Analyses
Belevingsvlucht

Document met 3 nadere analyses

van de belevingsvlucht 30 mei 2018

Uitgebracht door SATL

Samenwerkende Actiegroepen
tegen Laagvliegen

13 december 2018

INHOUD EN CONCLUSIES

Dit document bevat een drietal nadere analyses die geschreven zijn naar aanleiding van de onjuiste beeldvorming die ontstaan is ten aanzien van de resultaten van de belevingsvlucht op 30 mei 2018. De metingen van de belevingsvlucht laten significant hogere LAmax waarden zien dan de berekende waarden.

INHOUDSOPGAVE

Analyse A *is een reactie op documenten van To70 en DGMR, waarin geconcludeerd werd dat de uitkomsten van de belevingsvlucht niet serieus genomen kunnen worden. Deze analyse toont aan, dat de rapportages van To70 en DGMR incompleet zijn en een onjuist beeld geven van de resultaten.*	**Pagina 4**
Analyse B *bevat een statistische analyse om aan te tonen dat er wel degelijk een fout in de invoer van het rekenmodel zit, en dat de door de Minister gehanteerde verklaring, dat het binnen de 'bandbreedte' valt, onjuist is.*	**Pagina 17**
Analyse C *gaat in op de relatie tussen LAmax en Lden. Door de Minister wordt gezegd dat de LAmax niet meer is dan een bijproduct van het rekenmodel, zonder wettelijk status (in tegenstelling tot de Lden). Deze analyse geeft aan, dat de LAmax juist als invoer dient voor de Lden berekening, dus dat de LAmax een directe invloed heeft op de Lden.*	**Pagina 25**

CONCLUSIES SATL

SATL trekt op basis van deze analyses de volgende conclusies:

1. De geluidmetingen van de belevingsvlucht blijken significant hoger te zijn dan de modelberekeningen die in de MER voor 'Lelystad' zijn gebruikt;

2. De gebruikte methode van meten tijdens de belevingsvlucht wijkt niet wezenlijk af van de wijze, waarop vliegtuigfabrikanten de geluidtabellen voor de modelberekeningen zelf bepalen en aanleveren aan ICAO;

3. De kans dat op alle meetpunten een dergelijke significante afwijking gemeten wordt, is statistisch gezien vrijwel onmogelijk;

4. De kans dat de verwachtingswaarde tussen 57.0 dB(A) en 59.2 dB(A) is 98.7%, Daarmee zijn de meetwaarden minimaal 2.6 dB(A) hoger dan de berekend waarden (exclusief correcties);

5. Inclusief correcties voor o.a. motortype en startgewicht bedraagt de afwijking 3 tot 6 dB(A). De hogere piekwaarde van 3 tot 6 dB(A) komt overeen met de gelijktijdige passage van 2 tot 4 identieke vliegtuigen volgens de modelberekeningen;

6. De systematische afwijkingen tussen metingen en berekeningen vallen niet binnen de marges van +/- 2 dB(A), die daarvoor gelden volgens de Europese richtlijnen voor kartering van omgevingslawaai 2015/996[1];

7. Aangetoond is dat er wel degelijk een directe relatie is tussen LA_{max} en L_{den} . Uit deze relatie volgt, dat de L_{den} 3 tot 5 dB(A) hoger komt te liggen. De MER is daarom op onjuiste L_{den}-waarden gebaseerd en geeft daarmee geen realistisch beeld van de mogelijke geluidseffecten;

8. De significant hogere waarden, die uit de geluidmetingen blijken, zijn in lijn met de gebruikelijke afwijkingen tussen metingen en modelberekeningen Bekend is dat de modelberekeningen met het NRM systematisch lagere geluidwaarden opleveren dan de metingen;

9. Verontrustend is, dat het nieuwe rekenmodel DOC.29 gemiddeld een nog grotere afwijking oplevert dan het ‘oude’ model NRM. Dit blijkt uit de trendvalidatie van DOC.29[2].

[1] RICHTLIJN (EU) 2015/996 VAN DE COMMISSIE tot vaststelling van gemeenschappelijke bepalingsmethoden voor lawaai overeenkomstig Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de Raad
[2] Trendvalidatie van Doc.29 berekeningen, NLR-CR-2017-371 | oktober 2018

Kritische analyse

Van de rapporten:

A. “Onderzoek geluidmetingen belevingsvlucht Lelystad Airport”, To70, 17 oktober 2018
B. “Contra-expertise Geluid Belevingsvlucht”, DGMR, 10 oktober 2018

12 november 2018
Wezep, Dr. Ir. Pieter Sijtsma

Bovenstaande documenten zijn te vinden op:
https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/10/18/meten-van-vliegtuiggeluid-en-reactie-op-de-evaluatie-van-de-regiegroep-belevingsvlucht

De documenten van de Regiegroep Belevingsvlucht staan op:
https://www.belevingsvlucht.nl/documenten/default.aspx

Samenvatting

Metingen gedaan tijdens de “belevingsvlucht” met de Boeing 737-800 op 30 mei 2018 laten een significant hoger geluidsniveau zien (LAmax) dan berekeningen in de MER rapportage. Voor horizontale vluchten op 6000 ft, bijvoorbeeld, wordt er gemiddeld 3 a 4 dB meer gemeten. Het bleek dat de omstandigheden van de belevingsvlucht niet helemaal representatief waren voor de MER rapportage en dat het werkelijke verschil waarschijnlijk groter is, meer in de buurt van de 6 a 7 dB

De rapporten van To70 en DGMR doen juist hun best om de verschillen weg te relativeren, daarbij ondeugdelijke argumenten hanterend. Het komt op mij over als pogingen om de opdrachtgever (I&W) te behagen. Daarnaast bevatten de rapporten veel niet ter zake doende uitweidingen.

Achtergrondinfo

De LA is het geluidsniveau dat gemeten is na A-weging van het spectrum. Het geluid wordt gemiddeld over een periode tussen het actuele tijdstip een een aantal seconden daarvoor, waarbij het geluid (exponentieel) minder zwaar meetelt naarmate het langer geleden plaatsvond. Voor het meten van het geluid van vliegtuigpassages wordt de “slow” methode gebruik, waarin de effectieve meettijd 1 seconde is. Vanwege de A-weging wordt de LA uitgedrukt in dB(A).

De LAmax is de maximale LA-waarde gemeten tijdens een vliegtuigpassage.

De Sound Exposure Level (SEL), ook wel Single Event Level of Single Event Noise Exposure Level genoemd, wordt verkregen door de LA-waarden tijdens een vliegtuig passage energetisch te sommeren tussen de momenten dat de LA 10 dB onder de LAmax zit.

De Lden (day-evening-night level) wordt verkregen door de SEL-waarden van alle vliegtuigpassages over een heel jaar energetisch te sommeren (met straffactoren voor ‘s avonds en ‘s nachts) en te delen door het aantal seconden in een jaar.

Zowel de LAmax als de SEL als de Lden worden uitgedrukt in dB(A). Dat kan verwarrend zijn.

Handhaving van de regelgeving omtrent geluidsoverlast van vliegtuigen geschiedt met een rekenmodel. Nu is dat nog het NRM (Nederlandse RekenModel). Het is de bedoeling dat dit vervangen wordt door de Europese “Doc.29” methode.

Rekenmodellen maken gebruik van SEL-waarden uit Noise-Power-Distance (NPD) geluidstabellen die verschillend zijn voor ieder vliegtuigtype. Als eenzelfde vliegtuigtype uitgerust kan zijn met verschillende motortypes, bestaan er vaak aparte NPD tabellen.

De NPD tabellen bevatten SEL-waarden voor een matrix van een aantal motorvermogens en afstanden. Naast de SEL-waarden staan er ook andere geluidsmaten in zoals de LAmax.

De NPD tabellen worden herleid uit een drietal certificatiemetingen, die gedaan worden als een nieuw vliegtuigtype op de markt komt. Deze metingen worden gedaan direct bij de start (“Lateral”), kort na de start (“Flyover”) en in de landingsfase (“Approach”). Deze metingen

moeten op 1.2 m boven een relatief harde ondergrond gedaan worden (gras korter dan 8 cm, aangestampte aarde, …), zodat er een zekere mate van grondreflectie is. Het precieze aandeel van de grondreflectie is onzeker, waardoor er meteen al een onzekerheid in het rekenmodel sluipt (orde-grootte 1 dB). De tabellen bevatten alleen de gegevens voor standaard klim- en daalcondities. Je kunt in de tabellen zien dat het verschil tussen SEL en LAmax groter is bij klimmen dan bij dalen. Dat komt doordat de snelheid relatief lager is bij het klimmen. Gegevens over “level flight” (vliegen op constante hoogte) ontbreken.

De NPD-tabellen worden aangeleverd door de vliegtuigfabrikant. Waar de getallen in deze tabellen vandaan komen is niet duidelijk. Voor een deel zullen het (geïnterpoleerde) waarden zijn, gemeten tijdens de certificatiemetingen. Maar voor een deel zijn het ook extrapolaties op basis van geometrische uitbreiding en atmosferische demping (onder standaard atmosferische condities). Kennis omtrent de geluidsspectra is dus noodzakelijk; de atmosferische demping hangt immers af van de frequentie van het geluid. Kennis van de richtingskarakteristieken van het geluid is gewenst om SEL-waarden te kunnen bepalen. Deze karakteristieken hangen weer af van frequentie, motorvermogen, snelheid en luchtdruk. Het is niet aannemelijk dat de fabrikanten complete databases hiervan hebben. Dus zal er wel een aanname worden gemaakt, bijvoorbeeld een bolvormige karakteristiek (monopool). Ook hier weer een bron van onzekerheid dus.

Om SEL-waarden uit de NPD-tabellen te halen heb je dus afstand en motorvermogen (stuwkracht) nodig. Voor standaard klim- en daalcondities zijn deze te berekenen m.b.v. coëfficienten die in de ANP databases staan (waar de NPD tabellen onderdeel van zijn). Deze coëfficienten worden aangeleverd door de fabrikant en bevatten weer alleen de getallen voor standaard klim- en daalcondities.

Samengevat: Voor level flight kun je niet terugvinden wat het motorvermogen zou moeten zijn (die kun je misschien zelf nog herleiden met wat elementaire vliegtuigdynamica), maar ook de NPD tabellen geven geen informatie daarover. Het is dus onduidelijk waar geluidsniveaus berekend voor level flight vandaan komen.

Horizontale vlieggedeeltes

In mijn analyse concentreer ik mij op level flight metingen. Deze zijn gedaan op 6000 ft (1829 m) en 9000 ft (2743 m). Ik heb de beschikking over het Amerikaanse rekenmodel INM (Integrated Noise Model). Als ik dan uit ga van een gewicht van 122000 lbs (55338 kg), dan vind ik, direct onder het vluchtpad, LAmax waarden van 54.4 dB(A) bij 6000 ft en 48.8 dB(A) bij 9000 ft. Ik heb gebruik gemaakt van een snelheid van 250 kts, maar het resultaat bleek daarvan onafhankelijk.

De met INM berekende waarden zijn in lijn met de MER rapportage, waarin gebruik gemaakt is van NRM. Het vliegtuig was niet beladen, dus relatief licht. In normale omstandigheiden zou er zo’n 0.5 dB extra berekend worden (zegt ook To70).

In onderstaande tabellen staan overzichten van meting bij vlieghoogtes van 6000 ft en 9000 ft, respectievelijk. De laatste kolom bevat de LAmax waarden gecorrigeerd tot direct onder het vliegpad. Deze correctie houdt rekening met geometrisch uitbreiding (het afstandseffect) en met atmosferisch demping. Opvallend is dat alle meetwaarden hoger zijn dan de berekende waarden.

De meetlocaties waren op open terrein, op een redelijk harde ondergrond (niet te hoog gras, bijvoorbeeld). Dit zijn omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de eisen voor certificatiemetingen.

Table 1 Metingen bij 6000 ft vlieghoogte.

Locatie	Tijd	LAmax	gecorrigeerd
Emmen	17:56:32	57.1	57.1
Zwolle(Agnietenberg)	17:57:36	55.7	57.1
Wezep-b	18:58:49	58.7	60.3
Wezep	18:59:16	57.8	57.9
Oene	19:01:12	56.7	57.7
Nijbroek	19:01:49	59.4	59.8
Wezep-b	19:32:54	57.6	58.8
Wezep	19:33:08	59.2	59.2
Oene	19:35:16	56.9	57.9
Emmen	20:03:34	57.4	57.4
Zwolle(Agnietenberg)	20:04:48	55.7	56.9
Laaksum	20:22:50	53.8	58.3
Scheerwolde	21:02:35	55.2	55.5
Laaksum	21:59:28	53.6	58

Table 2 Metingen bij 9000 ft vlieghoogte

Locatie	Tijd	LAmax	gecorrigeerd
Ede-3-Otterlo	17:38:45	55,9	56,0
Ede-2-Hoenderloo	17:39:10	56,0	56,0
Klarenbeek	17:40:46	56,9	57,0
Klarenbeek	19:03:25	55,5	56,2
Klarenbeek	19:37:43	52,9	53,2
Ede-2-Hoenderloo	19:39:14	53,4	53,4
Ede-3-Otterlo	19:39:45	53,5	53,5
Ede-3-Otterlo	19:56:37	53,6	53,6
Ede-2-Hoenderloo	19:57:00	53,5	53,5
Klarenbeek	19:58:25	53,3	53,5

A. Analyse To70 rapport

Definitie LAmax (slow)

De definitie van LAmax (slow) op blz. 10 is niet helemaal correct. Zie hierboven, onder “achtergrondinfo”. Het maakt voor de conclusies niet uit.

CFM-7B26 of CFM-7B27

Op blz 19 constateert To70 dat er gevlogen is met een B737-800 die uitgerust is met een CFM-7B27 motor, terwijl de MER (en ook mijn INM berekeningen) uitgaan van een toestel met een CFM-7B26 motor. Bij de “Flyover” certificatie is de B27 2.7 dB stiller dan de B26. Bij “Approach” is het verschil slechts 0.2 dB (dat is ook logisch, want dan staan de kleppen en de landingsgestellen uit, en is dus de invloed van de motor kleiner). Aangezien level flight ergens tussen Flyover en Approach zit, zal de B27 dan ook een paar dB stiller moeten zijn dan de B26. Waarschijnlijk is 2 dB een redelijke schatting. Dus als er gevlogen gaat worden met een B26 (waar de MER van uit gaat) kunnen we zo’n 2 dB extra geluid verwachten.

Atmosferische demping

Op blz 21/22 wordt ingegaan op de atmosferische demping, helaas zonder e.e.a. getalsmatig te onderbouwen. Atmosferische demping hangt af van luchtdruk, temperatuur, luchtvochtigheid en geluidsfrequentie. Ter illustratie staat in Fig. 1 weergegeven de atmosferische demping bij 6000 ft als functie van de frequentie bij standaard luchtdruk en 3 verschillende combinaties van temperatuur en luchtvochtigheid. De demping is berekend volgens ISO 9613-1:1993(E). De temperatuur-luchtvochtigheid combinaties zijn:

- 15℃ en 70%: Dit zijn standaardwaarden. Waarschijnlijk zijn hier de NPD tabellen mee berekend.
- 22℃ en 88%: Dit zijn ongeveer de waarden aan het eind van de belevingsvlucht.
- 27℃ en 49%: Dit zijn waarden eerder op de middag.

Vervolgens is het van belang te weten wat de overheersende geluidsfrequenties zijn. Voor een vlucht bij 6000 ft heb ik het overvlieggeluid opgenomen met mijn smartphone (inderdaad geen type 1 microfoon). Na frequentie-analyse en correctie voor A-weging vond ik het spectrum (in 1/3 oktaafbanden) zoals aangegeven in Fig. 2.

De belangrijkste frequentiebanden zijn dus 400 en 500 Hz. In Fig. 1 zien we dat we bij de metingen waarschijnlijk 0-2 dB extra demping hebben gehad t.o.v. de standaardomstandigheden.

N.B. De benadering van 2 dB demping per kilometer klopt wel ongeveer bij 400 Hz, maar zeker niet bij hogere frequenties. De NPD tabellen laten ook een ander beeld zien.

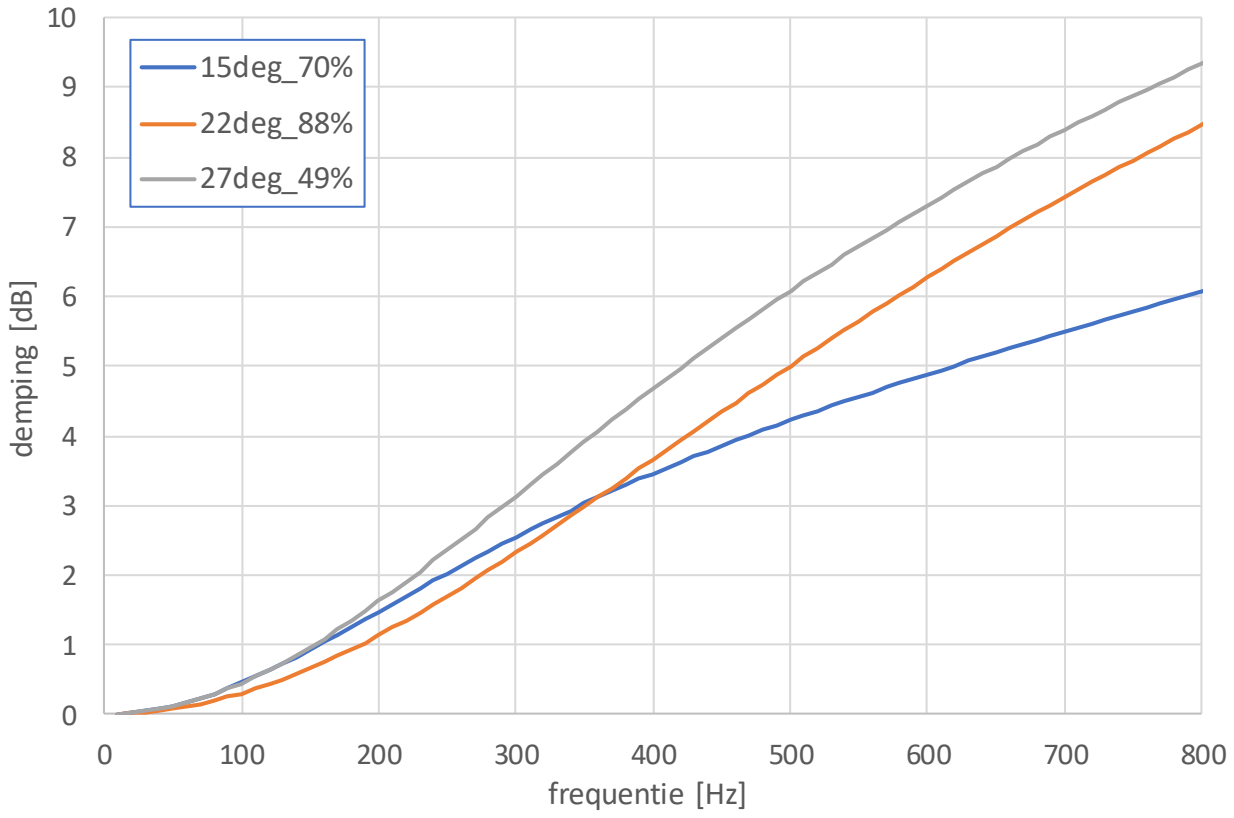


Fig. 1 Atmosferische demping bij 6000 ft

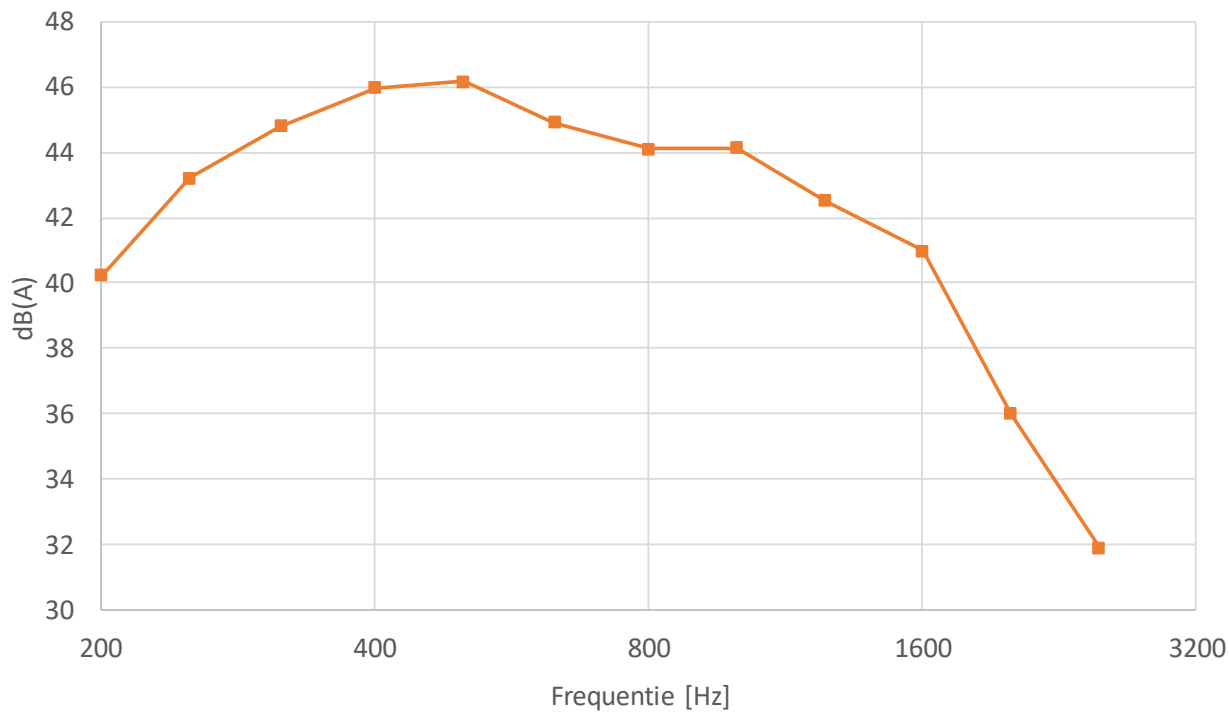


Fig. 2 A-gewogen 1/3 oktaafband geluidsspectrum van overvliegende B737-800 op 6000 ft hoogte

Ondergrond

Op blz. 22 gaat To70 in op het effect van de ondergrond. Er wordt gesteld dat de MER berekeningen gedaan zijn op basis van een “zachte” (dus absorberende) ondergrond. Dat is niet direct juist. De MER berekeningen zijn gedaan o.b.v. het NRM (Nederlandse RekenModel). Voor geluidsniveaus direct onder het vliegpad wordt daarbij enkel uitgegaan van de NPD tabellen. Er is dan dus geen sprake een correctie voor bodemdemping. Dat gebeurt alleen voor geluidsberekeningen op een zekere afstand van het grondpad (de projectie van het vliegpad op de grond). Dat is de zogenaamde laterale geluidsverzwakking.

Ik neem aan dat de NPD tabellen uitgaan van een zelfde ondergrond als bij de certificatiemetingen, dus deels reflecterend, deels absorberend. Maar, zoals eerder gezegd, de uitgangspunten voor het bepalen van die tabellen zijn nogal onduidelijk.

Het is een beetje gissen naar wat To70 bedoelt met “een reflectie van 0.4 dB”. Ik vermoed dat bedoeld wordt: de verwachte toename van het geluidsniveau (los van interferentieëffecten) op een zekere hoogte boven de grond als gevolg van reflectie op de bodem en ten opzichte van een volledig absorberende bodem. Met deze definitie varieert de reflectie van 0 dB (geen reflectie) tot 3 dB (volledige reflectie). Maar dan nog kun je er niet zoveel mee, want de mate van reflectie hangt af van de geluidsfrequentie.

Een snelle zoektocht in de literatuur leert dat je voor grasland bij 400-500 Hz een absorptiecoëfficient van tussen de 0.1 en 0.3 mag verwachten. Dit levert een reflectie (volgens bovenstaande definitie) op van 2.3 tot 2.8 dB. De bodemreflectie kan dus zorgen voor enige spreiding, orde-grootte 0.5 dB. Dat is dus ook de onnauwkeurigheid van de certificatiemetingen bij deze frequenties. Hier is geen sprake van een systematische fout.

Er is in ieder geval sprake van significante reflectie, want de interferentieëffecten zijn duidelijk te horen bij het afspelen van het signaal. Waarschijnlijk is de onzekerheid als gevolg van interferentie groter nog dan die 0.5 dB.

Conclusies van H4

Op blz. 22/23 staan (in §4.4) de conclusies van H4 “Vergelijking metingen met MER berekeningen”.

Als ik mij even concentreer op 6000 ft (het aantal metingen bij 9000 ft is kleiner en er zijn bovendien nog wel vragen bij), dan volgen uit tabel 1 en het INM resultaat verschillen tussen metingen en berekeningen variërend van 1.1 tot 5.9 dB.

Waarschijnlijk is het verschil groter:

- Er is gemeten met een vliegtuig dat minder lawaai maakt dan waar de MER van uit gaat (verschil ongeveer 2 dB).
- De meteorologische omstandigheden zorgen voor ongeveer 1 dB minder geluid dan met de MER uitgangspunten.

Dus varieert het verschil grofweg tussen 4 en 9 dB.

Dat de berekende 54.4 dB(A) een correcte voorspelling van de werkelijkheid is is volstrekt onhoudbaar. Om diverse redenen mag je spreiding in je gemeten resultaten verwachten (en die zie je dan ook), maar is het zeer onwaarschijnlijk dat alle 14 metingen hoger uitvallen dan de voorspelling. Als het een juiste voorspelling is, is de kans dat een meetwaarde hoger uitvalt ongeveer 1/2. De kans dat alle metingen hoger uitvallen is dan $1/2^{14} \cong 0.00006$, oftewel 0.006%. Niet zo groot dus.

Waarschijnlijk ligt de juiste waarde ergens tussen 57 en 59 dB en, na correctie voor de effecten genoemd bij de bullets, tussen 60 en 62 dB. (Met 14 metingen en een dergelijke spreiding geeft het gemiddelde nog niet direct een hele nauwkeurige schatting.)

Maar dan komt het: In de tweede bullet, onderaan blz. 22, zegt To70: "*Modelonzekerheid voor de berekende LAmax waarden: typisch tot 5 dB*". Het staat er een beetje cryptisch, maar je zou er uit kunnen lezen dat het rekenmodel er zomaar 5 dB naast kan zitten. Daarmee zeg je dus: "We voorspellen weliswaar een gemiddelde waarde van 54.4 dB(A), maar het gemiddelde zou ook zomaar 59.4 dB(A) kunnen zijn. Dat is nou eenmaal de onnauwkeurigheid van het rekenmodel, daar moeten we niet moeilijk over doen."

Tja, zo lust ik er nog een paar: "OK, we zitten er gemiddeld 5 dB naast. Weet je wat? We zeggen gewoon dat dat binnen de modelonzekerheid valt." Ten eerste: waar haalt To70 deze modelonzekerheid vandaan? Ten tweede: 5 dB extra geluid per vliegtuig is ongeveer hetzelfde als het geluid van drie vliegtuigen tegelijk. Met andere woorden, het aantal vliegbewegingen zou tot een derde van het oorspronkelijke aantal gereduceerd moet worden om dezelfde Lden contouren te houden. Als de toleranties in het rekenmodel zo groot zouden zijn, dan kunnen we ook wel zonder rekenmodel.

Relatie tussen LAmax en Lden

Hoewel To70 in de conclusies van H4 de verschillen tussen metingen en berekeningen al "rechtgebreid" heeft, voelen ze op blz 24 toch nog de noodzaak om er extra (onjuiste) argumenten tegen aan te gooien om de conclusies van de Regiegroep af te zwakken.

Ten eerste wordt gezegd dat de B737-800 maar één van de vliegtuigen is waarmee gevlogen wordt, en dus bijdraagt aan de Lden. Dat klopt, maar in het scenario van 45000 vliegbewegingen wordt 47% daarvan gedaan met de B737-800. Daar komt bij dat dit toestel een van de meest lawaaiige is en daarmee dus voor ongeveer 63% van de Lden zorgt.

To70 zegt dat er geen één-op-één relatie is tussen Lden en LAmax. Inderdaad, dat hangt af van hoe lang het duurt totdat je 10 dB onder de LAmax zit, en dat hangt weer af van de hoogte en de vliegsnelheid. Verder zou ook de uitstralingskarakteristiek van belang kunnen zijn, maar dat wordt veel te gecompliceerd. Daar houdt dus geen enkel rekenmodel rekening mee.

Als er dus niets verandert aan de uitstralingskarakteristiek, en ook niet aan de hoogte en de vliegsnelheid, dan is er wel degelijk een direct verband tussen LAmax, SEL en Lden. Als de LAmax met 5 dB toeneemt, dan ook de SEL en dan ook de Lden ter plaatse.

Verschillen tussen metingen en berekeningen hebben geen effect

De meest vreselijke zin in het rapport van To70 staat bovenaan blz 25: "*verschillen tussen metingen en berekeningen hebben geen effect"*. Hier staat dus: "Het interesseert ons geen bal dat de meetwaarden hoger uitvallen dan de modelwaarden. We doen toch niets met die metingen." To70 geef dus aan dat ze hun rapport eigenlijk helemaal niet hadden hoeven schrijven.

Verschillen tussen 6000 ft en 9000 ft

Op blz 34 wordt ingegaan op de verschillen tussen de metingen op 6000 ft en 9000 ft, die kleiner zijn dan verwacht. Mijn INM berekeningen voorspellen een verschil van 5.6 dB, in

werkelijkheid zijn de verschillen (zie tabel 1 en 2) een stuk kleiner. Als er steeds volgens de specs gevlogen zou zijn, zou dit een verdere diskwalificatie van het rekenmodel zijn. Immers bij 9000 ft zijn de verschillen tussen meten en rekenen nog groter geworden.

Maar als we er van uit gaan dat de eerste 4 resultaten in tabel 2 (om wat voor reden) twijfelachtig zijn, dan is het verschil tussen de gemiddelden op 6000 ft en op 9000 ft 4.7 dB. Gegeven het feit dat je middelt over een beperkt aantal waarnemingen, en dus onnauwkeurig bent, kan het uiteindelijke verschil van de gemiddelden (bij veel metingen) nog wel een stuk dichter bij 5.6 dB uitkomen.

B. Analyse DGMR rapport

Relatie tussen LAmax en Lden

Op blz. 5 en verder doet ook DGMR een duit in het zakje om de relatie tussen LAmax en SEL / Lden te relativeren. De uitweiding over richtingskarakteristieken en aërodynamisch geluid is irrelevant. De rekenmodellen rekenen niet met richtingskarakteristieken en aërodynamisch geluid is alleen van belang tijdens de nadering, dus niet bij vliegen op constante hoogte.

M.b.v. Fig. 5 op blz. 6 laat DGMR zien dat er geen één-op-één relatie is tussen Lden en LAmax. Dat zei To70 ook al. Het niveau in Fig. 5 verloopt wel wat merkwaardig. Dat het maximum wat verschoven is t.o.v. $t = 0$ is wel te verklaren uit de tijdsvertraging. Maar voor $t < 0$, dus als de bron naar je toe komt, zou het niveau wat hoger moeten zijn dan voor $t > 0$. Dit vanwege “convective amplification”. (Zie ook de voorspellingen in Fig. 7). In Fig. 5 zie je het omgekeerde beeld. Het doet overigens niets af aan de boodschap dat de relatie tussen LAmax en SEL niet eenduidig is.

Nogmaals, het hangt inderdaad af van hoe lang het duurt voordat je 10 dB onder de LAmax zit, wat weer afhangt van de hoogte en de vliegsnelheid. Maar bij gelijkblijvende hoogte en vliegsnelheid is er wel degelijk een direct verband tussen LAmax, SEL en Lden. Als de LAmax met 5 dB toeneemt, dan ook de SEL en dan ook de Lden ter plaatse.

Op blz. 7 betoogt DGMR dat door stochastische variaties de LAmax wel eens iets te hoog zou kunnen uitvallen t.o.v. de theorie die uitgaat van een meer continue lijn. Dit kun je bijvoorbeeld goed zien in het 4e plaatje van Fig. 7. Het werkelijke verschil tussen LAmax en SEL is dan een dB meer dan volgens de theorie. Dus als je direct vanuit de gemeten LAmax de Lden bepaalt zou je wel eens een dB te hoog uit kunnen vallen. Daar staat tegenover dat het verschil tussen LAmax en SEL vaak ook kleiner zal zijn dan berekend, bijvoorbeeld als het geluid niet piekt als het vliegtuig direct boven de microfoon is (zoals in de voorbeelden van Fig. 4).

Fig. 7 op blz. 7 maakt me trouwens erg boos. Aan het eind van dit document is de betreffende pagina te vinden van waaruit de voorbeelden gekopieerd zijn. Hier is selectief gewinkeld. Alleen de eerste 4 plaatjes zijn overgenomen. In het 5e plaatje is de werkelijke SEL duidelijk groter dan wat je op basis van de gemeten LAmax zou mogen verwachten. Maar dat past niet in het beeld dat DGMR wil neerzetten.

Ondergrond

H5 (blz 7-8) is moeilijk te volgen. Maar ik verwijs hierbij naar mijn opmerkingen over dit zelfde onderwerp bij het rapport van To70.

Atmosferische demping

Op blz. 8-10 volgt een uitgebreide analyse over atmosferische demping, met als conclusie dat die tot erg veel onzekerheid leidt. DGMR vergeet echter dat je je kunt concentreren op de lagere frequenties, rond 400-500 Hz. Zie ook mijn opmerkingen bij het To70 rapport. Dan is de onzekerheid minder dramatisch.

Beleving door de mens

H8 op blz. 11 is eindelijk een compact en helder stuk. Vooral de laatste zin spreekt mij aan: *"Ook moet beschouwd worden dat de beleving van overvliegende vliegtuigen binnenin woningen kan plaatsvinden, waarbij de geluidsniveaus 15 tot 25 dB(A) lager zijn. Dit is sterk afhankelijk van de isolatie van de gevel en het dak van de woning en ook van de te openen ramen."* Hier kunnen we wat mee. Gewoon binnen blijven en ramen en deuren gesloten houden. Goed om te weten. Veel vluchten zullen in de zomervakantie plaatsvinden. Zonder dit advies zou je dan misschien zomaar de neiging hebben om buiten te gaan zitten. Ik wil hier graag nog een extra tip aan toevoegen: schaf gehoorbeschermers of een koptelefoon met anti-geluid aan. Dat scheelt zomaar nog eens 15 dB extra!

Statistiek

De zin: "*Onbekendheid in de operational setting geeft aan de hand van gedane metingen als resultaat dat er gemiddeld een 1 dB(A) hoger maximaal geluidsniveau wordt gevonden.*" aan het begin van § 9.3 (blz. 12) is weer vreselijk onduidelijk. Ook van de rest van § 9.3 kan ik weinig chocola maken.

Verschillen tussen 6000 ft en 9000 ft

In § 9.4 (blz. 13) wordt ingegaan op de verschillen tussen 6000 en 9000 ft. Ook hier verwijs ik weer naar het commentaar op het To70 rapport.

Vergelijk metingen en berekeningen

In § 9.5 (blz. 13) treffen we een knap staaltje goochelen met getallen aan. De getallen in tabel 4 lijken hout te snijden. Je zit bijvoorbeeld bij horizontaal vliegen op 6000 ft (1800 m) dat het verschil tussen meten en rekenen zo'n 4 dB is.

Maar dan worden er gemiddelde waarden gepresenteerd voor alle metingen. Bijvoorbeeld 59 dB(A) bij 6000 ft. Nu zie ik in Fig. 10 tussen 1500 en 2000 m alleen maar blauwe puntjes, maar ik neem aan dat die ene uitbijter die zo'n 10 dB hoger ligt dan de rest een klimgedeelte betreft. Omdat er veel meer "horizontale metingen" zijn dan "klimmende metingen" ligt het totale gemiddelde dus niet zover boven die van de "horizontale metingen". Ik kan niet nagaan hoe die gemiddelde 58 dB(A) voor de modelberekeningen is berekend[3], maar aangenomen mag worden dat het aandeel klimvluchten daarin aanzienlijk groter is. Appels en peren vergelijken dus.

Ik vraag me nu af of DGMR werkelijk zo ondeskundig is bij het bepalen van gemiddelden of dat men denkt dat de gemiddelde lezer hier wel in zal trappen (worden wij hier dus een oor aangenaaid?). In beide gevallen een zeer kwalijke zaak.

Getallen uit MER actualisatie

Tot slot wil ik toch nog even terugkomen op de getallen in tabel 4 van het DGMR rapport. De berekende waarden lijken overgenomen te zijn uit de MER actualisatie. Bij horizontale vluchten op 3000 ft zou de LAmax variëren tussen 61 en 62 dB(A), op 6000 ft tussen 52 en

[3] In de MER actualisatie, Appendix 14, blz 12, staat een tabel met LAmax berekeningen, o.a.voor 6000 ft. Het gaat om 52 en 56 dB(A) bij horizontaal vliegen en 65 dB(A) bij klimmen. Het lijkt er op dat deze getallen gemiddeld zijn.

56 dB(A) en op 9000 ft tussen 47 en 50 dB(A). De enige reden dat de getallen kunnen variëren bij dezelfde vlieghoogte is omdat het gewicht van het vliegtuig varieert (tussen begin en eind van de vlucht). Zulke grote variaties als bij 6000 en 9000 ft zijn zeer onwaarschijnlijk. Daarom heb ik e.e.a. met INM nog eens nagerekend met vliegtuiggewichten die ongeveer representatief zijn voor het begin en het eind van de vlucht: 140000 lbs en 110000 lbs (63500 en 49900 kg). De resultaten staan in de tabel hieronder. De variatie is nu veel realistischer. Bovendien zijn de waarden bij 3000 ft nu hoger.

Table 3 Met INM berekende LAmax waarden van B737-800 bij level flight

Gewicht	3000 ft	6000 ft	9000 ft
110000 lbs	63,2	54,0	48,5
140000 lbs	63,8	54,8	49,3

Appendix B
pag 62 uit “Aircraft Noise Prediction”, Antonio Filippone, University of Manchester, School of MACE.

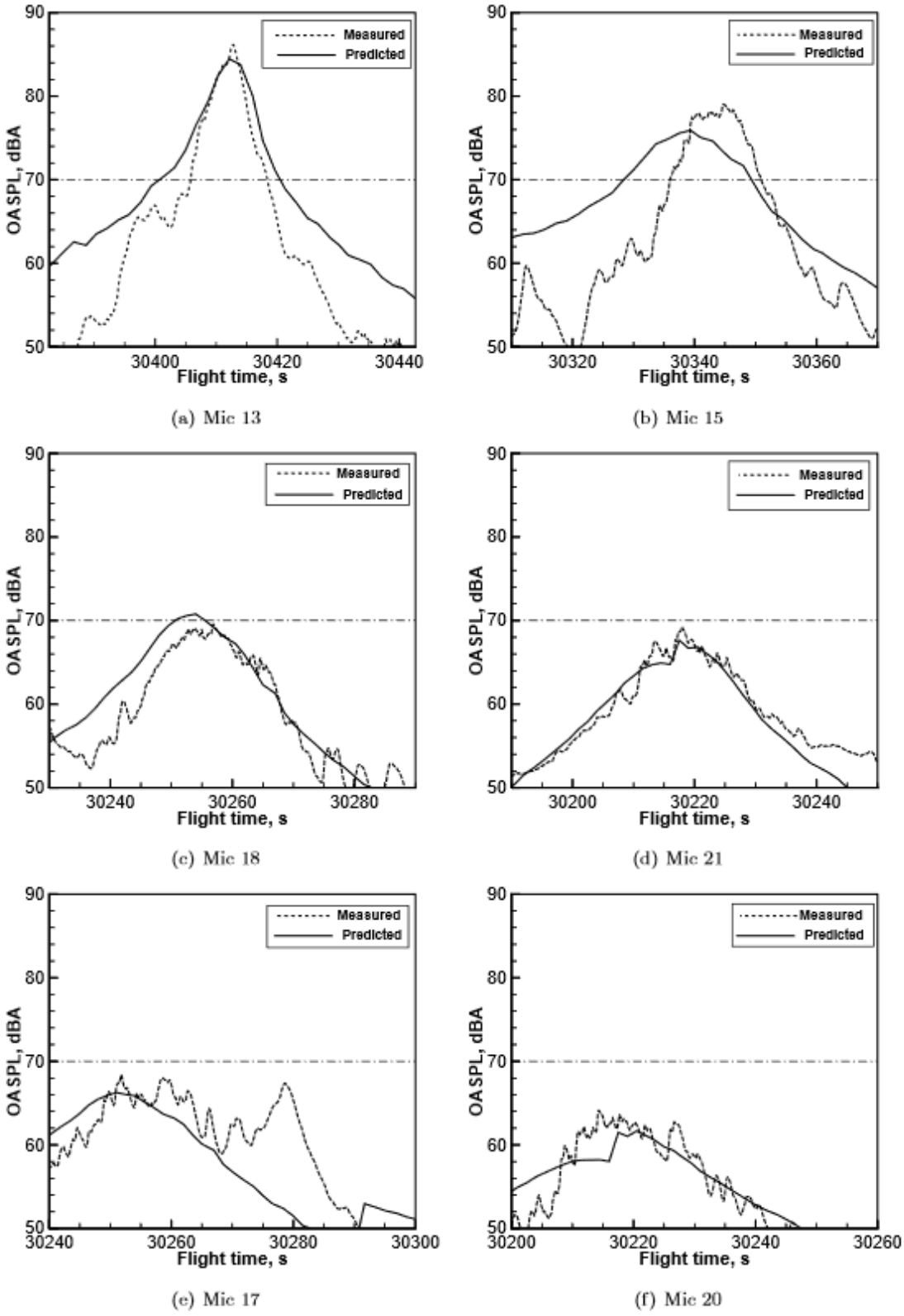


Figure 26: *Comparison between measured and predicted sound pressure level for a landing trajectory; sideline microphones.*

62

Statistiek met 14 meetwaarden

Wat valt er te zeggen
over de LAmax-verwachtingswaarde
bij 14 meetwaarden?

Wezep, 8 december 2018
Dr. Ir. Pieter Sijtsma

Inleiding

Metingen gedaan tijdens de belevingsvlucht met de Boeing 737-800 op 30 mei 2018 laten een significant hoger geluidspiekniveau (LAmax) zien dan berekeningen. Voor horizontale vluchten op 6000 ft, bijvoorbeeld, zijn er 14 metingen gedaan, die allemaal hoger uitvielen dan het berekende niveau.

Voor de berekening van de LAmax direct onder het vliegpad bij 6000 ft vlieghoogte kunnen we gebruik maken van de NPD (Noise-Power-Distance)-tabel. Hierin staan LAmax-waarden voor een reeks verschillende afstanden en stuwkracht-waarden[1].

De stuwkracht is te schatten met het Integrated Noise Model (INM), mits we het gewicht van het vliegtuig kennen. In de documentatie van de belevingsvlucht (Ref. 1) wordt de inschatting gemaakt dat het gewicht varieert van 62837 kg bij de start tot ongeveer 51.000 kg bij de landing. Daarmee varieert de berekende LAmax-waarde van 54.8 dB(A) tot 54.1 dB(A). Bij een gemiddeld gewicht is de LAmax 54.4 dB(A). De berekeningen[2,3] staan samengevat in Tabel 1.

	Gewicht [kg]	Gewicht [lbs]	Stuwkracht [lbs]	LAmax [dB(A)]
Start	62837	138532	4864	54.8
Gemiddeld	56919	125485	4406	54.4
Landing	51000	112436	3948	54.1

Tabel 1 Stuwkracht en LAmax berekeningen onder vliegpad, berekend met INM versie 7.0d

De meetwaarden (gecorrigeerd tot onder het vliegpad) variëren van 55.5 tot 60.3 dB(A), zie Tabel 2.

Locatie	Tijd	LAmax	gecorrigeerd
Emmen	17:56:32	57.1	57.1
Zwolle(Agnietenberg)	17:57:36	55.7	57.1
Wezep-b	18:58:49	58.7	60.3
Wezep	18:59:16	57.8	57.9
Oene	19:01:12	56.7	57.7
Nijbroek	19:01:49	59.4	59.8
Wezep-b	19:32:54	57.6	58.8
Wezep	19:33:08	59.2	59.2
Oene	19:35:16	56.9	57.9
Emmen	20:03:34	57.4	57.4
Zwolle(Agnietenberg)	20:04:48	55.7	56.9
Laaksum	20:22:50	53.8	58.3
Scheerwolde	21:02:35	55.2	55.5
Laaksum	21:59:28	53.6	58

Tabel 2 Metingen bij 6000 ft vlieghoogte

[1] Dit is dezelfde tabel die gebruikt wordt als invoer voor het Nederlandse RekenModel (NRM), oftewel de "Lden-tool".
[2] Er is uitgegaan van een vliegsnelheid van 250 kts, maar bij andere vliegsnelheden geeft INM hetzelfde resultaat.
[3] Hiermee is exact de NRM procedure gevolgd. De Lden-tool zou dus precies dezelfde antwoorden behoren te geven.

Er is discussie ontstaan of er uit deze 14 meetwaarden iets te concluderen valt m.b.t. de juistheid van de berekende LAmax-waarde (Refs. 2, 3), en daarmee over de juistheid van de NPD-tabel die als invoer dient voor NRM (de Lden-tool). Nog belangrijker in dit verband is om iets te kunnen zeggen over de kans dat er een fout in de berekende LAmax-waarde gemaakt wordt van meer dan 2 dB. Volgens § 2.6.2 van EU-richtlijn 2015/996 (Ref. 4) is er immers een fout van hooguit 2 dB toegestaan voor invoerwaarden voor berekeningen van vliegtuiggeluid. Vanaf 1 januari 2019 zijn de lidstaten hieraan gebonden.

Deze notitie bevat een statistische analyse op basis waarvan een schatting van de systematische fout gemaakt wordt. Deze analyse is alleen geldig als we er zeker van kunnen zijn dat er geen omstandigheden zijn geweest waardoor de metingen tijdens de belevingsvlucht systematisch hoger uitgevallen zijn dan bij standaardomstandigheden. In Appendix A zal duidelijk gemaakt worden dat dit niet het geval is.

Statistische analyse

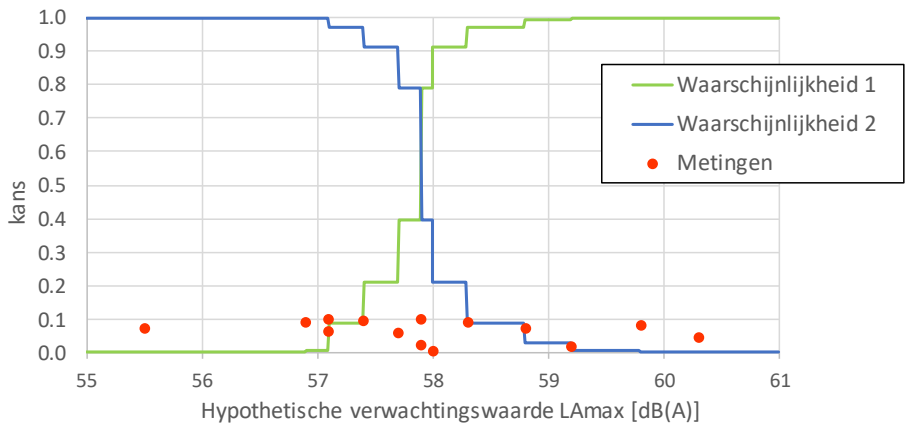
Verwachtingswaarde
Het gemiddelde van de 14 meetwaarden is 58 dB(A). Terecht wordt er gesteld dat 14 waarden te weinig zijn om het “echte gemiddelde” te bepalen. Daarmee wordt bedoeld het gemiddelde dat je zou krijgen bij oneindig veel meetwaarden, ook wel de verwachtingswaarde genoemd. Het is deze verwachtingswaarde die overeen zou moeten komen met de berekende waarde of in ieder geval niet meer dan 2 dB daarvan zou mogen afwijken.

Waarschijnlijkheid
Bij een willekeurige meetwaarde mag je aannemen dat de kans ½ is dat die groter is dan de verwachtingswaarde en ½ dat die kleiner is[4]. De hypothese dat 54.4 dB(A) de verwachtingswaarde is is gemakkelijk te verwerpen. De kans, namelijk, dat geen enkele meetwaarde kleiner is is $(½)^{14}$ = 0.00006.

Het wordt ingewikkelder als je uitgaat van de hypothese dat de verwachtingswaarde bijvoorbeeld 57 dB(A) is. In dat geval zijn er 2 van de 14 meetwaarden kleiner, en kun je je weer afvragen hoe groot de kans is dat er hooguit 2 metingen lager uitvallen. Dat is precies hetzelfde als de vraag hoe groot de kans is dat er hooguit 2 muntstukken op “kop” terecht komen als je gooit met 14 muntstukken. Het antwoord op deze vraag, dat bepaald kan worden m.b.v. de binomiale verdeling (zie uitwerking in Appendix B), is 0.0065. Dit is nog steeds erg klein.

Op deze manier kun je voor iedere hypothetische verwachtingswaarde kijken hoeveel meetwaarden er kleiner uitvallen (zeg *k*), en dan vervolgens de kans uitrekenen dat hooguit *k* meetwaarden kleiner zijn. Het resultaat van die berekening is te vinden als de groene lijn in Figuur 1 (“Waarschijnlijkheid 1”). Evenzo kun je kijken hoeveel meetwaarden groter zijn en de kans bepalen dat hooguit dat aantal groter is. Het resultaat daarvan is geplot als de blauwe lijn (“Waarschijnlijkheid 2”).

[4] Feitelijk geldt dit voor de mediaan. Maar voor een normale kansverdeling is dat hetzelfde als de verwachtingswaarde.



Figuur 1 Waarschijnlijkheid vs hypothetische verwachtingswaarde

Waarschijnlijkheidsintervallen
Uit de berekeningen volgt dat de kans op een verwachtingswaarde kleiner dan 57.4 dB(A) 0.09 (9%) is. Hetzelfde geldt voor de kans dat die groter is dan 58.3 dB(A). De kans op een verwachtingswaarde kleiner dan 57.0 is 0.0065 (0.65%), wat ook het geval is voor de kans die groter is dan 59.2 dB(A).

Samengevat:

- De kans dat de verwachtingswaarde tussen 57.4 dB(A) en 58.3 dB(A) zit is 82%.
- De kans dat de verwachtingswaarde tussen 57.0 dB(A) en 59.2 dB(A) zit is 98.7%.
- De kans dat de verwachtingswaarde kleiner is dan 57.0 dB(A) is 0.65%.

Conclusie

We kunnen er vrijwel zeker van zijn dat de verwachtingswaarde voor de LAmax minimaal 57.0 dB(A) is. Daarmee zitten we dus minimaal 2.6 dB(A) boven de berekende gemiddelde waarde van 54.4 dB(A) en wordt er niet voldaan aan de nauwkeurigheidseis van 2 dB voor invoerwaarden, genoemd in EU richtlijn 2015/996, § 2.6.2.

Slotopmerking

Ten overvloede zij vermeld dat het Nederlandse RekenModel (NRM) de LAmax direct als invoer gebruikt[5] en dus de EU richtlijn van toepassing wordt (vanaf 1 januari 2019). Maar ook als de SEL als invoer gebruikt wordt, mag je verwachten dat een fout in de LAmax direct doorwerkt in de SEL.

[5] Als de Minister zegt "*De Lden en LAmax zijn verschillende maten en kunnen niet met elkaar worden vergeleken*" is dat dus wel erg kort door de bocht. De LAmax is meer dan een niet-wettelijk bijproduct van de Lden-tool. Een overall toename van 3 dB in LAmax, bijvoorbeeld, leidt tot een Lden toename van 3 dB.

Referenties

1. Belevingsvlucht vliegroutes Lelystad Airport, 6 juli 2018, https://www.belevingsvlucht.nl/documenten/default.aspx
2. 18 oktober 2018: https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/10/18/meten-van-vliegtuiggeluid-en-reactie-op-de-evaluatie-van-de-regiegroep-belevingsvlucht
3. 21 november 2018: https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2260277-gegoochel-met-cijfers-geluidsoverlast-lelystad-airport.html
4. EU richtlijn 2015/996, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L0996&from=EL
5. https://nl.wikipedia.org/wiki/Binomiale_verdeling
6. https://nl.wikipedia.org/wiki/Binomiaalco%C3%ABffici%C3%ABnt

Appendix A

Representativiteit metingen belevingsvlucht

Meetlocaties
De meetlocaties waren op open terrein, op een redelijk harde ondergrond (niet te hoog gras bijvoorbeeld). Dit zijn omstandigheden die voldoen aan de ICAO eisen voor certificatiemetingen.

Vliegtuig
Er is gevlogen met een Boeing 737-800 die uitgerust is met een CFM-7B27 motor, terwijl de NPD-tabel uitgaat van een toestel met een CFM-7B26 motor. De certificatie-waarden van het vliegtuig waarmee gevlogen is liggen een paar dB lager. Mocht het verschil maken dat er met een niet helemaal representatief vliegtuig gevlogen is, dan zou er bij een geheel representatief vliegtuig alleen maar een groter verschil zijn tussen metingen en berekening. Dit extra verschil kan zo'n 2 dB zijn. Om discussies te vermijden gaat deze notitie uit van de metingen zoals ze zijn.

De Boeing 737-800 is het vliegtuig waarmee bijna de helft van de vluchten op Lelystad Airport zal worden uitgevoerd. Gezien zijn relatief grote geluidsproductie draagt de Boeing 737-800 voor meer dan de helft bij aan de Lden.

Wind
Er stond nauwelijks wind tijdens de belevingsvlucht.

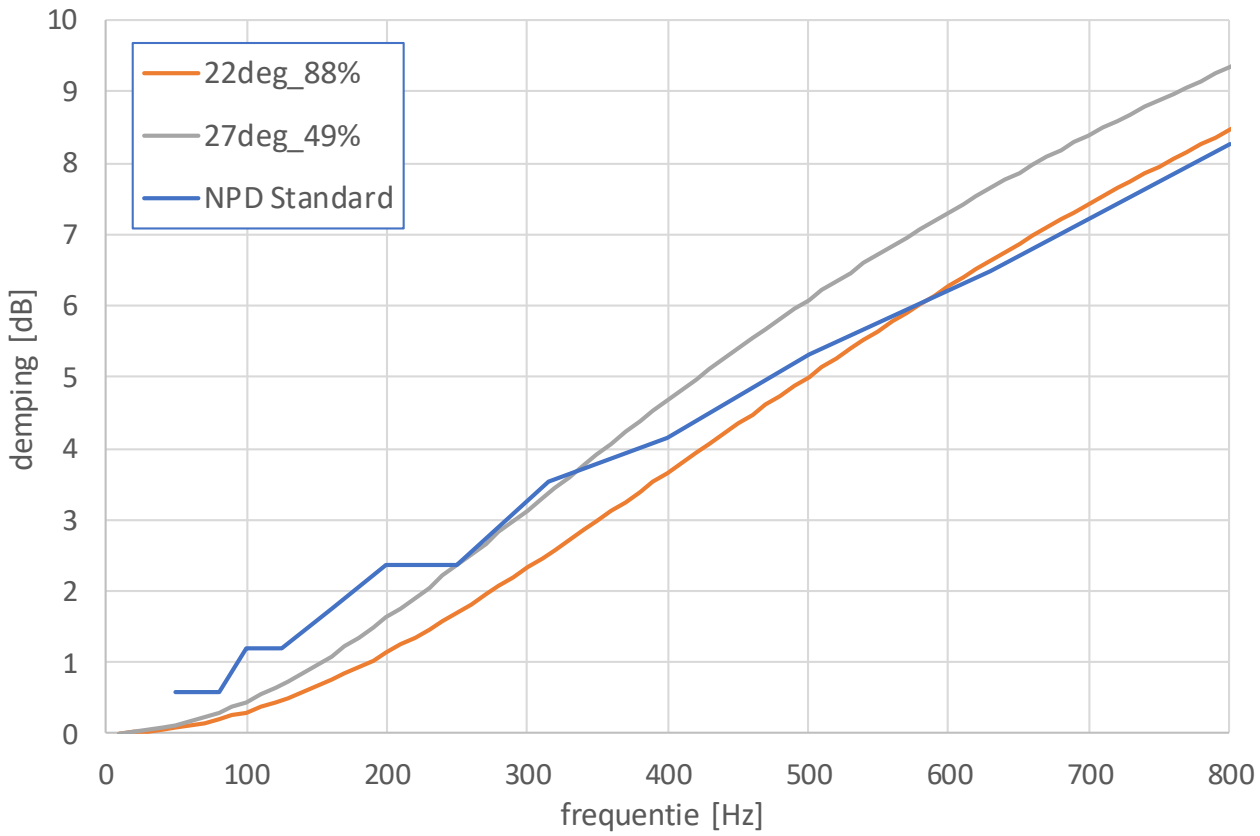
Atmosferische demping
Atmosferische demping hangt af van luchtdruk, temperatuur, luchtvochtigheid en geluidsfrequentie. Ter illustratie staat in Figuur 2 weergegeven de atmosferische demping bij 6000 ft afstand, als functie van de frequentie bij standaard luchtdruk en twee combinaties van temperatuur en luchtvochtigheid. De demping is berekend volgens ISO 9613-1:1993(E). De temperatuur-luchtvochtigheid combinaties zijn:

- 22°C en 88%: Dit zijn ongeveer de waarden aan het eind van de belevingsvlucht.
- 27°C en 49%: Dit zijn waarden eerder op de middag.

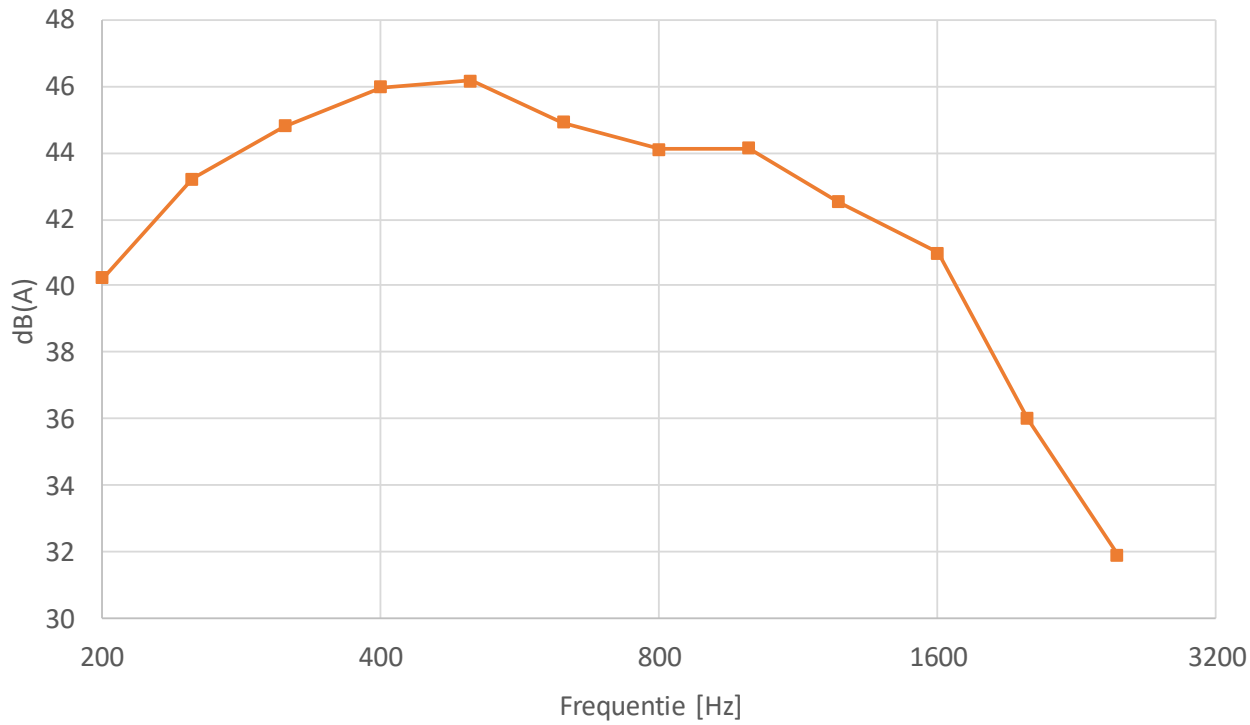
Verder staat er de curve die gehanteerd moet worden bij het corrigeren van de NPD data (uit EU Richtlijn 2015/996, Ref. 4).

Vervolgens is het van belang te weten dat de overheersende frequenties (1/3 oktaafbanden) 400 en 500 Hz zijn, zie Figuur 3. Bij die waarden ligt de standaard NPD curve tussen de beide andere curven in. Figuur 2 geeft geen aanleiding om fouten te verwachten groter dan 1 dB, en zeker geen systematische fout. In het geval dat we het LA niveau behorend bij het spectrum van Figuur 3[6] zouden corrigeren voor atmosferische demping, zouden we 0.6 dB lager uitkomen bij 22°C en 0.3 dB hoger bij 27°C.

[6] Figuur 3 is een gemeten spectrum. Het is ook mogelijk om naar de "spectral classes" (voor starts of landingen) in de ANP-database te kijken, en deze te corrigeren voor A-weging en atmosferische demping over 6000 ft. Het beeld is dan hetzelfde.



Figuur 2 Atmosferische demping bij 6000 ft afstand



Figuur 3 A-gewogen 1/3 oktaafband geluidsspectrum van overvliegende B737-800 op 6000 ft hoogte

Appendix B

Binomiale verdeling

Het vraagstuk over de kans dat je met een muntstuk een bepaald aantal keren "kop" gooit is op te lossen m.b.v. de binomiale verdeling (Ref. 5). Als het aantal muntstukken *n* is en *K* is het aantal keer dat je "kop" gooit, dan is de kans dat je precies *k* keer "kop" gooit:

$$P(K=k)=\frac{1}{2^n}\binom{n}{k}. \tag{1}$$

Hierin is $\binom{n}{k}$ de binomiaalcoëfficiënt (Ref. 6), uit te spreken als "n boven k".

Om te weten wat de kans is dat je maximaal *k* keer "kop" gooit, moet je de kansen t/m *k* bij elkaar optellen:

$$P(K\le k)=\sum_{j=0}^{k}P(K=j)=\sum_{j=0}^{k}\frac{1}{2^n}\binom{n}{j}. \tag{2}$$

Bij $n=14$ muntstukken en maximaal $k=2$ keer "kop" is de kans daarop dus:

$$P(K\le 2)=\frac{1}{2^n}\left\{\binom{14}{0}+\binom{14}{1}+\binom{14}{2}\right\}. \tag{3}$$

Met enig doorzettingsvermogen is dit uit te werken tot $P(K\le 2)=(1+14+91)/2^{14}=0.00647$. Gelukkig bestaat er een Excel functie (vanaf Excel 2010) die deze berekening doet: BINOM.VERD(2,14,0.5,WAAR)[7]. Het derde argument hierin, 0.5, geeft aan dat de kans op "kop" precies ½ is. Het vierde argument, WAAR, geeft aan dat het gaat om de cumulatieve kans, dus de sommatie zoals in vgl. (3).

[7] In de engelstalige Excel is dit BINOM.DIST(2,14,0.5,TRUE).

LAmax en Lden

Dalfsen, 13 december 2018
Dr. Ir. Leon Adegeest

Aanleiding

In het rapport “Onderzoek geluidmetingen Belevingsvlucht Lelystad Airport” (To70, oktober 2018), bijlage bij de brief van de minister met haar reactie op het rapport van de Regiegroep Belevingsvlucht, gaat To70 in tegen een opmerking uit het rapport van Regiegroep over het te verwachten effect van een hogere piekwaarde op de berekende Lden geluidsbelasting (blz 37):

10	*“Aangezien in de milieueffectrapportage de maximale geluidniveaus op basis van dezelfde appendices zijn berekend als de Lden-waarden, is het aannemelijk om te veronderstellen dat als de gemeten maximale geluidniveaus hoger zijn, ook de Lden-niveaus hoger zullen zijn.”*	Dit kan niet worden gesteld aangezien de LAmax niet direct gekoppeld is aan een equivalent geluidniveau, en dus met Lden.

(links het citaat uit het rapport van de regiegroep, rechts de opmerking van To70)

Deze opmerking van To70 wordt vervolgens overgenomen in verschillende antwoorden op kamervragen over de tijdens de belevingsvlucht gemeten hogere piekgeluiden.

Voorbeeld 1:

Uit brief van 5 december 2018, “Beantwoording vragen vaste commissie voor Infrastructuur en Waterstaat over Meten van vliegtuiggeluid en reactie op de evaluatie van de Regiegroep Belevingsvlucht”, kenmerk IENW/BSK-2018/245919 (Antwoord 17-19):

> *De doorvertaling naar de voor de MER gehanteerde en wettelijk voorgeschreven gemiddelde geluidbelasting in een jaar (Lden) kan niet gemaakt worden op basis van verschillen tussen de tijdens de belevingsvlucht gemeten piekwaarden en de berekende gemiddelde piekwaarden (LAmax). De Lden en LAmax zijn verschillende maten en kunnen niet met elkaar worden vergeleken. Zie ook het antwoord op vraag 2.*

Voorbeeld 2:

In “Reactie op berichtgeving Nieuwsuur over belevingsvlucht Lelystad Airport”, kenmerk IENW/BSK-2018/262300, schrijft de minister iets soortgelijks:

> *In de tweede plaats wordt ten onrechte een doorvertaling gemaakt van piekgeluid (LAmax) naar de jaargemiddelde geluidsbelasting (Lden). Die doorvertaling kan niet gemaakt worden, aangezien Lden en LAmax verschillende dosismaten zijn. Op basis van de metingen tijdens de belevingsvlucht kunnen dus geen conclusies worden getrokken over de in het MER opgenomen Lden waarden.*

Hiermee geeft To70, en vervolgens de minister de Tweede Kamer een onjuist beeld.

Toelichting

In Bijlage 1 als bedoeld in artikel 4 van de Regeling burgerluchthavens Voorschrift voor de berekening van de L -geluidbelasting in dB(A) voor overige burgerluchthavens (wetten.nl - Regeling - Regeling burgerluchthavens - BWBR0026564) wordt beschreven hoe de geluidsbelasting in Lden dient te worden berekend.

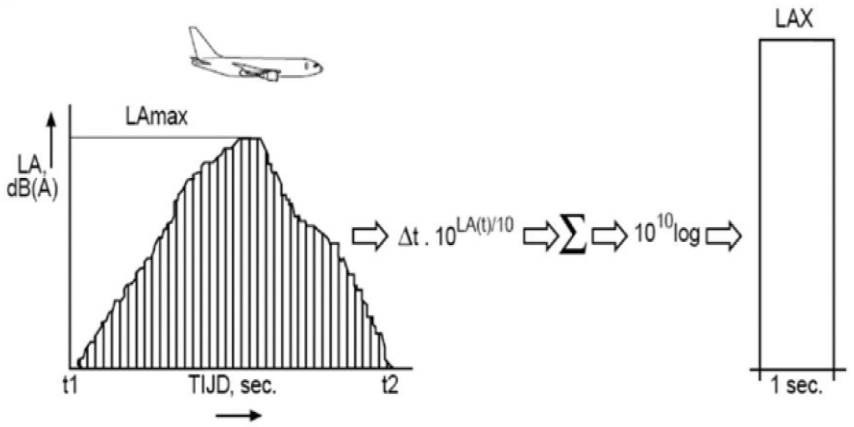
Hierbij op hoofdpunten hoe de LAmax wordt gebruikt om een Lden te berekenen, en wat het effect is van een hogere LAmax op de Lden-berekening.

<citaat – paragraaf 2 BWBR0026564>

Op hoofdlijnen kan de berekening als volgt worden beschreven:

a. *De luchthaven en de omgeving, alsmede de vliegbanen worden geprojecteerd in een plat vlak. In dit zogenoemde referentievlak wordt een studiegebied gedefinieerd waarin een reeks van punten (losse punten of een netwerk) wordt gelegd. Vervolgens wordt in deze punten de geluidbelasting berekend.*
b. *Voor één passage met een luchtvaartuig p, langs een vliegbaan, wordt in ieder berekeningspunt het momentane geluidsniveau LA(t) bepaald, gebruik makend van de geluidsniveaus die per categorie van een luchtvaartuig (zie hoofdstuk 5) als functie van de motorstuwkracht(index) en de afstand tussen bron en waarnemer in [Ref. 2] vermeld staan. Het momentane geluidsniveau wordt gecorrigeerd voor de bodemdempingsinvloed, de zogenaamde laterale geluidverzwakking (LGV) (zie Deel III).*
c. *Door numerieke integratie van het momentane geluidsniveau, met gebruikmaking van de grondsnelheid (afkomstig uit de gegevens in [Ref. 2]), wordt het tijdsgeïntegreerde geluidsniveau LAX verkregen. Met behulp van formule [2.] is vervolgens de hindersombijdrage voor deze passage met een luchtvaartuig in de berekeningspunten te bepalen.*
d. *Op overeenkomstige wijze worden de overige passages met een luchtvaartuig verwerkt. Sommatie van de hindersombijdragen in ieder berekeningspunt geeft met behulp van formule [1.] de Lden -geluidbelasting ten gevolge van het luchthavenluchtverkeer in elk berekeningspunt.*
e. *De geluidbelastingcontouren (lijnen die punten met een gelijke geluidbelasting verbinden) worden bepaald door interpolatie tussen de in de netwerkpunten berekende geluidbelastingwaarden (zie Appendix A).*

In punt b. wordt gesproken over het momentane geluidsniveau LA(t). LA(t) is het verloop van de gemeten geluid in dB(A). De piekwaarde ervan is de LAmax. Zie onderstaande figuur (bron: BWBR0026564).



Figuur 6 Bepaling tijdsgeïntegreerde geluidsniveau LAX uit de geluid-tijd registratie van een passage met een luchtvaartuig (bron: NLR-CR-2001-372-PT-2, 2001)

Er wordt gesproken over [referentie 2], waarin de brongegevens van de vliegtuigen staan zoals ze gebruikt moeten worden. Het gaat daarbij om

[Ref.2] Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidbelasting, NLR-CR-96650 L.

Deze zgn Appendices zijn (grotendeels) online in te zien (https://www.luchtvaartmilieu.nl/Appendices/faces/Viewer.xhtml) en bevatten per gemodelleerd vliegtuigtype een prestatietabel (afstand-hoogte-power-snelheid) en geluidstabel (LAmax als functie van afstand en stuwkracht).

De LAmax is gegeven, niet de verdeling over de tijd LA(t). Op ieder tijdstip wordt de LA(t) berekend door uit te gaan van de LAmax, zoals die uit de NPD-tabel volgt, bij de op het moment van emissie geldende afstand tussen het vliegtuig en het punt van berekening, met de daarbij behorende correctie voor laterale geluidsverzwakking.

Een andere LAmax betekent slechts een schaling van de berekende LAX. Daaruit volgt dat wanneer LAmax een dB hoger is, ook de LAX exact een dB hoger zal uitvallen.

In de volgende stappen van het rekenvoorschrift wordt de hindersom en vervolgens de Lden geluidsbelasting berekend. De bijdrage aan de hinder H van een effectief aantal vliegbewegingen N van een bepaald type vliegtuig met een piekniveau LAX is:

$$H = N * 10^{LAX/10}$$

Als we even uitgaan van één vliegtuigtype, dan volgt de geluidsbelasting Lden uit:

$$L_{den} = 10 \log_{10} H = 10 \log_{10} N + LAX$$

Oftewel: wanneer de LAmax, en dus de LAX, dLAX decibel hoger uitvalt, dan wordt ook de Lden exact dLAX decibel hoger.

- Er is dus een eenduidige relatie tussen de LAmax en de bijdrage aan de totale hinder.
- Uit het MER Lelystad Airport blijkt dat in het scenario van 45.000 vliegbewegingen 47% van de vliegbewegingen bestaan uit B737-800.

- De minister antwoordt dat de tijdens de belevingsvlucht gebruikte B737-800 representatief is voor Lelystad Airport en dat er niks bijzonders aan de hand was met het toestel (antwoord vraag 12 brief van 5 december 2018, Beantwoording vragen vaste commissie voor Infrastructuur en Waterstaat over Meten van vliegtuiggeluid en reactie op de evaluatie van de Regiegroep Belevingsvlucht, kenmerk IENW/BSK-2018/245919).
- Daar komt bij dat dit ene meest-gebruikte type toestel ook nog een van de meest lawaaiige is waarmee gerekend is.
- Van de totale hindersom wordt dus minimaal 47% bepaald door B737-800.

Beschouw nu twee type toestellen, gezamenlijk verantwoordelijk voor de totale hinder:

$$H_{tot} = H_1 + H_2$$

De totale geluidsbelasting is dan gelijk aan:

$$L_{den} = 10\log_{10}(H_1 + H_2) = 10\log_{10} H_1 + 10\log_{10}(1 + H_2/H_1)$$

Verder uitgewerkt levert dit op:

$$L_{den} = 10\log_{10} N_1 + LAX_1 + 10\log_{10}(1 + H_2/H_1)$$

Waarbij

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{N_2 10^{LAX_2/10}}{N_1 10^{LAX_1/10}}$$

Neem N1 = N2 (gelijke aantallen effectieve vliegbewegingen), dan volgt:

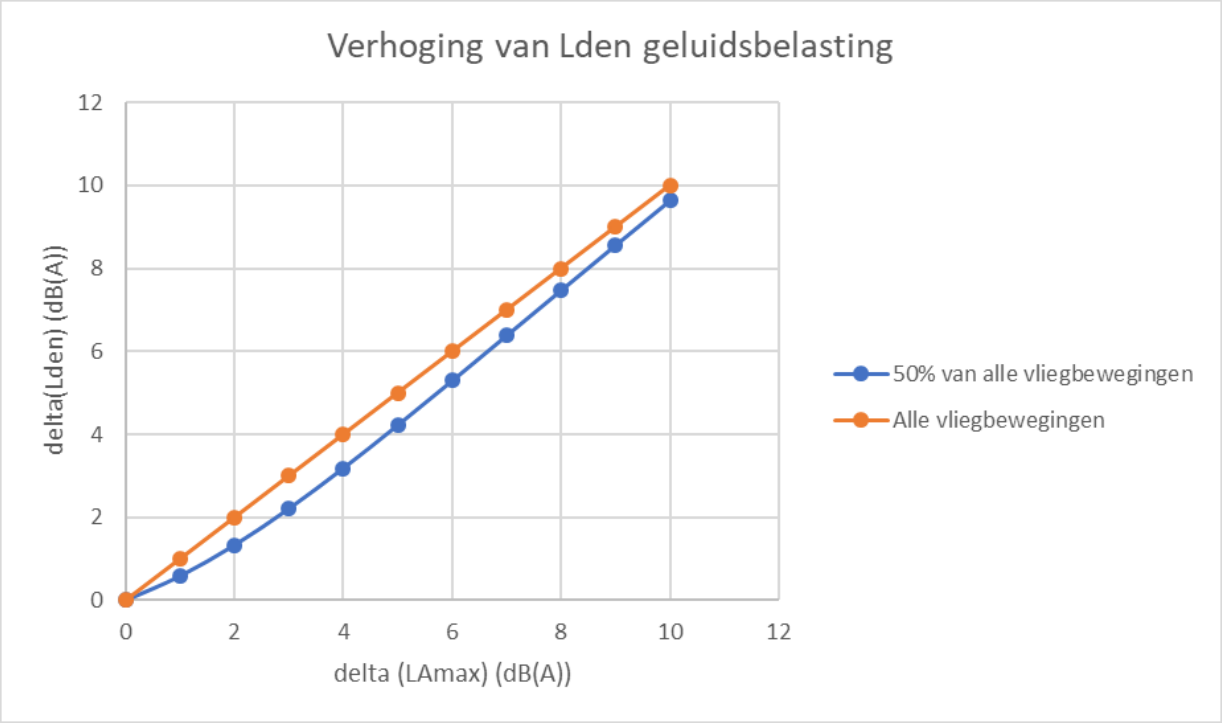
$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{10^{LAX_2/10}}{10^{LAX_1/10}} = 10^{\frac{LAX_2}{10} - \frac{LAX_1}{10}}$$

Vervolgens kunnen we de verandering van de geluidsbelasting Lden uitdrukken in een verandering van de LAX1, dLAX1, waar LAX1' = LAX1 + dLAX1:

$$dL_{den} = dLAX_1 + 10\log_{10}(1 + 10^{\mathrm{LAX2/10 - LAX1/10 - dLAX1/10}}) - 10\log_{10}(1 + 10^{\mathrm{LAX2/10 - LAX1/10}})$$

Er is dus een eenvoudig analytisch verband tussen een verhoogde LAmax van het meest-gebruikte type vliegtuig, de B737-800, en de totale Lden.

Onderstaande figuur toont de verhoging van de Lden aan als functie van een verschil in LAmax voor twee scenario's: toegepast op 50% van de vliegbewegingen, en op 100% van de vliegbewegingen.



Wanneer de feitelijke LAmax 4 dB hoger is dan waarmee is gerekend in de Lden-berekening, en het hierbij dus gaat om een representatief toestel wat in ongeveer 50% van de gevallen gebruikt wordt, dan betekent dit een verhoging van de Lden-geluidsbelasting met ruim 3 dB(A).