



Dedicated to innovation in aerospace

## **Hoeveel stiller worden toekomstige vliegtuigen?**

Analyse vlootontwikkeling richting 2050

Jonathan Derei  
17-12-2019



De auteursrechten van dit document liggen bij Royal NLR. Deze presentatie is gemaakt op verzoek van de Royal Schiphol Group.

Niets uit deze presentatie mag geheel of gedeeltelijk worden gekopieerd, gedistribueerd of gereproduceerd, of doorgegeven worden aan een derde partij zonder schriftelijke toestemming van de Royal NLR.

Gebruik, opzettelijk of onopzettelijk, van enige inhoud, informatie of diensten in dit document op een manier die in strijd is met het doel van dit document is niet toegestaan.



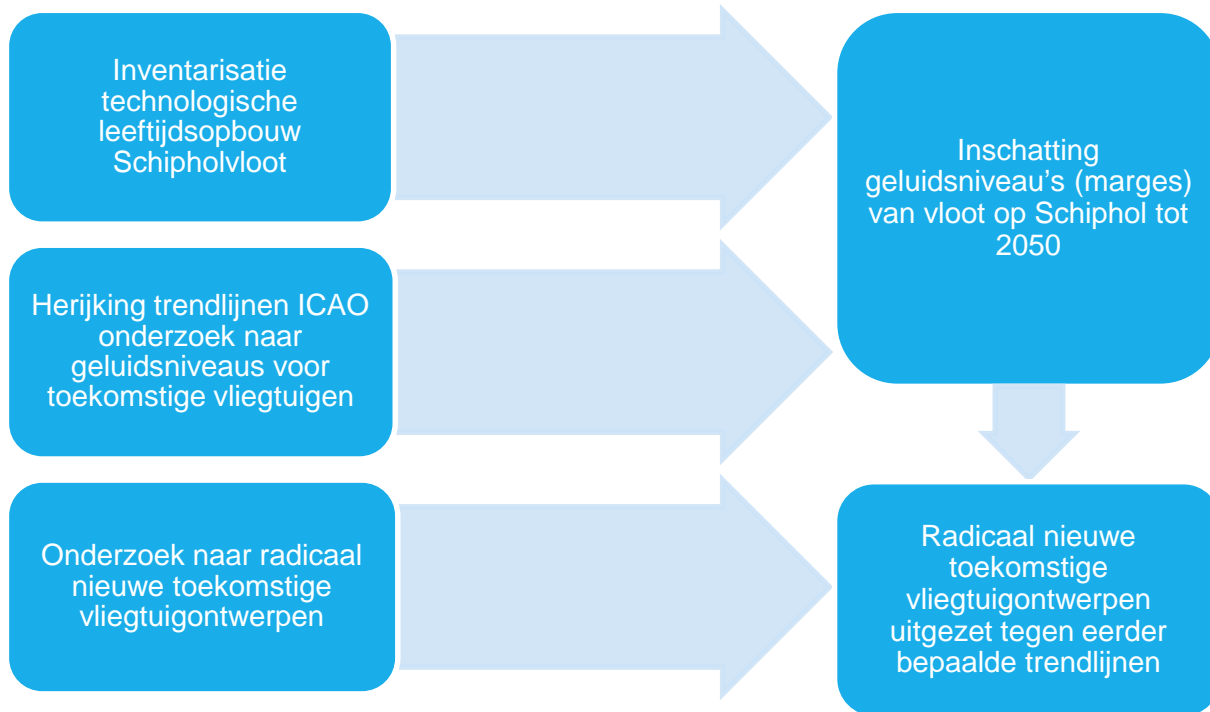
# Hoeveel stiller worden toekomstige vliegtuigen?

Dit onderzoek geeft inzicht in de **verwachte vlootontwikkeling richting het jaar 2050**:

- Welke technologie kunnen we verwachten en wanneer?
- Hoe snel komt deze beschikbaar in de vloot?

De focus van het onderzoek ligt op **geluid**, maar er zijn ook inzichten gegeven over brandstofverbruik, **CO2**-uitstoot en **NOx**-uitstoot (enkel geluid opgenomen in presentatie omwille van tijd).

# Aanpak: van technologie naar vlootsamenstelling



# 1. Hoe snel komen technologieën beschikbaar?

Nieuwe technologie is niet gelijk in zijn geheel doorgevoerd in de vloot. Hoe snel de technologie op Schiphol beschikbaar komt kan worden ingeschat op basis van de technologische leeftijd van de vloot.

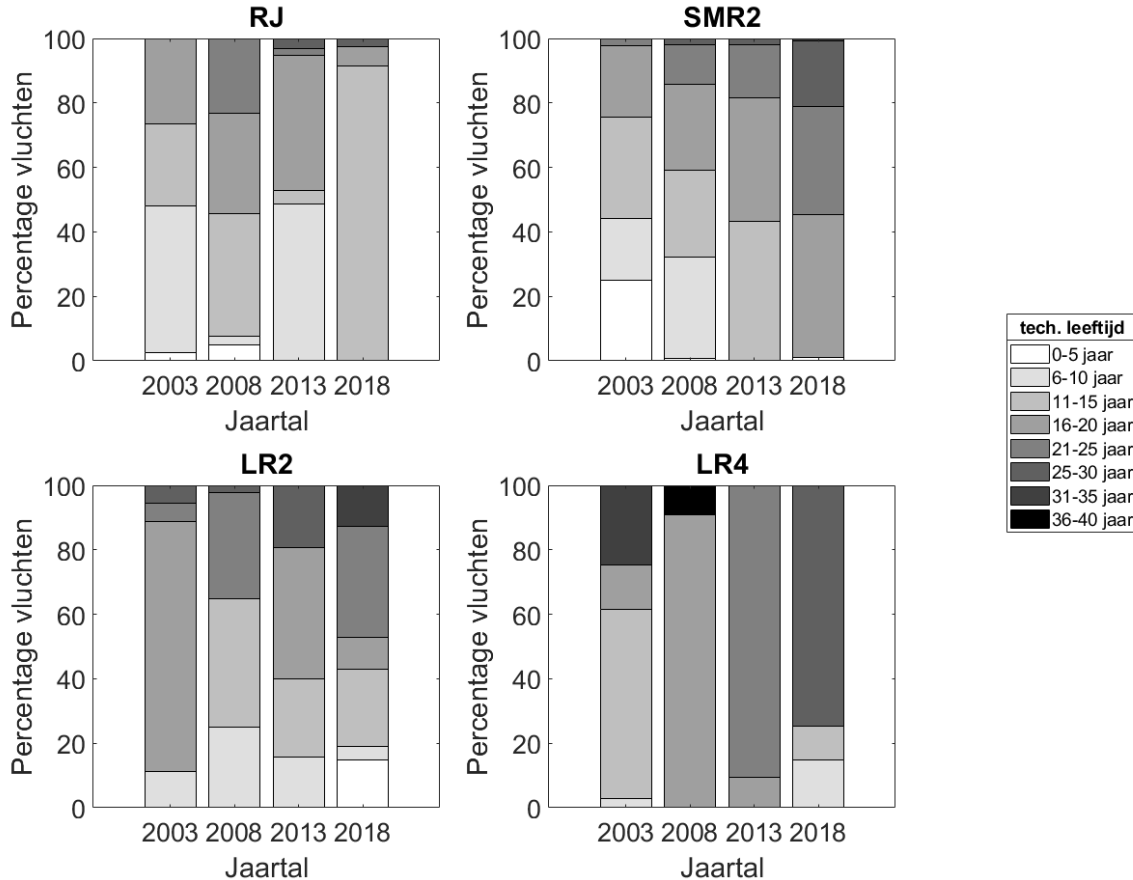
De technologische leeftijd van een vliegtuig wordt berekend ten opzichte van het jaar dat het wordt geïntroduceerd op de markt (EIS):

**Technologische leeftijd = Referentiejaar - Jaartal Entry Into Service (EIS)**

Bepaling **technologische leeftijdsopbouw in 2018** per categorie (ter referentie)

Bepaling **gemiddelde technologische leeftijdsopbouw (2003 – 2018)** per categorie (voor 2050)

# 1. Resultaten technologische leeftijd per categorie



# 1 Resultaten en observaties

Gemiddelde technologische leeftijd (in jaren) vliegtuigen per categorie op EHAM:

	RJ	SMR2	LR2	LR4
<b>2018</b>	13.8	22.4	18.5	23.7
<b>2050 (Gemiddelde 2003-2018)</b>	14.2	17.1	17.7	-

- Regional jets hebben een relatief jonge technologische leeftijd t.o.v. de andere categorieën
- In de SMR2-categorie zijn minder nieuwe typen geïntroduceerd na de 737NG serie. Deze zijn 15-20 jaar geleden aangekocht en komen nog steeds veel voor (>20% van totaal in 2018)
- De LR2-categorie laat een redelijk constant verloop zien door een aantal nieuwe typen die de afgelopen jaren zijn geïntroduceerd
- De LR4-categorie is zeer oud, er is daarnaast weinig tot geen aanwas van nieuwe typen en technologische generaties.

## 2. Inschatting geluidniveaus in 2050

Bestaand ICAO-onderzoek met verwachte ontwikkelingen tot 2030 herijken op basis van recente vliegtuigtypen

Trendlijn met verwachte ontwikkelingen geluid opstellen tot 2050

Trendlijn vergelijken met NASA / ACARE doelstellingen

Gemiddelde vlootleeftijd toepassen op de trendlijn voor schatting situatie 2050 EHAM



## 2. Opbouw trendlijn



Het historische deel is gebaseerd op de meest voorkomende vliegtuigen in 2018 op Schiphol



De ICAO-projectie is bijgesteld op basis van recente types (EIS > 2010) en doorgetrokken tot 2040

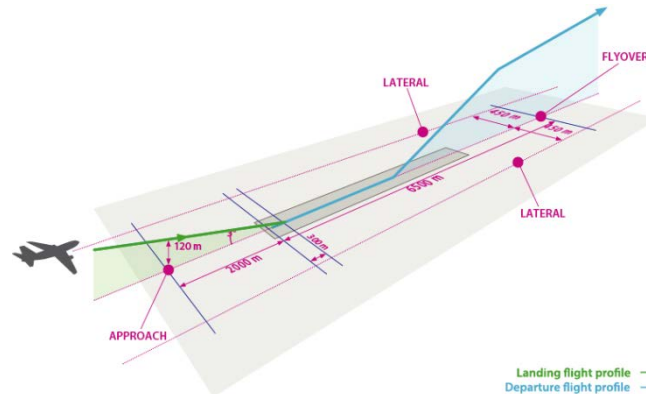


Vanaf 2040 is de trend verder doorgetrokken, maar de reductie per jaar gehalveerd omdat de onzekerheid toeneemt (conservatieve aanname) en bandbreedte (door onzekerheid) neemt toe.

De validiteit van de aannames wordt later in deze presentatie geanalyseerd door middel van onderzoek naar toekomstige vliegtuigtypes.

## 2. Cumulatieve afnames geluid

- Cumulatieve niveaus zijn optellingen van 3 certificatieniveaus, waarvan 1 tijdens de nadering en 2 tijdens de start
- Cumulatieve marge = cumulatieve niveau - certificatielimiet

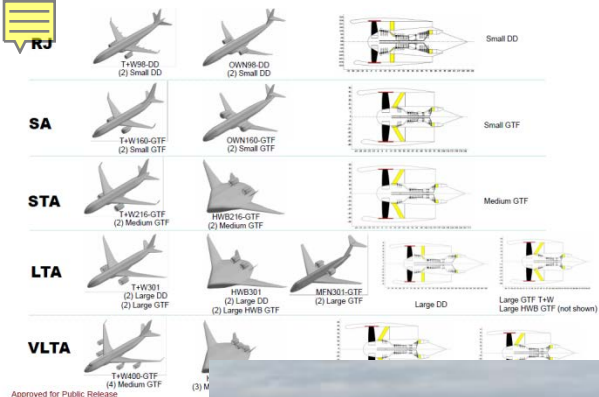


Bron:  
EASA

### 3. Radicale technologieën

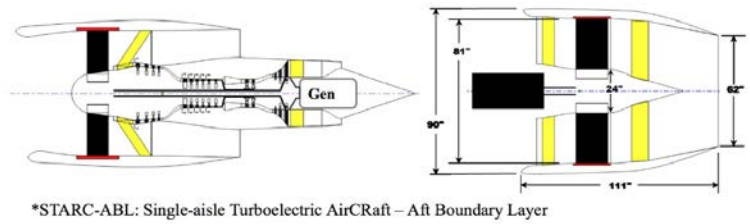
- Aanvulling op update ICAO geluidonderzoek
  - Meer dan conventionele vooruitgang
  - Meenemen reeds uitgewerkte concepten:
    - Tube and Wing (T+W)
    - Over Wing Nacelle (OWN)
    - Hybrid Wing Body (HWB) and Blended Wing Body (BWB)





<b>Passengers</b>	<b>150</b>
<b>Range</b>	<b>3500 nm</b>
<b>Cruise Speed</b>	<b>Mach 0.7</b>
<b>Tailcone Thruster Motor</b>	<b>2.6 MW (3500 hp)</b>
<b>Turbofan Generator</b>	<b>1.44 MW (1940 hp)</b>
<b>Turbofan Fan</b>	<b>1.95 MW (2615 hp)</b>
<b>Fuel Burn Reduction (vs same tech turbofan)</b>	<b>~10%</b>

### Improvements in S

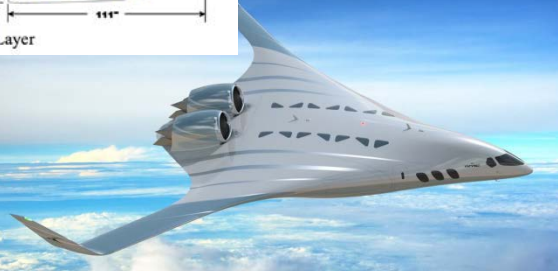


\*STARC-ABL: Single-aisle Turboelectric AirCRAFT – Aft Boundary Layer

$$n = N+1$$



42 dB	42 - 52 dB
%	>80%



Wide Propulsor Array Maximizes Boundary Layer Ingestion & Wake Filling

Many Small, Distortion-Tolerant Fans Yields Large Total Area and High Effective Bypass Ratio

Superconducting Motors/Generators

Forward and Aft Fan Noise Shielding by Airframe

Superconducting Redundant DC microGrid

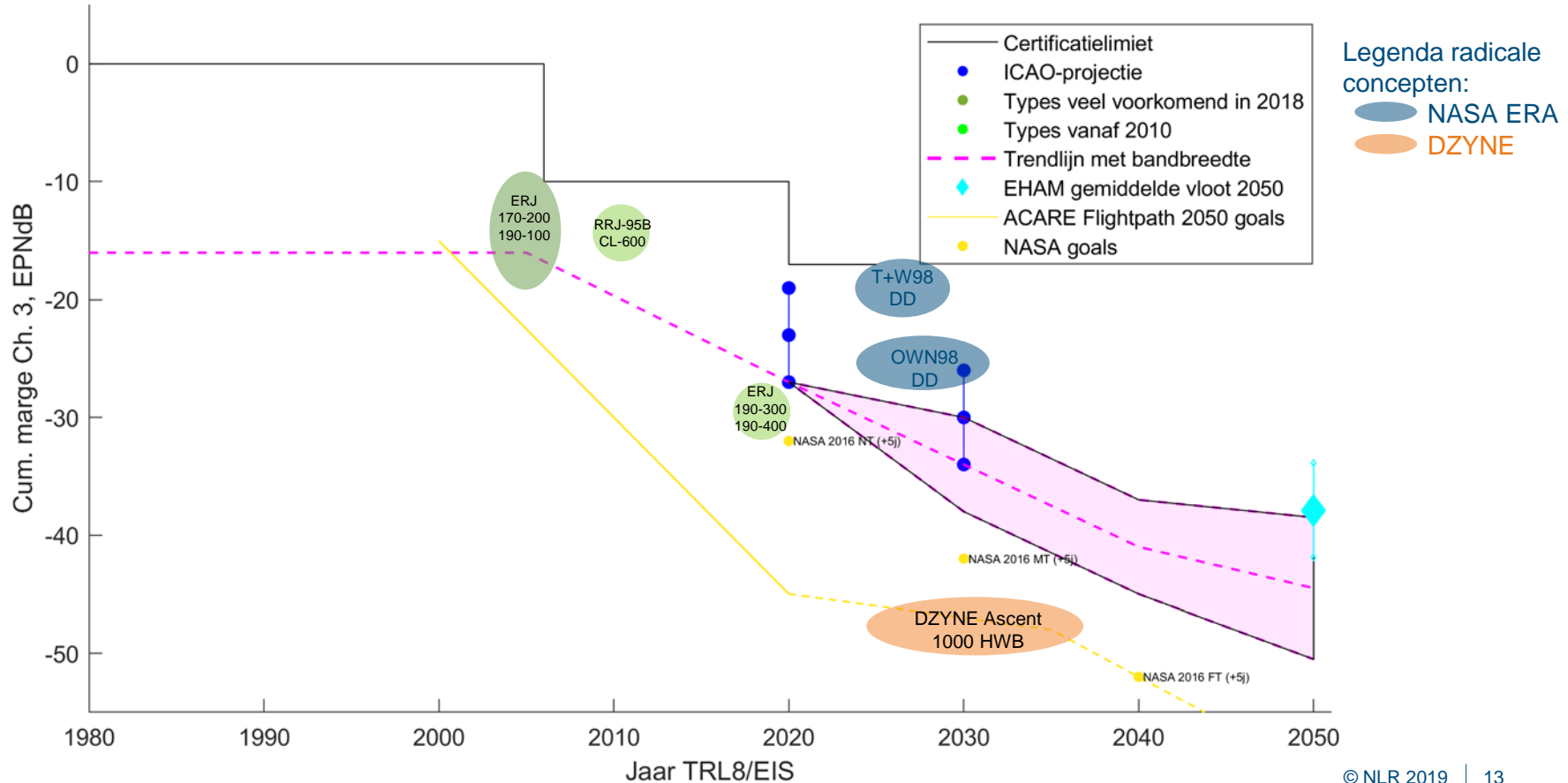
Highly Efficient Gas Generator

**N3-X**

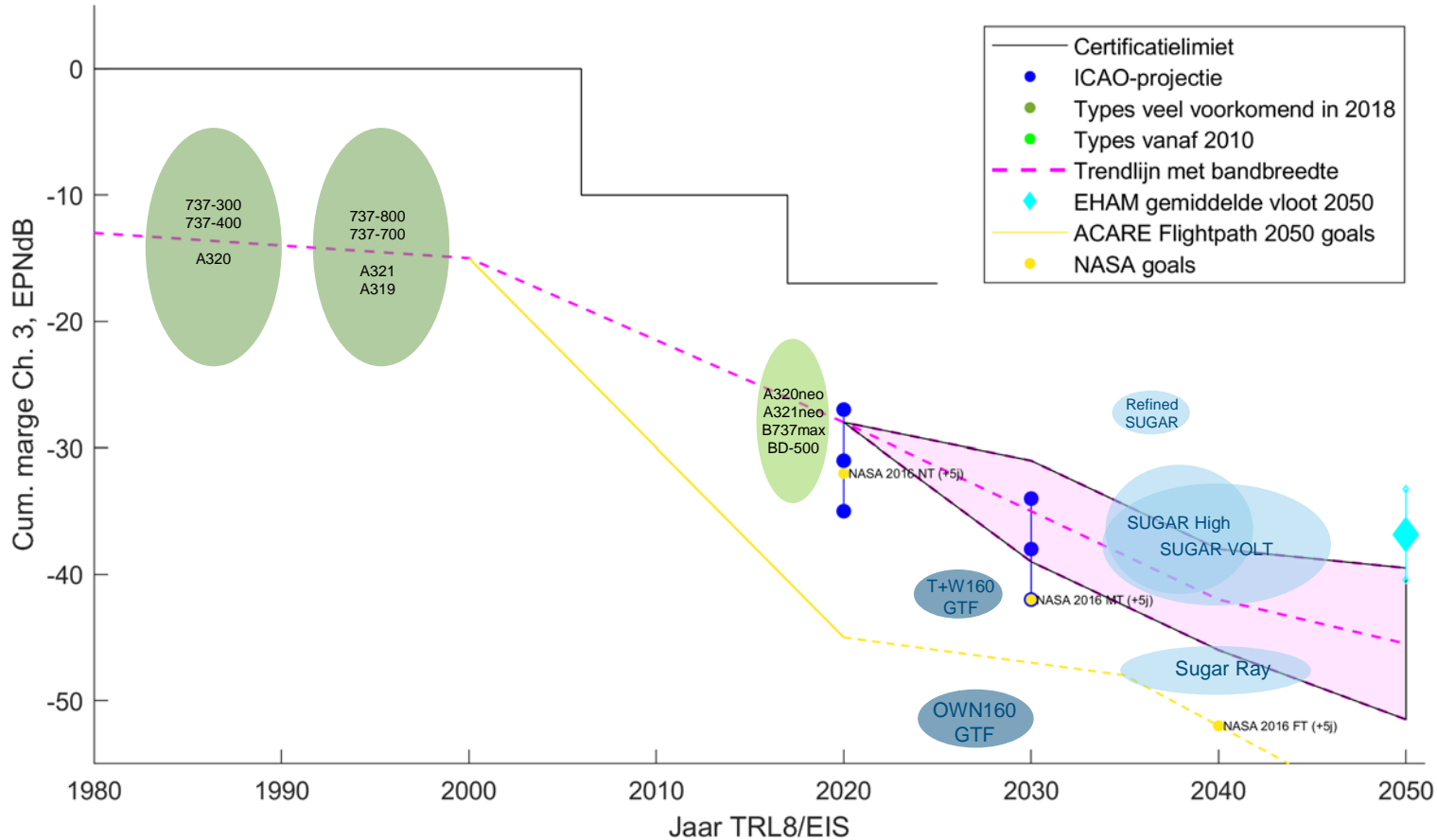
65 - 70%	Conventional Tube & Wing		N+3 Reference "Refined SUGAR"	N+3 Hybrid Electric	N+4 Reference "SUGAR Refined SUGAR"
40 - 50%	Unconstrained* Conventional Tube & Wing	<i>* Optimum span</i>	"Super Refined SUGAR"	"SUGAR Electric Eel"	
	High Span Truss Braced Tube & Wing		TBW High L/D "SUGAR High"	"SUGAR Volt"	Advanced N+4 Technology "SUGAR Freeze"
	HWB		HWB "SUGAR Ray"	"SUGAR Sting Ray"	



### 3. Resultaten: trendlijn geluid voor RJ

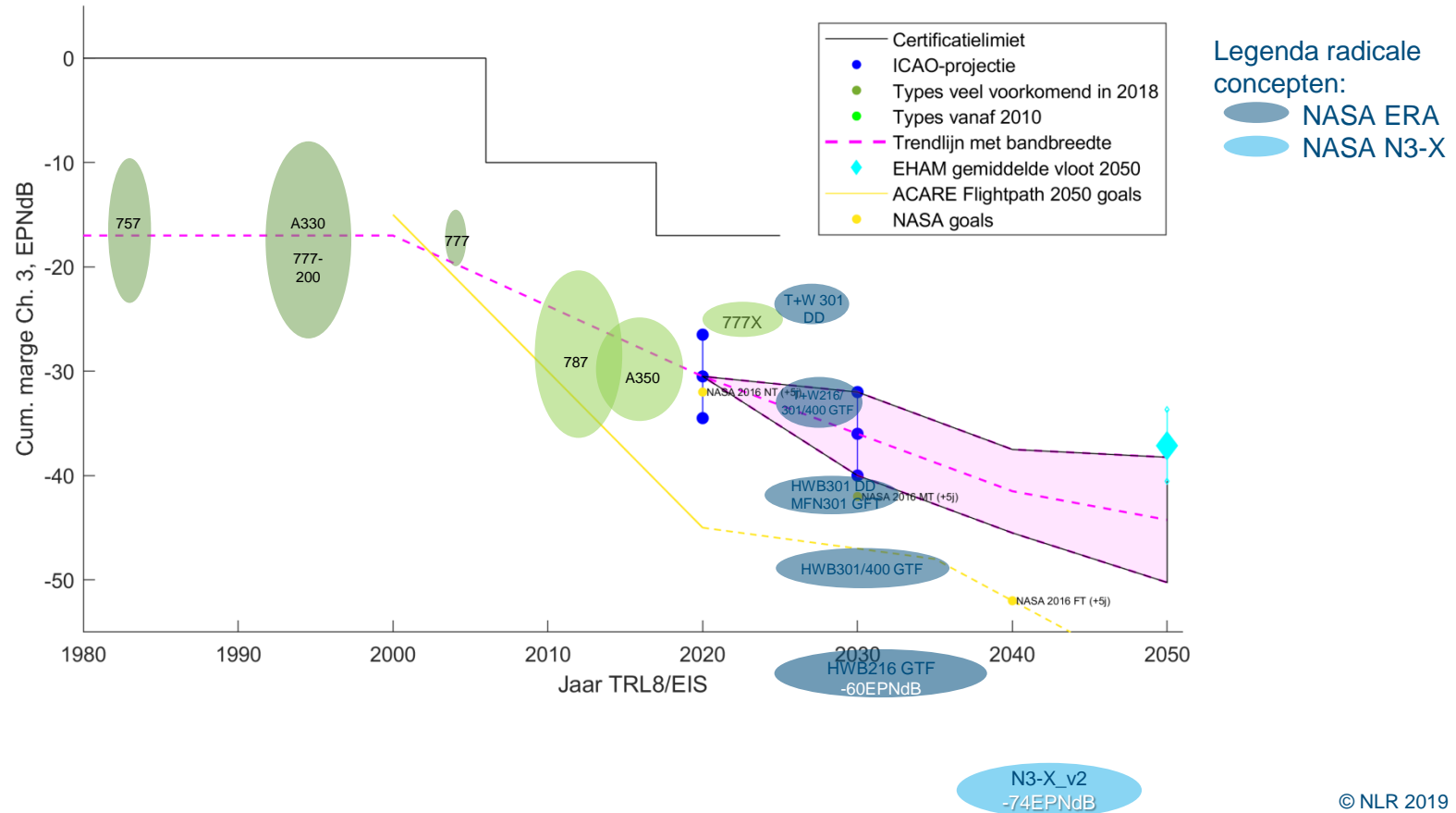


# 3. Resultaten: trendlijn geluid voor SMR2



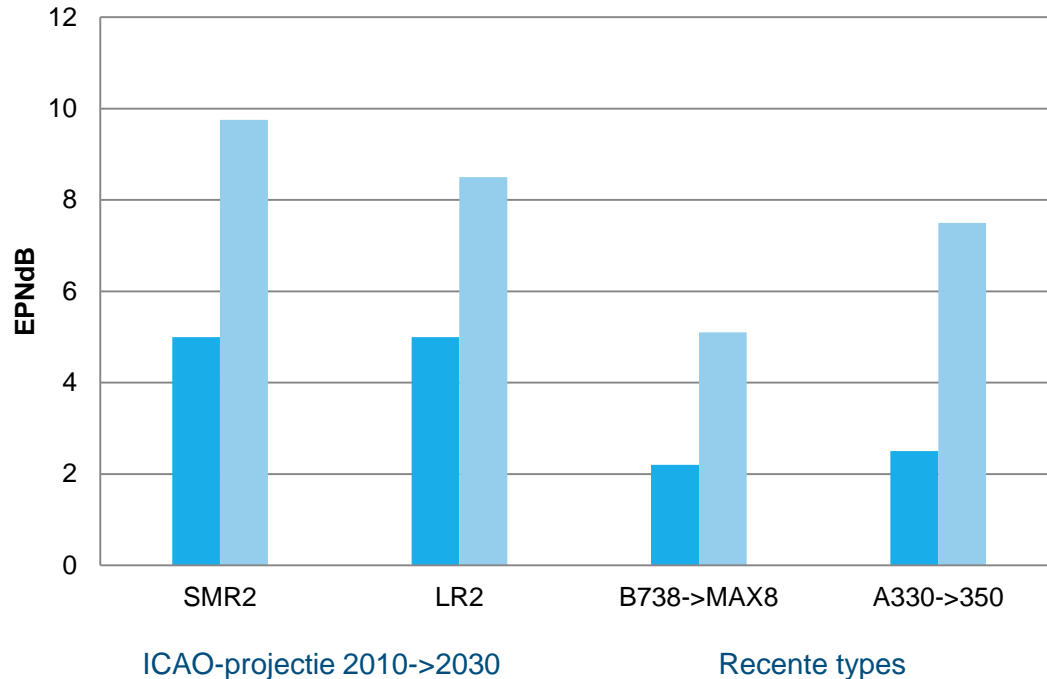


### 3. Resultaten: trendlijn geluid voor LR2



## 2. Afnames voor starts en landingen niet gelijk

### Afname geluidniveaus



Geluidsafname voor starts is ongeveer 2x zoveel als voor landingen

■ Landingen  
■ Starts gem. per punt

- Op basis van deze cijfers
  - 20% van cumulatieve reductie -> afname voor landingen
  - 40% van cumulatieve reductie -> afname voor starts





## 2. Effect van startgewicht

- Certificatielimieten zijn afhankelijk van maximaal startgewicht
- Uitgangspunt: verwachte ontwikkeling 2018 -> 2050 bij gelijkblijvend startgewicht (binnen de categorieën)
- Indien vliegtuigen in de vloot geruild worden voor een groter type:
  - Weinig effect op relatieve geluidniveaus
  - Toename van absolute geluidniveaus
  - Dit kan reducties door technologische vooruitgang (deels) teniet doen

## 2 Resultaten en observaties vloot

Gemiddelde cumulatieve marges in 2050 in EPNdB:

	RJ	SMR2	LR2	LR4
<b>2018</b>	-16.0	-14.7	-19.5	-18.3
<b>2050_Up</b>	-33.9	-33.2	-33.7	Nvt
<b>2050_Mid</b>	-37.9	-36.8	-37.1	Nvt
<b>2050_Low</b>	-41.9	-40.4	-40.5	Nvt

RJ: ICAO-projectie conservatief, trendlijn naar lagere geluidsniveaus bijgesteld

SMR2: ICAO-projectie optimistisch, trendlijn naar hogere geluidsniveaus bijgesteld

LR2: ICAO-projectie ongewijzigd

LR4: Er worden geen nieuwe types meer voor verwacht, in 2050 uitgefaseerd.

## 2 Resultaten en observaties vloot (2)

- Verwachte geluidafnames bij startend verkeer zijn groter dan bij landend verkeer
- Indien vliegtuigen in de vloot gemiddeld groter (zwaarder) worden, kan dit reducties door technologische vooruitgang (deels) teniet doen



### 3. Overwegingen introductie nieuwe ontwerpen

- Afwijking van T+W ontwerpen
  - Historisch gezien zet fabrikant in op doorontwikkeling huidige concepten
    - Eerst ontwikkelingen die kunnen worden toegepast op T+W
      - T + truss-braced wing
      - Plaatsing motor boven vleugel (OWN)
- Risico's groter bij afwijken van proven concepten
  - Langere ontwikkeltijd
  - Hogere ontwikkelkosten
  - Mogelijk langer certificatieproces
  - Andere vorm en operatie (airport compatibility, pilot training, etc.)



### 3 Resultaten en observaties

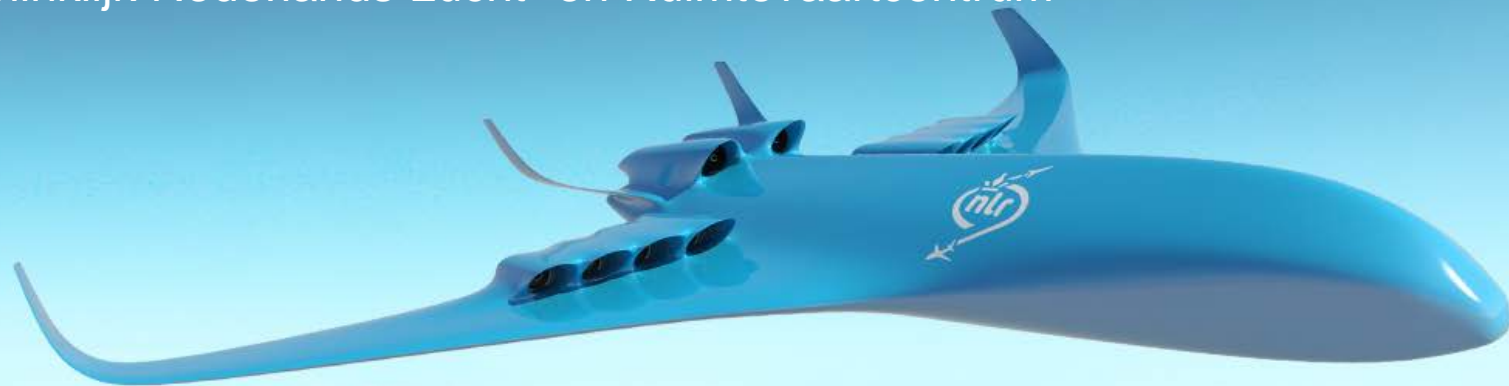
- Er is ruimte om vliegtuigen stiller te maken, de ICAO-projectie is niet de ondergrens, maar de termijn waarop de technologie beschikbaar komt duurt langer dan wat NASA voorspelt.
- De meeste geluidsreductie kan bereikt worden door af te wijken van het conventionele T+W concept en te kijken naar onder andere HWBs, hier zijn echter grote risico's aan verbonden die een drempel vormen voor vliegtuigfabrikanten.



Dedicated to innovation in aerospace

# Bijzonder betrokken

Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



**NLR Amsterdam**  
Anthony Fokkerweg 2  
1059 CM Amsterdam

t ) +31 88 511 31 13  
e ) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i ) [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)

**NLR Marknesse**  
Voorsterweg 31  
8316 PR Marknesse

t ) +31 88 511 44 44  
e ) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i ) [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)