



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2020-389 | december 2020

NLR analyses ten behoeve van programma Luchtruimherziening

Onderzoek naar CDO's, klachten en routeverplaatsingen

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en
Waterstaat



NLR – Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2020-389 | december 2020

NLR analyses ten behoeve van programma Luchtruimherziening

Onderzoek naar CDO's, klachten en routeverplaatsingen

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Infrastructuur en
Waterstaat

AUTEUR(S):

Bescherming persoonslijke

Bescherming persoon

Bescherming persoonlijke levenssfeer

NLR

NLR

NLR

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

OPDRACHTGEVER	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
CONTRACTNUMMER	5200001186-2
EIGENAAR	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:					
AUTEUR		REVIEWER		BEHERENDE AFDELING	
Bescherming persoonl j	Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke leve	Bescherming persoonlijke levenssfeer
Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke levenssfeer	Bescherming persoonlijke leve	Bescherming persoonlijke levenssfeer

[Redacted]

Samenvatting

Dit rapport heeft als doel om de geluidseffecten van een tweetal zaken die een belangrijke rol spelen binnen de Luchtruimherziening te kwantificeren. Dit is gedaan op basis van een aantal modelmatige analyses die antwoord geven op de volgende vragen:

1. Wat zijn de potentiële effecten op de oppervlakte van verschillende geluidcontouren van het toepassen van continue daalvluchten?
2. Wat is de relatie tussen geluid en vlieghoogte? Om deze vraag te beantwoorden is het volgende onderzocht:
 - a. Wat is de relatie tussen meldingen (klachten) over Schiphol gerelateerd vliegtuiggeluid en de vlieghoogte?
 - b. Wat zijn de gevolgen van het lateraal verschuiven van vliegroutes bij een variërende vlieghoogte?

Het onderzoek naar continue daalvluchten (CDO's) leidt tot de volgende conclusies:

- Het toepassen van CDO levert, in vergelijking tot een getrapte nadering, kleinere geluidscontouren op. Op het moment dat naar specifieke naderingen wordt gekeken, blijkt uit de voorbeelden dat de buitenste beschouwde geluidcontour (in dit geval de 60 dB(A) SEL contour) voor deze vlucht tot 45% kleiner kunnen worden.
- De reducties worden alleen gerealiseerd op grotere afstand van het veld, vanaf ongeveer 14 kilometer vanaf het einde van de baan, omdat zowel CDO's als getrapte naderingsprocedures in het laatste deel van de nadering vergelijkbaar zijn.
- Op het moment dat naar een scenario wordt gekeken waarbij ook starts zijn betrokken, kunnen nog steeds kleinere geluidcontouren worden gerealiseerd met het gebruik van CDO. Wel geldt dat de reducties in oppervlakte dan procentueel kleiner zijn, namelijk tot 25%.
- De stap van een getrapte nadering naar CDO geeft relatief meer winst dan de stap van CDO met een relatief lage dalhoek naar CDO met een hogere dalhoek.

Op basis van de meldingen zoals ingediend bij het Bewoners Aanspreekpunt Schiphol kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Circa 80% van alle ingediende meldingen in gebruiksjaar 2019 is gerelateerd aan vliegtuigen die op het moment van de klacht onder de 6.000 voet vlogen.
- Startend verkeer leidt tot op grotere hoogte tot meldingen dan naderend verkeer.
- Naderend verkeer vliegt overdag relatief lang op 2.000 of 3.000 voet, wat ook te zien is in het aantal meldingen over verkeer op deze hoogte.

Tot slot heeft het NLR berekeningen uitgevoerd met als doel inzicht te geven in de relatie tussen vlieghoogte en het verleggen van routes voor wat betreft de geluidbelasting op de grond. Op basis van deze berekeningen wordt het volgende geconcludeerd:

- Indien de vlieghoogte toeneemt moet een vliegroute verder verplaatst worden om eenzelfde reductie in het geluidniveau op de grond te krijgen. Als bijvoorbeeld een reductie van 3 dB(A) gewenst is op een vlieghoogte van 6.000 voet, is hiervoor een routeverlegging van ongeveer 1.800m nodig. Op 2.000 voet hoogte hoeft de route maar zo'n 700 meter te worden verlegd voor dezelfde reductie.
- Routeverleggingen leiden tot het verplaatsen van het geluid, waardoor geluid op de ene locatie kan afnemen, terwijl het elders juist toeneemt. Naarmate een vliegtuig zich hoger bevindt zijn grotere verschuivingen nodig om een bepaalde reductie te bereiken op een bepaalde plaats, waardoor de kans groter wordt dat een routeverschuiving resulteert in een toename van de geluidbelasting op een andere plaats.

- Uit enkele voorbeelden van routes en woongebieden rondom Schiphol blijkt dat routes vaak tussen woongebieden liggen, waarvan de randen van deze woongebieden onderling op 2 tot 4 kilometer afstand van elkaar liggen. Een eventuele optimalisatie van de bestaande routes tussen deze woongebieden door lijkt daarmee alleen op lagere vlieghoogte nuttig. Op grotere hoogte moet bij een eventuele routeoptimalisatie eerder worden gedacht aan het compleet verleggen van de routes naar een ander gebied.

Voor het onderzoek naar CDO's en routeverleggingen geldt dat de analyses generiek zijn en dat dergelijke generieke analyses mogelijk beperkt inzicht geven in een specifieke lokale situatie. Daarom wordt aanbevolen om potentiële wijzigingen altijd uit te werken voor een lokale situatie.

Inhoudsopgave

Afkortingen	6
1 Introductie	7
1.1 Leeswijzer	7
2 Analyse continue daalvluchten	8
2.1 Doel en uitgangspunten	8
2.2 Resultaten	10
2.2.1 Resultaten specifieke vluchten	10
2.2.2 Resultaten scenario's	13
2.3 Conclusies en aanbevelingen	17
3 Relatie vlieghoogte met meldingen en impact routeverleggingen	18
3.1 Onderzoek meldingen	18
3.1.1 Doel en uitgangspunten	18
3.1.2 Resultaten	19
3.2 Onderzoek impact routeverlegging op geluidniveaus	21
3.2.1 Doel en uitgangspunten	21
3.2.2 Resultaten relatie vlieghoogte, routeverlegging en verandering in geluidniveau	22
3.2.3 Voorbeeldscenario effect routeverlegging	23
3.3 Conclusies en aanbevelingen	25
4 Referenties	27
Appendix A Aanvullende analyses onderzoek meldingen	28

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
BAS	Bewoners Aanspreekpunt Schiphol
CDO	Continuous Descent Operations
dB(A)	A-gewogen Decibel
IenW	Infrastructuur en Waterstaat
LRH	Luchtruimherziening
NLR	Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
RNP	Required Navigation Performance

1 Introductie

Het programma Luchtruimherziening (LRH) van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft behoefte om inzicht te krijgen in de relatie tussen vlieghoogte en geluid. Daarnaast is er behoefte om meer inzicht te krijgen in het effect van continue daalvluchten op de geluidbelasting.

Dit rapport heeft als doel om de geluidseffecten van een tweetal zaken die een belangrijke rol spelen binnen de Luchtruimherziening te kwantificeren. Dit is gedaan op basis van een aantal modelmatige analyses. Deze analyses hebben tot doel om antwoord te geven op de volgende hoofdvragen:

1. Wat zijn de potentiële effecten op de oppervlakte van verschillende geluidcontouren van het toepassen van continue daalvluchten?
2. Wat is de relatie tussen geluid en vlieghoogte? Om deze vraag te beantwoorden is het volgende onderzocht:
 - a. Wat is de relatie tussen meldingen (klachten) over Schiphol gerelateerd vliegtuiggeluid en de vlieghoogte?
 - b. Wat zijn de gevolgen van het lateraal verschuiven van vliegroutes bij een variërende vlieghoogte?

Bovenstaande hoofdvragen zijn geformuleerd door IenW en vormen de basis voor de analyses en daaruit volgende conclusies in dit rapport.

De informatie over meldingen van overlast door vliegtuigen is geleverd door het Bewoners Aanspreekpunt Schiphol (BAS). Op basis van deze informatie heeft het BAS figuren gemaakt die inzicht geven in de relatie tussen ingediende klachten en vlieghoogte en heeft het BAS op basis van deze figuren enkele conclusies geformuleerd. Deze informatie is door het NLR verwerkt in deze rapportage en waar nodig zijn aanvullende conclusies getrokken om antwoord te kunnen geven op onderzoeksvraag 2.

1.1 Leeswijzer

Het onderzoek naar de bovengenoemde aspecten wordt in de volgende hoofdstukken nader toegelicht, waarbij:

- Hoofdstuk 2 ingaat op de effecten die continue daalvluchten hebben op de geluidbelasting.
- Hoofdstuk 3 de relatie tussen geluid en/of overlast en vlieghoogte beschrijft, met in paragraaf 3.1 een analyse van meldingen en in paragraaf 3.2 een beschrijving van de gevolgen van het lateraal verschuiven van vliegroutes bij een variërende vlieghoogte.

Aan het einde van ieder hoofdstuk worden conclusies getrokken. Daarom is geen los hoofdstuk met conclusies opgenomen in deze rapportage.

2 Analyse continue daalvluchten

Met name overdag maakt een deel van het landend verkeer op Schiphol gebruik van procedures waarbij het toestel langere tijd op een hoogte van 2.000 of 3.000 voet vliegt. Dit wordt ook wel een getrapte nadering of 'step down approach' genoemd. Het toepassen van continue daalvluchten, ook wel Continuous Descent Operations (CDO's) waarbij later wordt gedaald, kan ertoe leiden dat de geluidbelasting op de grond, het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot afnemen.

2.1 Doel en uitgangspunten

Het doel van het onderzoek naar continue daalvluchten is om een globaal inzicht te geven in:

- Het verschil tussen het geluidniveau voor een individuele nadering met een deels constante vlieghoogte en een CDO-nadering. Dit inzicht wordt gegeven voor drie *specifieke vliegtuigtypes*.
- De potentiële effecten van het gebruik maken van meer CDO-naderingen op de oppervlakte van een aantal Lden geluidcontouren. Hiervoor zijn vier verschillende *scenario's* gedefinieerd.

Voor de analyse van de specifieke vliegtuigtypes geldt:

- Geografie speelt geen rol in de analyses. Het gaat om de dimensies (vorm, lengtes, breedtes, oppervlakten) van de contouren, er wordt dus niet gekeken naar een daadwerkelijke baan met de daarbij behorende woonbebouwing in de omgeving van de baan. De analyse is uitgevoerd voor een generieke baan met een enkele naderingsroute die in het verlengde van de baan ligt.
- De verschillen tussen de CDO-nadering en de getrapte nadering worden achtereenvolgens inzichtelijk gemaakt voor de volgende drie populaire vliegtuigtypes: de Boeing 777's (de meest populaire wide-body) en de Boeing 737's en de Airbus A320 (de twee meest populaire narrow-body vliegtuigtypes).
- De eindnadering (onder een daalhoek van drie graden) wordt ingezet vanaf een hoogte van 2.000 voet.
- De geluidniveaus worden gepresenteerd in het geluidblootstellingsniveau of 'Sound Exposure Level' (SEL). Deze geluidmaat is specifiek voor het uitdrukken van de geluidblootstelling als gevolg van een enkele vlucht. De gepresenteerde contourwaarden zijn 60, 65 en 70 dB(A) SEL¹.
- Voor het Sound Exposure Level maakt het niet uit of een vlucht overdag, 's avonds of 's nachts wordt uitgevoerd: de resultaten zijn geldig voor elke situatie.
- De geluidmodellering is gebaseerd op de 4^e editie van ECAC Doc29, waarbij gebruik wordt gemaakt van de instellingen en invoergegevens zoals die voor Schiphol worden toegepast [Ref 2].

Voor de scenario's is naar de volgende vier situaties gekeken:

1. Een referentiescenario gebaseerd op een vereenvoudigde variant van de situatie in 2019 op Schiphol. In dit scenario maakt een deel² van de naderingen gebruik van CDO-naderingen. De overige naderingen volgen verschillende procedures waarbij één of meer keren tijdens de nadering op constante hoogte gevlogen wordt.
2. Een scenario waarin alle naderingen als CDO worden uitgevoerd, op basis van vaste routes en een vaste daalhoek van 2 graden vanaf een hoogte van 10.000 voet tot aan het moment waarop de eindnadering onder een daalhoek van 3 graden wordt ingezet.

¹ Contourwaarden in dB(A) SEL (voor een specifieke vlucht) zijn niet vergelijkbaar met contourwaarden in dB(A) Lden (van alle vluchten gezamenlijk). Bij de gekozen waarden worden de effecten tot ruim 30 kilometer van de baan gepresenteerd (afhankelijk van het vliegtuigtype).

² Het referentiescenario is gebaseerd op de situatie op Schiphol in het gebruiksjaar 2019. Voor zowel zwaar als middelzwaar verkeer is bepaald wat de drie meest gebruikte naderingsprofielen waren. Op basis hiervan is 29% van het Boeing 777 verkeer en 0% van het Boeing 737 / Airbus A320 verkeer gemodelleerd als CDO.

3. Een scenario waarin alle naderingen als CDO worden uitgevoerd, op basis van vaste routes en een vaste daalhoek van 2,5 graden vanaf een hoogte van 10.000 voet tot aan het moment waarop de eindnadering onder een daalhoek van 3 graden wordt ingezet.
4. Een scenario waarin alle naderingen als CDO worden uitgevoerd, op basis van vaste routes en een vaste daalhoek van 3 graden vanaf een hoogte van 10.000 voet tot aan de landing.

De scenario's zijn zo veel mogelijk gebaseerd op de scenario's en bijbehorende uitgangspunten die zijn gedefinieerd voor de analyses ten behoeve van de plan-MER luchtruimherziening [Ref 3]. Voor alle vier hier gepresenteerde scenario's geldt:

- Geografie speelt geen rol in de analyses. Het gaat om de dimensies (vorm, lengtes, breedtes, oppervlakten) van de contouren, dus wordt er niet gekeken naar een daadwerkelijke baan met de daarbij behorende woonbebouwing in de omgeving van de baan. De analyse is uitgevoerd voor één fictieve baan, waarop 50.000 starts en 50.000 landingen plaatsvinden.
- Er zijn verschillende start- en naderingsroutes. De naderende vliegtuigen komen uit twee richtingen: één in het verlengde van de baan en één onder een horizontale hoek van 45 graden. De vertrekkende vliegtuigen starten in drie richtingen, waarbij er één route rechtdoor loopt en de andere naar links en rechts afbuigen, waarbij is aangenomen dat een kwart naar links afdraait, een kwart naar rechts afdraait en de helft rechtdoor vliegt. Dit wordt in paragraaf 2.2.2 verder gevisualiseerd.
- De gehanteerde vlootmix is een vereenvoudigde vlootmix, die globaal aansluit bij Schiphol referentiejaar 2019. De vloot bestaat uit Boeing 777's, de meest populaire wide-body, plus een mix van Boeing 737's en Airbus A320, die de twee meest populaire narrow-body vliegtuigtypes zijn.
- De eindnadering (onder een daalhoek van drie graden) wordt ingezet vanaf een hoogte van 2.000 voet.
- De geluidbelasting wordt gepresenteerd in Lden. Deze geluidmaat is specifiek voor het uitdrukken van de geluidbelasting als gevolg van het totaal aan vliegverkeer over een langere periode, typisch een jaar. De gepresenteerde contourwaarden zijn 43, 45 en 48 dB(A) Lden³.
- Alle vluchten vinden overdag plaats.
- De geluidmodellering is gebaseerd op de 4^e editie van ECAC Doc29, waarbij gebruik wordt gemaakt van de instellingen en invoergegevens zoals die voor Schiphol worden toegepast [Ref 2].

De scenario's verschillen onderling op de volgende punten:

- De gebruikte naderingsprocedure, zoals hierboven bij de definitie van de scenario's omschreven.
- De gemodelleerde routespreiding:
 - In het referentiescenario, waarbij wordt aangenomen dat de naderingen op basis van radar vectoring plaatsvinden (zoals in de praktijk bijvoorbeeld bij naderingen naar Schiphol gebeurt), is een routespreiding toegepast die bij een dergelijke afhandeling past.
 - In de drie CDO scenario's wordt, in lijn met de plan-MER LRH, een navigatienauwkeurigheid van RNP 0.3 verondersteld. In de geluidsanalyses is een bijpassende routespreiding gemodelleerd, waarbij 95% van het verkeer zich binnen een afstand van 0,3 nautische mijlen van de nominale route bevindt. Beide routespreidingen worden in paragraaf 2.2.2 gevisualiseerd.

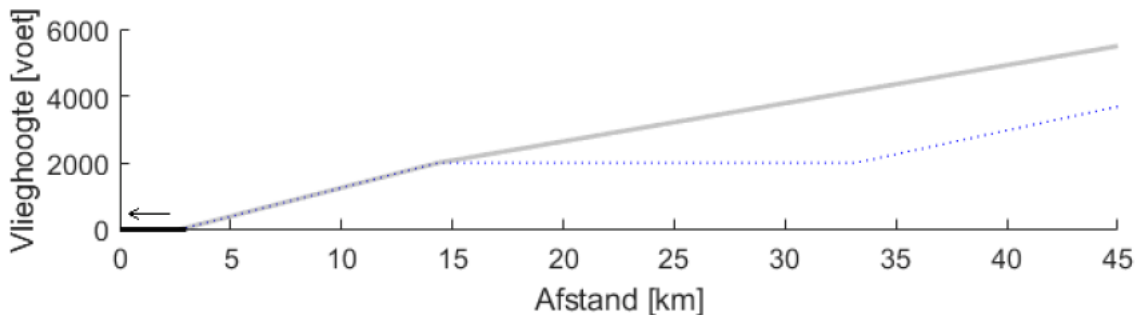
³ Contourwaarden in dB(A) Lden (voor alle 100.000 vluchten gezamenlijk) zijn niet vergelijkbaar met contourwaarden in dB(A) SEL (van een specifieke vlucht). De gekozen contourwaarden sluiten aan de bij de analyses in de Plan-MER LRH, en presenteren de effecten tot 30 a 40 kilometer van de baan (afhankelijk van het scenario).

2.2 Resultaten

De resultaten voor specifieke vluchten zijn opgenomen in paragraaf 2.2.1. Paragraaf 2.2.2 presenteert de resultaten van de scenario's met 50.000 starts en 50.000 landingen.

2.2.1 Resultaten specifieke vluchten

Voor de drie verschillende vliegtuigtypes die ook in de scenario's worden gebruikt, is het effect van de CDO op de geluidniveaus van een specifieke vlucht in kaart gebracht. In dit geval wordt de CDO met een dalhoek van 2 graden vergeleken met een getrapte nadering waarbij gedurende de nadering een tijd horizontaal op een hoogte van 2.000 voet wordt gevlogen. De lengte van dit horizontale segment is in dit voorbeeld 20 kilometer. In Figuur 1 is het hoogteverloop van beide naderingen weergegeven. Vliegtuigen naderen in dit figuur vanaf de rechterkant en landen uiteindelijk helemaal links op de landingsbaan.



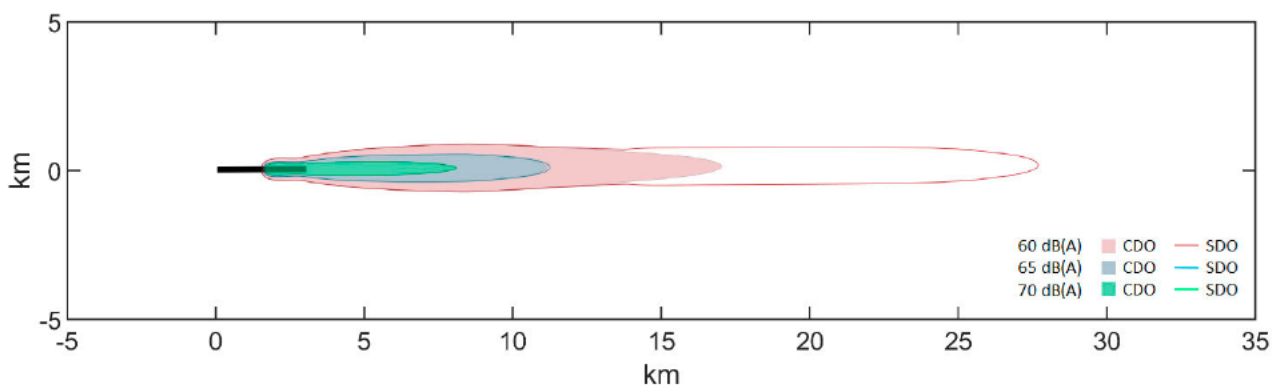
Figuur 1: Hoogteverloop (zijaanzicht) van een CDO (grijs) vergeleken met een getrapte naderingen (blauw)

In praktijk bestaat er variatie in het hoogteverloop, zowel voor de CDO als voor de getrapte naderingen. Zo kan voor de getrapte nadering het horizontale deel langer, maar ook korter zijn en/of op een andere hoogte liggen. In de praktijk situatie varieert de lengte van het horizontale deel in de modellering van 5 tot 40 kilometer. Ook kunnen er diverse horizontale segmenten zijn, zoals bijvoorbeeld op 2000 én 3000 voet.

Voor de CDO is voor alle drie de vliegtuigtypes uitgegaan van de bassivariant met een 2 graden dalhoek. Echter, ook bij de CDO zijn er in praktijk varianten mogelijk, bijvoorbeeld in de gebruikte dalhoek. Deze variaties kunnen effect hebben op de geluidniveaus en daarmee ook op de vergelijking tussen de beide procedures. Gezien het grote aantal mogelijke combinaties is het niet mogelijk om de effecten van al deze variaties apart in kaart te brengen.

Vergelijking voor Boeing 737-700

In Figuur 2 zijn de resultaten opgenomen voor de Boeing 737-700⁴. In tegenstelling tot het vorige figuur betreft het hier een bovenaanzicht. De vliegrichting is wel gelijk: de vluchten naderen vanaf rechts en landen links op de baan. In het figuur wordt het 'Sound Exposure Level' (SEL) of het geluidblootstellingsniveau van de getrapte nadering (Step Down Operations) vergeleken met die van de CDO. Het SEL van een specifieke vlucht vormt de bijdrage van die vlucht aan de totale geluidbelasting van alle vluchten gezamenlijk.

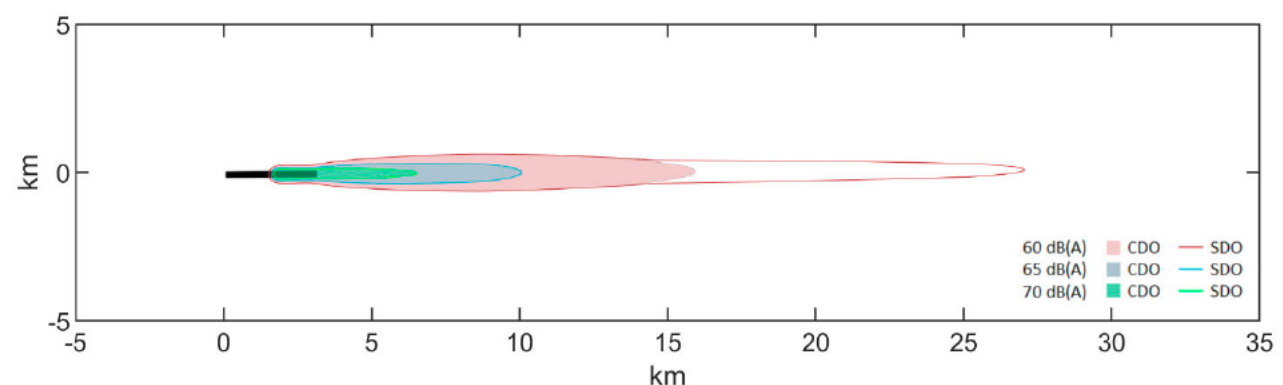


Figuur 2: Geluidblootstellingsniveau voor de Boeing 737-700 voor de getrapte nadering (SDO, lijnen) en de continue daalvluchten (CDO, vlakken)

Uit Figuur 2 valt op te maken dat de 60 dB(A) SEL contour in het geval van CDO aanzienlijk kleiner is. Bij de twee hogere contouren is echter weinig verschil te zien. De belangrijkste verklaring voor het verschil volgt uit Figuur 1, waarbij te zien is dat beide procedures dicht bij de baan (vanaf ongeveer het punt van 14 kilometer gerekend vanaf het eind van de baan) hetzelfde hoogteverloop hebben.

Vergelijking voor Airbus A320-232

In Figuur 3 zijn de resultaten opgenomen voor de Airbus A320-232, waarbij wederom de geluidniveaus behorend bij de twee naderingsprocedures uit Figuur 1 met elkaar zijn vergeleken.



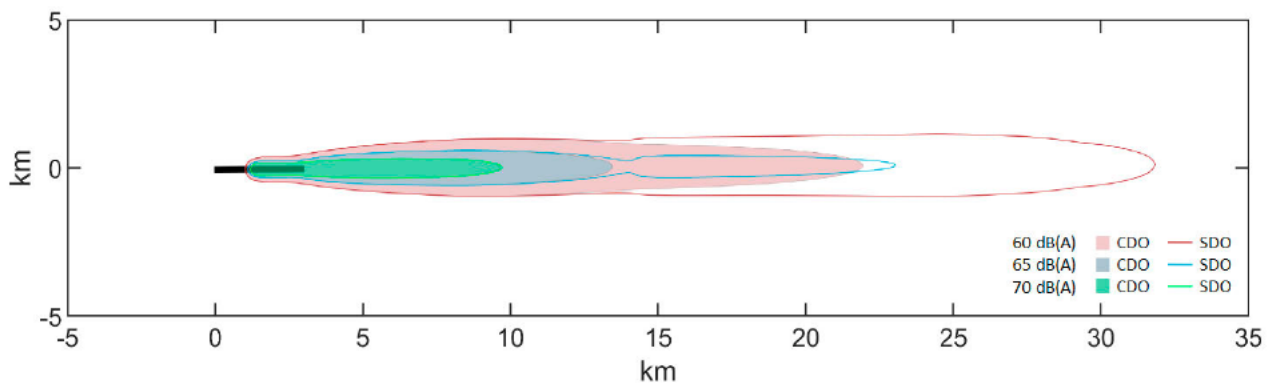
Figuur 3: Geluidblootstellingsniveau voor de Airbus A320-232 voor de getrapte nadering (SDO, lijnen) en de continue daalvluchten (CDO, vlakken)

⁴ De Boeing 737-800 is in praktijk populairder dan de Boeing 737-700. Binnen de Doc29 geluidmodellering zoals uitgewerkt voor Schiphol wordt echter op dit moment de Boeing 737-800 voornamelijk doorgerekend met behulp de gegevens van de Boeing 737-700, met toepassing van een correctie in geluidniveaus. Een eventuele correctie is echter voor een vergelijking minder relevant, waardoor hier is volstaan met een vergelijking van het basistype: de Boeing 737-700.

De resultaten van de Airbus A320 zijn redelijk vergelijkbaar met die van de Boeing 737: Een relatief groot effect op de buitenste 60 dB(A) SEL contour en niet of nauwelijks effect op de hogere contouren die dichterbij de landingsbaan liggen.

Vergelijking voor Boeing B777-300

In Figuur 4 zijn de resultaten opgenomen voor de Boeing 777-300, waarbij wederom de geluidniveaus behorend bij de twee naderingsprocedures uit Figuur 1 met elkaar zijn vergeleken.



Figuur 4: Geluidblootstellingsniveau voor de Boeing 777-300 voor de getrapte nadering (SDO, lijnen) en de continue daalvluchten (CDO, vlakken)

In het geval van de Boeing 777 is er niet alleen een effect op de 60 dB(A) SEL contour, maar ook een duidelijk effect op de 65 dB(A) SEL contour. Dit is te verklaren door het feit dat de absolute geluidniveaus van dit grotere toestel hoger zijn. De 65 dB(A) SEL contour strekt zich daardoor verder uit, tot in het gebied waar de beide naderingsprocedures van elkaar verschillen (vanaf ongeveer het punt van 14 kilometer gerekend vanaf het eind van de baan).

Overzicht oppervlaktes

Naast de visuele vergelijking in de figuren, zijn ook de oppervlaktes van de verschillende contouren met elkaar vergeleken. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1: Oppervlaktes van de verschillende contouren

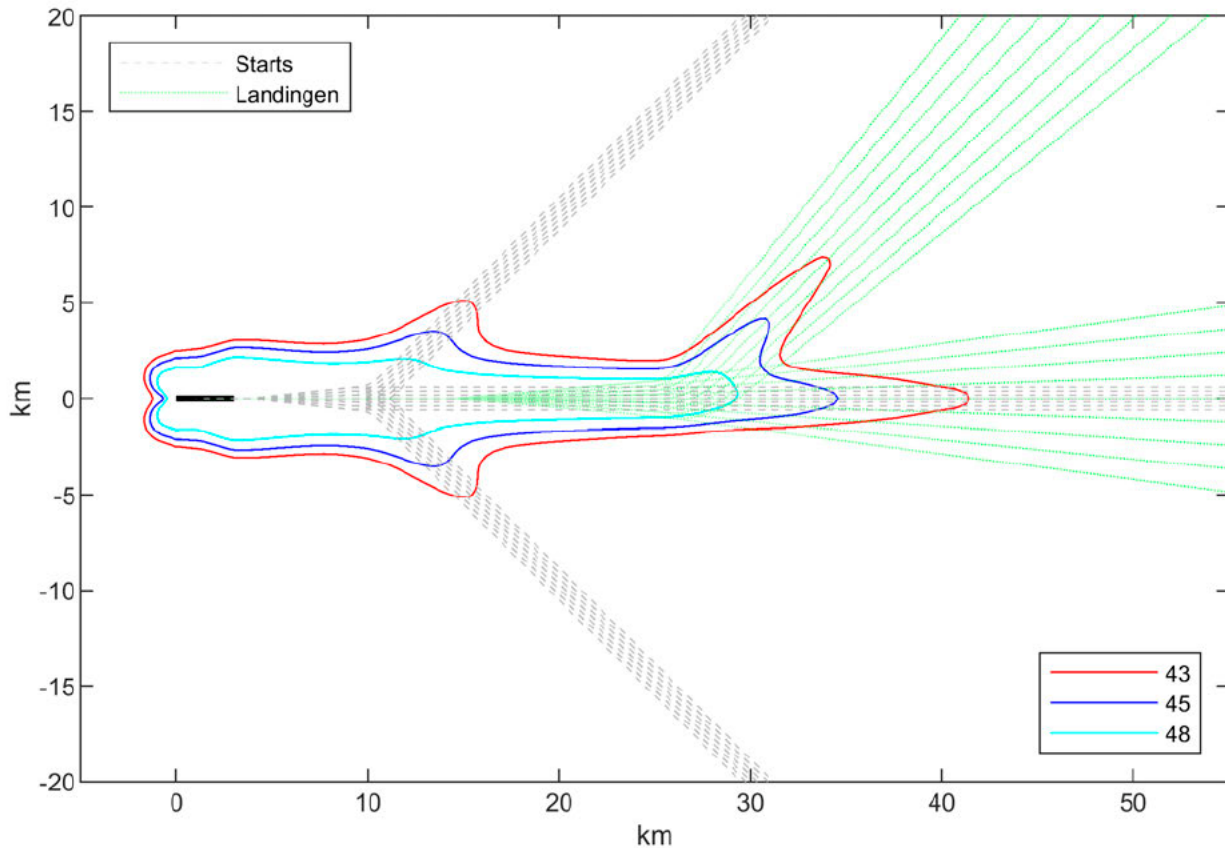
Boeing 737	60 dB(A) SEL	65 dB(A) SEL	70 dB(A) SEL
Getrapte nadering - km ²	32,22	7,32	2,57
CDO - km ²	18,27	7,23	2,57
Reductie	43%	1%	0%
Airbus A320	60 dB(A) SEL	65 dB(A) SEL	70 dB(A) SEL
Getrapte nadering - km ²	20,10	4,54	1,40
CDO - km ²	13,36	4,53	1,40
Reductie	34%	0%	0%
Boeing 777	60 dB(A) SEL	65 dB(A) SEL	70 dB(A) SEL
Getrapte nadering - km ²	52,99	16,93	4,46
CDO - km ²	29,20	11,10	4,44
Reductie	45%	34%	0%

Voor de Boeing 737 en Airbus A320 geldt voor de gekozen situatie een reductie van 34% tot 43% voor de 60 dB(A) contour. Voor de overige contouren is er geen of een zeer beperkt effect. Bij de Boeing 777 is dit beeld anders: daar is ook een reductie van 34% zichtbaar bij de 65 dB(A) contour.

2.2.2 Resultaten scenario's

Scenario 1: referentiescenario

Het resultaat van het referentiescenario is weergegeven in Figuur 5.



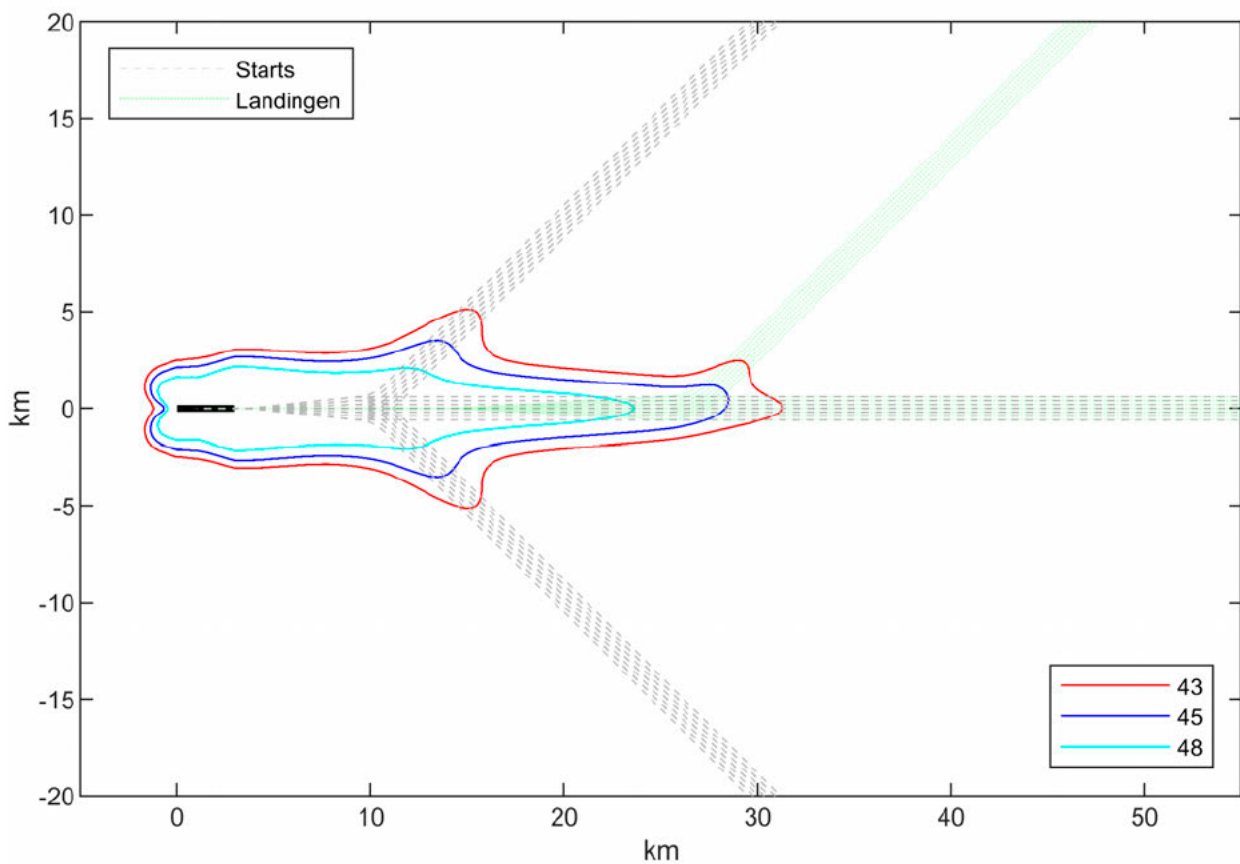
Figuur 5: Geluidbelasting in dB(A) Lden voor scenario 1 (referentiescenario). De grijze stippellijnen representeren het startende verkeer, de lichtgroene lijnen de naderingen

In Figuur 5 zijn in de eerste plaats de gebruikte start- en landingsroutes zichtbaar. Voor de starts, weergegeven in grijs, is uitgegaan van drie verschillende uitvliegrichtingen, waarvan één rechtdoor, één naar links en één naar rechts. Al het startend verkeer vliegt van links naar rechts. De twee startroutes die afbuigen, doen dat ongeveer 10 kilometer na het begin van de startrol. De naderingsroutes zijn weergegeven in lichtgroen. Het naderend verkeer vliegt van rechts naar links en komt uit twee richtingen: één in het verlengde van de baan en één onder een hoek van 45 graden. In het figuur is te zien dat voor het naderend verkeer relatief veel spreiding in de routes is toegepast, wat past bij het uitgangspunt dat het naderend verkeer op basis van vectoring wordt afgehandeld.

Verder zijn in figuur 5 drie Lden contouren weergegeven, passend bij de generieke situatie van 50.000 starts en 50.000 landingen. Hierbij wordt opgemerkt dat de weergegeven contourwaarden relatief laag zijn. Alle starts en landingen zijn echter gemodelleerd als vluchten in de dagperiode. Op het moment dat bijvoorbeeld gerekend zou worden met avond- en nachtvluchten in de verhouding zoals die op Schiphol voorkomt, zouden alle weergegeven Lden-waarden ongeveer 3 dB(A) hoger liggen.

Scenario 2: 2 graden CDO

Het resultaat voor het scenario met 2 graden CDO is weergegeven in Figuur 6.

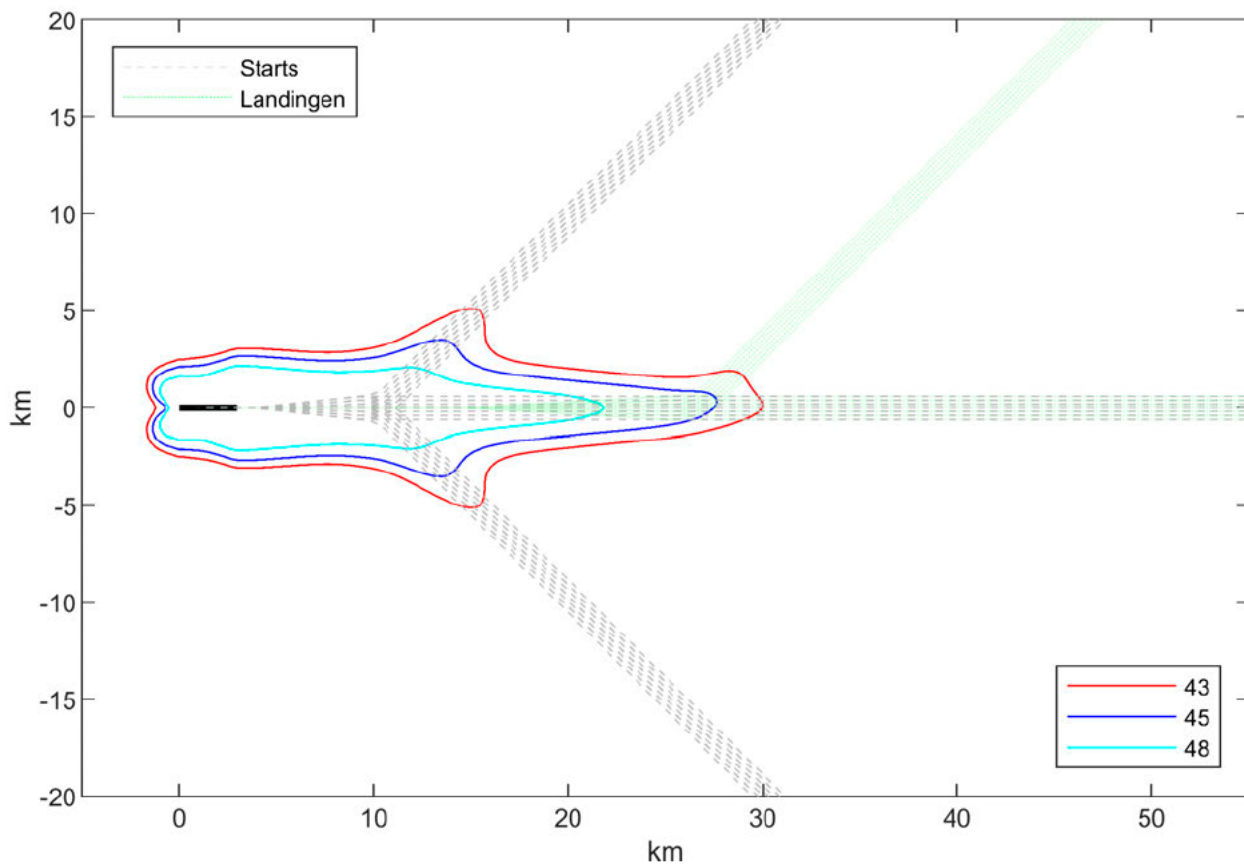


Figuur 6: Geluidbelasting in dB(A) Lden voor scenario 2 (2 graden CDO)

In Figuur 6 valt allereerst op dat de toegepaste routespreiding voor naderingen (in lichtgroen) minder is, passend bij het uitgangspunt van vaste naderingsroutes. Verder valt op dat de geluidcontouren nabij de luchthaven vergelijkbaar zijn met het referentiescenario, maar dat deze op grotere afstand van de baan kleiner zijn geworden. Uiteraard geldt dit alleen onder de naderingsroutes en is in de gebieden waar alleen startroutes lopen geen effect te zien. De modellering van de starts is immers in alle scenario's gelijk.

Scenario 3: 2,5 graden CDO

Het resultaat voor scenario 3 met 2,5 graden CDO is weergegeven in Figuur 7.

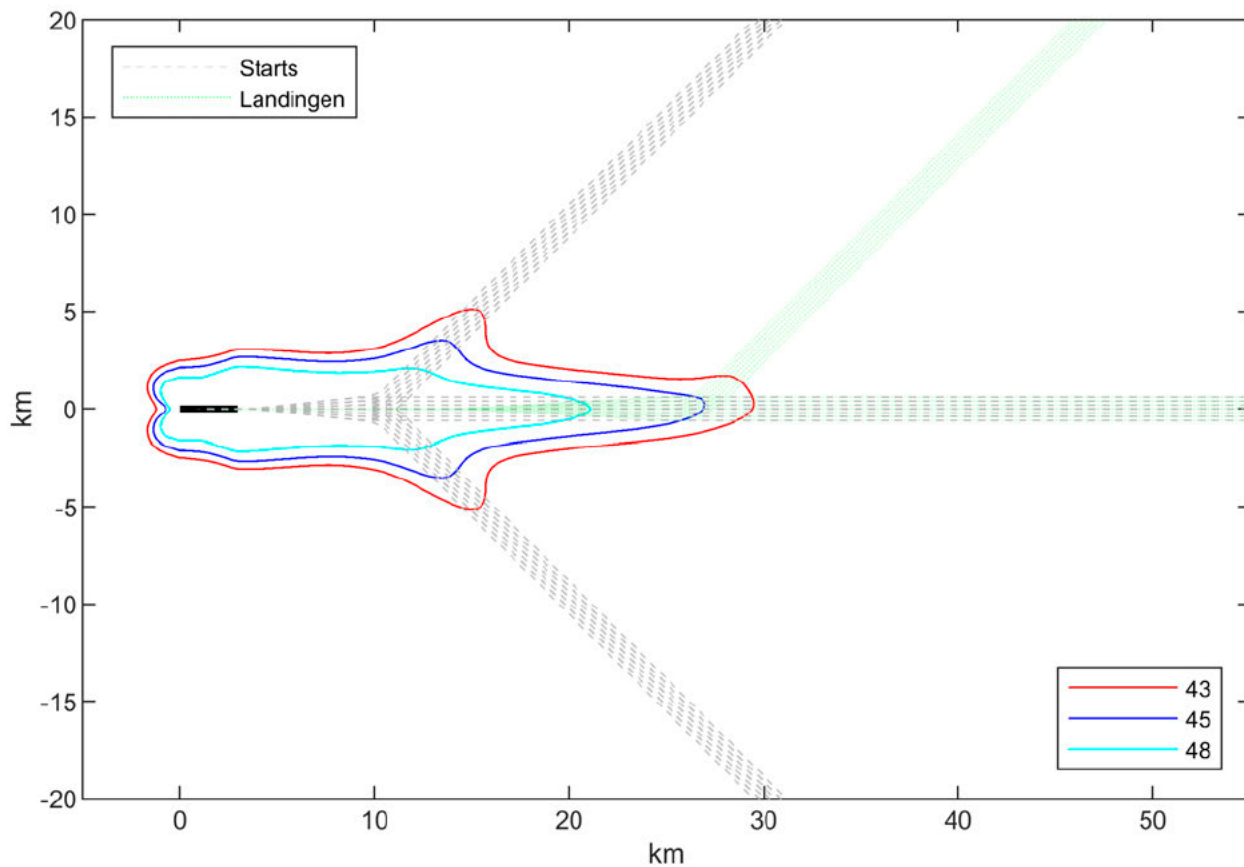


Figuur 7: Geluidbelasting in dB(A) Lden voor scenario 3 (2,5 graden CDO)

Figuur 7 lijkt sterk op Figuur 6. Wel zijn de contouren als gevolg van de hogere dalhoek bij de nadering nog iets kleiner.

Scenario 4: 3 graden CDO

Het resultaat voor scenario 4 met de 3 graden CDO is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: Geluidbelasting in dB(A) Lden voor scenario 4 (3 graden CDO)

Ook hier geldt dat het verschil met het vorige scenario in Figuur 7, maar ook met scenario 2 in Figuur 6, relatief klein is. Op het moment dat de contouren worden vergeleken, blijkt dat de nog grotere daalhoek wel tot iets kleinere contouren leidt, maar het effect is beperkt.

Overzicht oppervlaktes scenario's

De oppervlaktes van de contouren van de verschillende scenario's zijn opgenomen in Tabel 2.

Tabel 2: Oppervlaktes van de contouren van de verschillende scenario's

	43 dB(A) Lden	45 dB(A) Lden	48 dB(A) Lden
Scenario 1 – Referentie – km ²	218,0	148,6	89,2
Scenario 2 – 2,0° CDO – km ²	169,2 (-22%)	121,2 (-18%)	72,2 (-19%)
Scenario 3 – 2,5° CDO – km ²	164,1 (-25%)	117,2 (-21%)	69,4 (-22%)
Scenario 4 – 3,0° CDO – km ²	162,5 (-25%)	115,4 (-22%)	68,6 (-23%)

De resultaten in Tabel 2 bevestigen het beeld dat al uit de figuren volgde: het toepassen van de CDO geeft ten opzichte van het referentiescenario een aanzienlijke reductie van ongeveer 20% in de oppervlaktes van de weergegeven geluidcontouren. De gekozen contourwaarden geven alleen inzicht in de reducties op een wat grotere afstand van de baan. In het gebied tot ongeveer 14 kilometer van de baan zal echter geen effect optreden, omdat de naderingsprocedures in dit gebied niet van elkaar verschillen.

De resultaten laten duidelijk zien dat op het moment dat de dalhoek van de CDO verder wordt verhoogd dit nog wel iets kleinere contouren oplevert, maar dat het effect ten opzichte van de eerste stap beperkt is.

De reducties in Tabel 2 zijn procentueel wel kleiner dan de maximale reducties die eerder bij de resultaten van de enkele vlucht zichtbaar waren (Tabel 1). Hoewel de gekozen contourwaarden ook van invloed kunnen zijn, ligt het voor de hand dat de invloed van startend verkeer (dat geen rol speelde in de resultaten in Tabel 1) op de geluidbelasting meespeelt, waardoor het positieve effect van CDO op het totaal lager ligt. Het startende verkeer is immers in alle scenario's identiek gemodelleerd.

2.3 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van het onderzoek naar continue daalvluchten is om een globaal inzicht te geven in de potentiële effecten van het gebruik maken van meer continue daalvluchten op de oppervlakte van een aantal geluidcontouren, zowel voor individuele naderingen als voor scenario's met meerdere vliegbewegingen.

De analyses leiden tot de volgende conclusies:

- Het toepassen van CDO levert, in vergelijking tot een getrapte nadering, kleinere geluidscontouren op. Op het moment dat naar specifieke naderingen wordt gekeken, blijkt uit de voorbeelden dat de buitenste geluidcontour (60 dB(A) SEL) voor deze vlucht tot 45% kleiner kunnen worden.
- De reducties worden alleen gerealiseerd op grotere afstand van het veld, vanaf ongeveer 14 kilometer vanaf het einde van de baan, omdat beide procedures in het laatste deel van de nadering vergelijkbaar zijn.
- Op het moment dat naar een scenario wordt gekeken waarbij ook starts zijn betrokken, kunnen nog steeds kleinere geluidcontouren worden gerealiseerd met het gebruik van CDO. Wel geldt dat de reducties in oppervlakte dan procentueel kleiner zijn, namelijk tot 25%.
- De stap van een getrapte nadering naar CDO geeft relatief meer winst dan de stap van CDO met een relatief lage dalhoek naar CDO met een hogere dalhoek.

De resultaten van het scenario zijn onder andere gevoelig voor de ligging van de start- en landingsroutes ten opzichte van elkaar en welke getrapte naderingsprocedures precies worden gebruikt. Een dergelijk generiek scenario geeft daarom mogelijk beperkt inzicht in een specifieke lokale situatie en houdt ook geen rekening met de ligging van woongebieden. Het verdient daarom aanbeveling om potentiële wijzigingen in de operatie uiteindelijk altijd uit te werken voor een lokale situatie.

3 Relatie vlieghoogte met meldingen en impact routeverleggingen

Volgens de luchtvaartnota heeft het beperken van geluidsoverlast onder de 6.000 voet prioriteit, terwijl boven de 6.000 voet het beperken van CO₂ uitstoot voorop staat. Daarom is er in het programma LRH voor gekozen om een hoogtegrens van 6.000 voet te hanteren bij het routeontwerp dat zal volgen uit het Voorkeursalternatief. In de praktijk zal dit ertoe leiden dat onder de 6.000 voet woonkernen zoveel mogelijk worden vermeden. Boven die hoogte gaat het vooral om de kortste routes en staat het beperken van CO₂-uitstoot voorop, waarbij veiligheid in alle gevallen een voorwaarde is.

Om inzicht te geven in de effecten van de gekozen hoogte zijn twee onderzoeken uitgevoerd:

1. Het BAS heeft gegevens aangeleverd die inzicht geven in de relatie tussen ingediende klachten en vlieghoogte op basis waarvan een aantal conclusies getrokken zijn.
2. Het NLR heeft onderzocht hoe het effect van het verleggen van routes varieert met de vlieghoogte van die routes.

Deze onderzoeken worden beschreven in respectievelijk paragrafen 3.1 en 3.2.

3.1 Onderzoek meldingen

De achterliggende gegevens die zijn gebruikt voor deze paragraaf zijn afkomstig van het BAS en de figuren zijn gemaakt door BAS in overleg met NLR.

3.1.1 Doel en uitgangspunten

Het doel van dit deel van het onderzoek is om de relatie tussen meldingen over aan Schiphol gerelateerd vliegtuiggeluid en de vlieghoogte inzichtelijk te maken op basis van de meldingen zoals ingediend bij BAS.

Om dit te onderzoeken heeft BAS een meldingenanalyse uitgevoerd waarbij de volgende uitgangspunten gehanteerd zijn:

- Bij het onderzoek zijn meldingen en melders (klagers) van gebruiksjaar 2019 (1 november 2018 tot en met 31 oktober 2019) gebruikt.
- Hierbij is alleen gebruik gemaakt van zogeheten specifieke meldingen. Dat wil zeggen dat een melding betrekking heeft op één vliegtuigbeweging (meldingen kunnen bijvoorbeeld ook gedaan worden over een bepaalde periode waarin meerdere vliegbewegingen plaatsvinden). Om een melding te kunnen gebruiken moet deze gekoppeld zijn aan een specifieke vliegtuigbeweging.
- Bij het onderzoek zijn alleen meldingen van melders met minder dan 500 meldingen op jaarbasis meegenomen. Dit zijn meldingen uit de zogeheten focusgroep. Hiermee zijn 99,5% van alle melders meegenomen.
- Er wordt maximaal één melding per melder over één unieke vliegtuigbeweging meegenomen, hetgeen resulteert in circa 58.000 meldingen.

- BAS registreert meldingen uit geheel Nederland over vliegverkeer van, op en naar Schiphol, waardoor dus niet alleen gekeken is naar meldingen uit de directe omgeving van de luchthaven.

3.1.2 Resultaten

De specifieke melders komen uit een groot gebied rondom de luchthaven. In Figuur 9 is een overzicht opgenomen van de herkomstlocatie van de meldingen, in relatie tot de vliegroutes.



Figuur 9: Geografisch overzicht van de herkomst van de meldingen (weergegeven met stippen) in relatie tot de vliegroutes voor starts (blauw) en landingen (groen). (Bron: BAS)

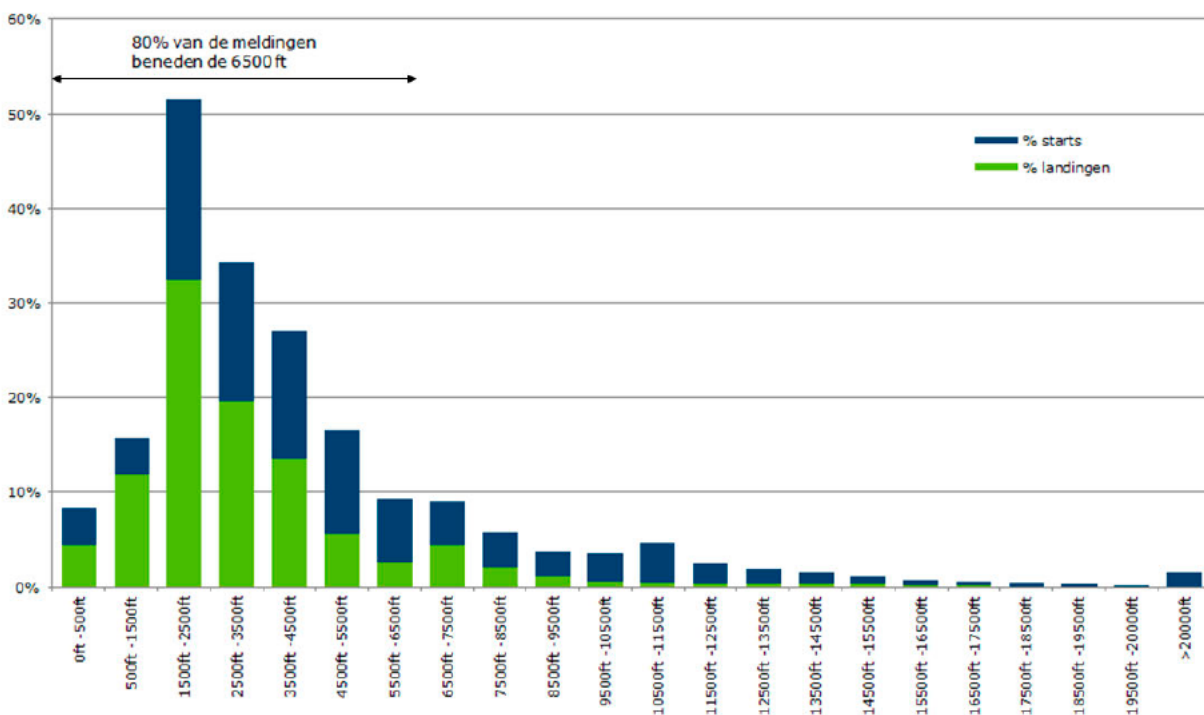
In Figuur 9 valt op dat:

- De meldingen over starts geconcentreerd zijn in het gebied relatief dicht bij de luchthaven
- Meldingen over landend verkeer dominant zijn in het gebied daaromheen (verder van de luchthaven af).
- Meldingen kunnen voorkomen in geheel Nederland. Het merendeel bevindt zich binnen de begrenzingen van het Schiphol Luchtruim (TMA'S). Ongeveer de helft van de melders bevinden zich buiten de 48 Lden geluidcontour (2019).

Op basis van Figuur 9 zijn echter nog geen conclusies te trekken over de vlieghoogte in relatie tot de meldingen. Het feit dat relatief veel meldingen over landend verkeer op grotere afstand van de luchthaven liggen, betekent niet dat meldingen van aankomend verkeer automatisch ook betrekking hebben op vluchten op grotere hoogte. Dit komt omdat vertrekkend verkeer over het algemeen veel steiler uitklimt dan naderend verkeer daalt.

Uit de door BAS uitgevoerde analyses naar de relatie tussen vlieghoogte en meldingen blijkt onder andere het volgende:

- Circa 80% van alle ingediende meldingen in gebruiksjaar 2019 is gerelateerd aan vliegtuigen die op het moment van de klacht onder de 6.000 voet vlogen (zie *Figuur 10*).
- Startend verkeer leidt tot op grotere hoogte tot meldingen dan naderend verkeer. Uit de figuur blijkt dat ruim 10% van de meldingen over landend verkeer gebaseerd is op vliegverkeer op een hoogte van 6.000 voet of meer. Bij startend verkeer is dat zo'n 30%.
- Een nadere analyse van de geografische spreiding laat echter wel zien dat de meldingen ten gevolge van starts gemiddeld dichterbij de luchthaven liggen. Dit komt doordat starts sneller hoogte maken dan dat landingen dalen, waardoor landingen zich op grotere afstand van de luchthaven lager bevinden.
- De meldingen op grondniveau zijn afkomstig van meldingen over grondgeluid.



Figuur 10: Relatie tussen meldingen en vlieghoogte van Schiphol verkeer (Bron: BAS)

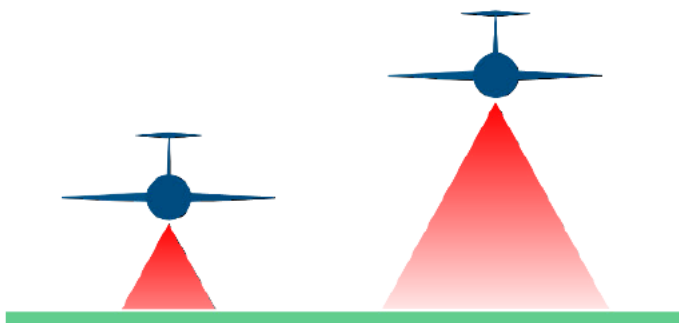
Figuur 10 laat zien dat vliegverkeer onder de 1.500 voet relatief minder meldingen geeft dan verkeer tussen de 1.500 en 5.500 voet. Dit is waarschijnlijk verklaarbaar uit het feit dat er vlak bij de banen weinig mensen wonen. Met name bij de landingen is sprake van een hoog aantal meldingen van verkeer op ongeveer 2.000 voet hoogte. Dit komt doordat een deel van het landende verkeer enige tijd een vlak segment vliegt op een hoogte van 2.000 voet, waardoor landende toestellen zich langer op een hoogte van 2.000 voet bevinden dan op andere hoogtes. Een vergelijkbaar effect is in mindere mate te zien rond de 3.000 voet.

Naast de variabele landend of startend verkeer zijn er meer aspecten die een rol kunnen spelen bij de relatie tussen meldingen en vlieghoogte. In Appendix A zijn resultaten opgenomen waaruit bijvoorbeeld blijkt dat het aspect dag of nacht ook van invloed is: 's nachts is een groter deel van de meldingen te relateren aan verkeer op grotere hoogte. Daarnaast is het belangrijk om te beseffen dat de resultaten gebaseerd zijn op de huidige situatie (gebruiksjaar 2019) wat betreft de combinatie vliegverkeer en bebouwing rondom Schiphol. Op het moment dat de operatie wordt gewijzigd, bijvoorbeeld met andere vliegroutes en/of ander baangebruik, of als het aantal woningen verandert,

bijvoorbeeld ten gevolge van nieuwbouw, kunnen de patronen worden beïnvloed. Zo zijn in Appendix A ook resultaten opgenomen waaruit af te leiden valt dat de relatie tussen meldingen en vlieghoogte niet voor alle banen gelijk is. Een voor de hand liggende (mede)oorzaak hiervan is dat de locatie van de bebouwing relatief ten opzichte van de baan per landingsbaan anders is.

3.2 Onderzoek impact routeverlegging op geluidniveaus

Hoe hoger een vliegtuig vliegt, des te lager de geluidniveaus op de grond worden, maar ook hoe breder het gebied wordt waarover het geluid wordt uitgespreid. Dit is vereenvoudigd weergegeven in Figuur 11. Om een bepaalde reductie in geluidniveau op de grond te krijgen moet de route van een hoger vliegend vliegtuig verder verplaatst worden dan van een lager vliegend vliegtuig. Dit principe wordt in deze paragraaf aan de hand van twee rekenvoorbeelden toegelicht.



Figuur 11: Schematische indicatie van gebieden waar vliegtuiggeluid hoorbaar is afhankelijk van vlieghoogte

3.2.1 Doel en uitgangspunten

Het NLR heeft berekeningen uitgevoerd met als doel inzicht te geven in de relatie tussen de vlieghoogte en het effect van het verleggen van routes op de geluidbelasting op de grond.

Bij de analyse zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

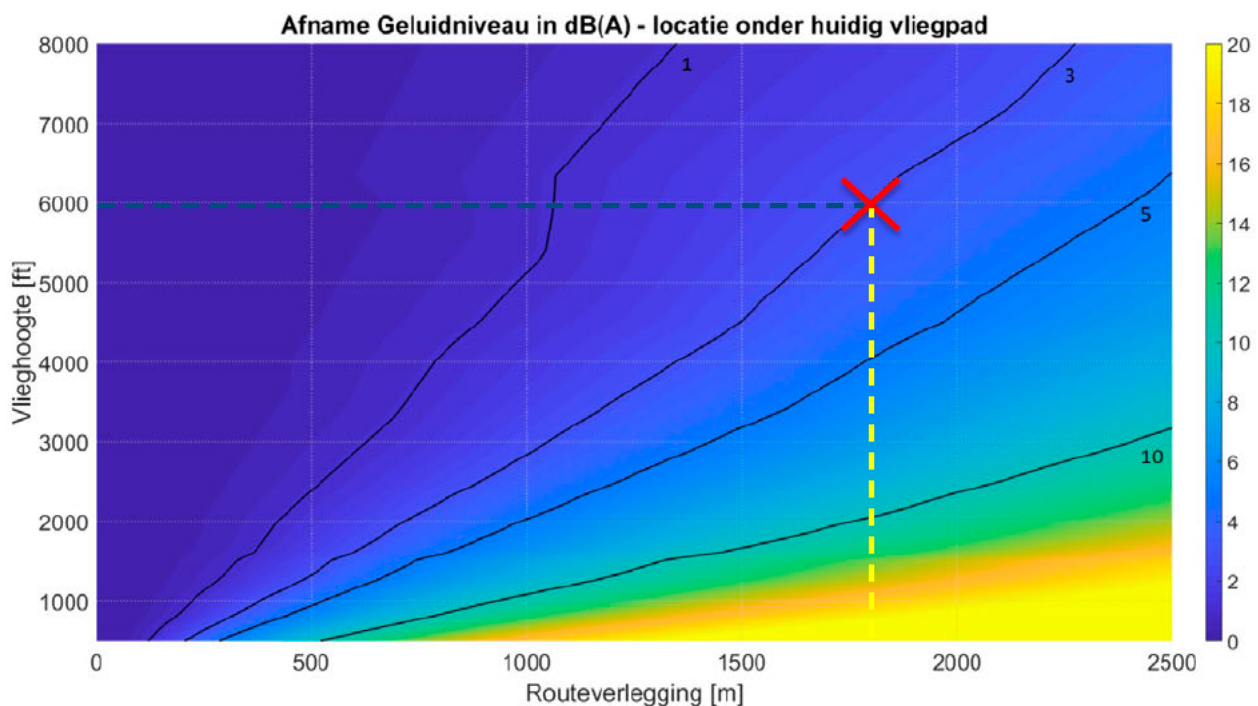
- De berekeningen zijn uitgevoerd met het Doc.29 geluidmodel.
- Voor de relatie vlieghoogte, routeverlegging en verandering in geluidniveau voor een enkel vliegtuig wordt gebruik gemaakt van een gangbare startprocedure van een Boeing 737-700/800. Omdat gekeken wordt naar de (te behalen) afname van een geluidniveau als functie van de hoogte heeft de gekozen procedure en het gekozen vliegtuigtype slechts een beperkt effect op de conclusies. Bij een andere procedure verandert weliswaar het hoogterempo, maar daarmee niet direct de afname van het geluidniveau op een specifieke hoogte. Bij een ander vliegtuigtype verandert wel de geluidproductie van het toestel, maar daarmee niet direct de afname van het geluidniveau als functie van de hoogte en de routeverlegging. Weliswaar kunnen andere procedures en types tot iets andere resultaten leiden, maar deze veranderingen zullen niet tot andere inzichten leiden.
- Bij de uitwerking in een voorbeeldscenario wordt gebruik gemaakt van een luchthaven met één baan, waarop zowel starts als landingen plaatsvinden. Hierbij wordt alleen de startroute verlegd. Het gebruikte scenario sluit aan bij het referentiescenario van hoofdstuk 2.

- De berekeningen hebben niet tot doel om absolute geluidniveaus te bepalen, maar om het verschil in geluidniveaus te bepalen ten gevolge van het verschuiven van een route. Dit verschil is bepaald voor verschillende vlieghoogtes en/of locaties.

3.2.2 Resultaten relatie vlieghoogte, routeverlegging en verandering in geluidniveau

De resultaten van deze analyse voor een enkel startend vliegtuig zijn samengevat in Figuur 12. In deze figuur is de benodigde routeverlegging weergegeven die nodig is om een bepaalde reductie in geluid op de grond te realiseren. Dit is gedaan voor een reductie van 1, 3, 5 en 10 dB(A). De figuur is gemaakt op basis van een analyse voor een locatie die zich in de uitgangssituatie recht onder het vliegtuig bevindt.

Hierbij wordt opgemerkt dat een verschil van 3 dB(A) in het geluidniveau van een passerend vliegtuig voor de gemiddelde mens net hoorbaar is. Een verschil van 5 dB(A) is duidelijk hoorbaar en een verschil van 10 dB(A) wordt ervaren als een verdubbeling of halvering van het geluidniveau (zie ref. 1).



Figuur 12: Afname geluidniveau ten gevolge van routeverlegging voor verschillende vlieghoogtes

De afname van het geluidniveau is in kleur weergegeven (donkerblauw is een kleine afname en lichtgeel toont de grootste afname in dB(A)). Afnames van 1, 3, 5 en 10 dB(A) zijn tevens met zwarte lijnen weergegeven in de figuur. Het rode kruis laat, als voorbeeld, zien dat voor een reductie van 3 dB(A) op een vlieghoogte van 6.000 voet een routeverlegging van ongeveer 1.800 meter nodig is. Het gaat hierbij om een routeverlegging dwars op de vliegrichting. Op het moment dat het vliegtuig veel lager zit, bijvoorbeeld op 2.000 voet, hoeft de route maar zo'n 700 meter te worden verlegd om dezelfde afname in geluidniveau te bereiken.

Wel geldt dat als voor een groot aantal vliegtuigbewegingen een bepaalde afname in geluidniveau kan worden behaald (dus bijvoorbeeld ook inclusief de naderingen) de geluidbelasting in gelijke mate afneemt. In termen van het aantal verwachte ernstig gehinderde personen kunnen ook kleinere afnames wel degelijk effect hebben⁵. Bij een afname van 1 dB, bijvoorbeeld van 50 naar 49 dB(A) Lden, wordt een afname in het aantal ernstig gehinderde personen van 1,9 procentpunt verwacht.

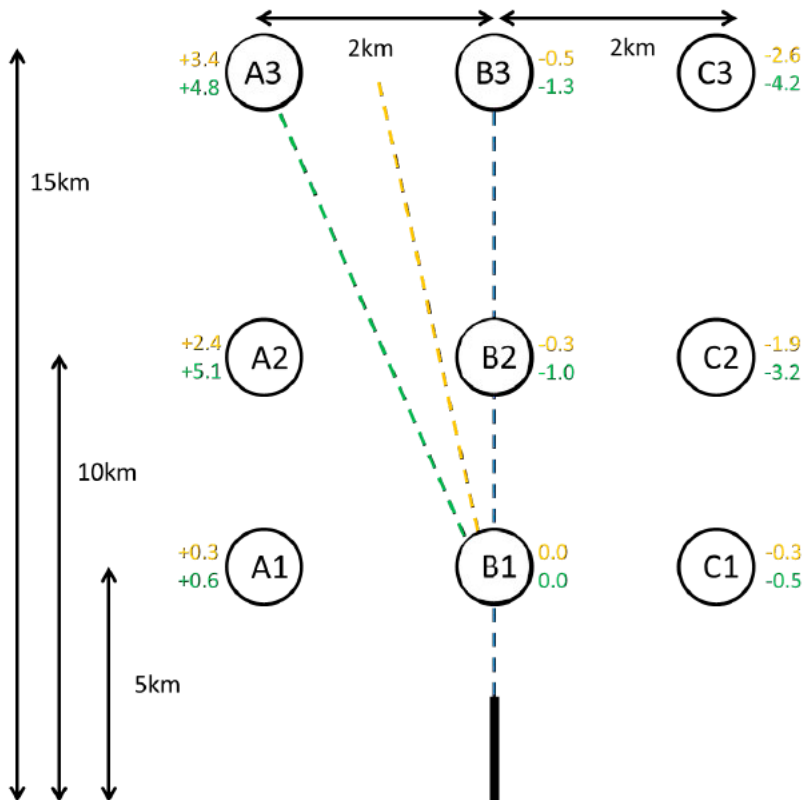
3.2.3 Voorbeeldscenario effect routeverlegging

Om een indicatie te geven van de effecten van een routeverschuiving in een gebied met verschillende locaties is een berekening uitgevoerd voor een fictieve situatie, die geschetst is in Figuur 13. De figuur toont 9 locaties: 3 locaties (A1,A2,A3) op 2 km links van het verlengde van de startbaan, 3 locaties (B1,B2,B3) in het verlengde van de startbaan en 3 locaties (C1,C2,C3) op 2 km rechts naast het verlengde van de startbaan. Voor al deze locaties is de geluidbelasting berekend bij gebruik van drie verschillende startroutes:

1. Een startroute die rechtdoor gaat vanaf de startbaan (weergegeven met de licht blauwe stippellijn in Figuur 13). Dit is de referentiesituatie die wordt vergeleken met twee verschoven routes.
2. Een startroute die beperkt naar links verschoven is, waarbij deze route 15 km na het begin van de startbaan 1 km links van de referentieroute ligt (weergegeven met de oranje stippellijn in Figuur 13).
3. Een startroute die verder naar links verschoven is, waarbij deze route 15 km na het begin van de startbaan 2 km links van de referentieroute ligt (weergegeven met de groene stippellijn in Figuur 13).

De verschuiving van de routes is doorgevoerd vanaf een punt na de startbaan, omdat toestellen op de startbaan en kort na het verlaten van de startbaan nog rechtdoor vliegen. Naast het startend verkeer over de startroutes is ook landend verkeer meegenomen in de berekening. Omdat landend verkeer ruim voor de landing recht voor de baan vliegt is voor deze berekening aangenomen dat alle landende verkeer in een rechte route naar de baan vliegt. De toegepaste verkeersscenario's zijn identiek aan die van het referentiescenario uit hoofdstuk 2.

⁵ Het is mogelijk om een schatting te maken van het aantal ernstig gehinderden als functie van de Lden geluidbelasting. Dit wordt gedaan met een zogeheten dosis-effectrelatie, die een verband geeft tussen de geluidbelasting in Lden (de dosis) en het percentage ernstig gehinderden (het effect). Door de berekende geluidbelasting in Lden te combineren met deze relatie kan een aantal ernstig gehinderden bepaald worden. Indien de geluidbelasting afneemt zal het aantal ernstig gehinderden, zoals bepaald op basis van de dosis-effectrelatie, afnemen.



Figuur 13: Effect van routeverschuiving voor fictieve locaties

De routeverschuivingen zorgen ervoor dat de vliegroutes dichterbij locaties A komen te liggen, terwijl ze juist verder van de locaties B en C komen te liggen. De toe- en afnames van de geluidbelasting staan ook weergegeven in Figuur 13. Niveauverschillen weergegeven in oranje geven het effect van de oranje route weer en niveauverschillen in groen horen bij het effect van de groene route.

De resultaten laten zien dat:

- Het verschuiven van de route inderdaad leidt tot een hogere geluidbelasting in locaties A en een lagere geluidbelasting in locaties B en C, met uitzondering van locatie B1. Hier heeft de routeaanpassing nog geen effect.
- Dicht bij de startbaan (locaties A1, B1, C1) sowieso geldt dat de routeaanpassing nog weinig effect heeft.
- Dit vijf kilometer verderop (locaties A2, B2, C2) anders ligt. Uit de resultaten blijkt dat de routeaanpassingen in locatie A2 tot grotere toenames leiden dan afnames in locaties B2 en C2.
- Dezelfde observatie ook geldt de locaties A3, B3 en C3: ook hier zijn de toenames in A3 als gevolg van een bepaalde routeaanpassing groter dan de afnames in C3.

Eerder is aan de hand van Figuur 12 geïllustreerd dat de route van een hoger vliegend vliegtuig verder verplaatst moet worden dan van een lager vliegend vliegtuig om dezelfde reductie in het geluidniveau op de grond te krijgen. Dat effect is in Figuur 13 ook zichtbaar.

Bovenstaand voorbeeld laat zien dat het verschuiven van routes om de geluidniveaus op de grond te verminderen steeds minder effect heeft bij toenemende vlieghoogte.

De afstanden tussen de verschillende woonlocaties zoals gepresenteerd in Figuur 13 komen ook voor in de Nederlandse praktijk. Zo geldt bijvoorbeeld voor starts vanaf Schiphol, afhankelijk van de baan en de bestemming, dat

deze tussen diverse plaatsen doorvliegen, waarbij de afstand tussen de randen van de woonbebouwing, gemeten loodrecht op het vliegpad bijvoorbeeld:

- bij Hoofddorp en Nieuw-Vennep ongeveer 2,5 kilometer is,
- bij Nieuw-Vennep en Leimuideren ongeveer 4 kilometer is,
- bij Lisse en Sassenheim ongeveer 2 kilometer is,
- bij Zwanenburg en Amsterdam ongeveer 2,5 kilometer is en
- bij Zwanenburg en Haarlem ongeveer 3,5 kilometer is.

Hierbij geldt in een aantal gevallen dat ongeveer midden tussen de genoemde woongebieden wordt gevlogen, maar er zijn ook gevallen waarbij de routes dicht bij één van beide woongebieden ligt.

Voor de locaties dichtbij de luchthaven, waarbij het startend verkeer nog op relatief lage hoogte zit, kan routeoptimalisatie mogelijk nog interessant zijn. Maar voor locaties die verder van de luchthaven zijn gelegen geldt dit in steeds mindere mate.

3.3 Conclusies en aanbevelingen

Het eerste deel van dit hoofdstuk had als doel om de relatie tussen meldingen over Schiphol gerelateerd vliegtuiggeluid en de vlieghoogte inzichtelijk te maken. Dit is gebeurd op basis van de meldingen zoals ingediend bij het BAS. Hieruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Circa 80% van alle ingediende meldingen in gebruiksjaar 2019 is gerelateerd aan vliegtuigen die op het moment van de klacht onder de 6.000 voet vlogen.
- Startend verkeer leidt tot op grotere hoogte tot meldingen dan naderend verkeer.
- Naderend verkeer vliegt overdag relatief lang op 2.000 of 3.000 voet, wat ook te zien is in het aantal meldingen over verkeer op deze hoogtes.

Het NLR heeft berekeningen uitgevoerd met als doel om inzicht te geven in de relatie tussen vlieghoogte en het verleggen van routes voor wat betreft de geluidbelasting op de grond. Op basis van deze berekeningen wordt het volgende geconcludeerd:

- Indien de vlieghoogte toeneemt moet een vliegroute verder verplaatst worden om eenzelfde reductie in het geluidniveau op de grond te krijgen. Als bijvoorbeeld een reductie van 3 dB(A) gewenst is op een vlieghoogte van 6.000 voet, is hiervoor een routeverlegging van ongeveer 1.800m nodig. Op 2.000 voet hoogte hoeft de route maar zo'n 700 meter te worden verlegd voor dezelfde reductie.
- Routeverleggingen leiden tot het verplaatsen van het geluid, waardoor geluid op de ene locatie kan afnemen, terwijl het elders juist toeneemt. Naarmate een vliegtuig zich hoger bevindt zijn grotere verschuivingen nodig om een bepaalde reductie te bereiken op een bepaalde plaats, waardoor de kans groter wordt dat een routeverschuiving resulteert in een toename van de geluidbelasting op een andere plaats.
- Uit enkele voorbeelden van routes en woongebieden rondom Schiphol blijkt dat routes vaak tussen woongebieden liggen, waarvan de randen van deze woongebieden onderling op 2 tot 4 kilometer afstand van elkaar liggen. Een eventuele optimalisatie van de bestaande routes tussen deze woongebieden door lijkt daarmee alleen op lagere vlieghoogte nuttig. Op grotere hoogte moet bij een eventuele routeoptimalisatie eerder worden gedacht aan het compleet verleggen van de routes naar een ander gebied.

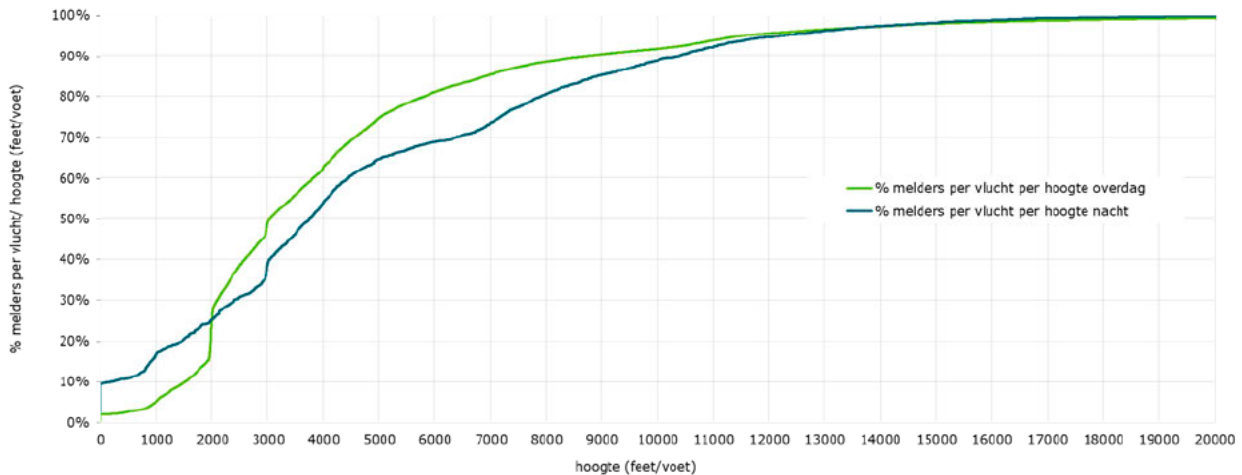
Net zoals in hoofdstuk 2 geldt dat de analyses voor het inzichtelijk maken van het effect van routeverleggingen generiek zijn en dat dergelijke generieke analyses mogelijk beperkt inzicht geven in een specifieke lokale situatie. Daarom geldt ook hier de aanbeveling om potentiële wijzigingen altijd uit te werken voor een lokale situatie.

4 Referenties

1. Berenice Goelzer, Colin H. Hansen, Gustav A. Sehrndt, Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control, World Health Organization, 2001.
2. S.J. HebliJ, J. Derei, Methodenrapport Doc29, NLR-CR-2019-076, november 2019, beschikbaar via:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/04/17/bijlage-1-nlr-cr-methodenrapport-doc29>
3. Plan-MER Luchtruimherziening, Royal HaskoningDHV Rapport met kenmerk BG7220TPRP2010161420, concept van 12 november 2020.

Appendix A Aanvullende analyses onderzoek meldingen

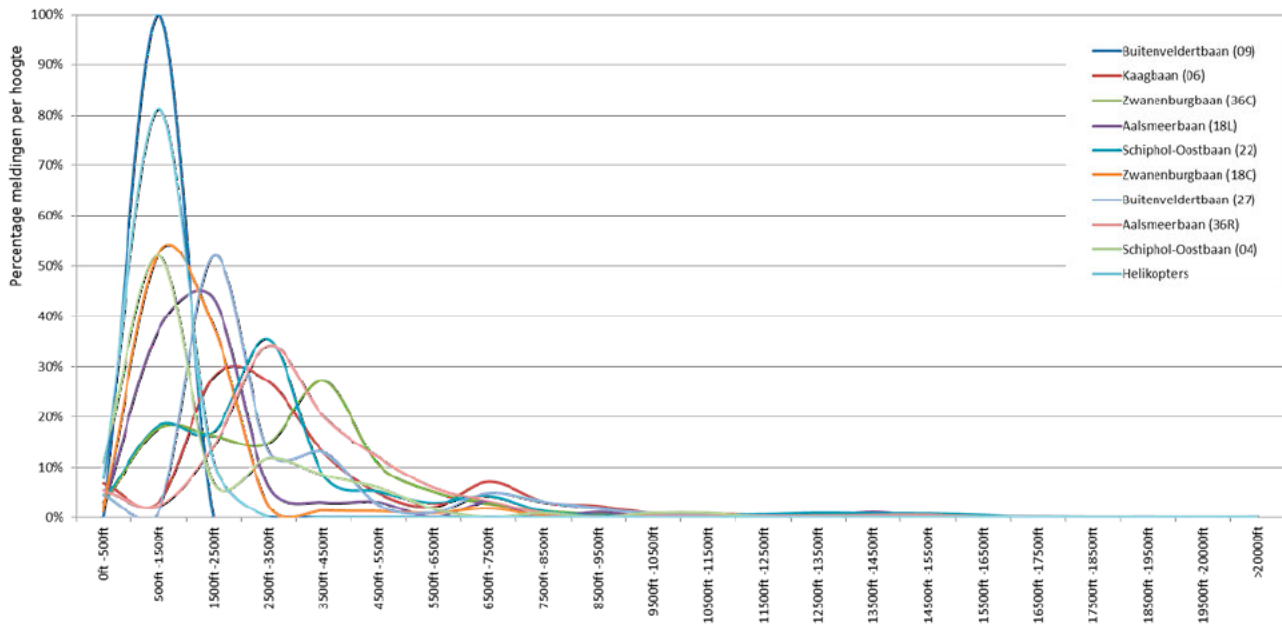
Figuur 14 geeft net als *Figuur 10* de relatie weer tussen vlieghoogte en het cumulatief aantal meldingen.



Figuur 14: Relatie tussen meldingen en vlieghoogte van Schiphol verkeer, onderverdeeld naar dag- en nachtverkeer (Bron: BAS)

In het geval van *Figuur 14* is geen onderscheid gemaakt naar startend en landend verkeer, maar naar dag- en nachtverkeer. Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat 's nachts een groter deel van de meldingen te relateren is aan verkeer op grotere hoogte. Zo wordt overdag 19% van de meldingen veroorzaakt door verkeer boven de 6.000 voet, terwijl dit in de nacht 31% is. Dit zal mede veroorzaakt worden doordat vliegverkeer 's nachts gemiddeld hoger vliegt.

Figuur 15 geeft de relatie weer tussen de vlieghoogte en het aantal meldingen (niet cumulatief) van landend verkeer, waarbij onderscheid is gemaakt naar de gebruikte landingsbaan.



Figuur 15: Relatie tussen meldingen en vlieghoogte van landend Schiphol verkeer, onderverdeeld naar gebruikte landingsbaan (Bron: BAS)

Uit de figuren kan worden afgeleid dat de relatie tussen vlieghoogte en (relatief) aantal meldingen per baan sterk kan verschillen. Hoewel het gebruik van andere procedures (bv. interceptiehoogte) hierbij een rol kan spelen, speelt waarschijnlijk de relatieve ligging van de bebouwing ten opzichte van de baan een grote rol in het verschil in resultaat.



Dedicated to innovation in aerospace

NLR - Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Koninklijke NLR werkt als neutraal opererend onderzoekscentrum 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 (GTI) sinds 2010 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 composieten 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 Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: www.nlr.nl

Postal address

PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

NLR Amsterdam

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

NLR Marknesse

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