



Royal Netherlands Aerospace Centre

Impactrapportage 2023

KENNIS OMZETTEN IN WAARDE



Inhoudsopgave



05
Voorwoord



D+

09
CREATE
Duurzame en veerkrachtige luchtverkeersoperaties bij weersverstoringen

D+

13
ClimOp
Niet-CO2-impact van de luchtvaart mitigeren

D+

17
CICONIA
Vermijden van gevoelige atmosferische gebieden voorkomt wolkvorming

21
ATC-TBO
Ondersteuning van luchtverkeersleiding bij onweer

D+

25
DEP-SFD
Testen van innovatieve technologie op schaal in de vlucht



31
STUNNING
Thermoplast zet een nieuwe standaard in vliegtuigtechnologie

D+

37
ATTILA
In de windtunnel de grenzen van instabiliteit opzoeken

41
BrightSky
Proeftuin van technische innovaties voor een duurzaam en competitief Schiphol

D+

48
MilSpace2
Stap richting de operationalisering van het militair gebruik van de ruimte

i5

45
Patent PEC meting
Nieuwe methodiek voor kalibreren luchtdrukmeting in de luchtvaart

i6

52
Swarm Simulator
Monitoring over the horizon



NLR-impactrapportage 2023

Als kennisinstelling voor toegepast onderzoek hebben we een centrale positie in het valorisatieproces om kennis om te zetten in waarde. Daarbij is onze doelstelling dat het resultaat van ons onderzoek zijn weg vindt naar toepassingen in de maatschappij en economie om daar impact te maken. In deze impactrapportage kunt u verscheidene artikelen lezen die samen een impressie geven van prominente onderzoeken uit 2023.

NLR vormt op het gebied van lucht- en ruimtevaart in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbruggt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werken we in de [TO2-federatie](#) samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Aan de hand van elf artikelen geven we in deze impactrapportage een impressie van technologische en maatschappelijke uitdagingen waar verscheidene collega's van ons onderzoekscentrum in 2023 hard aan hebben gewerkt. Met de behaalde resultaten van de beschreven onderzoeksprojecten beogen we op de langere termijn een duidelijke, positieve impact te maken ten behoeve van een welvarende maatschappij en een schone, veilige en betere wereld van de toekomst.

De onderwerpen die in deze rapportage aan bod komen, vormen uiteraard slechts een bescheiden selectie uit de vele projecten waar onze experts zich dagelijks voor inzetten. De voorbeelden geven in ieder geval een duidelijk beeld van de drie strategische thema's waar we onze impact op de lange termijn willen laten gelden. De motor van onze toegepaste onderzoeksorganisatie zijn uiteraard de experts en alle andere NLR-collega's die zich elke dag weer inzetten voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart. Naast de projecten tonen we in deze rapportage daarom ook enkele profielen van collega's om een indruk te geven van wat hen drijft en waar ze achter de schermen aan werken om een positieve impact op maatschappij, economie en technologie mogelijk te maken.

Michel Peters, CEO Koninklijke NLR



Michel Peters
CEO Koninklijke NLR

STRATEGISCHE THEMA'S



DUURZAME LUCHTVAART

Om een klimaatneutrale luchtvaart mogelijk te maken is het nodig om in te zetten op radicale innovaties

[\[lees meer... \]](#)



COMPETITIEVE LUCHT- EN RUIMTEVAART

In de aanpak van leefomgeving, bereikbaarheid en duurzaam luchttransport ontstaan nieuwe producten en markten

[\[lees meer... \]](#)



VEILIGE SAMENLEVING

Een technologisch hoogwaardige krijgsmacht is van essentieel belang

[\[lees meer... \]](#)

Duurzame luchtvaart

In een tijdperk waarin de urgentie van een gezonde balans tussen welvaart en welzijn steeds duidelijker wordt, rijst een cruciale vraag: kunnen we de luchtvaart tijdig transformeren naar een duurzame industrie? Er gebeurt heel veel op dit vlak maar we moeten alert blijven. Met de dringende noodzaak om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en de klimaatverandering aan te pakken, komt de luchtvaartsector onder toenemende druk te staan om haar ecologische voetafdruk te verkleinen.

Naast de uitstoot van CO₂ (koolstofdioxide) spelen ook andere effecten een belangrijke rol in de klimaatverandering. Ook de luchtvaart heeft daar een aandeel in. Omdat die non-CO₂-aspecten in de media enigszins onderbelicht zijn en daarbij minder bekend lijken te zijn bij het algemene publiek, is ervoor gekozen om in deze rapportage ruim aandacht te geven aan projecten die daar nader op ingaan. Daarbij sluit de rapportage tevens aan op de Integrale Kennis- en Innovatie Agenda (IKIA), met name over 'Klimaat en Energie'¹. Daarbij is vooral 'Missie D+' – vertaald in het Meerjarige

D+

Missiegedreven Innovatieprogramma (MMIP) 9 – een belangrijke pijler voor NLR omdat hierin de nadruk wordt gelegd op het bevorderen van de ontwikkeling én opschaling van duurzame mobiliteitsoplossingen.

¹ <https://www.topsectoren.nl/publicaties/publicaties/publicaties-2023/november/02/ikia-klimaat-energie-2024-2027>

Henk van Dijk, divisie manager *Aerospace Operations* NLR, benadrukt: "Europa streeft naar een klimaatneutrale samenleving tegen 2050. De luchtvaartsector heeft zich gecommitteerd om hieraan bij te dragen. Dat betekent dat er een noodzaak is voor radicale innovaties zoals het drastisch verminderen van CO₂-uitstoot, ontwikkelen van schonere brandstoffen en het verbeteren van vliegtuigefficiëntie. NLR en partners zijn voorlopers in deze ambitie, zoals vastgelegd in de Nederlandse luchtvaartnota en *Destination 2050* ten behoeve van de Europese luchtvaartsector".

Henk van Dijk
Divisiemanager Aerospace Operations



KLIMAATNEUTRALE
LUCHTVAART

IMPACT OP
MENS EN
MAATSCHAPPIJ

ONTWIKKELING VAN
LUCHT- EN
RUIMTEVAARTUIGEN

OPERATIONELE
BESCHIKBAARHEID

ONBEMANNED
EN AUTONOOM

OPKOMENDE
TECHNOLOGIEËN

klik en ontdek de programma's

Duurzame en veerkrachtige luchtverkeersoperaties bij weersverstoringen

Door klimaatverandering zullen weersverstoringen frequenter en extremer voorkomen, wat nadelige consequenties heeft voor het plannen en uitvoeren van luchtverkeersvluchten. Het CREATE-project onderzoekt oplossingen om de luchtverkeersoperaties veerkrachtiger te maken indien weersverstoringen zich voordoen en kijkt daarbij hoe de vliegimpact op het klimaat gemitigeerd kan worden.

Niet alleen piloten, maar ook luchtverkeersleiders zorgen ervoor dat commerciële vluchten van luchtvaartmaatschappijen zo veilig mogelijk, efficiënt en met zo min mogelijk vertragingen verlopen. Daarbij speelt weersinformatie zoals wind, (onweers)buien en wolkenvorming ([verminderd zicht](#)) een grote rol omdat lokale weercondities de baankeuze op een vliegveld, of aankomst- en vertrekroutes kunnen beïnvloeden.

Klimaatverandering kan ervoor zorgen dat we steeds vaker last krijgen van extreem weer. Dit brengt een grotere variabiliteit van lokale verschijnselen met zich mee, zoals stortregens en zwaardere stormen. Gelukkig neemt ook de beschikbare informatie over het weer op korte en langere termijn toe en verbetert de technologie om deze informatie te gebruiken.

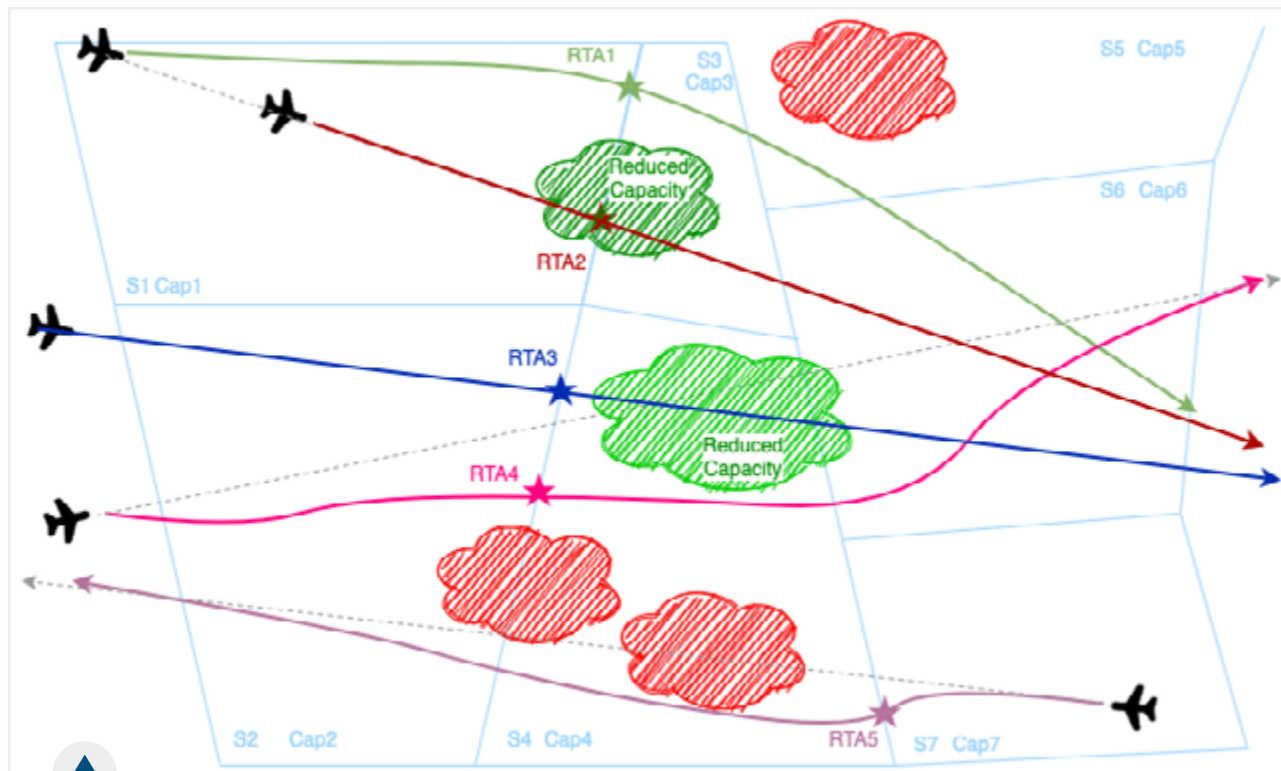
Het CREATE-project (*Climate and weather models to improve ATM resilience and reduce its impacts*) bestudeert de kwetsbaarheid van het luchtvaartstelsel met betrekking tot extreme weersverschijnselen, zoals onweersbuien, om de bijbehorende werkwijze te verbeteren en deze toekomstbestendiger te maken. Het project draagt operationele veranderingen voor een vlucht aan op het gebied van ATM (*Air Traffic Management*) zodat de gevolgen van extreme weersinvloeden zowel op de korte als op de lange termijn, beperkt zijn. Een belangrijk aspect van deze veranderingen is om de klimaatimpact zo veel mogelijk te beperken door bijvoorbeeld rekening te houden met contrailvorming. Dit leidt uiteindelijk tot een klimaatscore per vlucht. Een belangrijk element van het onderzoek is dat het zich richt op het hele netwerk aan

Met betere weersvoorspellingen
zouden vliegtuigen mogelijk
een andere route vliegen

vluchten in plaats van op alleen individuele vluchten. Gebruikmakend van vernieuwde meteorologische voorspellingen onderzoekt het project daarbij een keuzemodel waarbij luchtverkeersleidingsorganisaties afwegingen kunnen maken tussen de vertragingen als gevolg van omvliegen en de klimaatimpact. Dit helpt de verkeersleider met het bijsturen van vliegtuigen tijdens de vlucht. Op dit moment zijn er beperkte technieken

voor de verkeersleider en piloot beschikbaar om dergelijke afwegingen goed en op tijd te maken, wat kan leiden tot meer vertragingen en/of grotere klimaatimpact.

De bijgaande illustratie toont wat de CREATE-oplossing inhoudt. Het betreft een impressie van een internationaal luchtverkeersnetwerk met verschillende



Schets van de CREATE-oplossing waarin er voor een netwerk aan vluchten routes worden geoptimaliseerd om onweersbuien (in het rood) te ontwijken en de impact in klimaatgevoelige gebieden (contrailvorming in het groen) te mitigeren. Daarbij wordt er rekening gehouden met de capaciteiten van de verschillende luchtruimsectoren (bron: CREATE).

luchtruimsectoren. Elke luchtruimsector heeft een bepaald maximum aan vliegtuigen dat het per uur kan verwerken, ook wel luchtruimcapaciteit genoemd. In het voorbeeld laat de CREATE-oplossing zien dat er tijdens de vlucht nieuwe voorspellingen zijn van weersverstoringen (de rode gebieden) en klimaatgevoelige gebieden (de groene gebieden) waar de kans op contrailvorming het grootst is. Gebaseerd op de betere weersvoorspellingen zouden de vliegtuigen mogelijk een andere route vliegen. Alle vliegtuigen willen de weersverstoringen vermijden. Voor sommige vluchten is het dan het snelste om dwars door de klimaatgevoelige gebieden te vliegen. De CREATE-oplossing geeft inzicht in dit dilemma en helpt de luchtverkeersleiders om de meest klimaatvriendelijke oplossing te kiezen. Hierbij wordt natuurlijk rekening gehouden met alle randvoorwaarden voor een veilige operatie.

De kracht van het CREATE-project is dat het verschillende disciplines (zoals meteorologie, klimaatwetenschap, luchtverkeersleiding) bij elkaar brengt om uiteindelijk pragmatische oplossingen te bieden voor luchtvaartmaatschappijen en luchtverkeersleidingsorganisaties. Het project stimuleert vervolgonderzoek binnen SESAR (*Single European Sky ATM Research*) dat verder kijkt naar oplossingen om de luchtverkeersoperaties robuuster te maken tegen extreem weer en hoe de luchtverkeersoperaties ingericht kunnen worden om de klimaatimpact te mitigeren.

Voor aanvullende informatie, zie de projectpagina:

<https://create-project.eu/>

Projectpartners: Università degli Studi di Napoli Parthenope, Arianet SRL, CIRA, FMI, Universitat Politècnica de Catalunya
Periode: 2020 - 2023



Met data geluidshinder in kaart brengen

Ellen van Leeuwen werkt op de afdeling Duurzaamheid en Milieu met een vaste groep collega's aan defensieprojecten. De vloot van de Koninklijke Luchtmacht bestaat uit jacht-, les- en transportvliegtuigen en gevechts- en transporthelikopters. Om deze vloot gebruiksklaar te houden, moeten er operationele vluchten gemaakt worden. Dat gebeurt vanaf zeven luchthavens in Nederland, voor welke geluidszones zijn opgesteld rondom de start- en landingsbanen. Het team brengt milieueffecten van de luchtmacht in kaart en berekent of Defensie zich houdt aan de geluidszoneringen. Naast geluid worden ook externe veiligheid, emissie, luchtkwaliteit en stikstofdepositie meegenomen in de berekeningen.

Zo deed NLR onlangs Rattle-noise (rammelend geluid)-metingen bij drie verschillende woningen in de omgeving van vliegbasis Gilze-Rijen, waar Defensie vliegt met een chinook helikopter...



Niet-CO₂-impact van de luchtvaart mitigeren

Middels het Europese project ClimOP zijn er grote stappen gezet in het bepalen van niet-CO₂-klimaatimpact van de luchtvaart. In het onderzoek zijn verschillende mitigatiestrategieën onderzocht op effectiviteit en impact op belanghebbenden, bijvoorbeeld ten aanzien van kosten. Het onderzoek heeft geleid tot een groot aantal aanbevelingen, gericht op zowel onderzoekers, beleidsmakers als luchtvaartpartijen.

Het overkoepelende doel van ClimOP, een acroniem voor 'Climate assessment of innovative mitigation strategies towards operational improvements in aviation', is om acties en advies te ontwikkelen voor beleidsmakers en regelgevende instanties door mitigatiestrategieën te ontwikkelen om de klimaatimpact van luchtvaart te reduceren. Deze mitigatiestrategieën, om zoveel mogelijk negatieve klimaatimpact te voorkomen, hebben betrekking op operationele verbeteringen in het luchtvaartstelsel voor zowel grondgebonden operaties als operaties in de lucht, op wereldwijde schaal.

Operationele verbeteringen kunnen gericht zijn op individuele vluchten, het netwerk van de luchtvaartmaatschappij en de operaties op de luchthaven. Deze operationele verbeteringen tijdens de vlucht bestaan bijvoorbeeld uit lager en langzamer vliegen of een

stukje omvliegen tijdens een vlucht. Operationele verbeteringen op de grond kijken bijvoorbeeld naar alternatieven voor duurzamer taxiën van vliegtuigen, zoals het elektrisch slepen van vliegtuigen van en naar de baan. De ClimOP-resultaten tonen dat door lager en langzamer te vliegen de totale klimaatimpact van individuele vluchten gemiddeld met zes tot dertien procent kan worden verlaagd, indien wordt gekeken naar de verandering van de temperatuur op aarde over een periode van twintig jaar.

NLR richtte zich bij het onderzoeksproject op drie mitigatiestrategieën om de operationele verbeteringen in te voeren. Het onderzoek heeft gekeken naar de impact op verschillende partijen, zoals luchtvaartmaatschappijen. Om een gebied te mijden waar een verhoogde kans is op vliegtuigstrepen,

moeten de luchtvaartmaatschappijen omvliegen of lager vliegen. Dat brengt extra kosten met zich mee. NLR heeft onderzocht hoe je de kans vergroot dat luchtvaartmaatschappijen trajecten vliegen met een verminderde impact op het klimaat. Dat kan bijvoorbeeld door beprijzing; vliegtuigen moeten dan betalen om door zo'n gebied te vliegen. Uiteindelijk zijn de volgende drie mitigatiestrategieën ontwikkeld en geëvalueerd:

- Beprijzen van klimaatgevoelige gebieden.
- Inclusie van niet-CO₂-klimaat effecten in het Europese emissiehandelssysteem (EU ETS) en CORSIA, de regeling voor koolstofcompensatie en -reductie voor de internationale luchtvaart.
- Duurzaam taxiën.

Om de mitigatiestrategieën een stap dichterbij de daadwerkelijke implementatie te brengen, zijn aanbevelingen voor onderzoekers, industrie en beleidsmakers uiteengezet in een publiek rapport. Vanuit de wetenschap moet verder onderzoek plaatsvinden om de klimaatimpact van individuele vluchten

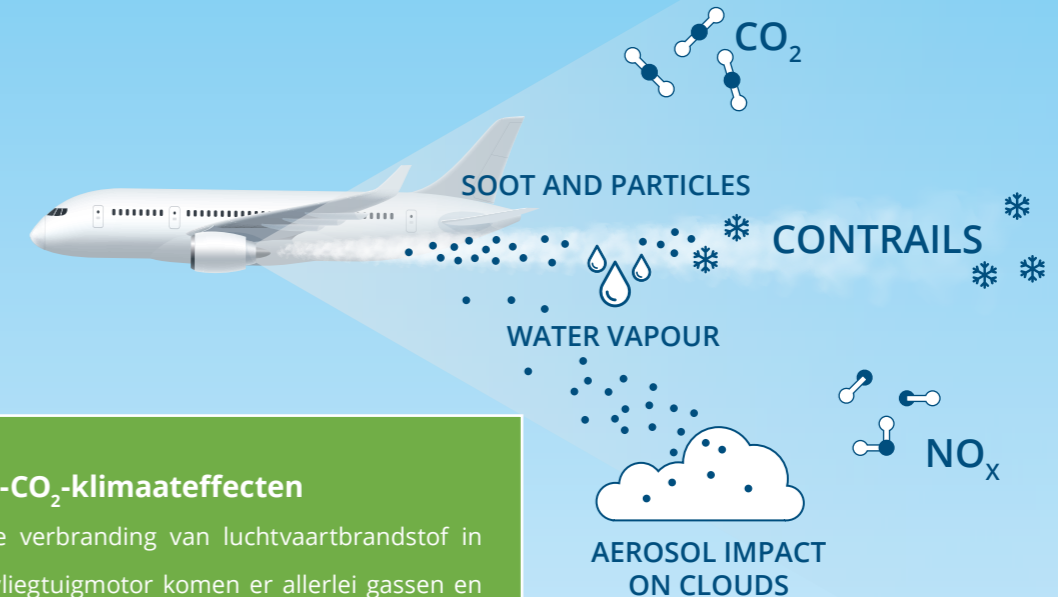
nauwkeuriger te voorspellen. Marktpartijen kunnen hieraan bijdragen, door bijvoorbeeld sensoren te ontwikkelen en op vliegtuigen toe te passen. Daarmee kan vervolgens de locatie van klimaatgevoelige gebieden nauwkeuriger worden vastgesteld. Met deze informatie kunnen luchtvaartmaatschappijen deze klimaat-optimale vluchten integreren in hun plannings- en besluitvormingsprocessen. Voor beleidsmakers is het belangrijk om de kosten en baten van verschillende mitigatiestrategieën verder in beeld te brengen en de juridische haalbaarheid in kaart te brengen. Het ClimOP-project is in de zomer van 2023 afgerond.

Voor aanvullende informatie, zie de projectpagina: <https://www.climop-h2020.eu/>

Projectpartners: DeepBlue, DLR, TU Delft, ITÜ,

Amigo, IATA, SEA Milan Airports

Periode: 2019 - 2023



Niet-CO₂-klimaat effecten

Bij de verbranding van luchtvaartbrandstof in een vliegtuigmotor komen er allerlei gassen en deeltjes vrij. Naast de veelal bekende CO₂ zijn dat onder andere stikstofoxiden, roetdeeltjes en waterdamp. Hoog in de lucht, op kruishoogte, hebben deze emissies zowel chemische als fysische invloeden op de atmosfeer die bijdragen aan klimaatverandering. We noemen dit 'niet-CO₂-klimaat effecten' omdat het zelf geen broeikasgassen zijn. De meest zichtbare effecten zijn de zogenoemde vliegtuigstrepen, oftewel condensatiesporen of *contrails* (een samenvoeging van de Engelse termen *condensation* en *trails*), die achter de draaiende motoren ontstaan wanneer de uitgestoten waterdamp bevriest tot ijskristallen. Afhankelijk van het tijdstip op de dag zorgt deze extra wolkvorming lokaal voor opwarming of afkoeling van het aardoppervlak.

Lager en langzamer vliegen kan de klimaat impact van een vlucht tot dertien procent verlagen



Niet-CO₂-emissies kunnen de chemische samenstelling van de atmosfeer en de bewolking veranderen

D+

Vermijden van gevoelige atmosferische gebieden voorkomt wolkvorming

In sommige gevallen blijven de condensatiesporen van vliegtuigen, ook wel contrails genoemd, lang zichtbaar in de lucht hangen. Deze niet-CO₂-emissie levert daarmee een belangrijke bijdrage aan klimaatverandering. Vliegtuigen zouden een andere route kunnen vliegen waarbij ze gebieden in de atmosfeer, die gevoelig zijn voor de effecten van vliegtuigemissies, moeten zien te vermijden. Indien een klein deel van de vluchten wordt omgeleid, heeft dat al een wezenlijk effect. Het CICONIA-project onderzoekt of dit op grote schaal te realiseren is.

Vliegtuigmotoren produceren directe emissies die vrijkomen bij de verbranding van brandstof en indirecte emissies die daaruit voortvloeien. Directe emissies die van invloed zijn op het klimaat omvatten koolstofdioxide (CO₂) en niet-CO₂-emissies zoals stikstofdioxide (NO_x), waterdamp (H₂O), niet-vluchtige fijnstof (nvPM, voornamelijk samengesteld uit roet) en zwaveloxiden (SO_x). Er zijn ook indirecte emissies die ontstaan door de interactie van deze directe emissies met de omgevingsatmosfeer waar vliegtuigen doorheen vliegen; dit is het geval van condensatiesporen (contrails). Contrails kunnen zich onder specifieke atmosferische omstandigheden in de bovenste laag van de troposfeer en onderste laag van de stratosfeer vormen door de condensatie van zowel uitgestoten water als omgevingsatmosfeerwater; ze kunnen blijven

bestaan zolang ze in ijsoververzadigingsgebieden blijven en later evolueren tot contrail-cirruswolken. Afhankelijk van de heersende weersomstandigheden, hoogte en geografische locatie kunnen niet-CO₂-emissies de chemische samenstelling van de atmosfeer en de bewolking veranderen, wat op zijn beurt het klimaat kan beïnvloeden. Contrailcirrus en NO_x-emissies worden tegenwoordig beschouwd als de belangrijkste niet-CO₂-bijdragers.

Bij het nastreven van verbeteringen van de milieuprestaties is het van cruciaal belang om de klimaatimpact van de luchtvaart te beperken met operationele middelen, waarbij die gebieden in de atmosfeer worden vermeden die bijzonder gevoelig zijn voor de effecten van luchtvaartemissies. Recent

onderzoek suggereert dat slechts een klein deel van de vluchten moet worden omgeleid om 80% van de klimaatopwarming door contrails in de Noord-Atlantische vluchtcorridor te voorkomen. In een haalbaarheidsstudie is aangetoond dat, afhankelijk van de weersituatie over een groot gebied, de zogenoemde synoptische situatie, aanzienlijke reducties van de totale klimaateffecten kunnen worden bereikt met slechts een kleine brandstofstraf.

In het project CICONIA, een acroniem voor 'Climate effects reduced by innovative concept of operations - needs and impacts assessment', werkt NLR samen met andere grote spelers binnen de Europese civiele luchtvaart aan een duurzamere luchtvaart om de EU-ambities op het gebied van de Green Deal mogelijk te maken. De coördinerende partij voor het project is Airbus waarbij CICONIA loopt van 2023 tot in 2026.

Niet-CO₂-effecten, en in het bijzonder de effecten van aanhoudende contrails, kunnen worden verminderd door op een aangepaste wijze een traject te vliegen. In het CICONIA-project wordt onderzocht of deze operationele mitigatiemaatregelen op grote schaal haalbaar zijn. Dat betekent dat er in deze onderzoeksfase veel relevante informatie moet worden verzameld om een compleet beeld te kunnen vormen van wat de operationele mitigatiemaatregelen zouden kunnen zijn.

De oplossing zal naar verwachting TRL4-volwassenheid² bereiken aan het einde van het project. Er worden validatieoefeningen gepland die verschillende soorten validaties (simulatie, desktop/schaduwmodus en vluchtproef) omvatten en waarbij verscheidene hoofdrolspelers betrokken zijn, zoals een luchtvaartmaatschappij en luchtverkeersleiding (*air navigation service provider*, oftewel ANSP). Binnen de oefeningen worden zowel pre-tactische als tactische vluchtfases en verschillende luchtruimen (continentaal, oceanisch) beschouwd.

De rol van NLR is vierledig:

- Onderzoeken wat de invloed is van de *performance* van vliegtuigmotoren op contrail-formatie.
- Taakleider in het onderzoek naar wat een geschikte *environmental performance metric* is die inzicht geeft in de combinatie van uitgestoten CO₂ en niet-CO₂. Dit werk bouwt verder op een van de ontwikkelde oplossingen door NLR uit het CREATE-project (CREATE-SOL-3, *CO₂ and non-CO₂ balanced Environmental Scores Module*). Hieronder valt ook het organiseren van stakeholder-workshops om te bespreken hoe een "eerlijke" *environmental metric* gemaakt kan worden om *Green ATM Operations* verder aan te sporen. Dit zal worden gedaan met o.a. ANSP's, luchtvaartmaatschappijen en toezichthouders.

- Bijdragen aan het ontwikkelen van een operationeel concept dat kijkt naar *Green ATM operations*, met name gericht op het reduceren van de klimaatimpact door de niet-CO₂-effecten te mitigeren voor een netwerk aan vliegtuigen.
- Uitvoeren van fasttime-simulaties voor validatie met de zogenoemde *NLR Traffic Manager*. Dit werk bouwt voort op het onderzoek dat in het CREATE-project is uitgevoerd. Deze simulatieactiviteiten integreren de activiteiten van *meteo service providers, airline flight planning, network manager demand and capacity balancing, en reduced environmental impact*.

De CICONIA-oplossing richt zich uiteindelijk op drie hoofdaspecten die ertoe moeten leiden dat er sprake zal zijn van klimaatgeoptimaliseerde trajecten, dat aanhoudende beïnvloeding door contrails (vluchtplanning en afwegingen) wordt beperkt en dat voorzieningen voor tactische optimalisaties kunnen worden doorgevoerd.

Voor aanvullende informatie, zie de projectpagina:

<https://sesarju.eu/projects/CICONIA>

Projectpartners: Airbus, Meteo-France, Airbus Operations, Eurocontrol, Universitat Politècnica De Catalunya, Air France, DSNA, ONERA, ENAC, Forschungszentrum Jülich, Boeing Aerospace Spain, NATS, Swiss International Air Lines, University of Manchester, DLR

Periode: 2023 – 2026

²Technology Readiness Levels (TRL) geven de mate van ontwikkeling van een technologie aan, waarbij TRL1 staat voor technologie aan het begin van de ontwikkeling en TRL9 voor technologie die zich in een operationele omgeving bewezen heeft. NLR volgt hierin de definitie zoals vastgesteld door de Europese Commissie.



Voorspellen hoe het vliegtuig zich gedraagt

Jos VanKan werkt op de afdeling Collaborative Engineering Systems, waar een groot deel van zijn werk in het teken staat van de grootste uitdaging voor de luchtvaart op dit moment: verduurzamen. Aan de hand van wiskundige modellen kan de onderzoeker voorspellen hoe een vliegtuig zich gedraagt onder snel veranderende omstandigheden. Met deze modellen kan het gebruik van verschillende aandrijvingen, zoals op kerosine, waterstof of elektriciteit, maar ook van lichte en sterke materialen, zoals koolstofvezel versterkte composieten, onderzocht worden.

“Als passagier merk je er niets van dat de vleugels en romp van het vliegtuig zijn gemaakt van composiet dat lichter is dan aluminium, waardoor het vliegtuig minder brandstof gebruikt en dus zuiniger en schoner vliegt. Maar voor ons klimaat en milieu maken dit soort ontwikkelingen samen een groot verschil. Het is heel gaaf om daar onderdeel van te zijn; bij NLR werken we met meer dan zeventienhonderd mensen dag in dag uit aan een betere luchtvaart.”



Ondersteuning van luchtverkeersleiding bij onweer

Naast het tegengaan van klimaatverandering is er ook steeds meer aandacht voor klimaatadaptatie. Zo zullen er in de toekomst vaker hevige onweersbuien zijn. Dat heeft een grote impact op de vliegveiligheid. Ondanks die weersveranderingen streeft het project ATC-TBO ernaar om vliegen veilig, voorspelbaar en efficiënt te houden.

Vanwege de veiligheid zal een vliegtuig nooit door of te dicht bij een onweersbui vliegen. Op dagen waarin er onweerscondities zijn, kan de vliegoperatie dus ernstig verstoord worden. Piloten vragen alternatieve routes of aanpassingen aan bij de luchtverkeersleiding (*Air Traffic Control*, ATC), die met een erg hoge werklast te maken zal krijgen in periodes met onweer. De initiële vraag om onweercondities te vermijden komt vanuit de cockpit.

De piloten krijgen onder andere met behulp van hun *on-board* weerradar zicht op de condities enkele tientallen mijlen voor hun toestel. Hierdoor heeft de verkeersleider (*Air Traffic Controller*, ATCO) niet altijd voldoende overzicht van wat er aangevraagd gaat worden. In het ATC-TBO-project (*ATC trajectory-based operations*) wordt daarom onderzocht of de ATCO niet proactief kan ingrijpen, zodat de cockpit geen *reroutings* meer hoeft aan te vragen en waardoor de ATCO beter het overzicht

bewaart. Hierdoor zal de werklast kunnen verbeteren ten opzichte van de huidige situatie. De uitdaging zit in de onvoorspelbaarheid van cockpitaanvragen om onweerscondities (*Adverse Weather Areas* - AWA) te vermijden, en om die taak proactief bij de ATCO neer te leggen zodat dit de werklast en voorspelbaarheid ten goede komt.

Als oplossing ontwikkelt het ATC-TBO-project een extra tool ter ondersteuning van de ATCO. Die tool zal de AWA's integreren in de *controller working position* (CWP). Dat geldt zowel voor huidig onweer als voor voorspellingen over hoe de onweerscondities zich in de komende minuten verder zal ontwikkelen. De tool zal bovendien ook een conflict-detectiemechanisme bevatten die de ATCO signaleert of en wanneer een bepaald vliegtuig in het huidige vliegpad in conflict zal komen met

onweerscondities. Bovendien onderzoekt het project of het ook helpt wanneer een oplossingsrichting aan de verkeersleider gegeven wordt, om het voorspelde conflict tussen onweerscondities en vliegtuig op te lossen. De verwachting is dat deze tool de werklust van de ATCO zal verlagen bij onweerscondities en zo ook de veiligheid en voorspelbaarheid van het verloop van een vlucht zal verhogen.

De impact van het project zal inzichten geven in de bruikbaarheid en toepasbaarheid van zo'n ondersteunend tool, dat in het geval van onweerscondities de ATM-operatie veiliger, voorspelbaarder en efficiënter kan maken.

In de NARSIM-simulator (NLR's *Air Traffic Control Research Simulator*) zal gedurende een periode van twee enkele dagen tijdens een validatie beoordeeld worden of de oplossing werkt. Voor de oefening zal daarbij een gebied op middelgrote hoogte rondom een vliegveld en een uitgebreid gebied op grotere hoogte (voor 'en-route' verkeer) in het Nederlands luchtruim worden nagebootst, oftewel TMA (*Terminal Control Area*) en ACC (*Area Control Centre*).

Projectpartners: ATC-TBO: Eurocontrol, AI OPS SAS, AIRBUS, AIRBUS DS SAS, AirNav Ireland, AIRTEL, AUSTRO CONTROL, BULATSA, CCL, CIRA, DEEP BLUE, DFS, DLR, DSNA, ENAC, ENAIRE, EUROCONTROL, INDRA, INTEGRA, LfV, NATS, NAV PORTUGAL, NAVIAIR LfV, PANSAS, RCF, ROMATSA RA, SKYGUIDE, SKYSOFT-ATM, SWISS, THALES LAS, UNIWARSAW

Periode: 2023 - 2026

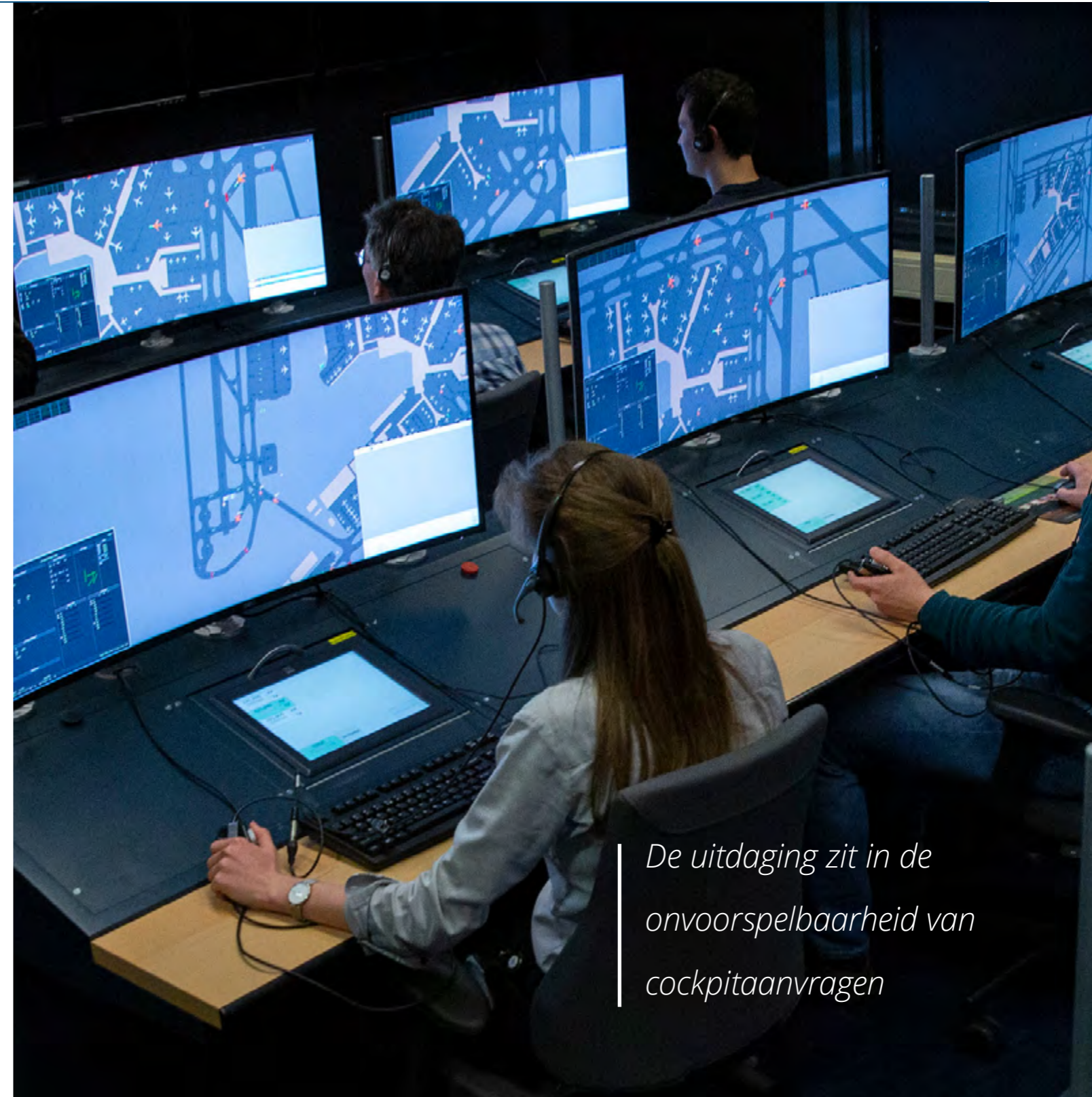
De tool zal getoetst worden aan de hand van volgende parameters:

- Efficiëntie en werkbaarheid voor de ATCO (aan de hand van metingen via vragenlijsten).
- Efficiëntie van de gehele operatie (post run data processing, waarbij de vergelijking wordt gemaakt van een referentierun – zonder tool – en de solution run, met tool).
- De validatie-oefening zal wellicht enkele dagen in beslag nemen

Het gebruik van een datalink zal essentieel worden voor de tool. Met behulp van de datalink zullen namelijk laterale/longitudinale klaringen gegeven en geupload worden.

Onder leiding van Eurocontrol werkt het project samen met meer dan tien ANSPs, industrie-partijen en onderzoeksinstellingen.

Voor aanvullende informatie, zie de projectpagina: <https://www.sesarju.eu/projects/ATC-TBO>



De uitdaging zit in de onvoorspelbaarheid van cockpitaanvragen



Projectpartners

Airbus, ONERA, CIRA, TU Delft and Orange

Aerospace B.V.

Periode: 2023 - 2024

D+

Testen van innovatieve technologie op schaal in de vlucht

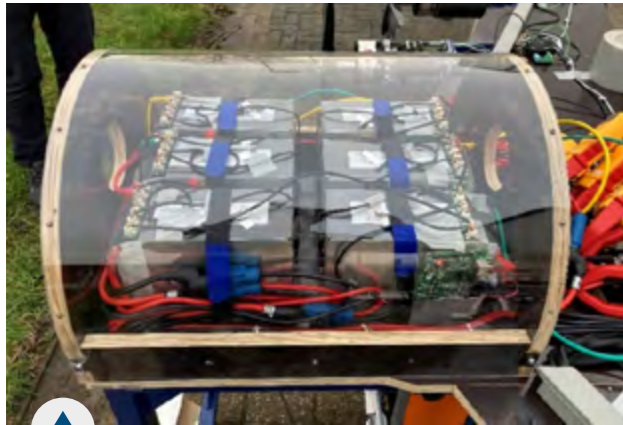
Bij het streven naar een klimaatneutrale luchtvaart spelen ook nieuwe soorten vliegtuigen een belangrijke rol. Het kost echter niet alleen veel geld maar ook veel tijd om prototypes met alternatieve configuraties veilig te laten vliegen. Schaalmodellen die een vliegtuig op ware grootte nabootsen, bieden mogelijkheden om ontwikkelingen te versnellen. Samen met andere partners werkt NLR aan een *scaled flight demonstrator* (SFD), een elektrisch aangedreven drone met gedistribueerde voortstuwing.

De luchtvaart moet verduurzamen en dat vereist onder meer innovatieve vliegtuigmodellen en alternatieve manieren van aandrijving. Om de ontwikkelingen op dat gebied te versnellen, onderzoekt Koninklijke NLR samen met Airbus, TU Delft en de Italiaanse en Franse kennisinstututen CIRA en ONERA, ondersteund door Orange Aerospace deze innovaties met schaalmodellen die de dynamische bewegingen van een vliegtuig op ware grootte nabootsen. Eerst, in voorgaande jaren, is de potentie van de techniek aangetoond door een schaalmodel van een bestaand groot passagiersvliegtuig te maken en te bemeten. Parallel is in een ontwerpstudie vastgesteld dat gedistribueerde voort-

stuwing, aandrijving met veel propellers of straal-

motoren, veelbelovend is voor grote vliegtuigen aangedreven met *Hybrid Electric Propulsion* (HEP). Vervolgens wordt de veelbelovende technologie van gedistribueerde voortstuwing in de vlucht getest en gedemonstreerd op schaal.

Het jaar 2023 begon met een al ontworpen, gebouwd en werkend schaalmodel met gedistribueerde voortstuwing. De aerodynamische eigenschappen en prestaties van een geschaald vliegtuig met gedistribueerde elektrische voortstuwing zijn in de DNW LLF (*large low-speed facility*) windtunnel gemeten (zie foto hiernaast). De informatie is interessant ten aanzien van de nieuwe technologie en wordt ook



Het rompdeel elektrisch en thermisch relevant gesimuleerd



De batterijen met daarop instrumentatie voor het monitoren van elektrische parameters.

gebruikt voor het verkleinen van het risico van het vliegen met het model. De autopiloot werd er mee getuned, een vluchtsimulator werd gemaakt voor het trainen van de *remote*-vlieger en functioneren van systemen en structuur werd bevestigd. Daarna gaven taxitesten, uitgevoerd op Breda International Airport en luchtmachtbasis Deelen, aan dat het model goede taxi-eigenschappen heeft, waarbij het vliegtuig werd bediend vanuit een grondstation. Vervolgens zijn de batterijen vervangen door batterijen van een ander type.

Er ontstond een brand tijdens een grondtest met de nieuwe batterijen waarbij het vliegtuig verloren ging. Een bittere pil maar de oorzaak van de brand is onderzocht en het ontwerp van het geschaald vliegtuig werd verbeterd. Dit soort incidenten benadrukt des te meer de toegevoegde waarde van gedegen onderzoek waarbij uitvoerig testen noodzakelijk is. Verbeteringen van vooral het elektrische voedings- en distributiesysteem zijn vervolgens getest in een grondopstelling (zie foto's).

Met het aangepaste ontwerp is een verbeterde versie van het vliegtuig gemaakt. Met het verbeterde vliegtuig zijn inmiddels in 2024 opnieuw taxitesten uitgevoerd op luchtmachtbasis Deelen en zijn 27 vluchten uitgevoerd met het vliegtuig vanaf Aeroporto di Taranto – Grottaglie in Puglia (Italië). Tijdens deze vluchten werden de dynamische eigenschappen en de besturing van het vliegtuig met zeer nauwkeurige instrumentatie gemeten en gekarakteriseerd. Besturing met behulp van verschil in voortstuwing van de motoren, aangevuld of in plaats van besturing met traditionele stuurvlakken, is getest en gedemonstreerd. Ook de *remote*-vlieger bediende het vliegtuig deels via verschillen in voortstuwing van motoren, een nieuwe, duurzame mogelijkheid.

In het ontwerp, tijdens het test- en integratieproces, bij de windtunnelmetingen en uit vluchresultaten is veel geleerd over de mogelijkheden van gedistribueerde voortstuwing en zijn ontwerprisico's voor het ontwerp van volle-schaal vliegtuigen met deze technologie verkleind.

Incidenten benadrukken de toegevoegde waarde van uitvoerig testen





Bert Thuis
Divisiemanager Aerospace Vehicles

Competitieve lucht- en ruimtevaart

De luchtvaartsector staat op het punt van een ingrijpende transformatie, veroorzaakt door zowel een stijgende vraag naar luchtvervoer als de noodzaak voor duurzaamheid. NLR speelt een sleutelrol door middel van baanbrekende innovaties. Het thema competitieve lucht -en ruimtevaart is daarbij nauw verweven met de twee andere strategische thema's, 'Duurzame luchtvaart' en 'Veilige samenleving'.

Een belangrijke uitdaging is de overgang naar duurzame luchtvaarttechnologieën, met als doel om tegen 2050 klimaatneutraal te vliegen. Emissieloos vliegen blijft technisch uitdagend, maar NLR streeft in ieder geval naar het drastisch verminderen van CO₂-uitstoot via projecten zoals in het programma 'Luchtvaart in Transitie'. Dit door het Nationaal Groeifonds gefinancierde programma onderzoekt innovatieve oplossingen voor duurzame luchtvaart en ondersteunt de overgang naar klimaatneutraal vliegen. Binnen dit programma werkt NLR samen met industriepartners, universiteiten en hogescholen om technologische doorbraken te realiseren.

"Naast waterstof onderzoeken we ook andere duurzame alternatieven", zegt Bert Thuis, divisiemanager *Aerospace Vehicles* NLR. "We houden alle opties open en werken aan flexibele testfaciliteiten en onderzoeksprogramma's die ons in staat stellen snel in te spelen op nieuwe technologische ontwikkelingen. Onze recent ontwikkelde 'Energy to Propulsion'-testfaciliteit is een voorbeeld van hoe we anticiperen op nieuwe technologieën en deze in de praktijk kunnen testen".



KLIMAATNEUTRALE
LUCHTVAART

VEILIGE EN
CONCURRENDE
OPERATIE

ONTWIKKELING VAN
LUCHT- EN
RUIMTEVAARTUIGEN

OPERATIONELE
BESCHIKBAARHEID

INFORMATIE-
GESTUURD
OPEREREN

FUTURE AIR &
SPACE POWER

klik en ontdek de programma's

Waterstof als energiedrager biedt veelbelovende kansen om de klimaatimpact door vliegen te verminderen, maar brengt ook grote uitdagingen met zich mee. Het vereist robuuste brandstoftanks, wat invloed heeft op het ontwerp en de prestaties van vliegtuigen. Daarnaast moet de infrastructuur op luchthavens daarop worden aangepast.

In de huidige tijdgeest speelt NLR tevens een cruciale rol in het navigeren door geopolitieke onzekerheden en dreigende materiaal tekorten in strategische materialen. Maar door technologische vooruitgang te combineren met strategische visie, biedt NLR essentiële ondersteuning aan overheden, de luchtvaartindustrie en de samenleving om een concurrerende en duurzame toekomst te waarborgen. Die samenwerking met nationale en internationale partners en regelgevende instanties is essentieel om de Nederlandse concurrentiepositie te versterken te midden van technologische en geopolitieke uitdagingen.

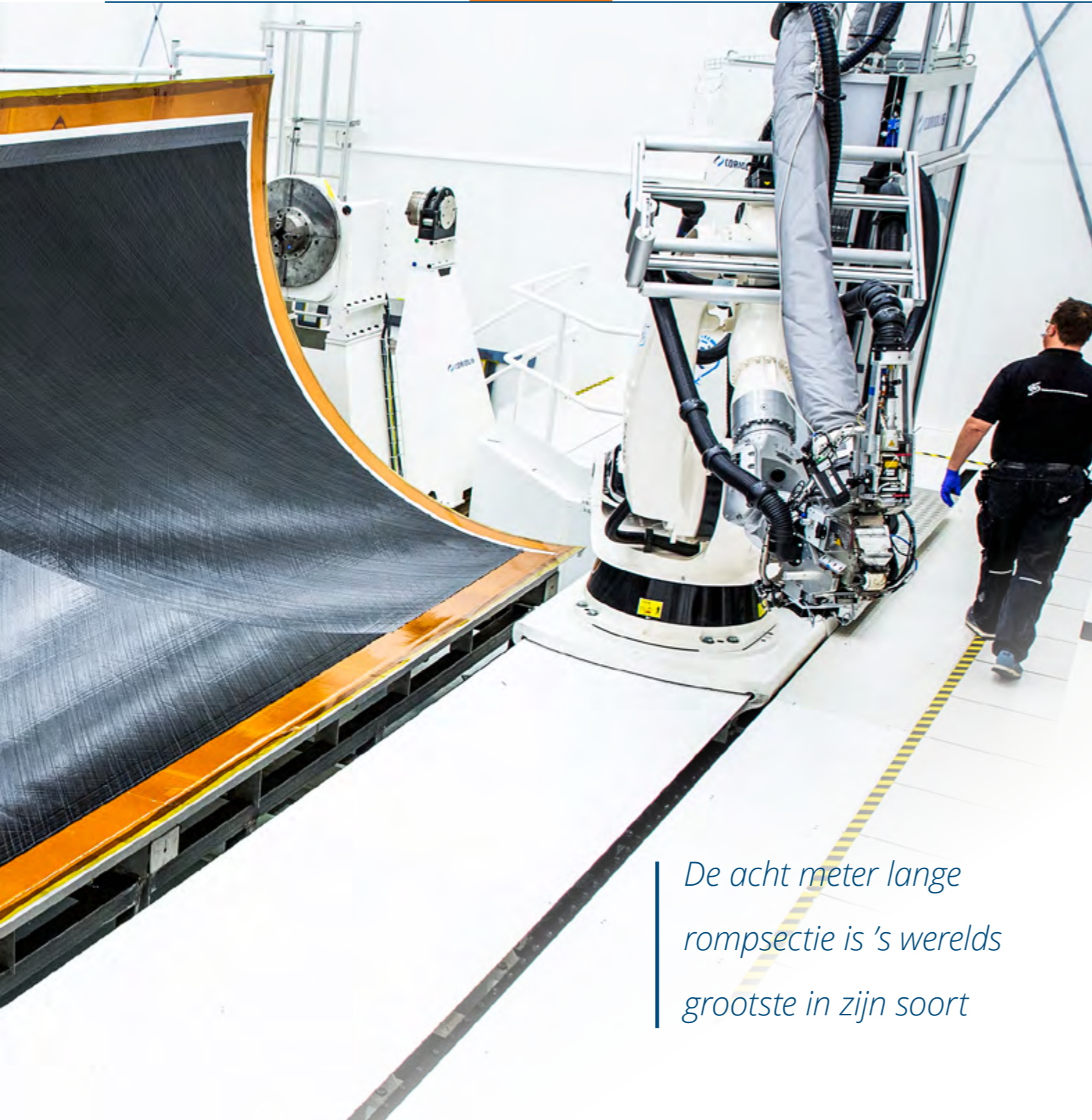


Thermoplast zet een nieuwe standaard in vliegtuigtechnologie

Met welk materiaal kunnen we grote passagiersvliegtuigen lichter maken? Composit, in het bijzonder ‘koolstofvezel-versterkte thermoplastisch materiaal’ biedt een goed alternatief. Middels’s werelds grootste vliegtuigrompsectie gemaakt van thermoplast is een innovatief modulair maak- en assemblageproces met het nieuwe materiaal aangetoond.

Met koolstofvezel-versterkt thermoplastisch materiaal maakt een nieuwe generatie van vliegtuigen voor de korte en middellange afstand mogelijk met aanzienlijke gewichtsbesparing en resulterende beperking van brandstofgebruik, CO₂- en NO_x-emissies. Daarbijkandoor automatisering de productie van dergelijke vliegtuigen (60 per maand) efficiënt worden verhoogd naar 100 per maand. NLR heeft aan deze vliegtuigrompdemonstrator van thermoplast bijgedragen door de huid van de onderste helft te maken met geautomatiseerde vezelplaatsingstechnologie en door co-consolidatie van de twee rompdelen tot één stuk. Daarnaast heeft NLR bijgedragen aan de ontwikkeling van thermoplastlastechnologie, 3D-printtechnologie met metalen, en scheurgroei-stopstechnologie voor thermoplasten romppanelen.





*De acht meter lange
rompsectie is 's werelds
grootste in zijn soort*

Voor de reductie van de klimaateffecten van de wereldwijde luchtvaart is voor grote passagiersvliegtuigen voor de korte tot middellange afstand gezocht naar lichtere rompen dan de huidige aluminium rompen. Daarnaast dienen de lichtere rompen efficiënt en kosteneffectief in grote aantallen geproduceerd te kunnen worden.

In Europese samenwerking is hiervoor een maak- en assemblageconcept ontwikkeld voor een lichtgewicht romp, waarbij de romp gemaakt is van thermoplasten-koolstofvezelversterkt materiaal (*low melt PAEK*). De romp is opgebouwd in modules met geïntegreerde systeem- en interieurdelen, en geassembleerd met lastechnologie, in geautomatiseerde processen. Dit maak- en assemblageconcept is gedemonstreerd op een acht meter lange rompsectie (*MultiFunctional Fuselage Demonstrator (MFFD)*), die begin 2024 gereed is gekomen en 's werelds grootste in zijn soort is.

NLR heeft tot en met 2021 bijgedragen door het maakproces voor de huid van de onderste helft van de MFFD te ontwikkelen en te demonstreren. Dit huiddeel is als één composiet deel (met een lengte van 8,5 en doorsnede van 4 meter) opgeleverd aan GKN Fokker. Daarnaast heeft NLR technologie ontwikkeld om rechte verstijvers lokaal te vervormen om ze passend te maken bij sterk verlopende dikteverschillen aan de binnenzijde van de huid in de onderste helft van de MFFD. Tevens heeft NLR

tijdens het project relevante thermoplast-lastechnologie, 3D-printtechnologie met metalen, en scheurgroei-stoptechnologie voor thermoplast romppanelen verder ontwikkeld. Ook deze ontwikkelingen zijn begin 2024 afgerond.

NLR projectleider Johan Kos vat samen: "Met dit project heeft NLR de unieke gelegenheid benut om met 's werelds grootste demonstrator de voordelen van thermoplast te laten zien, in combinatie met ontwikkeling van gedetailleerde maak- en simulatietechnologieën die daarbij nodig zijn, samen met de Nederlandse en Europese partners".

Zo heeft NLR in 2023 het inductielassen van thermoplasten-koolstofvezelversterkte composieten delen verder onderzocht. Effecten van variaties in het productieproces zijn experimenteel onderzocht, evenals het lassen van rompdelen met bescherming tegen blikseminslag. De proefstukken zijn daarbij mechanisch getest. Voor de voorspelbaarheid van het inductielasproces is de simulatie van het inductief verwarmen van laminaten tijdens lassen verder ontwikkeld en geverifieerd. De resultaten zijn gedissemineerd in een paper en presentatie tijdens de MFFD-sessie op de vooraanstaande AIAA Scitech-conferentie in de Verenigde Staten.

In 2023 is het werk afgerond aan de simulatie van de procesketen van het maakproces van de complexe, metalen verbindingstukken tussen de thermoplasten delen van de MFFD. Simulatie voorspelt het effect van het laser-metaaldepositieproces en de invloed van verdere stappen van het productieproces op interne spanningen en vermoeiingsleven van het verbindingstuk. Wanneer het maakproces niet voldoet, geeft simulatie de basis om het maakproces effectief aan te passen.

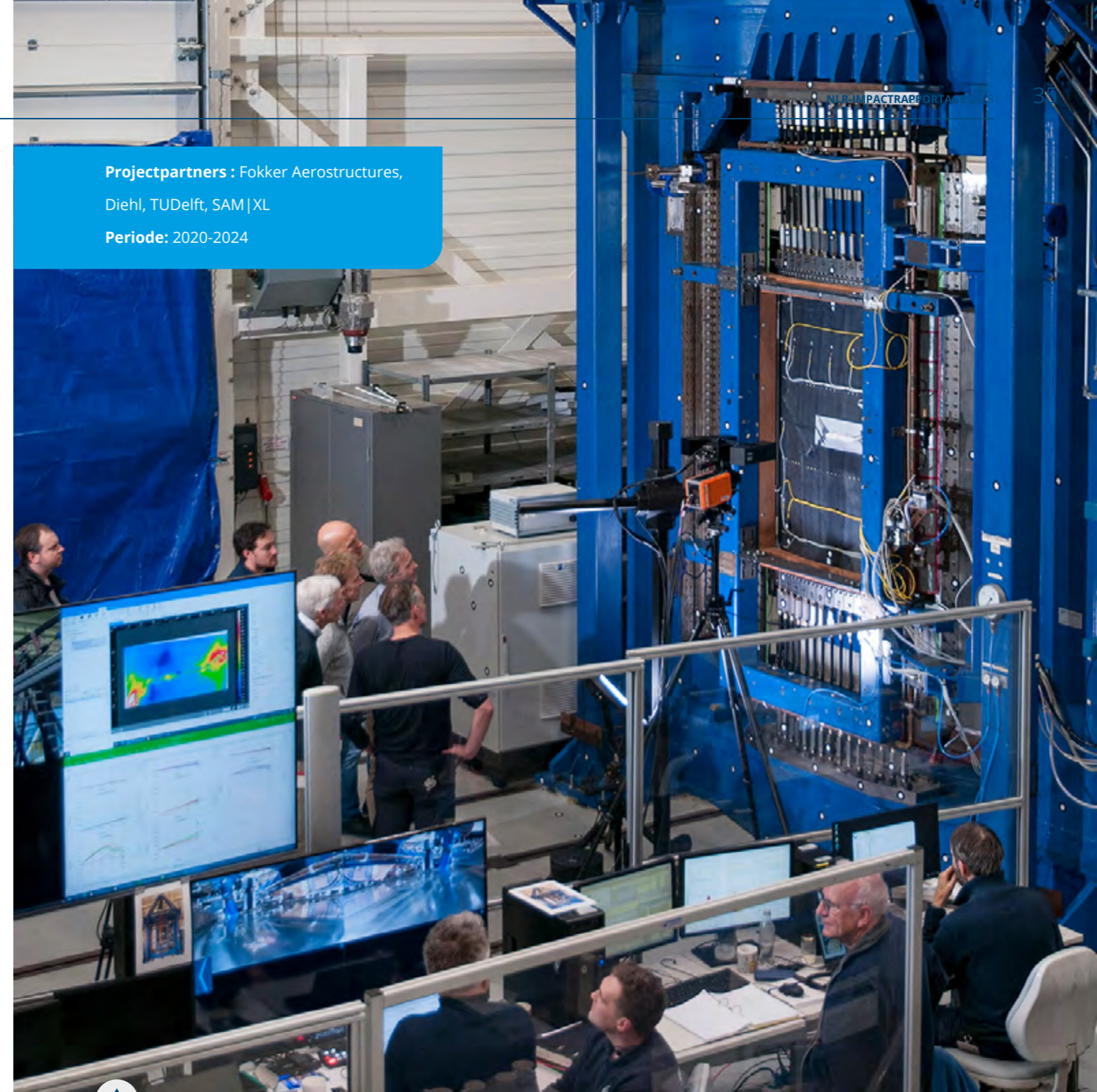
Tot slot is in 2023 gewerkt aan voorzieningen om te voorkomen dat een schade of scheur in de vliegtuighuid de vliegveiligheid direct in gevaar zou brengen. Een model voor de scheurgroei in thermoplasten romppanelen is verder ontwikkeld en getest. NLR's ROTOP-testopstelling voor romppanelen is hiervoor verbeterd en geschikt gemaakt voor de scheurgroei-test op een realistisch paneel met voorzieningen om scheurgroei te stoppen onder realistische belastingen (cabinedruk, axiale trekbelasting en spantbelasting). Deze test is begin 2024 uitgevoerd met succesvolle stop van de scheurgroei. De test heeft, mede door gebruik van passieve thermografietechnieken om de scheurgroei door de dikte heen te volgen, ook gedetailleerd inzicht opgeleverd in de mogelijkheden om

de scheurgroei te simuleren en daarmee het succes van dergelijke voorzieningen correct te voorspellen. In deze technologieonderwerpen is samengewerkt met GKN Fokker, Airbus en TU Delft.

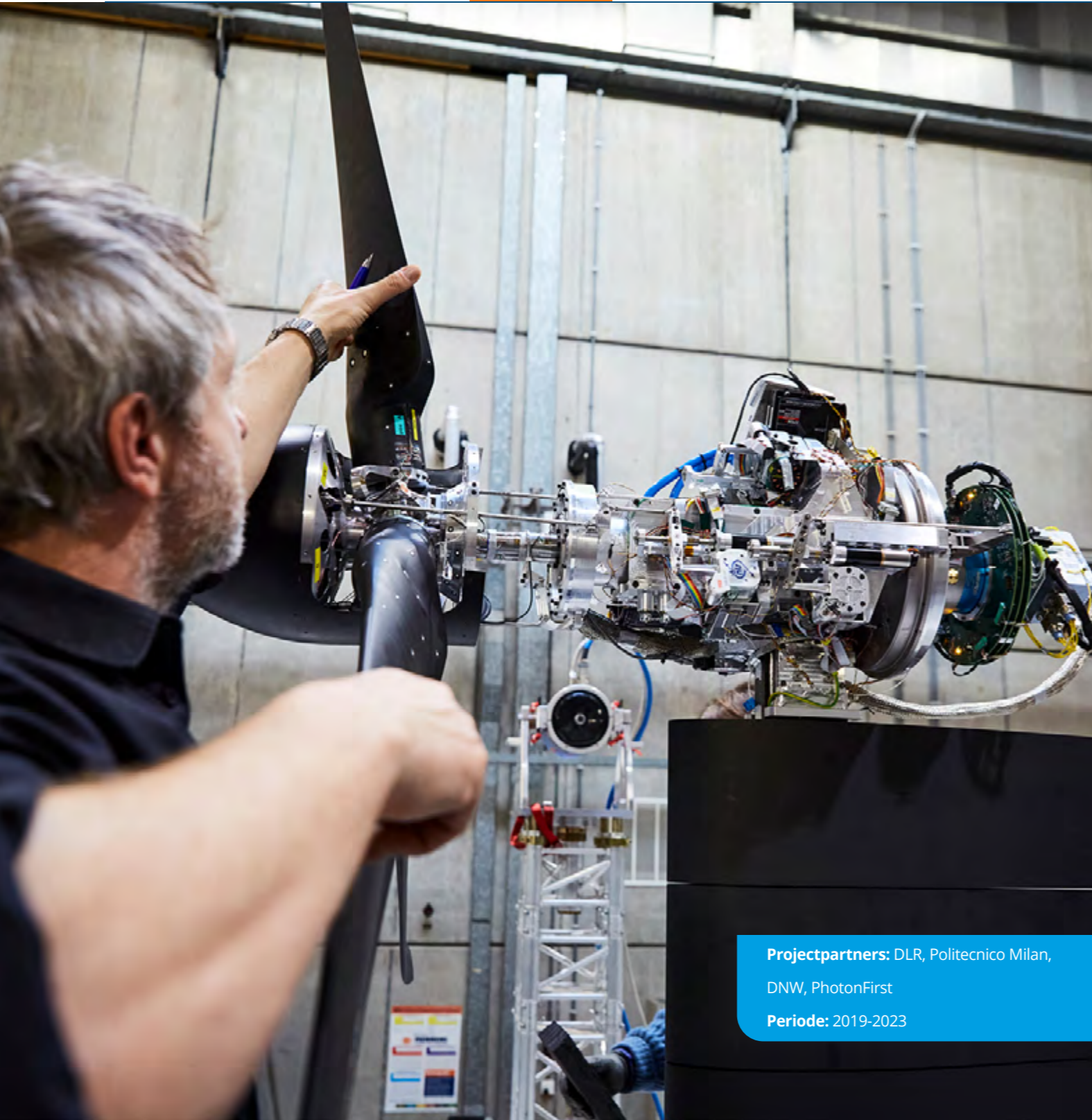
Door de grootschalige demonstratie is aangetoond dat het lichtgewicht rompconcept in thermoplast meer dan 1000kg aan gewicht kan besparen ten opzichte van de huidige romp, en daarmee significant kan bijdragen aan brandstofbesparing en de reductie van de emissies van CO₂ en NO_x. Meer dan 40 technologieën, inclusief hun voorspelbaarheid, zijn verder ontwikkeld richting daadwerkelijke toepassing in productieprocessen en 11 patenten zijn veilig gesteld. De gebruikte thermoplasten composiet materialen zijn beter herbruikbaar dan de gangbare thermoharder composiet materialen. Naast het behalen van deze milieu- en klimaatvoordelen is een verdere opschaling van de productie mogelijk naar 70 tot 100 stuks per maand, in vergelijking met de huidige productie van 60. Tot slot zijn de resultaten uitgebreid gedissemineerd in meer dan 110 uitingen en in de belangrijkste bijdragen aan vooraanstaande conferenties, zodat de vele innovaties in deze vliegtuigtechnologieontwikkeling de hele luchtvaartsector en de samenleving ten goede komen.

Projectpartners : Fokker Aerostructures, Diehl, TUDelft, SAM|XL

Periode: 2020-2024



Scheurgroei-test in de ROTOP-testopstelling (Romp panelen Test Opstelling).



Projectpartners: DLR, Politecnico Milan,
DNW, PhotonFirst
Periode: 2019-2023

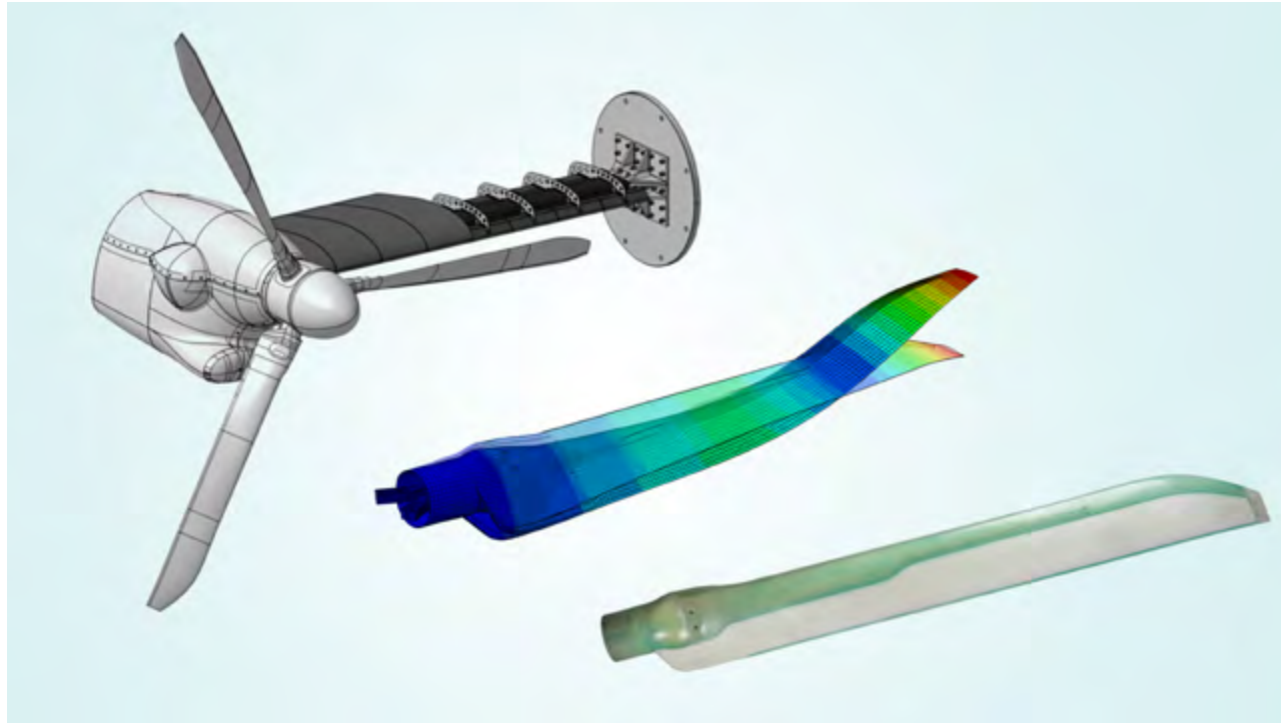
In de windtunnel de grenzen van instabiliteit opzoeken

Bij de ontwikkeling van de volgende generatie helikopters staat centraal dat aan de uitdagende eisen van mobiliteit moet worden voldaan. Dat betekent onder andere sneller kunnen vliegen. De maximale snelheid van een tiltrotor wordt daarbij begrensd door een aeroelastische instabiliteit. Om de risico's met vliegproeven zo laag mogelijk te houden, vereisen de nieuwe platformen door hun noviteit en toegenomen complexiteit dat er eerst veel testen plaatsvinden. Veel kan al met geavanceerde windtunnel-testopstellingen worden onderzocht.

Het tiltrotor-concept combineert de snelheid van een propellervliegtuig met de start- en landingsflexibiliteit van een helikopter en belooft daarmee verbeterde mobiliteit en militaire slagkracht in Europa. De maximale snelheid van een tiltrotor wordt begrensd door een aeroelastische instabiliteit genaamd *whirl flutter*. Dit is een conditie waarbij de interactie van de rotor met de vleugel leidt tot een onstabiele oscillatie met destructieve gevolgen. De analytische voorspelling van de stabiliteitsgrens is vandaag de dag niet mogelijk zonder experimentele verificatie. In verband met vliegveiligheid is het niet haalbaar om dergelijke dynamische testen middels vliegproeven uit te voeren tot aan instabiliteit. Windtunneltesten bieden een geschikt alternatief waarbij, op kleinere

schaal, in een gecontroleerde omgeving, met lager risico, in verschillende testconfiguraties, de grenzen van instabiliteit onderzocht kunnen worden.

Het ATTILA-project (*Advanced testbed for tiltrotor aeroelastics*) heeft als doel de ontwikkeling van numerieke methodes en een geavanceerde windtunnel-testopstelling, op schaal, voor de experimentele bepaling van het *whirl flutter*gedrag van, in dit geval, de Leonardo *Next-Gen Civil Tilt Rotor* (NGCTR). Het unieke, elektrisch aangedreven, dynamische geschaalde windtunnelmodel is door NLR ontworpen en gefabriceerd. NLR heeft hiertoe geavanceerde multidisciplinaire numerieke analyses van het vleugelrotor-systeem gekoppeld met het ontwerpproces om het gewenste geschaalde



dynamische gedrag te realiseren. De rotoren en vleugel zijn ontworpen in glas- en koolstofvezelcomposiet, resulterende in een uniek en complex rotorbladontwerp dat het gedrag op volle schaal in hoge mate weerspiegelt. Het rotorsysteem is voorzien van elektrische aandrijving, een geavanceerd systeem voor bladhoekverstelling gelijkend dat van de NGCTR, en een gepatenteerd elektromechanisch excitatiesysteem benodigd voor dynamische karakterisatie van het fluttergedrag. Het ATTILA-model is samen met partners beproefd in de Large Low-speed Facility (LLF) van DNW ter ondersteuning van de ontwikkeling

van numerieke voorspellingsmethoden. Het model is hierbij bij stapsgewijs oplopende snelheid geëxciteerd om zodoende de frequentie en damping van de fluttermodi te bepalen. De test wordt afgebroken op een snelheid waarbij de damping van een van de modi negatief dreigt te worden. Om deze test op een veilige manier uit te kunnen voeren is er, in combinatie met een gestructureerd besluitvormingsproces, parallel hieraan gebruik gemaakt van meerdere methoden voor *in situ* bepaling van het dynamische gedrag (frequentie, *damping* en trillingsvorm) van het in operatie zijnde windtunnelmodel.

NLR heeft in het project kennis en ervaring opgedaan met betrekking tot complexe aeroelastische simulaties en de koppeling hiervan met het composieten ontwerp van aeroelastisch bepaalde rotoren, alsmede in de dynamische en aeroelastische beproeving van dergelijke roterende systemen. Deze kennis is van belang voor de ondersteuning van de civiele en militaire *fast rotorcraft*-ontwikkelingsprogramma's die momenteel binnen Europa en daarbuiten opgestart worden. Het ATTILA windtunnelmodel, eigendom van NLR, is ontworpen om in de toekomst inzetbaar te zijn voor vervolg testprogramma's, in de DNW LLF of een andere geschikte windtunnel, voor dynamische, aerodynamische en/of akoestische meetdoelstellingen.

Het ATTILA-project was een van de *flagships* van het Clean Sky 2 Fast Rotorcraft programma. De resultaten van het onderzoek zijn tijdens het Clean Aviation Forum 2023 uitgelicht als een van de voornaamste resultaten van het programma. Programmaleider van Clean Aviation, Antonello Marino: "Volledig in lijn met de Horizon 2020-ambitie maakte het ATTILA-project de ontwikkeling mogelijk van nieuwe testmogelijkheden en competenties in Europa rond complexe en kritische aero-elastische verschijnselen zoals *whirl flutter*. Het project heeft enorme hoeveelheden gegevens verzameld die nu zorgvuldig zullen worden geanalyseerd door specialisten en onderzoekers bedoeld voor vele doeleinden en zal onder meer de NextGenCTR-demonstrator ondersteunen bij het veilig uitvoeren van vliegtestactiviteiten in 2024."



Van Additive Manufacturing een standaard productieroute maken

Voor elke toepassing – nieuw of bestaand – in de luchtvaart geldt: het moet lichter, kostenefficiënter en minder belastend voor het klimaat. Ondanks de opkomst van composieten, zullen metalen ook in de nieuwe generatie vliegtuigen een onmisbaar onderdeel zijn. Voor additive manufacturing (AM) is daarin een belangrijke rol weggelegd. Deze technologie is bij uitstek goed in het combineren van verschillende materialen om optimale combinaties van eigenschappen te creëren, maar dan op een meer efficiënte en duurzame manier.

Die combinaties van microstructuren en samenstellingen is precies waar Maria Montero-Sistiaga zich als R&D engineer bij NLR mee bezighoudt. Het is inmiddels bijna vier jaar geleden dat ze bij NLR begon. "Het voelt alsof de tijd voorbij gevlogen is." Toch wist ze in die relatief korte periode al veel klaar te spelen...

Projectpartners: : JetSupport, DT-Solutions, TU Delft, SAM XL, RoboHouse, TNO, KLM E&M, EPCOR, Schiphol, Stage Gate 11, Vanderlande, HVA, S[&]T, T-Hive

Periode: 2021 - 2025



D+

Proeftuin van technische innovaties voor duurzaam Schiphol

Het project BrightSky versterkt de internationale concurrentiepositie van de Nederlandse luchtvaartsector door technische innovaties open rond de luchthaven Schiphol. Onderzoek naar technische innovaties en ontwikkeling van nieuwe diensten en producten leveren een bijdrage aan het behalen van de nationale duurzaamheidsambities. Ook leiden deze activiteiten tot nieuwe banen, betere werkomstandigheden, minder vertragingen en meer veiligheid.

De luchtvaart is hard geraakt door de COVID-19-pandemie. Bedrijven hebben grote inkomstenverliezen geleden en werknemers zijn een deel van hun inkomen of zelfs hun baan verloren. Echter, deze pandemie gaf ook een mogelijkheid om de internationale concurrentiepositie van de Nederlandse luchtvaartsector te versterken. Verhoging van de innovatiekracht door investering in onderzoek en ontwikkeling is een weg naar meer werkgelegenheid in de luchtvaart.

Ook staat de Nederlandse luchtvaartsector voor uitdagingen om bij te dragen aan het behalen van de nationale duurzaamheidsambities. De doelstellingen zijn onveranderd, terwijl investeringsruimte is verdwenen en economische onzekerheid is toegenomen sinds de

COVID-19-pandemie. Samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en onderwijsinstellingen is een weg naar een competitieve, duurzame luchtvaart.

BrightSky richt zich op technische innovaties om grondoperaties op de luchthaven Schiphol duurzamer en efficiënter te maken. Het onderzoek richt zich op innovatieve inspectie- en reparatiemethodes, hulpmiddelen voor de ondersteuning van monteurs op afstand en simulatoren voor grondwerktuigkundigen om het proefdraaien van vliegtuigmotoren te trainen. De ontwikkeling van diensten en producten houdt rekening met naleving van regelgeving voor luchtvaartveiligheid. Bestaande inspectiemethoden zijn grotendeels gebaseerd op conventionele meettechnieken en menselijk zicht. Vliegtuig- en motoronderdelen worden



Onderhoudslast verlagen met technologie en planningen

Het operationeel houden van de luchtvaart is een complexe, cruciale, maar vooral "hele leuke" puzzel om te leggen, als je het Arjan de Jong de vraagt. Hij is Principal Engineer R&D op de afdeling Maintenance and Engineering Technology (MAE) bij NLR.

Op de afdeling MAE werken we aan slimme oplossingen voor het optimaliseren van onderhoudsoperaties, onderhoudsplanningen en de toewijzing van middelen, reserveonderdelen en personeel. In andere woorden: hoe kunnen luchtvaartbedrijven en Defensie het meest uit hun vloot halen? Een voorbeeld van een tool die hierbij helpt, is FlexPlan. Deze planningstool van NLR maakt automatisch slimme onderhoudsplanningen aan op basis van onderhoudsprogramma's en vluchtschema's. Het doel is om de planning van onderhoud te optimaliseren, zodat vliegtuigen zo kort mogelijk aan de grond hoeven te staan.

regelmatig afgeschreven zonder directe constructieve aanleiding, omdat afkeurcriteria mede worden bepaald door de nauwkeurigheid en herhaalbaarheid van meettechnieken. De gevolgen van voortijdige afschrijving zijn kapitaalverlies en extra milieubelasting. Nauwkeurige digitale meetprocessen, automatische defectdetectie en constructieve analyse maken inspectie van grote hoeveelheden onderdelen mogelijk en verminderen onnodige afkeur. BrightSky onderzoekt het 3D inmeten van motorcomponenten.

De introductie van nauwkeurige inspectiemethoden leidt tot vraag naar automatisering van reparatiemethoden. BrightSky onderzoekt koudspuiten voor reparaties van vliegtuigonderdelen. Een machine spuit metaalpoeder met een gasstroom onder hoge snelheid op het oppervlak van een beschadigd vliegtuigonderdeel. Het metaalpoeder hecht zich aan het oppervlak en door herhaling van het proces neemt de dikte van de deklaag toe. Nabewerking van de deklaag is mogelijk om de oppervlakteruwheid te verlagen. Ook een warmtebehandeling voor de vermindering van spanningen in de deklaag behoort tot de mogelijkheden.

Monteurs voor lijnonderhoud hebben regelmatig ondersteuning nodig bij probleemoplossing of herstelwerkzaamheden. Soms wordt een kleine ploeg naar een buitenstation gevlogen om een complexe klacht te verhelpen. Moderne technieken maken ondersteuning op afstand mogelijk, waardoor doorlooptijden van

onderhoud verkorten en verplaatsingen van monteurs verminderen. Monteurs werken in een kunstmatige of in een virtuele werkelijkheid met gesimuleerde hulpmiddelen. Ze hebben bijvoorbeeld via slimme brillen toegang tot instructies voor de vervanging van een vliegtuigcomponent en het aandraaien van bouten met het juiste draaimoment. Kunstmatige intelligentie speelt een rol bij de herkenning van het vliegtuigcomponent. BrightSky ontwikkelt een prototype op basis van gebruikgevallen voor ondersteuning op afstand.

Proefdraaien van vliegtuigmotoren is een complexe onderhoudstaak, die vaak wordt getraind op echte vliegtuigen. Een vliegtuig moet uit de dienstregeling worden gehaald en een proefdraaiplaats moet beschikbaar zijn om een training te organiseren.

BrightSky ontwikkelt op basis van de allernieuwste technieken een digitaal, efficiënt, realistisch en veilig leermiddel voor proefdraaien van vliegtuigmotoren. Grondwerktuigkundigen trainen in een virtuele werkelijkheid om kennis te maken met de cockpit van bijvoorbeeld de Airbus A320 NEO. Ook kunnen ze oefenen met proefdraaien om hun vaardigheden te ontwikkelen.

BrightSky levert een bijdrage aan het behalen van de nationale duurzaamheidsambities en zorgt voor werkgelegenheid in de luchtvaart. Onderzoek naar technische innovaties en ontwikkeling van nieuwe diensten en producten helpen om de internationale concurrentiepositie van de Nederlandse luchtvaartsector te versterken.



Nieuwe methodiek voor kalibreren van een luchtdrukmeting in de luchtvaart

Elk vliegtuig heeft behoefte aan het zeer accuraat meten van hoogte en snelheid ten opzichte van de atmosfeer. NLR vervult deze behoefte door de inzet van het eigen onderzoeksvliegtuig wat volgens een nieuw ontwikkelde methodiek gekalibreerd is. Voor deze nieuwe methodiek is inmiddels een patent toegekend.

Elk vliegtuig maakt gebruik van een hoogte- en snelheidsmeting voor veilige operatie in het luchtruim. Deze waardes worden bepaald door luchtdruk te meten aan de buitenkant van het vliegtuig. Zo meet men dus de snelheid ten opzichte van de luchtstroom (luchtsnelheid) en hoogte t.o.v. een model van de atmosfeer (drukhoogte).

Indien elk vliegtuig hetzelfde model gebruikt kan men tegelijkertijd veilig in het luchtruim vliegen. Echter, elk vliegtuig maakt een fout in deze luchtdrukmeting en daarvoor moet gecorrigeerd worden. Tevens wordt het steeds drukker in het luchtruim en daarmee wordt de eis van accuraat hoogte en snelheid meten ook steeds strikter. Bij het meten van statische druk op de buitenkant of nabij de buitenkant van het vliegtuig in de luchtstroom wordt echter een fout gemaakt. De luchtstroom buigt

namelijk om het vliegtuig heen en verandert daarmee de statische druk. Deze fout is daarmee uniek per vliegtuig, vliegconditie en vliegconfiguratie.

Om daadwerkelijk de druk van de atmosfeer rechtstreeks te meten zonder de fout, moet men in de praktijk op een afstand van tot wel twee keer de spanwijdte van vleugels meten. Dit maakt het rechtstreeks meten van de atmosferische luchtdruk praktisch onmogelijk. Momenteel maakt men gebruik van verschillende bestaande methoden om de luchtdrukmeting op een vliegtuig te kalibreren. Onder deze methodes zit een zogenoemde *Tower Fly by*, waarbij men op verschillende vliegcondities en vliegtuigconfiguraties langs een toren of grondstation vliegt waarmee men de drukken vergelijkt. Echter hiermee is alleen de fout in de luchtdrukmeting op lage hoogte te bepalen en niet



Projectpartners: Bundeswehr, Airbus D&S

Periode: 2023

op grote hoogte. Daarvoor gebruikt men dan een zogenoemde "gesleepte kegel". Dit is een kegelvormig meetinstrument dat aan de achterkant van het vliegtuig uitkomt en met een luchtdrukleiding naar achteren kan uitstrekken, tot het ver genoeg is om uit het invloedsveld van het vliegtuig te komen. Dit apparaat heeft als grootste nadeel dat het erg groot is en een aanzienlijke aanpassing vereist aan het vliegtuig. De nieuw ontwikkelde methodiek kan de fout bepalen door middel van vliegmanoeuvres en heeft dit apparaat dus niet nodig.

De nieuwe methodiek begint met het numeriek bepalen van de fout met *Computational Fluid Dynamics* (CFD) waar men een a priori-model van de fout mee maakt. Vervolgens gebruikt men de klassieke *'Tower fly by'*-methodiek om het model te valideren en aan te passen voor lage vlieghoogte. Op grote vlieghoogtes gaat men dan accelererende-en afremmende manoeuvres vliegen om de fout te laten variëren over verschillende vliegcondities. Deze manoeuvres worden uitgevoerd aan de hand van zogenoemde Isohypsen, lijnen in de atmosfeer die punten van zowel gelijke druk als gelijke hoogte met

elkaar verbinden. Kortom, als men de manoeuvres uitvoert parallel aan deze lijnen en op constante hoogte zal de atmosferische druk niet veranderen. Daarmee zijn de verschillen, die men meet op de luchtdruk tijdens deze manoeuvres, gelijk aan de verschillen in de fout die in kaart gebracht dient te worden. In de praktijk houdt men de hoogte van het vliegtuig tijdens een manoeuvre constant met behulp van de autopiloot. Deze is echter gelimiteerd en met accurate Differentiële GPS (DGPS) kan men achteraf de kleine afwijking nog corrigeren in de data.

Met deze nieuwe methodiek is het onderzoeksvliegtuig – de Cessna Citation II (PH-LAB) van NLR en TU Delft – gekalibreerd in een statische luchtdrukmeting tot onder een resterende maximale fout van 35 pascal (Pa). Dit is ongeveer de helft van de strengste eis die nu aanwezig is voor vliegtuigen die opereren in het luchtruim. Daarmee kan het vliegtuig ingezet worden als zogenoemde *'Pacer'* waarbij men de gekalibreerde luchtdruk overbrengt naar andere vliegtuigen die in de buurt vliegen. Voor de nieuwe methodiek heeft NLR een patent aangevraagd en die is in de zomer van 2023 verleend.



Mark van Venrooij
Divisiemanager Aerospace Systems

Veilige samenleving

Een veilige samenleving is geen vanzelfsprekendheid. In een roerige tijd van mondiale dreigingen en ingewikkelde uitdagingen, wordt de waarde van veiligheid steeds duidelijker. Nederland en Europa staan voor de taak om innovatieve oplossingen te vinden die onze defensie versterken en ons land veilig houden.

NLR spant zich voortdurend in om de weerbaarheid en paraatheid van ons land te vergroten, wat essentieel is voor een stabiel Nederland waarin burgers veilig kunnen wonen, werken en leven. NLR ondersteunt onder andere de ministeries van Defensie en Justitie en Veiligheid, evenals de luchtvaartsector. Onze betrokkenheid bij de veiligheid in het luchtruim en de ruimte is van groot belang. We ontwikkelen ook veiligheidsmaatregelen voor nieuwe technologieën zoals elektrificatie, kunstmatige intelligentie (AI) en drones. Door ons te richten op de veilige implementatie van nieuwe ontwikkelingen, verminderen we risico's en versterken we de integriteit van ons land. Een interdisciplinaire aanpak is hierbij noodzakelijk gezien de verwevenheid van een veilige samenleving met andere thema's. Daarbij ligt een uitdaging in het balanceren van technologische vooruitgang met aansluitende veiligheidseisen en regelgeving. Het verkennen van nieuwe technologieën vereist testen en kennisopbouw. Aanvullend wordt luchtvaartregelgeving gevormd door lessen uit het verleden en vereist voortdurende aanpassing en innovatie.

ix “Om te kunnen voorzien in de behoeftes van de Nederlandse defensie dienen we zeker ons innovatieve vermogen optimaal en zo doelgericht mogelijk in te zetten”, aldus Mark van Venrooij, divisiemanager Aerospace Systems NLR. “Want zoals in de ‘[Defensievisie 2035](#)’ is aangegeven, wil Defensie vernieuwen, moderniseren en andere manieren van vechten incorporeren, waarbij technologie en informatie vaker centraal staan. Middels tien vastgestelde **inrichtingsprincipes** gaan ze dat vormgeven waarbij we voor NLR met name voor ‘Gezaghebbende informatiepositie’ en ‘Multidomein en geïntegreerd optreden’ een prominente rol zien weggelegd.”

klik en ontdek de programma's



VEILIGE EN
CONCURRENDE
OPERATIE

ONTWIKKELING VAN
LUCHT- EN
RUIMTEVAARTUIGEN

OPERATIONELE
BESCHIKBAARHEID

INFORMATIE-
GESTUURD
OPEREREN

FUTURE AIR &
SPACE POWER

ONBEMAND
EN AUTONOOM

OPKOMENDE
TECHNOLOGIEËN

Stap richting de operationalisering van het militair gebruik van de ruimte

Twee Noors-Nederlandse nanosatellieten zijn in 2023 met succes in een baan om de aarde gebracht. De ontwikkeling met deze kleine, relatief goedkope satellieten en geminiaturiseerde sensoren maken het mogelijk om nauwkeurig de locatie van radarsystemen op het aardoppervlak te bepalen. Hiermee behouden Nederland en Noorwegen hun zelfstandige informatiepositie. Het bedrijf SpaceX voerde de lancering uit vanaf Cape Canaveral Space Force Station in Florida.

Ruimtevaarttoepassingen zijn onmisbaar voor krijgsmachten voor de uitvoering van militaire operaties. Denk aan navigatie, positie- en tijdsbepaling, communicatie, observatie en *intelligence, surveillance and reconnaissance*. Militaire operaties gebeuren steeds meer op basis van informatie-gestuurde netwerken, met daaraan gekoppeld de genoemde functies. Satellieten en/of satellietssystemen zijn daarin een cruciaal onderdeel. Informatie-gestuurd optreden en ontwikkeling van eigen ruimtecapaciteiten zijn ook speerpunten in de Defensievisie 2035 en de Defensie Ruimte Agenda (DRA)³.

Op drie januari 2023 zijn de twee MilSpace-2-satellieten 'Huygens' en 'Birkeland' (vernoemd naar de Noorse en Nederlandse wetenschappers) succesvol in een baan om de aarde gebracht. Een unieke gebeurtenis binnen de SMART-samenwerking, oftewel de 'Strategic Mutual Assistance in Research and Technology', tussen Noorwegen en Nederland. Doel van het MilSpace2-project is het demonstreren van *RF Spectrum Monitoring* vanuit de ruimte met de intentie om dit operationeel in te gaan richten. Deze onderzoeksmissie bestaat uit een tweetal cubesats van 6U (elk ongeveer 30x20x10 cm) en ongeveer 10 kilogram per stuk die in tandem-

Ministry of Defence

MilSpace2

Satellites Birkeland and Huygens

Who were Birkeland and Huygens?
 Kristian Olaf Bernhard Birkeland (13 December 1867 – 15 June 1917) was a Norwegian scientist. He is best remembered for his theories of atmospheric electric currents that elucidated the nature of the aurora borealis. In order to fund his research on the aurora, he invented the electromagnetic cannon and the Birkeland-Eyde process of fixing nitrogen from the air.
 Christiaan Huygens (14 April 1629 – 8 July 1695) was a Dutch mathematician, physicist, engineer, astronomer, and inventor, who is regarded as one of the greatest scientists of all time and a major figure in the scientific revolution. (Source: Wikipedia)

Platform

- 2 6U Cubesats
- (Passive) radar detectors
- Active attitude control
- Ion thrusters
- Sun Synchronous Orbit

In orbit
 The two satellites will be placed into a polar Low Earth Orbit (LEO) with an altitude of 535 km. They will be positioned in the same orbital plane and the separation distance will vary throughout the mission.

SpaceX - Falcon 9

Launch, Ascent, Stage separation, Flip maneuver, Boostback burn, Grid fins deploy, Entry burn, Aerodynamic guidance, Vertical landing, Fairing separation, Payload separation.

One of the unique aspects is the fact that the satellites are owned and operated by 2 countries: the Netherlands and Norway. Two like-minded NATO nations have joined forces in this research mission. Together they are able to create a capacity that can observe radar systems on land and at sea: the MilSpace2 satellite system.

“Birkeland” and “Huygens” are 2 similar satellites flying in formation. They both receive radar signals from the ground by their on-board antennas. By using the angle of arrival, one satellite alone can determine the geolocation of the transmitter. When including the data of the second satellite, the accuracy of the geolocation can be improved, by using the time difference of arrival measurements of the same signal. To remain in formation the satellites are equipped with small thrusters to maintain their position.

Forvarsdepartementet Norwegian Ministry of Defence | FFI Norwegian Defence Research Establishment | TNO Innovation for life | nano avionics | nlr Dedicated to innovation in aerospace

Infographic over activiteiten MilSpace2 - (bron: ministerie van Defensie)

³De Defensie Ruimte Agenda (DRA) beschrijft hoe Defensie zich de komende jaren wil ontwikkelen in het ruimedomein. Ook de afhankelijkheid hiervan en de dreigingen en ontwikkelingen op dit gebied worden in het document omschreven.

Projectpartners: Noorse en Nederlandse ministerie van Defensie, FFI, TNO
Periode: 2017 - 2026



formatie vliegen in een baan om de aarde op ongeveer 535 km hoogte, op een onderlinge afstand van 15 à 25 kilometer. Het gezamenlijk ontwikkelende instrument aan boord van de twee satellieten meet radiogolven (zogenoemde *radio frequency*-signalen) van potentiële dreigingen. Het systeem kan zo radarsignalen op aarde detecteren, lokaliseren en vervolgens karakteriseren. De achterliggende techniek is gebaseerd op een combinatie van twee meetmethodes: *Angle of Arrival* (AoA) dat inzicht geeft waar het signaal vandaan komt ten opzichte van de locatie van de satellieten en *Time Difference of Arrival* (TDoA) dat het tijdsverschil bepaalt van ontvangst van het signaal aan boord van beide satellieten. De antennes

die speciaal ontworpen zijn voor het instrument kunnen elke plek op aarde observeren. Samen vormen de AoA en TDoA meetmethodes een verbetering ten opzichte van de huidige BRIK-II-missie, de eerste Nederlandse militaire satelliet die in [2021](#) succesvol was gelanceerd.

Het MilSpace2-project richt zich de komende drie jaren op onderzoek en demonstraties ter voorbereiding op toekomstig operationeel gebruik door Defensie. Gedurende deze periode wordt ervaring opgedaan op het gebied van evaluatie en verbetering van de systeemprestaties, gebruik van dataproducten door eindgebruikers inclusief benodigde satellietoperaties.

Het project legt hierbij een strategische basis voor de opbouw van een eigen operationele niche satellietcapaciteit voor Defensie in het ruimedomein. Dit stelt Nederland in staat voorop te lopen in de ontwikkeling van kleine satellieten en hightech, en geminiaturiseerde sensoren zoals ontwikkeld binnen dit project dankzij de samenwerking met internationale partners. Dit versterkt de industriële en wetenschappelijke positie van Nederland om kleine satellieten voor Defensie (en ook voor andere overheidsorganen) verder te ontwikkelen en ons daarmee een eigen onafhankelijke capaciteit in het

ruimedomein te geven ter versterking van een onafhankelijke informatiepositie. Hierdoor kans sneller en beter politieke en militaire besluitvorming plaatsvinden. Tegelijkertijd vormt de ontwikkeling van deze kleine satellieten en sensoren een nichemarkt en kunnen de Nederlandse industrie en kennisinstututen zich hiermee wereldwijd verder onderscheiden van anderen.

Voor NLR betekent dit project dan ook een belangrijke concrete stap in de realisatie van de NLR-strategische programma's *Future Air & Space power* (FASP) en Informatie-gestuurd Opereren (IGO).



Monitoring over the horizon

Drones dringen steeds meer door in onze maatschappij. Ze bieden allerlei voordelen bij het uitvoeren van taken. Een relatief nieuwe ontwikkeling is de gecombineerde inzet van meerdere drones tegelijkertijd die vervolgens onderling samenwerken of juist samen met een heel ander systeem. Deze drone *swarming* wordt steeds actueler en urgenter zoals op het slagveld waarbij de combinatie ervan met land-, zee- en luchtplatformen als zogenoemde '*loyal wingman*' ingezet kan worden. Meer kennis over eigen en van vijandige inzet op dit gebied is essentieel voor een betere positionering van de Nederlandse krijgsmachten.

Als onderdeel van het NLR-strategieplan is gedurende 2023 het idee van de FASP-showcase *Monitoring over the horizon* (MOTH) vormgegeven. Hierbij ligt de focus op een zogenoemde UAV *swarm* (*Unmanned Aerial Vehicle*), oftewel een zwerm van drones die vervolgens met specifieke sensoren taken uitvoeren. De ontwikkeling van een nieuwe UAV *swarm*-missie staat centraal waarbij een *swarming*-faciliteit opgebouwd zal worden binnen NLR. Deze faciliteit omvat simulatie-omgevingen ten aanzien van de inzet en het begrip van eigen *swarming assets* en die van vijandige assets tegen eigen militaire systemen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van bestaande hardwarekennis van het *drone centre* in Marknesse waarbij gefocust zal worden op het daadwerkelijk ontwikkelen van een dronezwerm. De ontwikkelingen drijven op het fundament van bestaande NLR-kennis, (aanstaande) kennisopbouwprogramma's en Defensie en Nationale technologieprojecten (DTP/NTP).

Projectpartners: n.v.t.

Periode: 2020 - 2025

De nadruk van de NLR *SwarmSim*-faciliteit is initieel virtueel, waarbij een zwerm operationeel wordt ingezet binnen een CDE-omgeving (*Concept, Development, and Evaluation*) waarbij gedrag-modellering en inzet van drones *swarms* binnen verschillende scenario's geanalyseerd wordt. Daarnaast zal er een koppeling zijn naar een daadwerkelijke zwerm. Hierbij is het de bedoeling om vervolgens twee dronezwermen te ontwikkelen:

1. PuppetSwarm - PSwarm

Deze zwerm wordt aangestuurd middels telemetrie-antennes vanuit de virtuele omgeving – elke fysieke drone krijgt daarbij een *waypoint* doorgestuurd. De sensoren hebben elk een eigen 'virtuele' scene, welke middels sensorfusie tot een objectdetectie en lokalisatie zal leiden. De detectie en lokalisatie van het object is de input voor een besluitvormingsalgoritme. Dit algoritme definieert vervolgens een gebied van interesse binnen het scenario en bepaalt

de benodigde sensoren voor dit gebied. Binnen de *SwarmSim* wordt daarna de *tasking* van de individuele drones uitgevoerd. De *SwarmSim* simuleert de zwerm, het gedrag, en de coalitievorming. Iedere drone wordt individueel binnen de *SwarmSim* aangestuurd – er wordt een snelheid-vector gekoppeld aan elke drone. Deze vector wordt gebruikt om virtueel het gebied van interesse af te zoeken en inzichtelijk te maken. Ook wordt deze vector gebruikt om de fysieke drones aan te sturen.





2. De intelligentSwarm - ISwarm

De ISwarm is een *side-track* ten aanzien van de PSwarm. De ISwarm zal een fysieke dronzwerm zijn. Deze zwerm van ongeveer drie of vier drones zal sensorintegratie hebben en *on-board processing*. Deze *swarm* is 'slim' aangezien deze autonoom en decentraal opgezet is en de processing ook daadwerkelijk op de drones zelf zal plaatsvinden en de drones onderling data en kennis uitwisselen. De PSwarm dient als input, alles wat we daar geleerd hebben zal hierin meegenomen worden.

De opgedane kennis en ontwikkeling van deze faciliteit is typisch het voorbeeld van een *technology push*, gedreven vanuit NLR waarbij verschillende kennisgebieden gecombineerd worden. Drones en drone *swarming* wordt een steeds actueler en urgent probleem op het slagveld, voornamelijk het decentrale aspect. Begrip van eigen inzet en vijandige inzet is benodigd voor een betere positionering van de Nederlandse krijgsmachten op het gebied van drones en drone *swarming*. Zo kan drone *swarming* ingezet worden in combinatie van land-, zee- en luchtplatformen (zoals bemande gevechtsvliegtuigen) als *loyal wingman* ter ondersteuning van huidige platformen zoals fregatten, tanks en straaljagers. Verder wordt voorzien dat autonome drone *swarming* veel effectiviteit en schade zou kunnen toebrengen. Begrip van beide aspecten (autonome drones en *swarming*) is daarom essentieel om het volledige potentieel van deze ontwikkeling te begrijpen. en ons daartegen te kunnen verdedigen.



De menselijke kant van luchtvaart

Jenny Eaglestone houdt zich bij NLR bezig met de menselijke kant van luchtvaart. "Ik doe veel onderzoek naar het effect van de persoonlijke kenmerken van mensen op hun werk in de luchtvaart. Ook houd ik me bezig met het verbeteren van selectieprocedures of het ontwikkelen van human factor-trainingen."

Het menselijke aspect is nog steeds onderbelicht in de luchtvaart, terwijl het een groot effect heeft op de operationele kant van de luchtvaart, benadrukt Jenny. Als luchtvaartpsycholoog is het onder andere haar taak om operationeel personeel een stuk zelfkennis bij te brengen. "Als piloot ben je eigenlijk een manager. En een goede manager beschikt over zelfkennis en -reflectie. Wie ben ik? Wat voor gedrag vertoon ik en hoe acteer ik in bijzondere situaties? Wie je bent heeft nou eenmaal effect op hoe je je werk als piloot, verkeersleider of cabin crew uitvoert. Ik probeer mensen zich daar bewust van te laten worden. Zo help ik ze om hun werk zo goed mogelijk uit te voeren ..."

Over NLR

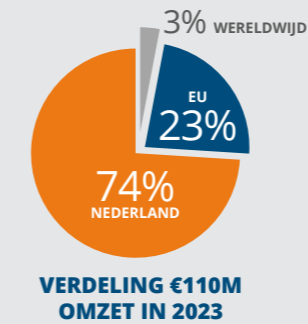
Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

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 overbruggt 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 'Luchtvaart in Transitie', Clean Aviation, Clean Hydrogen en SESAR.

Voor meer informatie, ga naar www.nlr.nl.



NETTO 0 TON CO₂ SCOPE 1 & 2

VERHOUDING NATIONALITEIT

95.6%
Nederlands

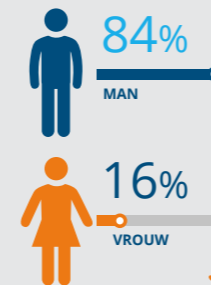
4.4%
Overig



WELKE NATIONALITEITEN?

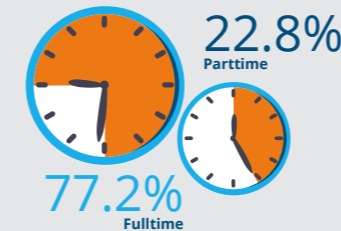
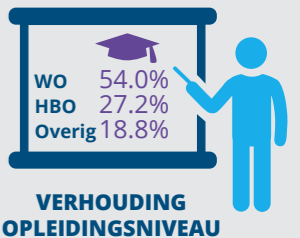
NEDERLANDS
BELGISCH
BRAZILIAANS
BRITS
DUITS
ESTISCH
GRIEKS
HONGAARS

INDIAAS
INDONESISCH
ITALIAANS
SPAANS
TURKS
ZUID-KOREAANS
ZWEEDS



Wij zijn NLR

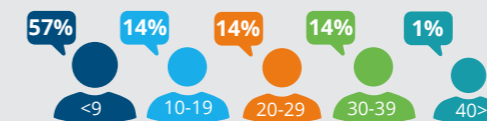
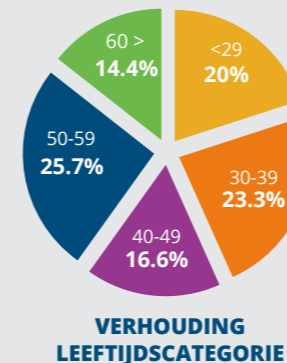
824
MEDEWERKERS



Medewerker 93.5%

Stagiair 2.0%

Afstudeerstagiair 4.5%



COLOFON

Fotografie:

NLR Multimedia

pag 49,50,51 © Ministerie van Defensie

De projecten CREATE (pag. 9), ClimOP (pag 13), CICONIA (pag. 17), ATC-TBO (pag 21), NOVAIR (pag. 25), STUNNING (pag. 31) en ATILLA (pag. 37) hebben financiering ontvangen van de Europese Commissie, zoals het Europese programma Horizon 2020 en Horizon Europe, voor stimulatie van onderzoek en innovatie. Aanvullend hierop zijn de projecten STUNNING en ATILLA mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI). Het project BrightSky heeft financiering ontvangen via de subsidieregeling R&D Mobiliteitssectoren (RDM).

De hierin uitgedrukte meningen in de projectartikelen weerspiegelen uitsluitend de mening van de auteur.

In geen geval is SESAR Joint Undertaking (JU), Clean Aviation JU, Horizon 2020, Horizon Europe of RDM verantwoordelijk voor het mogelijke gebruik van informatie uit dit document.

e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

September 2024

NLR Amsterdam

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam

t) +31 88 511 31 13

NLR Marknesse

Voorsterweg 31

8316 PR Marknesse

t) +31 88 511 44 44