



DE ONDERZOEKSRaad  
VOOR VEILIGHEID



**Afgebroken start na de beslissingssnelheid 'V<sub>1</sub>',  
Boeing B737-800, op Eindhoven Airport**

4 juni 2010

**AFGEBROKEN START NA DE BESLISSINGSSNELHEID  
'V<sub>1</sub>', BOEING B737-800, OP EINDHOVEN AIRPORT**

4 JUNI 2010

Doel van de werkzaamheden van de Onderzoeksraad is het voorkomen van toekomstige voorvallen of de gevolgen daarvan te beperken. Onderzoek naar schuld of aansprakelijkheid maakt nadrukkelijk geen deel uit van het onderzoek door de Raad. Verklaringen die zijn afgelegd in het kader van een onderzoek van de Raad, informatie die de Raad heeft verzameld, resultaten van technische onderzoeken en analyses, opgestelde documenten (inclusief het gepubliceerde rapport) mogen niet worden gebruikt als bewijs in strafrechtelijke, tuchtrechtelijke of civielrechtelijke procedures.

## INHOUD

<b>Gebruikte afkortingen.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Inleiding .....</b>	<b>5</b>
1.1 Aanleiding en achtergrond van het onderzoek .....	5
1.2 Het onderzoek.....	5
1.3 Leeswijzer.....	6
<b>2. Feitelijke informatie .....</b>	<b>7</b>
2.1 Inleiding .....	7
2.2 Achtergrondinformatie.....	7
2.3 Relevante systemen van de Boeing 737-800.....	8
2.4 Het verloop van de vlucht .....	9
2.5 Persoonlijke informatie .....	11
2.6 Informatie over het vliegtuig .....	11
2.7 Meteorologische informatie .....	11
2.8 Informatie over de luchthaven .....	11
2.9 Vluchtdatarecorder .....	11
2.10 Tests en onderzoek .....	12
<b>3. Beoordelingskader.....</b>	<b>14</b>
3.1 Algemeen .....	14
3.2 Wet- en regelgeving .....	14
3.3 Richtlijnen .....	14
3.4 Beoordelingskader voor veiligheidsmanagement .....	15
<b>4. Betrokken partijen en hun verantwoordelijkheden .....</b>	<b>16</b>
4.1 Ryanair.....	16
4.2 Bemanning .....	16
4.3 Irish Aviation Authority.....	17
<b>5. Analyse .....</b>	<b>18</b>
5.1 Inleiding .....	18
5.2 Het voorval .....	18
5.3 De procedures van ryanair voor een afgebroken start .....	21
5.4 Historisch perspectief van afgebroken starts .....	23
5.5 Het dilemma om een start af te breken .....	26
<b>6. Conclusies .....</b>	<b>27</b>
<b>BIJLAGE A: Onderzoeksverantwoording .....</b>	<b>28</b>
<b>BIJLAGE B: V-snelheden .....</b>	<b>30</b>
<b>BIJLAGE C: Grafiek van de vluchtdatarecorder .....</b>	<b>31</b>
<b>BIJLAGE D: Het bepalen van de lengte van de snelheidtrendvector .....</b>	<b>33</b>
<b>BIJLAGE E: RYANAIR-procedure voor een afgebroken start [MAN 1.1].....</b>	<b>34</b>
<b>BIJLAGE F: RYANAIR-procedure voor een afgebroken start [MAN2.5] .....</b>	<b>35</b>
<b>BIJLAGE G: Zogtubulentie van een vliegtuig.....</b>	<b>36</b>
<b>BIJLAGE H: Aanbevelingen van de NTSB uit 1990 voor het verbeteren van de veiligheid van afgebroken starts .....</b>	<b>37</b>

## GEBRUIKTE AFKORTINGEN

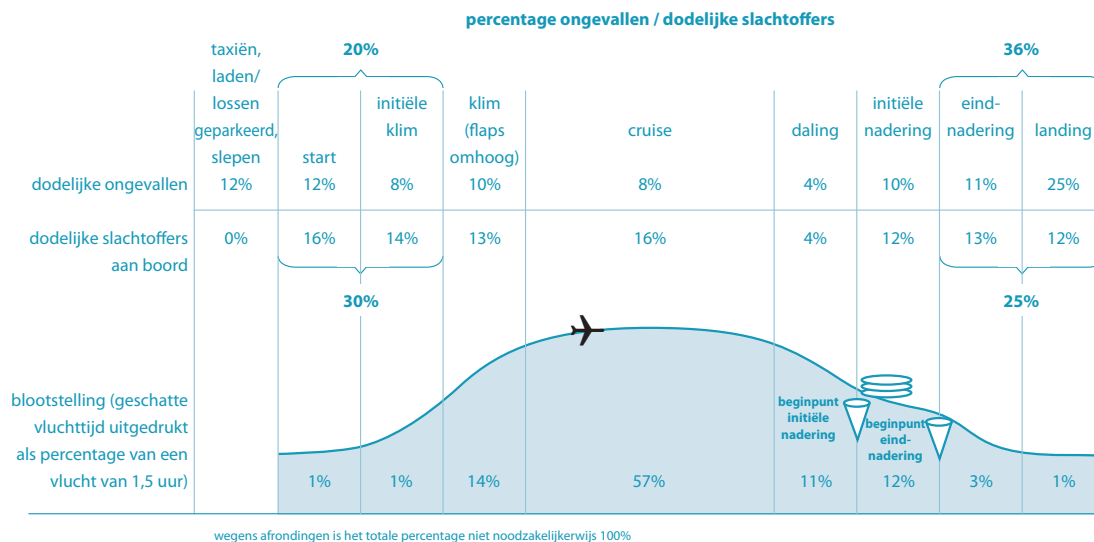
A.C.	Advisory Circular	Informatiebrief
ADIRU	Air Data Inertial Reference Unit	Systeem voor luchtgegevens en traagheidsnavigatie
ADM	Air Data Module	Luchtgegevensmodule
AoA	Angle of Attack	Invalshoek
BITE	Built in Test Equipment	Ingebouwde testapparatuur
CRM	Cockpit Resource Management	Regels voor cockpitbemanning
EASA	European Aviation Safety Agency	Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart
FAA	Federal Aviation Administration	Toezichthouder op de burgerluchtvaart in de Verenigde Staten
FCOM	Flight Crew Operations Manual	Besturingshandleiding voor piloten
FCTM	Flight Crew Training Manual	Opleidingshandleiding voor piloten
FDR	Flight Data Recorder	Vluchtdatarecorder
IAA	Irish Aviation Authority	Ierse luchtvaartautoriteit
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Internationale burgerluchtvaartorganisatie
JAA	Joint Aviation Authorities	Gemeenschappelijke Europese luchtvaartautoriteiten
NLR	National Aerospace Laboratory - The Netherlands	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (Nederland)
NTSB	National Transportation Safety Board	Onderzoeksinstantie voor transportveiligheid (Verenigde Staten)
PFD	Primary Flight Display	Scherf met belangrijkste vluchtinformatie
QRH	Quick Reference Handbook	Referentiehandboek
RTO	Rejected Takeoff	Afgebroken start
$V_1$	Takeoff decision speed	Beslissingssnelheid waarbij start nog veilig kan worden afgebroken
$V_2$	Takeoff safety speed	Veilige klmsnelheid
$V_R$	Speed for rotating the aircraft	Rotatiesnelheid (snelheid om het vliegtuig van de grond te trekken)

# 1 INLEIDING

## 1.1 AANLEIDING EN ACHTERGROND VAN HET ONDERZOEK

De Boeing 737-800 van Ryanair steeg op 4 juni 2010 op vanaf startbaan 04<sup>1</sup> op Eindhoven Airport. Tijdens het roteren van het vliegtuig om op te stijgen, besloot de bestuurder om de start af te breken omdat hij van mening was dat het vliegtuig onveilig was om te vliegen. Het besluit om de start af te breken werd genomen na het bereiken van de beslissingssnelheid ( $V_1$ ). De piloot voerde een zogeheten afgebroken start op hoge snelheid uit. Het vliegtuig kwam op 500 meter voor het einde van de baan tot stilstand en werd vervolgens teruggetaxied naar de terminal. Het toestel raakte niet beschadigd en er waren geen gewonden onder passagiers of bemanning.

Uit cijfers van Boeing blijkt dat de start een kritieke fase van de vlucht is, die ongeveer 1% van de totale vluchtduur uitmaakt. Ongevallenstatistieken tonen aan dat 16% van de dodelijke ongevallen aan boord en 12% van de dodelijke vliegtuigongevallen zich voordoet tijdens de start. Er bestaat tijdens een start, en zeker tijdens een op hoge snelheid afgebroken start, een aanzienlijk risico op overrun (niet kunnen stoppen voor het einde van de baan). Het voorval op 4 juni 2010 werd dan ook beschouwd als een ernstig incident en dienovereenkomstig onderzocht.



Figuur 1: Percentage ongevallen en slachtoffers per vluchtfase. Bron: Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, 1959 - 2008, Boeing.

## 1.2 HET ONDERZOEK

### 1.2.1 Doelstelling

Dit rapport bevat de resultaten van het onderzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid naar een afgebroken start na het bereiken van de beslissingssnelheid ' $V_1$ '. Het onderzoek heeft twee doelstellingen. De eerste doelstelling van de Raad is om lering te trekken uit dit voorval en soortgelijke incidenten in de toekomst proberen te voorkomen. De tweede doelstelling van het onderzoek is het informeren van betrokken partijen, met inbegrip van passagiers en de autoriteiten, over wat er op 4 juni 2010 is gebeurd. Het onderzoek van de Raad heeft niet tot doel om een schuldige of aansprakelijke partij aan te wijzen.

1 Startbaan 04 is een aanduiding om aan te geven dat de richting van de baan in een magnetische koers van ongeveer 40 graden ligt.

### *1.2.2 Onderzoeksvragen*

De primaire onderzoeksvragen in verband met dit ernstige incident zijn:  
Waarom besloot de piloot de start af te breken?  
Onder welke omstandigheden moet een start worden afgebroken?

### *1.2.3 Afbakening en werkwijze*

Het onderzoek naar de oorzaak beschrijft en analyseert de feiten voorafgaand aan en direct volgend op het moment waarop de start op Eindhoven Airport werd afgebroken.

## 1.3 LEESWIJZER

Dit rapport bevat zes hoofdstukken. De feiten omtrent het ernstige incident en andere feitelijke informatie worden beschreven in hoofdstuk twee. In hoofdstuk drie wordt het beoordelingskader toegelicht. De betrokken partijen en hun verantwoordelijkheden komen aan bod in hoofdstuk vier. Hoofdstuk vijf geeft een analyse en gaat in op de onderliggende factoren van het ernstige incident. Vervolgens worden op basis van de analyse van hoofdstuk vijf conclusies getrokken in hoofdstuk zes.

De internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) heeft richtlijnen opgesteld en werkmethode aanbevolen voor onderzoek naar ongevallen en ernstige incidenten in de burgerluchtvaart. Deze zijn opgenomen in bijlage 13, 'Aircraft Accident and Incident Investigation'. Een verslag op basis van bijlage 13 heeft een vaste structuur: feitelijke informatie, analyse, conclusies en aanbevelingen. De indeling van hoofdstuk 2, 'feitelijke informatie', volgt de structuur van bijlage 13.

## 2 FEITELIJKE INFORMATIE

### 2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste feiten gepresenteerd om de oorzaken vast te stellen en antwoord te geven op de onderzoeksvragen met betrekking tot de afgebroken start. In paragraaf 2.2 wordt achtergrondinformatie gegeven over 'V-snelheden' in de luchtvaart. In paragraaf 2.3 wordt kort ingegaan op de relevante technische systemen van de Boeing 737-800. Paragraaf 2.4 beschrijft het verloop van de vlucht. In paragraaf 2.5 tot en met 2.10 worden overige feitelijke informatie gegeven die nodig is voor de verdere analyse van het incident.

### 2.2 ACHTERGRONDINFORMATIE

In de luchtvaart zijn V-snelheden (velocity-snelheden) standaardtermen om luchtsnelheden te definiëren die belangrijk of nuttig zijn voor het besturen van een vliegtuig. Deze snelheden worden afgeleid uit gegevens die door vliegtuigontwerpers en fabrikanten zijn verkregen tijdens het testen en certificeren van luchtvaartuigen. In sommige gevallen worden V-snelheden door de ontwerp specificaties voorgeschreven. Deze snelheden worden gebruikt als '*best practice*' voor optimale veiligheid in de luchtvaart, optimale prestaties van het luchtvaartuig, of beide.

De snelheid  $V_1$  is een operationele snelheid die tijdens de start wordt gebruikt. Er bestaan verschillende definities voor. Sommige zijn gebaseerd op operationele aspecten, andere op certificatieaspecten (zie bijlage B voor voorbeelden).  $V_1$  wordt in de Flight Crew Operations Manual voor de cockpitbemanning van deze operator gedefinieerd als de "takeoff decision speed", oftewel de beslissingssnelheid om op te stijgen.

Snelheid  $V_1$  wordt tijdens de start gebruikt ter ondersteuning van het besluitvormingsproces van de piloten indien zich een motorstoring of een ander ernstig probleem voordoet. Onder  $V_1$  kan het vliegtuig voor het einde van de resterende startbaan stoppen, terwijl dit boven  $V_1$  niet of niet met zekerheid het geval is. Een poging om te stoppen boven  $V_1$  wordt als gevaarlijk beschouwd, vanwege het risico dat het einde van de startbaan wordt overschreden. Als de afstand die nodig is om  $V_1$  te bereiken gelijk is aan de resterende lengte van de baan, wordt de start een "balanced field takeoff"<sup>2</sup> genoemd. De kans op overrun is hierbij hoog.

Het weer, het gewicht van het vliegtuig, de hoogte en lengte van de startbaan evenals overige omstandigheden hebben invloed op de  $V_1$  snelheid. Tijdens testvluchten wordt voor een aantal startgewichten de  $V_1$  snelheid bepaald. Deze snelheden worden gepubliceerd in de vlieghandleiding. De informatie in de vlieghandleiding wordt vervolgens door de piloten gebruikt om de  $V_1$  voor elke start te bepalen.

Naast de  $V_1$  snelheid worden ook de rotatiesnelheid ( $V_R$ )<sup>3</sup> en de veilige klimsnelheid ( $V_2$ )<sup>4</sup> bepaald. Deze snelheden worden vastgesteld middels testvluchten en gepubliceerd in de vlieghandleiding. Alle drie de V-snelheden worden voor elke start door de cockpitbemanning bepaald.

- 
- 2 Een "balanced field takeoff" is een omstandigheid waar de benodigde acceleratie-stop afstand (ASDR) gelijk is aan de benodigde "takeoff" afstand (TODR) met het vliegtuiggewicht, beschikbaar motorvermogen, vliegtuigconfiguratie en condities van de startbaan. Over het algemeen betekent de "balanced field" afstand de minimale baanlengte die voor een start kan worden gebruikt.
  - 3  $V_R$  is de snelheid waarbij de besturende piloot aan de stuurkolom begint te trekken, zodat het vliegtuig om de as van het hoofdlandingsgestel draait dat op dat moment nog de grond raakt.
  - 4  $V_2$  is de vereiste snelheid om een minimale klimgradiënt te behouden met één uitgevallen motor.



Voor de onderhavige vlucht waren de V-snelheden door de bemanning bepaald zoals weergegeven in tabel 1.

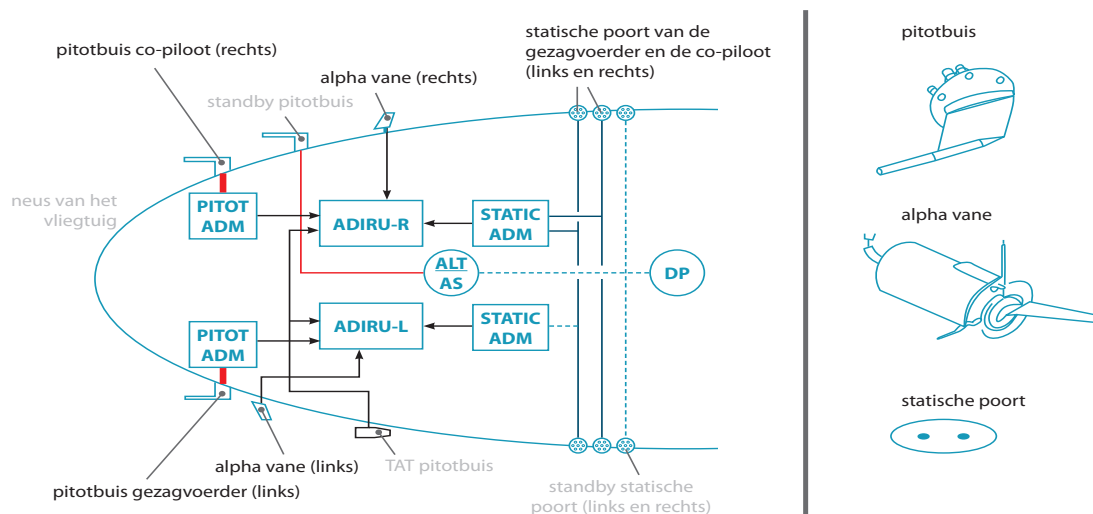
$V_1$	140 knopen <sup>5</sup>	Beslissingssnelheid om op te stijgen
$V_R$	141 knopen	Rotatiesnelheid
$V_2$	147 knopen	Veilige klimsnelheid

Tabel 1: De V-snelheden die door de bemanning werden gehanteerd.

## 2.3 RELEVANTE SYSTEMEN VAN DE BOEING 737-800

### 2.3.1 De Air Data Inertial Reference Unit

De Air Data Inertial Reference Unit (ADIRU) is een computer die gegevens over onder meer de luchtsnelheid<sup>6</sup> doorstuurt naar de primary flight display van de piloten. Er zijn aan boord van het vliegtuig twee ADIRU-computers geïnstalleerd, één links en één rechts. De luchtsnelheid wordt door de ADIRU-computer berekend aan de hand van sensoren die de luchtdruk buiten het vliegtuig meten. De drukmetingen worden door twee sensoren gedaan, de pitotbuis en de statische poort. Deze sensoren bevinden zich op zowel de linker- als de rechterkant van het vliegtuig en zijn aangesloten op respectievelijk de linker of rechter ADIRU-computer. Voor de berekening van de luchtsnelheid wordt ook rekening gehouden met de invalshoek van het vliegtuig, die wordt gemeten door de alpha vane (invalshoeksensor). Beide ADIRU-computers zijn voorzien van interne controle en data wordt met elkaar vergeleken. Zodra het verschil tussen beide computers een drempelwaarde bereikt zal er een waarschuwingssignaal komen.



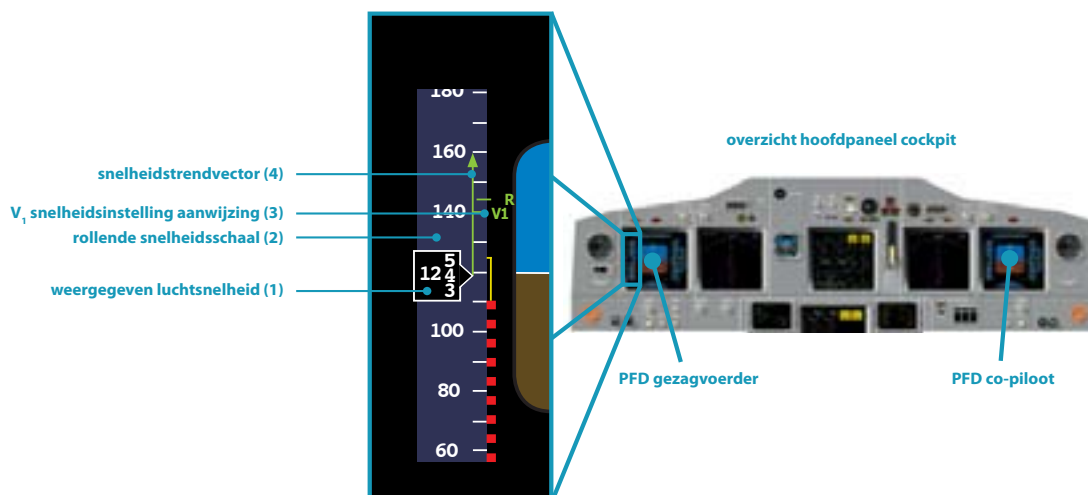
Figuur 2: Schematisch systeemdiagram van de belangrijkste systeemonderdelen en sensoren voor het berekenen van de luchtsnelheid.

### 2.3.2 Primary Flight Display (PFD)

In de cockpit beschikt zowel de gezagvoerder als de co-piloot over een primary flight display (PFD). Op dit scherm wordt vluchtinformatie weergegeven, zoals de neusstand van het vliegtuig, luchtsnelheid, koers, daal- of stijgsnelheid, luchtdruk en hoogte.

5 1 knoop = 1852 meter per uur.

6 De snelheid van het vliegtuig ten opzichte van de ongestoorde luchtstroom.



*Figuur 3: Overzicht van het hoofdpaneel in een B737-800 cockpit met uitvergroete snelheidsband van de primary flight display.*

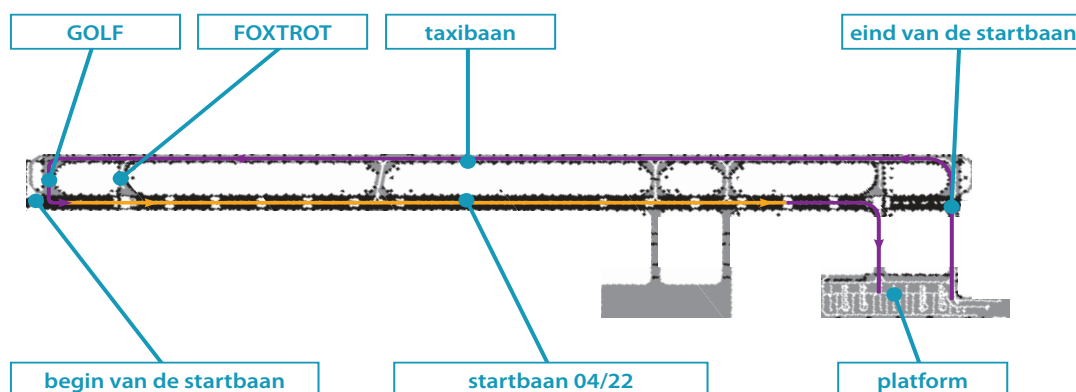
De (berekende) luchtsnelheid wordt aan de linkerkzijde van elk primary flight display numeriek weergegeven (Figuur 3 – (1)). Afhankelijk van de luchtsnelheid en de fase van de vlucht wordt door een rollende snelheidsschaal (Figuur 3 – (2)) aanvullende snelheidsinformatie gegeven. Voor de start worden de V-snelheden bepaald en ingevoerd in de Flight Management Computer. De  $V_1$  (Figuur 3 – (3)) en  $V_R$  snelheden verschijnen vervolgens op de rollende snelheidsschaal. Op het scherm kan ook een groene pijl worden getoond (Figuur 3 – (4)). De punt van de snelheidstrendvector geeft de te verwachte luchtsnelheid na tien seconden aan. De voorspelling is gebaseerd op de veronderstelling dat verandering van de luchtsnelheid en longitudinale versnelling gelijk blijven. De snelheidstrendvector wijst naar boven wanneer de snelheid van het vliegtuig toeneemt (versnelling) of naar beneden wanneer de snelheid afneemt (vertraging). Zodra de berekende snelheidstrendvector onder een drempelwaarde komt, wordt deze niet langer weergegeven. De snelheidstrendvector is bedoeld als hulpmiddel om tijdens de vlucht de juiste stuwkracht in te stellen en de gewenste snelheid aan te houden. Dit reduceert de werkdruk van de piloot wanneer de luchtsnelheid of hoogte moet worden gewijzigd of worden aangehouden.

## 2.4 HET VERLOOP VAN DE VLUCHT

In de ochtend van 4 juni 2010 kwam de Boeing B737-800 met registratie EI-DPX vanuit Faro (Portugal) aan op Eindhoven Airport. De vlucht van Faro naar Eindhoven werd gevlogen door de gezagvoerder, de co-piloot zou de terugvlucht naar Faro vliegen. Het vliegtuig zou volgens de dienstregeling om 09.30<sup>7</sup> uur weer naar Faro vertrekken. De bemanning heeft de standaard checklist doorlopen en de operationele procedures voor de vlucht uitgevoerd. Tijdens de vluchtvoorbereiding zijn de verschillende operationele snelheden ('V-snelheden') berekend aan de hand van de goedgekeurde vliegtuighandleidingen waar de bemanning over beschikte.

Na het starten van de motoren werd het vliegtuig van de opstelplaats naar de drempel (het begin) van startbaan 04 getaxied, via de parallelle taxibaan (Figuur 4). De baanverkeersleider van Eindhoven dirigeerde de Boeing B737 naar afslag FOXTROT. De bemanning vroeg vervolgens om afslag GOLF en de baanverkeersleider ging akkoord. De bemanning kreeg instructie om te wachten omdat een sportvliegtuig al eerste zou opstijgen.

<sup>7</sup> De tijd in dit rapport is de door de FDR geregistreerde UTC-tijd.



Figuur 4: Kaart van luchthaven Eindhoven Airport. De route van het vliegtuig is met paars (taxi) en geel (start) aangegeven.

Rond 09.45 uur reed het vliegtuig startbaan 04 op en kreeg de bemanning van de luchtverkeersleiding toestemming om op te stijgen. Zoals de procedure voorschrijft gaf de co-piloot stuwkracht voor de start door de TO/GA<sup>8</sup>-schakelaars in te drukken. Als onderdeel van de startprocedure legde de gezagvoerder zijn hand op de gashendels.

Tijdens het begin van de start, toen de luchtsnelheid nog laag was, gaf de co-piloot aan dat hij moeite had om het vliegtuig op de middellijn te houden. Bij 80 knopen werd vervolgens een cross-check van de luchtsnelheid uitgevoerd. Deze check was positief en er werden geen snelheidsafwijkingen waargenomen. Toen het vliegtuig bij een snelheid van 90 knopen opnieuw van de middellijn raakte, vermoedde de gezagvoerder een motorstoring en controleerde hij een tweede maal de motorparameters (N1). De linker- en rechtermotorparameters bleken correct en symmetrisch te zijn.

Bij een snelheid van ongeveer 140 knopen zag de bestuurder een negatieve snelheidstrendvector. De gezagvoerder verklaarde naderhand dat hij tegelijkertijd een lange positieve trendvector zag. De gezagvoerder achtte dit verschil geen probleem en maakte er geen opmerking over. Toen de luchtsnelheid  $V_1$  bereikte werd 'V<sub>1</sub>' en 'V<sub>R</sub>' geroepen en haalde de gezagvoerder zijn hand van de gashendels.

Volgens de co-piloot ging de stuurknuppel zonder dat hij eraan trok naar achter toen het vliegtuig de  $V_1$  snelheid bereikte. De co-piloot voelde tegendruk van de stuurknuppel en het vliegtuig ging uit zichzelf roteren. Op dat moment had hij het gevoel dat het vliegtuig onveilig was om te vliegen en trok hij de gashendels terug. Het automatische remsysteem en de remkleppen werden automatisch geactiveerd en het afbreken van de start werd ingezet.

Nadat de gashendels naar achter waren getrokken, nam de gezagvoerder de besturing over en voltooide hij de afgebroken startprocedure. Het vliegtuig kwam ongeveer 500 meter voor het einde van de startbaan tot stilstand. De flaps werden op stand 5 gehouden en de gezagvoerder achtte een evacuatie niet noodzakelijk.

Nadat de procedure voor een afgebroken start was afgewerkt, nam de co-piloot contact op met de verkeersstoren om de afgebroken start te melden. De toren bevestigde de kennisgeving en vroeg of er verdere bijstand nodig was. De bemanning deelde de toren mee dat er geen verdere bijstand nodig was. In de cockpit ging vervolgens een 'master caution'-licht branden, wat een waarschuwing van de centrale brandstofpomp bleek te zijn.

8 TO/GA-schakelaars activeren het Autopilot Flight Director System en de Autothrottle tijdens de start, indien op standby gezet voor gebruik.

De bemanning vroeg de toren om te controleren of alles in orde was met de banden ('if everything is fine with the rubber') en later of de wielen in orde waren ('check our wheels are fine'). Vanwege de hoge snelheid waarbij de start werd afgebroken, waren de remmen van het vliegtuig heet geworden. De bemanning vreesde voor oververhitte remmen en eventueel in brand vliegen van de wielen. Op de parkeerplaats werd vastgesteld dat er rook van de remmen kwam. De bemanning besloot vervolgens om de passagiers te laten uitstappen en de remmen te laten afkoelen.

## 2.5 PERSOONLIJKE INFORMATIE

De gezagvoerder had op het moment van het incident 3628 uur totale vliegervaring, waarvan 2061 vlieguren met het type B737. De laatste proficiency check, line check en Cockpit Resource Management (CRM) training heeft hij in de periode februari - maart 2010 doorlopen.

De co-piloot had op het moment van het incident 2300 uur totale vliegervaring, waarvan 1170 vlieguren met het type B737. De laatste proficiency check, line check en Cockpit Resource Management (CRM) training heeft hij in de periode januari - maart 2010 doorlopen.

Op de ochtend van het incident verschenen beide bemanningsleden voor dienst op thuisbasis Faro. Uit gegevens van de bemanning komt naar voren dat beide bemanningsleden voldeden aan de regels en normen voor de werk- en rusttijden.

## 2.6 INFORMATIE OVER HET VLIEGTUIG

Uit de beschikbare informatie blijkt dat het vliegtuig over een geldig luchtwaardigheidscertificaat beschikte en er geen openstaande onderhoudsactiviteiten waren. Volgens de opgegeven gewichts- en evenwichtsinformatie ('weight and balance') voor deze vlucht lag het gewicht van het vliegtuig onder de maximale gewichtsgrens. Bij het laden van het vliegtuig is het zwaartepunt binnen de voorgeschreven limieten gehouden.

## 2.7 METEOROLOGISCHE INFORMATIE

De informatie over de weersomstandigheden die door de verkeersleiding aan de bemanning werd doorgegeven was een windsnelheid van 5 knopen met rukwinden tot 10 knopen. De wind kwam uit het noordoosten (magnetische richting 30 graden). De temperatuur was 19 graden Celsius en het dauwpunt lag op 9 graden Celsius. De doorgegeven druk was 1021 hectopascal.

## 2.8 INFORMATIE OVER DE LUCHTHAVEN

Eindhoven Airport is een gemeenschappelijke luchthaven voor militaire en burgerluchtvaart en beschikt over één startbaan. De magnetische richting van de startbaan is 40 graden en 220 graden (04/22). De beschikbare startafstand (TORA) is 3000 meter. De frictiecoëfficiënt of gemiddelde remcoëfficiënt is op de dag van het incident gemeten en was 0,81, wat wijst op 'goede' remcondities.

## 2.9 VLUCHTDATARECORDER

Na het incident werden de gegevens van de vluchtdatarecorder (FDR) voor onderzoek overhandigd aan de Onderzoeksraad voor Veiligheid. De gegevens werden geanalyseerd met behulp van conversiefactoren van de vliegtuigbouwer. Bijlage C geeft een overzicht van diverse parameters die door de vluchtdatarecorder zijn geregistreerd. De cockpit voice recorder (CVR) was niet beschikbaar voor het onderzoek.

Analyse van de vluchtgegevens laat zien dat er om 09.35 uur een verplaatsing van het vliegtuig werd geregistreerd, het vliegtuig van richting veranderde en de grondsnelheid toenam. Dit is het moment waarop het vliegtuig naar de startbaan taxiede. Om 09.40 uur werd een stuurcontrole

uitgevoerd, waarbij alle stuurorganen in de cockpit en de stuurvlakken op het vliegtuig volledig werden uitgeslagen.

Uit de vluchtgegevens blijkt dat het vliegtuig om 09.45:08 uur de startbaan oprijdt. Er wordt motorvermogen geselecteerd en 46 seconden later begint het vliegtuig over de startbaan te rijden. Tussen 0 en 50 knopen worden veranderingen in de magnetische koers geregistreerd. Deze koersveranderingen worden gecompenseerd met het roer (voetpedaal) en bij een snelheid van ongeveer 60 knopen wordt de koers van het vliegtuig stabiel in de richting van de baan.

Om 09.46:24 uur bereikt het vliegtuig een luchtsnelheid van 80 knopen. Tussen 100 en 150 knopen worden afwijkingen in de berekende luchtsnelheid door de vluchtdatarecorder opgenomen. Bij 135 knopen neemt de berekende luchtsnelheid in één seconde toe met tien knopen.

Om 09.46:45 uur gaat de neus van het vliegtuig tot maximaal 1,4 graden omhoog en de FDR registreert dat het neuswiel bijna twee seconden van de baan is. Tegelijkertijd wordt een laterale (beweging links en rechts) versnellingsafwijking geregistreerd met een minimum van -0,126 en een maximum van 0,093 g.

De vluchtdatarecorder geeft aan dat om 09.46:46 uur de gashendels worden teruggetrokken naar stationair. Eén seconde later komt het neuswiel terug op de grond en wordt een maximale berekende luchtsnelheid van 160 knopen geregistreerd. Het automatische remsysteem en de remkleppen worden geactiveerd en de straalomkeerders worden geactiveerd. Het automatische remsysteem geeft remdruk en het vliegtuig vertraagt met een maximum van -0,56 g.

Om 09.47:01 uur komt het vliegtuig tot stilstand en gaat er een 'master warning'-licht branden. Beide invalshoeksensors (alpha vane) draaien naar een grote negatieve richting (rechter AOA naar -90 graden en de linker naar -25 graden) nadat het vliegtuig tot stilstand is gekomen, dit is niet gewoon.

## 2.10 TESTS EN ONDERZOEK

### 2.10.1 Tests die zijn uitgevoerd door het onderhoudspersoneel

Na de afgebroken start werden tests en onderhoudswerkzaamheden aan het vliegtuig uitgevoerd. De ingebouwde testapparatuur (BITE) van de diverse systemen toonde geen geregistreerde fouten van de laatste vlucht. Uit de gegevens in het computergeheugen van de autothrottle is gebleken dat de start werd afgebroken bij een snelheid van 152 knopen.

De piloten hebben het onderhoudspersoneel gemeld dat er een probleem was met de indicatie van de luchtsnelheid. De onderhouds- en reparatieactiviteiten waren dan ook gericht op het vinden van de oorzaak van de onbetrouwbare luchtsnelheid. Eerst werd hiervoor een test uitgevoerd zonder verstoring van de vliegtuigsystemen en -onderdelen. Uit deze test kwam naar voren dat er een verschil in weergave van de luchtsnelheid tussen de linker- en rechterzijde was.

Vervolgens werd de procedure voor een onbetrouwbare luchtsnelheid uitgevoerd volgens de stappen die worden beschreven in de Fault Isolation Manual. Om deze test volgens de procedure uit te voeren, moest de rechterinvalshoeksensor (alpha vane) in een voorgeschreven positie worden gezet. Het resultaat van de test was bevredigend en er werd geen verschil in luchtsnelheid gevonden tussen de linker- en rechterzijde. Weliswaar wees de eerste test op een verschil in luchtsnelheid, maar dit was het gevolg van de gebruikte testmethode en wees niet op een afwijking in het systeem. De rechterinvalshoeksensor (alpha vane) stond voor de test in de verkeerde positie, wat het verschil in gemeten luchtsnelheid verklaart.

Tijdens het onderhoud werd een deuk ontdekt in de pitotbuis aan de kant van de gezagvoerder (links). De deuk was groter dan toegestaan en de buis is dan ook vervangen. Daarnaast werden uit voorzorg ook de alpha vane, de pitotbuis, de Air Data Inertial Reference Unit (ADIRU) en de Air Data Module (ADM) aan de kant van de co-piloot (rechts) vervangen. Er werden geen andere afwijkingen gemeld.

### *2.10.2 Simulatortests die zijn uitgevoerd door de Onderzoeksraad voor Veiligheid*

Het eerste doel van de simulatortests was om inzicht te krijgen in de operationele voorwaarden en procedures voor het afbreken van een start. Met behulp van een Boeing B737-800 flight simulator op Schiphol werd de vlucht op basis van de beschikbare gegevens en procedures voor de cockpitbemanning nagebootst. Tijdens deze simulaties werden verschillende afgebroken starts uitgevoerd, waaronder een aantal op Eindhoven Airport, met een startbaan van 3000 meter. In één geval kwam het vliegtuig tijdens de simulatie een zeer korte periode los, waarna het weer direct aan de grond werd gezet. Het vliegtuig is zo ontworpen dat in dit geval het automatische remsysteem voor een afgebroken start niet werkt. Er moest dan ook handmatig worden geremd, waardoor het vliegtuig zeer moeilijk kon worden gestopt. In de simulaties ging er na een bij hoge snelheid afgebroken start een 'master warning'-licht branden. Dit was te wijten aan een waarschuwing voor lage druk in de centrale brandstoftankpomp.

De B737-800 simulatortests werden niet alleen uitgevoerd met het oog op het operationele onderzoek, maar ook om te bepalen wat de lengte was van de snelheidstrendvector tijdens het vaartmaken op de startbaan. Met behulp van videoapparatuur werd de lengte van de pijl opgenomen en later geanalyseerd. Deze tests en videoanalyse toonden aan dat de gemiddelde lengte van de snelheidstrendvector ongeveer 40-45 knopen was. De maximale lengte van de vector is 60 knopen. De lengte van de pijl was dus ongeveer tweederde van de maximale lengte. Een gedetailleerde beschrijving van de bepaling van de lengte van de snelheidstrendvector wordt gegeven in bijlage D.

### *2.10.3 Onderzoek naar afgebroken starts*

De volgende informatie over afgebroken starts is voor het onderzoek gebruikt en verwerkt in dit rapport:

- Special Investigation Report Runway Overruns following high speed rejected takeoffs National Transportation Safety Board PB90-917005 NTSB/SIR-90/02.
- Takeoff safety training aid announcement of availability AC No. 120-6.2 Federal Aviation Administration 1994.
- Takeoff safety training aid PB93-780013 U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration 1993 available through the National Technical Information Service.
- Reducing the Risk of Runway Excursions Report of the Runway Safety Initiative Publication of the Flight Safety Foundation may 2009.
- Rejecting a takeoff after  $V_1$ ...Why does it (still) happen? NLR-TP-2010-177 NLR Air Transport Safety Institute 2010.

## 3 BEOORDELINGSKADER

### 3.1 ALGEMEEN

Een belangrijk onderdeel van een onderzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid is het beoordelingskader. Hierin wordt een beschrijving gegeven van de situatie die kan worden verwacht op basis van wet- en regelgeving en de specifieke details van individuele verantwoordelijkheden. Aan de hand van tests op basis van dit beoordelingskader en door het identificeren van afwijkingen kan inzicht worden verkregen in mogelijkheden tot verbetering en/of de noodzaak van aanvullende maatregelen.

In dit rapport bestaat het beoordelingskader uit drie delen. Het eerste deel betreft wet- en regelgeving die van kracht is voor de burgerluchtvaart. Het tweede deel is gebaseerd op sectorale richtlijnen en interne richtlijnen en handleidingen van bedrijven. Het derde deel beschrijft de verwachtingen van de Raad met betrekking tot de wijze waarop de betrokken partijen hun verantwoordelijkheid voor veiligheid en veiligheidsmanagement invullen.

Dit hoofdstuk maakt een onderscheid tussen bindende wet- en regelgeving enerzijds en niet-bindende normen anderzijds. Internationale regelgeving is vaak niet direct toepasbaar, maar wordt bindend wanneer deze wordt omgezet in nationale wetgeving. Dit type van internationale regelgeving is opgenomen onder de eerste categorie van bindende wet- en regelgeving, omdat de bedoelde omzetting in Europese landen bijna voortdurend plaatsvindt.

### 3.2 WET- EN REGELGEVING

De regelgeving voor de burgerluchtvaart is sterk gericht op het internationale niveau. Dit deel van het toetsingskader is dan ook in hoge mate gebaseerd op internationale regelgeving. Voor dit onderzoek is onder meer de volgende internationale regelgeving van belang:

- De normen en aanbevolen praktijken in de bijlagen bij het Verdrag van Chicago van de internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO).
- Verordeningen van de Europese Unie.
- Certificatie eisen van het Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) en de vereisten van de Joint Aviation Authorities (JAA) inzake het gebruik van luchtvaartuigen voor commercieel luchtvervoer en de brevetering van vliegend personeel.
- Certificeringsvereisten van de Federal Aviation Administration (FAA).

### 3.3 RICHTLIJNEN

#### 3.1.1 Handleidingen

De bedrijfsvoorschriften van Ryanair zijn opgenomen in de Flight Crew Operations Manual (FCOM) Vol 1, de Normal Procedures, het Quick Reference Handbook (QRH), de Flight Crew Training Manual (FCTM) en Performance Manual.

De Flight Crew Operations Manual (FCOM) is opgesteld door de Boeing Company. De FCOM bevat ook informatie die op verzoek van Ryanair is opgenomen voor het vliegtuigtype dat voor deze handleiding geldt. Deze informatie kan afwijken van de door Boeing aanbevolen informatie. Boeing heeft deze informatie dan ook als onderdeel van de publicatie van de handleiding opgenomen. De handleiding heeft tot doel om informatie over de operationele beperkingen, procedures, prestaties en systemen van de Boeing 737 te geven die de bemanning nodig heeft om het vliegtuig tijdens alle verwachte luchtvaartactiviteiten veilig en efficiënt te kunnen opereren.

De FCOM bevat checklists die samen met andere informatie zijn opgenomen in het Quick Reference Handbook (QRH), zodat ze in de cockpit snel kunnen worden nagelopen.



In de Performance Manual heeft de vliegtuigmaatschappij informatie opgenomen die voor de bemanning van belang is om een bepaalde route te vliegen. De Performance Manual bevat informatie over specifieke start- en landingsbanen die door de bemanning gemakkelijk kan worden gebruikt. De handleiding is beschikbaar in het Flight Operations bureau voor de vluchtvoorbereiding en er wordt een exemplaar aan boord meegenomen wanneer een specifiek traject wordt gevlogen.

### 3.3.2 *Afgebroken start*

De operationele procedures voor het afbreken van een start wordt uitgelegd in het QRH. De eerste procedure (bijlage E) beschrijft een aantal voorwaarden voor het afbreken van de start onder 80 knopen. Deze procedure beschrijft verder de voorwaarden om de start af te breken boven 80 knopen, maar onder snelheid  $V_1$ .

In volgend deel van het QRH wordt de afgebroken start wederom beschreven (bijlage F). Hierin worden de voorwaarden beschreven in het geval de start moet worden afgebroken onder 80 knopen. De procedure beschrijft vervolgens de voorwaarden voor het afbreken van de start boven 80 knopen.

De Flight Crew Training Manual bepaalt dat ongeacht welke piloot de start uitvoert, de gezagvoerder altijd één hand op de gashendels dient te houden totdat  $V_1$  wordt bereikt, zodat hij snel kan reageren wanneer besloten wordt om een start af te breken. Zodra snelheid  $V_1$  is bereikt, moet de gezagvoerder de gashendels loslaten.

De handleiding raadt aan om de start alleen af te breken indien de gezagvoerder het vliegtuig niet luchtwaardig acht. Zelfs als het eind van de baan na het bereiken van snelheid  $V_1$  nog ver weg is, kan niet worden gegarandeerd dat de remmen in staat zijn om het vliegtuig voor het einde van de baan tot stilstand te brengen.

### 3.3.3 *Separatie van luchtvaartuigen*

Bijlage 2 van de Rules of the Air van de internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) bevat voorschriften over de separatie tussen vliegtuigen, met het oog op zogwervelingen. In algemene richtlijnen – en in deel A van de pilotenhandleiding van de fabrikant – wordt een minimale separatie tussen vliegtuigen voorgeschreven van twee tot drie minuten, afhankelijk van het gewicht van het vliegtuig en/of de categorie.

## 3.4 BEOORDELINGSKADER VOOR VEILIGHEIDSMANAGEMENT

De structuur en invulling van het veiligheidsmanagementsysteem spelen een cruciale rol bij het beheersen en verbeteren van de veiligheid. Dit geldt voor alle organisaties, privaat en publiek, die actief of meer van een afstand betrokken zijn bij activiteiten waarbij een gevaar voor mensen kan ontstaan.

In beginsel kan de wijze van invulling van de eigen verantwoordelijkheid voor veiligheid door een organisatie worden getoetst en beoordeeld vanuit verschillende invalshoeken. Er is dan ook geen universeel handboek dat in alle situaties toepasbaar is. Daarom heeft de Raad zelf vijf veiligheidsaandachtspunten geselecteerd die een idee geven welke aspecten in meer of mindere mate een rol kunnen spelen:

- Inzicht in risico's als basis voor veiligheidsaanpak.
- Aantoonbare en realistische veiligheidsaanpak.
- Uitvoeren en handhaven veiligheidsaanpak.
- Aanscherping veiligheidsaanpak.
- Managementsturing, betrokkenheid en communicatie.

Deze aandachtspunten zijn gebaseerd op (inter-)nationale wet- en regelgeving en op een groot aantal breed geaccepteerde en geïmplementeerde normen. De Raad erkent dat de beoordeling van de wijze waarop door organisaties invulling wordt gegeven aan de eigen verantwoordelijkheid ten aanzien van veiligheid, afhankelijk is van de organisaties. Aspecten als bijvoorbeeld de aard van de organisatie of de omvang kunnen hierbij van belang zijn en dienen derhalve te worden betrokken bij de beoordeling



## 4 BETROKKEN PARTIJEN EN HUN VERANTWOORDELIJKHEDEN

### 4.1 RYANAIR

Ryanair is een luchtvaartmaatschappij die in 1985 is opgericht en gevestigd is in Dublin, Ierland. Ryanair vliegt op meer dan 150 bestemmingen in Europa en beschikt over een vloot van ongeveer 275 Boeing 737-800 vliegtuigen. Als houder van een Air Operator Certificate, in overeenstemming met EU-OPS, is Ryanair verantwoordelijk voor de vluchten met, en het onderhoud van, de vliegtuigen.

Ryanair is gehouden een vliegtuig voor commercieel vervoer door de lucht in overeenstemming met EU-OPS deel 1 te gebruiken. Ook moet Ryanair voldoen aan de van toepassing zijnde luchtwaardigheidsvereisten voor vliegtuigen die gebruikt worden voor commercieel vervoer door de lucht. Ryanair dient zich tevens te houden aan alle bepalingen van de EU-OPS en JAR-FCL, de Europese arbeidstijdenrichtlijn, de Ierse Aviation Authority Operation Order en de ICAO-bijlagen. Voorts moet Ryanair zij in bezit zijn van een geldig Air Operators Certificate dat is afgegeven door de Irish Aviation Authority, uit hoofde van de vigerende wetgeving. Bij Ryanair is de hoofdpiloot (Chief pilot) verantwoordelijk voor het veilig uitvoeren van alle vluchten die vallen onder het Ryanair Air Operators Certificate dat is afgegeven door de Irish Aviation Authority.

### 4.2 BEMANNING

#### 4.2.1 *Gezagvoerder*

Bij het samenstellen van de verplichte tweekoppige cockpitbemanning wijst de luchtvaartmaatschappij één lid van de bemanning aan als gezagvoerder. De gezagvoerder ontleent zijn autoriteit aan de hoofdpiloot van Ryanair en is verantwoordelijk voor de besturing en de veiligheid van het vliegtuig en voor de veiligheid van alle personen die tijdens de vlucht aan boord zijn. Hij geldt hiertoe aan boord van het vliegtuig als hoogste autoriteit zolang hij gezagvoerder is. Daarnaast is hij bevoegd om alle bevelen te geven die hij nodig acht om de veiligheid van het vliegtuig en van de personen of goederen aan boord, te waarborgen. Alle personen aan boord van het vliegtuig dienen zijn bevelen op te volgen.

Voordat de start wordt ingezet dient de gezagvoerder op basis van beschikbare informatie, onder andere het weer op het luchtvaartterrein en de staat van de startbaan, zich ervan te verzekeren dat een veilige start en vertrek mogelijk is. Deze informatie staat in de Performance Manual Preamble. Het besluit om een start af te breken is de verantwoordelijkheid van de gezagvoerder, behalve wanneer deze niet daartoe in staat is (buiten bewustzijn).

#### 4.2.2 *Co-piloot*

De co-piloot is verantwoording verschuldigd aan de gezagvoerder tijdens de voorbereiding en de uitvoering van de toegewezen vlucht, en aan het hoofd van het bemanningscentrum voor andere zaken dan het vliegen zelf. Indien nodig moet hij de beslissing van de gezagvoerder in het belang van de veiligheid betwisten. Als de gezagvoerder onwel wordt, neemt de co-piloot zijn taken over. De co-piloot ondersteunt de gezagvoerder bij het uitvoeren van de vlucht en het besturen van het vliegtuig. Hij doet dit op basis van de instructies van de gezagvoerder, die hiervoor de moderne beginselen van Crew Resource Management hanteert. Als er op enig moment een afwijking plaats vindt bij de uitvoering van de vlucht dan laat de co-piloot dit aan de gezagvoerder weten.

#### 4.2.3 *Besturende piloot en controlepiloot*

Beide leden van de cockpitbemanning kunnen de rol van bestuurder (Pilot Flying - PF) of controlepiloot (Pilot monitoring - PM) vervullen. De gezagvoerder heeft de bevoegdheid te bepalen hoe deze rollen worden verdeeld. Bij elke rol hoort een aantal verplichte taken.

Besturende piloot (BF)	Controlepiloot (PM) – meekijken en volgen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• controle van route en vliegsnelheid</li> <li>• configuratie van het vliegtuig</li> <li>• navigatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• checklist doornemen</li> <li>• communicatie</li> <li>• taken op bevel van de PF</li> <li>• start- en brandschakelaars (na toestemming van de PF)</li> </ul>

Tabel 2: Verantwoordelijkheden van de besturende piloot (PF) en de controlepiloot (PM).

Als de co-piloot het vliegtuig bestuurt voert hij de taken uit die worden opgesomd onder PF. De gezagvoerder voert in dit geval de taken van de PM uit [Tabel 2]. De PF en de PM zijn beiden verantwoordelijk voor het volgen van berichten van de luchtverkeersleiding. Zij dienen om herhaling te vragen van elk bericht dat niet volledig is ontvangen en/of begrepen. In kritieke fasen van de vlucht dient de controlepiloot de bestuurder op de hoogte te brengen van elke eventuele afwijking.

#### 4.3 IRISH AVIATION AUTHORITY

De Irish Aviation Authority (IAA) is een commercieel bedrijf met overheidssteun dat op 1 januari 1994 is opgericht voor het aanbieden van luchtvaartnavigatiediensten in het Ierse luchtruim en voor het reguleren van de veiligheidsnormen in de Ierse burgerluchtvaartsector door middel van:

- Certificering en registratie van de luchtwaardigheid van luchtvaartuigen.
- Keuring van personeel en bedrijven die actief zijn op het gebied van onderhoud van luchtvaartuigen.
- Keuring van piloten, luchtverkeersleiders en vliegvelden.
- Goedkeuring en monitoren van de bedrijfsnormen van luchtvervoerders middels Air Operator Certificates.

Om te waarborgen dat de Ierse burgerluchtvaart voldoet aan de internationale veiligheidsnormen laat de IAA zich leiden door de internationale veiligheidsnormen van de internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO), de gemeenschappelijke Europese luchtvaartautoriteiten (JAA), EUROCONTROL, de Europese civiel burgerluchtvaartconferentie (ECAC), het Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) en van de Europese Unie (EU).

Aangezien Ryanair een Ierse maatschappij is, is de IAA verantwoordelijk voor het toezicht op en de goedkeuring en monitoring van de vluchttuitvoering van deze luchtvaartmaatschappij.

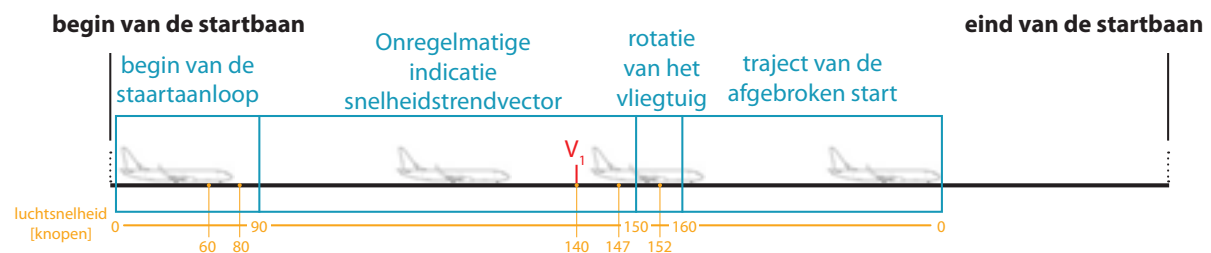
## 5 ANALYSE

### 5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt op basis van de verzamelde informatie een analyse gegeven van de vlucht en het besluit om de start af te breken. Het voorval wordt in de eerste paragraaf geanalyseerd. Vervolgens wordt geanalyseerd over welke procedures de bemanning beschikt in het geval van een afgebroken start. Daarna wordt in de derde paragraaf een historische analyse gegeven van afgebroken starts, mede op basis van eerdere studies en ontwikkelingen. Tot slot wordt het dilemma om een start af te breken besproken.

### 5.2 HET VOORVAL

De eerste subparagraaf beschrijft het begin van de startaanloop, waarbij het moeilijk was om het vliegtuig op de middellijn te houden. De tweede subparagraaf geeft een gedetailleerd overzicht van de tijdstippen waarop onregelmatige snelheidstrendvectoren werden waargenomen. De derde subparagraaf gaat in op het controleprobleem op het moment van rotatie van het vliegtuig. De vierde subparagraaf geeft een tijdsverzicht van de afgebroken start.



Figuur 5: Tijdslijn van de start met de vier fasen die in detail in deze paragraaf worden geanalyseerd.

#### 5.2.1 Begin van de startaanloop

Na het incident gaf de co-piloot aan dat hij bij een nog lage snelheid moeite had om het vliegtuig op de middellijn te houden. De co-piloot interpreteerde de koersafwijking als asymmetrisch motorvermogen. De gezagvoerder was PM en merkte de koersafwijkingen eveneens op. Hij weet deze indruk eveneens aan asymmetrisch motorvermogen. Daarom voerde de PM tijdens de aanloop een extra cross-check van de motoren uit. Er werden echter geen verschillende motorwaarden waargenomen. De tweede cross-check werd niet doorgegeven aan de co-piloot die het vliegtuig bestuurd, dit was echter ook niet vereist.

De vluchtgegevens op de recorder wijzen op een koersafwijking bij lage luchtsnelheid. De analyse van de motorgegevens voor deze fase wijzen niet op motorasymmetrie of een groot verschil in motorvermogen die de koersafwijking zou kunnen verklaren.



Figuur 6: Tijdvak van het begin van het vaartmaken, vanaf stilstand tot 90 knopen berekende luchtsnelheid.

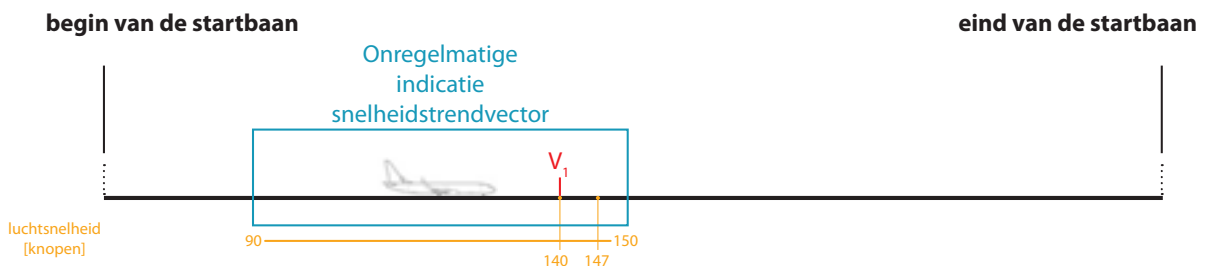
Uit de gegevens van de vluchtdaterecorder blijkt dat het vliegtuig reageerde op roerpedaalinput en dat het mogelijk was om het toestel op één lijn met de baan te krijgen. Bewegingen van de tiller, de stuurhendel voor het neuswiel, worden niet geregistreerd. Daarom kunnen koerswijzigingen ten gevolge van tillersturing niet worden geanalyseerd. De koersveranderingen van het vliegtuig kunnen samenhangen met overbesturing van het toestel of een externe atmosferische storing.

Een bekende vorm van mogelijke atmosferische storing is zogturbulentie.<sup>9</sup> Deze storing wordt zou kunnen zijn veroorzaakt door een sportvliegtuig dat eerder vanaf dezelfde startbaan is opgestegen. Tussen de start van dat vliegtuig en de starttoestemming voor de B737 zat vier minuten. Gezien de verstreken tijd en de gewichtsklasse van het vliegtuig is het onwaarschijnlijk dat de B737 last had van zogturbulentie van het sportvliegtuig.

Een andere mogelijke oorzaak van atmosferische storing zijn windvlagen of turbulentie die ontstaan door gebouwen of constructies in de buurt van de startbaan. De weersomstandigheden die door de luchtverkeersleiding werden doorgegeven op het moment van de vlucht gaven windsnelheden tot maximaal 10 knopen aan. De meteorologische informatie voor de periode voorafgaand aan en volgend op het incident wijst niet op de aanwezigheid van windvlagen. Wel staan er op de luchthaven constructies en gebouwen die turbulentie kunnen veroorzaken. Gezien de afstand tussen de gebouwen en de startbaan is het met de gemelde windsnelheden evenwel onwaarschijnlijk dat er turbulentie werd gegenereerd door die gebouwen. Er is geen informatie gevonden voor een onderbouwing van één van bovengenoemde mogelijke oorzaken die de koerswijzigingen tot gevolg zou kunnen hebben gehad.

### 5.2.2 Onregelmatige indicatie snelheidstrendvector

Na het incident meldden beide bemanningsleden elk andere uitslagen van de snelheidstrendvector. Volgens de co-piloot was de snelheidstrendvector negatief tussen 90 en 140 knopen, wat erop zou wijzen dat het vliegtuig naar verwachting binnen de 10 daaropvolgende seconden zou vertragen. De gezagvoerder verklaarde dat hij bij ongeveer 140 knopen luchtsnelheid een grote snelheidstrendvector in positieve richting op het scherm zag.



*Figuur 7: Tijdvak voor de fase met een luchtsnelheid van 90 tot 150 knopen, waarbij onregelmatige snelheidstrendvectoren werden waargenomen.*

De gezagvoerder dient in zijn rol als PM tijdens het snelheidverhoging de vliegtuigsystemen in het oog te houden en te controleren. Hij had een te grote positieve snelheidstrendvector waargenomen, maar achtte dit geen probleem voor de start. De PF nam tijdens het vaartmaken evenwel een onregelmatige snelheidstrendvector waar. Dit betekent dat beide bemanningsleden grote afwijkingen op de snelheidsinstrumenten in de cockpit hebben waargenomen.

De snelheidstrendvector is bedoeld om de bemanning in de lucht te helpen om de stand van de gashendel te kiezen en zo met de juiste luchtsnelheid te vliegen. Geen enkel handboek of opleidingsprogramma vermeldt echter hoe de snelheidstrendinformatie tijdens de start moet worden gebruikt of gecontroleerd. De snelheidstrendvector wordt berekend op basis van de berekende luchtsnelheid en de longitudinale<sup>10</sup> versnelling van het vliegtuig. Volgens de gegevens op de daterecorder verliep de longitudinale versnelling soepel. In de vluchtgegevens beginnen de

9 In bijlage G wordt het verschijnsel zogturbulentie nader toegelicht.

10 Longitudinale versnelling is een stijgende snelheid in de voorwaartse richting van het vliegtuig.

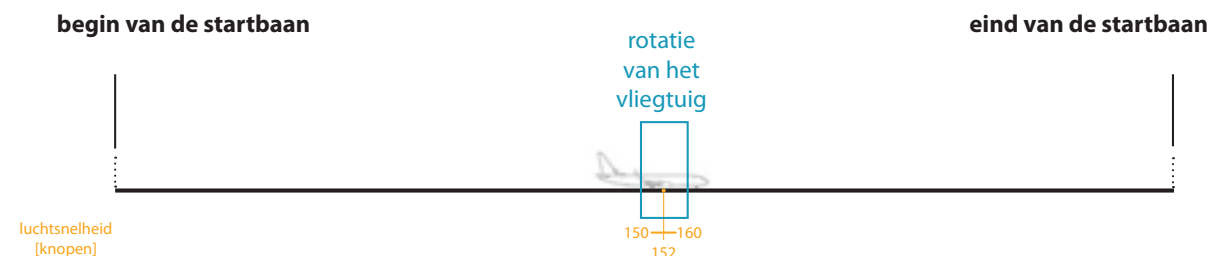
snelheidsvariaties bij een luchtsnelheid van 110 knopen. De geregistreeerde berekende luchtsnelheid vertoont daarentegen scherpe pieken en dalen rond 135 knopen. Uit berekeningen op basis van de beschikbare geregistreeerde luchtsnelheidsgegevens bleek dat de snelheidstrendvector over de volle lengte van het scherm in positieve richting zou kunnen zijn uitgeslagen. Ook kan de latere scherpe daling van de geregistreeerde luchtsnelheid de negatieve snelheidstrendvector hebben veroorzaakt. De geregistreeerde berekende luchtsnelheid is alleen beschikbaar voor de kant van de gezagvoerder. Voor de kant van de co-piloot zijn geen gegevens beschikbaar omdat deze niet worden geregistreeerd.

De opmerkingen van beide bemanningsleden over de grote positieve en negatieve snelheidstrendvectors zouden kunnen worden verklaard door een verschil in gemeten luchtsnelheden tussen de luchtsnelheidscomputers (ADIRU) aan de linker- en rechterzijde van het vliegtuig. Een analyse van de invalshoeksensor, die de richting van de luchtstroom over het vliegtuig meet, wijst op verschillen tussen de linker- en rechterzijde. Dit verschil van invalshoeken leidt tot de conclusie dat de luchtstroom verstoord werd en de aanstroming aan de linker- en rechterzijde asymmetrisch was. Wanneer zich langere tijd grote afwijkingen voordoen in de luchtsnelheid of invalshoek worden waarschuwingen gegeven.<sup>11</sup> Dergelijke waarschuwingen werden niet opgemerkt door de bemanning en zijn ook niet geregistreeerd. Uit analyse blijkt dat slechts tijdens een korte periode grote veranderingen optraden. Het is dus zeer waarschijnlijk dat het verschil te klein was om een waarschuwing af te laten afgaan.

Hoewel luchtsnelheid alleen aan de kant van de gezagvoerder is geregistreeerd, is het waarschijnlijk dat soortgelijke afwijkingen zich ook hebben voorgedaan aan de kant van de co-piloot. Aangezien de beschikbare luchtsnelheidsgegevens echter uitsluitend afkomstig zijn van de kant van de gezagvoerder, kan hierover geen uitsluitsel worden verkregen. Het is mogelijk dat een bepaalde vorm van atmosferische storing is opgetreden en dit de grote afwijking in de berekende luchtsnelheid heeft veroorzaakt. Er is echter geen verklaring of oorzaak voor een dergelijke atmosferische storing gevonden. In het hiervoor behandelde tijdvak, begin van de startaanloop, is een atmosferische storing ook als een mogelijke oorzaak beschouwd.

### 5.2.3 Rotatie van het vliegtuig

De co-piloot verklaarde dat de stuurkolom bij een snelheid rond  $V_1$  naar hem toe bewoog. De vluchtdaterecorder registreert zowel de standen van de stuurkolom als de krachten erop. Uit de gegevens blijkt dat de stuurknuppel rond  $V_1$  niet bewoog en dat er ook geen kracht op werd uitgeoefend. De gegevens van de vluchtdaterecorder laten verder zien dat de co-piloot tijdens het taxiën een besturingscheck (flight control check) uitvoerde, waarbij geen onregelmatigheden werden ontdekt. Uit analyse en vergelijking van de standen en krachten op de stuurknuppel tijdens vorige vluchten zijn geen verschillen naar voren gekomen. Het is mogelijk dat het vliegtuig zelf is gaan roteren ten gevolge van een incorrect gewicht, een incorrecte gewichtsverdeling of een te ruime afstelling van de trim. Het gewicht en de gewichtsverdeling van het vliegtuig lagen echter binnen de voorgeschreven limieten. Ook was de trim volgens de vluchtdaterecorder naar binnen de voorgeschreven limieten afgesteld.



Figuur 8: Tijdvak tussen 150 en 160 knopen, toen het vliegtuig roteerde.

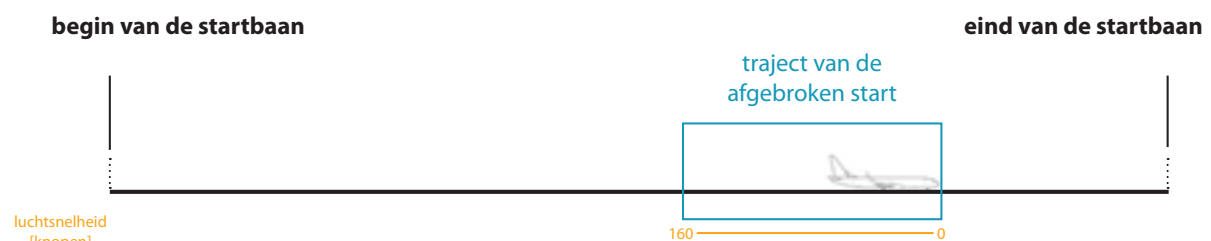
11 Er wordt een waarschuwing gegeven voor de aangegeven luchtsnelheid wanneer het verschil tussen de linker- en rechterzijde gedurende 5 seconden groter is dan 5 knopen. De waarschuwing voor het verschil in invalshoek verschijnt wanneer het verschil gedurende 10 seconden minstens 10 graden is.

Uit gegevens op de vluchtdaterecorder blijkt dat er rond het moment van rotatie grote laterale versnellingen werden geregistreerd (beweging naar links en rechts). De koers van het vliegtuig veranderde, de roerpedalen werden gebruikt om het toestel weer in de richting van de startbaan te sturen. Deze grote laterale versnellingen deden zich ongeveer tegelijkertijd voor met het naar achteren trekken van de stuurkolom om het vliegtuig te roteren. De laterale versnellingen waren redelijk hoog en kunnen door de co-piloot zijn gevoeld (motorische input), waardoor deze de indruk kan hebben gekregen dat het vliegtuig niet veilig was om te vliegen en hij besloot om de start af te breken.

De grote laterale versnellingen zijn waarschijnlijk veroorzaakt door een extern, mogelijk atmosferisch verschijnsel. Dit is de derde keer dat een extern atmosferisch verschijnsel een aanknopingspunt zou kunnen zijn voor een onregelmatigheid. Tot dit moment werden op de vluchtdaterecorder geen waarschuwingen of storingen geregistreerd.

#### 5.2.4 Het traject van de afgebroken start

Uit de gegevens van de autothrottle en de vluchtdaterecorder blijkt dat de start werd afgebroken bij een snelheid van 152 knopen, hoger dus dan de 141 knopen  $V_1$  die door de bemanning was bepaald. De toepasbare  $V_1$  snelheid was voorafgaand aan de start verkregen op basis van de tabellen met de voorgeschreven startmassa (RTOM) in de handleiding van het vliegtuig. In deze handleiding staat wanneer de V-snelheid moet worden aangepast (afhankelijk van de toestand en de helling van de baan, de wind, de temperatuur enz.). Op de dag van het incident werd de V-snelheid niet aangepast en was dit ook niet vereist.



Figuur 9: Tijdvak van de afgebroken start, vanaf de maximumsnelheid van 160 knopen tot stilstand.

De lengte van de startbaan op Eindhoven Airport en de heersende weersomstandigheden vormde geen beperking voor het vliegtuig. Afgaande op het gewicht van het vliegtuig en de goede baanfrictie was sprake van goede omstandigheden. Uit de wrijvingscoëfficiënt van 0,81 blijkt dat de remwerking goed was. De startbaan van 3000 meter was lang genoeg en bovendien besloot de bemanning tijdens het taxiën om uitrit GOLF aan te vragen, waardoor ze de volledige lengte van de baan konden gebruiken. Het vliegtuig kwam ongeveer 500 meter voor het einde van de startbaan tot stilstand, ondanks het afbreken van de start bij een snelheid hoger dan  $V_1$ .

Uit de voor dit onderzoek beschikbare informatie en de vluchtgegevens komt naar voren dat de vliegtuigsystemen normaal functioneerden en er geen waarschuwingen werden gegeven voor storingen. De verzamelde informatie wijst er verder op dat het vliegtuig tijdens de aanloop een niet nader bepaalde atmosferische storing ondervond. De co-piloot voelde de storing en interpreteerde deze als een onveilige toestand om de start door te zetten. Dit gevoel leidde tot het besluit om de start af te breken na de beslissingssnelheid  $V_1$ .

### 5.3 DE PROCEDURES VAN RYANAIR VOOR EEN AFGEBROKEN START

Er zijn procedures opgesteld om piloten te helpen bij het besluit om een start wel of niet af te breken. In het Quick Reference Handbook (QRH) worden in twee procedures, gevallen beschreven waarin de start dient te worden afgebroken. Opgemerkt moet worden dat de twee procedures niet overeenkomen ten aanzien van de snelheid. De eerste procedure beschrijft in welke gevallen moet worden afgebroken bij een snelheid tussen 80 knopen en  $V_1$ . De tweede procedure beschrijft dezelfde gevallen, maar spreekt uitsluitend over een snelheid hoger dan 80 knopen.

QRH procedure	Criterium 1	Criterium 2
MAN 1.1	Onder 80 knopen	Boven 80 knopen en onder $V_1$
MAN 2.5	Onder 80 knopen	Boven 80 knopen

Tabel 3: Tekstuele vergelijking van de snelheidscriteria die in paragraaf 1.1 en 2.5 van het Quick Reference Handbook worden gegeven voor het afbreken van een start.

Uit de twee procedures in de handleiding wordt niet duidelijk welk criterium wanneer moet worden toegepast. Echter in de paragraaf 1.1 van de QRH wordt een voorschrift gegeven dat de beslissing om de start af te breken vóór het bereiken van de beslissingsnelheid  $V_1$  moet worden genomen, dit geval heft andere voorschriften op.

Op basis van geraadpleegde informatie (literatuur en handleiding) kan worden afgeleid dat de start moet worden afgebroken wanneer een vliegtuig onveilig is of niet in staat om te vliegen, zelfs bij een luchtsnelheid boven  $V_1$ . In dit geval kan vliegen namelijk gevaarlijker zijn dan het afbreken van de start. In de omstandigheden die in de procedure worden beschreven, verdient het de voorkeur de start door te zetten.

De regels in het Quick Reference Handbook (QRH) voor het afbreken van een start kunnen twee soorten regels worden onderscheiden: specifiek en algemeen. Een specifieke regel om de start af te breken geldt bijvoorbeeld als er een brandwaarschuwing verschijnt vóór 80 knopen. Een specifieke regel gaat uit van een omstandigheid en schrijft een passende reactie voor. Het is met andere woorden een 'als ... dan'-regel die het besluitvormingsproces ondersteunt en waarvan de uitvoering weinig tijd kost wanneer het specifieke geval zich voordoet.

De algemene regels zijn universeel en hebben een minder specifiek karakter. Een algemene regel is dat de start moet worden afgebroken als het vliegtuig onveilig is of niet in staat is om te vliegen. Het QRH bevat geen definitie van de termen 'onveilig' of 'niet in staat' en laat dus ruimte voor interpretatie. Deze algemene regel vergt tijd, aangezien de omstandigheden moeten worden beoordeeld voordat de regel kan worden toegepast en een passend besluit kan worden getroffen.

Op verzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid werden de termen 'onveilig' en 'niet in staat om te vliegen' door vliegtuigbouwer Boeing als volgt gedefinieerd.

<i>Onveilig om te vliegen</i>	<i>de situatie waarin het afbreken van de start significant minder risico met zich meebrengt dan vliegen.</i>
<i>Niet in staat om te vliegen</i>	<i>de situatie waarin er een gerede kans bestaat dat het vliegtuig niet zal kunnen worden bestuurd als de start wordt doorgezet en het vliegtuig van de grond komt.</i>

De gegeven toelichting is algemeen van aard en gericht op een resultaat, wat opnieuw betekent dat de piloot een inschatting moet maken. De reden die wordt gegeven voor het niet definiëren van situaties die vallen onder 'niet in staat' of 'onveilig' om te vliegen, is dat dit kan leiden tot misverstanden onder bemanningsleden en uiteindelijk tot verkeerde besluiten. Anderzijds laat de afwezigheid van een definitie ruimte voor interpretatie. Tijdens de start is de tijd om een beslissing te nemen en te handelen minimaal. Richtlijnen en training zijn dan ook essentieel. Regels die een beroep doen op het inschattingsvermogen plaatsen piloten op een potentieel kritiek moment voor een dilemma.

In de bedrijfsrichtlijnen en -regels van luchtvaartmaatschappij staat dat de gezagvoerder als enige bevoegd is om de start af te breken. Daarom houdt de gezagvoerder zijn hand ook op de gashendels. Als zich een besturingsprobleem voordoet is het echter zeer waarschijnlijk dat de piloot die het vliegtuig bestuurt het probleem ervaart. In dit geval was de PF niet de piloot die formeel bevoegd was om het besluit tot afbreken te nemen.



## 5.4 HISTORISCH PERSPECTIEF VAN AFGEBROKEN STARTS

Uit bovenstaande paragrafen komt duidelijk naar voren dat het besluit om de start af te breken niet altijd eenduidig is. Afgebroken starts zijn niet ongewoon en hebben in het verleden tot ongevallen geleid. Er zijn verschillende studies en onderzoeken uitgevoerd naar afgebroken starts. Hieronder volgt een algemeen overzicht.

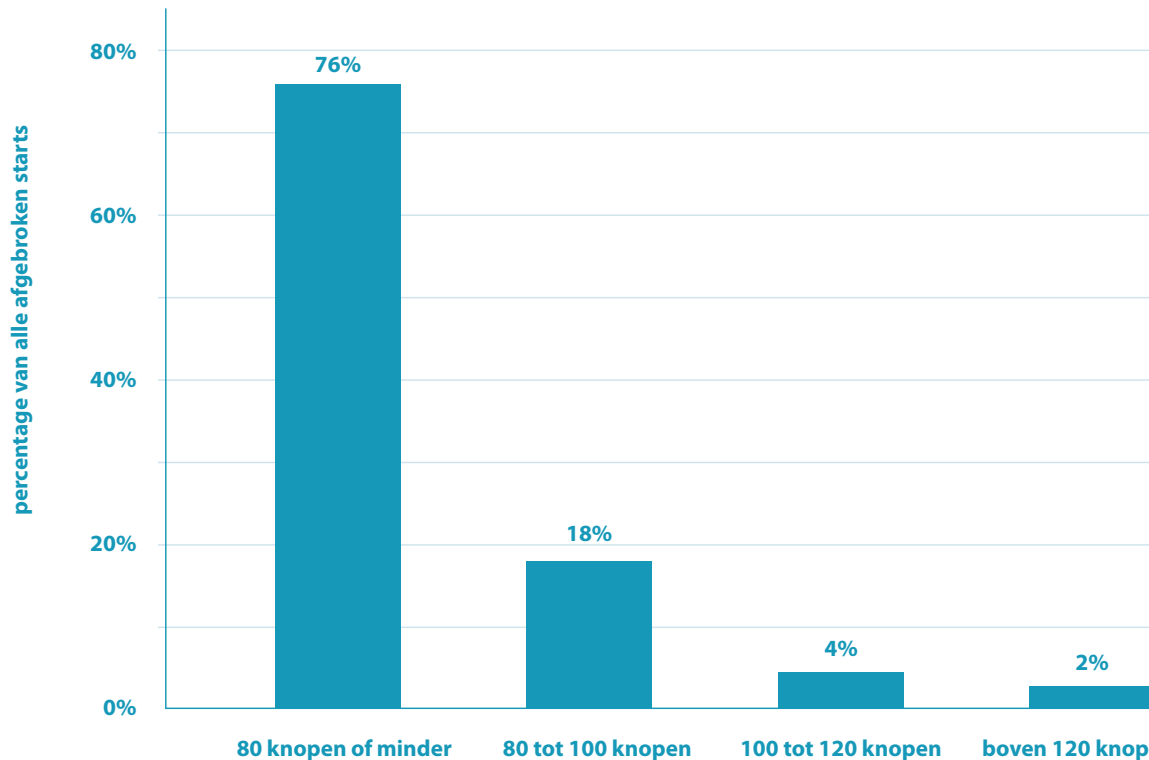
In 1990 werd in de Verenigde Staten naar aanleiding van een aantal bij hoge snelheid afgebroken starts door de National Transportation Safety Board (NTSB) een speciaal onderzoeksrapport over overruns gepubliceerd. De NTSB deed dit onderzoek om te bepalen hoe de veiligheid van afgebroken starts kon worden verbeterd en het aantal incidenten te verminderen. Het onderzoek maakte gebruik van diverse informatiebronnen over afgebroken starts, waaronder historische gegevens over ongevallen en procedures van luchtvaartmaatschappijen. In het speciale onderzoeksrapport werd aan de Federal Aviation Administration (FAA) een aantal aanbevelingen gedaan om de veiligheid van afgebroken starts te verbeteren. Een overzicht van de aanbevelingen is opgenomen in bijlage H.

In 1994 heeft de FAA samen met de industrie een trainingsmiddel voor afgebroken starts ontwikkeld, de "Takeoff Safety Training Aid". Belangrijkste doel van dit trainingsmiddel was een vermindering van het aantal afgebroken starts te bereiken door het besluitvormingsproces, de kennis en het bewustzijn van de cockpitbemanning te verbeteren. De "Takeoff Safety Training Aid" geeft achtergrondinformatie bij incidenten en biedt trainingsmethoden en simulatorscenario's om piloten te trainen op de besluitvorming die voorafgaat aan het afbreken van een start. Het opleidingsprogramma van de "Takeoff Safety Training Aid" is bedoeld om de cockpitbemanning te helpen om vaardigheden op de volgende vlakken onder de knie te krijgen en te houden:

- Herkennen en begrijpen van situaties en factoren die een besluit om op hoge snelheid af te breken kritiek maken.
- De juiste 'Go'/'No go' beslissing maken.
- Het uitvoeren van afgebroken start procedures en het toepassen van technieken die het remvermogen van het vliegtuig optimaliseren mocht een start bij hoge snelheid moeten worden afgebroken.
- De start veilig doorzetten, als dat geacht wordt de beste handeling te zijn.

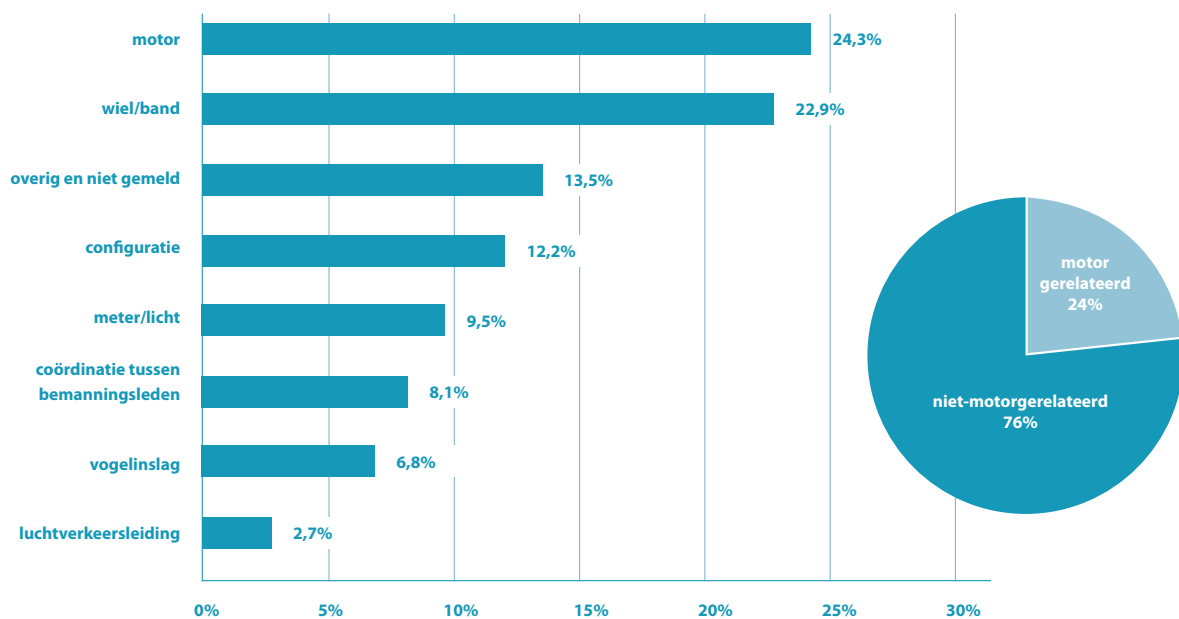
De "Takeoff Safety Training Aid" bevat gegevens en achtergrondinformatie over afgebroken starts in de periode van 1959 tot 1990. Vermeld wordt dat in 76% van de gevallen de start wordt afgebroken bij een snelheid van 80 knopen of minder. Starts die bij een lage snelheid worden afgebroken leiden zelden tot een ongeval. Ongeveer 2% van de afgebroken starts wordt ingezet bij een snelheid hoger dan 120 knopen. In meer dan de helft van de gevallen waarbij het vliegtuig een overrun maakt of naast de baan terechtkomt, is de start bij een hoge snelheid afgebroken (hoger dan  $V_1$ ).





Figuur 10: Verdeling van snelheden waarbij starts worden afgebroken. Bron: Takeoff Safety Training Aid – U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration.

De "Takeoff Safety Training Aid" stelt dat bij een luchtsnelheid hoger dan  $V_1$  een 'Go-besluit' het minst gevaarlijk is en de start dus niet moet worden afgebroken. De redenering is dat het probleem veiliger in de lucht kan worden behandeld dan een start afbreken met hoge snelheid. De redenen om een start af te breken variëren van een brandend waarschuwingslicht tot een wiel- of bandenprobleem. Motorstoring is in 24% van de gevallen de reden om een start af te breken.



Figuur 11: Reden om een start af te breken, voor alle snelheden, op basis van 74 incidenten. Bron: Takeoff Safety Training Aid – U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration 1993.

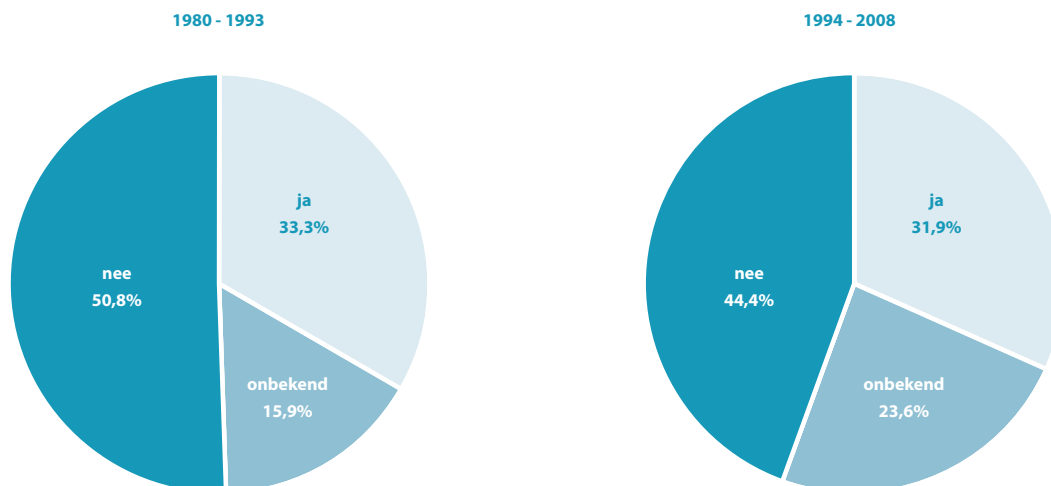
In adviesbrief A.C. nr.: 120-62 adviseert de FAA operators om de "Takeoff Safety Training Aid" te gebruiken. Aanbevolen wordt dat de luchtvaartmaatschappijen het trainingsmiddel opnemen in de opleidingsprogramma's voor cockpitbemanning. Inspecteurs van de FAA moeten vervolgens controleren of de "Takeoff Safety Training Aid" is opgenomen in de handleidingen en opleiding van de luchtvaartmaatschappijen en of de richtlijnen worden gevolgd.

In 2004 is deel 2 van de "Takeoff Safety Training Aid", de "pilot guide to takeoff safety", bijgewerkt. De referentieperiode voor studies werd verlengd tot 2003 en de ongevalgegevens zijn aangevuld met 25 extra afgebroken starts. Uit de aanvullende gegevens blijkt dat het aantal afgebroken starts afneemt. Motorstoring is minder vaak de oorzaak van een afgebroken start, terwijl wiel/band-problemen als oorzaak procentueel licht zijn toegenomen.

In het najaar van 2006 heeft de Flight Safety Foundation een project opgestart onder de titel Runway Safety Initiative (RSI), om de problematiek rondom veiligheid op de start- en landingsbaan het hoofd te bieden. Er werd een diepgaand onderzoek ingesteld naar alle ongevallen tussen 1995 en maart 2008 waarbij een vliegtuig van de baan raakte. Doel was te onderzoeken waarom vliegtuigen van de baan raken en om de hoogste risicofactoren in kaart te brengen. Er werden gegevens geanalyseerd om te bepalen wat de meest voorkomende risicofactoren zijn waardoor een vliegtuig bij de start of tijdens de landing van de startbaan raakt. De meest voorkomende risicofactor om bij de start van de baan te raken bleek het afbreken van de start bij een snelheid hoger dan  $V_1$  te zijn. Verlies van controle over de besturing is de volgende meest voorkomende factor, gevolgd door het afbreken van de start vóór  $V_1$ . De onderzoekers concluderen dat een verkeerd uitgevoerde afgebroken start het risico om van de baan te raken doet toenemen. Operators moeten nadrukkelijk trainen op een correcte uitvoering van een afgebroken start. Ook moet de opleiding nadruk leggen op het herkennen van factoren die het afbreken van een start rechtvaardigen. Daarnaast zijn Cockpit Resource Management en de naleving van de operationele standaardprocedures essentieel in situaties waarbij weinig tijd is, zoals het afbreken van een start.

In een recente studie in Nederland (2010) van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) worden afgebroken starts tussen 1980 en 1993 vergeleken met afgebroken starts tussen 1994 en 2008. De splitsing tussen 1993 en 1994 is gekozen omdat in 1994 de "Takeoff Safety Training Aid" werd ingevoerd. De studie van het NLR toont aan dat het aantal afgebroken start incidenten in het algemeen is gedaald, maar dat de incidenten van starts die bij een hoge snelheid worden afgebroken gelijk is gebleven.

In de studie van het NLR wordt ook de beslissing om een start af te breken onderzocht. De studie laat zien dat het aantal juiste beslissingen om een start af te breken sinds 1994, de invoering van de "Takeoff Safety Training Aid", niet is toegenomen. De statistische informatie over de juistheid van een dergelijke beslissing is gebaseerd op achteraf verkregen kennis. De piloten dachten op het moment zelf dat ze de juiste beslissing namen. De studie concludeert dat het met name in complexe situaties, waarbij een motorstoring bijvoorbeeld gepaard gaat met aanzienlijke trillingen, het moeilijk is een beslissing te nemen. Het beoordelen van een complexe situatie en het besluit om een start af te breken wordt niet goed getraind. De studie wijst uit dat het ontbreekt aan informatie over wat een vliegtuig vliegveilig kan maken en dat het daarom voor de bemanning moeilijk is om een passende beslissing te nemen. Opgemerkt moet worden dat de positieve (ja) en negatieve (nee) beslissing om de start af te breken zorgvuldig tegen elkaar moeten worden bekeken. De gevallen waarvan niet bekend is of de beslissing juist is of niet zijn in de periode 1994-2008 toegenomen ten opzichte van 1980-1993.



Figuur 12: Correcte beslissing om start af te breken. Bron: NLR-TP-2010-177 NLR Air Transport Safety Institute 2010.

## 5.5 HET DILEMMA OM EEN START AF TE BREKEN

In het verleden is uit initiatieven en studies in de luchtvaartsector gebleken dat afgebroken starts hoge risico's met zich meebrengen. Analyse van de beschikbare gegevens toont aan dat na het bereiken van  $V_1$  en  $V_R$  een overrun waarschijnlijk is en er schade aan het vliegtuig kan ontstaan en/of levens verloren kunnen gaan. Daarnaast komt uit de statistieken naar voren dat het aantal afgebroken starts daalt. Dit geldt echter niet voor het aantal starts die bij een hoge snelheid wordt afgebroken. In het algemeen concluderen eerdere studies dat wanneer de voorgeschreven procedures waren gevolgd dit tot een ander resultaat zou hebben geleid. Uit deze conclusie volgt vervolgens de aanbeveling dat de bemanningleden de procedures moeten volgen en dienovereenkomstig moeten handelen.

Ondanks simulatortraining op afgebroken starts en voorlichting over de risico's van een start die (bij hoge snelheid) wordt afgebroken, reageren piloten die in de praktijk met een probleem worden geconfronteerd, niet altijd wenselijk en volgen zij evenmin altijd de voorgeschreven procedures. Dit komt voornamelijk door de sterke interactie die tussen het vliegtuig, de omgeving en de bemanning op het moment van de start bestaat. Deze interactie kan leiden tot een complexe en onbekende situatie die moeilijk valt in te schatten.

In het verleden zijn in vliegtuigen al technische controle- en waarschuwingssystemen aangebracht die, indien nodig, de bemanning waarschuwen voor een probleem. Een waarschuwingssysteem controleert de toestand van het vliegtuig en moet de bemanning helpen om situaties correct in te schatten. In dit geval zijn er geen waarschuwingen gegeven en gaf het vliegtuig niet aan dat er een probleem was. De besturingscheck vóór de vlucht heeft ten dele tot doel om de staat van het vliegtuig te beoordelen en de werking van de stuurorganen te verifiëren. Weersomstandigheden als sneeuw en regen op de startbaan worden in handleidingen behandeld om de bemanning te helpen de prestatie van het vliegtuig te bepalen en eventueel aanpassingen te doen. Deze informatie wordt gebruikt om de voorwaarden en beslissingssnelheden te bepalen.

Feit blijft dat ondanks het monitoren en managen van vliegtuigprestaties onverwachte situaties zich kunnen voordoen. Tijdens de start vertrouwt de bemanning op waarnemingen en interpretaties van situaties. Deze waarneming en interpretatie vormen een risico op fouten in de besluitvorming. Daarom moeten piloten middels richtlijnen, regels en training worden geholpen bij het besluitvormingsproces in de kritieke fasen van een vlucht. Met de huidige stand van de techniek en de kennis over menselijke factoren is het misschien nuttig het concept van de afgebroken start wellicht te herevalueren.

## 6 CONCLUSIES

Tijdens de start op Eindhoven Airport voelde de besturende piloot tot twee keer toe een besturingsprobleem en merkte hij een onregelmatigheid op in de snelheidstrendvector.

- De besturingsproblemen en de onregelmatigheid in de snelheidstrendvector zijn vermoedelijk veroorzaakt door een extern atmosferisch verschijnsel. De oorsprong van dit atmosferische verschijnsel kon aan de hand van de beschikbare informatie niet worden vastgesteld of verklaard.

De start werd afgebroken na de beslissingssnelheid  $V_1$  terwijl het neuswiel bijna twee seconden van de grond was.

- De co-piloot, die het vliegtuig bestuurde, achtte de problemen met de besturing en de snelheidstrendvector zodanig ernstig dat hij besloot de start af te breken.
- Volgens de bedrijfsregels is alleen de gezagvoerder bevoegd om te besluiten tot het afbreken van de start.
- Het afbreken van een start boven  $V_1$ , zeker nadat het neuswiel van de grond is, is in beginsel onjuist en onveilig.

Zowel de fabrikant als de luchtvaartmaatschappij geven geen specifieke richtlijnen voor het omgaan met besturingsproblemen op het moment van rotatie van het vliegtuig.<sup>12</sup>

- Er bestaan specifieke richtlijnen voor het afbreken van een start bij onder andere een motorstoring.
- Uit de gepubliceerde studies en statistieken blijkt dat de opleiding van en de eisen die worden gesteld aan piloten, hoofdzakelijk ingaan op het afbreken van een start als gevolg van een motorstoring. De studies en statistieken laten echter zien dat motorstoring in minder dan 25% van de gevallen de reden is om een start af te breken. Voor de overige 75% van de gevallen wordt geen training gegeven.

---

12 Er is voorgesteld om in dit geval de FCTM en een memo van het hoofd vliegdienst te raadplegen. Hierin wordt uitgebreid beschreven hoe piloten met kruiswind of windvlagen ("atmosferische verschijnselen") tijdens de start en rotatie van het vliegtuig moeten omgaan.

## BIJLAGE A: ONDERZOEKSVERANTWOORDING

### *Afbakening*

Het onderzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft tot doel de oorzaken of vermoedelijke oorzaken, evenals de onderliggende omstandigheden en eventuele structurele veiligheidsgebreken die aan het incident ten grondslag hebben gelegen in kaart te brengen.

*De volgende aspecten zijn niet nader en ook niet ten dele onderzocht:*

- Specifieke individuele training of prestaties van de bemanningsleden.
- Vliegtuigsystemen en -onderdelen die uit het vliegtuig zijn verwijderd.
- De crisis- en hulpverlening van de luchthaven.

### *Interviews*

Er zijn interviews afgenomen met beide piloten. Er is een verklaring ontvangen van de (avionica) onderhoudsmedewerker die na het incident tests en onderhoudswerkzaamheden aan het vliegtuig heeft uitgevoerd. Van Ryanair is algemene informatie over de piloten en training ontvangen.

### Conceptrapport

Een conceptrapport is ter beoordeling op feitelijke onjuistheden aan de direct betrokken partijen voorgelegd, conform de Rijkswet Onderzoeksraad voor Veiligheid. Het betreft de volgende partijen:

- De betrokken gezagvoerder.
- De betrokken copiloot.
- Air Accident Investigation Unit, Ierland.
- De luchtvaartmaatschappij Ryanair, Ierland.
- National Transportation Safety Board, Verenigde Staten.
- Boeing Commercial Airplanes, Verenigde Staten.
- European Aviation Safety Agency.

De Onderzoeksraad heeft de ontvangen commentaren, voor zover het niet-tekstuele, technische aspecten en feitelijke onjuistheden betreft, verwerkt in het definitieve rapport. De opmerkingen die niet zijn overgenomen zijn in deze bijlage voorzien van de reden waarom de Raad het rapport op deze punten niet heeft aangepast.

Opmerkingen die niet zijn overgenomen: Paragraaf 2.4

AAIU comment: I would respectfully suggest that a **new paragraph** be inserted here which concerns an operational aspect to the event. At the beginning of the takeoff run, the aircraft was completely serviceable with no indications of any defects. Yet by the  $V_1$  call, the First Officer was of the opinion that the aircraft was 'unsafe to fly'. Apart from the standard '80 kts' call, there was no communication between either Flight Crew that anything was amiss or perceived to be amiss during the entire takeoff run. While an operational issue, the lack of effective crew co-ordination during the take-off run may need to be discussed. Had the First Officer communicated his misgivings regarding the directional control earlier then the problem 'perceived' by him may have been resolved or the decision made to stop by the Commander at a safe speed well below  $V_1$ .

Reactie Raad:

Het onderzoek heeft zich gericht op de onderzoeksvragen die zijn beschreven in hoofdstuk 1 paragraaf 1.2.2 en de feiten die beschikbaar waren. Het verloop van de start is beschreven aan de hand van beschikbare informatie, de data recorder en interviews met de bemanning. Door het niet beschikbaar hebben van de Cockpit Voice Recorder was de informatie om de effectiviteit van de crewcoördinatie te bepalen aan de hand van feiten niet beschikbaar. Het beoordelen van de crewcoördinatie op grond van alleen interviews is onvoldoende om een oordeel te vellen.

Opmerkingen die niet zijn overgenomen: Paragraaf 2.9 ..... stand van de AOA sensor.....

Air Accident Investigation Unit - "AOA comment is not relevant and should be removed. AOA movement with the aircraft stopped is entirely normal and not relevant to this incident."

Reactie Raad:

Een van de redenen om de start af te breken was de afwijkende snelheidstrendvector. De stand van de AOA sensor heeft invloed op de berekening en totstandkoming van de snelheidstrendvector. Ook werd tijdens het testen van de systemen een "airspeed disagree" bepaald. De reden van de "airspeed disagree" was te herleiden tot de verkeerde positie van de AOA sensor voor deze test. Voor de volledigheid zijn de gegevens van de stand van de AOA sensor in het rapport opgenomen.

## BIJLAGE B: V-SNELHEDEN

V-snelheden worden door de US Federal Aviation Administration (FAA) en het Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) als volgt gedefinieerd:

$V_1$  De maximale snelheid tijdens de start, waarbij de piloot de eerste handeling moet uitvoeren (bv., remmen activeren, aandrijving verminderen, remkleppen openen) om het vliegtuig binnen de noodstopafstand tot stilstand te brengen.  $V_1$  is ook de minimale snelheid tijdens de start, waarbij de piloot in geval van een motorstoring de start kan doorzetten en binnen de startafstand de vereiste hoogte boven de startbaan kan bereiken.

$V_R$  Rotatiesnelheid.

$V_2$  Veilige klimsnelheid.

Andere definities:

$V_1$  De maximale snelheid waarbij een start kan worden afgebroken als zich een noodgeval voordoet en waarbij een piloot het vliegtuig veilig tot stilstand kan brengen zonder de startbaan te verlaten.

$V_R$  Snelheid waarbij de piloot een besturingshandeling verricht teneinde het vliegtuig van de startbaan of het wateroppervlak te trekken.

$V_2$  Minimale snelheid die moet worden aangehouden tot op acceleratiehoogte, in geval van een motorstoring na  $V_1$ . Het aanhouden van  $V_2$  tijdens de vlucht garandeert dat de minimaal vereiste klimgradiënt wordt bereikt en het vliegtuig bestuurbaar is.

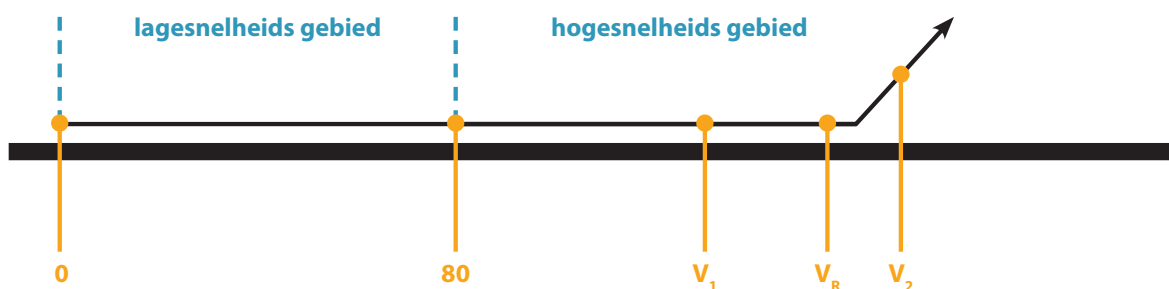
In de huidige certificeringsvereisten worden de volgende snelheidsregels gehanteerd:

$V_1$  mag niet hoger liggen dan  $V_R$ .

$V_2$  mag niet lager liggen dan  $V_R$  plus de snelheid die is bereikt tot een hoogte van 35 voet boven de startbaan is bereikt.

$V_1$  is dus lager dan of gelijk aan  $V_R$ , die lager is dan  $V_2$ .

Naast de V-snelheden wordt ook een onderscheid gemaakt tussen een laag- en hoog snelheidsgebied. Het lagesnelheidsgebied is het gebied waar de luchtsnelheid lager is dan 80 knopen. Bij 80 knopen voeren de piloten een cross-check uit van hun instrumenten. Boven 80 knopen bevindt het vliegtuig zich in de hogesnelheidsgebied.



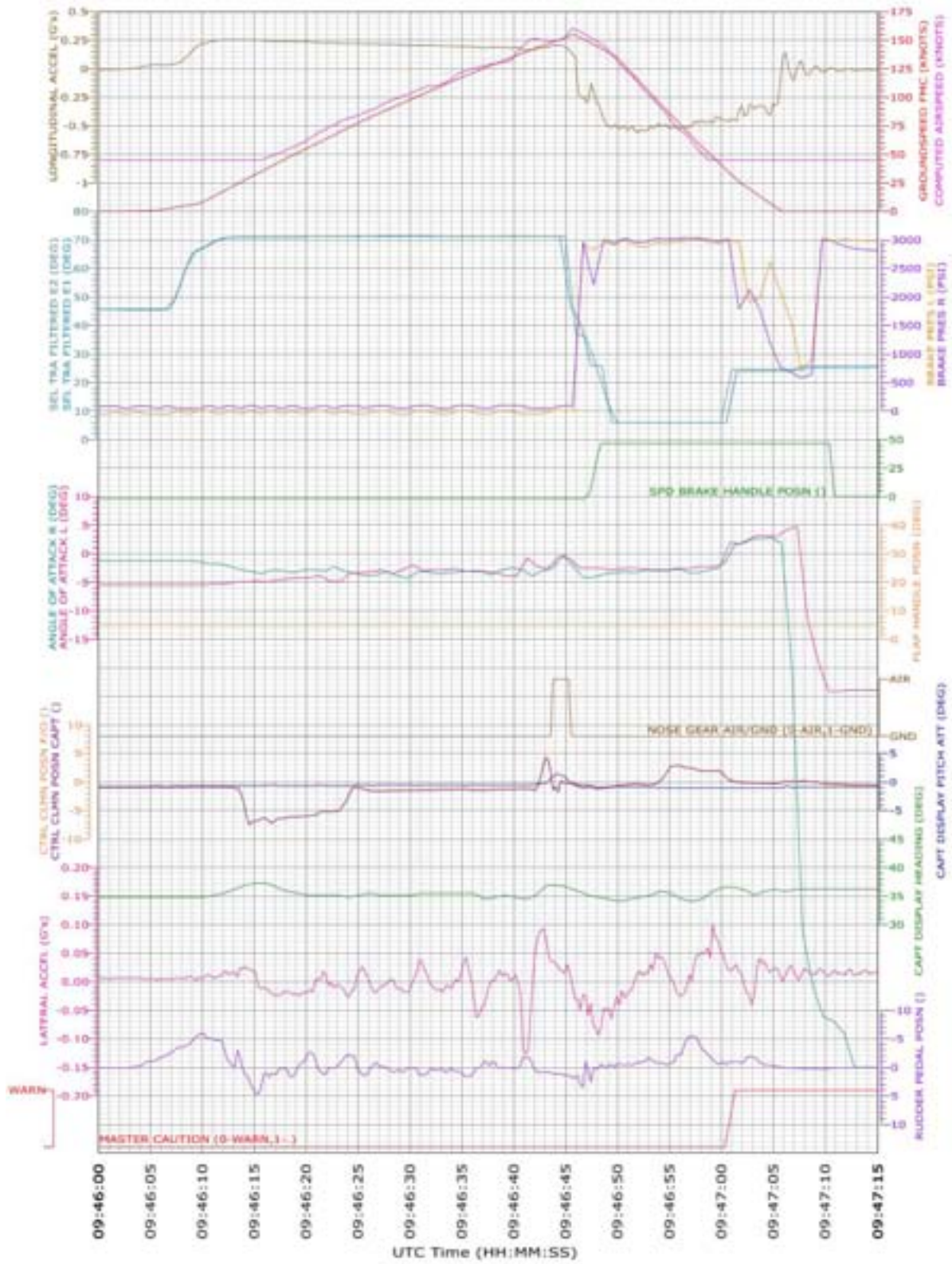
Figuur 13: Schematisch overzicht van de V-snelheden en het lage- en hogesnelheidsgebied.

## BIJLAGE C: GRAFIEK VAN DE VLUCHTDATARECORDER

Parameter	Beschrijving
ANGLE OF ATTACK L	De hoek tussen de luchtstroom en de as van de vliegtuigromp - links.
ANGLE OF ATTACK R	De hoek tussen de luchtstroom en de as van de vliegtuigromp - rechts.
BRAKE PRES L	Druk van het remsysteem – links.
BRAKE PRES R	Druk van het remsysteem – rechts.
CAP DISPLAY HEADING	De magnetische koers van het vliegtuig .
CAPT DISPLAY PITCH ATT (DEG)	Neusstand van het vliegtuig zoals weergegeven op de PFD van de gezagvoerder. Een positieve hoek betekent dat de neus omhoog wijst.
COMPUTED AIRSPEED	De snelheid van het vliegtuig ten opzichte van de lucht.
CTRL CLMN POS CAP	Stand van de stuurknuppel aan de kant van de gezagvoerder. Een positieve waarde betekent dat de stuurknuppel naar achter staat en de neus van het vliegtuig omhoog gaat.
CTRL CLMN POS F/O	Stand van de stuurknuppel aan de kant van de co-piloot. Een positieve waarde betekent dat de stuurknuppel naar achter staat en de neus van het vliegtuig omhoog gaat.
FLAP HANDLE POSN	Stand van de cockpithendel voor de flaps.
GROUNDSPEED	De snelheid van het vliegtuig ten opzichte van de grond.
LATERAL ACCEL	De versnelling van de vliegtuigromp in laterale richting.
LONGITUDINAL ACCEL	De versnelling van de vliegtuigromp in longitudinale richting.
NOSE GEAR AIR-GRND	Geeft aan of het neuswiel de grond raakt of in de lucht is.
RUDDER PEDAL POSN	De stand van de roerpedalen.
SEL TRA FILTERED E1	De stand van de gashendel in graden (E1 = links). De waarde van 35 graden komt overeen met 'stationair'.
SEL TRA FILTERED E2	De stand van de gashendel in graden (E2 = rechts). De waarde van 35 graden komt overeen met 'stationair'.
SPD BRAKE HNDL POSN	Stand van de remkleppen.

Tabel 4: lengenda vluchtdataparameters.

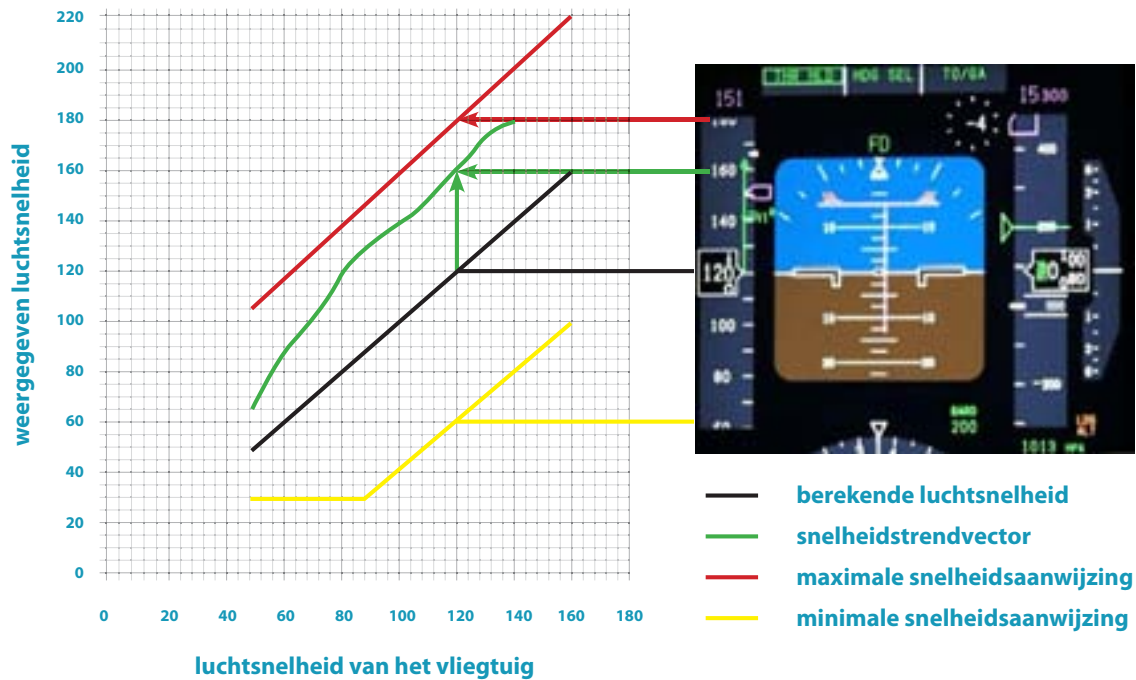




Figur 14: parameters vluchtdatarecorder.

## BIJLAGE D: HET BEPALEN VAN DE LENGTE VAN DE SNELHEIDSTRENDVECTOR

De B737-800 simulatortests zijn niet alleen gebruikt voor het operationele onderzoek, maar ook om de lengte van de snelheidstrendvector tijdens de startaanloop te bepalen. Met behulp van videoapparatuur werd de lengte van de pijl opgenomen en vervolgens geanalyseerd. Uit deze tests en videoanalyse kwam naar voren dat de lengte van de snelheidstrendvector gemiddeld ongeveer 40-45 knopen is. De maximale lengte die de snelheidstrendvector kan aangeven is 60 knopen. Bij de startaanloop is de lengte van de snelheidstrendvector gemiddeld dus ongeveer 2/3 van de maximale lengte.



Figuur 15: Grafische weergave van de geregistreerde luchtsnelheid en snelheidstrendvectorlengte.

In Figuur 15 geven de gele en rode lijnen respectievelijk de minimale en maximale luchtsnelheid op de rollende schaal weer. De zwarte lijn geeft de luchtsnelheid weer en de groene lijn de luchtsnelheid plus de pijl van de snelheidstrendvector. De lengte van de vector op het scherm is het verticale verschil tussen de weergegeven luchtsnelheid (zwart) en de punt van de vector (groen).

## BIJLAGE E: RYANAIR-PROCEDURE VOOR EEN AFGEBROKEN START [MAN 1.1]

---

### Rejected Takeoff < RYR >

The captain has the sole responsibility for the decision to reject the takeoff. The decision must be made in time to start the rejected takeoff maneuver by V1. If the decision is to reject the takeoff, the captain must clearly announce "STOP," immediately start the rejected takeoff maneuver and assume control of the airplane. If the first officer is making the takeoff, the first officer must maintain control of the airplane until the captain makes a positive input to the controls.

---

Copyright © The Boeing Company. See title page for details.

April 27, 2010

D6-27370-8AS-RYR(AS)

MAN.1.1

Maneuvers -  
Non-Normal Maneuvers



### 737 Flight Crew Operations Manual

---

Prior to 80 knots, the takeoff should be rejected for any of the following:

- activation of the master caution system
- system failure(s)
- unusual noise or vibration
- tire failure
- abnormally slow acceleration
- takeoff configuration warning
- fire or fire warning
- engine failure
- predictive windshear warning
- if a side window opens
- if the airplane is unsafe or unable to fly.

Above 80 knots and prior to V1, the takeoff should be rejected for any of the following:

- fire or fire warning
- engine failure
- predictive windshear warning
- if the airplane is unsafe or unable to fly.

During the takeoff, the crewmember observing the non-normal situation will immediately call it out as clearly as possible.



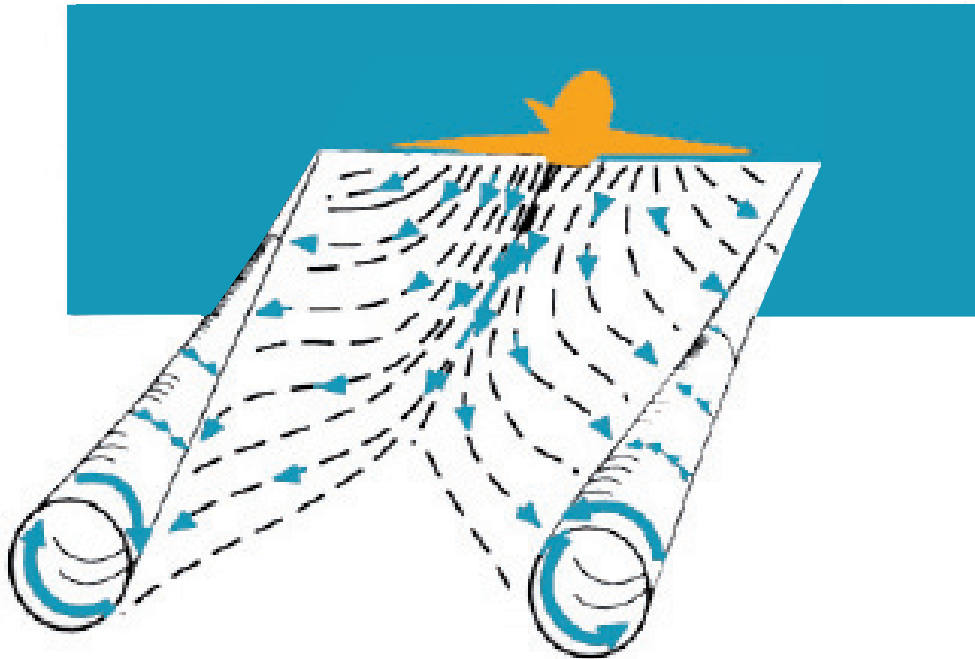


**Rejected Takeoff < RYR >**

<p><b>Reasons to Reject:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prior to 80 kts</li> <li>• Master Caution activation</li> <li>• System failure(s)</li> <li>• Unusual noise or vibration</li> <li>• Tire failure</li> <li>• Abnormally slow acceleration</li> <li>• Takeoff configuration warning</li> <li>• Fire or fire warning</li> <li>• Engine failure</li> <li>• Predictive windshear warning</li> <li>• If a side window opens</li> <li>• Airplane unsafe or unable to fly</li> </ul>	<p><b>Captain's Actions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captain calls "STOP" and takes control of airplane</li> <li>• Closes thrust levers, disengage autothrottle</li> <li>• RTO braking or max manual braking as required</li> <li>• Raise speed brake lever</li> <li>• Apply maximum reverse thrust consistent with runway conditions</li> <li>• Stop aircraft on runway heading or consider turning into wind if the takeoff was rejected due to fire warning.</li> <li>• Set parking brake</li> </ul>	<p><b>First Officer's Actions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verify all items for the reject have been actioned by the Captain and call any omissions</li> <li>• Note the brakes on speed</li> <li>• Call "100, 80 and 60" kts</li> <li>• Call "Autobrake disarm"</li> <li>• Alternating red and white runway lights call "900 meters." Steady red lights call "300 meters" of runway remaining</li> <li>• Select Flaps 40 when parking brake is set</li> <li>• Inform ATC including information on airplane position</li> </ul>
<p><b>Above 80 kts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fire or fire warning</li> <li>• Engine failure</li> <li>• Predictive windshear warning</li> <li>• Airplane unsafe or unable to fly</li> </ul>	<p><b>NOTE: CSS calls the flight deck using the interphone. It is important for the capt to establish communications at this point.</b></p>	<p><b>NOTE: UK airfields fire frequency is 121.6 MHz</b></p>

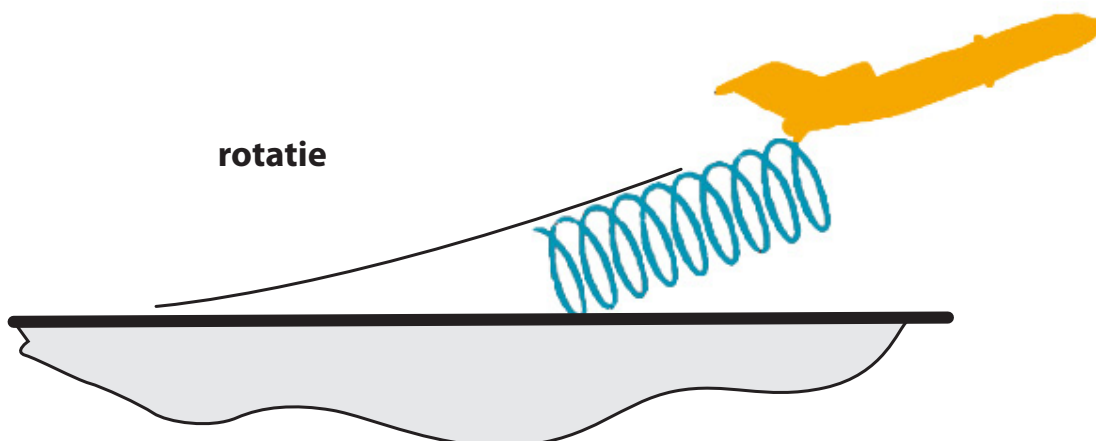
## BIJLAGE G: ZOGTUBULENTIE VAN EEN VLIEGTUIG

De lift van een vliegtuig wordt gegenereerd door een drukverschil tussen de boven- en onderkant van het vleugeloppervlak. De laagste druk ontstaat aan de bovenkant van de vleugels en de hoogste druk aan de onderkant. Dit drukverschil veroorzaakt een luchtstroom die achterwaarts van de vleugels rolt, wat leidt tot wervelende luchtmassa's die vanaf de vleugeltips naar beneden stromen (vortices).



*Figuur 16: Achteraanzicht van het vliegtuig, met de vortex van de linker- en rechtervleugel.*

De vortices ontstaan op het moment dat een vliegtuig loskomt van de grond, omdat stromende vortices een bijverschijnsel zijn van lift die door de vleugels worden gegenereerd. De kracht van de vortex hangt af van het gewicht, de snelheid en de vorm van de vleugel. De vortex van een vliegtuig kan gewijzigd worden door de kleppen of andere vleugelonderdelen uit te schuiven. De belangrijkste factor is echter het gewicht. De kracht van de vortex neemt dan ook evenredig toe met het operationele vliegtuiggewicht. De kracht van de vortex verstoring neemt na verloop van tijd af. Bij wijze van algemene stelregel wordt twee tot drie minuten gewacht voordat een volgend vliegtuig kan vertrekken .



*Figuur 17: Zijaanzicht van een opstijgend vliegtuig met de vortex erachter.*

## **BIJLAGE H: AANBEVELINGEN VAN DE NTSB UIT 1990 VOOR HET VERBETEREN VAN DE VEILIGHEID VAN AFGEBROKEN STARTS**

In het rapport van het speciale onderzoek naar overruns ten gevolge van het afbreken van de start bij hoge snelheid heeft de National Transportation Safety Board (NTSB) aanbevelingen gedaan. In totaal zijn negen aanbevelingen aan de Federal Aviation Administration (FAA) gedaan.

*Redefine  $V_1$  in 14 CFR 1.2 and 14 CFT 25.107 (2) to clearly convey that it is the takeoff commitment speed and the maximum speed at which rejected takeoff action can be initiated to stop the airplane within the accelerate-stop distance. (Class II, Priority Action)(A-90-40)*

*Require Principal Operations Inspectors to review the accuracy of information on  $V_1$  and rejected takeoff that 14 CFR 121 operators provide to flight crews to assure that they provide correct information about pilot actions required to maximise the stopping performance of an airplane during a high speed rejected takeoff. (Class II, Priority Action) (A-90-41)*

*Require 14 CFR 121 operators to present to flight crews the conditions upon which flight manual stopping performance is predicated and include information about those factors which adversely affect stopping performance. (Class II, Priority Action) (A-90-42)*

*Require that simulator training for flight crews of 14 CFR 121 operators present, to the extent possible, the cues and cockpit warnings of occurrences other than engine failures that have frequently resulted in high speed rejected takeoffs. (Class II, Priority Action) (A-90-43)*

*Require that simulator training of 14 CFR 121 operators present accurately the stopping distance margin available for a rejected takeoff initiated near or at  $V_1$  on runway where the distance equals or just exceeds balanced field conditions. (Class II, Priority Action) (A-90-44)*

*Require that simulator training for flight crews of 14 CFR 121 operators emphasise crew coordination during rejected takeoffs, particularly those rejected takeoffs that require transfer of control from the first officer to the captain (Class II, Priority Action) (A-90-45)*

*Require 14 CFR 121 operators to review their policies which permit first officers to perform takeoffs on contaminated runways and runways that provide minimal rejected takeoff stopping distance margins, and encourage the operators to revise those policies as necessary. (Class II, Priority Action) (A-90-46)*

*Require that the takeoff procedures of 14 CFR 121 operators are standardised among their airplane types to the extent possible, and that the procedures include appropriate callouts to alert flight crew members clearly and unambiguously when the airplane is entering the high speed takeoff regime and when the rejected takeoff is being initiated. (Class II, Priority Action) (A-90-47)*

*Require 14 CFR 121 operators to require pilots to adopt a policy to use the maximum brake capability of autobrake systems, when installed on the airplane, for all takeoffs in which runway conditions warrant and where minimum stopping distances are available following a rejected takeoff. (Class II, Priority Action) (A-90-48)*

De aanbevelingen zijn opgesteld op basis van de beschikbare informatie. Aanbeveling A-90-40 is overgenomen en de  $V_1$  is in nieuwe regelgeving geherdefinieerd. Aan aanbevelingen A-90-41 tot A-90-48 is door de FAA tegemoetgekomen door de Takeoff Safety Training Aid op te stellen. Dit hulpmiddel is niet verplicht, maar de FAA heeft wel een adviesbrief verstuurd en in 1996 vastgesteld dat alle vervoerders in de VS het hulpmiddel in hun regels hadden opgenomen. De NTSB heeft aanbevelingen A-90-41 tot A-90-48 de status gegeven van "closed-acceptable alternate action" wat inhoudt dat er maatregelen zijn getroffen die aan de aanbeveling voldoen.

**Onderzoeksraad voor Veiligheid**

(070) 333 70 00 • [info@onderzoeksraad.nl](mailto:info@onderzoeksraad.nl) • [www.onderzoeksraad.nl](http://www.onderzoeksraad.nl)

Anna van Saksenlaan 50 • 2593 HT Den Haag • Postbus 95404 • 2509 CK Den Haag