

# Berekenen, bemeten en beoordelen van luchtvaartlawaai



Gijsjan van Blokland  
M+P (1986-2018)

## De zaak is:

1. Voor het nemen van een besluit voor vernieuwing/uitbreiding/wijziging van een luchthaven dient het effect op de omgeving in kaart gebracht te worden (Luchthavenbesluit is m.e.r. plichtig).
2. Effect vaak gedefinieerd in aantallen personen per 5dB Lden/Lnight klasse, aantal gehinderden/slaapverstoorden.
3. Voorspellingen worden gebaseerd op rekenmodel.

# De kwestie is:

Dat het voorspellen tamelijk lastig is.

1. uitgangspunt is de te verwachten dienstregeling (herkomst/bestemming, tijd van de dag, klasse vliegtuig)
2. moet worden vertaald in ensemble van types, baankeuzes, routes en hoogte-, snelheids- en stuwkrachtprofielen, flaps-setting, landingsgestel in/uit
3. berekenen geluidsniveaus op grid met standaard rekenmethode (Doc29 of NRM). Essentiele input daarin zijn de NoisePowerDistance data.

en in elk van de stappen zitten aannames en sub-modellen

en dus wordt het rekenmodel tamelijk ingewikkeld.

# Onzekerheden

1. variatie in vliegtuigtypen binnen categorie, variatie in uitvoering binnen type
2. variatie in baangebruik/grondpaden/routes
3. variatie in wijze van vliegen
4. variatie in overdrachtsomstandigheden
5. variatie in hindereffecten

# Variatie-1a: vliegtuigtypen binnen één groep

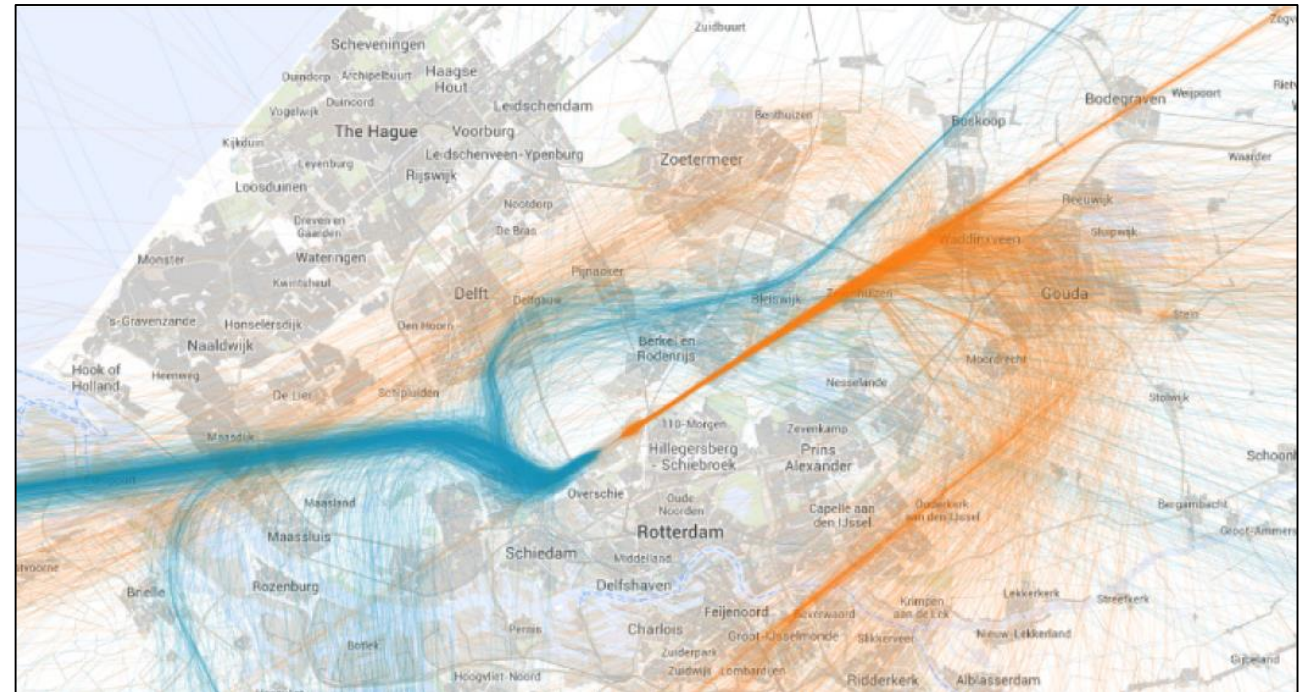
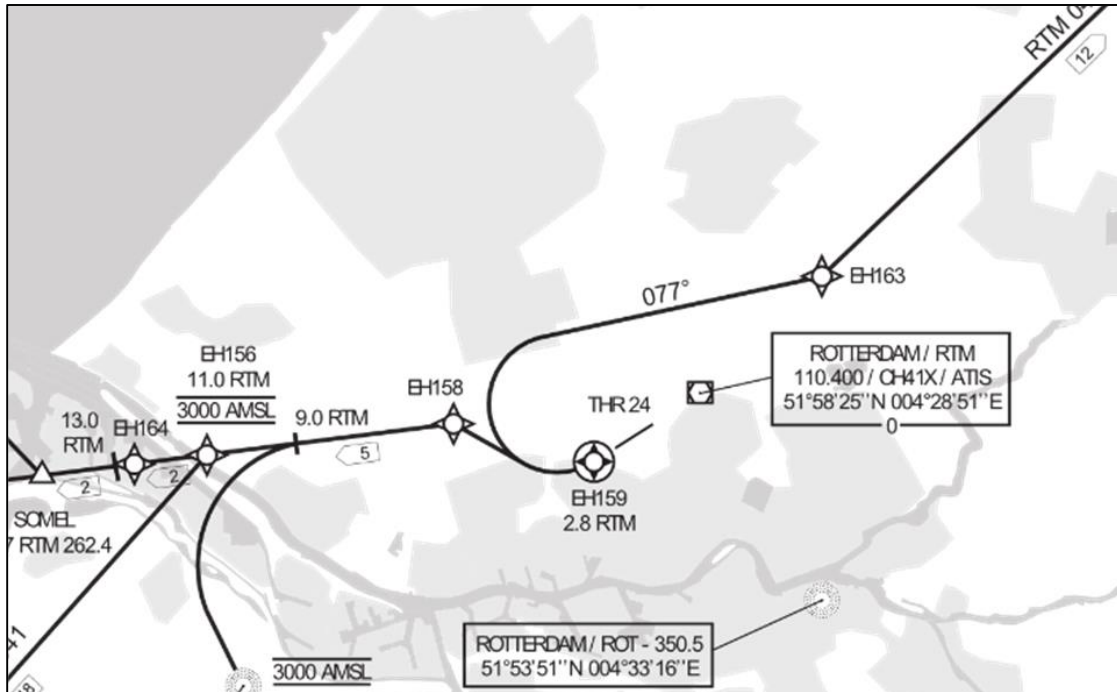
- B737-700
- B737-800
- B737-900
  
- A319
- A320
- A321

# Variatie-1b: geluidniveaus binnen een type: Voorbeeld B737-700 Fly-over niveaus tijdens certificering (bron: EASA)

	TO weight	60t	56t
CFM56-7B20		83,9	82,2
CFM56-7B20 Recertification to Chapter 4)		84,6	82,1
CFM56-7B20 Recertification to Chapter 4, Winglets		82,1	80,5
CFM56-7B20/2		82,9	81,2
CFM56-7B20/2 Recertification to Chapter 4, Winglets)		81,9	80,2
CFM56-7B20/3		83,8	82,2
CFM56-7B22		82,1	80,6
CFM56-7B23 Recertification to Chapter 4, Winglets		81,1	79,5
CFM56-7B24		81,5	80
CFM56-7B24 (Recertification to Chapter 4, Winglets		80,6	79,1
CFM56-7B24/2		80,8	79,2
CFM56-7B24/2 Recertification to Chapter 4, Winglets		79,8	78,3
CFM56-7B26		80,3	79,6
CFM56-7B26/3F Recertification to Chapter 4, Winglets		79,9	78,4
CFM56-7B26/B1 Recertification to Chapter 4, Winglets		79,9	79,1
CFM56-7B27/B3 Recertification to Chapter 4, Winglets		79,9	
	<b>mean</b>	<b>81,6</b>	<b>80,1</b>
	<b>stand dev</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>

# Variatie-2: naderings- en vertrekroutes

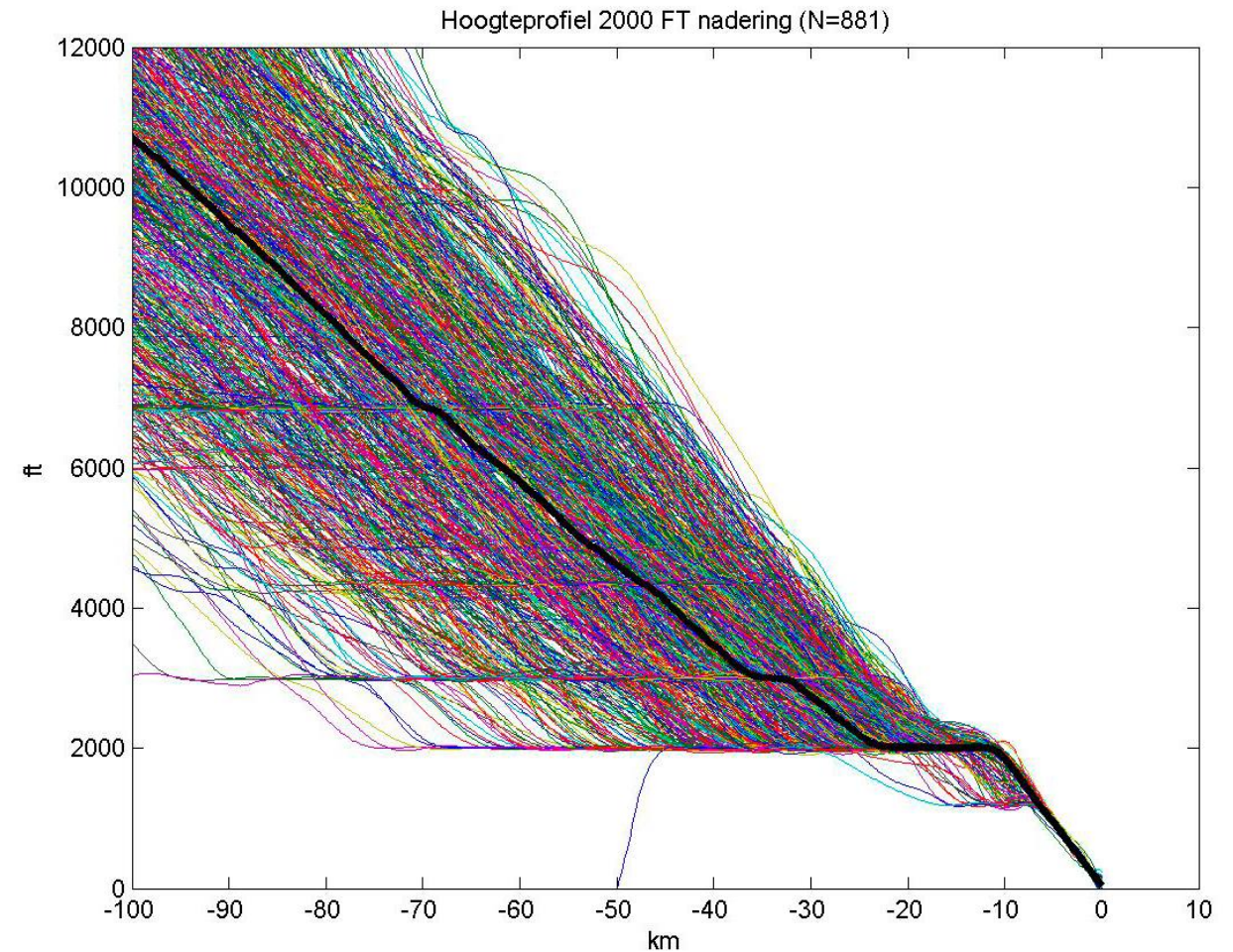
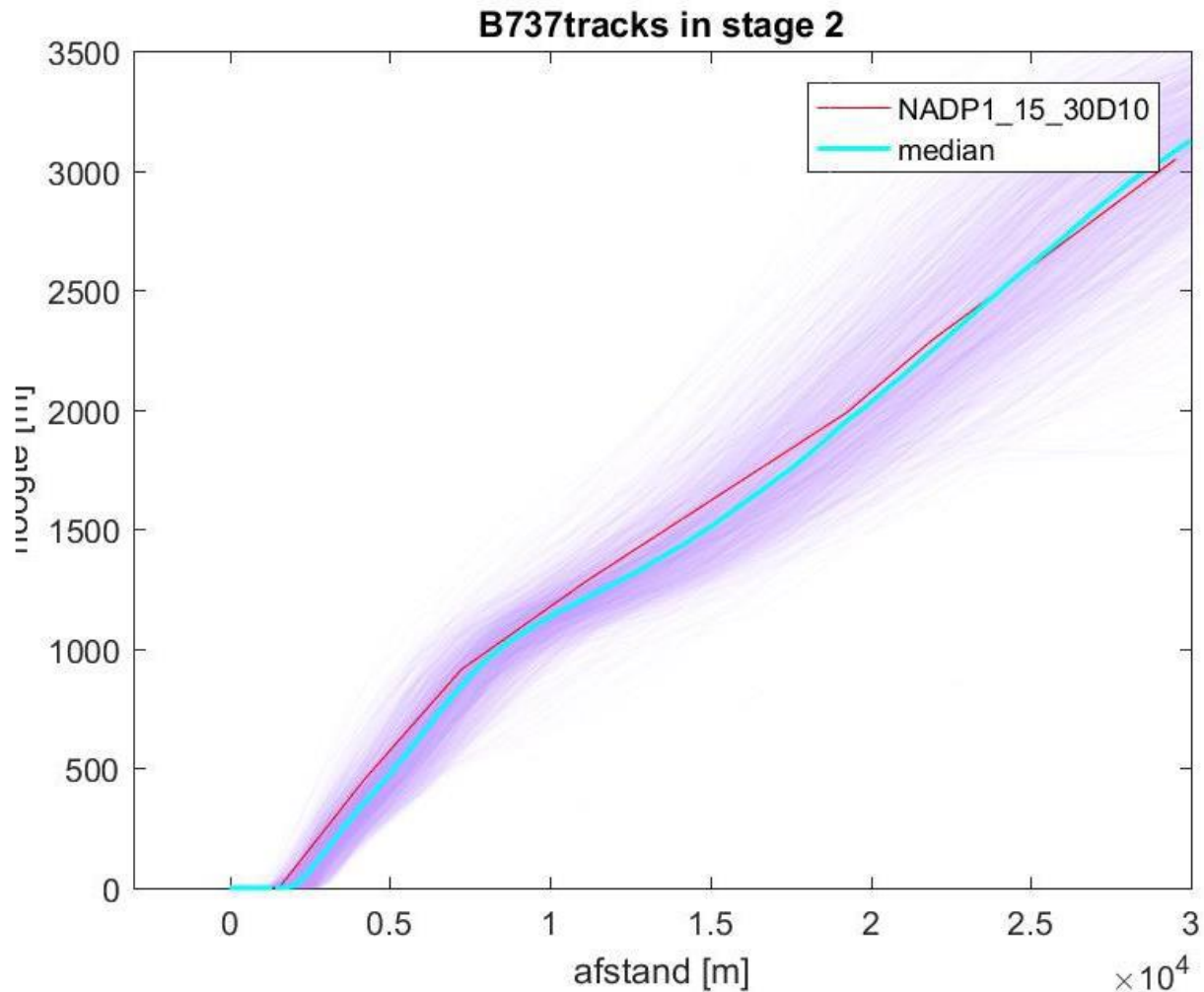
## Gebruik baan 24 Rotterdam/the Hague Airport (bron TO70)



*Figuur presenteert vertrek route bij wind uit ZW, bij wind uit NO zal juist de tegengestelde richting gebruikt worden (baan 06)*

# Variatie-3: hoogte (en daarmee snelheid/stuwkracht)

## Voorbeeld Schiphol (bron NLR)



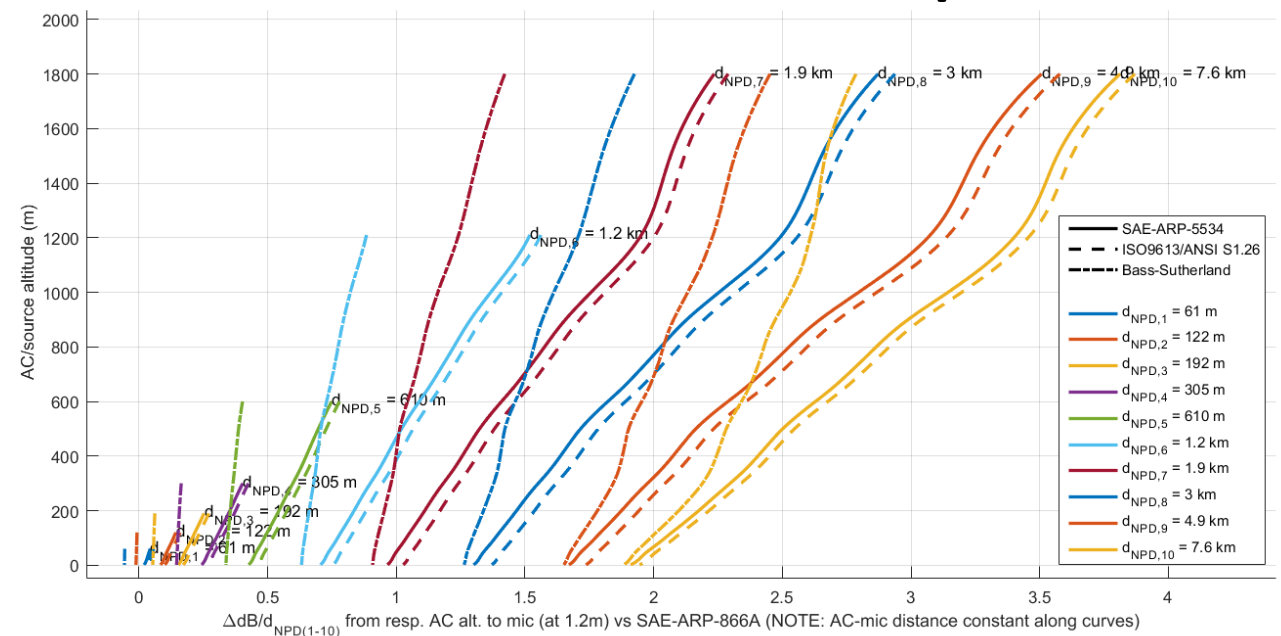


# Variatie-4: overdrachtsomstandigheden

bron: SAFT simulaties: Ulf Tengzelius et.al (Chalmers/KTH S)

- Afstand bron-ontvanger varieert tussen 600 m tot 10.000 m
- Overdracht van geluid wordt beïnvloed door:
  - Temperatuur en luchtvochtigheid (luchtdemping)
  - Gradiënten in wind en temperatuur
  - Bodemprofiel en –impedantie
- Feitelijke omstandigheden zullen afwijken van ICAO standaard atmosfeer (SAE-1845-AIR)

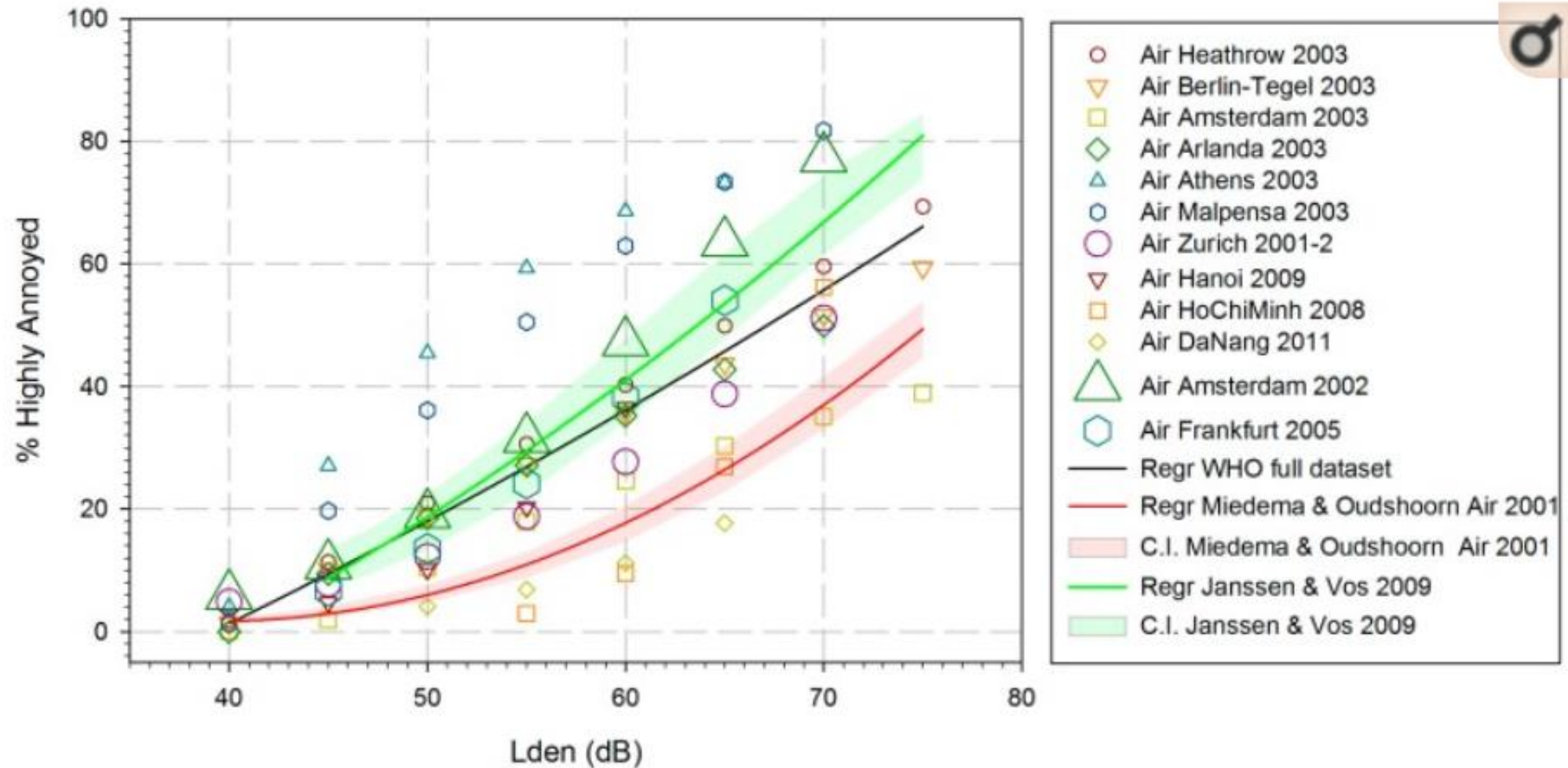
## Voorbeeld: luchtabsorptie



Effect op luchtabsorptie van verschil tussen feitelijke atmosfeer (op 2017042006 UTC) en SAE standaard atmosfeer. Spectrum ANP 202.

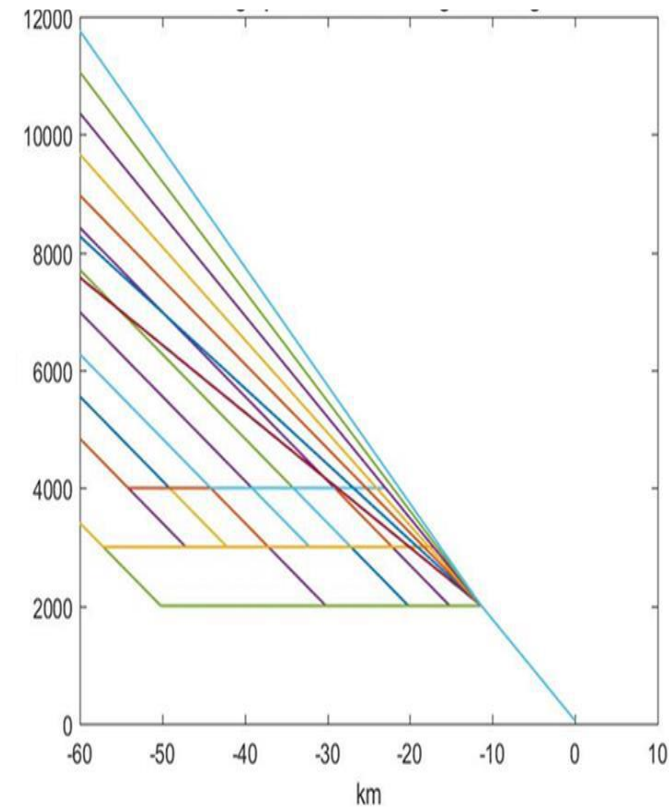
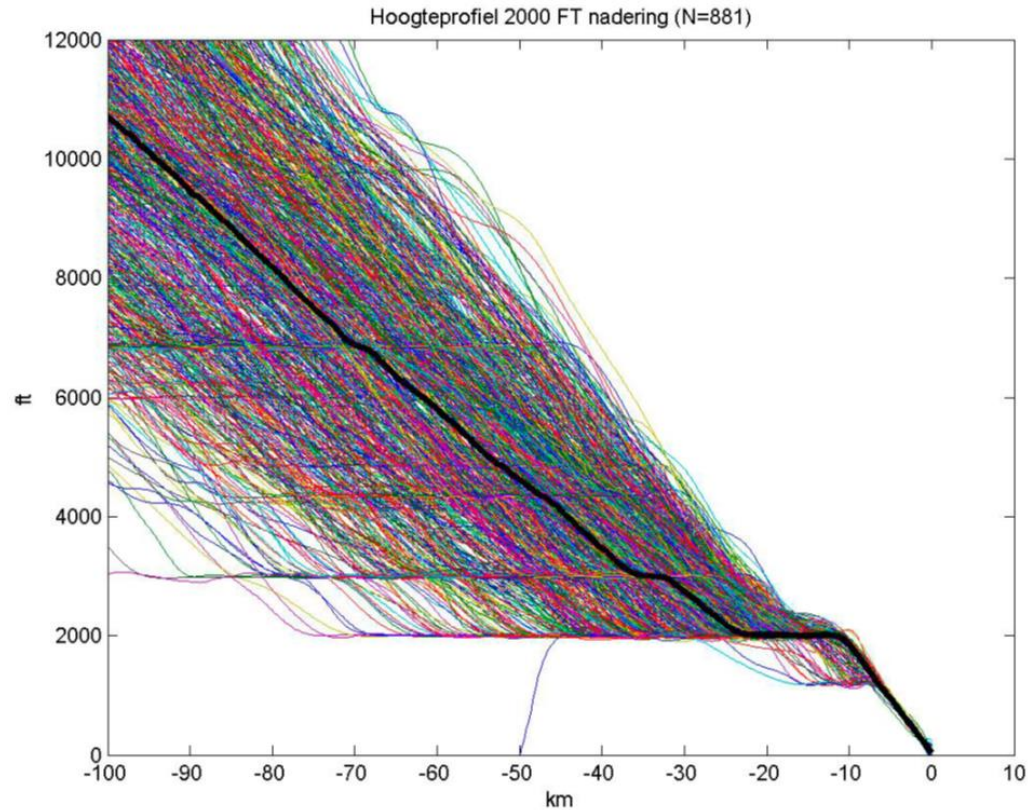
# Variatie-5: D-E relaties

Bron: WHO studie



# Deel van de variatie te tackelen met a-priori kennis.

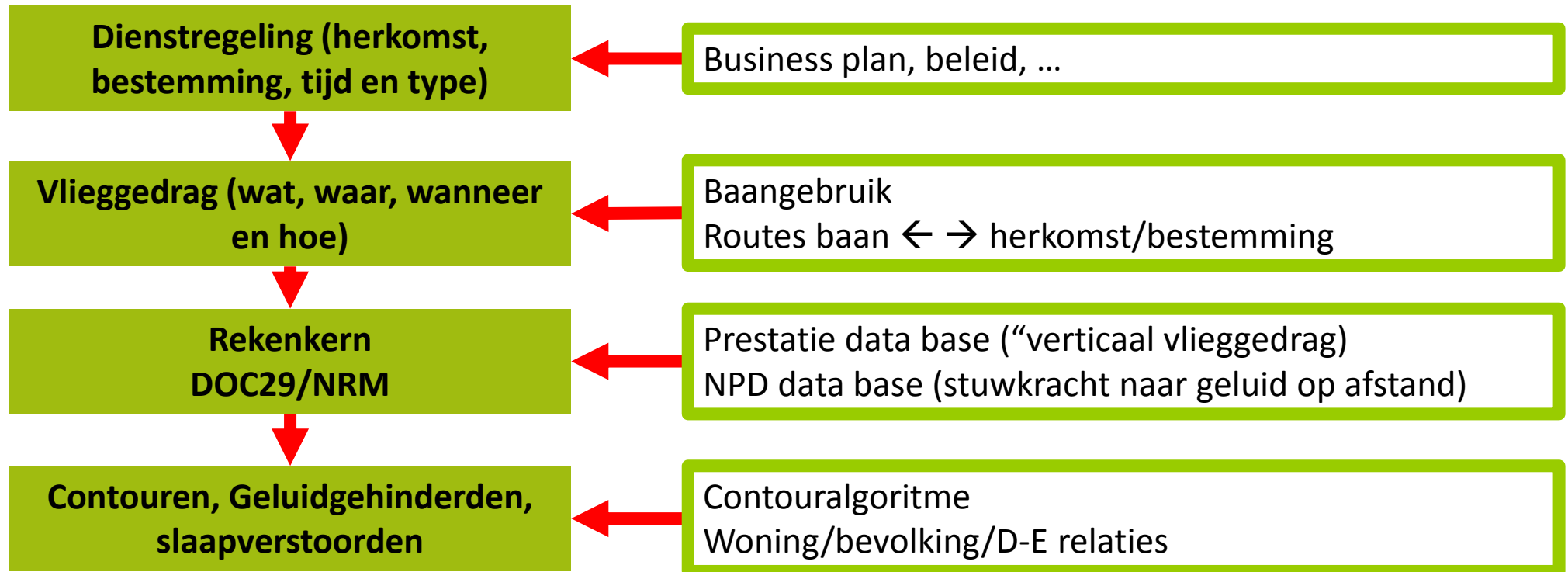
*Schiphol aanpak, voorbeeld naderingsprofielen (bron NLR)*



**Evenzo baangebruik en routes van/naar fixes**

# Geluidberekening

*dus tussen “dienstregeling” en “dB’s” zit een hele wereld*



**Hoe betrouwbaar is het rekenresultaat?**

# Aspecten bij betrouwbaarheid

1. Hoe is “betrouwbaar” gedefinieerd?
2. Wat is belangrijk: de absolute of de relatieve nauwkeurigheid?
3. Waar liggen de grenzen van toepasbaarheid?
4. Wat is de kalibratie referentie?
5. Welke belang heeft de sturingsmogelijkheid?

# Wat is een redelijke betrouwbaarheid

- de  $L_{den}$  is een fysische grootte die slechts met een bepaalde nauwkeurigheid vast te stellen is.
- Een wetenschappelijke benadering resulteert in een verwachtingswaarde met een bepaalde foutmarge, gedefinieerd als confidentie interval.
- Voor akoestische onderzoek is 1,0 dB bij 95% c.i. heel netjes.
- De samenleving vereist super nauwkeurigheid van  $<0,1$  dB ( $<2,5\%$ ).
- $<0,1$  dB slechts te realiseren met een gestandaardiseerd rekenprotocol.

# Absolute of relatieve nauwkeurigheid

Een verschil t.o.v. een bepaalde set uitgangspunten is preciezer dan de absolute waarde.

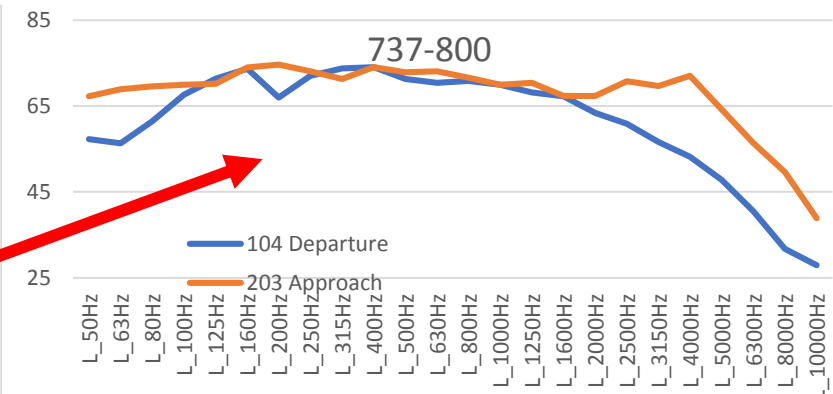
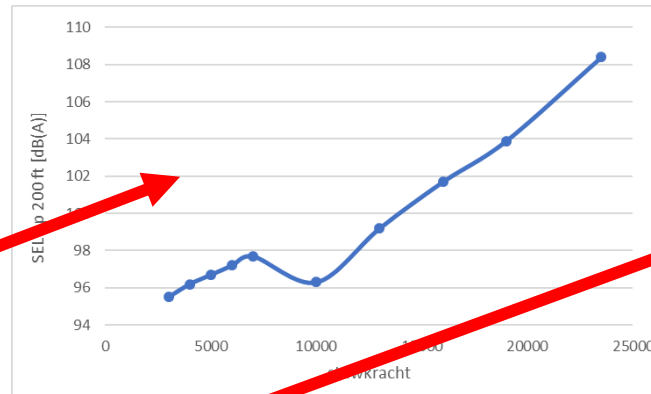
Schoolvoorbeeld zijn de referentiepunten rond Schiphol en de daaraan gerelateerde criteria voor gelijkwaardige bescherming:

- Invoerreferentie : MER2004 scenario incl. vlieggedrag
- Rekenreferentie: NRM en appendices
- Elke nieuwe situatie wordt getoetst aan de GWC's conform deze uitgangspunten en rekenmethode
- Resultaat is precies maar hoeft niet correct te zijn (in absolute zin)

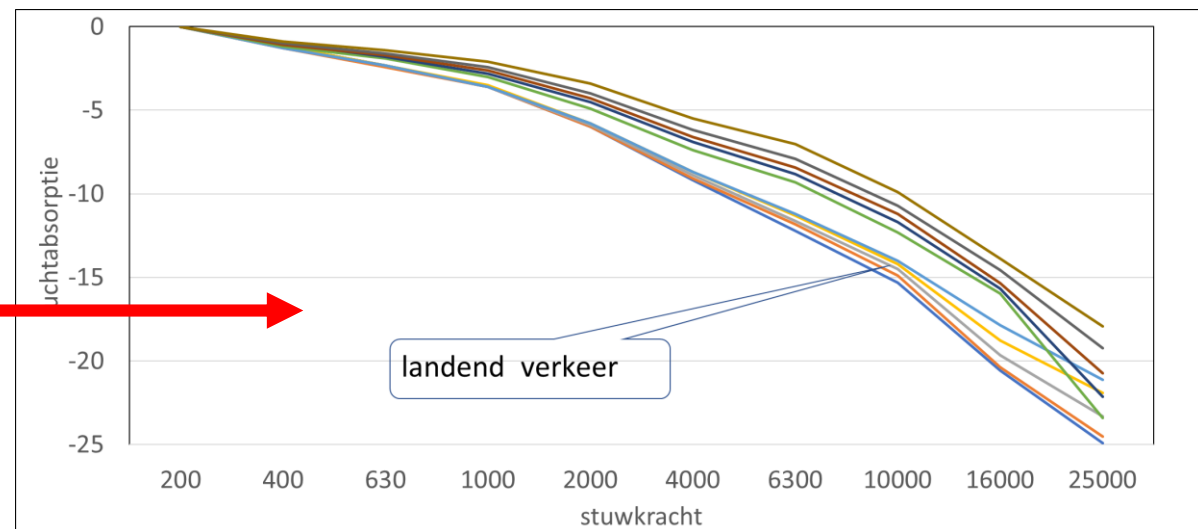
# Grenzen van toepasbaarheid

Voorbeeld: "level" vliegen bij Lelystad

- In NPD data zit impliciete aanname of het startend of landend verkeer is



- Onderscheid in spectra
- Leidt tot verschil in luchtabSORPTIE



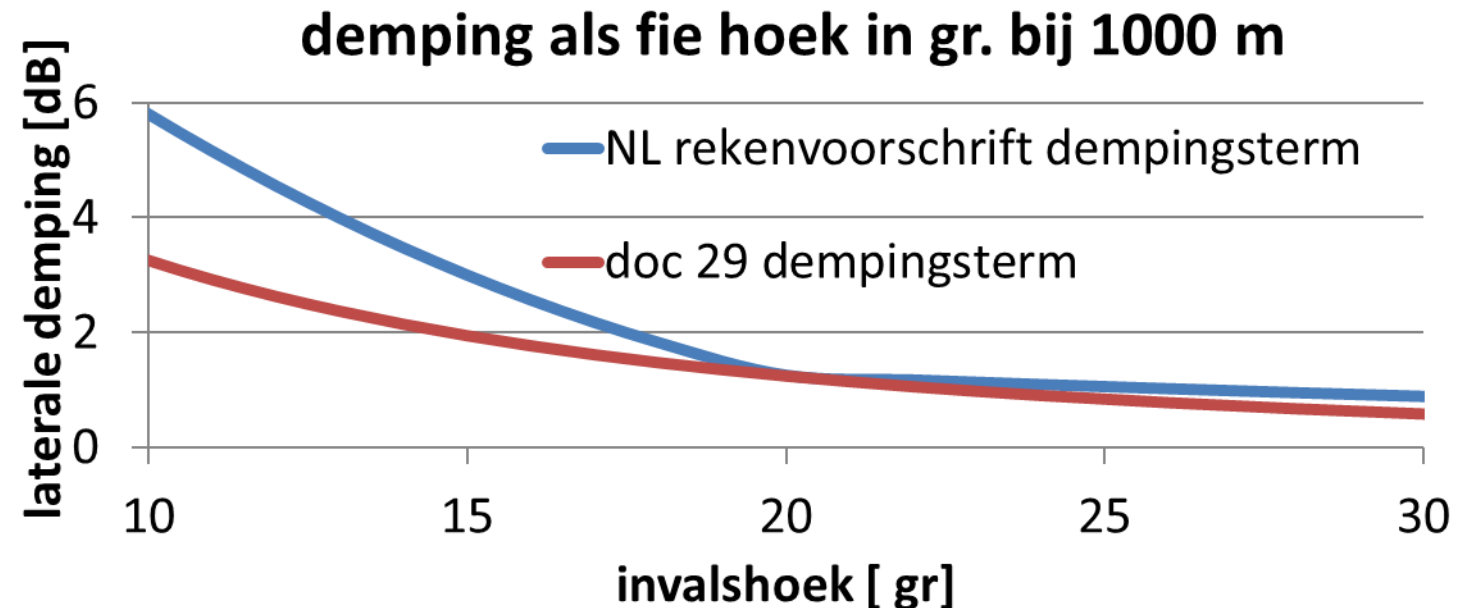
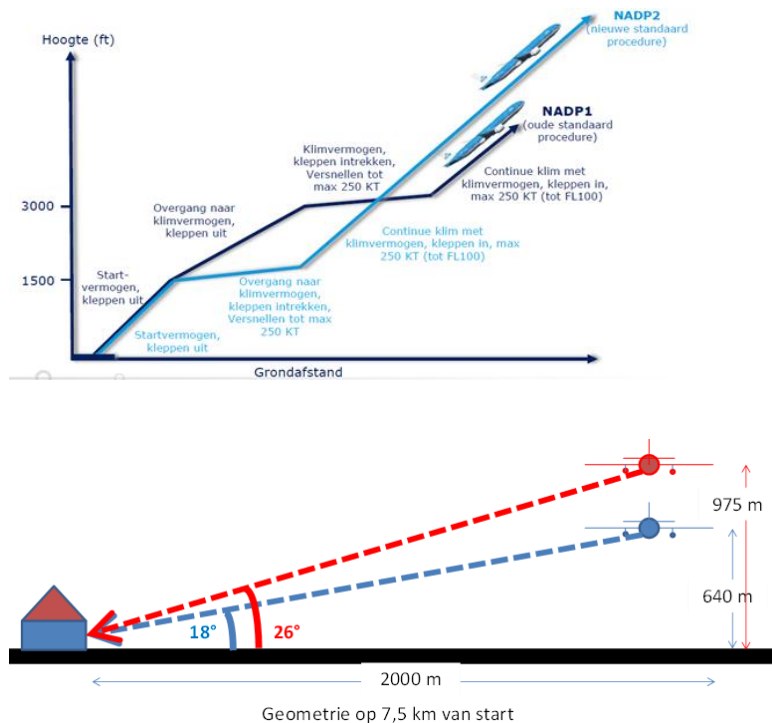


# Wat is de kalibratie referentie?

- Rekenmethode (exclusief uitgangspunten) zou beschouwd kunnen worden als een standaard
- Toepassing kwaliteitsbewaking conform ISO 17025 vergt dat toepassing gebaseerd wordt op herleidbare referenties
- Rekenmethode ontbeert duidelijke referenties:
  - Appendices refereert in niet directe zin aan ANP data base van EuroControl
  - NMR refereert aan publicatie, DOC29 aan versie 4 van de ECAC en aan EU 996 (versie 3 van DOC29)
  - Luchtdemping refereert aan ISO standaard, laterale verzwakking NMR en DOC29 aan verschillende SAE-standaarden.

# Basis voor sturing voorbeeld NADP1 → NADP2

Het rekenmodel wordt gebruikt om processen te optimaliseren. Dan is een betrouwbaar verband tussen stuurmogelijkheid en rekenresultaat essentieel.



# Meting als scheidsrechter

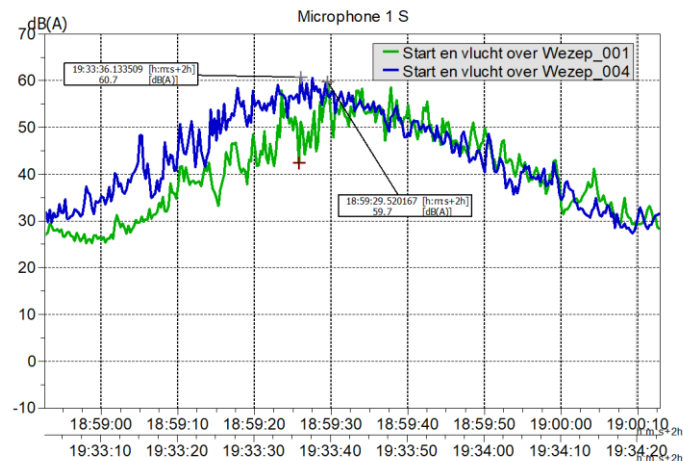
*De omgeving stelt veel vertrouwen in metingen*

- “Berekeningen zijn te manipuleren, zitten fouten in, worden uitgevoerd door partijdige organisaties, zijn (nodeloos) complex, invoer data komen van (partijdige) leveranciers, .....”
- “Metingen zijn eerlijk, geven de feitelijke situatie weer, kunnen door iedereen uitgevoerd worden, zijn recht-toe-rechtaan waardoor manipulatie snel te detecteren is, .....”

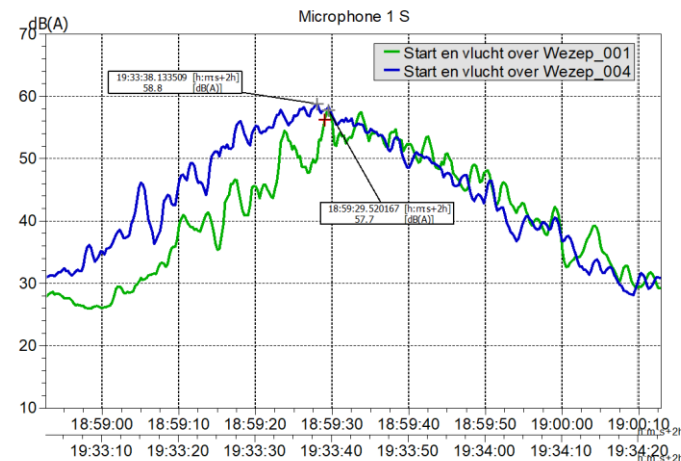
# Passage registratie

bron: D.de Klerk (M-BBM-VAS)

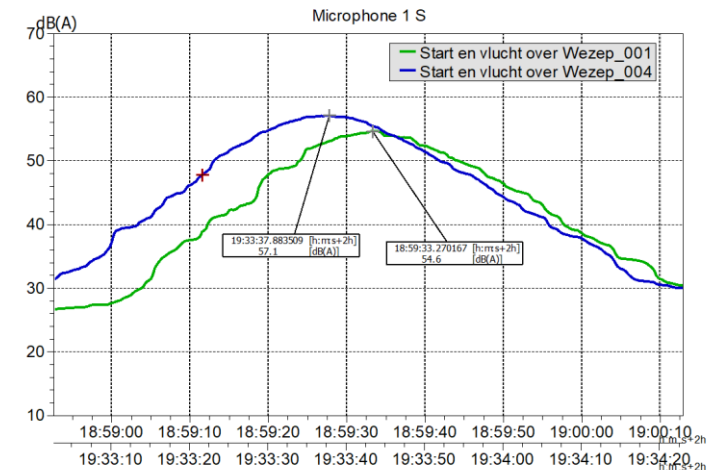
Detector 0,125 Second



Detector 1 Second



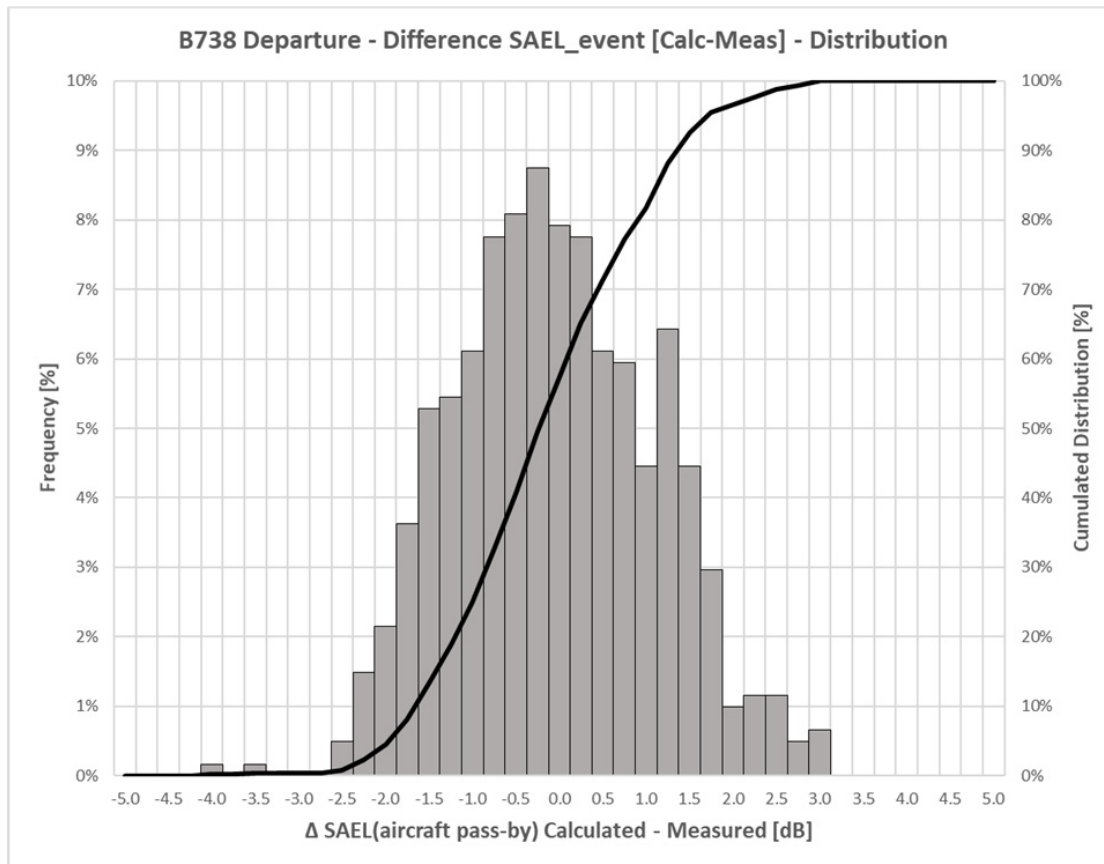
.EQ 10 Seconds



- Momentane geluidniveau (F) onbruikbaar. Middeling met 10s levert bruikbaar signaal op. Alternatief SEL.
- Meting uitgevoerd met microfoon op reflecterende plaat. Correctie met 5 dB voor drukverdubbeling

# Berekend – gemeten (SEL van B738)

*bron P.Houtave, Charlois airport*



<b>Delta SAEL Calc. - Meas.</b>	<b>[dB]</b>
<b>Maximum</b>	<b>3,0</b>
<b>Minimum</b>	<b>-4,0</b>
<b>Average</b>	<b>-0,2</b>
<b>Median</b>	<b>-0,2</b>
<b>St. Deviation</b>	<b>1,1</b>
<b>Q1</b>	<b>-1,0</b>
<b>Q3</b>	<b>0,7</b>

Let op! Goede overeenkomst doordat rekenmodel gebaseerd is op dezelfde set metingen

# Voorbeeld Heathrow



# Voorbeeld monitoringsresultaten Heathrow, 2 uitvoeringen B787-8

	Monitor site	SEL, dBA										
		109	B	A	K	H	G	F	J	I	6	C
		Runway	27R	27R	27R	09R	09R	09R	09R	09R	09R	27L
Aircraft Type	Dist. from SOR (km)	3.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.6	6.6	6.6
Boeing 787-8 (GE GEnx-1B engines)	Log Avg	91.4	88.9	85.2	85.9	85.1	84.0	85.1	84.7	83.5	85.0	84.2
	Mean	91.2	88.7	84.9	84.8	84.5	83.2	83.1	83.2	82.9	84.6	82.9
	Std Dev	1.4	1.5	1.6	3.5	2.4	2.7	4.4	3.7	2.1	1.8	3.4
	Count	362	398	401	235	283	252	254	268	164	359	362
	95% CI	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3
Boeing 787-8 (RR Trent 1000 engines)	Log Avg	89.6	87.5	83.8	85.7	83.5	81.3	84.5	84.0	84.6	85.1	82.6
	Mean	89.3	87.3	83.5	85.3	82.7	80.2	82.9	80.8	84.0	84.2	82.1
	Std Dev	1.6	1.5	1.7	2.1	2.6	3.1	3.9	4.2	2.4	3.1	2.1
	Count	232	261	264	118	161	125	77	108	104	250	255
	95% CI	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.5	0.9	0.8	0.5	0.4	0.3

# Bevindingen

1. Berekenen van geluidniveaus rond luchthaven in nieuwe situatie of na grote wijziging heeft begrensde nauwkeurigheid.
2. Nauwkeurigheid in bestaande situaties is door kennis van gebruik en gedrag te verbeteren. Echter beperkingen al gevolg van noodzakelijke standaardisatie blijft aanwezig
3. Metingen op basis van verantwoord meet- en analyse protocol leveren aanvullende kennis op. Zullen echter niet berekeningen vervangen
4. Beoordeling in termen van hinder en slaapverstoring onderhevig aan grote spreiding in D-E relaties