace

## Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.

De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut ruim tien jaar in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe compositen constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050 en door deelname aan programma's zoals 'Luchtvaart in Transitie', Clean Aviation, Clean Hydrogen en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)

### Postal address

PO Box 90502  
1006 BM Amsterdam, The Netherlands  
e) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i) [www.nlr.org](http://www.nlr.org)

### Royal NLR

Anthony Fokkerweg 2  
1059 CM Amsterdam, The Netherlands  
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31  
8316 PR Marknesse, The Netherlands  
p) +31 88 511 4444