



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Twee gevallen van vleugelbrand

in Apex DR400 vliegtuigen



Twee gevallen van vleugelbrand

in Apex DR400 vliegtuigen

Den Haag, mei 2017

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar.

Alle rapporten zijn beschikbaar via de website van de Onderzoeksraad www.onderzoeksraad.nl.

Foto cover: Onderzoeksraad voor Veiligheid

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

Als zich een ongeval of ramp voordoet, onderzoekt de Onderzoeksraad voor Veiligheid hoe dat heeft kunnen gebeuren, met als doel daar lessen uit te trekken. Op die manier draagt de Onderzoeksraad bij aan het verbeteren van de veiligheid in Nederland. De Raad is onafhankelijk en besluit zelf welke voorvallen hij onderzoekt. Daarbij richt de Raad zich in het bijzonder op situaties waarin mensen voor hun veiligheid afhankelijk zijn van derden, bijvoorbeeld van de overheid of bedrijven. In een aantal gevallen is de Raad verplicht onderzoek te doen. De onderzoeken gaan niet in op schuld of aansprakelijkheid.

Onderzoeksraad
Voorzitter: mr. T.H.J. Joustra
prof. mr. dr. E.R. Muller
prof. dr. ir. M.B.A. van Asselt

Secretaris-directeur: mr. C.A.J.F. Verheij

Bezoekadres: Anna van Saksenlaan 50 Postadres: Postbus 95404
2593 HT Den Haag 2509 CK Den Haag

Telefoon: +31 (0)70 333 7000 Telefax: +31 (0)70 333 7077

Internet: www.onderzoeksraad.nl

N.B. Dit rapport is zowel in het Engels als in het Nederlands verschenen. Indien er verschil bestaat in de interpretatie van het Nederlandse en Engelse rapport, is het Engelse rapport leidend.

Samenvatting	5
1 Feitelijke informatie.....	6
1.1 De ongevallen	6
1.2 Het vliegtuig Apex DR400.....	9
1.3 Schade.....	12
1.4 Motorgegevens - FADEC	16
1.5 Onderhoud en conditie van het vliegtuig	18
2 Onderzoek en analyse	19
2.1 De ongevallen	19
2.2 Brand.....	22
2.3 Volgorde van gebeurtenissen	25
2.4 Specificaties van het vleugelbekledingsmateriaal.....	27
2.5 Overeenkomstige voorvallen	28
3 Conclusies	31
4 Aanbevelingen	32

Op respectievelijk 8 juli 2013 en 4 juli 2014 werden twee Apex DR400/140B-vliegtuigen ernstig beschadigd door brand. In beide gevallen startte de brand tijdens het taxiën na de landing aan de linkerkant van het vliegtuig en werd de linkervleugel vernietigd. Aangezien de twee branden van soortgelijke aard leken en beide vliegtuigen door dezelfde vliegclub werden geëxploiteerd, werd besloten om de twee onderzoeken naar de oorzaak van deze branden te combineren.

Uit het onderzoek bleek dat in beide gevallen de hitte die afkomstig was van de reminstallatie van het linkerhoofdlandingsgestel, de bron van de brand vormde. De remschijf was zeer heet geworden als gevolg van wrijving tussen de remschijf en de remblokken. Het bleef onduidelijk wat de oorzaak van deze wrijving was: noch een technische noch een operationele oorzaak kon worden uitgesloten.

De hitte in de reminstallatie was zo intens dat deze een brand kon laten ontstaan in de vleugelconstructie. De vleugelconstructie van dit type vliegtuig bestaat uit hout, bedekt met een polyester materiaal. Het bleek dat er geen certificatie-eisen voor brandwerendheid bestaan voor vleugelbekledingsmaterialen. Door de combinatie van hout en een niet-brandwerende kunststof bekleding werd de snelle ontwikkeling van de brand mogelijk gemaakt.

In de loop van het onderzoek kwam naar voren dat er sinds 1988 minstens 21 vergelijkbare voorvallen met hetzelfde type vliegtuig waren gemeld aan het Franse onderzoeksbureau voor vliegtuigongevallen; de laatste brand dateerde van juli 2016. Al deze voorvallen leidden tot aanzienlijke schade aan de vleugels, sommige zelfs tot het verlies van het gehele vliegtuig. Deze schade ontstond zowel aan de linker- als aan de rechtervleugel.

Een brand aan boord kan een gevaarlijke situatie opleveren, vooral als deze wordt ontdekt nadat het vliegtuig is opgestegen. Hoewel de Raad bevestigt dat de Apex DR400 voldoet aan alle wettelijke eisen qua luchtwaardigheid, acht zij het daarom toch raadzaam om dit type vliegtuig minder kwetsbaar voor brand te maken. Dat is de reden dat de Onderzoeksraad voor Veiligheid een aanbeveling doet aan het Europees Agentschap voor de Veiligheid van de Burgerluchtvaart (EASA):

- Adviseer de fabrikant van de Apex DR400 om de reminstallatie van het vliegtuig te verbeteren, zodat oververhitting van de remschijf als gevolg van wrijving tussen de remschijf en remblokken, wordt voorkomen.

1 FEITELIJKE INFORMATIE

1.1 De ongevallen

1.1.1 Ongeval 1 - Apex DR400/140B, PH-SPZ, Rotterdam The Hague Airport, 8 juli 2013



Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid

Identificatienummer:	2013088
Classificatie:	Ongeval
Datum en tijdstip ¹ van het voorval:	8 juli 2013, 17.17 uur
Plaats van het voorval:	Rotterdam The Hague Airport
Vliegtuigregistratie:	PH-SPZ
Vliegtuigmodel:	Apex DR400/140B ²
Vliegtuigtype:	Eenmotorig vliegtuig met zuigermotor
Soort vlucht:	Trainingsvlucht
Vluchtfase:	Taxiën na landing
Schade aan het vliegtuig:	Ernstig
Cockpitbemanning:	Eén
Passagiers:	Geen
Letsel:	Geen
Overige schade:	Geen
Lichtcondities:	Daglicht

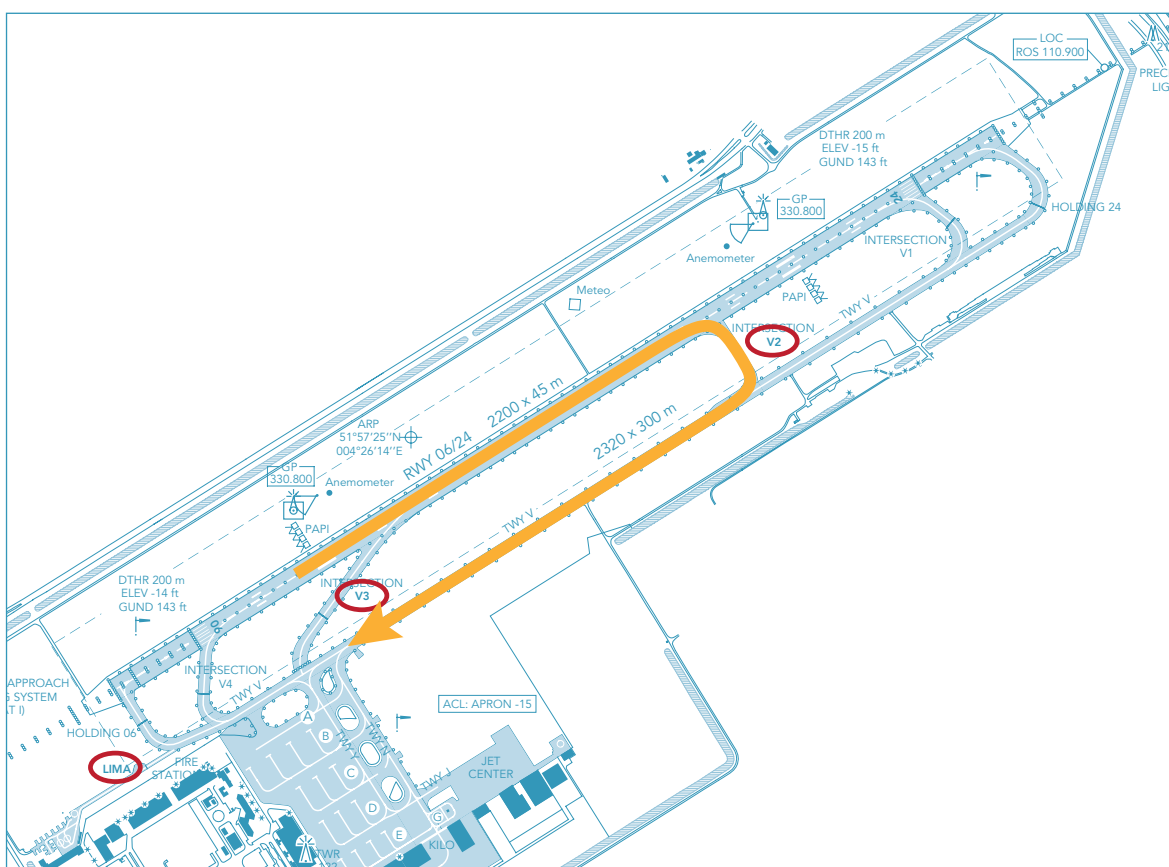
¹ Alle tijden in dit rapport zijn lokale tijden (UTC+2 uur), tenzij anders aangegeven.

² De PH-SPZ was oorspronkelijk een APEX DR400/140B, voorzien van een 160hp Lycoming O-320-D2A-motor. Deze motor is later vervangen door een TAE 125-02-99 Centurion. Een aanvullend typecertificaat werd op 17 juli 2014 afgegeven door EASA.

Op 8 juli 2013 vloog de PH-SPZ van Midden-Zeeland Airport (EHMZ) naar Rotterdam The Hague Airport (EHRD). Na de landing op baan 06 lukte het de piloot (die de enige inzittende was) niet de landingsbaan bij de eerste afslag V3,³ te verlaten waarna hij bleef taxiën om af te slaan bij V2. Tijdens het uitrollen ondervond de piloot een onverwachte snelheidsafname en voelde hij dat het vliegtuig naar links trok. Na het verlaten van de startbaan bij V2 taxiede de piloot terug via de taxibaan. De piloot verklaarde dat de problemen tegen die tijd waren verdwenen.

De luchtverkeersleider verklaarde dat hij rook zag bij het linkerhoofdlandingsgestel van het taxiënde vliegtuig. Hij instrueerde de piloot om op de taxibaan te stoppen. Tijdens het remmen ondervond de piloot echter een verminderde remwerking en voelde hij dat het vliegtuig naar rechts trok. Toen de luchtverkeersleider vervolgens vlammen zag verschijnen, activeerde hij het noodalarm en maande de piloot aan het vliegtuig onmiddellijk te verlaten. De piloot verliet daarop het vliegtuig. Tegen die tijd kwam er vuur uit de linkervleugel. De brandweer arriveerde ter plaatse om de brand te blussen en beëindigde daarmee de brand. De piloot was niet gewond. De brandschade aan de linkervleugel van het vliegtuig was omvangrijk.

Figuur 1 toont de plattegrond van de luchthaven ten tijde van het voorval en het traject van de PH-SPZ.



Figuur 1: Grondkaart van Rotterdam The Hague Airport met traject PH-SPZ. (Bron: AIP Nederland/ Onderzoeksraad voor Veiligheid)

3 Situatie ten tijde van de gebeurtenis; aanduidingen van afslagen zijn sindsdien veranderd.

1.1.2 Ongeval 2 - Apex DR400/140B, PH-HLR, Rotterdam The Hague Airport, 4 juli 2014



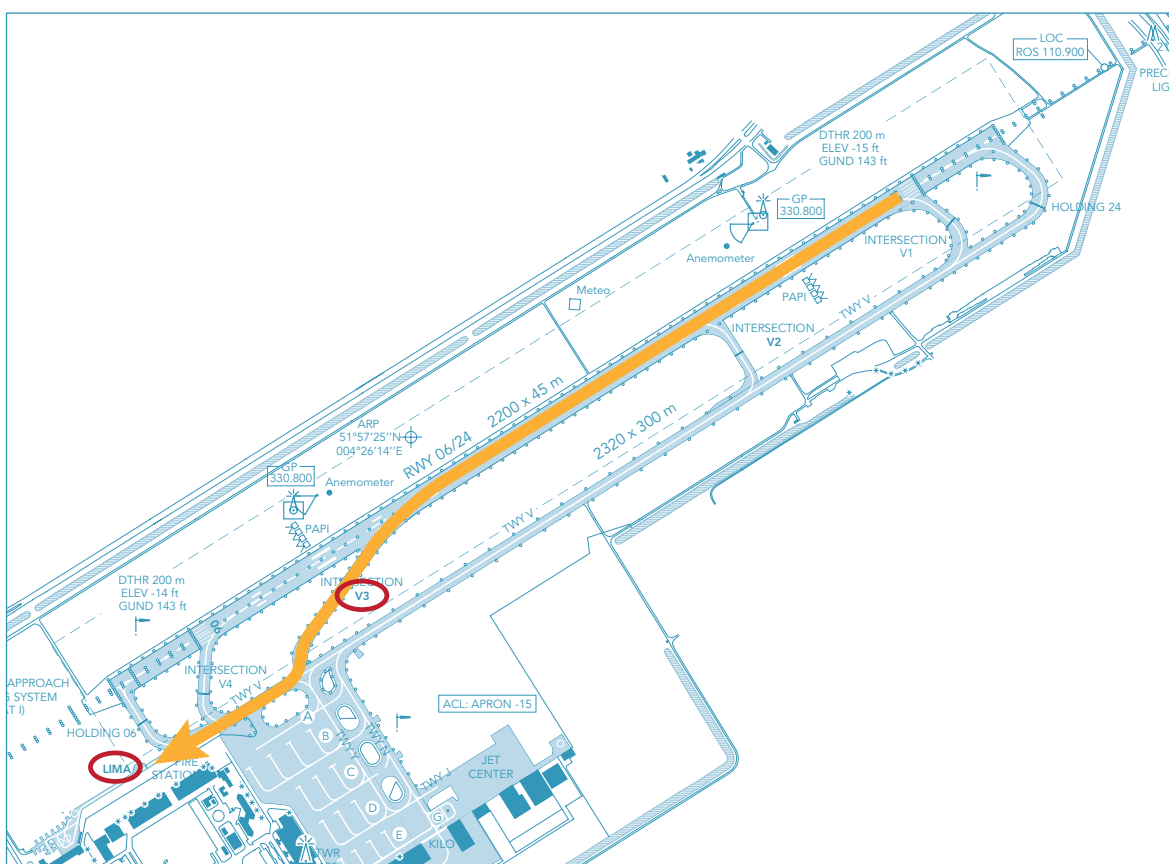
Identificatienummer:	2014070
Classificatie:	Ongeval
Datum en tijdstip van het voorval:	4 juli 2014, 12.02 uur
Plaats van het voorval:	Rotterdam The Hague Airport
Vliegtuigregistratie:	PH-HLR
Vliegtuigmodel:	Apex DR400/140B
Vliegtuigtype:	Eenmotorig vliegtuig met zuigermotor
Soort vlucht:	Pleziervlucht
Vluchtfase:	Taxiën na landing
Schade aan het vliegtuig:	Ernstig
Cockpitbemanning:	Eén
Passagiers:	Eén
Letsel:	Geen
Overige schade:	Geen
Lichtcondities:	Daglicht

Op 4 juli 2014 maakte de PH-HLR een lokale vlucht vanaf Rotterdam The Hague Airport (EHRD). De piloot landde op baan 24 en taxiede vanaf afslag V3 richting punt LIMA om te parkeren in de buurt van het clubhuis van 'Vliegclub Rotterdam'.

Na het parkeren van het vliegtuig, merkte de piloot dat er vlammen uit de linkervleugel kwamen. De piloot stapte uit het vliegtuig om hulp te halen. Een medewerker van de 'Vliegclub Rotterdam' kwam vervolgens met een brandblusser om het vuur te blussen.

Tegelijkertijd kwam de brandweer van de luchthaven terug van een oefening elders op de luchthaven. De brandweerkazerne ligt in de buurt van het clubhuis van de vliegclub en op de terugweg zagen de brandweerlieden dat er vlammen en rook uit de PH-HLR kwamen. Voorafgaand aan de feitelijke melding waren er al brandweervoertuigen in de buurt van het vliegtuig. Na aankomst namen ze het over van de medewerker en blusten de brand. De piloot en zijn passagier konden beiden het vliegtuig ongedeerd verlaten. De linkervleugel van het vliegtuig werd zwaar beschadigd door de brand.

Figuur 2 toont de plattegrond van de luchthaven ten tijde van het voorval en het traject van de PH-HRL.



Figuur 2: Grondkaart van Rotterdam The Hague Airport met koers PH-HLR. (Bron: AIP Nederland/ Onderzoeksraad voor Veiligheid)

1.2 Het vliegtuig Apex DR400

De Apex DR400 is een eenmotorig propellervliegtuig met vaste vleugels dat is ontworpen en gebouwd in Frankrijk. De DR400 is een doorontwikkeling van de tweezitter Jodel DR100 Ambassador uit 1958 en is een groter, krachtiger en geavanceerd vier-persoons vliegtuig.

Het oorspronkelijke model van de Robin DR400/140B is in augustus 1975 gecertificeerd door de bevoegde luchtwaardigheidsautoriteit, in dit geval de Franse burgerluchtvaartautoriteit DGAC (*Direction Générale de l'Aviation Civile*). Deze certificering is gebaseerd op de luchtwaardigheidseisen uit amendement AIR2052 van 6 juni 1966. In 2003 werd

het DGAC-typecertificaat omgezet naar een EASA-typecertificaat, toen EASA de verantwoordelijke instantie voor de certificering van luchtvaartuigen in de EU werd als gevolg van Verordening (EC) nr. 1702/2003.

De hoofdlijger van de vleugel wordt gevormd door een houten doosconstructie. In 1958 was de vleugel nog bekleed met linnen; in de huidige generatie DR400-vliegtuigen is de houten vleugelconstructie bedekt met een sterk, krimpbaar polyester folie dat geleverd is met polyurethaanverf. Ook de romp van de DR400 is voornamelijk gemaakt van hout en bedekt met deze foliebekleding.

1.2.1 Landingsgestel en remsysteem

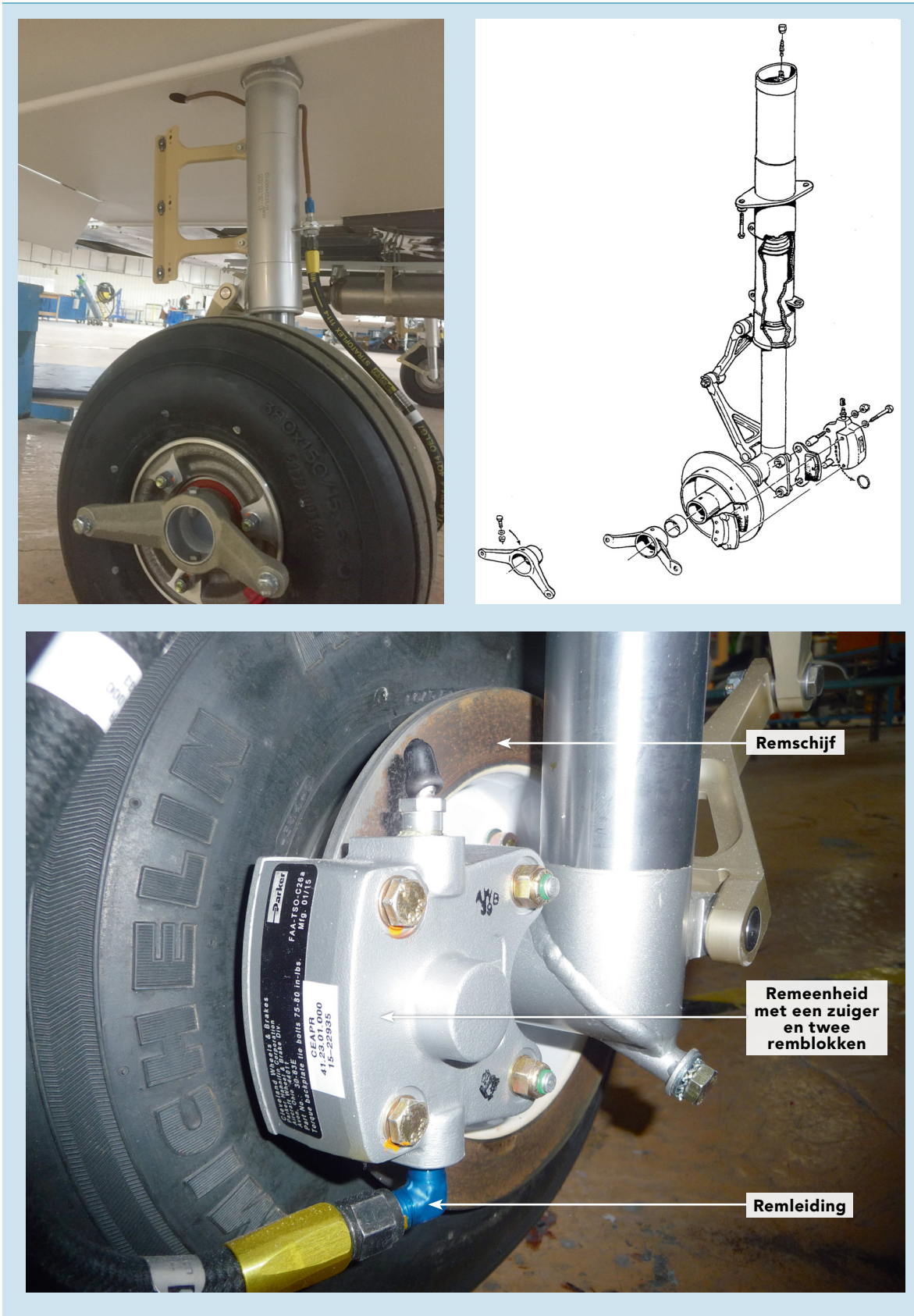
Het vliegtuig heeft een niet-intrekbaar landingsgestel met drie wielen, bestaande uit een linker- en rechterhoofdlandingsgestel plus een stuurbaar neuswiel. Het hoofdlandingsgestel is aan de houten hoofdlijger van de vleugel bevestigd. De landingspoten en wielen van het landingsgestel zijn bedekt met stroomlijnkappen, gemaakt van synthetische vezels. (zie figuur 3).



Figuur 3: Stroomlijnkappen DR400. (Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

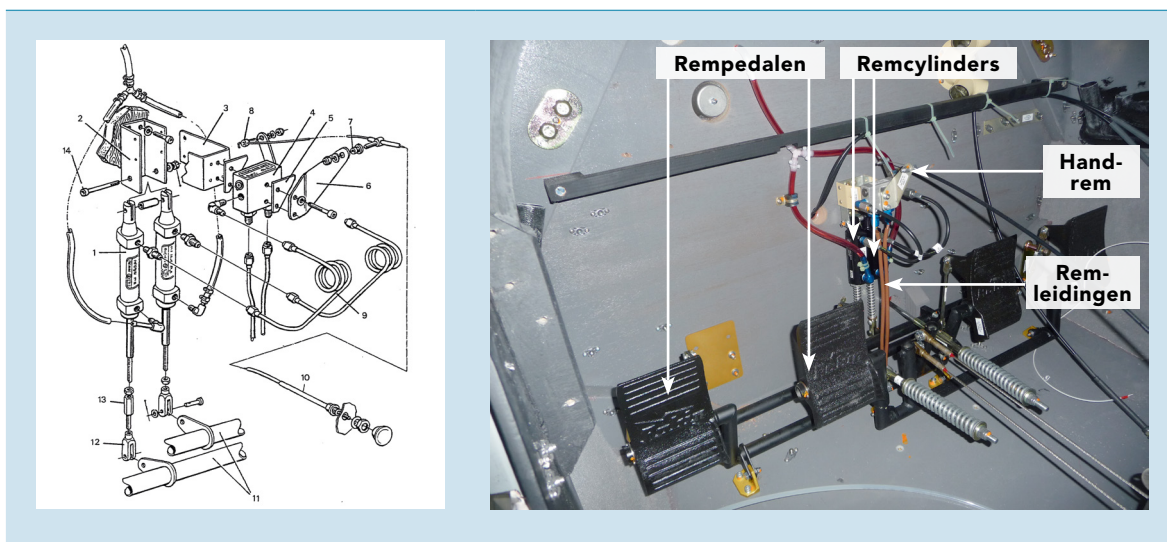
Oorspronkelijk werden Robin DR-modellen voorzien van trommelremmen en een hendel die de rechter- en linkerrem gelijktijdig activeerde wanneer eraan werd getrokken. Een combinatie van trekken en draaien van deze hendel activeerde de parkeerrem. In 1980 werd dit systeem vervangen door een voet-rempedaalsysteem, waarbij de linker- en rechtertrommelrem onafhankelijk kunnen worden bediend. Het parkeerremstelsel wordt dan geactiveerd met een aparte knop. Vanaf 1988 zijn de trommelremmen vervangen door schijfremmen.

Het huidige remsysteem bestaat globaal uit de volgende componenten: twee rempedalen, twee remcilinders, een parkeerrem, remleidingen en één reminstallatie per wiel. De reminstallatie van elk wiel bestaat uit een remschijf en een cilinderblok (dat wil zeggen een zuiger met twee remblokken aan beide zijden van de remschijf) (zie figuur 4 en figuur 5).



Figuur 4: De DR400-reminstallatie, schematisch en gezien vanaf beide zijden van het wiel tijdens de vliegtuigbouw (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid en Apex DR400 Aircraft Maintenance Manual (onderhoudshandleiding))

Door het indrukken van het rempedaal (links, rechts of beide) wordt de mechanische beweging overgebracht naar de remcilinder. De cilinder zet op zijn beurt hydraulische druk op de hydraulische olie, die door een leiding- en klepsysteem naar de parkeerreminstallatie loopt. Als de parkeerrem niet is aangetrokken, stroomt de hydraulische olie door het remsysteem naar het cilinderblok. Beide remblokken aan beide zijden van de remschijf worden tegen de schijf gedrukt, wat leidt tot een remwerking. De remblokken worden op de remschijf gedrukt door een zuiger die is afgedicht met een O-ring.



Figuur 5: Het DR400-remsysteem tijdens de vliegtuigbouw. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid en Apex DR400 Aircraft Maintenance Manual (onderhoudshandleiding))

In aanvulling op de normale remmen heeft het vliegtuig een parkeerrem die wordt bediend met een uittreknop onder het dashboard. Wanneer het rempedaal wordt ingedrukt en de knop uitgetrokken, worden de remblokken op hun plaats vergrendeld, waardoor de hydraulische vloeistof niet meer kan terugstromen. De remmen zijn geblokkeerd en de parkeerrem geactiveerd (zie figuur 5).

De bij beide ongevallen betrokken vliegtuigen waren DR400/140B-modellen. Volgens de fabrikant van het vliegtuig is dit type voorzien van het huidige remsysteem dat aan alle wettelijke eisen voldoet (zie ook tabel 2).

1.3 Schade

1.3.1 PH-SPZ

Na het ongeval werd een technisch onderzoek uitgevoerd op de PH-SPZ. De focus in het technisch onderzoek lag op de toestand van het remsysteem en de remcomponenten. Tijdens het technisch onderzoek werden de algemene toestand van de componenten en de mate van beschadiging bekeken.

De linkervleugel was voor een groot deel verbrand: de vleugel huid en het frame achter de hoofdligger waren, met inbegrip van het rolroer, grotendeels door het vuur verteerd (zie figuur 6). De aluminium linkerklep was beschadigd door de brand.



Figuur 6: Schade aan de linkervleugel van de PH-SPZ. (Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Het linkerlandingsgestel was zwaar beschadigd door de brand (zie figuur 7). De cilinder van het linkerhoofdlandingsgestel was volledig samengedrukt. De stroomlijnkop van het linkerlandingsgestel was vrijwel geheel door het vuur verbrand. Alleen wat glasvezel resteerde. De rechterzijde van de band van het linkerlandingsgestel was beschadigd door hitte en/of brand. Sommige aluminium delen van het linkerlandingsgestel waren gesmolten, andere metalen delen aan de linkervleugel waren beschadigd door de brand. De flexibele leiding van de linkerrem was verbrand en lekte.



Figuur 7: Het kapotte linkerlandingsgestel en de stroomlijnkop van de PH-SPZ, gezien vanaf de voorzijde (foto links) en vanaf de achterzijde (foto rechts). (Foto's: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

1.3.2 PH-HLR

Een soortgelijk technisch onderzoek werd uitgevoerd aan de PH-HLR. Het bovenste deel van de linkerwielkap vertoonde grote schade door hitte, waarbij de individuele vezels in de matrix van de composiet zichtbaar waren. De schade bevond zich net boven de aansluitingsbeugel van de rem. De rest van de wielkap was gedeeltelijk zwart geworden door de hitte, maar de vezels in de matrix van het composiet waren nog intact (zie figuur 8).



Figuur 8: Zijaanzicht PH-HLR van de linkerwielkap en de stroomlijnkap van het linkerlandingsgestel, beschadigd door de hitte. (Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Nadat het bovenste deel van de linkerwielkap was verwijderd, bleek dat deze boven de schijfrem zwaar beschadigd was (d.w.z. vezelpatroon zichtbaar). Aan de binnenzijde van de wielkap werden verschillende groene stroken gras en vuil gevonden.

Het remvloeistofreservoir bleek leeg te zijn. Een functionele test op het remsysteem leverde een lek in de remleiding op, net onder de aansluiting van het linkerhoofdlandingsgestel. De remleiding was zwaar beschadigd door brand, maar er werd geen andere schade of lekken aangetroffen.

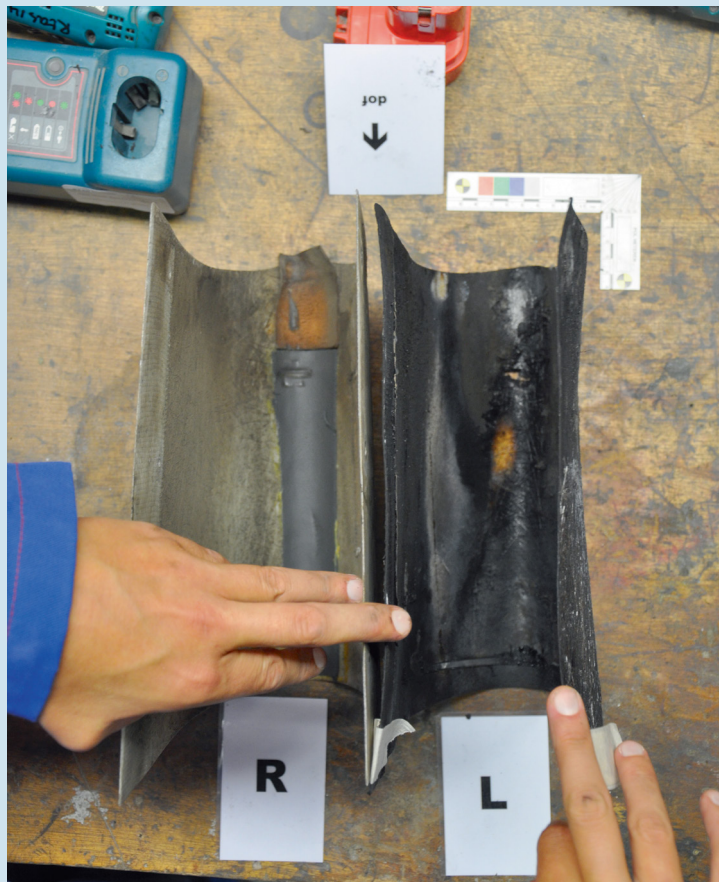
Een deel van de binnenste zijde van de linkerband vertoonde een halfcirkelvormige pyrolytische afdruk die overeenkomt met de omtrek van de remschijf. Ongeveer een derde van de band vertoonde pyrolytische schade buiten de omtrek van de remschijf (zie figuur 9).

Het remschijfoppervlak bleek te zijn gekrast, maar de schijfdikte lag binnen de specificaties. De beide remblokken waren intact. Beide remcilinderblokken waren intact (dus niet gebroken). De zuiger inclusief de O-ringafdichting was intact.



Figuur 9: Linkerwiel PH-HLR met een beschadigde band en remschijf. (Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

De stroomlijnkap was beschadigd door hitte en brand. Binnen de stroomlijnkap werden twee verbrande stukken materiaal gevonden. Na inspectie van de rechterwielkap werd binnenvoeringsmateriaal en een stukje leer aangetroffen. Dit materiaal biedt bescherming tegen het schuren van de wielkap tegen het verbindingsoog op de stang (zie figuur 10).



Figuur 10: Binnenaanzicht van de linker- en rechterstroomlijnkap. (Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Er is een elektriciteitskabel gevonden langs de voorwaartse hoofdlijger van de linker-vleugel bij de verlichting van het linkervleugeluiteinde. Deze kabel was niet beschadigd en vertoonde geen tekenen van eventuele elektrische vonken. Nadat het linkerwiel was verwijderd, werd er geen defect aan het lager of indicatie van hitte op de wielas aangetroffen.

Na het demonteren van de stroomlijncap aan de rechterzijde vertoonde de onderzijde van de rechtere vleugel een opvallende, donkergekleurde veeg. Deze veeg liep in de richting van de achterzijde van het vliegtuig (zie figuur 11). Hoewel deze veeg in eerste instantie op een brandvlek leek, werd het al snel duidelijk dat het vuil was en bleek de structuur eronder onbeschadigd te zijn.

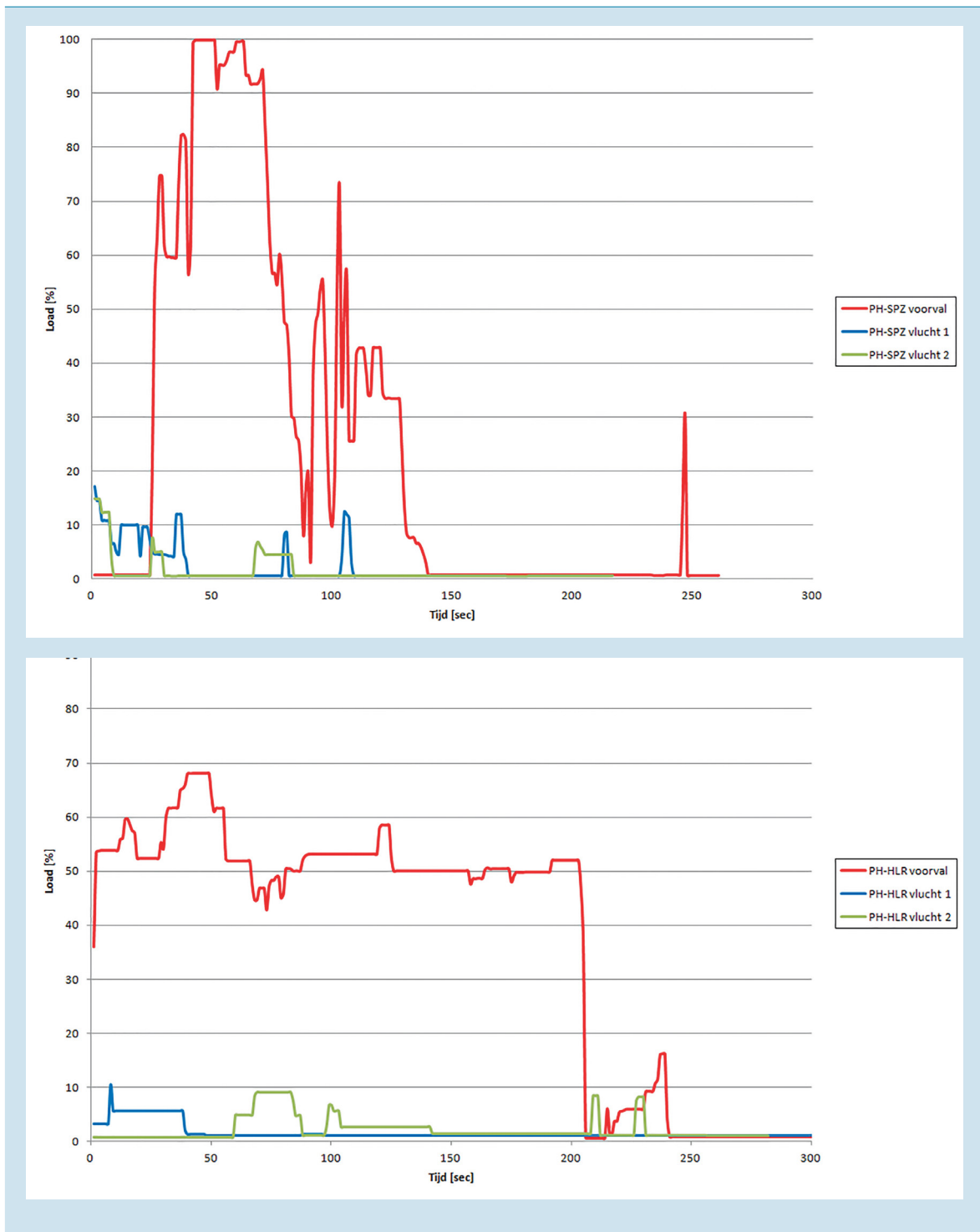


Figuur 11: Zijaanzicht van het rechterlandingsgestel van de PH-HLR. Beide stroomlijncappen zijn verwijderd, waardoor de donkergekleurde veeg op de vleugelbekleding zichtbaar is. (Foto: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

1.4 Motorgegevens - FADEC

Beide vliegtuigen waren voorzien van een TAE 125-02-99 Centurion-motor, waarbij de motor en propeller elektronisch worden geregeld via een Full Authority Digital Engine Control (FADEC)-unit. De FADEC bestaat uit twee redundante componenten, FADEC-A en FADEC-B. De motor wordt normaliter geregeld door FADEC-A met FADEC-B als back-up. De FADEC bevat een fout- en gegevensopslagcapaciteit waarmee met de motor verbonden storingen kunnen worden opgespoord en onderzocht. Voor onderhoudsdoeleinden kunnen de gegevens na een vlucht worden gedownload en vervolgens worden geanalyseerd op fouten.

De FADEC-gegevens van de PH-SPZ en PH-HLR zijn na de voorvallen gedownload en geanalyseerd door de Onderzoeksraad voor Veiligheid. Figuur 12 toont het geselecteerde vermogen (dat wil zeggen de stand van de gashendel) van beide vliegtuigen, uitgezet tegen de tijd (in seconden), vlak na de landing (T = 0). De grafieken tonen het vermogen na de twee voorgaande landingen van elk vliegtuig afgebeeld in groen en blauw en na de landing van elk vliegtuig tijdens het voorval in het rood. Het laat bij beide voorvallen zien dat het geselecteerde vermogen tijdens het taxiën aanzienlijk hoger was dan in de laatste vluchten voor het voorval.



Figuur 12: Gegevens van beide vliegtuigen (PH-SPZ boven en PH-HLR onder), zoals opgenomen op de FADEC van het betreffende vliegtuig. Tijd=0 geeft de landing aan. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

1.5 Onderhoud en conditie van het vliegtuig

Volgens de ontvangen gegevens hadden beide vliegtuigen een geldig bewijs van luchtwaardigheid. Volgens de onderhoudsgegevens is er aan het rechterlandingsgestel van de PH-SPZ op 13 juni 2013 onderhoud uitgevoerd. Tijdens dit onderhoud zijn de stroomlijnkap van het rechterwiel (beschadigd) en de hydraulische remcilinder (onbruikbaar) allebei tijdelijk vervangen door reservecomponenten van een ander vliegtuig. De definitieve montage van nieuwe componenten werd uitgesteld tot de volgende onderhoudsbeurt. Bij de PH-HLR werd geen achterstallig onderhoud geconstateerd.

In de paragraaf *Fault Finding* (Opsporing van fouten) in het hoofdstuk *Brake System* (Remsysteem) van de DR400-onderhoudshandboek staat dat permanente wrijving van de remblokken op de remschijf kan worden veroorzaakt door een defecte of niet goed vastzittende zuigerafdichting van de reminstallatie of door een verkeerde pedaalpositie c.q. druk op het pedaal. Er werd geen verwijzing naar onderhoudsactiviteiten met betrekking tot deze fouten gevonden in de documentatie of logboeken van beide vliegtuigen.

2 ONDERZOEK EN ANALYSE

2.1 De ongevallen

In beide gevallen bleek uit de FADEC-motorgegevens dat er meer vermogen werd geselecteerd voor het taxiën na de landing tijdens de voorvalvluchten dan tijdens eerdere vluchten. In combinatie met het feit dat er geen abnormaal hoge taxiselheden werden geconstateerd, geeft dit aan dat vermoedelijk een of beide wielen van het hoofdlandingsgestel een zodanige weerstand ondervonden dat er meer motorvermogen nodig was om de taxiselheid te bereiken.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid trekt hieruit de conclusie dat de meest plausibele verklaring voor deze weerstand is dat de remblokken continue tegen de remschijf drukten, waardoor deze warm werd als gevolg van wrijving. Beide branden braken uit op het linkerhoofdlandingsgestel, wat erop wijst dat de temperatuur bij deze voorvallen hoog opliep bij de linkerreminstallatie. De Raad onderzocht vervolgens de twee mogelijke oorzaken die worden genoemd in de DR400-onderhoudshandleiding voor de continue wrijving tussen de remblokken en de remschijf tijdens het taxiën: een technisch defect aan het remsysteem en activering van de rem door de piloot.

a. *Een technisch defect aan het remsysteem*

Voorafgaand aan elke vlucht moet iedere piloot een walk-around inspectie aan het vliegtuig uitvoeren. Deze inspectie aan de buitenzijde van het vliegtuig behoort tot de normale routine van de piloot en is onderdeel van de vluchtvoorbereiding op grond van veiligheids- en operationele redenen. Pas wanneer slijtage of schade wordt vermoed, wordt de wielkap geopend om toegang tot de rem en het wiel te krijgen. Volgens de DR400-handleiding moet het (rechter en linker)hoofdlandingsgestel worden gecontroleerd, met een focus op de staat van de wielkapbevestiging, de schokdemper en de bandenspanning. Door het ontwerp van de stroomlijnkappen is een goede visuele inspectie voorafgaand aan de vlucht echter lastig. Afgezien van een controle op eventuele lekkages is de toestand van de remmen geen onderdeel van de walk-around inspectie van de piloot. Een defect remsysteem, waardoor remblokken wrijving ondervinden, kan alleen worden opgemerkt wanneer het vliegtuig met de hand wordt verplaatst of als er wordt ervaren dat het vliegtuig tijdens het taxiën naar rechts of naar links trekt. Bij beide ongevallen waren er geen aanwijzingen dat dit het geval was.

Door een technische storing in het remsysteem kan permanente wrijving van de remblokken tegen de remschijf optreden. Afhankelijk van de wrijvingskracht kan het resultaat variëren van lichte wrijving tot een vastgelopen wiel. Als het wiel vastloopt, kan het niet ronddraaien, waardoor er waarschijnlijk een remspoor achter het vliegtuig en een plat vlak op het loopvlak van de band ontstaan. In beide voorvallen die de Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft onderzocht, is er noch een remspoor op de landingsbaan noch een plat vlak op linkerband gevonden.

In het onderhoudsboek staat dat permanente wrijving van de remblokken op de remschijf kan worden veroorzaakt door een defecte of niet goed vastzittende zuigerafdichting (O-ring). Bij de PH-HLR werd de O-ring intact gevonden: een inspectie van de hydraulische installatie en de afdichting lieten geen fouten in het systeem zien. Verder werd het hydraulische remsysteem gecontroleerd waarbij met hydraulische druk werd geremd. Tijdens deze test kon aanlopen van de remmen, na het ontlasten van de remdruk, echter niet worden gereproduceerd. De lagers aan de linkerzijde bleken normaal te functioneren en op de band werd geen plat vlak gevonden. Daarom wordt geconcludeerd dat het linkerviel van de PH-HLR kon draaien op het moment van het voorval, ook al kon een technisch remdefect niet worden uitgesloten.

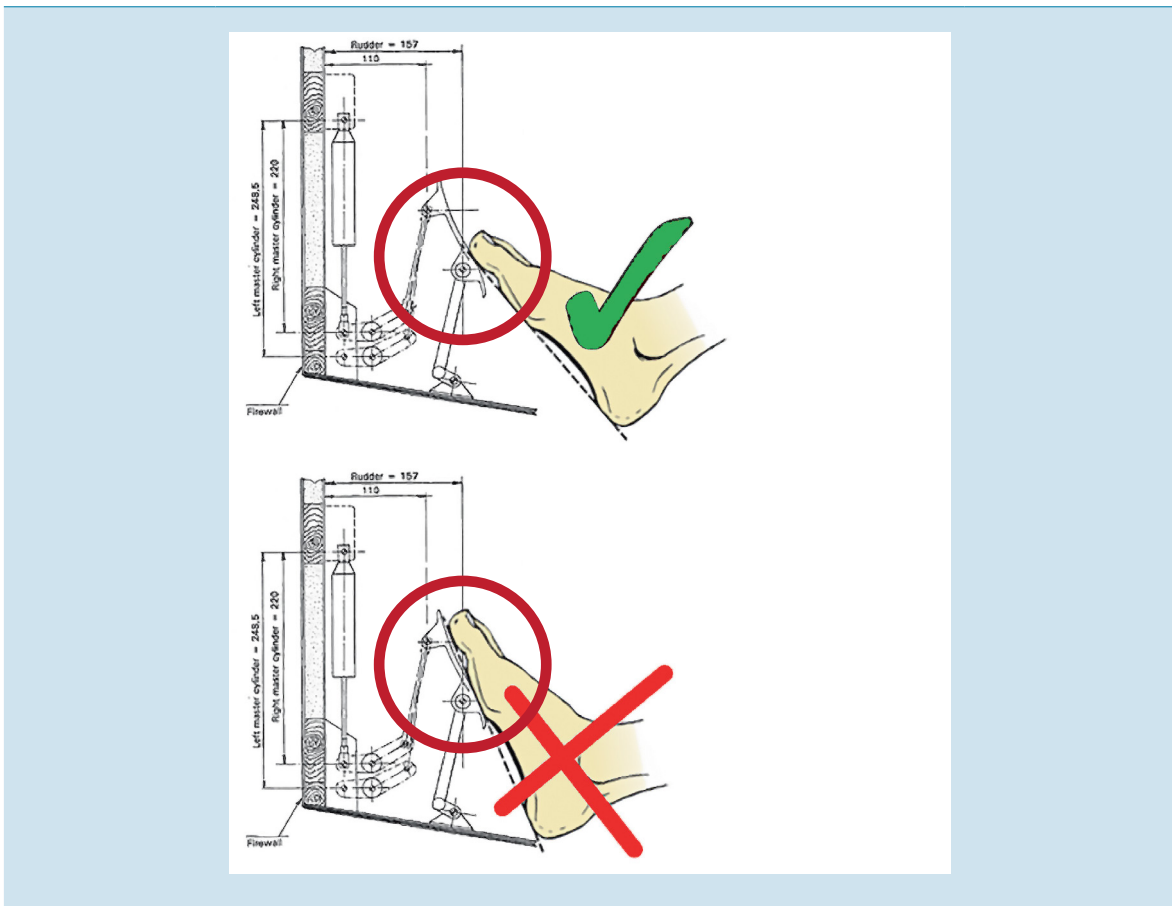
In het geval van de PH-SPZ merkte de piloot volgens zijn verklaring dat het vliegtuig bij de landing naar links trok. Hij wist het vliegtuig echter onder controle te houden. Dit suggereert dat de linkerrem enigszins, maar niet volledig, was geblokkeerd en vormt een aanwijzing dat het wiel tot op zekere hoogte nog kon draaien. Tijdens het taxiën verdwenen de remproblemen, maar toen de piloot de remmen bediende nadat de luchtverkeersleider riep dat hij vlammen zag, ervoer hij een verminderde remwerking. Het vliegtuig trok ook naar rechts. Dit is een aanwijzing dat delen van de reminstallatie reeds door brand of hitte waren beschadigd, wat resulteerde in lekkage van de remvloeistof. De schade aan de PH-SPZ was zo ernstig dat de toestand van de O-ring niet kon worden bepaald.

b. *Remactivering door de piloot*

Onopzettelijk activeren van de rem tijdens het taxiën, waardoor de remschijf heet wordt, kan worden veroorzaakt door een niet volledig vrijgegeven parkeerrem of door remmend taxiën.

Een parkeerrem die deels geactiveerd blijft tijdens het taxiën, leidt tot een onbedoelde remwerking, omdat de remblokken tegen de remschijf gedrukt blijven. Bij geen van beide voorvallen kon worden vastgesteld of deze situatie zich tijdens de vlucht heeft voorgedaan. De DR400 heeft geen waarschuwinglampje in het geval de parkeerrem (deels) geactiveerd is.

In de DR400-onderhoudsdocumentatie staat dat permanente wrijving van de remblokken op de remschijf kan worden veroorzaakt door een onbedoeld creëren van remdruk als gevolg van een onjuiste positie van de voeten op de pedalen. Dit wordt 'brake riding' genoemd. Tijdens het taxiën moeten de voeten van de piloot op het onderste uiteinde van de pedalen zijn geplaatst om het neuswiel te besturen. Alleen tijdens het remmen moeten de voeten worden verplaatst naar de bovenzijde van de pedalen; zie figuur 13.



Figuur 13: Juiste en onjuiste plaatsing van de voeten op de pedalen. (Bron: Vliegclub Rotterdam, cirkels geplaatst door de Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Hoewel het vliegtuig is voorzien van verstelbare voorstoelen, is het cockpitontwerp mogelijk voor sommige gebruikers te krap. De gemiddelde lengte van piloten is namelijk aanzienlijk toegenomen sinds het moment waarop het vliegtuig werd ontworpen. De gemiddelde lengte van een 30-jarige Fransman in 1960 (om en nabij de periode van het eerste ontwerp) was ongeveer 170 cm.⁴ Daarentegen waren de inzittenden van de beide vliegtuigen respectievelijk 184 (PH-SPZ) en 186/179 cm (PH-HLR) lang. Door de beperkte ruimte kunnen de voeten van de piloot onbedoeld de rempedalen indrukken.

Verder zijn de pedalen van het gecombineerde neuswielbesturings-/remsysteem relatief klein en zijn de pedalen in de DR400, in tegenstelling tot de tekening in figuur 13, in een steile hoek geplaatst; zie figuur 5. Deze drie factoren kunnen ertoe leiden dat de voeten niet goed worden geplaatst, c.q. dat er onbedoeld wordt geremd. 'Brake riding' kan derhalve in beide gevallen niet worden uitgesloten.

Na het tweede voorval publiceerde de vliegclub een nieuwsbrief waarin aandacht werd besteed aan de plaatsing van de voeten in de cockpit. Deze nieuwsbrief omvatte ook de tekening uit figuur 13. Ook kregen instructeurs van de vliegclub het advies om speciale aandacht te besteden aan de positionering van de voeten van hun leerlingen tijdens vlieglessen in de DR400. Tenslotte werden clubleden eraan herinnerd dat zij het geselecteerde vermogen tijdens het taxiën in de gaten moeten houden.

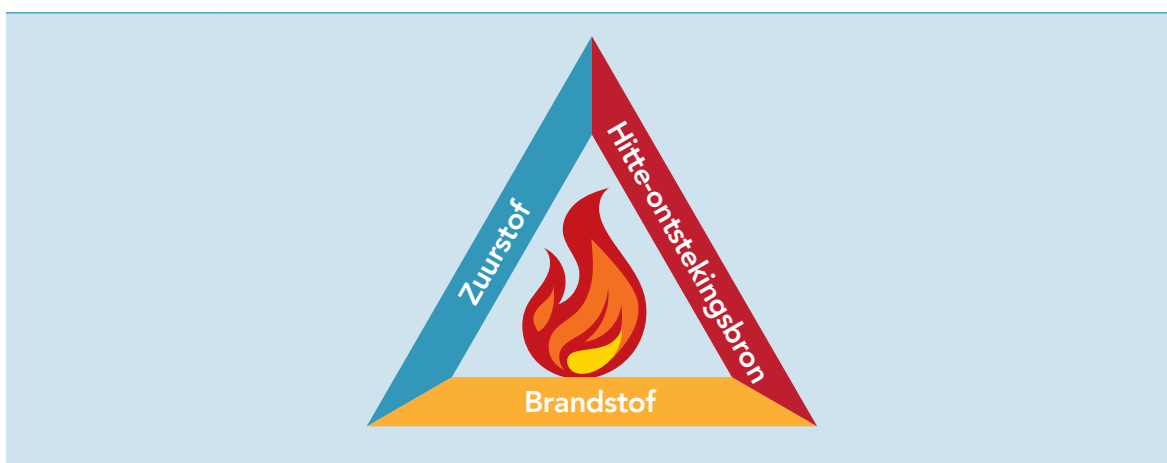
⁴ Gegevens van de Universiteit van Tübingen, als vermeld op: <https://ourworldindata.org/human-height/> op 30 januari 2017.

Een vorm van *opzettelijk*, maar ongewenst remmen doet zich voor wanneer de piloot een hoge taxiselheid als gevolg van hoge vermogensinstellingen compenseert met remmen in plaats van met vermogensreductie. De piloten van de twee betrokken vliegtuigen verklaarden geen van beiden dat ze overmatig hadden geremd en de Onderzoeksraad voor Veiligheid had geen reden om aan deze verklaringen te twijfelen. In de paragraaf over de motorgegevens werd aangetoond dat in beide voorvallen het geselecteerde vermogen tijdens het taxiën aanzienlijk hoger waren dan het vermogen tijdens twee eerdere vluchten. Desondanks was de taxiselheid bij de beide ongevallen normaal, soms zelfs laag in het geval van PH-SPZ. Dit geeft aan dat er een vorm van weerstand moest worden overwonnen, wat een indicatie kan zijn dat de wrijving van de remmen zo groot was, dat in beide gevallen veel hogere vermogensinstellingen noodzakelijk waren om een acceptabele taxiselheid te bereiken.

De noodzaak van een relatief hoog vermogen om een gewenste taxiselheid te bereiken, kan wijzen op een remprobleem. Dit kan een operationele en/of technische reden hebben. De piloot moet, voordat deze doorgaat met taxiën, controleren of de rempedalen niet per ongeluk zijn ingedrukt. Als een hoog vermogen noodzakelijk blijft, kan dit een technische reden hebben. In dat geval moet het taxiën afgebroken worden.

2.2 Brand

De branddriehoek in figuur 14 illustreert dat er drie elementen aanwezig moeten zijn voor het ontstaan van brand: zuurstof, brandstof en een hitte- of ontstekingsbron. Bij de onderzochte voorvallen bleken deze drie elementen allemaal aanwezig te zijn. In deze paragraaf wordt daarom nagegaan welke vliegtuigmaterialen of operationele omstandigheden hebben kunnen gefungeerd als een van deze elementen. Samen met een analyse van de in het voorgaande hoofdstuk beschreven schade, wordt deze analyse gebruikt om de meest waarschijnlijke volgorde van gebeurtenissen ten aanzien het ontstaan van de branden aan te geven, evenals de manier waarop de primaire brand zich heeft ontwikkeld tot een brand die de vleugel en het hoofdlandingsgestel van de vliegtuigen in de as legde.



Figuur 14: De branddriehoek.

2.2.1 Zuurstof

De ongevallen die zijn onderzocht door de Onderzoeksraad voor Veiligheid vonden beide plaats tijdens het taxiën in de open lucht. Het is waarschijnlijk dat de aldus gecreëerde luchtstroom een constante toevoer van zuurstof leverde aan de plaats waar de brand is ontstaan. Een gat in de vleugelbekledingsstof, waardoor de hydraulische remleiding loopt van de reminstallatie naar de vleugel, vormt een open verbinding tussen de buitenlucht en de binnenzijde van de vleugel. Aangezien de stroomlijnkappen niet zijn afgedicht bij het vliegtuigframe, is daar ook zuurstof aanwezig.

2.2.2 Brandstof

De DR400 bevat een aantal componenten die als potentiële brandstofbron voor een brand kunnen dienen zoals waargenomen bij de twee onderzochte ongevallen. Tabel 1 toont de toestand waarin deze materialen zijn aangetroffen na de brand in respectievelijk de PH-HLR en de PH-SPZ.

Component	Ontvlambaar materiaal	Schade aan PH-HLR	Schade aan PH-SPZ
Vleugelconstructie	Hout	Grotendeels verwoest	Grotendeels verwoest
Vleugelbekledingsmateriaal	Polyester	Grotendeels verwoest	Grotendeels verwoest
Stroomlijnkappen	Polyester + hars	Schade door hitte	Verwoest
Vreemd materiaal in wielkap	Divers	Gras aanwezig ⁵	Onbekend (bekleding verwoest)
Remvloeistof	Olie	Onbekend	Onbekend
Vet	Olie	Onbekend	Onbekend
Band	Rubber	Pyrolytische schade	Pyrolytische schade
Brandstoftank	Vliegtuigbrandstof	Intact	Intact

Tabel 1: Toestand van ontvlambare vliegtuigcomponenten na branden in PH-HLR en PH-SPZ.

In vergelijking met de PH-SPZ bleef er bij de PH-HLR meer bewijs beschikbaar omdat de brand in een eerder stadium werd geblust. In tegenstelling tot de vleugel (die zwaar werd beschadigd) bleven de stroomlijnkappen rond de wielen en landingspoten bij de PH-HLR relatief intact. Dit suggereert dat de vleugelstructuur en het vleugelbekledingsmateriaal vatbaarder waren voor beschadiging door de brand dan deze stroomlijnkappen, en/of dat de brand is ontstaan bij de vleugel en later is uitgebreid naar de stroomlijnkappen rond de wielen en landingspoten.

⁵ Gras in een stroomlijnkap van een wiel werd ook geïdentificeerd als de brandstof tijdens een brand van een DR400 op 3 maart 1998. Na de brand aan de PH-HLR werden de stroomlijnkappen voor de wielen van alle andere DR400-vliegtuigen van de vliegclub (8 in totaal) gehaald. Geen van de kappen bevatte gras aan de binnenkant.

2.2.3 Hitte- of ontstekingsbron

Hoewel de linkervleugelstructuur in beide gevallen werd onderzocht door de Onderzoeksraad voor Veiligheid, waren deze zwaar beschadigd door brand en leverde het technisch onderzoek geen (elektrische) ontstekings- en/of hittebronnen aan de vleugel zelf op. In beide ongevallen werd er meer vermogen (RPM/LOAD) geselecteerd in vergelijking met eerdere vluchten. Dit suggereert dat er tijdens het taxiën een soort weerstand moest worden overwonnen. Deze wrijving zou de combinatie van verhitte remschijf en remblokken kunnen hebben veroorzaakt.

De pyrolytische schade die is aangetroffen op de linkerband van de PH-HLR met dezelfde omtrek als de remschijf, toont duidelijk aan dat de linkerremschijf heet genoeg is geworden om het rubber van het wiel te beschadigen. In het geval van de PH-SPZ vertoonde de rechterkant van de linkerband ook sporen die wijzen op hoge temperaturen in de nabijheid van de reminstallatie. Gezien dit bewijs wordt geconcludeerd dat de remschijf in beide gevallen zo heet was, dat het rubber van de band pyrolytische schade heeft opgelopen die overeenkomt met de omtrek van de remschijf.

2.2.4 Oorzaken van een hete reminstallatie

Op het moment dat het oorspronkelijke model van de Robin DR400/140B een typecertificering kreeg van de DGAC in 1975, golden ook de eisen van AIR2052. Met betrekking tot de remmen staat in AIR2052:

“er moeten remmen aanwezig zijn die toereikend zijn om:

- a. *te voorkomen dat het vliegtuig beweegt op een verharde baan met het opstijgvermogen op de cruciale motor; en*
- b. *voldoende snelheidscontrole uit te oefenen tijdens het taxiën zonder een al te hoge inspanning van de piloot”.*

Volgens Verordening (EC) nr. 1702/2003 is het DGAC-typecertificaat overgegaan naar een EASA-typecertificaat in 2003. Aangezien het oorspronkelijke gecertificeerde ontwerp stamt van vóór 2003, valt het remsysteem van het model DR400/140B niet onder de certificatie-eisen van het Europees Agentschap voor de veiligheid van de burgerluchtvaart (EASA). Deze eisen zijn gebaseerd op de *certificatie-eisen (CS) van het EASA 23 - normal, utility, acrobatic en commuter vliegtuigen*. Sectie 23.735 hiervan bevat de formules in Tabel 2, die wordt gebruikt om de energie te berekenen die elke reminstallatie in een type vliegtuig moet kunnen verwerken tijdens de landing.

$$KE = \frac{0,5 \times M \times V^2}{N}$$

KE = Kinetische energie per wiel (Joules);

M = Ontwerp-landingsmassa (kg);

V = Vliegtuigsnelheid in m/s. V mag niet lager zijn dan VSO, de rotor-overtreksnelheid van het vliegtuig op zeeniveau, met het ontwerp-landingsgewicht en in de landingsconfiguratie;

N = Aantal hoofdwielen met remmen

Tabel 2: De energie die remmen moeten kunnen verwerken tijdens de landing. (Bron: EASA CS 23 (2003), sectie 23.735)

Uit berekeningen van de fabrikant blijkt dat het gebruikte remsysteem in de DR400 voldoet aan de EASA-vereisten (hoewel deze formeel niet van toepassing zijn⁶). Dit maakt het onwaarschijnlijk dat de reminstallatie oververhit is geraakt bij normaal gebruik tijdens de landing.

2.3 Volgorde van gebeurtenissen

De waargenomen schadepatronen en de beschikbare brandelementen (zoals beschreven in paragraaf 2.2) zijn geanalyseerd door een brandonderzoeker van de Onderzoeksraad voor Veiligheid om de meest waarschijnlijke reeks gebeurtenissen bij de voorvallen met de PH-SPZ en de PH-HLR vast te stellen.

Uit de schadeanalyse bleek dat de branden niet zijn ontstaan als gevolg van straling (van de remmen naar de polyester stroomlijnkappen rond de wielen) of convectie (in de stroomlijnkappen rond de landingspoten en wielen). Er werd een scenario vermoed waarbij:

1. Wrijving leidt tot een verhitte remschijf

Op figuur 9 zijn twee verschillende patronen zichtbaar van pyrolytische schade aan de linkerband van de PH-HLR. De cirkelvorm die congruent is met de remschijf, toont aan dat de wrijving ertoe leidde dat de remschijf werd verhit tot hoge temperaturen, die uitstraalden naar de nabijgelegen rubberen band.⁷ De oorzaak van deze wrijving bleef onbekend, aangezien noch een technische oorzaak, noch ontwerpaspecten die leiden tot het onopzettelijk remmen van de piloot, kunnen worden uitgesloten in het onderzoek. Naast de verhittingsfase van de remschijf vond er een significant hitte-transport plaats naar de remblokken en andere metalen delen van de reminstallatie ten gevolge van thermische geleiding.

⁶ Bij een ontwerpwijziging van het remsysteem van het vliegtuig na 2003 moet worden voldaan aan de EASA-formule.

⁷ De band van de PH-SPZ was dermate zwaar beschadigd dat identificatie van soortgelijke patronen niet mogelijk was.

2. Hittetransport van reminstallatie naar vleugel via de landingspoot

Het metaal van de DR400-landingspoten is een zeer goede thermische geleider en een effectief middel voor hittetransport van de reminstallaties naar boven in de richting van de vleugel van het vliegtuig. Het is goed mogelijk dat vet en/of olie op de landingspoot of de vloeistofleidingen of olie in de schokbreker (die zich in de landingspoot bevindt) verhit, terwijl de stroomlijnkappen rond de wielen en landingspoten de afkoelmogelijkheden verminderen, wat leidt tot warmtebehoud. Daarom werd, kort nadat de remmen heter werden (zonder vuur), de gehele landingspoot, tot aan de aansluiting met de vleugel, ook zeer heet.

3. Brand breekt uit bij de aansluiting van landingspoot en vleugelconstructie

Als gevolg van de hitte ontsnapten gassen uit de polyester vleugelbekleding en het hout van de vleugelconstructie. Dit is een endotherm proces dat bekendstaat als *pyrolyse*. Hitte kan dienen als een ontstekingsbron bij gelijktijdig contact met een voldoende hoeveelheid van zowel zuurstof als brandstof. Het is aannemelijk dat zuurstof aanwezig is in de gehele constructie van het vliegtuig, terwijl de houten vleugelconstructie met polyester bekleding een overvloedige bron van brandstof vormt. Daarom kon de aanvankelijke hitte een ontstekingsproces op gang brengen op het punt waar de landingspoot en de houten hoofdlijger van de vleugel zijn verbonden (zie figuur 15). Daarnaast kan het niet worden uitgesloten dat vet en olie een geleidende rol speelden in de ontwikkeling van de brand.



Figuur 15: De vleugel-landingspoot verbinding (rood gemarkeerd), gezien met en zonder stroomlijnkappen tijdens de fabricage. (Foto's: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

4. Brand verspreidt zich door de vleugelconstructie

De brand kon zich verspreiden over de vleugel van het vliegtuig dankzij de houten vleugelconstructie en de synthetische vezels van het bekledingsmateriaal die dienden als brandstof. Afhankelijk van de tijd tot het moment dat het vuur werd gedoofd, kon schade

worden aangericht aan een gedeelte van de vleugel, de gehele vleugel of (als de romp in hoofdzaak is opgebouwd uit dezelfde materialen) zelfs aan het gehele vliegtuig.⁸

5. *Verbrandingsgassen verspreiden zich naar beneden in de stroomlijnkappen rond de stangen en wielen*

Het gedeelte van de band van de PH-HLR met het grotere schadepatroon (zichtbaar aan de rechterzijde van figuur 9) werd beschadigd door een ander mechanisme dan wrijving van de remschijf. Deze pyrolyseschade werd niet veroorzaakt door straling van hete metalen componenten, maar door de hete verbrandingsgassen in de stroomlijnkappen rond de landingspoot en wielen. Dit deel van de band stond boven nadat het vliegtuig tot stilstand was gekomen.

De stroomlijnkap van het hoofdlandingsgestel fungeerde als een schoorsteen voor de hete verbrandingsgassen en uiteindelijk het vuur, afkomstig van de brandende delen van het vliegtuig, die omlaag stroomden van de vleugels naar het wiel. Deze gasstroom veroorzaakte het typische schadepatroon aan de linkerwielkappen van de PH-HLR (zie figuur 8). De zwarte brandschadelijn markeert de grens van het hete gas dat het bovenste deel van de stroomlijnkap vulde. Het stapsgewijze patroon dat in lijn ligt met het landingsgestel, geeft aan dat de hete gassen omlaag werden geduwd in de stroomlijnkap van het wiel vanuit het brandende deel van het vliegtuig boven (dat wil zeggen de vleugel), niet andersom. De stroomlijnkap vertoont geen tekenen van straling uit de hete wielas, aangezien de afstand van de as tot de stroomlijnkap te groot is.

De brandschade die werd waargenomen op het linkerlandingsgestel van de PH-SPZ en de linker stroomlijnkap was daarom waarschijnlijk het gevolg van een omlaag verspreidende brand. Brand verspreidt zich langzaam in neerwaartse richting. Vandaar dat de brand in de stroomlijnkap van de landingspoot zich ten tijde van het blussen van de brand niet in dezelfde mate had ontwikkeld als de vleugelbrand.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is van mening dat de bovenstaande volgorde van gebeurtenissen de meest plausibele verklaring vormt voor de waargenomen schadepatronen. Het kan echter het niet volledig worden uitgesloten dat de brand feitelijk in of nabij de verhitte reminstallatie is uitgebroken. In dat geval verplaatste de brand zich naar boven en ontstak de vleugelbekleding en houten vleugelconstructie.

2.4 Specificaties van het vleugelbekledingsmateriaal

Tests van het bekledingsmateriaal van de vleugel en romp van de PH-HLR door de Onderzoeksraad wijzen uit dat dit synthetische materiaal uiteen begint te vallen bij ongeveer 180 graden Celsius en volledig verbrandt bij hogere temperaturen. Hitte en/of brand afkomstig van de hoofdlijger in de vleugel kan daarom (onder bepaalde voor-

⁸ De brand bij het voorval in Frankrijk van juli 2016 vernietigde bijvoorbeeld het grootste deel van het vliegtuig.

waarden) ook van invloed zijn op het bekledingsmateriaal van de vleugel, doordat het de fysieke eigenschappen kan verliezen en/of ook in brand kan vliegen.

Net als in vele soortgelijke voorvallen (zie paragraaf 2.5), werden de branden aan zowel de PH-SPZ als de PH-HLR pas ontdekt (door de luchtverkeersgeleiding of, in een later stadium, door de piloot) toen er vuur en/of rook uit de vleugel kwamen. Dit late tijdstip van detectie vermindert de tijd die inzittenden hebben om te ontsnappen uit het vliegtuig (indien aan de grond) of om een noodlanding te maken.

Dit toont aan dat het zeer belangrijk is dat het bekledingsmateriaal van de vleugel brandwerende eigenschappen heeft. Een manier om dit te bereiken, is door middel van certificering van het bekledingsmateriaal. Het bleek echter dat er geen brandwerendheidscertificatie-eisen bestaan voor vleugelbekledingsmaterialen. De enige vereisten voor dergelijke materialen zijn gesteld in termen van draadgebruik en trekkracht. Het bleek dat de vliegtuigfabrikant gebruik maakt van een synthetisch materiaal (Diatex 2000EV3) dat voldoet aan deze eisen en is gecertificeerd voor gebruik op dit type vliegtuig.⁹

2.5 Overeenkomstige voorvallen

Sinds 1988 zijn er 21 voorvallen onderzocht door het Franse onderzoeksbureau voor luchtvaartongevallen (BEA), waarbij Apex DR400-vliegtuigen of soortgelijke types werden getroffen door een brand, resulterend in verschillende gradaties van schade aan het vliegtuig. Een overzicht van deze voorvallen staan vermeld in tabel 3.

Datum	Registratie	Serienummer	Bouwdatum	Type remactivering	Brand gestart	Vluchtfase	Model, zo niet DR400	Personen aan boord	Waarschijnlijke oorzaak	Wielstroomlijnkappen
13-2-1988	F-GCUR	273	December 1980	Voetrempedalen	Links	Start	Aiglon	2	Onbekend	Onbekend
23-5-1989	F-BRFQ	371	April 1969	Centraal	Onbekend	Start	DR340	4	Lang taxiën	Ja
27-9-1989	D-EEGT	1061	December 1975	Centraal	Rechts	Landing		2	Onbekend	Onbekend
31-1-1992	F-GAXO	153	December 1978	Onbekend	Rechts	Start	R2160	1	Mechanisch	Ja
15-6-1992	D-EIKR	1839	Juni 1988	Centraal	Links	Start		1	Lang taxiën	Onbekend
6-6-1993	F-GCAB	233	Juni 1979	Voet-rempedalen	Rechts	Landing	Aiglon	2	Onderhoud	Onbekend
29-7-1997	OO-VMS	1124	Mei 1976	Centraal	Links	Landing		3	Band gesprongen	Onbekend
3-3-1998	F-GEID	1677	Januari 1985	Centraal	Links	Start		3	Droog gras in stroomlijnkap	Ja
10-10-1999	F-BRCY	353	Februari 1969	Centraal	Links	Start	DR340	4	Restremwerking	Ja
3-2-2000	F-GTZE	342	December 1999	Voet-rempedalen	Links	Start	HR200	2	Onderhoud	Ja
21-3-2000	F-BXRB	1063	Juli 1975	Centraal	Links	Start		1	Onderhoud	Ja
13-6-2000	F-BVDJ	910	Maart 1974	Centraal	Links	Start		4	Lang taxiën	Onbekend
3-6-2001	F-GORT	2299	Januari 1996	Voet-rempedalen	Links	Start		4	Onbekend	Onbekend
1-3-2004	F-GBVC	1387	Februari 1979	Centraal	Links	Start		3	Restremwerking	Ja
31-8-2005	F-GCIG	1453	December 1979	Centraal	Links	Start		4	Onderhoud	Onbekend
13-6-2009	F-GEIF	1690	April 1985	Centraal	Rechts	Start		4	Onbekend	Ja
20-3-2011	F-BRTK	408	Augustus 1969	Centraal	Links	Start	DR315	1	Restremwerking	Ja
11-5-2012	F-BXET	1024	April 1975	Centraal	Rechts	Start		1	Restremwerking	Onbekend
8-7-2012	F-GGJU	1822	April 1988	Centraal	Links	Start		4	Lang taxiën	Ja
3-7-2015	F-GAHH	1177	December 1976	Centraal	Links	Start		1	Lang taxiën	Ja
Juli 2016	G-GBUV	1376	1978	Centraal	Links	Start		2	Onbekend	Ja

Tabel 3: Overzicht branden in hoofdlandingsgestel en vleugel bij Apex DR400- of soortgelijke types (Bron: BEA).

Hierbij wordt opgemerkt dat de branden in bovengenoemde gevallen ontstonden aan zowel de linker- als de rechterzijde van het vliegtuig, met zowel centrale als voet-rempedalen, en zowel na de landing als vóór (en soms zelfs na) het opstijgen. Uit het onderzoek is niet gebleken waarom de meeste branden (zoals die aan de PH-HLR en de PH-SPZ) uitbraken aan de linkerkant. De Onderzoeksraad voor Veiligheid beschouwt dit als toeval.

Uit de onderzoeken naar bovenvermelde voorvallen kwam geen bewijs naar voren dat de oorzaak van deze branden onderbouwt. De Onderzoeksraad voor Veiligheid ontving echter enige extra informatie van BEA over hun bevindingen, waarin wordt bevestigd dat in een aantal gevallen de remmen oververhit waren geraakt als gevolg van een constante wrijving op de remschijven. Verklaringen voor deze wrijving varieerden van continu (onbedoeld) remmen door de piloot tot een mechanisch defect.

Uit deze Franse voorvallen concludeert de Onderzoeksraad voor Veiligheid dat oververhitting van de reminstallatie van het hoofdlandingsgestel inderdaad kan leiden tot het verlies van een vleugel na een scenario, zoals gepresenteerd in paragraaf 2.3 voor de beide Nederlandse voorvallen.

In gesprekken met de Onderzoeksraad voor Veiligheid herkenden gebruikers en onderhoudsorganisaties de bovengenoemde risico's. Zij stelden de volgende verbeteringen voor met betrekking tot de DR400:

- Ontwerp en implementeer een robuustere reminstallatie en velgen.
- Ontwerp en implementeer een parkeerremsensor en een waarschuwingssysteem.
- Ontwerp en implementeer een remsensor die de remdruk aangeeft.
- Herontwerp het neuswielbesturingssysteem/de rempedalen, in termen van grootte en positie.

Ten tijde van de voorvallen waren zowel de PH-SPZ als de PH-HLR onderhouden in overeenstemming met de eisen en hadden deze geldige bewijzen van luchtwaardigheid.

In beide voorvallen bleek uit motorgegevens dat er significant meer vermogen moest worden geselecteerd om een normale snelheid na de landing te verkrijgen dan tijdens eerdere vluchten. Hieruit volgt dat er wrijving tussen de remblokken en de remschijf aanwezig was. Deze wrijving leidde ertoe dat de remschijf werd verhit tot zeer hoge temperaturen.

Uit de analyses kwam naar voren dat de brand als eerste uitbraak in de vleugel ten gevolge van hittegeleiding vanuit de hete reminstallatie via de metalen landingspoot. De brand brak waarschijnlijk uit op het punt waar de landingspoot is verbonden met het hout en polyester van de vleugelstructuur, die als brandstof dienden. Olie en vet op de stang hebben mogelijk bijgedragen aan de ontwikkeling van de brand. Vanuit de brandende vleugel verspreidden verbrandingsgassen zich naar beneden in de stroomlijnkappen rond de stangen en wielen. Het kan niet volledig worden uitgesloten dat de brand ontstond bij het remsysteem.

Aangezien er in beide voorvallen noch een remspoor op de landingsbaan noch een plat vlak op de banden van het hoofdlandingsgestel zijn gevonden, is het onwaarschijnlijk dat een geblokkeerd wiel de wrijving in de remschijf heeft veroorzaakt. Een meer waarschijnlijke oorzaak is voortdurend remmen, waardoor de remschijf werd verhit. De oorzaak van dit continu remmen kon echter niet worden vastgesteld.

Er bestaan geen brandwerendheidscertificatie-eisen voor vleugelbekledingsmaterialen. De enige vereisten voor dergelijke materialen zijn gesteld in termen van draadgebruik en treksterkte.

Tijdens het onderzoek bleek dat vliegtuigen van het type DR400, of soortgelijk model, sinds 1988 betrokken zijn geweest bij ten minste 23 vleugelbranden die resulteerden in ofwel het verlies van de vleugel of van het hele vliegtuig. De Raad is van mening dat dit aantal hoog is, zelfs wanneer er rekening wordt gehouden met het grote aantal vluchten dat wordt gemaakt met dit type vliegtuig (ongeveer 1 miljoen landingen per jaar met de huidige vloot van 2500 vliegtuigen, volgens de fabrikant).¹⁰ Hoewel een definitieve oorzaak van deze branden over het algemeen niet kon worden vastgesteld, is het voor de Raad duidelijk dat vliegtuigen van het type DR400 gevoelig zijn voor branden als gevolg van de gebruikte materialen. Het ontwerp van het hoofdlandingsgestel, waaronder de reminstallatie en stroomlijnkappen, speelt een cruciale rol bij de ontwikkeling van deze branden.

¹⁰ Bron: artikel in het Franse tijdschrift *Info-Pilote*, van februari 2013.

4 AANBEVELINGEN

Hoewel het Apex DR400-vliegtuig voldoet aan alle wettelijke eisen qua luchtwaardigheid, is het raadzaam om het vliegtuig minder kwetsbaar te maken voor brand, die wordt veroorzaakt door een verhitte reminstallatie. Dat is de reden waarom de Onderzoeksraad voor Veiligheid de volgende aanbeveling doet aan het Europees Agentschap voor de Veiligheid van de Burgerluchtvaart (EASA):

- Adviseer de fabrikant van de Apex DR400 om de reminstallatie van het vliegtuig te verbeteren, zodat oververhitting van de remschijf ten gevolge van wrijving tussen de remschijf en remblokken, wordt voorkomen.



Bezoekadres

Anna van Saksenlaan 50
2593 HT Den Haag
T 070 333 70 00
F 070 333 70 77

Postadres

Postbus 95404
2509 CK Den Haag

www.onderzoeksraad.nl