



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Harde landing na automatische nadering

op Amsterdam Airport Schiphol



Harde landing na automatische nadering

op Amsterdam Airport Schiphol

Den Haag, mei 2016

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar.

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

Foto cover: W. Scolaro

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

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 Nederlandse rapport leidend.

Algemene gegevens.....	5
Samenvatting	6
1 Feitelijke informatie.....	7
1.1 De vlucht	7
1.2 Persoonlijk letsel.....	11
1.3 Schade aan het vliegtuig	11
1.4 Gegevens van de bemanning	11
1.5 Gegevens van het vliegtuig.....	11
1.6 Meteorologische informatie	14
1.7 Luchthaveninformatie en navigatiehulpmiddelen	15
1.8 Vluchtreorders	15
1.9 Training.....	16
1.10 Soortgelijke voorvallen.....	17
1.11 Aanvullende informatie	17
2 Analyse	19
2.1 Oorzaken harde landing.....	19
2.2 Uitvoering van de nadering en landing.....	21
2.3 Overwegingen voor keuze categorie I automatische landing.....	22
2.4 Start onderzoek.....	25
2.5 Verdere bevindingen.....	27
2.6 Vermoeidheid	27
2.7 Training.....	27
2.8 Maatregelen door de luchtvaartmaatschappij.....	28
2.9 Aanbevelingen	28
3 Conclusies	29
Bijlage A. Inzageversie rapport	30
Bijlage B. ILS-installatie	32
Bijlage C. FMA-Indicaties	33

ALGEMENE GEGEVENS

Nummer voorval:	2014119
Classificatie:	Ongeval
Datum, tijd voorval:	1 oktober 2014, 07.45 uur ¹
Plaats voorval:	Amsterdam Airport Schiphol ²
Registratie luchtvaartuig:	PH-EZV
Type luchtvaartuig:	Embraer ERJ190-100 STD
Soort luchtvaartuig:	Passagiersvliegtuig
Soort vlucht:	Lijnvlucht
Fase van de vlucht:	Landing
Schade aan luchtvaartuig:	Bedieningsstangen van deur linkerhoofdlandingsgestel en van binnenste rechtervleugelklep beschadigd
Aantal bemanningsleden:	Twee piloten, twee cabinemedewerkers
Aantal passagiers:	86
Persoonlijk letsel:	Geen
Overige schade:	Geen
Lichtcondities:	Daglicht

¹ Alle tijden in dit rapport zijn lokale tijden tenzij anders vermeld.

² Amsterdam Airport Schiphol (AAS) wordt in het vervolg van dit rapport aangeduid als luchthaven Schiphol.

De piloten bereidden zich voor op een automatische landing op luchthaven Schiphol. Op lage hoogte constateerde de gezagvoerder dat het vliegtuig niet de beoogde automatische landing zou maken. Hij trok aan de stuurkolom om zo de daalsnelheid te verlagen. Het vliegtuig maakte een harde landing. Na het voorval is het vliegtuig geïnspecteerd, waarbij schade aan het vliegtuig is geconstateerd. Niemand aan boord raakte gewond.

Een automatische landing was in de geselecteerde configuratie niet mogelijk. Het vliegtuig voerde, conform de geselecteerde systeeminstellingen, geen afvangmanoeuvre uit en bleef met een constante daalsnelheid richting de baan vliegen.

De aanwijzingen van de automatische piloot hebben de piloten niet doen opmerken dat het vliegtuig feitelijk was geconfigureerd voor een handmatige landing. De systeemindicaties die de piloten kregen waren gelijk aan wat ze gewend waren te zien, doordat zij eerder voornamelijk handmatige landingen hadden uitgevoerd. Het vliegtuig bevond zich verder in een valide configuratie, waardoor geen foutmeldingen werden gegenereerd en de piloten geen aanleiding hadden om te denken dat het vliegtuig niet in de correcte configuratie vloog.

De procedures voor het rapporteren van voorvallen, zoals omschreven in het operationele handboek van de luchtvaartmaatschappij, laten ruimte voor interpretatie. De luchtvaartmaatschappij heeft het voorval uiteindelijk 20 dagen nadat het had plaatsgevonden, aan de Onderzoeksraad gemeld. Hierdoor waren bij aanvang van het onderzoek verschillende informatiebronnen niet meer beschikbaar en waren de herinneringen van de bemanning mogelijk vervaagd.

1 FEITELIJKE INFORMATIE

1.1 De vlucht

Een Embraer 190 passagiersvliegtuig met registratie PH-EZV maakte een lijnvlucht van de Praagse luchthaven Vacláv Havel (LKPR) naar luchthaven Schiphol. De geplande vertrektijd was 06.25 uur. Aan boord waren 86 passagiers, twee cabinemedewerkers, de gezagvoerder en de copiloot.

De bemanning werd rond 05.00 uur opgehaald uit het hotel in Praag en naar de luchthaven gebracht. Het meldingstijdstip op de luchthaven was 05.30 uur. Het was voor de bemanning de laatste dag van een reeks van vier werkdagen. Het meldingstijdstip van de tweede en derde dag was eveneens vroeg.³ De gezagvoerder en copiloot verklaarden dat zij uitgerust aan de werkdag zijn begonnen.

Vluchtvoorbereiding

Na aankomst bij het vliegtuig startte de bemanning met de voorbereiding voor de vlucht. Er waren geen technische storingen aan het vliegtuig bekend.

De weersverwachting op het verwachte landingstijdstip voor luchthaven Schiphol gaf volgens de verklaring van de gezagvoerder aan dat het horizontaal zicht 800 meter zou zijn. Beperkt-zichtomstandigheden (BZO) fase A was van kracht.⁴

De bemanning besloot om op deze omstandigheden te anticiperen door op de luchthaven van vertrek extra brandstof mee te nemen, zodat eventuele vertraging in de buurt van luchthaven Schiphol kon worden opgevangen voordat besloten zou moeten worden om naar een andere luchthaven uit te wijken. Bovendien werd rekening gehouden met de noodzaak tot het uitvoeren van een nadering bij slecht zicht gevolgd door een automatische landing op luchthaven Schiphol. De gezagvoerder zou optreden als degene die het vliegtuig zou besturen (*pilot flying*, PF).⁵

Start, klim- en kruisvlucht

De vlucht vertrok om 06.20 uur vanuit Praag, vijf minuten voor de geplande vertrektijd. Tijdens de start, de klim- en de kruisvlucht deden zich volgens de bemanning geen bijzonderheden voor.

³ Er is sprake van een vroege vlucht als het meldingstijdstip tussen 00.00 en 07.29 uur ligt.

⁴ Op Schiphol is sprake van beperkt-zichtomstandigheden (BZO) als de *runway visual range* (RVR) gelijk aan of minder is dan 1500 meter en/of de hoogte van de wolkenbasis gelijk of minder is dan 300 voet (ca. 90 meter). De RVR is de gemeten zichtbare afstand langs de hartlijn van een baan. De RVR wordt doorgaans gemeten door drie transmissometers langs de baan; aan het begin (deel A), halverwege (deel B) en aan het einde van de baan (deel C). BZO fase A is een *'reduced visibility procedure'* die alleen impact heeft op de grondoperatie betreffende vertrekkend verkeer (bron: AIP AD 2.22-3 Low Visibility Procedures).

⁵ De taken tijdens een vlucht worden tussen beide piloten verdeeld. De ene piloot bestuurt het vliegtuig (*pilot flying*, PF) en de andere piloot (*pilot monitoring*, PM) controleert de PF en neemt de communicatie met de luchtverkeersleiding en administratie voor zijn rekening.

De nadering en landing op luchthaven Schiphol werden volgens de verklaring van de gezagvoerder voorbereid voordat de daling werd ingezet. Op dat moment was het actuele weer van luchthaven Schiphol via de ATIS⁶ ontvangen. Het weer gaf aanleiding om een ILS (instrumentlandingsstelsel) categorie I nadering uit te voeren. Het ILS is een navigatiehulpmiddel voor precisienaderingen.⁷

ILS-naderingsprocedures worden onderverdeeld in drie categorieën (I, II en III). De voorwaarden waaraan voldaan moet worden om een bepaalde categorie ILS nadering aan te mogen vangen, worden uitgedrukt in horizontale zichtwaarden. Voor een categorie I nadering is een minimaal benodigd baanzicht (runway visual range, RVR) van 550 meter nodig. Bij dit type nadering mag niet verder worden gedaald dan een op grond van internationale afspraken vastgestelde hoogte, de zogenaamde 'decision altitude' (DA), tenzij op deze hoogte de landingsomgeving wordt waargenomen.

De gezagvoerder heeft verklaard dat het vliegtuig werd klaargemaakt voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een automatische landing. Deze procedure wordt in de operationele praktijk zelden gevlogen en werd daarom door beide piloten voorafgaand aan de daling uitgebreid doorgesproken. Beide piloten hebben verklaard dat deze *briefing* duidelijk was en dat er geen noodzaak bestond om de handboeken te raadplegen. De copiloot heeft verklaard dat tijdens de *briefing* werd benadrukt dat dit voor beide piloten de eerste ILS categorie I nadering gevolgd door een automatische landing zou zijn in beperkt-zichtomstandigheden na het afronden van de omscholing naar de Embraer 190.

Daalvlucht

De daling werd 113 kilometer voor het passeren van de Nederlandse grens ingezet. Nadat contact was opgenomen met de luchtverkeersleiding (Amsterdam Radar) werd de Aalsmeerbaan (baan 36R) toegewezen als landingsbaan.

Uit de gegevens van de *Quick Access Recorder (QAR)*⁸ blijkt dat tijdens de daling rond het passeren van FL290 de DA op 190 voet werd ingesteld en bij het passeren van FL255 werd veranderd van 190 naar 230 voet. Die dag was een NOTAM⁹ gepubliceerd waarin de obstakelklaringshoogte¹⁰ voor categorie I naderingen naar baan 36R met categorie C

6 *Automatic Terminal Information Service (ATIS)* is een continue uitzending van luchtvaartinformatie en bevat essentiële informatie, zoals baangebruik, weersinformatie en bijzondere procedures zoals slechtzichtoperaties. Piloten luisteren naar de beschikbare ATIS-uitzending voordat contact wordt opgenomen met de luchtverkeersleiding. Hierdoor wordt de werklast voor de luchtverkeersleiders verlicht en wordt congestie van het communicatiekanaal teruggebracht. Voor de inhoud van de ATIS, zie de paragraaf 'Meteorologische informatie'.

7 Een precisienadering is een nadering met zowel geleiding in het horizontale als in het verticale vlak. Dit in tegenstelling tot non-precisie naderingen, waarbij alleen geleiding in het horizontale vlak wordt gegeven.

8 De Embraer 190 is uitgerust met een *Quick Access Recorder (QAR)* voor het registreren van vluchtgegevens voor de technische dienst en het *Flight Data Monitoring (FDM)* programma.

9 NOTice To AirMen (NOTAM) is een bericht dat kritische informatie bevat over een luchthaven of luchtruim, die van tijdelijke aard is, of nog niet bekend was bij het opmaken van de nationale luchtvaartpublicatie (AIP).

10 De obstakelklaringshoogte is de laagste hoogte ten opzichte van gemiddeld zeeniveau die voldoende veilige marge biedt ten opzichte van obstakels in de eindnadering. De *decision altitude* van een naderingsprocedure moet minimaal gelijk zijn aan de obstakelklaringshoogte.

vliegtuigen (waar de Embraer 190 onder valt) was verhoogd naar 225 voet in verband met de aanwezigheid van een obstakel.¹¹

Uit de QAR-gegevens blijkt dat rond het passeren van FL160 de snelheden voor de eindnadering werden geprogrammeerd. Voor de eindnadering werd bij het geschatte landingsgewicht van 39.000 kilogram een referentiesnelheid¹² van 119 knopen en een naderingssnelheid¹³ van 124 knopen ingevoerd in de boordcomputer.

Nadering

Na contact te hebben gemaakt met de naderingsverkeersleiding (Schiphol Approach) stuurde de PF het vliegtuig door middel van koers- en hoogte-instructies naar de eindnadering. Volgens de gegevens van de QAR werd de eindnadering naar baan 36R aangevlogen op de standaard aanvlieghoogte van 2000 voet boven gemiddeld zeeniveau. De automatische piloot was ingesteld om de eindnadering te gaan volgen en de snelheid werd geregeld door de autothrottle.¹⁴ Toen het vliegtuig op de eindnaderingskoers vloog, werd bij het onderscheppen van het glijpad het landingsgestel neergelaten en werden de vleugelkleppen in positie 3 gezet.¹⁵ Op 1400 voet werden de vleugelkleppen in de positie FULL gezet. Op 1100 voet werd de snelheid verlaagd naar de berekende naderingssnelheid van 124 knopen. Op 1000 voet was het vliegtuig klaargemaakt voor de landing.

De bemanning heeft verklaard dat er geen onjuiste of abnormale indicaties betreffende de configuratie van het vliegtuig tijdens de eindnadering zijn geconstateerd. Wanneer dat wel het geval zou zijn geweest, zou dat volgens de gezagvoerder zijn opgemerkt door een of beide piloten en ook zeker zijn benoemd. De bemanning ging er vanuit dat het vliegtuig correct was geconfigureerd voor de beoogde automatische landing.

De gezagvoerder verklaarde dat hij de baan zag vanaf ongeveer 4 NM (7,4 kilometer) afstand. Op dat moment was de vlieghoogte ongeveer 1200 voet. De copiloot verklaarde op zijn beurt dat hij de baan in zicht had ruim voordat de hoogte 500 voet werd gepasseerd. Op dat moment vloog het vliegtuig enigszins links van de eindnaderingskoers. Dit werd snel daarna door de automatische piloot gecorrigeerd. De copiloot nam ook op lage hoogte nog een geringe verplaatsing naar links waar.

11 De bemanning stelde de hoogte in op 230 voet; dit is de dichtstbijzijnde waarde boven 225 voet die kan worden ingesteld met de BARO/RA instelknop. Deze knop werkt met stappen van 10 voet.

12 De referentiesnelheid (V_{REF}) is de minimale veilige vliegsnelheid op 50 voet boven de baandrempel, die wordt gebruikt als referentie voor de berekening van de landingsprestaties.

13 De naderingssnelheid (V_{AP}) is de referentiesnelheid aangevuld met een snelheidsmarge voor de wind (minimaal 5 en maximaal 20 knopen).

14 De *autothrottle* regelt de stuwkracht van de motoren door het bewegen van de gashendels. In sommige modi wordt een constante stuwkracht geselecteerd, in andere modi worden de gashendels zodanig afgestemd als vereist is om de vliegsnelheid te regelen.

15 De mogelijke posities van de vleugelkleppen op de Embraer 190 zijn 0, 1, 2, 3, 4, 5 en FULL. Positie 5 en FULL zijn posities voor de landing.

Landing

De gezagvoerder heeft verklaard dat hij op ongeveer 50 voet boven de baan zag dat het vliegtuig met constante daalsnelheid naar de baan bleef vliegen en niet een afvangmanoeuvre¹⁶ ging uitvoeren. Dit werd bevestigd door de QAR-gegevens die aangeven dat de neusstand van het vliegtuig constant op 1,6 graden boven de horizon bleef staan.

In een poging de daalsnelheid van het vliegtuig te verkleinen, heeft de gezagvoerder op lage hoogte nog aan de stuurkolom getrokken. De gezagvoerder heeft verklaard zich niet te kunnen herinneren of hij zelf de automatische piloot heeft uitgeschakeld.

Uit de QAR-gegevens blijkt dat de automatische piloot uitschakelde op een hoogte lager dan 9 voet (3 meter) boven de baan. De trekkracht aan de stuurkolom was op dat moment ongeveer twee keer zo groot als bij een normale handmatige landing. Het vliegtuig maakte een harde landing. Nadat het hoofdlandingsgestel aan de grond was gekomen, nam de neusstand van het vliegtuig verder toe naar 8,6 graden voordat het neuswiel werd geland. De copiloot heeft verklaard dat hij door de hardheid van de landing bezorgd was of het vliegtuig beschadigd was. Hij heeft daarom tijdens het uitrollen op de baan gevraagd of de gezagvoerder het vliegtuig nog kon besturen, waarop de gezagvoerder bevestigend antwoordde. Na de landing heeft de gezagvoerder de passagiers geïnformeerd en is naar de opstelplaats getaxied.

Nadat de vlucht bij de opstelplaats was aangekomen en de motoren waren uitgezet, werd door de centrale onderhoudscomputer aan boord van de Embraer 190 een waarschuwing geprint dat het vliegtuig met een verticale versnelling van 2,78 maal de zwaartekrachtversnelling (g) aan de grond was gekomen.¹⁷ De geprinte waarschuwing werd achtergelaten in de onderhoudsadministratie (AML)¹⁸ met daarbij de opmerking dat een harde landing was gemaakt. Tegelijkertijd werd voor de harde landing een *Engine-Indicating and Crew-Alerting System* (EICAS) bericht weergegeven en automatisch een *Aircraft Communications Addressing and Reporting System* (ACARS) bericht verstuurd naar de vlootbeheerder van de luchtvaartmaatschappij. De copiloot heeft verklaard dat hij de technische dienst heeft geïnformeerd over de harde landing, zodat het vliegtuig kon worden geïnspecteerd.

Aansluitend werd door de bemanning volgens planning een vlucht naar Neurenberg en terug naar luchthaven Schiphol uitgevoerd met een ander vliegtuig dan de PH-EZV. De gezagvoerder heeft na terugkomst op luchthaven Schiphol (12 uur na de harde landing) een *Air Safety Report* (ASR)¹⁹ ingediend met als toelichting dat het vliegtuig een harde landing had gemaakt. In het ASR stond vermeld dat de vleugelkleppen in positie 5 stonden. Het rapport bevatte naast de weergegevens geen aanvullende achtergrondinformatie.

16 Afvangen is de overgang van de horizontale vlucht vlak boven de grond naar het daadwerkelijk landen. Bij het afvangen wordt de neus van het vliegtuig omhoog gebracht, waardoor de daalsnelheid wordt verlaagd.

17 De QAR had een waarde van 2,54g opgenomen.

18 Aircraft Maintenance Log (AML) is een registratieboekwerk waarin storingen en de door de technische dienst verrichte correctieve handelingen en onderhoudswerkzaamheden worden genoteerd.

19 Een *Air Safety Report* (ASR) is een formulier voor het melden van voorvallen tijdens de vlucht met betrekking tot vliegveiligheidszaken, zoals technische storingen, separatie-onderschrijdingen en vogelaanvaringen.

1.2 Persoonlijk letsel

De harde landing heeft niet geleid tot persoonlijk letsel bij de passagiers of bemanning.

1.3 Schade aan het vliegtuig

Na inspectie door de technische dienst is geconstateerd dat het vliegtuig was beschadigd. Een bedieningsstang van de deur van het linkerhoofdlandingsgestel en een bedieningsstang van de binnenste rechtervleugelklep waren verbogen. De technische dienst heeft naar aanleiding van deze bevindingen de beschadigde onderdelen vervangen en de werkzaamheden vermeld in de onderhoudsadministratie.²⁰ Het vliegtuig was in verband met vervanging van de onderdelen meer dan een etmaal niet commercieel inzetbaar.

1.4 Gegevens van de bemanning

Beide piloten hadden in 2014 succesvol en zonder opmerkelijke aandachtspunten de omscholing naar de Embraer 190 afgerond. Volgens de richtlijnen van de luchtvaartmaatschappij was de bemanning ervaren op de Embraer 190 en mocht zij zonder beperkingen op deze vlucht worden ingedeeld. Tabel 1 geeft een overzicht van relevante gegevens van de bemanning.

Bemanningslid	Leef-tijd	Soort brevet	Totale vlieg-ervaring	Vliegervaring op Embraer 190	Afronding omscholing	Vorige functie en vliegtuigtype
Gezagvoerder	40 jaar	ATPL(A)	3667 uur	157 uur	17-8-2014	F/O F70/F100
Copiloot (F/O)	32 jaar	CPL(A)	4939 uur	317 uur	22-3-2014	S/O B777

Tabel 1: Gegevens van de bemanning per 1 oktober 2014.

1.5 Gegevens van het vliegtuig

De PH-EZV is een Embraer ERJ 190-100 STD die door vliegtuigfabrikant Embraer in 2012 in Brazilië werd gebouwd onder serienummer 9000528. Het vliegtuig staat geregistreerd in het Nederlandse luchtvaartuigenregister onder nummer 7895.

Er waren voorafgaand aan de vlucht geen technische gebreken gerapporteerd of items op de *Hold Item List* (HIL).

Het vliegtuig was volgens het loadsheet, dat voorafgaand aan de vlucht was opgesteld, zodanig beladen dat gedurende de gehele vlucht het zwaartepunt van het vliegtuig binnen de door de fabrikant vastgestelde grenzen lag.

²⁰ Maintenance Service Report (MSR).

Het vliegtuig mocht volgens het vliegtuighandboek worden gebruikt voor het vliegen van ILS categorie I, II en IIIA naderingen. Categorie I en II naderingen kunnen bij voldoende visuele referentie gevolgd worden door een handmatige of automatische landing. Categorie IIIA naderingen moeten bij voldoende visuele referentie gevolgd worden door een automatische landing. Bij onvoldoende visuele referentie moet bij alle categorieën de nadering worden afgebroken.

De referentie voor de hoogtemeting wordt ingesteld met de BARO/RA²¹ selectieknop (zie Figuur 1). Met de buitenste ring kan RA (*radio altitude*) of BARO (*barometric altitude*) worden ingesteld en de binnenste ring maakt het mogelijk om de beslis hoogte (DA of DH) voor de beoogde nadering in te stellen. Deze hoogte wordt gebruikt door het *Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS)*²² voor het afroepen van het signaal 'minimums'. Wanneer deze hoogte op nul wordt gezet, wordt het afroepen van 'minimums' door het EGPWS onderdrukt. De instelling van de minima wordt zichtbaar gemaakt op de primaire vlieginstrumenten in de cockpit.



Figuur 1: Locatie van de BARO/RA instelknop op het instrumentenpaneel (zie rode pijl). (Foto: Embraer)

- 21 Barometrische hoogte (BARO)/radiohoogte (RA). BARO is de gemeten statische luchtdruk die via de Internationale Standaard Atmosfeer (ISA) wordt teruggerekend naar een hoogte. Bij RA wordt met behulp van radiosignalen de hoogte boven de grond bepaald.
- 22 Het EGPWS is een waarschuwingssysteem aan boord van het vliegtuig dat waarschuwingen geeft voor het voorkomen van botsingen met terrein ('TERRAIN', 'PULL UP', 'TOO LOW TERRAIN') en bij het waarnemen van windschering ('CAUTION WINDSHEAR', 'WINDSHEAR'). Daarnaast worden adviserende meldingen gegeven, waaronder de afroep 'MINIMUMS' op de ingestelde beslis hoogte.

Bij de instelling BARO, voor aanvang van de eindnadering, zal de automatische piloot een ILS categorie I nadering kunnen uitvoeren tot aan de minima. Bij de intentie om een handmatige landing te maken moet de automatische piloot op de Embraer 190 op minimaal 50 voet radiohoogte worden uitgeschakeld ongeacht het type nadering. Indien dit laatste niet gebeurt zal het vliegtuig tegen de landingbaan aanvliegen. Bij onvoldoende visuele referentie bij het bereiken van de minima dient de nadering te worden afgebroken.

Voor het uitvoeren van een automatische landing is het noodzakelijk dat de referentie bij aanvang van de automatische ILS-nadering is ingesteld op radiohoogte (radio altitude, RA) en de vleugelkleppen in stand 5 staan. Pas nadat eenmaal de AUTOLAND functie is geactiveerd (wanneer het toestel zich op een hoogte tussen circa 1500 en 800 voet op het ILS-glijpad bevindt), dient de piloot de BARO/RA selectieknop op BARO in te stellen voor het correct afroepen van 'minimums'.

De status van de automatische piloot en autothrottle worden weergegeven als indicaties op het Flight Mode Annunciator (FMA) paneel boven de primaire vlieginstrumenten (zie figuur 2).



Figuur 2: Locatie van en indicaties op de Flight Mode Annunciator (FMA) op het instrumentenpaneel. (Foto: Embraer)

De FMA-indicaties behorende bij een ILS categorie I nadering, gevolgd door respectievelijk een handmatige en automatische landing, zijn weergegeven in Bijlage C. De FMA-indicaties zijn weergegeven voor negen verschillende momenten tijdens de nadering en landing. Deze indicaties worden toegelicht.

1.6 Meteorologische informatie

Voorafgaand aan de vlucht gaf de weersverwachting voor luchthaven Schiphol aan (zie onderstaand kader²³), dat op de verwachte landingstijd van 07.55 uur de wind met 4 knopen vanuit zuidelijke richting zou waaien. Het zicht zou 3000 meter zijn met tijdelijk teruglopend zicht naar 1200 meter in mistbanken, en een kans van 30% op verder tijdelijk teruglopend zicht naar 600 meter en verticaal zicht van 100 voet. Vanaf 08.00 uur zou het zicht gaan verbeteren.

Weersverwachting die in bezit was van de bemanning voorafgaand aan de vlucht:

```
FT 302256 0100/0206 18004KT 5000 BR SCT012
BECMG 0100/0102 3000
TEMPO 0101/0107 1200 BCFG NSC
PROB30 TEMPO 0101/0107 0600 FG VV001
BECMG 0106/0109 6000 NSW BKN005
BECMG 0109/0111 23010KT 9999 SCT020
PROB30 TEMP 0113/0122 7000 -RA BKN020
BECMG 0116/0119 VRB03KT
BECMG 0121/0124 4000 BR
PROB30 TEMPO 0202/0206 BKN006=
```

Op het moment dat het werkgebied van Schiphol Approach werd binnengevlogen, was het ATIS-bericht India actief. Hierin werd gemeld dat de banen 18C (Zwanenburgbaan) en 36R (Aalsmeerbaan) in gebruik waren als landingsbaan. De wind op baan 18C kwam uit de richting 190 graden met 6 knopen en de wind op baan 36R uit de richting 190 graden met 4 knopen. Het zicht was 1400 meter in nevel en de waarden van het actuele baanzicht (RVR) werden tijdens de laatste fase van de vlucht op de frequentie van de torenverkeersleiding aan de piloten gemeld (zie Tabel 2). Wolken waren aanwezig op 1300 voet met een dekkingsgraad van 1/8. De lucht- en dauwpunttemperatuur bedroegen 12 °C en de luchtdruk 1024 hectopascal. Tijdelijk zou het zicht verder teruglopen naar 700 meter.

Tijd tot landing	Runway Visual Range (RVR)		
	Deel A (> 550 m)	Deel B (> 125 m)	Deel C (> 75 m)
8 minuten	750 m	550 m	375 m
4 minuten	1100 m	650 m	400 m
2 minuten	2000 m	1300 m	550 m

Tabel 2: Benodigd baanzicht (RVR) voor categorie I nadering (waarden naast de benamingen 'Deel A, B en C') en door luchtverkeersleiding gerapporteerd zicht op verschillende tijdstippen.

²³ De tijden in deze weersverwachting zijn UTC-tijden. De lokale tijd op luchthaven Schiphol tijdens het voorval was gelijk aan UTC + 2 uren.

Uit de gepubliceerde actuele weerberichten (METAR) van luchthaven Schiphol (zie tabel 3) blijkt dat tot een half uur na zonsopkomst²⁴ het zicht steeds verder afnam. Daarna nam het zicht weer toe.

De laatste wind die door de luchtverkeersleiding aan de bemanning werd gerapporteerd was 190/07. Dit resulteerde dus in een rugwind van circa 7 knopen.

Tijd	Wind	Zicht	Significant weer	Laagste RVR en baannummer	Wolken	Verandering
05.25	170/05	3200 m	Mistbanken	500 m (18R)	Geen	Zicht 2000 m
05.55	180/06	2400 m	Mistbanken	350 m (18R)	Geen	Zicht 1200 m
06.25	160/06	2200 m	Mistbanken	300 m (18R)	Geen	Zicht 1000 m
06.55	160/05	2400 m	Mistbanken	350 m (18R)	Geen	Zicht 1400 m
07.25	180/06	1400 m	Mistbanken	275 m (27)	1/8 op 1300'	Zicht 700 m
07.55	180/06	1000 m	Nevel	1100 m (27)	Geen	Zicht 3000 m
08.25	180/05	1900 m	Nevel	Niet gemeld	1/8 op 1800'	Zicht 3000 m

Tabel 3: Actuele weerberichten luchthaven Schiphol.

1.7 Luchthaveninformatie en navigatiehulpmiddelen

De Aalsmeerbaan (36R) is uitgerust met een instrumentlandingsstelsel (ILS). Nadere informatie hierover is opgenomen in Bijlage B. Volgens de luchtvaartpublicatie (AIP) ondersteunt deze grondinstallatie Categorie IIIB naderingen en automatische landingen. Luchtverkeersleiding Nederland heeft verklaard dat tijdens de nadering van het toestel geen afwijkend gedrag is gesignaleerd aan de ILS-apparatuur van baan 36R.

1.8 Vluchtrecorders

De Embraer 190 is uitgerust met twee digitale *Voice Data Recorders*. Dit type recorder is een gecombineerde *Flight Data Recorder* (FDR) en *Cockpit Voice Recorder* (CVR). De informatie uit deze recorders is overschreven met gegevens uit latere vluchten en niet bewaard gebleven voor het onderzoek.

Het vliegtuig was ook uitgerust met een *Quick Access Recorder* (QAR) voor het registreren van vluchtgegevens voor de technische dienst en het *Flight Data Monitoring* (FDM)²⁵ programma. De QAR-informatie is zowel in kwantiteit als kwaliteit vergelijkbaar met de informatie uit de FDR en was wel beschikbaar voor het onderzoek.

²⁴ Op 1 oktober 2014 was de tijd van de zonsopkomst 07.25 uur.

²⁵ FDM is een wettelijk voorgeschreven onderdeel van een veiligheidsmanagementsysteem bij een luchtvaartmaatschappij.

1.9 Training

De omscholing van de piloten naar de Embraer 190 is verzorgd door de luchtvaartmaatschappij. Het trainingsprogramma is beschreven in het typeringcursushandboek en is gebaseerd op nationale en Europese wet- en regelgeving. De training heeft als doel om een piloot de benodigde kennis en vaardigheden bij te brengen om het vliegtuig veilig te besturen tijdens normale, abnormale en noodsituaties. De initiële training op het vliegtuigtype bestaat uit instructie op de vluchtsimulator, vliegtuigtraining²⁶ en lijntraining.²⁷ De simulator- en lijntraining worden afgesloten door een formeel examen.

De Training Manager van de luchtvaartmaatschappij heeft verklaard dat tijdens de simulatortraining acht tot tien automatische landingen worden geoefend. Deze naderingen en landingen worden gevlogen met één of twee motoren in werking en bovendien worden verschillende systeemstoringen gepresenteerd aan de kandidaten.

Tijdens de lijntraining worden twee automatische landingen beoefend in het vliegtuig met beide motoren werkend; dit betreft de *autoland* categorieën I en IIIA. Er worden tijdens de lijntraining niet met opzet systeemstoringen geïntroduceerd. Van de kandidaten wordt verwacht wel de juiste acties te ondernemen wanneer onverwacht systeemstoringen optreden.

De luchtvaartmaatschappij is bevoegd om de herhaaltraining van haar piloten te verzorgen volgens het *Alternative Training and Qualification Programme (ATQP)*.²⁸ Dit geeft luchtvaartmaatschappijen de mogelijkheid om de herhaaltraining zodanig in te richten dat onderwerpen aan de orde komen die op basis van metingen in de eigen operatie speciale aandacht vereisen. De bronnen voor deze metingen zijn bijvoorbeeld resultaten van voorgaande herhaaltrainingen, ASRs, FDM-resultaten en incident- en ongevalonderzoeken. In de herhaaltrainingen van de maatschappij twaalf maanden voorafgaande aan het voorval zijn geen automatische landingen aan de orde geweest. De bemanning van de PH-EZV had door de recente omscholing naar de Embraer 190 nog geen herhaaltraining ondergaan.

Naast herhaaltrainingen worden eens per jaar vaardigheidstesten afgenomen. Er is een wettelijke verplichting voor een piloot om eens per jaar een automatische landing uit te voeren tijdens de brevetverlengende vaardigheidstest. Er is geen verplichting om een minimum aantal automatische landingen uit te voeren tijdens de feitelijke vluchtuitvoering. Het is daardoor in principe mogelijk dat een piloot gedurende twaalf maanden tussen opeenvolgende vaardigheidstesten geen automatische landing maakt.

De Training Manager van de luchtvaartmaatschappij heeft verklaard dat het de verantwoordelijkheid van de individuele piloot is om de eigen bekwaamheid in alle aspecten van het vliegen (en dus ook de automatische landing) te handhaven.

²⁶ Vliegtuigtraining wil zeggen een trainingsvlucht zonder passagiers, waarbij de kandidaat onder begeleiding van een instructeur circuits vliegt in het vliegtuig.

²⁷ Lijntraining bestaat uit 20 tot 36 lijnvluchten met passagiers, waarbij de kandidaat onder begeleiding van een instructeur de geleerde procedures en technieken uit de simulatortraining in de praktijk leert toepassen. Als onderdeel van de lijntraining worden nog twee terugkomsessies in de simulator gevlogen.

²⁸ Commission Regulation (EU) No. 965/2012 Part ORO.FC.A.245.

1.10 Soortgelijke voorvallen

Een soortgelijk voorval met hetzelfde vliegtuigtype van dezelfde luchtvaartmaatschappij heeft plaatsgevonden op 15 december 2009. Tijdens de nadering naar baan 23 van de luchthaven van Hamburg werd een ILS categorie I automatische landing uitgevoerd door de copiloot. Doordat de BARO/RA instelknop bij aanvang van de nadering niet op RA was gezet werd de *autoland* mode niet door de automatische piloot geactiveerd. Dit werd niet opgemerkt door de bemanning, met een harde landing als gevolg. Er was geen schade aan het vliegtuig en geen persoonlijk letsel bij de inzittenden. Dit voorval is destijds niet nader onderzocht door de luchtvaartmaatschappij.

Een tweede soortgelijk voorval met hetzelfde vliegtuigtype van dezelfde luchtvaartmaatschappij vond plaats op 4 oktober 2015. Voordat de nadering van de luchthaven Schiphol werd ingezet, werd een ILS categorie III nadering gebriefd waarbij werd besproken dat deze bij verbeterend zicht kon worden gewijzigd in een ILS categorie I nadering gevolgd door een handmatige landing. Aan de hand van het laatste weerrapport werd besloten een handmatige ILS categorie I nadering te vliegen, gevolgd door een handmatige landing. Op ongeveer 1000 voet hoogte meldde de luchtverkeersleider de hoogte van de wolkenbasis en realiseerden de piloten dat ze wellicht onvoldoende zicht zouden hebben op de *decision altitude*. De bemanning besloot de nadering door te vliegen tot de CAT II minima en activeerde op 800 voet de automatische piloot en de *autothrottle*, waarop een amber APPR2 indicatie op de FMA verscheen. Vervolgens selecteerde de bemanning een *decision height* van 100 voet en veranderde de kleur van de APPR2 in groen, de indicatie voor een handmatige landing. Vanaf dat moment was de *pilot flying* in de veronderstelling dat de automatische nadering zou worden gevolgd door een automatische landing terwijl de *pilot monitoring* een handmatige landing verwachtte. Het toestel maakte een harde landing.

De Braziliaanse onderzoeksautoriteit en de vliegtuigfabrikant Embraer verklaarden niet bekend te zijn met soortgelijke voorvallen.

1.11 Aanvullende informatie

De luchtvaartmaatschappij heeft in het operationele handboek voorgeschreven welke soort voorvallen op welke wijze gerapporteerd moeten worden om te waarborgen dat deze informatie bij de juiste afdelingen terecht komt en de juiste vervolgacties worden uitgezet. De gezagvoerder heeft bij een (ernstig) incident²⁹ of ongeval de verplichting om:

1. *Operations Control*³⁰ te informeren. Hier wordt het voorval beoordeeld en wordt aan de hand van richtlijnen bepaald welke vervolgacties noodzakelijk zijn. Het is gebruikelijk bij de luchtvaartmaatschappij om de betrokken piloten niet te laten

²⁹ Een incident is gedefinieerd als een voorval – niet zijnde een ongeval - waarbij afbreuk wordt gedaan of gedaan zou kunnen worden aan de veiligheid van de vliegtuigoperatie. Een ernstig incident is gedefinieerd als een voorval waarbij de omstandigheden er op wijzen dat bijna een ongeval heeft plaatsgevonden.

³⁰ *Operations Control* is de afdeling bij een luchtvaartmaatschappij die zorgt voor de dagelijkse aansturing van de vliegtuigoperatie.

vliegen als er een onderzoek wordt gestart. Hierdoor wordt voorkomen dat herinneringen aan het voorval worden vervaagd door ervaringen tijdens meer recente vluchten. Een harde landing wordt niet expliciet genoemd als een voorval waarbij *Operations Control* geïnformeerd moet worden.

2. Zo spoedig mogelijk na evaluatie van het voorval een *Air Safety Report (ASR)* in te dienen. De luchtvaartmaatschappij schrijft bij een harde landing expliciet voor dat een ASR moet worden ingediend.
3. Bij schade aan het vliegtuig een schaderapport op te stellen en een opmerking in het *Aircraft Maintenance Log (AML)* van het vliegtuig te maken. Een harde landing wordt eveneens expliciet genoemd als reden om een schaderapport op te stellen. Deze verplichting geldt niet voor schade op luchthaven Schiphol wanneer *Operations Control* is geïnformeerd, omdat deze afdeling er voor zorgt dat een schaderapport wordt opgemaakt.

De procedures van de luchtvaartmaatschappij schrijven verder voor dat bij een (ernstig) incident of ongeval de gegevens van de vluchtrecorders bewaard moeten worden.

De maatschappij hanteert een zogenaamd *just culture* beleid, dat werknemers aanmoedigt incidenten en onveilige situaties te rapporteren, en dat moet waarborgen dat dit voor de betrokkenen in principe geen negatieve gevolgen heeft. Dit beleid wordt op verscheidene wijzen aan werknemers gecommuniceerd.

In dit hoofdstuk wordt getracht antwoord te geven op vier onderzoeksvragen:

- Waardoor is de harde landing veroorzaakt?
- Waarom werd tijdens de uitvoering van de nadering niet opgemerkt dat het vliegtuig was geconfigureerd voor een ILS categorie I nadering die gevolgd zou moeten worden door een handmatige landing?
- Waaruit blijkt dat het vliegtuig voorafgaand aan de eindnadering in alle opzichten was voorbereid voor een ILS categorie I nadering met handmatige landing?
- In welke mate is het niet meteen na het voorval starten van het onderzoek van invloed geweest op de uitvoering van het onderzoek?

2.1 Oorzaken harde landing

Waardoor is de harde landing veroorzaakt?

Het automatische gashendelsysteem en de automatische piloot zijn twee onafhankelijke systemen. De aanleiding voor het automatische gashendelsysteem om de gashendels te sluiten is de waarde van het radiohoogtemetersysteem. Of de automatische piloot actief is, c.q. hoe deze is ingesteld, heeft geen invloed op de werking van het automatische gashendelsysteem.

Bij een categorie I met *autoland* wordt op 50 voet boven de baan de landing ingezet doordat de automatische piloot de afvangmanoeuvre activeert. Deze manoeuvre bestaat uit het vergroten van de neusstand van het vliegtuig waardoor de daalsnelheid wordt verlaagd. Vervolgens worden door het automatische gashendelsysteem de gashendels gesloten op 30 voet boven de baan. Daardoor wordt de daalsnelheid steeds verder gereduceerd tot het hoofdlandingsgestel de baan raakt. Bij een categorie I zonder *autoland* vindt de automatische afvangmanoeuvre niet plaats, maar een automatisch sluiten van de gashendels kan desalniettemin optreden afhankelijk van de gekozen instellingen. Uit de QAR-registratie is gebleken dat de gashendels tijdens het voorval werden gesloten tussen 48 en 34 voet boven de baandrempel.

Op circa 50 voet boven de baandrempel merkte de gezagvoerder op dat het vliegtuig niet de beoogde afvangmanoeuvre ging uitvoeren. Vanwege de geselecteerde configuratie werden de stuurkolom en het hoogteroer door de automatische piloot in vrijwel dezelfde positie gehouden. Hierdoor bleef ook de neusstand van het vliegtuig ongeveer constant op 1,6 graden boven de horizon.

De automatische piloot wordt uitgeschakeld als er gedurende korte tijd een grote kracht op de stuurkolom wordt uitgeoefend tegengesteld aan de stuursignalen van de automatische piloot. De QAR-registratie geeft aan dat de automatische piloot ontkoppelde onder 9 voet hoogte, maar voordat de wielen de grond raakten. De verklaring van de gezagvoerder dat hij aan de stuurkolom heeft getrokken in een poging om de daalsnelheid te verlagen, wordt dus bevestigd door de QAR-registratie.

De trekkracht op de stuurkolom bleek toe te nemen tot twee keer de waarde bij een normale landing. Direct na het automatisch uitschakelen van de automatische piloot veranderde de positie van de stuurkolom en het hoogteroer en nam de neusstand van het vliegtuig toe. Dit kon niet voorkomen dat het vliegtuig een harde landing maakte van 2,78 maal de zwaartekrachtsversnelling.³¹

Het systeem heeft, als gevolg van de valide doch onbedoelde configuratie, geen waarschuwingssignalen gegeven die eerder ingrijpen door de bemanning noodzakelijk maakten. Daarmee heeft de bemanning tijdens de eindnadering geen aanleiding gehad om bijvoorbeeld een doorstart in te zetten.

Uit de QAR-data blijkt verder dat de neusstand van het vliegtuig na de landing is toegenomen tot 8,6 graden boven de horizon, waarna het neuswiel door de gezagvoerder werd geland. De gezagvoerder heeft verklaard dat het vliegtuig goed bestuurbaar was tijdens het uitrollen op de baan en het taxiën naar de opstelplaats.

Bevinding 1

Het vliegtuig voerde conform de geslecteerde configuratie geen afvangmanoeuvre uit en vloog met een constante daalsnelheid richting de baan. De bemanning was ten onrechte in de veronderstelling dat zij het vliegtuig hadden geconfigureerd voor een automatische landing.

De gezagvoerder werd zich op circa 50 voet boven de baan bewust dat het vliegtuig niet de beoogde automatische landing zou gaan uitvoeren. Hij heeft toen getracht de daalsnelheid alsnog te verlagen door aan de stuurkolom te trekken, in een poging een harde landing te voorkomen.

³¹ Deze waarde van 2,78 is volgens informatie van de luchtvaartmaatschappij significant groter dan in beide eerdergenoemde soortgelijke voorvallen is waargenomen. De Onderzoeksraad heeft niet onderzocht of en in welke mate het, kort voor het raken van de baan, verhogen van de neusstand door de piloot de grootte van de impact heeft vergroot.

2.2 Uitvoering van de nadering en landing

Waarom werd tijdens de uitvoering van de nadering niet opgemerkt dat het vliegtuig was geconfigureerd voor een ILS categorie I nadering die gevolgd zou moeten worden door een handmatige landing?

Voor de uitvoering van de nadering en de beoogde automatische landing heeft de bemanning gebruik gemaakt van de automatische piloot en het automatische gashendel-systeem van het vliegtuig. De instellingen van deze systemen worden weergegeven als statusindicaties op de *Flight Mode Annunciator* (FMA). De FMA-indicaties behorende bij een ILS categorie I nadering gevolgd door een handmatige landing respectievelijk een ILS categorie I nadering gevolgd door een automatische landing zijn weergegeven in Bijlage C.

BARO/RA instelknop

Uit de QAR-registratie is gebleken dat bij het aanvliegen van de eindnaderingskoers de FMA-indicatie werd weergegeven voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een handmatige landing. Deze FMA-indicatie verschijnt in deze vluchtfase na instelling van de RA/BARO beslienhoogteknoop op BARO en impliceert dat de automatische piloot geen automatische landing zal uitvoeren. Deze indicatie duidde daarmee op een systeem-instelling die niet overeen kwam met hetgeen de piloten beoogden.

De (wel beoogde) *autoland* modus (AUTOLAND1) wordt bij de Embraer 190 uitsluitend geactiveerd als de BARO/RA instelknop op RA staat en de vleugelkleppen in positie 5 zijn gezet. Het activeren van deze modus vindt, bij een correct geconfigureerd vliegtuig, plaats op het glijpad tussen 1500 en 800 voet boven de baandrempeel. Bij een ILS categorie I automatische landing moeten na het activeren van AUTOLAND1 de BARO/RA instelknop op BARO en de beslienhoogte worden ingesteld. De betrokken piloten waren volledig typebevoegd op de Embraer 190 en bekend met deze werkwijze. Het handmatig instellen in deze fase van de vlucht wijkt overigens af van de procedures in eerder door de bemanning gevlogen vliegtuigtypen (Fokker 70/100 en Boeing 777), waarbij een ILS nadering altijd wordt gevolgd door een automatische landing tenzij deze functie handmatig wordt uitgeschakeld. De BARO/RA instelknop en de stand van de vleugelkleppen hebben bij deze vliegtuigtypen geen functie bij het activeren van de *autoland* modus van de automatische piloot.

Configuratie vliegtuig

Na het passeren van 1500 voet boven de baandrempeel werd volgens de QAR-registratie de APPR1 modus geactiveerd. Uit de registratie van de QAR is gebleken dat de vleugelkleppen op 1400 voet in de positie FULL waren gezet. Hierdoor zou ook bij een correcte instelling van de BARO/RA instelknop de automatische landing niet zijn geactiveerd. Volgens de QAR-registratie waren de FMA-indicaties bij het passeren van 150 voet boven de baandrempeel nog altijd ongewijzigd en behorend bij een ILS categorie I handmatige landing.

Beide piloten hebben verklaard dat het merendeel van de ILS categorie I naderingen die zij hadden gemaakt werden gevolgd door een handmatige landing. Zodoende waren de FMA-incidaties die ze nu tijdens de nadering zagen gelijk aan wat ze gewend waren te zien. Het vliegtuig bevond zich in een valide configuratie, waardoor er geen foutmeldingen werden gegenereerd. Hierdoor was er voor beide piloten geen aanleiding te denken dat het vliegtuig niet in de correcte modus vloog voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een automatische landing.

Bevinding 2

Doordat de FMA-indicaties die de bemanningleden tijdens de nadering zagen gelijk waren aan wat ze gewend waren te zien, hebben de aanwijzingen van de automatische piloot hen niet doen opmerken dat het vliegtuig was geconfigureerd voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een handmatige landing. Het vliegtuig bevond zich verder in een valide configuratie, waardoor geen foutmeldingen werden gegenereerd. Hierdoor hadden beide piloten geen aanleiding om te denken dat het vliegtuig niet in de correcte configuratie vloog voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een automatische landing.

Het systeem is niet zo ontworpen dat het de piloten er op attent maakt dat zij, conform de procedure bij een handmatige landing, de automatische piloot op lage hoogte boven de baan dienen uit te schakelen. In combinatie met het feit dat de acties die benodigd zijn om het systeem te configureren voor een automatische landing afwijken van die in andere vliegtuigtypen, roept dat de vraag op of er veiligheidswinst te behalen is door het op deze onderdelen aanpassen van de mens-machine interactie in de Embraer 190. De wijze waarop de interface tussen een geautomatiseerd systeem en zijn menselijke gebruiker is ontworpen kan immers van invloed zijn op het al dan niet opmerken van onbedoelde systeeminstellingen. Door de interface optimaal aan te passen aan de taakuitvoering van de mens kunnen vergissingen worden voorkomen. Gezien de ernst en frequentie van optreden van het onderzochte type voorval ziet de Onderzoeksraad een verdere analyse van de mens-machine interface echter als buiten de scope van dit onderzoek.

2.3 Overwegingen voor keuze categorie I automatische landing

Waaruit blijkt dat het vliegtuig voorafgaand aan de eindnadering in alle opzichten was voorbereid voor een ILS categorie I nadering met handmatige landing?

De beslissing van de piloten een ILS categorie I nadering te vliegen gevolgd door een automatische landing is gebaseerd op de weerrapportage volgens ATIS-bericht India. Deze rapportage vermeldde een zichtwaarde van 1400 meter en geen wolkenbasis (slechts wolken met dekkingsgraag 1/8 op 1300 voet). Bij het bereiken van de ILS

categorie I beslishoogte van 230 voet zou er dus voldoende visuele referentie³² zijn om de nadering door te zetten om een veilige landing te maken.

De piloten verklaarden dat in de continue update van actuele weersgegevens een verbetering werd waargenomen tijdens de nadering van luchthaven Schiphol. Het actuele baanzicht (zie Tabel 2) was tijdens de nadering voldoende voor een ILS categorie I nadering. De gezagvoerder heeft verklaard dat de verbetering van het weer voor hem geen aanleiding gaf het plan voor een ILS categorie I automatische landing aan te passen. Dit zou mogelijk tot verwarring bij de bemanning kunnen leiden. Bovendien zou bij zonsopkomst alsnog het zicht kunnen afnemen.

Vorbereiding van de nadering

De gegevens van de *Cockpit Voice Recorder* zijn niet bewaard gebleven. Hierdoor zijn de verklaringen van de bemanning een belangrijke informatiebron over de voorbereiding van de nadering en landing op luchthaven Schiphol. De gezagvoerder heeft verklaard dat de voorbereidingen waren afgerond voorafgaand aan de daling. Beide piloten hebben verklaard dat uitgebreid aandacht is besteed aan de opzet van de ILS categorie I automatische landing en de te volgen procedure duidelijk was en deze geen aanleiding gaf om handleidingen te raadplegen. De QAR-registraties geven echter aan dat het vliegtuig voorafgaand aan de nadering niet correct was geconfigureerd voor een ILS categorie I *autoland*.

Het operationeel handboek van de luchtvaartmaatschappij schrijft voor dat het wordt aangeraden 50 nautische mijlen (93 km) voor het inzetten van de daling de nadering te hebben voorbereid. De voorbereiding omvat het doornemen van relevante informatie, opzetten van de boordapparatuur en briefen van de andere piloot. In de briefing moet worden ingegaan op de onderstaande onderwerpen; uitgezonderd hiervan zijn naderingen op de thuishaven van de luchtvaartmaatschappij, luchthaven Schiphol.

1. Weer en NOTAMs voor de bestemming en uitwijkvluchthavens.

Voor het actuele weer en baangebruik van luchthaven Schiphol is gebruik gemaakt van de ATIS-informatie. Door de wisseling van start- en landingspieken op luchthaven Schiphol is het mogelijk dat de bemanning bij de voorbereiding van de nadering is uitgegaan van de hoofdlandingsbaan 18C (Zwanenburgbaan). Voor deze baan was geen NOTAM gepubliceerd. De landingsbaan 36R werd pas tijdens de daling door de luchtverkeersleiding (Amsterdam Radar) toegewezen. Dit is een mogelijke verklaring waarom de hogere beslishoogte van 230 voet volgens de NOTAM voor deze baan pas bij het passeren van FL255 tijdens de daling werd ingesteld.

2. Aankomstroute, wachtgebieden en naderingsprocedure voor de beoogde landingsbaan.

De Duitse luchtverkeersleiding had toestemming gegeven om in een rechte lijn naar het punt ARTIP bij Lelystad te vliegen. Vanaf ARTIP konden koers- en hoogte-

³² Een ILS categorie I nadering mag bij het bereiken van de beslishoogte worden doorgezet als de bemanning (delen van) de naderingsverlichting, de baandrempel en bijbehorende verlichting, visuele glijpad aanwijzing, landingsdoelpunt markering en/of verlichting of de baanrandverlichting visueel kan waarnemen.

instructies naar de eindnadering worden verwacht. De eindnadering zou worden ingezet vanaf 2000 voet boven gemiddeld zeeniveau.

3. *Het gebruik van de automatische piloot tijdens de nadering en de bijbehorende aanwijzingen op de Flight Mode Annunciator (FMA).*

De automatische piloot kan alleen een automatische landing uitvoeren als beide BARO/RA instelknoppen (zie Figuur 1) op RA staan voordat aan de eindnadering wordt begonnen.

Het configureren van de ILS categorie I *autoland* vergt extra handelingen ten opzichte van de ILS categorie III nadering. Dit wijkt af van de procedure in eerder door de bemanning gevlogen vliegtuigtypen (Fokker 70/100 en Boeing 777), waarbij de BARO/RA instelknop geen functie heeft bij het activeren van de *autoland* modus van de automatische piloot.

Uit de QAR-registratie is gebleken dat de beslishoogte op FL290 werd ingesteld op BARO 190 voet en op FL255 nog werd veranderd in BARO 230 voet. Deze aanpassing werd vermoedelijk gedaan naar aanleiding van de toewijzing van baan 36R door Amsterdam Radar en de bijbehorende NOTAM voor die baan. De procedures van de luchtvaartmaatschappij schrijven voor dat de hoogste waarde van de beslishoogte en de verhoogde obstakelklaringshoogte gehanteerd moet worden.

Er zijn verder geen aanpassingen van de beslishoogte meer geregistreerd. Door de instelling van de beslishoogte op BARO 230 voet in plaats van RA (met een willekeurige waarde onder de DH) werd de automatische piloot niet ingesteld voor het uitvoeren van een automatische landing.

Bevinding 3

De bemanning heeft de BARO/RA knop voor aanvang van de eindnadering ingesteld op BARO in plaats van RA. Hierdoor werd de automatische piloot geconfigureerd voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een handmatige landing.

4. *Benodigde stand van de vleugelkleppen en gebruik van vertragingshulpmiddelen bij de landing.*

Het vliegtuighandboek schrijft voor dat automatische landingen gevlogen moeten worden met de vleugelkleppen in positie 5. Bovendien moet de snelheid tijdens de nadering worden verhoogd ten opzichte van een handmatige landing. De snelheden voor de nadering en de landing moeten door de bemanning worden bepaald aan de hand van Tabel 4. Bij een gepland landingsgewicht van 39 ton zou volgens de laatste kolom in Tabel 4 de referentiesnelheid voor een automatische landing 134 knopen moeten zijn. De naderingssnelheid zou bij de heersende wind 139 knopen moeten bedragen. Uit de QAR-registratie is gebleken dat de bemanning op FL160 een referentiesnelheid van 119 knopen heeft ingevoerd in de boordcomputer. Deze waarde komt volgens de vijfde kolom in Tabel 4 bij het landingsgewicht van 39 ton overeen met de referentiesnelheid voor een landing met de vleugelkleppen in de FULL positie.

WT (t)	V _{FS}	V _{REF} FL5 V _{AC} FL3 NO ICE ACCR	V _{REF} FL5 V _{AC} FL3 + ICE ACCR	V _{REF} FULL V _{AC} FL4	CAT II/ AUTOLAND V _{REF} FL5 V _{AC} FL3
28	156	104	110	104	114
30	161	107	114	104	118
32	167	111	118	107	122
34	172	114	121	111	126
36	177	118	125	114	129
38	182	121	128	117	133
40	187	124	132	120	136
42	191	127	135	123	140

Tabel 4: Vliegsnelheden (in knopen) afhankelijk van vliegtuiggewicht, vleugelklepposities en soort landing.

Bij een nadering met de vleugelkleppen in de FULL positie zal de automatische piloot geen automatische landing uitvoeren. Beide piloten gaven aan dat ze ervan overtuigd waren dat ze de flaps in de positie 5 hadden geselecteerd tijdens de nadering. Uit de QAR-registratie is dus gebleken dat de flaps in de positie FULL waren gezet.

Bevinding 4

De bemanning heeft naderingssnelheden geprogrammeerd voor een nadering met de vleugelkleppen in de FULL positie en de kleppen daadwerkelijk in deze positie gezet. Een automatische landing is niet mogelijk met de vleugelkleppen in de FULL positie.

5. *Beoogde taxibaan voor het verlaten van de landingsbaan en de taxiroute naar de opstelplaats.*

Dit onderwerp uit het handboek is niet verder bekeken tijdens het onderzoek.

2.4 Start onderzoek

In welke mate is het niet meteen na het voorval starten van het onderzoek van invloed geweest op de uitvoering van het onderzoek?

De luchtvaartmaatschappij dient een ernstig incident of een ongeval zo spoedig mogelijk telefonisch te melden bij de Onderzoeksraad voor Veiligheid. Voor een goede analyse van het voorval is het noodzakelijk dat zoveel mogelijk feitelijke informatie kan worden

verzameld over de omstandigheden rondom het voorval. Het tijdsaspect speelt hierbij een belangrijke rol.

De procedures voor het melden van een voorval, zoals omschreven in het operationele handboek van de luchtvaartmaatschappij, zijn in dit geval zodanig geïnterpreteerd dat de afdeling *Operations Control* niet direct na het voorval is geïnformeerd. Hierdoor is niet direct een start gemaakt met het veiligheidsonderzoek door de maatschappij. Er kon niet worden vastgesteld of het bestaan van het *just culture* beleid al dan niet invloed had op het handelen van de betrokkenen na het voorval.

Er is direct na het voorval geen schaderapport opgemaakt, de vluchtrecorders (CVR en FDR) zijn niet veilig gesteld en de cockpitbemanning is niet aan de grond gehouden ten behoeve van een veiligheidsonderzoek. Hierdoor is een belangrijke informatiebron voor het onderzoek, de CVR, verloren gegaan en zijn herinneringen van de cockpitbemanning vervaagd.³³ Het niet meer beschikbaar zijn van de CVR heeft nadelige gevolgen gehad voor de reconstructie van de gebeurtenissen en het verkrijgen van inzicht in de overwegingen van de bemanning voorafgaand aan de harde landing.

Door de afdeling die voorvallen binnen de luchtvaartmaatschappij onderzoekt is na reguliere analyse van het ASR, de rapportages van de technische dienst en de informatie uit het *Flight Data Monitoring* (FDM) systeem, pas twee weken na het voorval vastgesteld dat het meer omvatte dan uitsluitend een harde landing en nader onderzoek noodzakelijk was. De luchtvaartmaatschappij heeft daarop, drie weken na het voorval, besloten een onderzoek in te stellen. De piloten konden niet eerder dan 4 november 2014 ingeroosterd worden voor een interview met onderzoekers van de veiligheidsafdeling van de luchtvaartmaatschappij.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is op 20 oktober 2014 door de luchtvaartmaatschappij op de hoogte gesteld van het voorval. De Onderzoeksraad is een eigen onderzoek gestart parallel aan het onderzoek van de luchtvaartmaatschappij. Hierbij is gebruik gemaakt van door de luchtvaartmaatschappij aangeleverde handboeken, geluidsbestanden van interviews met de bemanning en QAR-informatie.

³³ De QAR was wel beschikbaar voor het onderzoek; de QAR-informatie is vergelijkbaar met de FDR-informatie.

Bevinding 5

De procedures voor het rapporteren van voorvallen, zoals omschreven in het operationele handboek van de luchtvaartmaatschappij, laten ruimte voor interpretatie over welke voorvallen gemeld moeten worden en welke vervolgacties nodig zijn. Hierdoor gaan belangrijke informatiebronnen voor onderzoek naar voorvallen verloren.

Het niet meer beschikbaar zijn van de *Cockpit Voice Recorder* heeft nadelige gevolgen gehad voor de reconstructie van de gebeurtenissen en het verkrijgen van inzicht in de overwegingen van de bemanning voorafgaand aan de harde landing. De herinneringen van de bemanning aan het voorval zijn mogelijk vervaagd en/of beïnvloed door meer recente vliegervaringen.

2.5 Verdere bevindingen

Van een aantal potentiële risicofactoren is uitgesloten dat ze invloed hebben gehad op de harde landing:

- Er waren voorafgaand of tijdens de vlucht geen problemen met de boordapparatuur voor ontvangst van het ILS-sigitaal, de automatische piloot en de *autothrottle*.
- Tijdens de nadering en landing van de vlucht waren er geen storingen in het ILS van de Aalsmeerbaan.
- Het beschermingsgebied van het ILS was vrij van ander vliegverkeer en voertuigen.
- De gezagvoerder en copiloot voldeden aan de wettelijke eisen voor het uitvoeren van de vlucht.
- De tewerkstelling van de bemanning voldeed volgens de luchtvaartmaatschappij aan zowel de wettelijke voorschriften en normen voor werk- en rusttijden als de (meer stringente) afspraken uit de collectieve arbeidsovereenkomst (CAO).

2.6 Vermoeidheid

Vermoeidheid kan leiden tot verminderd beoordelingsvermogen en veiligheidsrisico's. De gezagvoerder verklaarde niet te kunnen uitsluiten dat vermoeidheid een rol heeft gespeeld bij het ontstaan van het voorval. Hiervoor zijn echter geen harde bewijzen gevonden. De bemanning heeft verklaard dat men, ondanks het vroege meldingstijdstip op de dag van het voorval en de twee voorafgaande dagen, uitgerust aan de werkdag is begonnen. Na de harde landing besloot de bemanning alsnog een volgende vlucht uit te voeren, wat suggereert dat de bemanning zich voldoende fit voelde.

2.7 Training

Bij de initiële training op de Embraer 190 moet de bemanning de benodigde kennis en vaardigheden worden bijgebracht om het vliegtuig veilig te besturen tijdens normale, abnormale en noodsituaties. Volgens de syllabus worden verschillende automatische

landingen tijdens de training beoefend, maar daarvan zijn slechts een klein deel categorie I automatische landingen. Het is daarom mogelijk dat de training op dit punt niet toereikend is geweest en de bemanning teveel heeft geleund op de ervaring met andere vliegtuigtypen. De Onderzoeksraad heeft geen concrete aanwijzingen gevonden die er op wijzen dat het voorval is ontstaan door (gebrekkige) training.

2.8 Maatregelen door de luchtvaartmaatschappij

De luchtvaartmaatschappij heeft parallel aan het onderzoek van de Onderzoeksraad een veiligheidsonderzoek uitgevoerd, waarvan een conclusie is dat de *user-interface* tussen de automatisering van het vliegtuig en de piloten het mogelijk maakt dat een dergelijk voorval zich kan voordoen. Het volledige onderzoeksrapport van de luchtvaartmaatschappij is gedeeld met de Onderzoeksraad.

Binnen de luchtvaartmaatschappij is lering getrokken uit het voorval en is een maatregel genomen om soortgelijke incidenten in de toekomst te voorkomen. Het voorval wordt besproken tijdens een herhaaltraining die alle piloten op de Embraer 190 binnen de luchtvaartmaatschappij krijgen. Daarnaast gaat de luchtvaartmaatschappij bekijken hoe de procedures betreffende voorvalrapportage en vervolgacties kunnen worden verbeterd.

2.9 Aanbevelingen

De Onderzoeksraad heeft geen aanbevelingen geformuleerd.

3 CONCLUSIES

De bemanning was ten onrechte in de veronderstelling dat zij het vliegtuig hadden geconfigureerd voor een automatische landing. De aanwijzingen van de automatische piloot hebben de piloten niet doen opmerken dat het vliegtuig was geconfigureerd voor een handmatige landing. De FMA-indicaties die de piloten tijdens de nadering zagen, waren gelijk aan wat ze gewend waren te zien. Het vliegtuig bevond zich verder in een valide configuratie, waardoor geen foutmeldingen werden gegenereerd. Hierdoor hadden beide piloten geen aanleiding om te denken dat het vliegtuig niet in de correcte configuratie vloog voor een ILS categorie I nadering gevolgd door een automatische landing. Het vliegtuig voerde geen afvangmanoeuvre uit en maakte een harde landing.

Het niet meer beschikbaar zijn van de *Cockpit Voice Recorder* heeft nadelige gevolgen gehad voor de reconstructie van de gebeurtenissen en het verkrijgen van inzicht in de overwegingen van de bemanning voorafgaand aan de harde landing. De herinneringen van de bemanning aan het voorval zijn mogelijk vervaagd en/of beïnvloed door meer recente vliegervaringen. De procedures voor het rapporteren van voorvallen, zoals omschreven in het operationele handboek van de luchtvaartmaatschappij, laten ruimte voor interpretatie over welke voorvallen gemeld moeten worden en welke vervolgacties nodig zijn. Hierdoor gaan belangrijke informatiebronnen voor onderzoek naar voorvallen verloren.

INZAGEVERSIË RAPPORT

Een inzageversie van dit rapport is, conform de Rijkswet Onderzoeksraad voor Veiligheid voorgelegd aan de betrokken partijen. Deze partijen is gevraagd het rapport te controleren op feitelijke onjuistheden. Het rapport is voorgelegd aan de volgende personen en organisaties:

- Luchtvaartmaatschappij;
- Gezagvoerder;
- Copiloot;
- CENIPA - *Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center*, Brazilië;
- Embraer S.A.

De Raad heeft van alle genoemde partijen een reactie ontvangen.

Correcties van feitelijke onjuistheden, aanvullende details en redactioneel commentaar heeft de Raad, voor zover relevant, overgenomen. De betreffende tekstdelen zijn in het eindrapport aangepast.

De reacties die niet zijn overgenomen heeft de Raad voorzien van een weerwoord en opgenomen in onderstaande tabel. De in de tabel genoemde bladzijdenummers verwijzen naar de nummering van het conceptrapport en komen niet altijd meer overeen met de nummering in het definitieve rapport.

	Partij	Bladzijde	Tekst rapport	Reactie partij	Toelichting Onderzoeksraad
1	Luchtvaartmaatschappij	1	Titel van rapport	Verder is het format van de titel niet in lijn met de internationale standaard zoals gedefinieerd in ICAO Annex 13 (Appendix: Format of the final report)	Annex 13 kent een aanbevolen format voor de eindrapportage. Hierbij wordt aangegeven dat het format mag worden aangepast afhankelijk van de omstandigheden van een ongeval of incident. De Onderzoeksraad hanteert een eigen format voor de titelpagina van het rapport.
2	Luchtvaartmaatschappij	4	Classificatie: Ongeval	Uit voetnoot 30 op pagina 16 is op te maken dat de Onderzoeksraad de definities van <i>'incident, serious-incident en accident'</i> hanteert naar de ICAO definities. Dit betekent dat het onderzochte voorval de classificatie 'ongeval' krijgt vanwege de schade aan het vliegtuig. Om de classificatie 'ongeval' toe te kennen aan het voorval, moet er een causaal verband zijn tussen het voorval en de waargenomen schade aan het vliegtuig. Na het betreffende voorval heeft het vliegtuig een inspectie ondergaan. Tijdens deze inspectie is schade aan vliegtuig geconstateerd zoals beschreven op pagina 4 van het rapport. Echter, de sequentie van voorval en inspectie toont geenszins aan dat de schade is ontstaan door het voorval. Het onderzoek sluit niet uit dat de schade aan het vliegtuig reeds aanwezig was voor het onderzochte voorval. Daarmee is de classificatie van dit voorval en de onderzoeksplicht naar dit voorval discutabel.	De luchtvaartmaatschappij heeft de harde landing destijds bij de Onderzoeksraad gemeld omdat er schade aan het toestel was geconstateerd tijdens een inspectie na de harde landing die plaatsvond na de automatische nadering. De Onderzoeksraad is er bij de classificatie van het voorval vanuit gegaan dat de schade het gevolg was van de harde landing. De Onderzoeksraad heeft de vrijheid ieder voorval te onderzoeken ongeacht de classificatie van het voorval.

ILS-INSTALLATIE

Een ILS-installatie bestaat uit verschillende onderdelen:

- De localizer-zender, voor het uitzenden van een horizontaal stuursignaal naar de landingsbaan. De antenne van de zender behorende bij baan 36R staat 259 meter voorbij het einde van de landingsbaan.
- De glijpad-zender, voor het uitzenden van een verticaal stuursignaal naar de landingsbaan. De antenne van de zender behorende bij baan 36R staat op 120 meter westelijk van de hartlijn van de baan en op 299 meter vanaf de baandrempel.
- Afstandsmarkering voor het controleren van het verticale stuursignaal. Dit is voor baan 36R gerealiseerd doordat afstandsmeeetapparatuur (*Distance Measuring Equipment*, DME) signalen uitzendt voor afstandsbepaling ten opzichte van de baandrempel.

De kwaliteit van de ILS-grondinstallatie wordt uitgedrukt in het ICAO ILS-classificatie systeem. Hierbij worden de prestatiecategorie (I, II, III), de nauwkeurigheid en reikwijdte van het ILS-signaal en de integriteit van het signaal gecombineerd tot een code van cijfers en letters. Het ILS van baan 36R is volgens de Nederlandse luchtvaartpublicatie (AIP)³⁴ geclassificeerd in de hoogste klasse (CAT III/E/4).

Doordat de localizer-antenne aan het einde van de landingsbaan staat, kan het signaal mogelijk worden verstoord door bewegende vliegtuigen en voertuigen in de directe omgeving van de baan. Dit wordt voorkomen door het beschermingsgebied tijdens slechtzichtoperaties vrij te houden van vliegtuigen. Dit gebied bestaat uit een gevoeligheidsgebied³⁵ en kritische gebieden³⁶ rondom de localizer- en glijpadantennes.

³⁴ www.ais-netherlands.nl.

³⁵ Het gevoeligheidsgebied is het gebied waarbinnen vliegtuigen en voertuigen het ILS-signaal kunnen verstoren. De afmetingen van het gebied zijn afhankelijk van de soort nadering; 75 meter vanaf de hartlijn van de baan voor categorie I naderingen en 150 meter vanaf de hartlijn van de baan voor categorie II/III naderingen.

³⁶ Het kritische gebied is het gebied waarbinnen de aanwezigheid van vliegtuigen en voertuigen een onacceptabele verstoring van het ILS-signaal tot gevolg heeft. Dit gebied heeft vaste afmetingen en moet altijd vrij blijven.

FMA-INDICATIES

Locatie 1: Route naar eindnaderingskoers

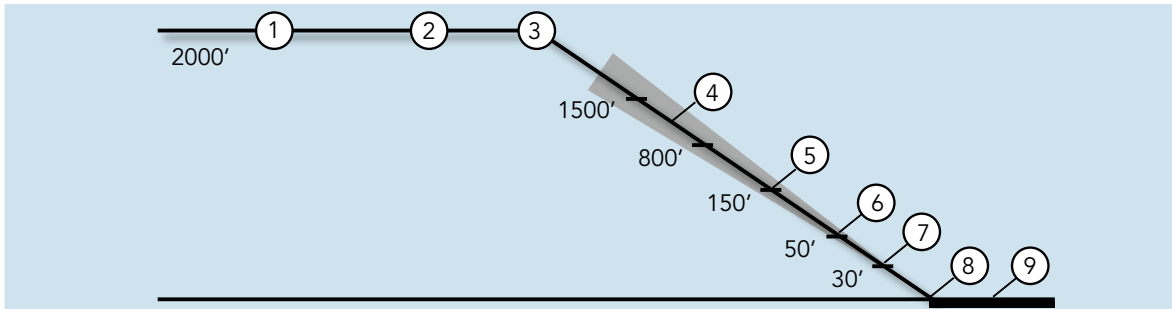
Bij het aanvliegen van de eindnaderingskoers moet de approach (APP) mode van de automatische piloot worden ingesteld om de signalen van de localizer-antenne en glijpad-antenne te kunnen gaan volgen. Hierdoor zal op de FMA in witte kleur LOC en GS verschijnen. De witte kleur geeft aan dat die mode klaar staat (*armed*) om geactiveerd te worden.

Bij de instelling van de BARO/RA knop op BARO zal de ILS categorie I nadering worden geactiveerd. Dit wordt weergegeven op de FMA door de indicatie APPR1 (zie linkerkolom van Figuur 3). Uit de QAR-registratie is gebleken dat tijdens de vlucht de witte indicatie APPR1 op de FMA werd weergegeven.

Wanneer de BARO/RA instelknop op RA is gezet, zal een ILS categorie I autoland worden klaargezet. Dit wordt op de FMA aangegeven door de witte indicatie AUTOLAND1 (zie rechterkolom van figuur 3). De bijbehorende minima kunnen in dit geval op nul worden gezet, om te voorkomen dat het EGPWS op een verkeerde hoogte een afroep *minimums* zal doen.

Locatie 2: Onderschepping eindnaderingskoers

Bij het onderscheppen van de eindnaderingskoers geeft de FMA aan dat niet langer de koers naar de eindnadering (HDG), maar het signaal van de localizer-antenne (LOC) zal worden gevolgd. De activering van de LOC mode wordt eerst op het FMA zichtbaar gemaakt tegen een groene achtergrond, waarna het FMA-veld weer zwart wordt en LOC met groene letters verschijnt.



Nr	Omschrijving	FMA indicaties	
		ILS CAT I handmatige landing	ILS CAT I automatische landing
1	Route naar eindnaderingskoers	APPR1 SPD _T AP ← HDG ALT AT ← LOC GS	AUTOLAND1 SPD _T AP ← HDG ALT AT ← LOC GS
2	Onderschepping eindnaderingskoers	APPR1 SPD _T AP ← LOC ALT AT ← GS	AUTOLAND1 SPD _T AP ← LOC ALT AT ← GS
3	Onderschepping ILS glijpad	APPR1 SPD _T AP ← LOC GS AT ←	AUTOLAND1 SPD _T AP ← LOC GS AT ←
4	Op ILS glijpad onder 1500 voet	APPR1 SPD _T AP ← LOC GS AT ←	Indien vleugelkleppen in positie 5 AUTOLAND1 SPD _T AP ← LOC GS AT ← ALIGN FLARE
5	Op ILS glijpad op 150 voet	APPR1 SPD _T AP ← LOC GS RETD AT ←	Daarna zet BARO/RA knop op BARO en selecteer CAT I beslishoogte AUTOLAND1 SPD _T AP ← ALIGN GS RETD AT ← RLOUT FLARE
6	Uitschakelen automatische piloot/inzetten flare op 50 voet	APPR1 SPD _T AP ← LOC GS RETD AT ←	AUTOLAND1 SPD _T AP ← ALIGN FLARE RETD AT ← RLOUT D-ROT
7	Sluiten gashendels op 30 voet	APPR1 RETD ← LOC GS AT ←	AUTOLAND1 RETD AP ← ALIGN FLARE AT ← RLOUT D-ROT
8	Landing	APPR1 ← LOC GS AT ←	AUTOLAND1 AP ← RLOUT D-ROT AT ←
9	Uitrollen op baan	APPR1 ← LOC GS AT ←	AUTOLAND1 AP ← RLOUT D-ROT ←

Figuur 3: FMA-indicaties bij een ILS categorie I nadering met handmatige landing (linkerkolom) en bij een ILS categorie I nadering met automatische landing (rechterkolom).

Locatie 3: Onderschepping ILS glijpad

Bij het onderscheppen van het glijpad wordt de FMA-indicatie ALT vervangen door de FMA-indicatie dat het glijpad (GS) gevolgd zal gaan worden.

Locatie 4: Op ILS glijpad onder 1500 voet

Bij het passeren van 1500 voet boven de baandremmel zal bij een ILS categorie I nadering in de meeste gevallen de APPR1 mode worden geactiveerd. Dit wordt weergegeven op de FMA doordat het woord APPR1 naar rechts verplaatst en groen wordt. Deze FMA-indicatie blijft zichtbaar na het uitschakelen van de automatische piloot tot aan de landing. Volgens de QAR-registratie is op 1500 voet inderdaad de APPR1 mode geactiveerd.

De autoland mode wordt in plaats van de APPR1 mode geactiveerd als de BARO/RA instelknop in deze vluchtfase op RA staat en de vleugelkleppen in positie 5 zijn gezet. Het activeren van de autoland vindt bij een correct geconfigureerd vliegtuig plaats tussen 1500 en 800 voet. Dit wordt op de FMA zichtbaar gemaakt doordat AUTOLAND1 naar rechts verschuift en groen wordt.

Daarnaast worden door de automatische piloot de modi ALIGN en FLARE klaargezet. Door de ALIGN modus kan de automatische piloot tijdens de landing de langsas van het vliegtuig evenwijdig laten lopen met de hartlijn van de baan. De FLARE modus verlaagt de daalsnelheid van het vliegtuig bij de landing. Als deze FMA-indicaties niet op 800 voet zichtbaar zijn, zal het toestel geen automatische landing maken.

Zodra de autoland modus is geactiveerd, wordt het vliegtuig op 800 voet door de automatische piloot naar een hogere neusstand getrimd ter voorbereiding op de landing en een eventuele afgebroken nadering. Om op het glijpad te kunnen blijven, beweegt de stuurkolom daardoor iets naar voren.

Voor een ILS categorie I *autoland* moeten na het activeren van AUTOLAND1 de bijbehorende minima worden ingesteld en de BARO/RA selectieknop worden omgezet naar BARO. Hierdoor zal het EGPWS de juiste minima afroepen.

Locatie 5: Op glijpad op 150 voet

Bij een ILS categorie I autoland zal de automatische piloot op 150 voet boven de baandremmel de langsas van het vliegtuig gaan oplijnen met de hartlijn van de baan. Dit wordt op de FMA weergegeven als het activeren van de ALIGN modus die al eerder tussen 1500 en 800 voet was klaargezet (ge-armed). Bovendien worden de modi roll out (RLOUT) en retard (RETD) klaargezet (in wit weergegeven). De roll out modus stelt de automatische piloot in staat om het vliegtuig na de landing op de baan het localizer-sigitaal te laten volgen. De retard modus maakt de autothrottle klaar om tijdens de landing de gashendels te kunnen sluiten.

Locatie 6: Uitschakelen automatische piloot/inzetten afvangmanoeuvre op 50 voet

Bij de categorie I autoland wordt op 50 voet boven de baan de landing ingezet doordat de automatische piloot de afvangmanoeuvre activeert. De neusstand van het vliegtuig zal worden vergroot waardoor de daalsnelheid wordt verlaagd. Dit is zichtbaar op de FMA door de activering (groen worden) van de FLARE modus en het klaarzetten van de

de-rotate (D-ROT) modus. Dit is de modus waardoor de neusstand van het vliegtuig zal worden verlaagd zodra het hoofdonderstel is geland op de baan.

Bij de intentie om een handmatige landing te maken moet de automatische piloot op minimaal 50 voet radiohoogte worden uitgeschakeld.

Locatie 7: Sluiten gashendels op 30 voet

Bij de automatische landing worden de gashendels automatisch gesloten op 30 voet boven de baan. Dit wordt op de FMA weergegeven door activering van de RETD modus. De automatische piloot vliegt het vliegtuig naar de baan.

Locatie 8: Landing

Bij een automatische landing wordt de daalsnelheid door de automatische piloot steeds verder gereduceerd tot het hoofdonderstel de baan raakt. Zodra dit gebeurt wordt de RLOUT modus geactiveerd. Hierdoor kan het vliegtuig in het midden van de baan worden gehouden. Bovendien wordt de D-ROT modus geactiveerd om het neuswiel te laten landen en de autothrottle uitgeschakeld. Dit laatste wordt weergegeven door een AT indicatie met groene achtergrond.

Locatie 9: Uitrollen op de baan

Bij een automatische landing wordt vijf seconden nadat het hoofdonderstel de baan heeft geraakt de automatische piloot uitgeschakeld. Dit wordt op de FMA zichtbaar door een knipperende AP indicatie met rode achtergrond. Na enkele seconden verdwijnen alle FMA-indicaties.

Opmerking: Het gebruik van het autothrottlesysteem is niet gekoppeld aan het type nadering. De autothrottle kan zowel bij een automatische als een handmatige landing zijn ingeschakeld als uitgeschakeld. Dat betekent dat de indicaties SPDt en AT dus op beide FMA's aanwezig en afwezig kunnen zijn. Dit is afhankelijk van de keuze van de *pilot flying*.



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