



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2023-256 | juli 2024

Bepalen representatief geluidsspectrum F-35 ten behoeve van woningisolatie rond vliegbases Leeuwarden en Volkel

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Defensie



Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2023-256 | juli 2024

Bepalen representatief geluidsspectrum F-35 ten behoeve van woningisolatie rond vliegbases Leeuwarden en Volkel

OPDRACHTGEVER: Ministerie van Defensie

AUTEUR(S):

S. Nolet

R.H. Hogenhuis

A.B. Dolderman




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 en/of opdrachtgever.

OPDRACHTGEVER	Ministerie van Defensie
CONTRACTNUMMER	8500000184 ROK 2019-2023
EIGENAAR	NLR
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	REVIEWER	BEHERENDE AFDELING
 Stijn Nolet 2024.07.23 08:12:12 +02'00'	 Sander Heblj 2024.07.23 08:20:19 +02'00'	 Digitally signed by Martin Nagelsmit Date: 2024.08.21 12:03:49 +02'00'

Samenvatting

Door de komst van de F-35 is het geluidbeeld voor omwonenden rond vliegbases Leeuwarden en Volkel veranderd. Ter behoeve van de geluidisolatie van de woningen is het geluidsspectrum van de F-35 in de omgeving van vliegbasis Leeuwarden onderzocht. Het Ministerie van Defensie heeft NLR gevraagd het geluidsspectrum van de F-35 in kaart te brengen met behulp van lokale metingen.

De geluidmetingen van het geluidmeetnet rondom vliegbasis Leeuwarden is gebruikt. Een vooronderzoek heeft aangetoond dat de meetdata van dit geluidmeetnet bruikbaar is voor het onderzoeken van een representatief geluidsspectrum van de F-35. De gebruikte geluidmetingen betreffen met name metingen van vier meetpunten binnen de 40 Ke contour: NMT-1 en NMT-13 aan zuidwestelijke kant en NMT-2 en NMT-4 aan noordoostelijke kant. Er zijn geluidmetingen over een periode van 11 maanden van 2022 geanalyseerd. De metingen zijn gefilterd zodat enkel metingen van F-35 toestellen in goede weersomstandigheden worden gebruikt als invoer van de analyse. Voor elk van de vier meetposten zijn 3 geluidsspectra bepaald: een voor alleen starts, een voor alleen landingen en een voor starts en landingen samen. De geluidsspectra zijn gedefinieerd als geluidniveaus in 1/3 octaafbanden, in de banden van 20 Hz tot 10,000 Hz. Voor elke 1/3 octaaf is ook een bandbreedte van geluidniveaus bepaald die de spreiding in de metingen weergeeft.

Over het algemeen worden de hoogste 1/3 octaafniveaus gevonden voor NMT-13, gevolgd door NMT-2, NMT-1 en NMT-4. Verder is opgemerkt dat door de ligging van de meetposten ten opzichte van de vliegbasis de spectrale inhoud van NMT-13 en NMT-2 gelijkenissen vertonen, net zoals dat de spectrale inhoud van NMT-1 en NMT-4 gelijkenissen vertonen.

De uitkomsten uit dit rapport kunnen verder worden gebruikt voor isolatieberekeningen. Voor het gebruik van de gepresenteerde spectra voor isolatieberekeningen adviseert NLR om de data van NMT-2 en NMT-13 te gebruiken.

Inhoudsopgave

Afkortingen	5
1 Introductie	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Aanpak	7
1.2.1 Betrokkenheid belanghebbenden	7
1.2.2 Beschikbaarheid gegevens	7
2 Vooronderzoek	8
3 Bepaling representatief spectrum	11
3.1 Meetdata	11
3.2 Methode	12
3.3 Filters	12
3.3.1 OMIS-filter	12
3.3.2 Weerfilter	13
3.3.3 Effect filters	13
4 Resultaten	14
4.1 Resultaten per meetpost	14
4.1.1 Interpretatie figuren	14
4.1.2 Opmerking geluiddata	14
4.1.3 NMT-1: Marsum	15
4.1.4 NMT-2: Contourpunt Jelsum	16
4.1.5 NMT-4: Kaornjum	19
4.1.6 NMT-13: Contourpunt Marsum	20
4.2 Vergelijking NMT's	22
4.3 Gemiddeld spectrum per meetpost	26
5 Slotopmerkingen	27
6 Referenties	28
Appendix A Impact filters	29
Appendix B Volledige tabellen	31

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
dB	Decibel
dB(A)	A-gewogen decibel
Hz	Hertz (1 Hz = 1 trilling per seconde)
Ke	Kosteneenheid
NLR	Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
NIBAG	Nationaal Instituut Begeleiding en Advisering Geluidsisolatie
NMT	Noise Monitoring Terminal
OMIS	Operationeel Management Informatie Systeem

1 Introductie

1.1 Achtergrond

Met de komst de F-35 als opvolger van de F-16 kregen de omwonenden rond de militaire luchthavens Leeuwarden en Volkel te maken met een ander ‘geluidbeeld’. De F-35 maakt (uiteraard) niet alleen een ander geluid dan de F-16, maar voordat de eerste F-35 op Leeuwarden gestationeerd werd, was al duidelijk dat een passage van een F-35 kon leiden tot hogere geluidniveaus nabij vliegbases dan een F-16 passage.

Dat door de komst van de F-35 hogere geluidniveaus ervaren konden worden, is ook aan de politiek niet onopgemerkt voorbijgegaan. In 2016 heeft dat geleid tot een motie (‘Motie Eijnsink’) waarin onder andere wordt opgeroepen tot het plaatsen van permanente geluidmeetnetten rondom Nederlandse vliegbases en tot het onderzoek naar de geluidsisolatie van de woningen [ref 1]. Ten aanzien van de isolatie van woningen stelt de motie dat *‘niet is onderzocht of de huidige geluidsisolatie aan de woningen en geluidsgevoelige gebouwen rondom vliegbases Volkel en Leeuwarden voldoende is om de vereiste geluidsdemping bij het geluidniveau van de JSF te halen ...’* wordt de regering verzocht *‘nader te onderzoeken of de vereiste geluidsdemping wel gehaald wordt bij de hogere geluidniveaus van de JSF en aan te geven welke mogelijkheden tot geluidwerende maatregelen er zijn dan wel welke maatregelen genomen gaan worden om de vereiste geluidsdemping te behouden dan wel te behalen’*.

Inmiddels zijn de geluidmeetnetten nabij vliegbases Leeuwarden en Volkel gerealiseerd en is het ‘isolatie onderzoek’ gestart. Om de vraag over de vereiste geluidsdemping te kunnen beantwoorden is in de eerste plaats kennis over het geluidsspectrum van de F-35 nodig. Met deze kennis kan verder onderzocht worden of de huidige geluidsisolatie aan de woningen en geluidsgevoelige gebouwen rondom vliegbases Volkel en Leeuwarden voldoende is.

Geluidsspectrum

Het geluidsspectrum, of frequentiespectrum, van een geluidssignaal presenteert welke frequenties aanwezig zijn in het signaal en met welke sterkte deze voorkomen. In feite is het spectrum een weergave van de sterkte van het geluid per toonhoogte. In dit rapport zal een geluidsspectrum worden weergegeven als het geluid(druk)niveau ‘LA’ per frequentie. Dit niveau is gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijke oor: de zogenaamde A-weging. De ‘LA’ niveaus worden uitgedrukt in A-gewogen decibel: dB(A). In dit rapport worden de frequenties van de geluidsspectra onderverdeeld per octaafband of 1/3 octaafband.

Octaafbanden

Bij octaafbanden en 1/3 octaafbanden zijn alle frequenties opgedeeld in specifieke banden, waarin telkens een bereik van bepaalde frequentiewaardes valt. De banden worden aangeduid met hun specifieke centrale frequentiewaarde, in Hz. Een belangrijk aspect van octaafbanden is dat de centrale frequentiewaarde per band verdubbelt. Bij 1/3 octaafbanden is dus sprake een onderverdeling met minder frequenties per band, waar per derde band de centrale frequentiewaarde verdubbelt. 1/3 octaafbanden worden ook wel ‘tertsbanden’ genoemd.

Het Ministerie van Defensie heeft NLR gevraagd om te onderzoeken of ‘het’ geluidsspectrum van de F-35 in kaart gebracht kan worden met behulp van lokale metingen en om dit indien mogelijk te doen.

Dit rapport geeft achtergrondinformatie over de aanpak van het onderzoek naar het geluidsspectrum van de F-35, beschrijft de werkwijze voor het bepalen van het spectrum en toont aan de hand van figuren de resultaten. De resultaten van het onderzoek zullen door het NIBAG gebruikt worden om de specifieke vragen over de vereiste geluidsdemping uit de motie Eijnsink te beantwoorden.

Als toevoeging op de achtergrondinformatie en aanpak in dit hoofdstuk, worden eerder genomen stappen beschreven in hoofdstuk 2. Hierna wordt de methodiek voor de huidige analyse beschreven in hoofdstuk 3, waarna de resultaten zijn weergegeven en besproken in hoofdstuk 4. Ter conclusie worden nog enkele slotopmerkingen gegeven in hoofdstuk 5.

1.2 Aanpak

1.2.1 Betrokkenheid belanghebbenden

Met ministerie van Defensie heeft voor het onderzoek naar de geluidsisolatie vanaf het begin gestreefd naar betrokkenheid van belanghebbende partijen. Dit is onder andere geconcretiseerd door de onderzoeksaanpak af te stemmen met afgevaardigden van de stuurgroep 'Uitvoering motie geluidmeetnetten', bestaande uit vertegenwoordigers van omwonenden van de vliegbases Leeuwarden en Volkel. Daarnaast zijn (tussentijdse) resultaten gedeeld met deze afgevaardigden en hebben ook lokale bestuurders deelgenomen aan de overleggen. Dit heeft er voor gezorgd dat gedurende het proces waar nodig bijgestuurd kon worden om zeker te stellen dat NLR met het onderzoek zo goed mogelijk kon voldoen aan de specifieke vragen en wensen die er leefden.

1.2.2 Beschikbaarheid gegevens

NLR is nauw betrokken geweest bij de F-35 geluidmetingen die in de Verenigde Staten zijn uitgevoerd. Uit deze metingen zijn ook spectrale gegevens afgeleid die gebruikt zijn bij onderzoek naar de geluidwering rondom militaire luchthavens [ref 2].

Uit overleg met betrokkenen kwam echter de sterke wens naar voren om voor het bepalen van een (representatief) spectrum van de F-35, gebruik te maken van gegevens die door het permanente geluidmeetnet bij Leeuwarden¹ verzameld zijn. Aangezien het geluidmeetnet primair bedoeld is om informatie te verstrekken over de optredende maximale geluidniveaus, was op voorhand niet duidelijk of de gewenste gegevens uit de ruwe meetnetdata gehaald konden worden. Daarom is eerst een onderzoek uitgevoerd naar de beschikbaarheid en bruikbaarheid van gemeten data voor het onderzoek naar het geluidsspectrum van de F-35. In hoofdstuk 2 is op hoofdlijnen beschreven welk vooronderzoek is uitgevoerd en wat de resultaten daarvan waren.

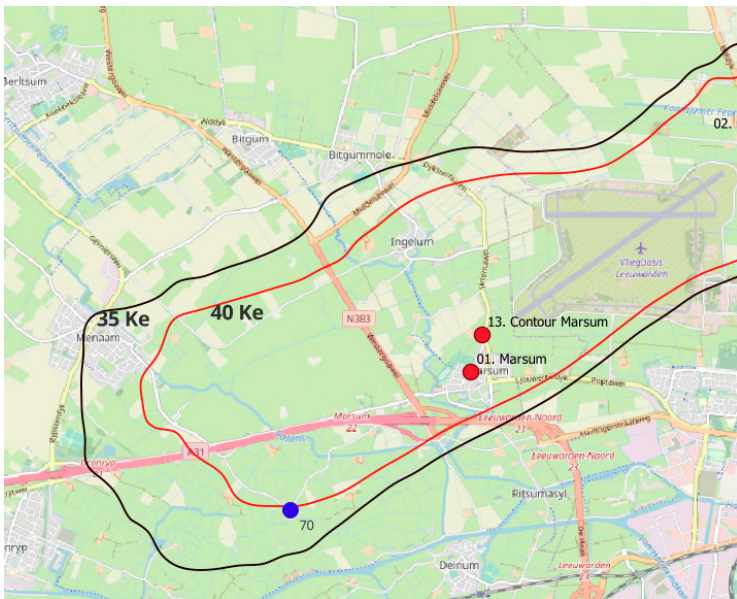
De beschreven analyses in dit rapport zijn uitgevoerd met data van het geluidmeetnet bij Leeuwarden. NLR beschouwt de resultaten als representatief voor de omgeving van vliegbasis Volkel, omdat de F-35 op beide bases gestationeerd is en omdat de contourmeetpunten nabij vliegbasis Leeuwarden (NTM2 en NMT13) op een dusdanige afstand van vliegbasis Leeuwarden liggen, dat ze ook binnen de 40 Ke contour van Vliegbasis Volkel zouden vallen als ze daar op dezelfde plek relatief ten opzichte van de vliegbasis zouden liggen. De 40 Ke contour is in deze context relevant omdat dit de contour is waarbinnen geluidisolatie plaatsvindt.

¹ Ten tijde van het onderzoek waren er op Volkel nog geen (of te weinig) F-35 vliegtuigen gestationeerd om data van het geluidmeetnet nabij deze basis te gebruiken, ook omdat het de voorkeur had om gegevens over een langere periode te gebruiken.

2 Vooronderzoek

Voorafgaand aan het huidige onderzoek is er een controle uitgevoerd om te kijken of de data uit het meetnet gebruikt kan worden voor het bepalen van het F-35 geluidsspectrum. Het meetnet rond Leeuwarden bestaat uit veertien permanente meetlocaties² nabij woonkernen rond de luchthaven. Het meetnet wordt beheerd door Casper BV³, en de meetpunten bestaan uit klasse-1 geluidsmeters. De geluidsmeters kunnen geluidsignalen automatisch verwerken en data opleveren met de gemeten geluidniveaus en spectrale inhoud. Deze automatisch gegenereerde data bevat één meetresultaat per seconde.

Om te bepalen of de data gebruikt kan worden voor het bepalen van een representatief geluidsspectrum, is door NLR een extra controle uitgevoerd. Deze controle bestaat uit een aantal stappen om te toetsen of de automatisch gegenereerde data kan worden gereproduceerd. De stappen zijn uitgevoerd voor een extra meetlocatie (NMT-70, Figuur 1), op de rand van de 40 Ke contour ten zuidwesten van de vliegbasis. Voor deze locatie heeft Casper, naast de automatisch gegenereerde data, opnames (wav⁴-bestanden) aangeleverd. Zo kan het NLR deze wav-bestanden zelf analyseren en de resultaten van deze analyses vergelijken met de automatisch gegenereerde gegevens.



Figuur 1: Locatie (tijdelijke) meetlocatie 70

Het NLR heeft voor NMT-70 een set van verschillende F-35 passages onderzocht, die plaatsvonden tussen 16 en 23 augustus 2023. Hierbij is getracht om de LAeq (equivalent geluidniveau per tijdstap van 1 seconde) en de geluidswaarden van de 1/3 octaafbanden van de passages te reproduceren.

LAeq

De 'LAeq' staat voor het A-gewogen Equivalent Sound Level. Dit betekent dat het geluidssignaal (dat bestaat uit vele waarden van een fractie van een seconde) wordt gemiddeld over een bepaalde tijdsduur. De 'LAeq' is vervolgens één enkele waarde die het equivalente geluidniveau over deze tijdsduur beschrijft. De A-weging betekent dat het niveau is gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijke oor, uitgedrukt in dB(A).

² <https://lwr.flighttracking.casper.aero/>

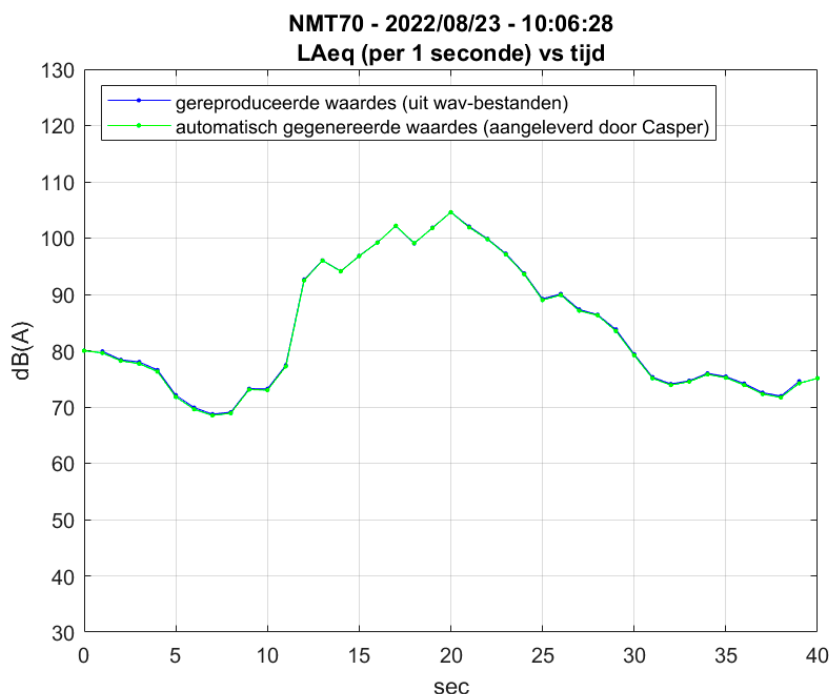
³ Casper BV heeft de meetnetten rondom Leeuwarden en Volkel gerealiseerd en beheert de data die door de meetnetten worden opgenomen.

⁴ Een wav-bestand is een ongecomprimeerd verliesvrij audio bestand en wordt gebruikt om de maximale audiokwaliteit te behouden

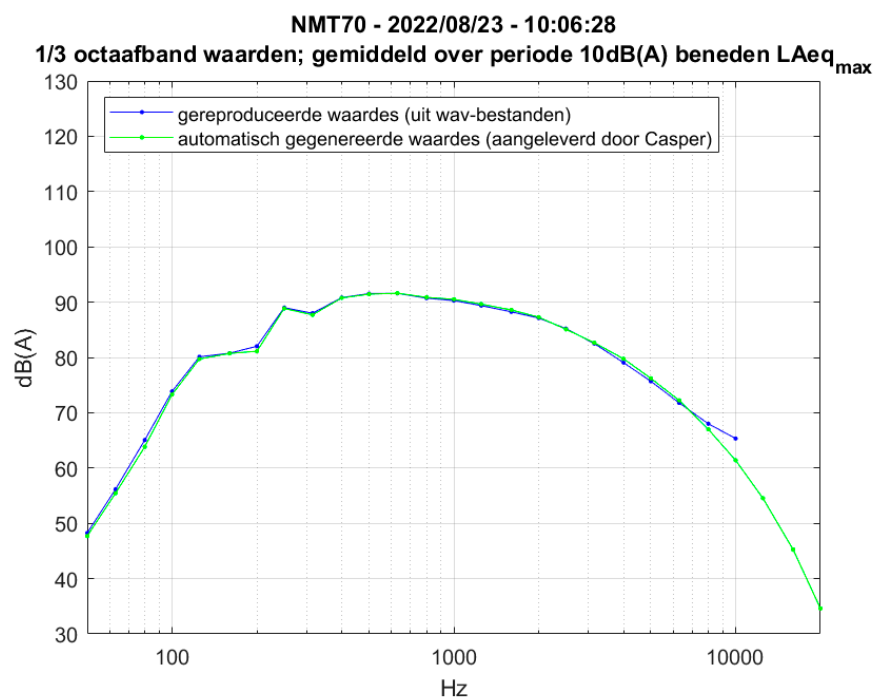
Het tijdsverloop van de LAeq kon goed worden gereproduceerd vanuit de wav-bestanden. Echter bleek dat de waarden van de 1/3 octaafbanden per seconde een stuk lastiger te reproduceren waren, omdat deze uitkomsten erg gevoelig zijn voor de methode die gebruikt wordt en voor de keuze van welke datafragmenten precies moeten worden gebruikt binnen elke tijdstap van 1 seconde. Om de gevoeligheid voor de geselecteerde tijdsperiode te elimineren, is gekozen voor het gebruik van een grotere tijdsperiode voor het bepalen van het spectrum.

Om uiteindelijk één spectrum te koppelen aan één passage is er voor gekozen om alle 1/3 octaafband waarden energetisch te middelen over een tijdsperiode rond de piek van de passage, voor het deel van de passage waar de geluidniveaus maximaal 10dB(A) onder het maximale niveau (L_{Amax}) liggen. Zo'n methodiek wordt bijvoorbeeld ook toegepast bij het bepalen van het relevante deel van de passage voor het bepalen van SEL waarden. Met deze methode wordt per passage de meest invloedrijke spectrale inhoud meegenomen. Op deze manier kon de automatisch gegenereerde data goed worden gereproduceerd. De toegepaste methode is volgens het NLR geschikt geacht voor dit onderzoek.

Een voorbeeld van de uitkomsten van de LAeq en de spectrale gegevens van een passage bij NMT-70 is weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. Hier worden de waarden uit de automatisch gegenereerde bestanden en de gereproduceerde waarden uit de wav-bestanden met elkaar vergeleken. Door de goede overeenkomst tussen de waarden is geconcludeerd dat in verder onderzoek voor het bepalen van 'het' F-35 spectrum direct gebruik kan worden gemaakt van de automatisch gegenereerde data. Hier moet worden genoteerd dat het verschil dat in Figuur 3 rond 10000 Hz kan worden opgemerkt, naar verwachting wordt veroorzaakt door de datadichtheid van de wav-bestanden. Overigens zijn de waarden rond deze hoge frequenties in het kader van isolatie niet belangrijk, aangezien normaliter zulke hoge tonen niet worden meegenomen in dempingsanalyses.



Figuur 2: Voorbeeld van het reproduceren van LAeq vanuit de wav-bestanden



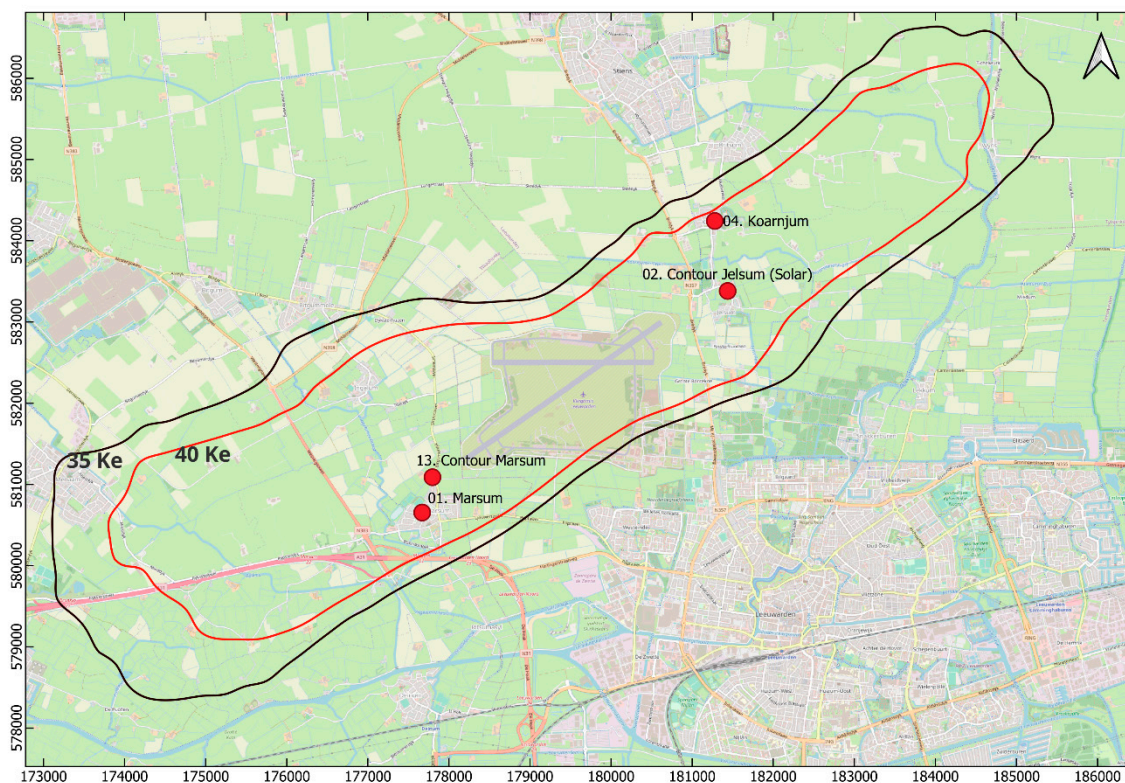
Figuur 3: Voorbeeld van het reproduceren van 1/3 octaafband waarden vanuit de wav-bestanden

3 Bepaling representatief spectrum

Dit hoofdstuk bespreekt de methodiek die is toegepast bij het bepalen van de F-35 spectra. Allereerst geeft paragraaf 3.1 informatie over de gebruikte meetlocaties en de data die is aangeleverd door Casper. Vervolgens wordt de methodiek voor dataverwerking besproken in paragraaf 3.2. Ten slotte geeft paragraaf 3.3 een set van toegepaste datafilters en de gevolgen hiervan.

3.1 Meetdata

Voor een aantal locaties rond vliegbasis Leeuwarden is het spectrum van de F-35 onderzocht. Dit is gedaan op basis van data van het geluidmeetnet rond Leeuwarden. De analyse is in overleg met de stuurgroep uitgevoerd voor de data van 4 verschillende meetposten binnen de 40 Ke contour van de geluidszone, waarvan 2 meetposten ten zuidwesten van de basis en 2 meetposten ten noordoosten van de basis. In Figuur 4 zijn de locaties en nummers van deze meetposten weergegeven. Casper heeft voor de meetposten automatisch gegenereerde geluidsdata aangeleverd, bestaande uit het geluidniveau en de niveaus van de 1/3 octaafbanden met een temporale resolutie van 1 seconde. Casper heeft voor de periode van 01-01-2022 t/m 01-12-2022 data geleverd van uitsluitend de passages die een piekniveau van minimaal 75 dB hadden. Op basis van deze data is door NLR onderzoek gedaan naar het geluidsspectrum van de F-35.



Figuur 4: Locaties van de beschouwde meetposten rond Leeuwarden en de 35- en 40 Ke contouren van de geluidszone van de basis

3.2 Methode

Per aangeleverde passage zijn het tijdsverloop van zowel het totale geluidniveau als van de 1/3 octaafbanden gebruikt voor een verdere analyse. De geluidswaarden voor de 1/3 octaafbanden van 20 Hz t/m 10,000 Hz zijn geanalyseerd. Op basis van het totale geluidniveau van de passage is de periode bepaald die maximaal 10dB onder het niveau van de piek zit. Vervolgens zijn de spectrale waardes van de 1/3 octaafbanden energetisch gemiddeld over deze '10dB down' periode, om per vlucht een karakteristiek spectrum te bepalen. Deze methode is toegepast omdat in eerdere analyse is bepaald dat dit een goed representatief beeld geeft van de spectrale inhoud van het geluid. De aangeleverde data van Casper bestond uit ongewogen geluidswaarden. Tijdens de verwerking is een A-weging toegepast.

De karakteristieke spectra van de vluchten over de gehele periode van 1 januari 2022 tot en met 1 december 2022 zijn rekenkundig gemiddeld om per meetpost één representatief spectrum op te leveren.

3.3 Filters

In de aangeleverde data zijn door Casper ook al twee stappen genomen om de juiste data te verkrijgen. Allereerst is op basis van spectrale data per event aangegeven of het om een 'fighter' gaat of niet. Deze regel is aangehouden om vooraf al eventuele vluchten van helikopters en propeller vliegtuigen uit de dataset te filteren en zoveel mogelijk alleen de geluidsgegevens van de F-35 over te houden. Daarnaast zijn door Casper enkel metingen met een piekniveau boven de 75 dB aangeleverd, aangezien de events die als *fighter* waren geclassificeerd over het algemeen een minimale piekwaarde van 82,5 dB hebben. Door 75 dB als ondergrens te hanteren bestaat er dus een ruime 'veiligheidsmarge' en is de kans klein dat er F-35 passages ontbreken in de dataset.

Naast de genomen stappen door Casper, zijn door NLR twee extra filterstappen toegevoegd om te zorgen dat de gebruikte meetgegevens daadwerkelijk representatief zijn voor het bepalen van de F-35 spectra. Deze stappen zijn toegevoegd omdat het meetnet oorspronkelijk niet tot doel had om gebruikt te worden bij het vaststellen van geluidsspectra. Kortom, de gegevens die door de stappen worden uitgefilterd zijn op zichzelf correcte meetgegevens, die echter voor deze specifieke toepassing niet geschikt zijn.

3.3.1 OMIS-filter

De aangeleverde passages zijn allereerst gefilterd op vliegtuigtype met behulp van OMIS⁵ data. De data van Casper is daarvoor gekoppeld aan de registraties in de OMIS data, waar een filterstap is gemaakt om de niet-F-35 vluchten uit de dataset te verwijderen (bijvoorbeeld als het om de meting van een F-16 gaat). Tevens is een indeling gemaakt voor het type vlucht dat is uitgevoerd, om zo geluidsmetingen voor starts en landingen los te kunnen koppelen.

⁵ OMIS: Operationeel Management Informatie Systeem, hierin worden alle vliegbewegingen van en naar vliegbases geregistreerd, met informatie over tijdstip, vliegprocedure, gebruikte baanrichting en het gebruik van de naverbrander.

3.3.2 Weerfilter

Met behulp van de klimatologische waarnemingen van weerstation Leeuwarden⁶ zijn de passages gefilterd voor weersomstandigheden die kunnen leiden tot de verstoring van geluidmetingen. Geluidsmetingen waarbij sprake was van één of meer van de volgende weersomstandigheden zijn uit de dataset verwijderd:

- Gemiddelde windsnelheid ≥ 10 m/s
- Uursom regenval ≥ 1 mm
- Mist
- Sneeuwval
- Onweer

3.3.3 Effect filters

Het aantal metingen dat overblijft na het filteren op weercondities is genoteerd in Tabel 1; er wordt zo'n 10 tot 13 procent van de beschikbare data niet meegenomen in verband met de weercondities. Hiernaast is het aantal filters na het toepassen van de OMIS-filter weergegeven in Tabel 2. Hier wordt er nog eens tussen de 24 en 29 procent uitgefilterd. Deze percentages komen overeen met het percentage niet-F-35 gevechtsvliegtuigen voor EHLW in 2022 [ref 3]. In totaal wordt er dus per meetpost ongeveer één derde van de beschikbare data niet meegenomen.

Tabel 1: Effect toepassen weerfilter

Meetpost	Aantal records zonder weerfilter	Aantal records met weerfilter	Vershil [%]
NMT-1	1.838	1.593	-13,3
NMT-2	1.884	1.653	-12,3
NMT-4	924	832	-10,0
NMT-13	2.125	1.886	-11,2

Tabel 2: Effect toepassen F-35 filter

Meetpost	Aantal records zonder F-35 filter	Aantal records met F-35 filter	Vershil [%]
NMT-1	1.593	1.174	-26,3
NMT-2	1.653	1.250	-24,4
NMT-4	832	587	-29,4
NMT-13	1.886	1.376	-27,0

De impact van de filters op de kwaliteit van de metingen is in het algemeen bevonden als positief, omdat de spreiding afneemt. De impact is in meer detail besproken in Appendix A.

⁶ <https://daggegevens.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens>

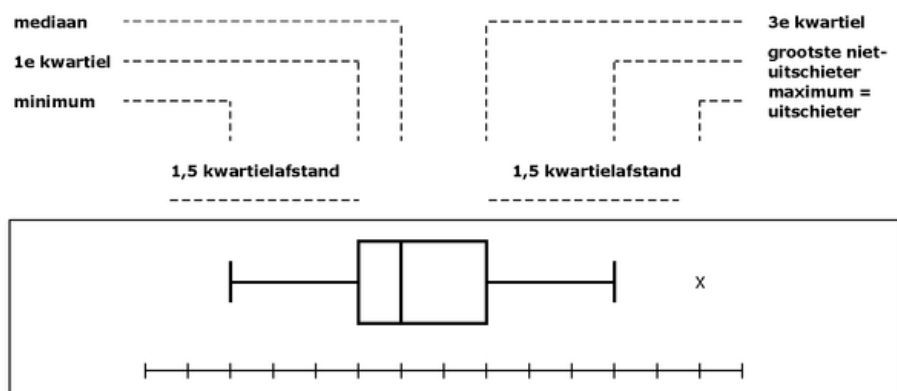
4 Resultaten

4.1 Resultaten per meetpost

Deze paragraaf geeft de resultaten weer voor de meetposten NMT-1, NMT-2, NMT-4 en NMT-13. Voor elke meetpost is naast de gemiddelde spectra ook de spreiding in data weergegeven. De resultaten zijn gegenereerd voor drie scenario's: alleen starts, alleen landingen en starts en landingen samen. Voordat de resultaten worden weergegeven in 4.1.3 t/m 4.1.6, is de interpretatie van de figuren uitgelegd in 4.1.1.

4.1.1 Interpretatie figuren

In dit hoofdstuk zijn verschillende figuren weergegeven die het gemeten spectrale geluid laten zien. In deze plots is telkens vermeld om welke meetpost het gaat en welke procedures (starts, landingen of beide) zijn meegenomen. Voor deze specificaties is ook vermeld hoeveel geluidmetingen er (na filtering) zijn meegenomen voor de analyse. Elk figuur geeft informatie over het gemiddeld representatieve spectrum (in rood), maar ook over de verdeling van de spectrale gegevens per individuele passage. Deze verdeling is per 1/3 octaafband inzichtelijk gemaakt met behulp van een 'boxplot'. Zo'n plot laat de spreiding van de data zien, inclusief uitschieters. De parameters die weergegeven zijn per boxplot zijn weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Parameters weergegeven in een boxplot⁷

4.1.2 Opmerking geluiddata

De geluiddata in dit hoofdstuk betreft A-gewogen geluiddata. De A-weging betekent dat het niveau is gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijke oor, omdat niet alle frequenties als even luid worden ervaren. De correctie op 1000 Hz bedraagt 0 dB, terwijl de correctie bij veel lagere en veel hogere frequenties groter is. Hierdoor zullen bij lagere en hogere frequenties lagere geluidniveaus worden gevonden. De A-gewogen niveaus zijn uitgedrukt in dB(A).

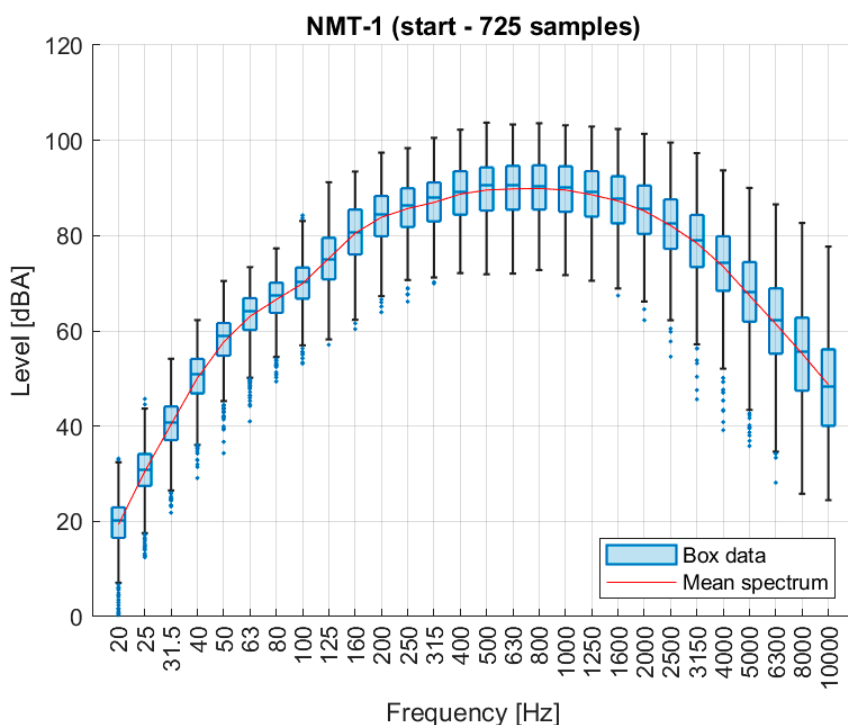
⁷ Bron: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Boxplot>

De boxplots in dit hoofdstuk laten per frequentie vaak een grote spreiding in absoluut geluidniveau zien. Hoewel de meetdata enkel uit F-35 vluchten bestaat, zorgen verschillen in bijvoorbeeld configuratie, vlieghoogte, snelheid en weersomstandigheden voor verschillen in absolute geluidniveaus. Een grote variatie van verschillende F-35 passages wordt zo meegenomen per analyse. De spreiding van 1/3-octaaftand niveaus die wordt opgemerkt in de boxplots is dus ook een gevolg van de spreiding in absolute geluidniveaus, en niet (uitsluitend) van dusdanige verschillen in spectraal geluid per passage. Het is aangenomen dat het gemiddelde spectrum representatief is als de spectrale niveaus dicht bij de mediane waarden van de boxplots ligt.

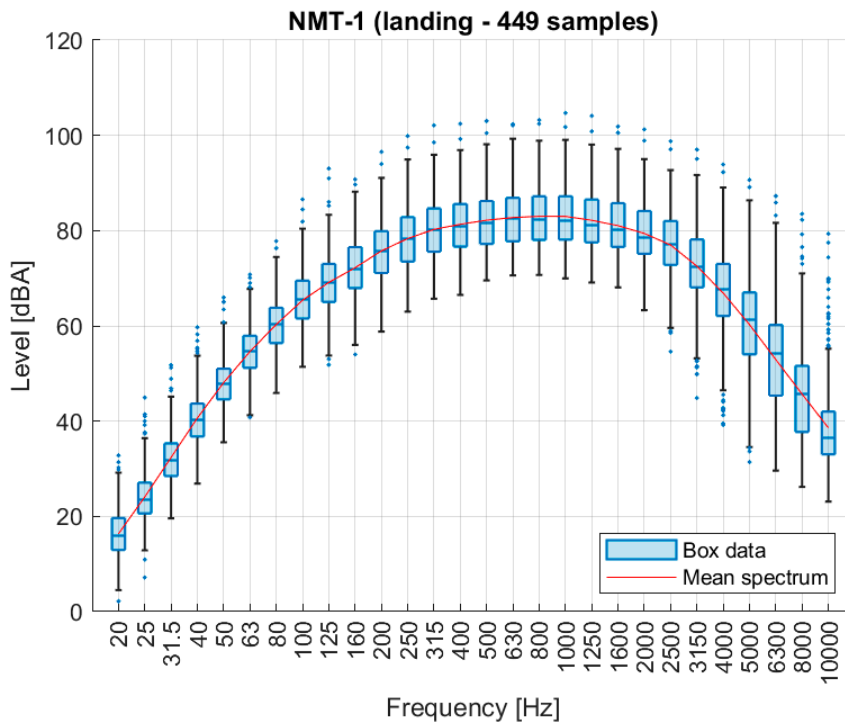
4.1.3 NMT-1: Marsum

De boxplots voor NMT-1 zijn weergegeven in Figuur 6, Figuur 7 en Figuur 8, respectievelijk voor alleen starts, alleen landingen, en starts en landingen samen. De indeling per procedure is gemaakt op basis van de OMIS-data, zoals uitgelegd in 3.3.1. Bij NMT-1 zijn voornamelijk startprocedures gemeten. De analyse voor enkel de startprocedures leveren, zoals verwacht, over het algemeen een hoger geluidniveau dan de analyse voor enkel de landingsprocedures. Dit wordt ook bij de andere meetposten geobserveerd.

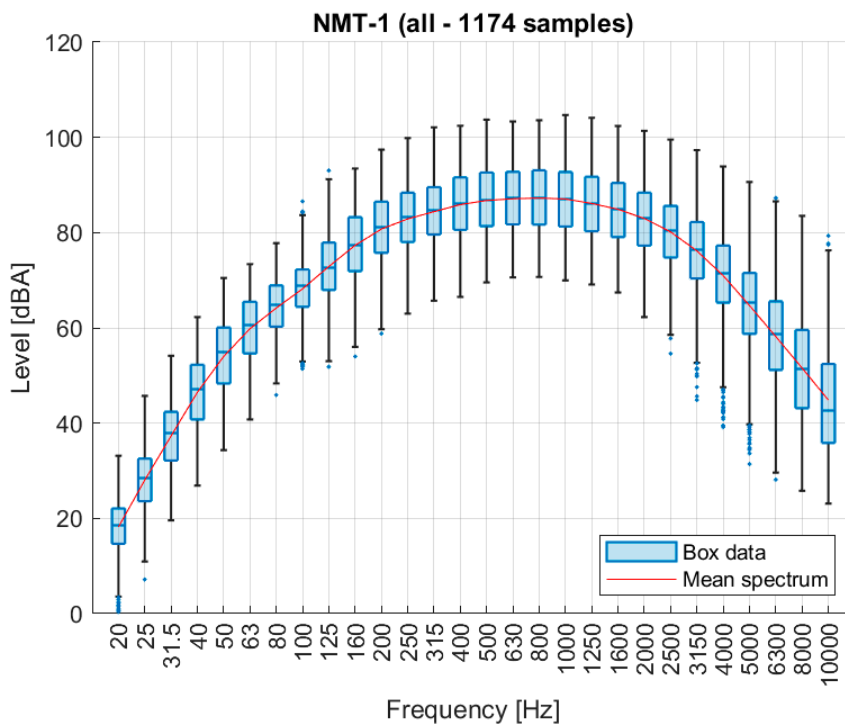
Bij de starts worden enkele uitschieters (de blauwe stippen in de boxplots) gevonden op lagere dB(A) waarden, terwijl bij de landingen voornamelijk uitschieters worden gevonden op hogere dB(A) waarden. Bij de boxplot voor de gezamenlijke starts en landingen vinden enkel nog uitschieters plaat voor relatief lage 1/3 octaafbanden (<31.5 Hz) en hoge 1/3 octaafbanden (>2500 Hz). In alle boxplots kan worden gezien dat de gemiddelde spectra (rode lijnen) voor alle 1/3 octaafniveaus binnen het 1^e en 3^e kwartiel en dicht bij de mediaan van de data liggen. Dit wil zeggen dat de gemiddelde spectra representatief zijn voor de gemeten spectra bij NMT-1.



Figuur 6: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-1 voor alleen starts



Figuur 7: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-1 voor alleen landingen

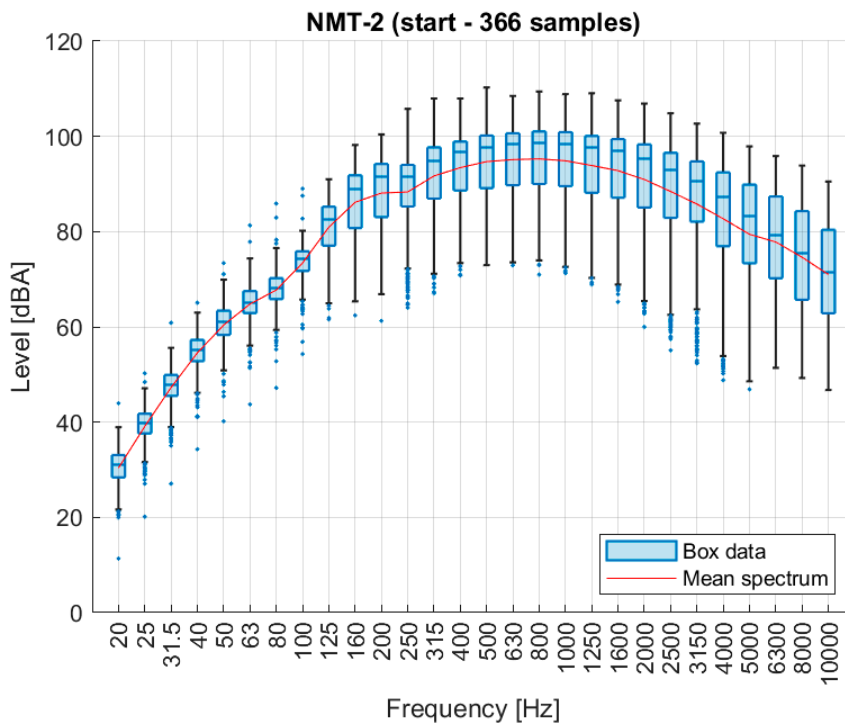


Figuur 8: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-1 voor starts en landingen samen

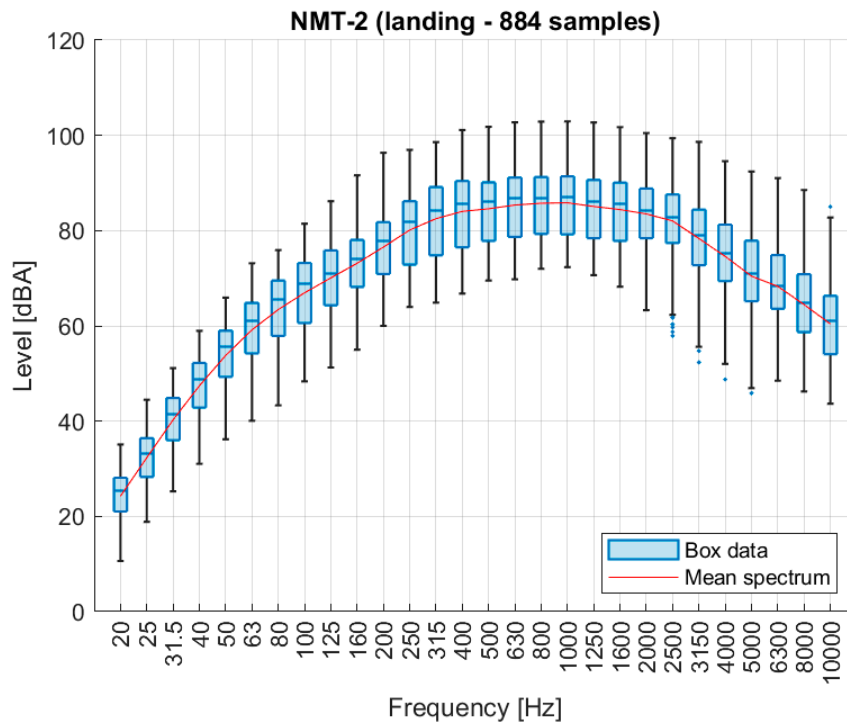
4.1.4 NMT-2: Contourpunt Jelsum

De boxplots voor NMT-2 zijn weergegeven in Figuur 9, Figuur 10 en Figuur 11, respectievelijk voor alleen starts, alleen landingen, en starts en landingen samen. Bij NMT-2 zijn voornamelijk landingsprocedures gemeten. Er wordt bij NMT-

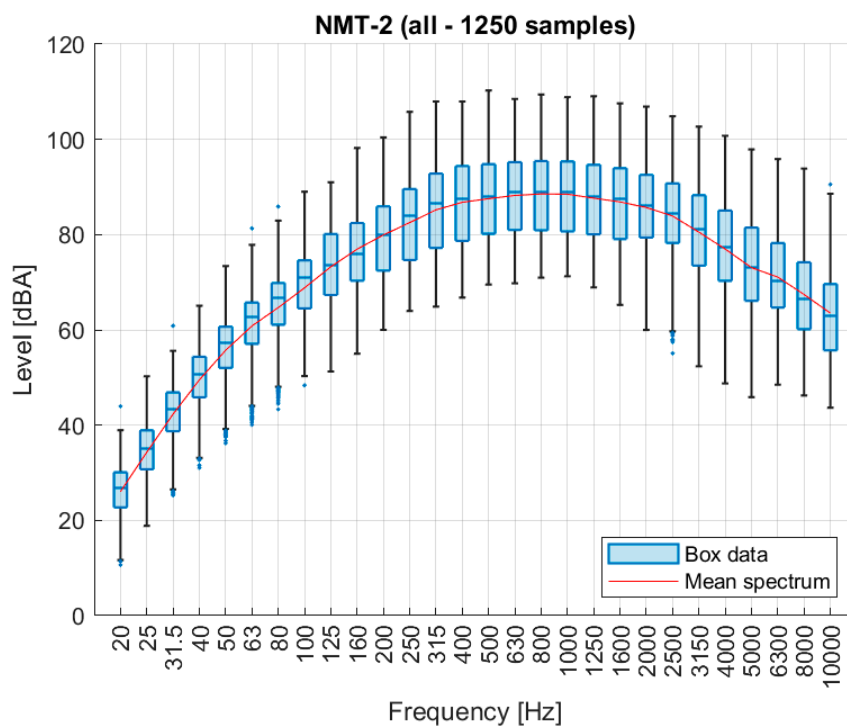
2 meer spreiding gevonden bij middel- tot hoge frequenties dan bij lage frequenties. Dit is voornamelijk merkbaar bij de starts in Figuur 9, waar bij 1/3 octaafbanden van middel- tot hoge frequenties meer spreiding naar lagere dB(A) waarden wordt geobserveerd. Het relatief lage aantal metingen van startprocedures kan een verklaring hiervoor zijn. Desondanks kan in alle boxplots worden gezien dat de gemiddelde spectra (rode lijnen) voor alle 1/3 octaafniveaus binnen het 1^e en 3^e kwartiel liggen. De gemiddelde waarden in Figuur 10 en Figuur 11 liggen daarnaast ook dicht bij de mediane waarden voor alle 1/3 octaafbanden.



Figuur 9: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-2 voor alleen starts



Figuur 10: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-2 voor alleen landingen

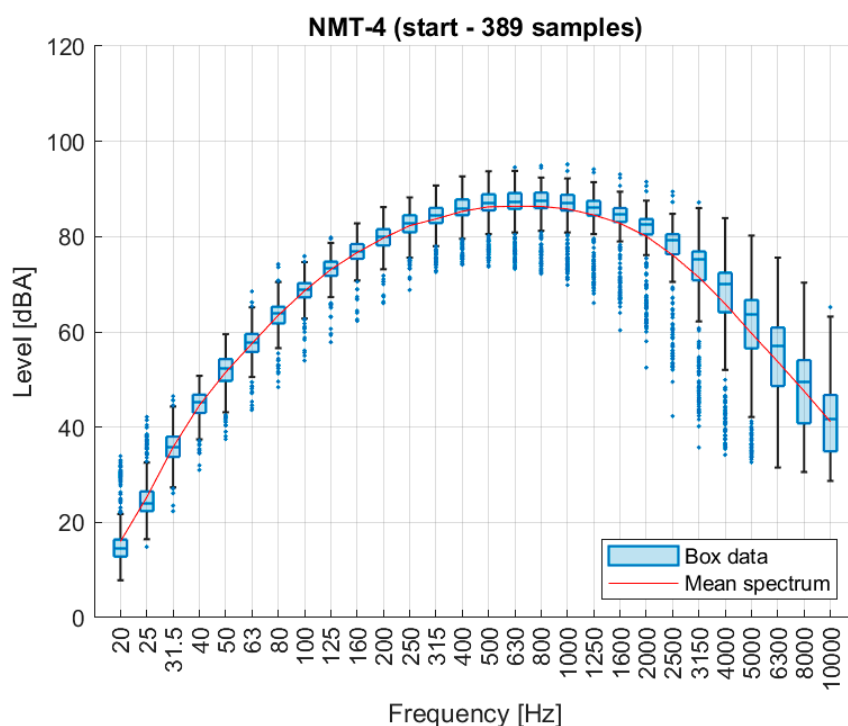


Figuur 11: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-2 voor starts en landingen samen

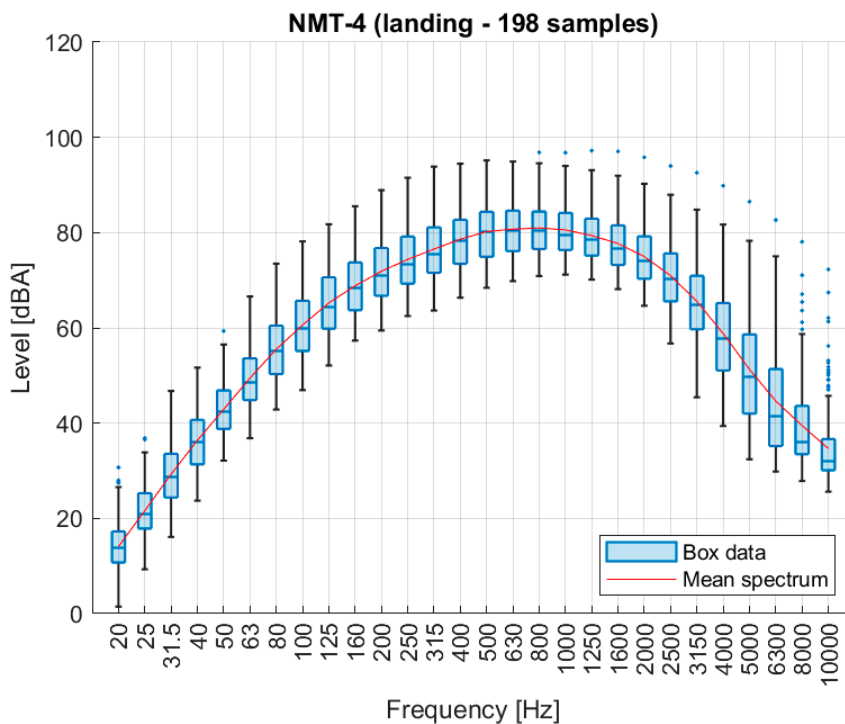
4.1.5 NMT-4: Kaornjum

De boxplots voor NMT-4 zijn weergegeven in Figuur 12, Figuur 13 en Figuur 14, respectievelijk voor alleen starts, alleen landingen, en starts en landingen samen. Bij NMT-4 zijn voornamelijk startprocedures meegenomen in de analyse, terwijl door de ligging van Kaornjum werd verwacht voornamelijk landingen te meten. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat enkel metingen zijn meegenomen met een piekniveau boven de 75 dB, terwijl ook een deel van de procedures nabij NMT-4 een lager piekniveau kunnen hebben. Landingen hebben over het algemeen een lager geluidniveau dan starts, wat zou kunnen verklaren waarom minder metingen van landingen dan van starts beschikbaar waren voor deze analyse.

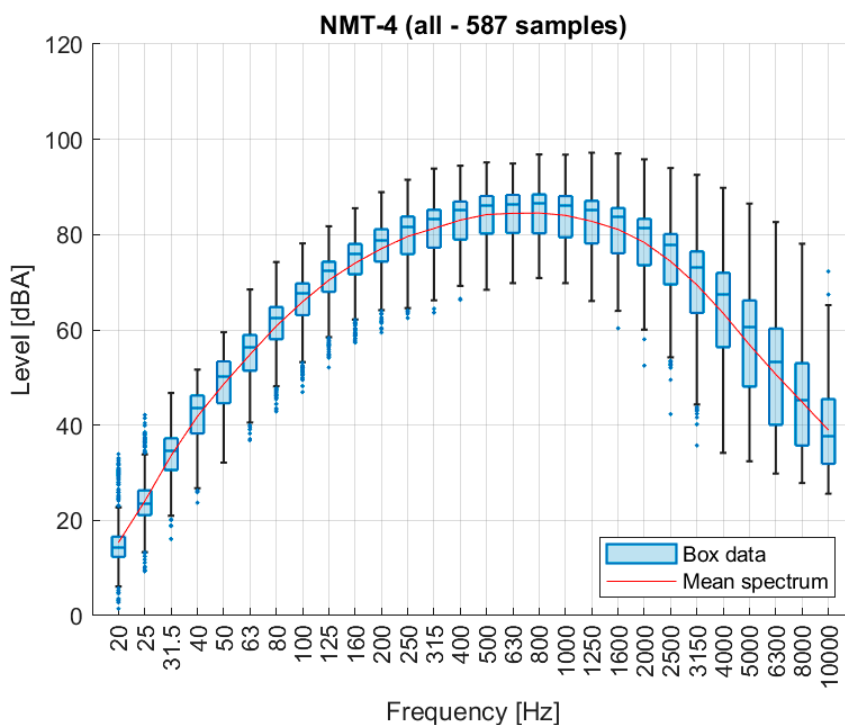
Bij de startprocedures wordt weinig spreiding gevonden rond de mediaan. Hierdoor is de kwartielafstand (de afstand van de mediaan tot de 1^e en 3^e kwartielen) klein, en worden relatief veel datapunten geclassificeerd als uitschieter. Dit kan worden geobserveerd in zowel Figuur 12 als Figuur 14. In alle boxplots is zichtbaar dat de gemiddelde spectra (rode lijnen) voor alle 1/3 octaafniveaus dicht bij de mediane waardes liggen.



Figuur 12: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-4 voor alleen starts



Figuur 13: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-4 voor alleen landingen

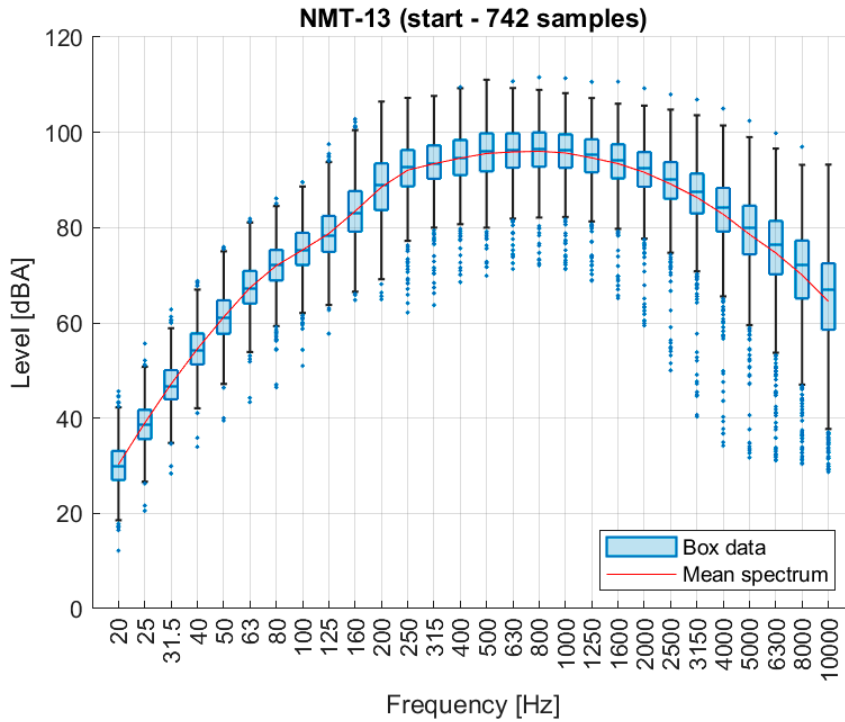


Figuur 14: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-4 voor starts en landingen samen

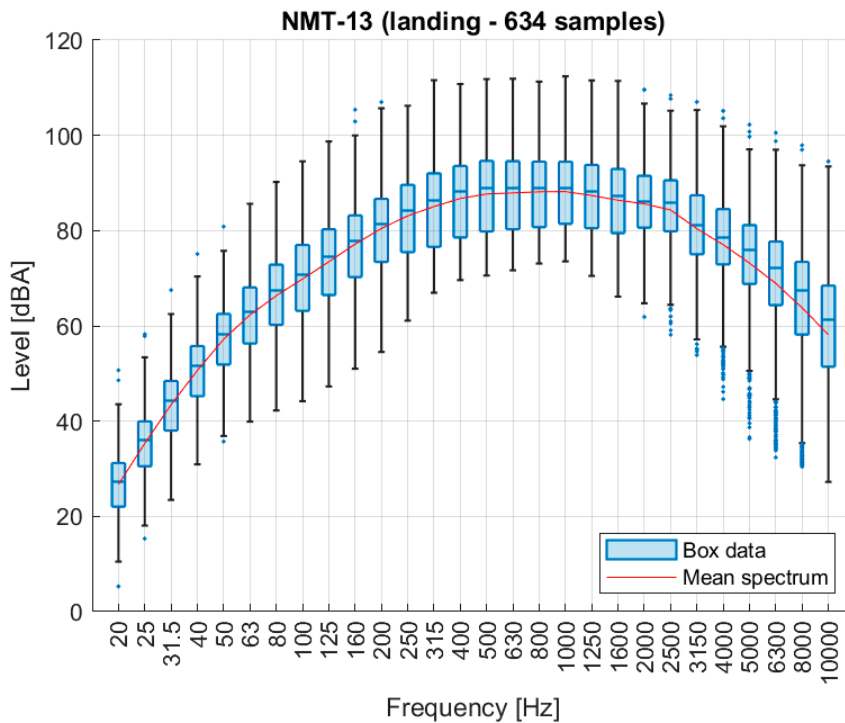
4.1.6 NMT-13: Contourpunt Marsum

De boxplots voor NMT-13 zijn weergegeven in Figuur 15, Figuur 16 en Figuur 17, respectievelijk voor alleen starts, alleen landingen, en starts en landingen samen. Bij NMT-13 zijn voornamelijk startprocedures gemeten. De spreiding

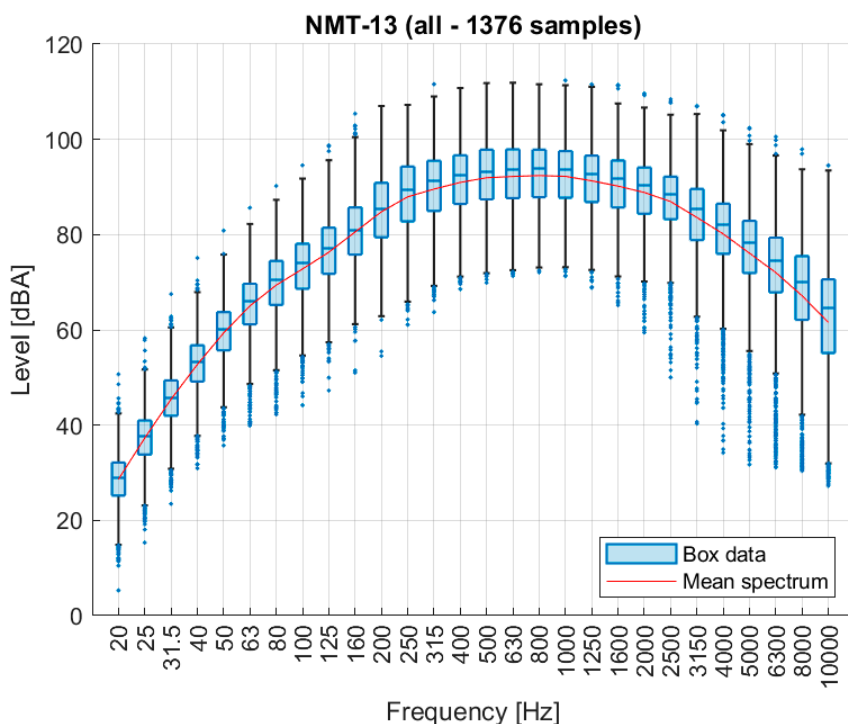
bij de startprocedures is kleiner dan de spreiding bij de landingsprocedures. Er worden bij de startprocedures en de gecombineerde procedures meerdere uitschieters gevonden naar lagere dB(A) waarden. Desondanks liggen de gemiddelde spectra (rode lijnen) voor alle 1/3 octaafniveaus binnen de kwartielen en dicht bij de mediane waarden.



Figuur 15: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-13 voor alleen starts



Figuur 16: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-13 voor alleen landingen



Figuur 17: Spreiding en gemiddeld spectrum NMT-13 voor starts en landingen samen

4.2 Vergelijking NMT's

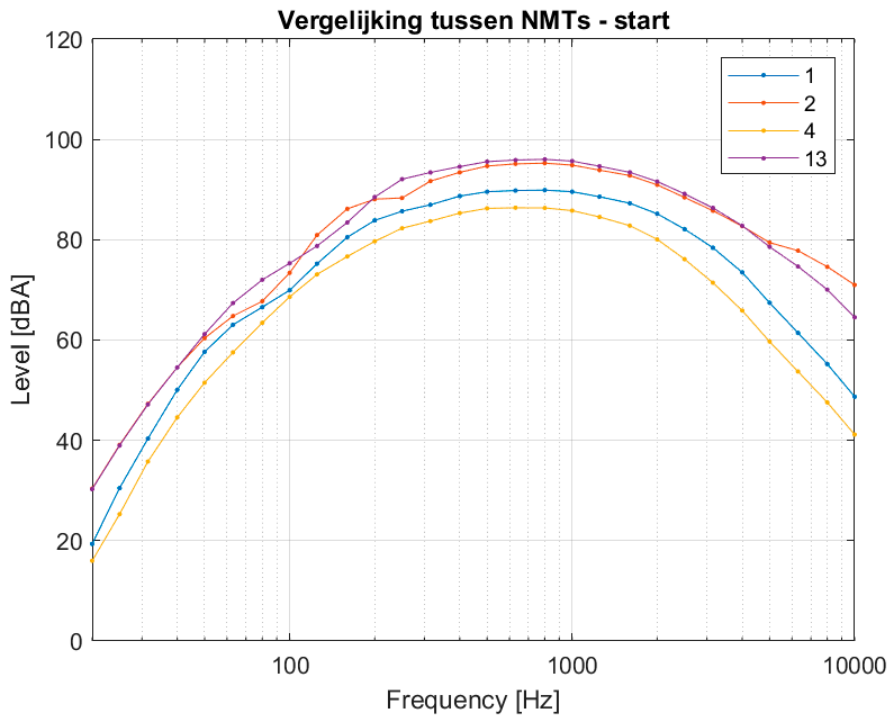
In deze paragraaf worden de gemiddelde spectra van de meetposten zoals gepresenteerd in paragraaf 4.1 vergeleken. Naast een vergelijking van de absolute 1/3 octaafniveaus per frequentie, worden de spectra ook vergeleken als genormaliseerde spectra. De normalisering houdt in dat voor alle NMT's het 1/3 octaafniveau is gelijkgetrokken op 1000 Hz. Op deze manier kunnen karakteristieke verschillen of overeenkomsten per frequentie inzichtelijk worden gemaakt.

De onderstaande figuren geven de 1/3 octaafniveaus van de gemiddelde spectra per NMT, voor alleen starts, alleen landingen en alle procedures samen. Over het algemeen worden de hoogste 1/3 octaafniveaus gevonden voor NMT-13, gevolgd door NMT-2, NMT-1 en NMT-4.

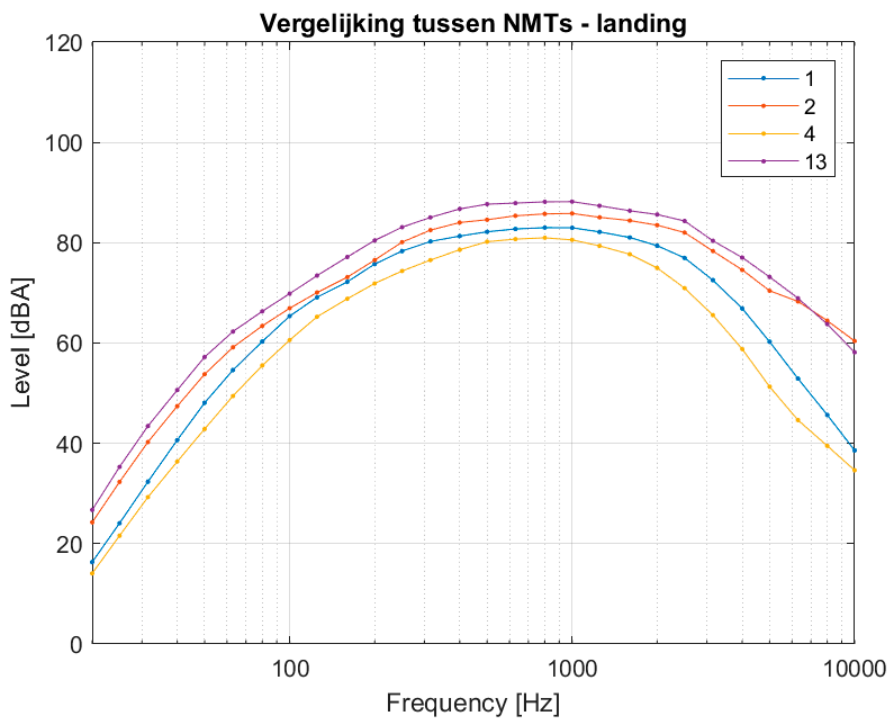
Voor NMT-2 worden in vergelijking met de andere meetposten hoge 1/3 octaafniveaus gemeten tussen 6300 Hz en 10000 Hz. Het is onduidelijk waar deze verhoging vandaan komt, maar dit lijkt systematisch het geval voor zowel starts als landingen. De frequenties waarbij deze hogere waarden gemeten worden vallen buiten het frequentiebereik waarvoor binnen dit onderzoek waarden bepaald dienen te worden (zie ook tabellen 3 tot en met 5 die een bereik hebben tot maximaal 4000 Hz). Daarom is geen nader onderzoek gedaan naar de hogere gemeten 1/3 octaafniveaus tussen 6300 Hz en 10000 Hz.

In de figuren met genormaliseerde geluidniveaus (Figuur 21, Figuur 22 en Figuur 23) kan worden gezien dat er zowel gelijkenissen zijn tussen de spectrale inhoud van NMT-13 en NMT-2, als tussen de spectrale inhoud van NMT-1 en NMT-4. Dit kan worden verklaard met het feit dat de NMT's in deze twee paren op ongeveer dezelfde afstand van de vliegpaden liggen. Ook is te zien dat de spectra van NMT-1 en NMT-4 duidelijk minder hoogfrequent geluid hebben dan de spectra van NMT-13 of NMT-2. Aangezien NMT-1 en NMT-4 verder weg liggen van de basis zal de afstand

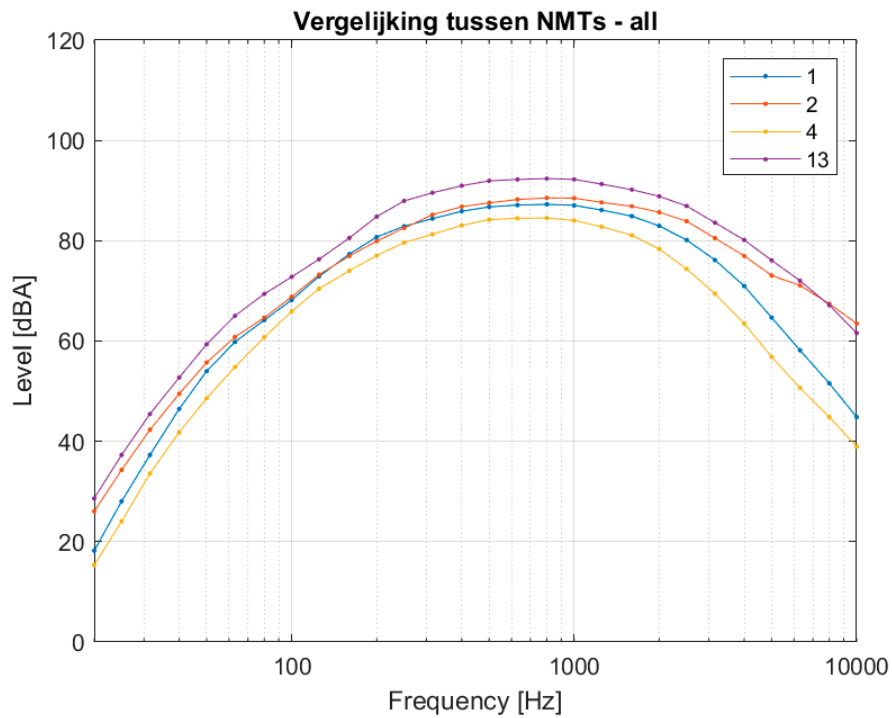
tussen de geluidsbron (vliegtuig) en geluidsmeter groter zijn, waardoor meer atmosferische demping plaatsvindt waarbij vooral hoogfrequent geluid wordt geabsorbeerd.



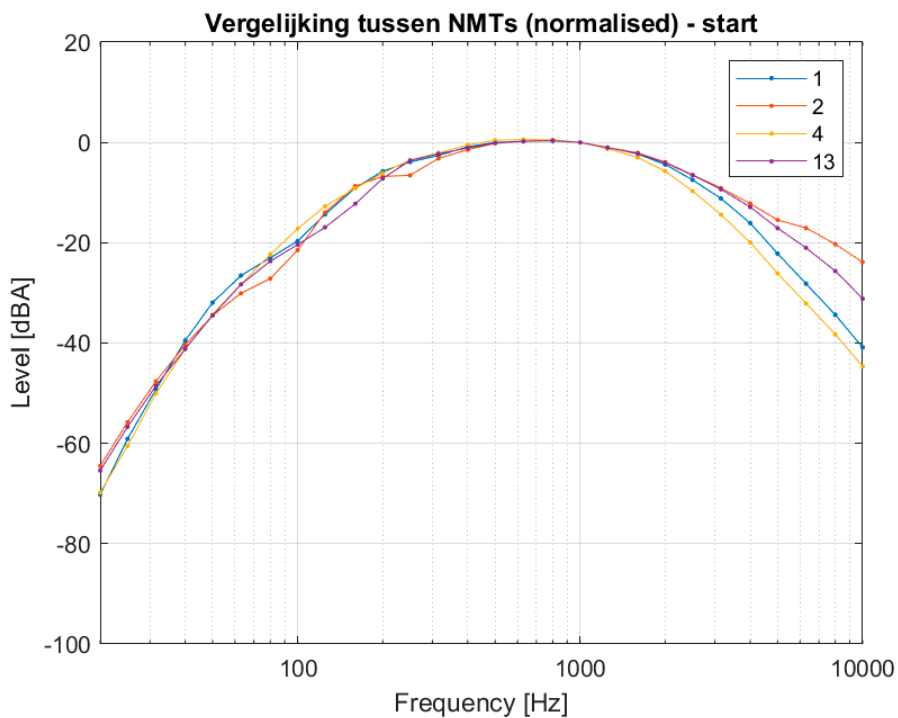
Figuur 18: Vergelijking in gemiddeld spectrum tussen de NMT's voor alleen starts



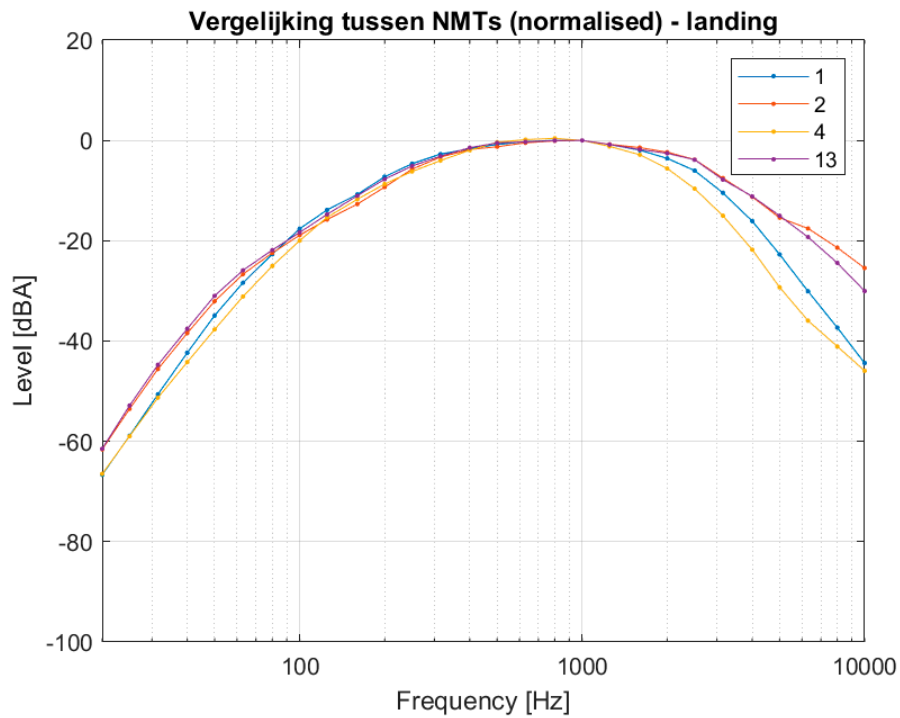
Figuur 19: Vergelijking in gemiddeld spectrum tussen de NMT's voor alleen landingen



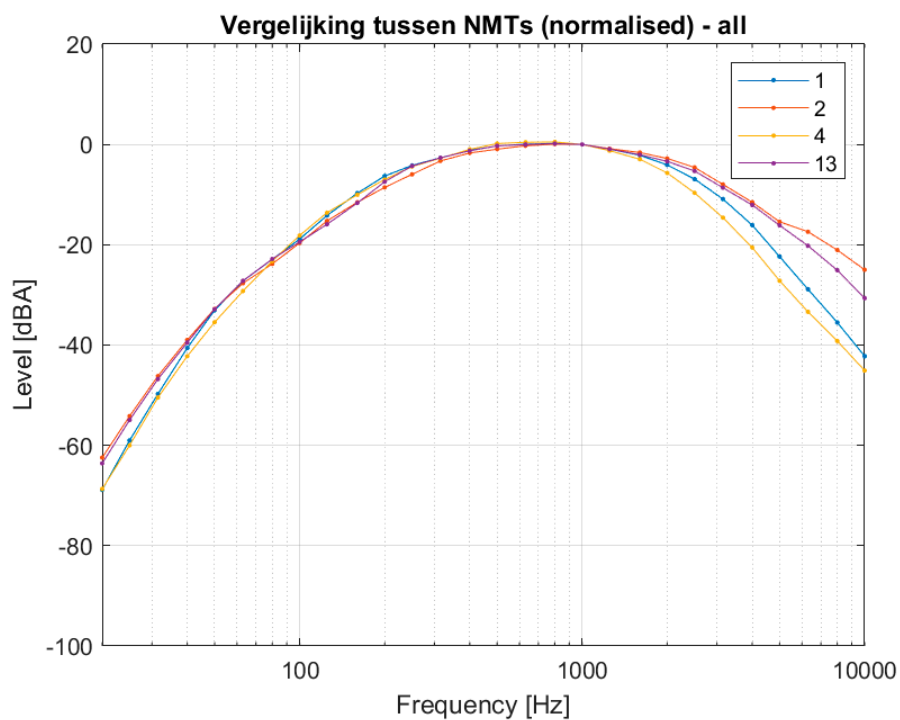
Figuur 20: Vergelijking in gemiddeld spectrum tussen de NMT's voor starts en landingen samen



Figuur 21: Vergelijking in gemiddeld spectrum tussen de NMT's voor alleen starts (genormaliseerd op 1000Hz)



Figuur 22: Vergelijking in gemiddeld spectrum tussen de NMT's voor alleen landingen (genormaliseerd op 1000Hz)



Figuur 23: Vergelijking in gemiddeld spectrum tussen de NMT's voor starts en landingen samen (genormaliseerd op 1000Hz)

4.3 Gemiddeld spectrum per meetpost

Op het verzoek van de stuurgroep zijn de octaafbanden tussen de 31.5 en 4000 Hz bepaald. Hiervoor zijn de tabellen weergegeven in Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5. Uitgebreide tabellen met alle frequentiebanden zijn weergegeven in Appendix B.

Tabel 3: Spectrale uitkomsten voor alle procedures. Octaafbanden tussen 31.5Hz en 4000Hz.

<i>Alle procedures</i>				
<i>Frequentie [Hz]</i>	<i>NMT-1 [dB(A)]</i>	<i>NMT-2 [dB(A)]</i>	<i>NMT-4 [dB(A)]</i>	<i>NMT-13 [dB(A)]</i>
31.5	37.3	42.3	33.6	45.4
63	59.8	60.8	54.8	65.0
125	72.9	73.2	70.4	76.3
250	82.9	82.5	79.6	87.9
500	86.7	87.5	84.2	91.9
1000	87.1	88.5	84.0	92.2
2000	83.0	85.7	78.4	88.9
4000	71.0	77.0	63.5	80.1

Tabel 4: Spectrale uitkomsten voor alleen starts. Octaafbanden tussen 31.5Hz en 4000Hz.

<i>Alleen starts</i>				
<i>Frequentie [Hz]</i>	<i>NMT-1 [dB(A)]</i>	<i>NMT-2 [dB(A)]</i>	<i>NMT-4 [dB(A)]</i>	<i>NMT-13 [dB(A)]</i>
31.5	40.4	47.3	35.8	47.2
63	63.0	64.8	57.5	67.4
125	75.2	80.9	73.1	78.8
250	85.7	88.3	82.3	92.1
500	89.6	94.7	86.3	95.6
1000	89.6	94.9	85.8	95.7
2000	85.2	90.9	80.1	91.6
4000	73.5	82.7	65.9	82.8

Tabel 5: Spectrale uitkomsten voor alleen landingen. Octaafbanden tussen 31.5Hz en 4000Hz.

<i>Alleen landingen</i>				
<i>Frequentie [Hz]</i>	<i>NMT-1 [dB(A)]</i>	<i>NMT-2 [dB(A)]</i>	<i>NMT-4 [dB(A)]</i>	<i>NMT-13 [dB(A)]</i>
31.5	32.4	40.3	29.3	43.4
63	54.6	59.2	49.4	62.3
125	69.1	70.1	65.2	73.4
250	78.3	80.1	74.4	83.1
500	82.2	84.6	80.2	87.7
1000	83.0	85.8	80.6	88.2
2000	79.4	83.5	75.0	85.6
4000	66.9	74.6	58.8	77.0

5 Slotopmerkingen

Keuze voor representatieve meetposten

In deze rapportage zijn voor vier meetposten de gemiddelde spectra uitgerekend: voor NMT-1, NMT-2, NMT-4 en NMT-13 (zie Figuur 4 voor de ligging van de meetposten). Voor het gebruik van deze spectra voor isolatieberekeningen adviseert NLR om de data van NMT-2 en NMT-13 te gebruiken. De redenen voor dit advies zijn als volgt:

- Meetposten NMT-2 en NMT-13 liggen op locaties waar minder storing wordt verwacht door omgevingslawaai, afscherming of reflectie van geluid. Hierdoor wordt verwacht dat op deze locaties zeer zuivere geluidmetingen plaatsvinden.
- In paragraaf 4.2 is geconstateerd dat de gemiddelde spectra van NMT-2 en NMT-13 hogere 1/3 octaafniveaus, en dus een hogere totale geluidsenergie, bevatten dan de spectra van NMT-4 en NMT-1. Door hun ligging worden hogere piekniveaus gemeten bij NMT-2 en NMT-13 dan bij NMT-4 en NMT-1.

Toepasbaarheid van de data

De ruwe meetdata, zoals geregistreerd door het meetnet, bevat geluidsignalen die zijn opgenomen in een ongecontroleerde omgeving. Daardoor kan het geluid door omgevingslawaai beïnvloed zijn. Tevens zijn de geluidsmetingen niet op een controleerbare afstand tot het toestel uitgevoerd en is het niet mogelijk om te toetsen of het vlieggedrag (bijvoorbeeld de toegepaste hoeveelheid stuwkracht) voor alle metingen representatief is.

Normaliter wordt, bijvoorbeeld bij het meten van geluidtabellen ten behoeve van geluidberekeningen, maar ook voor het vaststellen van een spectrum, vliegtuiggeluid in een gecontroleerde omgeving gemeten, en later gecorrigeerd voor eventuele verschillen ten opzichte van standaard afstanden, snelheden en standaardatmosfeer.

In dit onderzoek is op verzoek van de stuurgroep een andere aanpak gevolgd, waarbij een groot aantal metingen is gebruikt, verzameld in een ongecontroleerde omgeving. Doordat in de analyses een middeling is toegepast, mag verwacht worden dat de resultaten van de geluidsmetingen representatief zijn voor het spectrum zoals in de omgeving van de vliegbases Leeuwarden en Volkel optreedt. De toegepaste manier van de bepaling van het geluidsspectrum wil bijvoorbeeld zeggen dat deze gegevens niet volledig vergelijkbaar zijn met gegevens zoals die eerder zijn vastgesteld bij het meten van de geluidtabel voor de F-35.

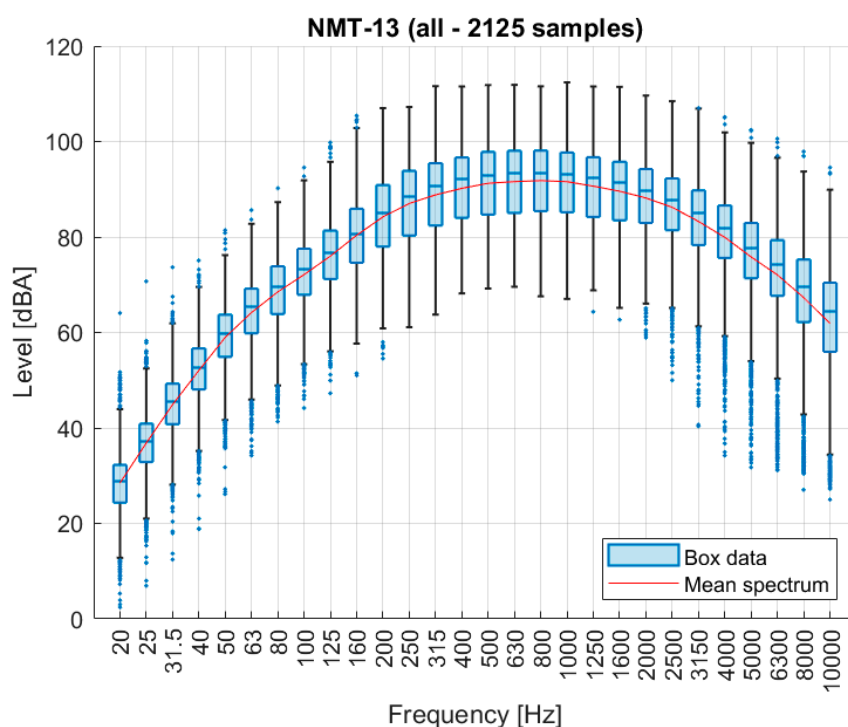
6 Referenties

1. Motie van het lid Eijssink C.S., kst 33763 22, vergaderjaar 2013-2014, 6 november 2013
2. D.H.T. Bergmans, Geluidwering rondom militaire luchthavens, NLR-CR-2016-209, Nederlands Luchtvaart- en Ruimtevaartcentrum, augustus 2016.
3. O. Reinders, De geluidbelasting rondom de vliegbasis Leeuwarden voor het jaar 2022, NLR-CR-2023-021, Nederlands Luchtvaart- en Ruimtevaartcentrum, april 2023.

Appendix A Impact filters

De impact van het toepassen van de filters op de spreiding van de data voor NMT-13 is weergegeven in Figuur 24 en Figuur 25 (voor meer informatie over de interpretatie van deze plots wordt verwezen naar paragraaf 4.1.1). Tevens is het verschil in interkwartielafstand⁸ en “whisker”-afstand⁹ tussen deze twee figuren afgebeeld in Figuur 26.

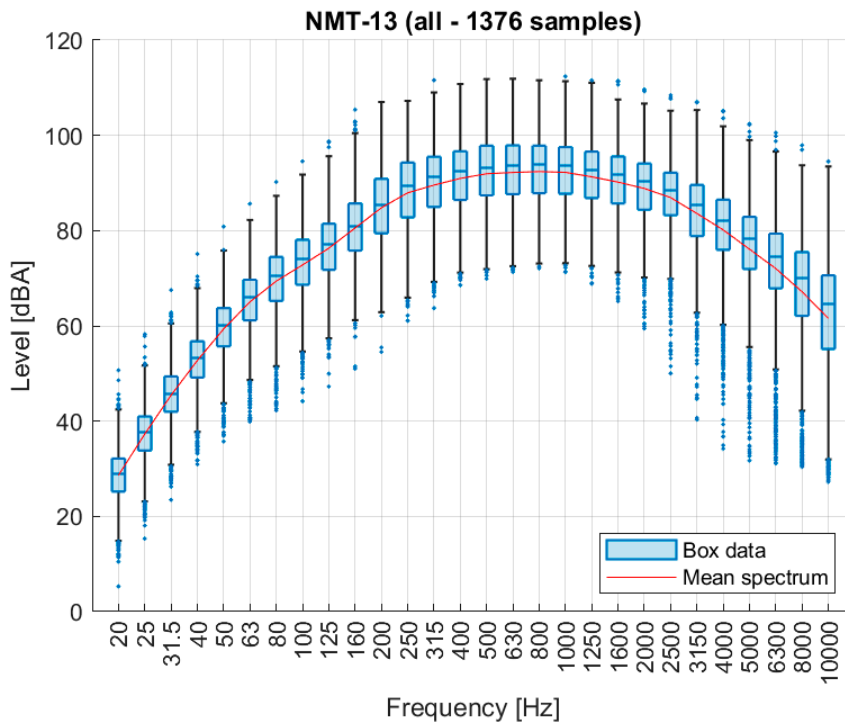
De toegepaste filters reduceren de data met ongeveer 35%. Dat wil zeggen dat van de aangeleverde data ongeveer tweederde door NLR bestempeld is als ‘bruikbaar’ voor het onderzoek. Uit Figuur 26 valt op te maken dat de spreiding in de data door de toegepaste filters wordt verminderd met zo’n 5 tot 20 procent, behalve bij enkele hoogfrequente banden. Deze hoogfrequente banden zijn echter niet van belang voor de isolatie. Bij laagfrequente banden worden verschillende uitschieters uitgefilterd. Echter er komen bij sommige banden uitschieters bij, als consequentie van het krimpen van de interkwartielafstand en “whisker”-afstand. Over het algemeen hebben de filters echter een positief effect op de dataspreiding, dat wil zeggen dat de spreiding in data na het toepassen van de filters kleiner is dan daarvoor.



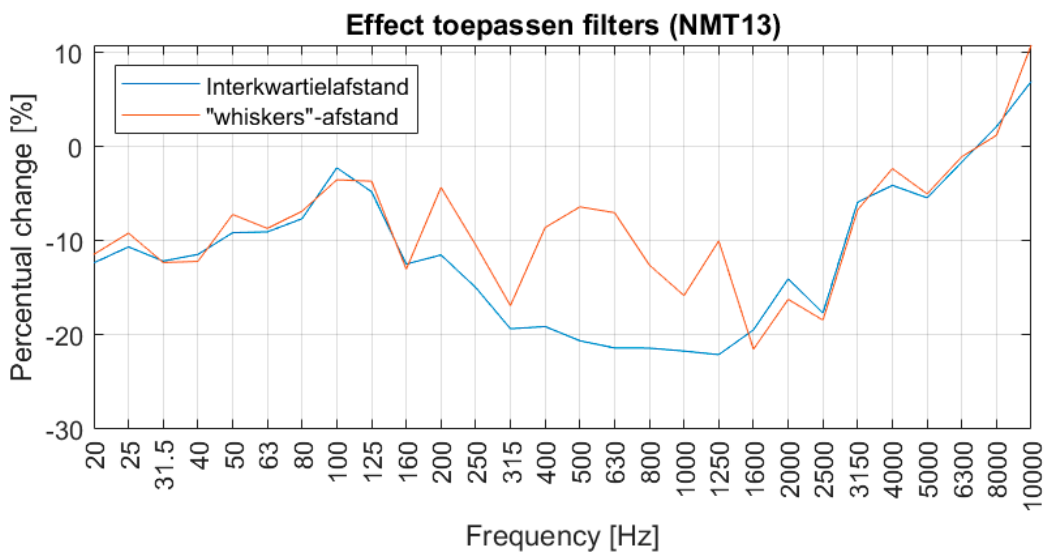
Figuur 24: Spreiding NMT-13 zonder filters

⁸ De afstand tussen het 25^{ste} percentiel en het 75^e percentiel

⁹ De afstand tussen de minimale niet-uitschieter en maximale niet-uitschieter



Figuur 25: Spreiding NMT-13 met filters



Figuur 26: Effect van het toepassen van de filters op spreiding van de data

Appendix B Volledige tabellen

Tabel 6: Spectrale uitkomsten voor alle procedures. Alle 1/3 octaafbanden tussen 20Hz en 10000Hz.

Frequentie [Hz]	Alle procedures			
	NMT-1 [dB(A)]	NMT-2 [dB(A)]	NMT-4 [dB(A)]	NMT-13 [dB(A)]
20	18.2	26.0	15.3	28.6
25	28.0	34.3	24.0	37.3
31.5	37.3	42.3	33.6	45.4
40	46.5	49.5	41.8	52.7
50	54.0	55.7	48.6	59.4
63	59.8	60.8	54.8	65.0
80	64.2	64.7	60.8	69.4
100	68.2	68.8	65.9	72.8
125	72.9	73.2	70.4	76.3
160	77.3	77.0	74.0	80.6
200	80.8	79.9	77.1	84.8
250	82.9	82.5	79.6	87.9
315	84.4	85.2	81.3	89.6
400	85.9	86.8	83.1	91.0
500	86.7	87.5	84.2	91.9
630	87.1	88.2	84.5	92.2
800	87.3	88.5	84.5	92.4
1000	87.1	88.5	84.0	92.2
1250	86.1	87.7	82.8	91.3
1600	84.9	86.9	81.1	90.2
2000	83.0	85.7	78.4	88.9
2500	80.1	83.9	74.4	86.9
3150	76.2	80.5	69.4	83.6
4000	71.0	77.0	63.5	80.1
5000	64.7	73.1	56.9	76.1
6300	58.2	71.1	50.7	72.0
8000	51.6	67.4	44.8	67.2
10000	44.8	63.5	39.0	61.6

Tabel 7: Spectrale uitkomsten voor alleen starts. Alle 1/3 octaafbanden tussen 20Hz en 10000Hz.

Frequentie [Hz]	Alleen starts			
	NMT-1 [dB(A)]	NMT-2 [dB(A)]	NMT-4 [dB(A)]	NMT-13 [dB(A)]
20	19.4	30.4	16.0	30.3
25	30.5	39.1	25.3	39.0
31.5	40.4	47.3	35.8	47.2
40	50.1	54.5	44.6	54.5
50	57.7	60.4	51.5	61.2
63	63.0	64.8	57.5	67.4
80	66.6	67.7	63.5	72.0
100	69.9	73.4	68.6	75.3
125	75.2	80.9	73.1	78.8
160	80.5	86.2	76.7	83.5
200	83.9	88.1	79.7	88.5
250	85.7	88.3	82.3	92.1
315	87.0	91.7	83.7	93.4
400	88.7	93.4	85.3	94.6
500	89.6	94.7	86.3	95.6
630	89.8	95.1	86.4	95.9
800	89.9	95.3	86.3	96.0
1000	89.6	94.9	85.8	95.7
1250	88.6	93.9	84.5	94.6
1600	87.3	92.8	82.8	93.4
2000	85.2	90.9	80.1	91.6
2500	82.1	88.4	76.1	89.1
3150	78.4	85.8	71.4	86.3
4000	73.5	82.7	65.9	82.8
5000	67.4	79.4	59.7	78.6
6300	61.4	77.8	53.7	74.7
8000	55.2	74.6	47.6	70.1
10000	48.7	71.0	41.2	64.5

Tabel 8: Spectrale uitkomsten voor alleen landingen. Alle 1/3 octaafbanden tussen 20Hz en 10000Hz.

<i>Alleen landingen</i>				
<i>Frequentie [Hz]</i>	<i>NMT-1 [dB(A)]</i>	<i>NMT-2 [dB(A)]</i>	<i>NMT-4 [dB(A)]</i>	<i>NMT-13 [dB(A)]</i>
20	16.3	24.3	14.1	26.7
25	24.1	32.3	21.6	35.3
31.5	32.4	40.3	29.3	43.4
40	40.6	47.4	36.4	50.6
50	48.1	53.8	42.9	57.2
63	54.6	59.2	49.4	62.3
80	60.3	63.4	55.5	66.3
100	65.4	66.9	60.6	69.8
125	69.1	70.1	65.2	73.4
160	72.2	73.1	68.8	77.2
200	75.7	76.5	71.9	80.5
250	78.3	80.1	74.4	83.1
315	80.3	82.5	76.5	85.1
400	81.3	84.0	78.6	86.7
500	82.2	84.6	80.2	87.7
630	82.7	85.4	80.7	87.9
800	83.0	85.8	81.0	88.2
1000	83.0	85.8	80.6	88.2
1250	82.2	85.1	79.4	87.4
1600	81.0	84.4	77.7	86.4
2000	79.4	83.5	75.0	85.6
2500	77.0	82.0	70.9	84.3
3150	72.5	78.3	65.6	80.4
4000	66.9	74.6	58.8	77.0
5000	60.3	70.4	51.3	73.2
6300	52.9	68.3	44.6	68.9
8000	45.7	64.5	39.5	63.8
10000	38.6	60.4	34.6	58.2



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 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

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