



**Neergestort tijdens nadering, Boeing 737-800,
nabij Amsterdam Schiphol Airport,
25 februari 2009**

Neergestort tijdens nadering, Boeing 737-800,
nabij Amsterdam Schiphol Airport, 25 februari 2009

Den Haag, mei 2010 (projectnummer M2009LV0225_01)

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar.
Alle rapporten zijn ook beschikbaar via de website van de Onderzoeksraad www.onderzoeksraad.nl

DE ONDERZOEKSRaad VOOR VEILIGHEID

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is ingesteld met als taak te onderzoeken en vast te stellen wat de oorzaken of vermoedelijke oorzaken zijn van individuele of categorieën voorvallen in alle sectoren. Het doel van een dergelijk onderzoek is uitsluitend toekomstige ongevallen of incidenten te voorkomen en indien de uitkomsten daartoe aanleiding geven, daaraan aanbevelingen te verbinden. De organisatie bestaat uit een raad met vijf vaste leden en een professioneel bureau. Voor specifieke onderzoeken worden begeleidingscommissies in het leven geroepen.

	Onderzoeksraad	Begeleidingscommissie
Voorzitter:	prof. mr. Pieter van Vollenhoven	Voorzitter: mr. J.A. Hulsenbek
Vice-voorzitter:	mr. J.A. Hulsenbek mr. Annie Brouwer-Korf prof. dr. ing. F.J.H. Mertens dr. ir. J.P. Visser	prof. dr. ing. F.J.H. Mertens E.J. Burmeister J. Marijnen prof. dr. ir. J.A. Mulder mr. H. Munniks de Jongh Luchsinger ir. J.G.W. van Ruitenbeek
Algemeen secretaris:	mr. M. Visser	
Projectleider:	mr. J.W. Selles	
Bezoekadres:	Anna van Saksenlaan 50 2593 HT Den Haag	Postadres: Postbus 95404 2509 CK Den Haag
Telefoon:	+31 (0)70 333 7000	Telefax: +31 (0)70333 7077
Internet:	www.onderzoeksraad.nl	

Dit rapport is in de Nederlandse en Engelse taal gepubliceerd. Bij verschil in interpretatie dient de Nederlandse tekst als bindend te worden beschouwd.

INHOUD

Beschouwing	5
Lijst van afkortingen	14
1 Inleiding.....	17
1.1 Aanleiding	17
1.2 Het onderzoek.....	17
1.3 Leeswijzer	19
2 Feitelijke informatie	21
2.1 Inleiding	21
2.2 Relevante systemen Boeing 737-800	21
2.3 Andere van belang zijnde begrippen	25
2.4 Het verloop van de vlucht	26
2.5 Persoonlijk letsel	30
2.6 Schade aan het luchtvaartuig	30
2.7 Overige schade	30
2.8 Gegevens van de bemanning.....	31
2.9 Gegevens van het vliegtuig	31
2.10 Meteorologische gegevens	31
2.11 Navigatiehulpmiddelen	31
2.12 Communicatie	32
2.13 Gegevens luchthaven	32
2.14 Vluchtregistratie-apparatuur.....	32
2.15 Gegevens inzake het wrak en de inslag.....	32
2.16 Medische en pathologische informatie.....	33
2.17 Brand	33
2.18 Overlevingsaspecten	33
2.19 Tests en nadere onderzoeken	34
2.20 Organisatie- en managementinformatie	34
2.21 Aanvullende informatie.....	34
3 Beoordelingskader	37
3.1 Algemeen	37
3.2 Wet- en regelgeving	37
3.3 Richtlijnen	39
3.4 Beoordelingskader voor veiligheidsmanagement	40
4 Betrokken partijen en hun verantwoordelijkheden.....	43
4.1 Bemanning vlucht TK1951	43
4.2 Turkish Airlines.....	43
4.3 Turkish Technic Inc.	44
4.4 Ministerie van transport (Turkije)	44
4.5 Boeing	44
4.6 Federal Aviation Administration (Verenigde Staten)	44
4.7 European Aviation Safety Agency	45
4.8 Ministerie van Verkeer en Waterstaat.....	45
4.9 Luchtverkeersleiding Nederland	45
5 Analyse	47
5.1 Inleiding.....	47
5.2 Techniek.....	47
5.3 Luchtverkeersleiding	55
5.4 Beschikbare informatie met betrekking tot het automatische vluchtsysteem	60
5.5 Onderscheppen van het localizer- en glide slope signaal.....	64
5.6 Uitvoering landingchecklist.....	67

5.7	Snelheidsafname tijdens de ILS-nadering.....	67
5.8	Gestabiliseerde nadering versus nadering afbreken	69
5.9	Lijnvlucht onder supervisie.....	70
5.10	Afroepen van flight mode annunciators.....	72
5.11	Herstelprocedure	73
5.12	Crew resource management.....	75
5.13	Training	77
5.14	Veiligheidsborging Turkish Airlines.....	78
5.15	Certificering en toezicht.....	79
5.16	Overlevingsaspecten	83
5.17	Maatregelen genomen na het ongeval	83
6	Conclusies	87
7	Aanbevelingen.....	91
	Begrippenlijst.....	93

Bijlagen

Bijlage A:	Onderzoeksverantwoording	99
Bijlage B:	Commentaar betrokken partijen.....	102
Bijlage C:	Typekwalificatie- en herhalingstraining.....	178
Bijlage D:	ATIS-berichten	180
Bijlage E:	Verkennde studie overlevingsaspecten.....	181
Bijlage F:	Gegevens van de cockpitbemanning	184
Bijlage G:	Gegevens van het luchtvaartuig	187
Bijlage H:	Transcript luchtverkeersleiding.....	188
Bijlage I:	Laatste 40 seconden flight data recorder gegevens.....	190
Bijlage J:	Relevante cockpit voice recorder gegevens	192
Bijlage K:	Schade aan het vliegtuig.....	196
Bijlage L:	Diverse onderzoeken	199
Bijlage M:	Simulatortests	203
Bijlage N:	Soortgelijke voorvallen	207
Bijlage O:	Beoordelingskader	209
Bijlage P:	Betrouwbaarheids-monitoringprogramma.....	217
Bijlage Q:	Onderzoek automatische vluchtsysteem.....	218
Bijlage R:	Naderingsprocedures luchtverkeersleiding	223
Bijlage S:	Onderscheppen van het glide slope signaal.....	226
Bijlage T:	Flight mode annunciators tijdens nadering	227
Bijlage U:	Herstelprocedure voor overtreksituatie	228
Bijlage V:	Certificering	229

BESCHOUWING

Op 25 februari 2009 maakte een Boeing 737-800 van Turkish Airlines een vlucht (TK1951) van de luchthaven Istanbul Atatürk in Turkije naar de luchthaven Schiphol. Omdat het een 'lijnvlucht onder supervisie' betrof, bestond de cockpitbemanning uit drie personen: de gezagvoerder, die tevens de rol van instructeur vervulde, de eerste officier, die ervaring moest opdoen op de vliegroute en daarom onder supervisie stond, en een veiligheidspiloot die een waarnemersrol vervulde. Daarnaast waren aan boord vier cabinebemanningsleden en 128 passagiers. Tijdens de nadering voor baan 18 rechts (18R) stortte het vliegtuig neer in een akker op een afstand van circa 1,5 kilometer van het begin van de baan. Hierbij kwamen vier bemanningsleden en vijf passagiers om het leven en raakten drie bemanningsleden en 117 passagiers gewond.

Kort na het ongeval bleek uit de eerste resultaten van het onderzoek dat het linker radiohoogtemetersysteem een foutieve hoogte van -8 voet had doorgegeven aan onder andere het automatische gashendelbedieningssysteem (de autothrottle). Naar aanleiding hiervan heeft de Raad op 4 maart 2009 een waarschuwing doen uitgaan naar Boeing. Daarmee werd extra aandacht gevraagd voor een onderdeel van de zogenoemde 'Dispatch Deviation Guide' van de Boeing 737-800, een voorafgaand aan de vlucht raadpleegbaar handboek met aanvullende procedures en waarschuwingen voor onderhoudstechnici en piloten. Hierin is in 2004 opgenomen dat als een radiohoogtemetersysteem niet werkt, de daaraan gekoppelde automatische piloot en de autothrottle niet mogen worden gebruikt voor de nadering en de landing. De Raad heeft Boeing in overweging gegeven te onderzoeken of deze procedure ook tijdens de vlucht van toepassing moet zijn. Ten aanzien van het gestelde in de Dispatch Deviation Guide heeft Boeing geantwoord dat een dergelijke bepaling zich niet leende om in een storingschecklist in het Quick Reference Handbook - het handboek waarin de checklists voor normale en afwijkende procedures tijdens de vlucht staan - te worden opgenomen. Enerzijds omdat een storingschecklist gebaseerd moet zijn op een duidelijk herkenbare fout die wordt aangegeven door middel van een waarschuwing of foutindicatie. Dat is bij deze fout van het radiohoogtemetersysteem niet het geval. Anderzijds omdat het een complexe fout betreft die zich op allerlei manieren manifesteert zodat het niet praktisch is een storingschecklist te ontwikkelen. Ook zou het opnemen van de procedure in het Quick Reference Handbook onnodig systeemfunctionaliteit wegnemen. Met dat laatste wordt bedoeld dat als een vliegtuig uitgerust is met twee systemen, het ene systeem het reservesysteem voor het andere systeem is. Als één van die twee systemen voor de vlucht niet werkt, is er geen reservesysteem en mag er niet worden vertrokken of mogen de systemen niet worden gebruikt. Als echter *tijdens* de vlucht één van de twee systemen uitvalt, neemt het tweede systeem - het reservesysteem - het over. Het niet meer mogen gebruiken van het systeem is dan een te grote beperking. Boeing heeft wel op 4 maart 2009, na afstemming met de Onderzoeksraad voor Veiligheid, nog een bericht naar alle maatschappijen die met de Boeing 737 vliegen, betreffende de tot dan toe bekende feiten van de ongevalsvlucht verstuurd.

Het Quick Reference Handbook is wellicht niet het juiste medium om een dergelijke procedure in op te nemen. Toch is de Raad van mening dat deze informatie ten tijde van het opnemen van de waarschuwing in de Dispatch Deviation Guide in 2004, had moeten worden gecommuniceerd met de gebruikers, in het bijzonder met de piloten. Een reactie van Boeing had bijvoorbeeld een waarschuwing kunnen zijn door middel van een 'operations manual bulletin'. Dat is gebruikelijk in gevallen waarin vliegtuigsystemen anders functioneren dan verwacht mag worden. Deze informatie had dan in het Flight Crew Operations Manual kunnen worden opgenomen. Tijdens het onderzoek heeft Boeing niet duidelijk kunnen maken waarom in 2004 niet is overgegaan tot een dergelijke waarschuwing.

Op 28 april 2009 heeft de Onderzoeksraad een voorlopig rapport gepubliceerd met de eerste onderzoeksresultaten. Het vervolg van het onderzoek richtte zich in het bijzonder op het handelen van de bemanning en de luchtverkeersleiding, de werking van de autothrottle en het radiohoogtemetersysteem.

Het voorliggende rapport is het resultaat van het volledige door de Raad uitgevoerde onderzoek naar het ongeval. Dit rapport is als concept naar alle betrokken partijen gestuurd voor commentaar. Alle partijen hebben van deze gelegenheid gebruik gemaakt.

Waardoor is het vliegtuig neergestort?

De Boeing 737-800 kan zowel handmatig als automatisch worden bestuurd. Dit geldt ook voor de bediening van de motoren. De autothrottle regelt de vliegsnelheid van het vliegtuig door middel van het regelen van de stuwkracht van de motoren. Het vliegtuig is uitgerust met twee radiohoogtemetersystemen: één links en één rechts. De autothrottle maakt in beginsel gebruik van de hoogtemetingen van het linker radiohoogtemetersysteem. Alleen bij een storing in het systeem die ook als zodanig wordt herkend door het systeem, maakt de autothrottle gebruik van het rechter radiohoogtemetersysteem.

Het verongelukte vliegtuig werd gevlogen door de eerste officier, die rechts zat. Op zijn primary flight display werden de door het rechter radiohoogtemetersysteem gemeten waarden weergegeven. De rechter automatische piloot was in gebruik en stond, nadat door de verkeersleiding een koers en een te vliegen hoogte was opgegeven, in de modus 'altitude hold' om deze vlieghoogte te handhaven. Tijdens de nadering gaf het linker radiohoogtemetersysteem een foutieve hoogte van -8 voet aan. Dit was te zien op de linker primary flight display van de gezagvoerder. De rechter primary flight display van de eerste officier gaf echter wel de correcte radiohoogtewaarde aan, afkomstig van het rechtersysteem. Het linker radiohoogtemetersysteem merkte de foutieve hoogtewaarde echter aan als een correcte waarde en registreerde geen storing. Er vond daarom ook geen overschakeling plaats naar het rechter radiohoogtemetersysteem. Daardoor werd de foutieve hoogtewaarde door diverse vliegtuigsystemen gebruikt, waaronder de autothrottle. De bemanning wist dat niet en kon dat ook niet weten. De handboeken voor gebruik tijdens de vlucht bevatten geen procedures voor storingen van het radiohoogtemetersysteem. Ook de vliegtraining die de piloten hadden gevolgd, voorzag niet in gedetailleerde systeeminformatie om het probleem te kunnen doorgronden.

Toen het vliegtuig het zogenaamde glijpad (de ideale lijn) naar de landingsbaan ging volgen, ging als gevolg van de foutieve radiohoogtewaarde de autothrottle over in de 'retard flare' modus. Deze modus wordt normaal gesproken pas in de laatste fase van de landing - beneden 27 voet - geactiveerd. Dit was mogelijk omdat ook aan de andere randvoorwaarden was voldaan, waaronder flaps (minimaal) in stand 15. De stuwkracht van beide motoren werd daardoor tot een minimale waarde (approach idle) teruggebracht. Deze modus werd op de primary flight displays weergegeven als 'RETARD'. De ingeschakelde rechter automatische piloot ontving echter de correcte hoogte van het rechter radiohoogtemetersysteem. De automatische piloot probeerde dan ook het vliegtuig zo lang mogelijk het glijpad te laten volgen. Daardoor ging de neus van het vliegtuig steeds verder omhoog, zodat de vleugels een steeds grotere invalshoek kregen. Dat was nodig om bij een afnemende snelheid dezelfde draagkracht te handhaven.

De piloten hadden in eerste instantie alleen aan de aanduiding RETARD kunnen zien dat de autothrottle niet meer de ingestelde snelheid van 144 knopen zou handhaven. Toen de snelheid op een hoogte van 750 voet onder deze waarde kwam, hadden ze dit op de snelheidsmeter van de primary flight displays kunnen zien. Toen de vliegsnelheid vervolgens 126 knopen bereikte, veranderde ook de rand om de snelheidsaanduiding van kleur en begon deze te knippen. Tevens was op de kunstmatige horizon te zien dat de neusstand van het toestel veel te hoog werd. Op deze aanwijzingen en waarschuwingen is door de cockpitbemanning niet gereageerd. De snelheidsafname en de te hoge neusstand van het vliegtuig werden niet onderkend tot het moment van het, op een hoogte van 460 voet, afgaan van de overtrekwaarschuwing (stick shaker). Deze waarschuwing wordt geactiveerd kort voordat het vliegtuig in een overtreksituatie komt. Bij het overtrekken van een vliegtuig leveren de vleugels niet meer voldoende draagkracht en kan het vliegtuig niet meer vliegen.

Wanneer bij het afgaan van een stick shaker onmiddellijk de voorgeschreven herstelprocedure correct wordt uitgevoerd, dat wil zeggen vol motorvermogen selecteren en de neus van het vliegtuig omlaag brengen, vliegt het toestel gewoon door. De eerste officier reageerde onmiddellijk op de stick shaker door de stuurkolom naar voren te duwen en de gashendels naar voren te schuiven. De gezagvoerder reageerde echter ook op het afgaan van de stick shaker door de besturing over te nemen. Aangenomen moet worden dat dit ertoe heeft geleid dat het selecteren van stuwkracht door de eerste officier werd onderbroken.

Dit had tot gevolg dat de autothrottle, die nog niet was uitgeschakeld, de gashendels direct weer naar achter trok, terug naar de stand waarbij de motoren geen noemenswaardige stuwkracht leveren. Na het overnemen van de besturing door de gezagvoerder werd de autothrottle alsnog uitgeschakeld, maar daarbij werd op dat moment geen stuwkracht geselecteerd. Negen seconden na het afgaan van de eerste overtrekwaarschuwing werden de gashendels alsnog helemaal naar voren geschoven, maar op dat moment was het vliegtuig al overtrokken en was de nog resterende hoogte van ongeveer 350 voet onvoldoende voor herstel.

De Raad concludeert dat door het niet goed functioneren van het linker radiohoogtemetersysteem de stuwkracht van beide motoren te vroeg door de autothrottle tot een minimale waarde werd teruggebracht, wat uiteindelijk een te grote snelheidsafname veroorzaakte. Door het niet in de gaten houden van de vliegsnelheid en de neusstand van het vliegtuig en door het niet correct uitvoeren van de herstelprocedure voor een overtreksituatie, raakte de vliegsnelheid onder de overtreksnelheid. Dat resulteerde in een situatie waarbij de vleugels onvoldoende draagkracht leverden en het vliegtuig neerstortte.

Niet-gestabiliseerde nadering

Tot het moment van de stick shaker was de bemanning nog druk bezig handelingen te verrichten ter voorbereiding op de landing, waaronder het afwerken van de landingchecklist. De standaard operationele procedures van Turkish Airlines schrijven echter voor dat als er niet voldoende zicht is, zoals hier het geval was, al deze handelingen uiterlijk moeten zijn afgerond als het vliegtuig zich op 1000 voet hoogte bevindt. Als de voorbereidingen dan niet zijn afgerond - de nadering is dan niet gestabiliseerd - moeten de piloten een doorstart maken. Dat geldt overigens niet alleen voor Turkish Airlines, maar is algemeen van toepassing. Het passeren van de 1000 voet hoogte is wel door de bemanning afgeroepen, maar leidde niet tot een doorstart. Ook het passeren van 500 voet hoogte - de doorstarthoogte bij niet gestabiliseerd zijn als het zicht wel goed is - werd afgeroepen. Dit leidde ook niet tot een doorstart, hoewel de nadering nog niet gestabiliseerd was omdat de landingchecklist nog niet volledig was afgehandeld.

De gezagvoerder is eindverantwoordelijk voor een veilige vluchttuitvoering en het naleven van de (wettelijke) voorschriften en procedures van de luchtvaartmaatschappij, zolang deze niet in tegenspraak zijn met de veilige vluchttuitvoering. Het is aannemelijk dat de gezagvoerder het doorzetten van de nadering onder de 1000 voet en even later bij het passeren van 500 voet hoogte, niet zag als een inbreuk op de veilige vluchttuitvoering.

Het gestabiliseerd zijn is niet alleen belangrijk om zeker te stellen dat het vliegtuig de juiste configuratie en selectie van het motorvermogen heeft voor de landing, maar geeft de piloten ook de gelegenheid alle aspecten van de eindnadering te kunnen bewaken. De Raad is dan ook van mening dat een gestabiliseerde nadering van groot belang is voor een veilige vluchttuitvoering en dat piloten zich zouden moeten houden aan de betreffende standaard operationele procedures.

Samenloop van omstandigheden

Dat het ongeval kon plaatsvinden is het gevolg van een samenloop van omstandigheden. Alleen in hun onderlinge samenhang hebben deze omstandigheden tot het ongeval kunnen leiden. Hieronder wordt het complex van factoren benoemd dat een rol heeft gespeeld bij dit ongeval.

Oplijnen voor de landingsbaan

Bij de ongevalsvlucht werd tijdens de nadering gebruik gemaakt van het instrumentlandingssysteem van de landingsbaan. Dit systeem geeft de richting (het localizersignaal) en de dalhoek naar de landingsbaan aan. Het localizersignaal wordt als eerste onderschept. Vervolgens wordt, tijdens een normale onderschepping van de signalen van het instrumentlandingssysteem, het glijpad van onderaf aangevlogen en onderschept. De bediening van de vliegtuignavigatieapparatuur is hiervoor ontworpen en geoptimaliseerd.

De bemanning had echter van de verkeersleiding opdracht gekregen een hoogte van 2000 voet en een koers van 210 graden aan te houden. Deze koers resulteerde uiteindelijk in het onderscheppen van het localizersignaal op 5,5 NM (nautical mile) van de baandrempel. Volgens de verkeersleidingsprocedures had dat, gelet op die hoogte van 2000 voet, op minimaal 6,2 NM moeten gebeuren om het glijpad van onderaf te kunnen onderscheppen. De wijze van oplijnen zonder opdracht

tot het dalen naar een lagere hoogte, leidde er toe dat het glijpad van bovenaf moest worden onderschept. Toen, als gevolg van de 'retard flare' modus van de autothrottle, de gashendeld naar 'flight idle' (stationair) gingen, reageerde het vliegtuig zoals in deze situatie werd verwacht. Het vliegtuig moest snelheid verliezen en dalen om het glijpad te onderscheppen. Daarmee werd het in de 'retard flare' modus komen van de autothrottle gemaskeerd.

Opgemerkt wordt dat het op deze wijze uitvoeren van de nadering op zichzelf niet onveilig is. De voorschriften van Luchtverkeersleiding Nederland staan dan ook het oplijnen van vliegtuigen tussen de 8 en 5 NM van de baandrempel onder bepaalde voorwaarden toe. Dat wil zeggen dat het aan de piloten moet worden 'aangeboden' - zodat ze zich bewust zijn van deze kortere indraai - en het vliegtuig moet opdracht krijgen te dalen naar een hoogte beneden 2000 voet om zeker te stellen dat het glijpad van onderaf wordt onderschept.

De richtlijnen van de internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) geven aan dat een vliegtuig in staat moet worden gesteld horizontaal te vliegen op de eindnaderingskoers voordat het glijpad wordt onderschept. In de voorschriften is niet opgenomen dat een vliegtuig de gelegenheid moet krijgen horizontaal te vliegen op de eindnaderingskoers voordat het glijpad wordt onderschept. Wel wordt in de Voorschriften Dienst Verkeersleiding aangegeven dat het glijpad van onderaf moet worden onderschept. Dit garandeert niet in alle gevallen dat het vliegtuig de door de internationale burgerluchtvaartorganisatie aangegeven horizontale vlucht kan uitvoeren op het moment dat het glijpad wordt onderschept. De Raad acht het van belang dat de voorschriften van Luchtverkeersleiding Nederland met de internationale richtlijnen in overeenstemming worden gebracht.

Het oplijnen van vliegtuigen tussen 8 en 5 NM voor de baandrempel is zoals eerder aangegeven toegestaan, mits het aan de bemanning aangeboden wordt en het vliegtuig opdracht krijgt te dalen naar een hoogte lager dan 2000 voet. Door Luchtverkeersleiding Nederland is aangegeven dat deze manier van indraaien op de luchthaven Schiphol zeer vaak voorkomt. Voor baan 18 rechts vindt het in meer dan 50% van de gevallen plaats. Veelal wordt, net zoals in dit geval bij vlucht TK1951, daarbij geen melding gemaakt van een 'aanbod' - zodat de bemanning uit de koersaanwijzing moet opmaken dat het onderscheppen van het glijpad tussen 5 en 8 NM zal plaatsvinden - en wordt er geen lagere hoogte opgedragen. Het afwijken van de voorschriften is structureel en het feit dat het vaak voorkomt verandert aan die voorschriften niets en houdt niet in dat die niet meer van toepassing zouden zijn. De Raad acht het zorgelijk dat Luchtverkeersleiding Nederland niet de hand houdt aan haar eigen voorschriften.

Toezicht door de Inspectie Verkeer en Waterstaat

De Inspectie is verantwoordelijk voor het toezicht op Luchtverkeersleiding Nederland en voert periodiek audits uit. De Voorschriften Dienst Verkeersleiding zijn echter niet getoetst door de Inspectie Verkeer en Waterstaat. Daarnaast gaven de door de Inspectie Verkeer en Waterstaat uitgevoerde audits geen inzicht of individuele verkeersleiders volgens de Voorschriften Dienst Verkeersleiding handelden. Het bevreemdt de Raad dat de Inspectie Verkeer en Waterstaat een document van Luchtverkeersleiding Nederland, niet toetst aan het gestelde in de relevante voorschriften van de international burgerluchtvaartorganisatie. Daarenboven zou de toezichthouder ook moeten toetsen of verkeersleiders werken conform de interne voorschriften.

De radiohoogtemeter

Tijdens de nadering gaf het linker radiohoogtemetersysteem plotseling -8 voet aan, terwijl het vliegtuig zich op een grotere hoogte bevond. Het onderzoek van de Raad heeft geen oorzaak gevonden voor deze verandering van de radiohoogte naar -8 voet.

Het probleem staat echter niet op zichzelf. Het falen van radiohoogtemetersystemen in Boeing 737-800 vliegtuigen kent een lange geschiedenis. Het speelde niet alleen bij Turkish Airlines maar ook bij andere luchtvaartmaatschappijen. Vanaf 2001 werd de problematiek door Turkish Airlines onder de aandacht gebracht van Boeing. Dit geschiedde in de loop der jaren op diverse momenten en op verschillende manieren. Onder meer door het aanklaarten van de problemen in een forum (het 'fleet team resolution process') onder voorzitterschap van Boeing, door het opsturen van flight data recorder informatie voor analyse en door het terugsturen en testen van enkele antennes. Ook heeft Turkish Airlines allerlei technische oplossingen gezocht om corrosie te voorkomen, een volgens

Turkish Airlines mogelijke oorzaak van het niet goed functioneren van het radiohoogtemetersysteem.

Gegeven het feit dat de problemen niet alleen bij Turkish Airlines speelden, maar ook bij andere luchtvaartmaatschappijen, lag de hoofdverantwoordelijkheid met betrekking tot het oplossen van het probleem met het radiohoogtemetersysteem niet bij Turkish Airlines, maar bij Boeing als ontwerper en fabrikant van het vliegtuig.

Boeing ontvangt op jaarbasis ongeveer 400.000 meldingen betreffende technische problemen met haar vliegtuigen. Daarvan hebben ongeveer 13.000 meldingen betrekking op de Boeing 737 NG. Van die 13.000 meldingen per jaar had, in de periode 2002 tot en met 2008, een zeer beperkt aantal betrekking op problemen met het radiohoogtemetersysteem met een effect op het automatische vluchtsysteem van de Boeing 737 NG. Slechts enkele van deze meldingen hadden betrekking op het intreden van het effect van activering van de 'retard flare' modus van de autothrottle.

Het betreft op zichzelf beschouwd geringe aantallen. Niettemin is de Raad van oordeel dat Boeing redelijkerwijs had kunnen onderkennen dat het probleem, en vooral het effect op de autothrottle, van invloed kon zijn op de veiligheid. De Raad is van mening dat niet alleen een analyse van de problemen met het radiohoogtemetersysteem en de gevolgen ervan voor de systemen die gebruik maken van de gegevens van radiohoogtemetersysteem op zijn plaats was, maar dat het tevens niet overbodig zou zijn geweest om luchtvaartmaatschappijen, en daarmee de piloten, te informeren over het probleem en de mogelijke gevolgen.

De Raad komt tot dit oordeel om twee redenen. In de eerste plaats had een vraag van een luchtvaartmaatschappij, over een passage in het Flight Crew Operations Manual, al in 2004 geleid tot opname van de eerdergenoemde waarschuwing in de Dispatch Deviation Guide. Deze waarschuwing hield in dat wanneer *voorafgaand* aan de vlucht de radiohoogtemetersystemen niet werken, de daaraan gekoppelde automatische piloot en de autothrottle niet mogen worden gebruikt voor de nadering en landing. Daaruit blijkt dat Boeing zich bewust was van de mogelijke gevolgen van het niet goed functioneren van het radiohoogtemetersysteem. Zoals eerder gesteld heeft dat echter niet geleid tot procedures voor situaties waarin pas *tijdens* de vlucht problemen met het radiohoogtemetersysteem optreden.

In de tweede plaats zijn in 2004 twee voorvallen besproken in de zogeheten Safety Review Board van Boeing, waarbij op respectievelijk 2100 en 1200 voet de 'retard flare' modus was geactiveerd als gevolg van negatieve aanwijzingen van het radiohoogtemetersysteem. Ook daaruit blijkt dat Boeing zich bewust is geweest van de mogelijkheid van het intreden van de specifieke gevolgen waarvan in dit geval sprake is geweest. Boeing concludeerde, na statistische analyse en het uitvoeren van vluchtsimulatortesten, dat het geen veiligheidsprobleem betrof onder andere omdat de piloten voldoende waarschuwingen en aanwijzingen krijgen om tijdig in te grijpen, om de situatie te herstellen en om veilig te landen. Een extra waarschuwing om zeker te zijn dat piloten tijdig ingrijpen had dan niet misstaan.

Meldingen

Wel speelt daarbij nog het volgende. Uit analyse van de vluchtdata is gebleken dat slechts een deel van de problemen met het radiohoogtemetersysteem door piloten van Turkish Airlines werd gemeld. Kort voorafgaande aan de ongevalsvlucht hadden zich nog twee vergelijkbare incidenten voorgedaan met het ongevalsvliegtuig. De betrokken piloten zeiden dat de onregelmatigheden niet reproduceerbaar bleken op de grond en/of zich tijdens hun terugvluchten niet opnieuw voordeden. De bemanningen hebben daarom het incident niet gerapporteerd. Ook bij andere luchtvaartmaatschappijen bleek uit analyse van vluchtdata dat het aantal keren dat foutieve radiohoogtewaarden optraden in één van de radiohoogtemetersystemen een veelvoud was van wat door piloten werd gemeld.

Door het niet melden van voorvallen gaat informatie verloren, waardoor uiteindelijk, naast de luchtvaartmaatschappij, ook de vliegtuigfabrikant niet volledig bewust wordt gemaakt van het aantal significante voorvallen. Omdat een risico-analyse deels is gebaseerd op het melden van voorvallen, beïnvloedt het 'niet melden' onbedoeld ook de mate waarin Boeing in staat wordt gesteld de omvang van een potentieel probleem te bepalen.

De Raad is van mening dat klachten en gebreken altijd tijdig en volledig moeten worden gemeld. Meldingen zijn essentieel voor het bepalen van de urgentie met betrekking tot het realiseren van oplossingen en daarmee voor het goed functioneren van het veiligheidssysteem binnen de luchtvaart.

Lijnvlucht onder supervisie

De eerste officier had in juni 2008 de overstap van de Turkse luchtmacht naar Turkish Airlines gemaakt. Hij had een vliegervaring van circa 4000 uren opgedaan in de luchtmacht. De vlucht maakte voor de eerste officier deel uit van de training 'lijnvlucht onder supervisie'. De vlucht was voor de eerste officier de zeventiende lijnvlucht onder supervisie en de eerste vlucht naar de luchthaven Schiphol.

Met een lijnvlucht onder supervisie wordt een piloot bekend gemaakt in de operationele aspecten van het vliegen met passagiers op bepaalde routes en naar bepaalde luchthavens. Deze training vangt aan nadat de piloot in kwestie de opleiding tot het besturen van een Boeing 737 met goed gevolg heeft afgerond en daarmee volledig bevoegd is voor het besturen van dit type vliegtuig. De gezagvoerder vervult tijdens dergelijke vluchten tevens de rol van instructeur. Gedurende de eerste twintig vluchten van de fase 'lijnvlucht onder supervisie' is er bij Turkish Airlines een extra piloot aan boord in de rol van waarnemer, de veiligheidspiloot.

De aard van een lijnvlucht onder supervisie brengt met zich mee dat de gezagvoerder naast zijn verantwoordelijkheid voor een veilige vluchttuitvoering, aanvullende instructietaken heeft. Hiermee worden ook de instructiedoelen van de gezagvoerder relevant. In het kader van het duidelijk maken van een instructietechnisch punt kan de gezagvoerder besluiten af te wijken van de standaard communicatie- en coördinatieprocedures voor cockpitbemanningen, zodat de eerste officier zelf ervaart wat er, al dan niet, gebeurt.

De veiligheidspiloot heeft daarom onder meer als taak de bemanning te waarschuwen als er iets belangrijks over het hoofd wordt gezien. Dit kan gebeuren doordat de gezagvoerder extra opleidingstaken uit te voeren heeft en daardoor een grotere werkbelasting ondervindt. Tijdens de nadering waarschuwde de veiligheidspiloot de gezagvoerder wel over de storing aan het radiohoogtemetersysteem, maar niet toen de snelheid onder de geselecteerde waarde zakte niet. Mogelijk is toen ook de veiligheidspiloot afgeleid geweest. Kort nadat flapstand 40 was geselecteerd, ontving hij nog een bericht dat de cabine klaar was voor de landing. Dit gaf hij door aan de gezagvoerder. In de allerlaatste fase, kort voor de overtrekwaarschuwing werd geactiveerd, was de veiligheidspiloot bezig met de opdracht van de gezagvoerder om de cabinebemanning te waarschuwen voor de aanstaande landing. Toen de stick shaker werd geactiveerd en tijdens het uitvoeren van de herstelprocedure, waarschuwde hij de gezagvoerder wel voor de te lage snelheid.

Geconcludeerd wordt dat het systeem van een veiligheidspiloot aan boord van vlucht TK1951 niet voldoende heeft gefunctioneerd.

Overtrektraining

De voor Turkish Airlines van toepassing zijnde Europese voorschriften voor de training van piloten, de zogeheten Joint Aviation Requirements-Operations 1 en Joint Aviation Requirements-Flight Crew Licensing, schrijven overtrektraining alleen voor in het kader van de zogeheten typekwalificatietraining. Dat wil zeggen de training die vereist is voor de kwalificatie om te mogen vliegen met een bepaald vliegtuigtype. Dit kan de snelle reactie van de eerste officier op de stick shaker verklaren. Hij had kort daarvoor zijn typekwalificatietraining gehad.

In herhalingstrainingen, de zogeheten recurrent training, is geen training op herstel na een overtrekwaarschuwing voorgeschreven. De gedachte hierachter is kennelijk dat een overtreksituatie niet snel zal intreden en piloten weten hoe ze hierop moeten reageren. Daarbij zijn alle standaard communicatie- en coördinatieprocedures ten aanzien van het bewaken van het vliegp pad en de snelheid er op gericht om een dergelijke situatie nu juist te voorkómen.

Naar het oordeel van de Raad zijn de trainingsvoorschriften echter ontoereikend: in sommige gevallen, zoals in het geval van de gezagvoerder, is het omgaan met de overtreksituatie gedurende vele jaren in het geheel niet geoefend. Het gegeven dat de overtrekwaarschuwing het laatste

veiligheidsmiddel is, betekent dat als de overtreksituatie dan toch intreedt, er ook direct sprake is van een acute noodsituatie. Een adequate reactie van de bemanning is dan cruciaal. De Raad is daarom van oordeel dat de herhalingstrainingen van de luchtvaartmaatschappijen zouden moeten worden aangevuld met overtrektraining.

Standaard operationele procedures

De Raad maakt nog enkele opmerkingen over standaard operationele procedures. In de voor piloten beschikbare handboeken ontbreekt informatie over de gevolgen van een niet functionerend linker radiohoogtemetersysteem voor de overige automatische systemen. Daardoor heeft in dit geval de cockpitbemanning van vlucht TK1951 de consequenties ervan en het risico voor de nadering, niet goed kunnen beoordelen. Door het kort oplijnen en het van bovenaf aanvliegen van het glijpad, moesten er extra handelingen worden verricht en bleef er minder tijd over om de nadering tijdig gestabiliseerd te krijgen. De landingchecklist werd vervolgens op een later tijdstip uitgevoerd dan gebruikelijk. Daarnaast was deze vlucht tevens een trainingsvlucht, waardoor de gezagvoerder naast zijn eigen taken, aandacht moest geven aan de instructietaken.

Bovenstaande afzonderlijke factoren en zelfs de combinatie van enkele daarvan zullen wereldwijd dagelijks tijdens vluchten voorkomen. Uniek aan dit ongeval is de combinatie van alle factoren in één vlucht. De cumulatie van deze factoren bereikte zijn hoogtepunt in de laatste fase tijdens de eindnadering van de vlucht, gedurende een periode van circa 24 seconden voor het afgaan van de overtrekwaarschuwing, toen de snelheid en de stand van het vliegtuig niet in de gaten werden gehouden toen dat noodzakelijk was.

De standaard operationele procedures in de luchtvaart zijn de veiligheidsbarrières die ervoor zorg dragen dat in gevallen, zoals hierboven beschreven, de vliegveiligheid niet in het geding komt. Als voorbeeld kan de standaard operationele procedure van Turkish Airlines worden genoemd waarin wordt aangegeven dat als de nadering van het vliegtuig op 1000 voet niet gestabiliseerd is er geen poging tot landing mag worden ondernomen. Het gestabiliseerd zijn, is niet alleen belangrijk om zeker te stellen dat het vliegtuig de juiste configuratie en vermogensselectie voor de landing heeft, maar geeft de piloten ook de gelegenheid alle aspecten van de eindnadering volledig te kunnen bewaken. De keten van gebeurtenissen tijdens vlucht TK1951 toont aan dat het belang van deze standaard operationele procedure voor een veilige vluchttuitvoering niet mag worden onderschat.

Veiligheidsborging Turkish Airlines

Conform de eis in de Joint Aviation Requirements-Operations 1 heeft Turkish Airlines een programma ingesteld ten behoeve van de preventie van ongevallen en de bevordering van de vliegveiligheid. Dit programma omvat onder meer een systeem voor de melding van voorvallen door bemanningsleden, om het verzamelen en beoordelen van rapporten mogelijk te maken en ongunstige trends te onderkennen of tekortkomingen die de vliegveiligheid nadelig beïnvloeden aan te pakken. Het monitoren van vluchtgegevens is een belangrijk deel van het veiligheidsprogramma van Turkish Airlines. Als onderdeel van het kwaliteitsborgingsprogramma heeft Turkish Airlines ook een intern auditschema opgesteld. Opvallend is wel dat ondanks dit programma, de afdeling Flight Safety van Turkish Airlines in 2008 weliswaar 550 vliegveiligheidsrapporten ontving van cockpitbemanningen, maar dat geen rapporten zijn ontvangen betreffende de problemen met het radiohoogtemetersysteem, onbedoelde waarschuwingen betreffende het landingsgestel en de autothrottle 'RETARD' modus tijdens de nadering.

Een systeem voor risico-identificatie en -management werd niet aangetroffen in het veiligheidsprogramma van Turkish Airlines. Risicogebieden (zoals gevonden in diverse managementrapportages) werden bepaald aan de hand van meningen of de frequentie van het aantal voorvallen. Een dergelijk systeem is echter essentieel. Een goed veiligheidsprogramma moet immers minimaal bestaan uit het identificeren en evalueren van risico's, het nemen van maatregelen om de risico's uit te sluiten of te beperken en het nagaan of die maatregelen zijn uitgevoerd.

AANBEVELINGEN

Techniek

Uit het onderzoek blijkt dat de reactie op een foutieve radiohoogtemeterwaarde verstrekken- de gevolgen kan hebben voor aanverwante systemen. De Raad komt daarom tot de volgende aanbevelingen:

Boeing

- 1 Boeing dient de betrouwbaarheid van het radiohoogtemetersysteem te verhogen.

Luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten (FAA) en Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA)

- 2 FAA en EASA dienen er op toe te zien dat de onwenselijke reactie van de autothrottle en de vluchtbesturingscomputer op foutieve radiohoogtemeterwaarden, wordt geëvalueerd en dat de autothrottle en vluchtbesturingscomputer worden verbeterd conform de ontwerpspecificaties.

Uit het onderzoek blijkt dat doordat de cockpitbemanning was afgeleid de beschikbare indicaties en waarschuwingen in de cockpit onvoldoende waren om de te grote snelheidsafname vroegtijdig te onderkennen. De Raad komt daarom tot de volgende aanbeveling:

Boeing, FAA en EASA

- 3 Boeing, FAA en EASA dienen het gebruik van een geluidssignaal voor lage snelheid te onderzoeken als middel om de bemanning te waarschuwen en, indien effectief, deze dwingend voor te schrijven.

Operationeel

Uit het onderzoek blijkt de noodzaak van een correcte herstelprocedure voor een overtreksituatie, evenals de herhalingstraining ervan. De Raad komt daarom tot de volgende aanbevelingen:

Boeing

- 4 Boeing dient zijn herstelprocedure voor een overtreksituatie te herzien ten aanzien van het gebruik van de automatische piloot en autothrottle en de noodzaak om te trimmen.

Directoraat-generaal voor de burgerluchtvaart van Turkije (DGCA), internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO), FAA en EASA

- 5 DGCA, ICAO, FAA en EASA wordt aanbevolen in hun regelgeving op te nemen dat maatschappijen en Flying Training Organisations in hun herhalingstraining er in voorzien dat herstel van overtreksituaties tijdens de nadering wordt beoefend.

Meldingen

Uit het onderzoek volgt dat beperkt meldingen werden gedaan over problemen met radiohoogtemetersystemen en dat dit niet alleen het geval is bij Turkish Airlines. Het beperkt melden doet afbreuk aan de effectiviteit van bestaande veiligheidsprogramma's. Hierdoor kan een verkeerd beeld ontstaan van risico's bij zowel de maatschappijen als de vliegtuigfabrikant.

Vervolgens kunnen risico's onvoldoende worden beheerst. De Raad komt hierdoor tot de volgende aanbevelingen:

FAA, EASA en DGCA

- 6 FAA, EASA en DGCA dienen het belang van het doen van meldingen (opnieuw) onder de aandacht te brengen van luchtvaartmaatschappijen en erop toe te zien dat meldingen plaatsvinden.

Boeing

- 7 Boeing dient het belang van het doen van meldingen (opnieuw) onder de aandacht te brengen van luchtvaartmaatschappijen die met Boeing-vliegtuigen vliegen.

Turkish Airlines

8 Turkish Airlines dient het belang van het doen van meldingen onder de aandacht te brengen van zijn piloten en onderhoudstechnici.

Veiligheidsprogramma

Uit het onderzoek is gebleken dat Turkish Airlines een programma heeft ten behoeve van de preventie van ongevallen en de bevordering van vliegveiligheid, maar dat dit programma in de praktijk een aantal minder sterke onderdelen bevat. De Raad komt daarom tot de volgende aanbeveling:

Turkish Airlines

9 Turkish Airlines dient zijn veiligheidsprogramma in het licht van de tekortkomingen die in dit onderzoek naar voren zijn gekomen, op orde te brengen.

Luchtverkeersleiding

Uit het onderzoek blijkt dat de wijze waarop het vliegtuig werd opgelijnd de verkeerde werking van de autothrottle voor de bemanning maskeerde en de werkdruk van de bemanning verhoogde. De Raad komt daarom tot de volgende aanbevelingen:

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL)


10 LVNL dient haar procedures voor het oplijnen van vliegtuigen voor de nadering zoals beschreven in het Voorschriften Dienst Verkeersleiding (VDV) in overeenstemming te brengen met de ICAO procedures. Tevens dient LVNL er zorg voor te dragen dat verkeersleiders volgens de VDV werken.

Inspectie Verkeer en Waterstaat (IVW)

11 De IVW dient er op toe te zien dat LVNL volgens de geldende nationale en internationale luchtverkeersleidingprocedures werkt.



Prof. mr. Pieter van Vollenhoven
Voorzitter van de Onderzoeksraad voor Veiligheid



mr. M. Visser
Algemeen secretaris

LIJST VAN AFKORTINGEN

A

AAIB	onderzoeksinstantie voor luchtvaartongevallen (Groot-Brittannië)
AD	luchtwaardigheidrichtlijn
AFDS	automatische piloot vluchtaanwijzingssysteem
AFM	vliegtuighandboek
AGL	boven terreinniveau
AIP	luchtvaartgids ten behoeve van luchtvaarders
AIS	afgekorte verwondingsclassificatie
ARR	naderingsverkeersleider
ATIS	automatische informatieservice over een luchtvaartterrein
ATPL(A)	bewijs van bevoegdheid als verkeersvlieger (vleugelvliegtuigen)

B

BEA	onderzoeksinstantie voor burgerluchtvaartveiligheid (Frankrijk)
-----	---

C

CoPi	co-piloot (eerste officier)
CPL(A)	bewijs van bevoegdheid als beroepsvlieger (vleugelvliegtuigen)
CRM	crew resource management
CTR	plaatselijk verkeersleidingsgebied
CVR	cockpit voice recorder

D

DDG	lijst minimaal vereiste werkende apparatuur aan boord (fabrikant)
DGAC	Directoraat-generaal voor de burgerluchtvaart (Frankrijk)
DGCA	Directoraat-generaal voor de burgerluchtvaart (Turkije)

E

EASA	Europees agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart
ECAC	Europese civiele luchtvaartconferentie
EDFCS	versterkt digitaal vluchtcontrolesysteem
EG	Europese Gemeenschap
EHAM	Luchthaven Amsterdam Schiphol
EU	Europese Unie

F

FAA	federale luchtvaartautoriteit (Verenigde Staten)
FAR	federale luchtvaartregelingen
FCOM	operationeel handboek voor cockpitbemanning
FCTM	trainingshandboek voor cockpitbemanning
FDM	het monitoren van vluchtgegevens
FDR	flight data recorder
FIR	vluchtinformatiegebied
FL	vluchtniveau
FMEA	storingsmodus effect analyse

G

GP	glijpad
----	---------

I

IATA	internationaal genootschap voor luchtvaartmaatschappijen
ICAO	internationale burgerluchtvaartorganisatie
ILS	instrumentlandingssysteem
IOSA	IATA operationele veiligheidsaudit
IR	blindvliegbevoegdheid
ISS	classificatie ernst van verwondingen
IVW	Inspectie Verkeer en Waterstaat (Nederland)

J

JAA	gemeenschappelijke Europese luchtvaartautoriteiten
JAR	gemeenschappelijke luchtvaartregelgeving
JAR-FCL	JAR opleiding en brevettering van vliegtuigbemanningsleden
JAR-OPS 1	JAR operationele zaken (commercieel luchtvervoer)

K

KLPD	Korps Landelijke Politiediensten (Nederland)
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

L

LIFUS	lijnvlucht onder supervisie
LOC	localizersignaal
LRRA	radiohoogtemetercomputer
LTBA	luchthaven Istanbul Atatürk
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland

M

MCP SPD	snelheid ingesteld op het bedieningspaneel
ME	bevoegdheid voor meermotorige vliegtuigen
MEL	lijst minimaal vereiste werkende apparatuur aan boord (luchtvaartmaatschappij)
MEP	vliegtuig met meerdere zuigermotoren
MLS	microgolf landingssysteem
MMEL	lijst minimaal vereiste werkende apparatuur aan boord (luchtvaartautoriteiten)
MP	bevoegdheid voor meerkoppige cockpitbemanning
MVA	minimale hoogte voor het geven van koersopdrachten

N

ND	navigatie display
NG	nieuwe generatie
NM	nautische mijl
NTSB	onderzoeksinstantie voor transportveiligheid (Verenigde Staten)

P

PANS-ATM	procedures voor luchtnavigatiedienstverlening - luchtverkeersmanagement
PFD	primary flight display
PIC	gezagvoerder

Q

QAR	vluchtregistratieapparatuur met snelle toegang tot de opgeslagen data
QNH	de atmosferische druk op het aardoppervlak, herleid tot gemiddeld zeeniveau in de ICAO-standaardatmosfeer
QRH	referentiehandboek

S

SAFA	veiligheidsbeoordeling van buitenlandse vliegtuigen
SB	service bulletin
SOP	standaard operationele procedures
SPY	navigatiebaken Spijkerboor

T

TK	Turkish Airlines
TMA	naderingsverkeersleidingsgebied
TO/GA	take-off/go-around (start/doorstart)
TRI	typebevoegdheid instructeur

V

VDV	Voorschriften Dienst Verkeersleiding
V/S	verticale snelheid

1 INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Op 25 februari 2009 maakte een Boeing 737-800 van Turkish Airlines een vlucht van de luchthaven Istanbul Atatürk in Turkije (LTBA) naar de luchthaven Amsterdam Schiphol Airport (EHAM).¹ Tijdens de nadering van baan 18 rechts (18R, de 'Polderbaan') stortte het vliegtuig neer en kwam in een akker terecht op een afstand van circa 1,5 kilometer van het begin van de baan (zie figuur 1). Hierbij kwamen vier bemanningsleden en vijf passagiers om het leven en raakten drie bemanningsleden en 117 passagiers gewond.²



Figuur 1: de neergestorte Boeing 737-800 met op de achtergrond baan 18R (bron: KLPD)

1.2 HET ONDERZOEK

1.2.1 Doelen

Het voorliggende rapport is het resultaat van het door de Onderzoeksraad voor Veiligheid uitgevoerde onderzoek naar het ongeval. De doelstelling van het onderzoek is tweeledig. Ten eerste beoogt de Raad lering te trekken uit het voorval en zo herhaling van een dergelijk ongeval te voorkomen. Ten tweede beoogt het onderzoek belanghebbenden, waaronder slachtoffers, nabestaanden en betrokken instanties te informeren over wat is voorgevallen op 25 februari 2009. Onderzoek naar schuld of aansprakelijkheid maakt nadrukkelijk geen deel uit van het onderzoek door de Raad.

1.2.2 Onderzoeksvragen

De primaire onderzoeksvraag bij het ongeval is: "Waardoor is het vliegtuig neergestort?".

Deze vraag valt uiteen in drie secundaire onderzoeksvragen die ieder bijdragen aan één of beide doelstellingen van het onderzoek:

1 Amsterdam Schiphol Airport wordt verder aangeduid als luchthaven Schiphol.
2 In het voorlopig rapport dat de Raad publiceerde op 28 april 2009 werd melding gemaakt van 83 gewonde passagiers in plaats van 117. Dit verschil wordt veroorzaakt door het, tijdens het onderzoek, beschikbaar komen van nauwkeurigere gegevens betreffende de verwondingen van de inzittenden en het toepassen van een andere letselcodering (zie bijlage E).

- Wat is de toedracht van het ongeval en welke factoren hebben bij het ongeval een rol gespeeld?
- Wat zijn de achterliggende oorzaken die tot het ongeval hebben geleid?
- Hoe kan een dergelijk ongeval in de toekomst worden voorkomen?

1.2.3 Afbakening en werkwijze

Het onderzoek naar de oorzaak beschrijft en analyseert de feiten tot kort na het moment van het neerstorten. De Onderzoeksraad heeft besloten niet alleen het ongeval zelf, maar ook de hulpverlening na het ongeval te onderzoeken. De resultaten van dat onderzoek worden separaat gepubliceerd.

1.2.4 Waarschuwing, voorlopig rapport en vervolgonderzoek

Uit de eerste resultaten van het onderzoek bleek dat het linker radiohoogtemetersysteem een foutieve hoogte van -8 voet doorgaf aan onder andere de primary flight display van de gezagvoerder. De gegevens, afkomstig van dit radiohoogtemetersysteem, worden gebruikt door het automatische vluchtsysteem in het vliegtuig. Naar aanleiding hiervan heeft de Raad op 4 maart 2009 een waarschuwing doen uitgaan naar Boeing waarmee extra aandacht werd gevraagd voor een onderdeel van de Dispatch Deviation Guide van de Boeing 737-800. In dit document, dat voorafgaand aan de vlucht wordt geraadpleegd, wordt gesteld dat wanneer een radiohoogtemetersysteem niet werkt, de daaraan gekoppelde automatische piloot en de autothrottle niet mogen worden gebruikt voor de nadering en de landing. De Raad heeft Boeing in overweging gegeven te onderzoeken of deze procedure ook tijdens de vlucht van toepassing moet zijn.

Boeing heeft hierop aangegeven dat een dergelijke bepaling niet in een storingschecklist in het Quick Reference Handbook, dat van toepassing is gedurende alle vluchtfasen, behoort te worden opgenomen om de volgende redenen:

- *Hoewel de Dispatch Deviation Guide operationele maatregelen omschrijft voor een situatie waarbij vóór vertrek van het vliegtuig een radiohoogtemeter niet werkt, is het niet juist dergelijke maatregelen in een storingschecklist op te nemen. Procedures in de Dispatch Deviation Guide zijn opgesteld om risico's af te dekken voor het geval een systeem voor aanvang van de vlucht niet werkt; dit betekent dat deze rekening moeten houden met de volgende fout die kan optreden. De storingschecklist in het Quick Reference Handbook gaat ervan uit dat het vliegtuig correct is geconfigureerd voor de fase van de vlucht waarin het zich bevindt en dat alle systemen normaal werken voordat het probleem optreedt. Wanneer in het Quick Reference Handbook de eis in de Dispatch Deviation Guide zou worden gehanteerd, zou dit onnodig systeemfunctionaliteit wegnemen.*
- *Een storingschecklist moet gebaseerd zijn op een duidelijk herkenbare fout en dient corrigerende acties te bevatten die geschikt zijn voor alle manieren waarop de fout zich kan manifesteren. Voor de radiohoogtemeterfout die optrad bij het ongeval werd geen waarschuwing of foutindicatie geactiveerd.*
- *Omdat het een complexe fout betreft, is het niet praktisch om een storingschecklist te ontwikkelen die alle mogelijke situaties adresseert. Luchtvaartmaatschappijen kunnen in hun vloot tevens diverse vliegtuigen hebben met verschillende eigenschappen, die verschillend reageren op een foutieve radiohoogtewaarde, en die bekend zijn bij hun piloten. Zo kunnen bijvoorbeeld, afhankelijk van welke radiohoogtemeter de foute gegevens levert, acties van bemanningen verschillen. Deze kunnen tevens afhankelijk zijn van het serienummer van het vliegtuig binnen dezelfde vloot.*

Boeing stuurde nog dezelfde dag, 4 maart 2009, na afstemming met de Onderzoeksraad voor Veiligheid, een bericht naar alle maatschappijen die met de Boeing 737 vliegen, over de tot dan toe bekende feiten van de ongevalsvlucht.

Op 28 april 2009 heeft de Onderzoeksraad een voorlopig rapport gepubliceerd over het onderzoek naar de oorzaak van het ongeval met daarin de eerste resultaten. Het vervolg van het onderzoek richtte zich in het bijzonder op de werking van de autothrottle, het radiohoogtemetersysteem, het handelen van de luchtverkeersleiding en de bemanning.

1.3 LEESWIJZER

Dit rapport bestaat uit zeven hoofdstukken. In hoofdstuk twee worden de feitelijke toedracht van het ongeval en de overige relevante feiten beschreven. Tevens bevat het een korte beschrijving van relevante begrippen en systemen. Hoofdstuk drie besteedt aandacht aan het beoordelingskader. In hoofdstuk vier worden de betrokken partijen en hun verantwoordelijkheden beschreven. Hoofdstuk vijf beschrijft de achterliggende factoren van het ongeval en bevat de analyse van de feiten met betrekking tot het neerstorten van het vliegtuig. In hoofdstuk zes worden de conclusies geformuleerd zoals die voortvloeien uit het onderzoek. Hoofdstuk zeven bevat de aanbevelingen. Aan het eind van het rapport is een lijst geplaatst waarin veelvoorkomende begrippen worden uitgelegd.

De internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) heeft ten behoeve van het onderzoek van ongevallen en ernstige incidenten in de burgerluchtvaart, richtlijnen en aanbevolen werkwijzen vastgesteld. Deze zijn opgenomen in Annex 13, 'Aircraft Accident and Incident Investigation' van het verdrag van Chicago. Een rapport op basis van Annex 13 heeft een vaste opbouw: feitelijke informatie, analyse, conclusies en aanbevelingen. De indeling van hoofdstuk 2, feitelijke informatie, is conform Annex 13.

2 FEITELIJKE INFORMATIE

2.1 INLEIDING

Op 25 februari ontving de Onderzoeksraad voor Veiligheid rond 11.00 uur³ een melding dat om 10.26 uur een ongeval had plaatsgevonden met een vliegtuig van het type Boeing 737-800 van Turkish Airlines nabij baan 18R van de luchthaven Schiphol. Het onderzoek is onmiddellijk van start gegaan.

In dit hoofdstuk worden de voornaamste feiten weergegeven die van belang zijn om de oorzaken van het ongeval te achterhalen. In paragraaf 2.2 wordt kort ingegaan op enkele relevante technische systemen van de Boeing 737-800. Paragraaf 2.3 geeft een toelichting op zaken die specifiek op deze vlucht van invloed zijn geweest. In paragraaf 2.4 wordt ingegaan op het verloop van de vlucht. Daarbij is gebruik gemaakt van gegevens afkomstig van de flight data recorder en de cockpit voice recorder. In de daarop volgende paragrafen wordt in het kort de overige informatie weergegeven.

2.2 RELEVANTE SYSTEMEN BOEING 737-800

2.2.1 *Automatisch vluchtsysteem*

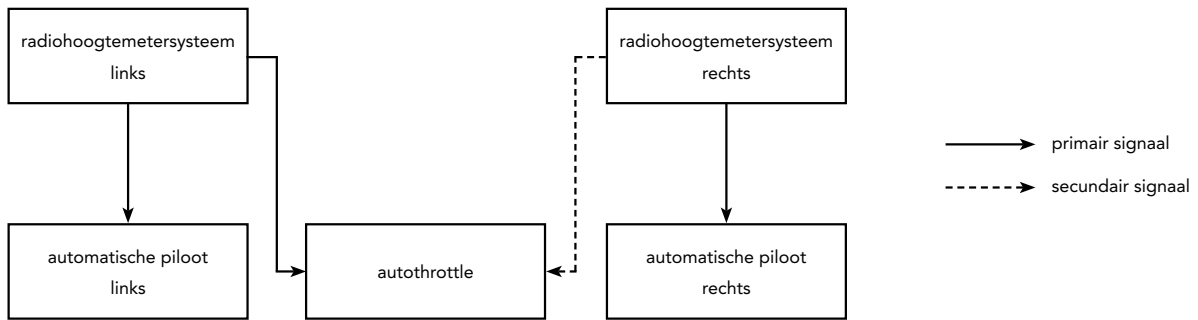
De Boeing 737-800 kan zowel handmatig als automatisch worden bestuurd. Voor dit ongeval is het van belang te weten dat het automatische vluchtsysteem van de Boeing 737-800 uit twee vluchtbesturingscomputers en een computer voor het automatische gashendelbedieningssysteem (hierna te noemen: autothrottle) bestaat. Eén vluchtbesturingscomputer communiceert met de systemen van de gezagvoerder aan de linkerzijde van de cockpit en de andere computer met de systemen van de eerste officier aan de rechterzijde. De gashendels, die de stuwkracht van de motoren regelen, kunnen handmatig of automatisch worden bediend.

Op een bedieningspaneel, het mode control panel, kan de bemanning selecties voor koers, hoogte, snelheid en andere vliegpaddopdrachten maken. Deze selecties worden modusselecties genoemd en worden door middel van flight mode annunciators op de primary flight display van elke piloot gepresenteerd. De modusselecties worden naar de vluchtbesturingscomputers en autothrottle gestuurd die, in overeenstemming met de geselecteerde modi, opdrachten geven aan de stuurvlakken en gashendels.

Indien geactiveerd geeft elke vluchtbesturingscomputer commando's om het vliegpadd en, in sommige modi, de vliegsnelheid ingesteld door de bemanning, te handhaven; dit is de automatische piloot functie van de vluchtbesturingscomputer. Ook geeft elke vluchtbesturingscomputer commando's aan zijn eigen vluchtaanwijzingssysteem (hierna te noemen: flight director). De flight director presenteert het te volgen vluchtpadd, koers en hoogte, op de primary flight display en geeft aan hoe de piloot moet sturen. Er is een aanduiding voor de rolbeweging (hierna te noemen: roll bar) en een aanduiding voor de neusstand (hierna te noemen: pitch bar).

De automatische piloot en autothrottle werken samen om de vliegsnelheid van het vliegtuig te regelen. In sommige modi, zoals de start, klim, daling en doorstart, wordt de hoeveelheid stuwkracht van de motoren op een vooraf bepaalde waarde ingesteld en de automatische piloot regelt de vliegsnelheid door de klim- of daalhoek te variëren. In andere modi, zoals kruisvlucht en nadering, regelt de autothrottle automatisch de vliegsnelheid van het vliegtuig door middel van het regelen van de stuwkracht van beide motoren. Dit systeem verkrijgt de radiohoogte via een databus en maakt primair gebruik van het linker radiohoogtemetersysteem. In het geval dat de linker radiohoogte is gekenmerkt als 'niet bruikbaar' ('fail warn'), zal de autothrottle gebruik maken van het rechter radiohoogtemetersysteem (zie figuur 2). Op de linker primary flight display wordt dan een zogenoemde vlagwaarschuwing getoond, de letters 'RA' in rood.

3 Alle tijden in dit rapport zijn lokale Nederlandse tijden, tenzij anders vermeld.



Figuur 2: schematisch overzicht diverse systemen

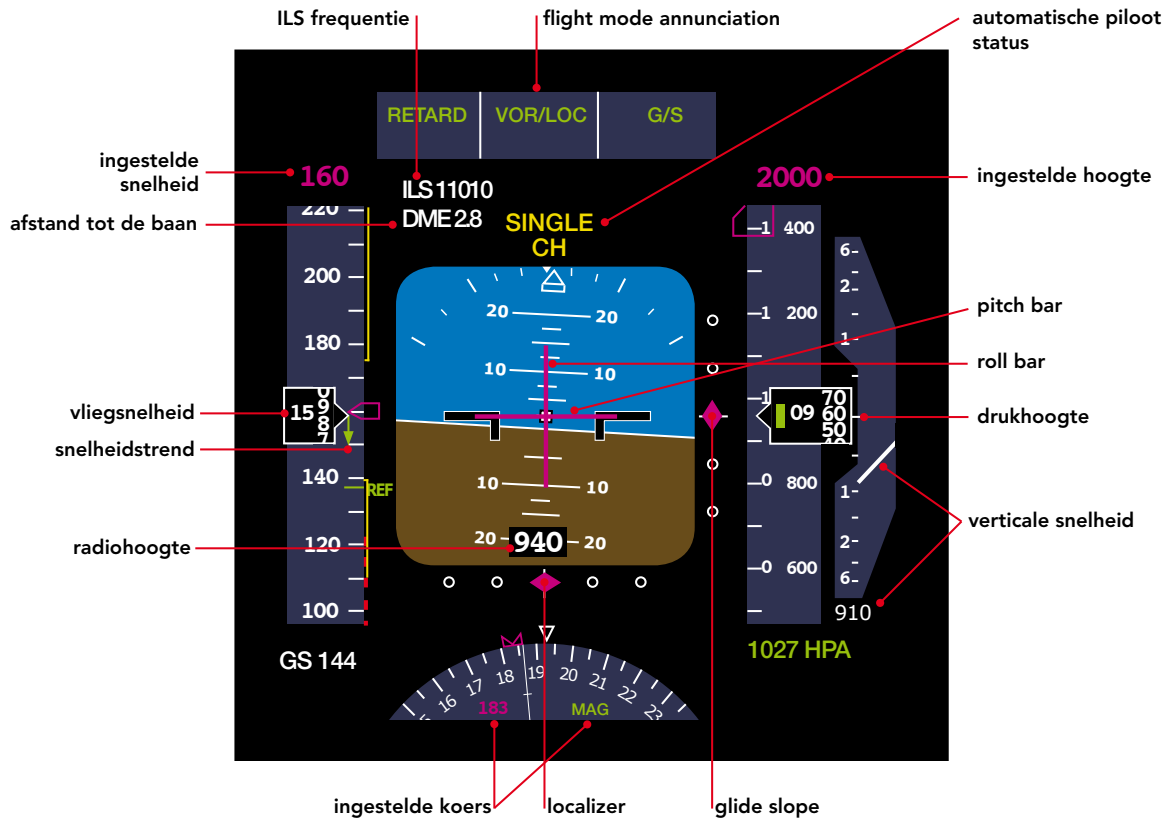
De autothrottle, flight director en automatische piloot worden in het algemeen gelijktijdig gebruikt, maar kunnen onafhankelijk van elkaar werken.

Bij Turkish Airlines wordt zoveel mogelijk met het automatische vluchtsysteem gevlogen om de werklast te verlagen en vliegveiligheid, 'situational awareness' en brandstofbesparing te verhogen. Tijdens de vlucht wordt één van de twee automatische piloten ingeschakeld voor gebruik. De linker automatische piloot wordt geselecteerd als de gezagvoerder het vliegtuig bestuurt en de rechter automatische piloot als de eerste officier het vliegtuig bestuurt. Bij Turkish Airlines worden in principe beide automatische piloten voor iedere ILS-nadering ingeschakeld.

2.2.2 Primary flight display en flight mode annunciation

De gezagvoerder en de eerste officier beschikken beiden over een primary flight display. Dit is een beeldscherm waarop primaire vluchtinformatie wordt weergegeven, zoals een kunstmatige horizon waarmee de stand van het vliegtuig ten opzichte van de horizon wordt weergegeven. Verder worden de vliegsnelheid, daal- of klimsnelheid, druk- en radiohoogte, koers- en vliegpadinformatie gepresenteerd. Daarnaast verschaft de display informatie door middel van de flight mode annunciations, die aangeven in welke modus het automatische vluchtsysteem opereert en wat kan worden verwacht van het systeem. Deze informatie wordt boven in de primary flight display weergegeven. Deze informatie is voor piloten essentieel om zich bewust te blijven van de status van de geautomatiseerde besturingsprocessen en het te verwachten gedrag van het vliegtuig. De linker aankondiging heeft betrekking op de autothrottle en de middelste en rechter aankondigingen hebben betrekking op het horizontale en verticale vluchtpad van het vliegtuig.

Op de primary flight display worden, mits ingeschakeld, de flight director roll en pitch bar en de status van de automatische piloot gepresenteerd. Zie figuur 3 voor de lay-out van een primary flight display.



Figuur 3: lay-out primary flight display

2.2.3 Horizontale en verticale vluchtpad modi

Twee voor het ongeval van belang zijnde modi van het horizontale en verticale vluchtpad zijn de approach modus en de vertical speed modus.

Approach modus

Voor het automatisch onderscheppen van de localizer- en glide slope signalen⁴ bij een nadering door middel van het instrumentlandingsstelsel, moet de 'approach' modus (hierna te noemen: naderingsmodus) van de vluchtbesturingscomputer zijn geselecteerd.

Vertical speed modus

De modus 'vertical speed' (V/S) maakt het mogelijk automatisch met een bepaalde verticale snelheid te klimmen of te dalen. Zodra deze modus wordt geselecteerd, wordt voor de autothrottle automatisch de modus 'mode control panel speed' geactiveerd om de vliegsnelheid te regelen. Deze modus wordt op de primary flight display aangegeven als MCP SPD.

2.2.4 Retard flare modus

Een voor het ongeval van belang zijnde modus van de autothrottle is de 'retard flare' modus. Deze modus brengt de stuwkracht van de motoren terug naar stationair (hierna te noemen: idle) in combinatie met een neusbeweging omhoog (door de automatische piloot). Bij deze beweging, een 'flare' genoemd, brengt de autothrottle de gashendels volledig terug tot de eindstop, kort voordat het vliegtuig met de hoofdwielen de baan raakt. Hierdoor zal het vliegtuig zijn snelheid verliezen. De piloot kan de gashendels naar voren schuiven, echter, de autothrottle zal ze zelf weer terugzetten zodra de piloot stopt met het uitoefenen van voorwaartse druk op de gashendels, tenzij de autothrottle handmatig wordt uitgeschakeld. In deze modus wordt twee seconden na de landing de autothrottle automatisch uitgeschakeld.

4 Voor een beschrijving van deze signalen, zie het begrip 'instrumentlandingsstelsel' in paragraaf 2.3.

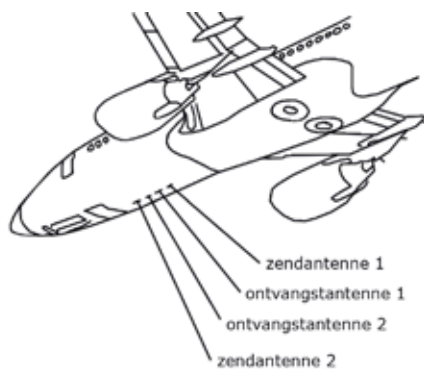
De 'retard flare' modus wordt geactiveerd, indien aan een aantal voorwaarden wordt voldaan: de radiohoogte is minder dan 27 voet, de flapstand is meer dan 12,5 graden, er is een modus van de autothrottle actief (zoals MCP SPD) die de vliegsnelheid regelt en het vliegtuig klimt of daalt niet naar een ingestelde hoogte of handhaaft niet een geselecteerde hoogte. De 'retard flare' modus wordt op de primary flight display aangegeven met 'RETARD'.

2.2.5 Radiohoogtemetersysteem

Het radiohoogtemetersysteem aan boord van de Boeing 737-800 bestaat uit twee autonome systemen, een linker- en rechtersysteem. Een radiohoogtemetersysteem wordt gebruikt om met behulp van radiosignalen de hoogte boven de grond te bepalen. De drukhoogtemeter bepaalt de hoogte aan de hand van de gemeten luchtdruk. Het principe van de radiohoogtemeting is gebaseerd op het meten van de tijd tussen een uitgezonden en via de grond teruggekaatst ontvangen signaal. Dit tijdsverschil is evenredig met de hoogte van het vliegtuig boven de grond. De gebruikte technologie is vooral geschikt voor gebruik op relatief lage hoogte boven de grond. Naarmate het vliegtuig zich dichterbij de grond bevindt, wordt de meting nauwkeuriger.

De hoogtewaarden afkomstig van het linker- en rechtersysteem worden respectievelijk op de linker en rechter primary flight display weergegeven wanneer de gemeten hoogte 2500 voet of minder bedraagt. Naast de piloten maken ook systemen aan boord gebruik van de gemeten radiohoogten, ondermeer ter ondersteuning van ILS-naderingen.

Het linker- en rechtersysteem hebben elk een eigen zend- en ontvangstantenne. De vier antennes zijn achter elkaar in lijn geplaatst onder de romp van het vliegtuig (zie figuur 4).



Figuur 4: overzicht en posities van de zend- en ontvangstantennes

2.2.6 Landingsgestelwaarschuwingssysteem

Dit systeem genereert een geluidssignaal om de bemanning te waarschuwen als een landingspo-ging wordt ondernomen terwijl één of meer delen van het landingsgestel niet uitgeklaapt en geborgd zijn.

2.2.7 Overtrekwaarschuwingssysteem

Een overtrek is de situatie waarbij, door vergroting van de invalshoek van de vleugel⁵, de luchtstroom het profiel van de vleugel niet meer kan volgen. De vleugel verliest dan grotendeels zijn draagkracht waardoor het vliegtuig, indien de piloot niet ingrijpt, snel hoogte zal verliezen. Het overtrekwaarschuwingssysteem wordt gebruikt om de vereiste waarschuwing te genereren vóórdat een overtrek begint. Deze waarschuwing (hierna te noemen: stick shaker) wordt gegeven door de stuurkolom(men) te laten vibreren. De activering van het systeem produceert een karakteristiek geluid dat hoorbaar is voor de bemanning. Toepassing door de piloot van de voorgeschreven herstelprocedure moet vervolgens voorkomen dat het vliegtuig daadwerkelijk in een overtreksituatie terechtkomt. Een volledige overtrek is anders dan de situatie waarbij een stick shaker waarschuwing wordt gegenereerd. Het vliegtuig kan blijven vliegen bij een invalshoek waarbij de stick shaker wordt geactiveerd. Bij een verdere vergroting van de invalshoek zal het vliegtuig overtrekken en snel hoogte verliezen.

5 De invalshoek van de vleugel is de hoek die de denkbeeldige lijn tussen de voor- en achterkant van de vleugel met de luchtstroming maakt.

2.2.8 Speed brakes

Luchtremmen (hierna te noemen: speed brakes) worden gebruikt om de luchtstroming over de vleugels te verstoren. Met behulp van speed brakes wordt de luchtweerstand verhoogd en de draagkracht van de vleugels verkleind. Speed brakes worden bij de landing, direct nadat de hoofdwielen de grond raken, gebruikt. In deze situatie komen dan in beide vleugels alle panelen omhoog. Doordat de draagkracht wegvalt en de luchtweerstand verhoogd wordt, krijgt het vliegtuig meer grip op de baan en kan de remweg korter worden.

Speed brakes kunnen ook tijdens de vlucht worden gebruikt om vliegsnelheid te verminderen of de daalsnelheid te vergroten. Ze kunnen automatisch of handmatig worden geselecteerd. Speed brakes worden tijdens de nadering gereed gezet voor een automatische werking tijdens de landing. Dit gebeurt door het in de 'arm'-stand brengen van de speed brakehendel, dit wordt bevestigd door een groen 'speed brake armed' licht. Bij een abnormale situatie geeft een amberkleurig 'speed brake do not arm' waarschuwingslicht aan dat de speed brakes niet op automatisch mogen worden gezet. In een dergelijk geval moeten de speed brakes na de landing handmatig worden geselecteerd. In de begrippenlijst wordt een meer uitgebreide beschrijving over het gereed zetten van de speed brakes gegeven.

2.2.9 Flap

Een vleugelklep (hierna te noemen: flap) is een uitschuifbaar of verstelbaar deel aan de voor- of achterkant van een vleugel, dat ervoor zorgt dat de oppervlakte van een vleugel en/of het vleugelprofiel wordt veranderd. Bij de nadering worden de flaps in stappen uitgeschoven en omlaag gezet, waardoor het vleugeloppervlak en de welving van de vleugel in stappen steeds groter worden. Hierdoor kan de draagkracht van de vleugels gehandhaafd worden bij een lagere snelheid. De verschillende flapstanden worden aangeduid met getallen, bijvoorbeeld 1, 5, 15 en 40. Met het gebruik van flaps neemt de luchtweerstand gewoonlijk toe.

2.3 ANDERE VAN BELANG ZIJNDE BEGRIPPEN

Cockpitbemanning

De cockpitbemanning van een verkeersvliegtuig bestaat normaal gesproken uit twee piloten: een gezagvoerder en een eerste officier. Eén piloot bestuurt het vliegtuig (pilot flying) en de ander heeft een ondersteunende taak (pilot monitoring). De gezagvoerder is veelal de meest ervaren piloot en draagt de eindverantwoordelijkheid voor een veilige vluchtuitvoering. De belangrijkste ondersteunende taken van de pilot monitoring zijn het monitoren van het vluchtpad en de vliegtuigsystemen, het oplezen van checklisten, het verzorgen van de communicatie met de luchtverkeersleiding en het selecteren van de flaps en het landingsgestel. Elke luchtvaartmaatschappij heeft eigen standaard operationele procedures of hanteert die van de vliegtuigfabrikant, die aangeven welke taken door wie worden uitgevoerd. Tijdens de vluchtvoorbereiding bepaalt de gezagvoerder, in overeenstemming met de procedures van Turkish Airlines, wie de bestuurder is en wie de ondersteuning op zich neemt.

Luchtverkeersleiding

Vliegverkeer dat de luchthaven Schiphol nadert, wordt achtereenvolgens begeleid door de algemene verkeersleiding (area control), de naderingsverkeersleiding (approach control) en de plaatselijke verkeersleiding (aerodrome control). De algemene verkeersleiding begeleidt vliegtuigen op de vliegroutes, de naderingsverkeersleiding begeleidt ze van deze routes in het naderingsverkeersleidingsgebied (TMA) naar de luchthaven. De plaatselijke verkeersleiding begeleidt de vliegtuigen in het plaatselijk verkeersleidingsgebied (CTR), het luchtruim direct rondom de luchthaven en op de luchthaven zelf.

Instrumentlandingsstelsel (ILS)

Een radionavigatiesysteem waarmee een precisienadering naar een landingsbaan kan worden uitgevoerd. Een categorie III ILS, zoals die in gebruik was voor baan 18R op de luchthaven Schiphol, maakt automatische naderingen en landingen mogelijk. Het systeem geeft de piloot een nauwkeurig beeld van de positie van het vliegtuig ten opzichte van de baan en daalhoek naar een landingsbaan. Tevens geeft het systeem een indicatie van de afstand tot aan de baandrempel. Het instrumentlandingsstelsel bestaat uit de volgende componenten op de grond:

- koerslijnbaken dat een localizersignaal uitzendt
- daalhoekbaken dat een glide slope signaal uitzendt (normaal 5,2% of 3 graden)
- afstandsmetingapparatuur

Lijnvlucht onder supervisie

Lijnvlucht onder supervisie (LIFUS) is de fase van de training op een type vliegtuig, die plaatsvindt op commerciële vluchten nadat de piloot onder supervisie de initiële typekwalificatietraining heeft voltooid en een aantal starts en landingen op het type met succes heeft uitgevoerd zonder passagiers aan boord. Tijdens de lijnvlucht onder supervisie (LIFUS) is de piloot onder supervisie al bevoegd om het betreffende type toestel te vliegen, maar nog niet bevoegd om met een andere piloot dan een LIFUS-instructeur te vliegen. Tijdens de eerste fase van de LIFUS is de samenstelling van de cockpitbemanning afwijkend. De gezagvoerder is dan tevens instructeur en bij Turkish Airlines is er bij de eerste twintig vluchten van de LIFUS een veiligheidspiloot in de cockpit aanwezig. Deze veiligheidspiloot zit op de waarnemerszitplaats iets naar achter, tussen de beide piloten in. Na deze eerste LIFUS-fase vindt er een voortgangcheck plaats. Vervolgens vinden bij Turkish Airlines ter afsluiting van de training nog twintig lijnvluchten onder supervisie plaats, maar dan zonder een veiligheidspiloot aan boord. Voor een beschrijving van de typekwalificatietraining zie bijlage C.

Veiligheidspiloot

Een piloot die bevoegd is voor een specifiek type vliegtuig en die aan boord van het vliegtuig is tijdens een LIFUS om de positie over te kunnen nemen van de gezagvoerder of van de piloot onder supervisie wanneer één van beiden niet in staat is zijn taken uit te voeren. De rol van de veiligheidspiloot is het waarnemen van de vliegtraining en hij is verantwoordelijk voor het adviseren van de gezagvoerder in geval hij onregelmatigheden constateert. Voor aanvang van een LIFUS instrueert de gezagvoerder de veiligheidspiloot welke assisterende taken hij mag uitvoeren.

2.4 HET VERLOOP VAN DE VLUCHT

De Boeing 737-800, met registratie TC-JGE, van Turkish Airlines steeg om 08.23 uur (lokale Turkse tijd) op vanaf de luchthaven Istanbul Atatürk in Turkije voor een passagiersvlucht met vluchtnummer TK1951 naar de luchthaven Schiphol. In de cabine bevonden zich 128 passagiers en vier bemanningsleden. De cockpitbemanning bestond uit drie piloten. In de linker cockpitstoel bevond zich de gezagvoerder, tevens instructeur, en in de rechterstoel zat de eerste officier die een 'lijnvlucht onder supervisie' uitvoerde. De eerste officier onder supervisie bestuurdde het vliegtuig. Op de waarnemerszitplaats in de cockpit bevond zich een eerste officier als veiligheidspiloot. Voor de eerste officier als bestuurder, waren de rechter automatische piloot en de rechter flight director geselecteerd en actief. Bij de gezagvoerder, als assisterend piloot, was de linker flight director actief. De flight data recorder registreerde dat het linker radiohoogtemetersysteem, vlak na de start toen het vliegtuig een hoogte van circa 400 voet passeerde, een foutieve waarde aangaf. Het is niet bekend of de piloten dit hebben waargenomen.

De beschrijving van het verdere verloop van de vlucht is onderverdeeld in tijdblokken.

Naderingsbriefing

Deze fase (09.53:08 - 10.15:01 uur)⁶ begint met het uitvoeren van de briefing voor de nadering door de eerste officier. Enige tijd later komt vlucht TK1951 het Nederlandse luchtruim binnen. Het tijdblok eindigt met een aantal instructies met betrekking tot de koers, snelheid en hoogte door de algemene verkeersleiding, Amsterdam Area Control, van Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL).

Vliegend boven Duitsland op vluchtniveau (hierna afgekort met FL) 360⁷ beluisterde de bemanning de 'automatic terminal information service' (ATIS, zie bijlage D) van de luchthaven Schiphol. Om 09.53:08 uur begon de eerste officier met de briefing voor de nadering. Hij meldde in de briefing onder meer dat baan 18R in gebruik was voor landingen, welke standaard aanvliegroute zij zouden gaan vliegen en dat het zicht 3500 meter was maar dat verwacht werd dat dit zou afnemen tot

6 De tijden van de flight data recorder en de cockpit voice recorder worden in uren, minuten en seconden gepresenteerd (uu.mm:ss).

7 Vluchtniveau 360 komt overeen met circa 11 kilometer hoogte.

2500 meter. Hij meldde tevens dat een ILS categorie I nadering⁸ zou worden uitgevoerd en dat de beslissingshoogte⁹ voor het maken van een doorstart 200 voet was.

Het vliegtuig kwam vanuit het oosten dalend het Nederlandse luchtruim binnenvliegen. Om 10.04:09 uur nam de bemanning contact op met de algemene verkeersleiding, Amsterdam Area Control, en kreeg de instructie verder te dalen en de koers te verleggen, waarbij gemeld werd dat landingsbaan 18R kon worden verwacht. Daarna kreeg de bemanning een aantal malen aanvullende instructies met betrekking tot de snelheid, hoogte en koers en aansluitend om naar het zogenoemde navigatiepunt ARTIP te vliegen.

Landingsgestelwaarschuwingen

Dit tijdblok (10.15:02 - 10.22:37 uur) begint met het radiocontact met de naderingsverkeersleiding, Schiphol Approach. Er is gedurende dit tijdvak viermaal een geluidswaarschuwing betreffende het landingsgestel te horen. Aan het einde van dit tijdvak bevindt vlucht TK1951 zich op 2000 voet op een koers 265 graden en zijn de flaps geselecteerd in stand 1.

Om 10.15:02 uur nam de gezagvoerder contact op met de naderingsverkeersleiding, Schiphol Approach, en meldde dat het vliegtuig aan het dalen was naar FL70 met een snelheid van 250 knopen.¹⁰ Op dat moment bevond het vliegtuig zich in het naderingsverkeersleidingsgebied, genaamd Schiphol TMA 1. De verkeersleiding gaf hierop de instructie richting het bakken Spijkerboor te vliegen en verder te dalen naar FL40 voor een nadering met behulp van het instrumentlandingsstelsel van baan 18R. Het vliegtuig bevond zich toen boven Flevoland. Tijdens deze instructie was een geluidswaarschuwing betreffende het landingsgestel hoorbaar; het toestel bevond zich toen tussen FL84 en FL82. De waarschuwing hield circa anderhalve minuut aan met een kleine onderbreking. Daarna maakte de gezagvoerder de opmerking 'radiohoogtemeter'. Om 10.17:11 uur ging de waarschuwing opnieuw af en was twee seconden hoorbaar. Enige tijd later maakte de gezagvoerder de opmerking 'landing gear' ('landingsgestel') en ruim anderhalve minuut later was de geluidswaarschuwing nogmaals hoorbaar, opnieuw gedurende twee seconden. Volgens gegevens van de flight data recorder was tijdens de eerste drie waarschuwingen op de primary flight display van de gezagvoerder een radiohoogte van -8 voet zichtbaar. Kort daarna kreeg vlucht TK1951 de instructie naar 2000 voet¹¹ te dalen. Om 10.19:42 uur kreeg de bemanning de instructie van de verkeersleiding naar links te draaien naar koers 265 graden. Ruim 40 seconden later nam de gezagvoerder contact op met het grondafhandelingsbedrijf van Turkish Airlines op de luchthaven Schiphol om het passagiersaantal op te geven en de parkeerpositie aan te vragen. Rond 10.22:00 uur bereikte het vliegtuig de hoogte van 2000 voet en 15 seconden later vroeg de eerste officier om flaps 1. De flaps werden in stand 1 gezet en er werd een snelheid van 195 knopen geselecteerd via het mode control panel. De modus van de autothrottle was 'mode control panel speed'.

Oplijnen voor de eindnadering en landingsgestelwaarschuwing

Deze fase (10.22:38 - 10.24:08 uur) begint met de opdracht koers 210 graden te vliegen en het verkrijgen van toestemming de nadering te beginnen. De geluidswaarschuwing met betrekking tot het landingsgestel is nogmaals hoorbaar. Aan het einde van dit tijdvak is het landingsgestel uitgeklat en staan de flaps in stand 15.

Om 10.22:38 uur kreeg de bemanning de instructie van de luchtverkeersleiding om verder naar links te draaien naar koers 210 graden en toestemming om de eindnadering te beginnen. Op dat moment bevond het vliegtuig zich nog in het naderingsverkeersleidingsgebied, genaamd Schiphol TMA 1.

De rechter automatische piloot en de autothrottle waren reeds vanaf het vertrek in Turkije ingeschakeld. De bemanning probeerde de tweede automatische piloot bij te schakelen voor een nadering met twee automatische piloten. Deze poging had tot gevolg dat de rechter automatische piloot werd uitgeschakeld en de linker automatische piloot niet bijschakelde.

-
- 8 De eerste officier voldeed nog niet aan de ervaringseisen voor het uitvoeren van een ILS categorie II en III nadering en maakte daarom een categorie I nadering.
- 9 Op de beslissingshoogte dient de bemanning grondzicht en zicht op de baan(verlichting) te hebben en dient het vliegtuig zich in het verlengde van de baan te bevinden.
- 10 1 knoop = 1 nautische mijl per uur = 1,852 meter per uur.
- 11 Beneden een bepaalde hoogte ('overgangsvluchtniveau') wordt van het vliegen op vluchtniveaus (FL's) overgegaan naar hoogten boven gemiddeld zeeniveau, uitgedrukt in voeten.

De rechter automatische piloot werd vervolgens weer ingeschakeld. Er werd geen nieuwe poging ondernomen om de linker automatische piloot bij te schakelen.

Om 10.23:34 uur werd stand 5 van de flaps en een snelheid van 170 knopen geselecteerd. Negen seconden later was de geluidswaarschuwing met betrekking tot het landingsgestel wederom hoorbaar gedurende vijf seconden. Volgens gegevens van de flight data recorder was op de primary flight display van de gezagvoerder een radiohoogte van -8 voet zichtbaar.¹² Aansluitend daarop werd het landingsgestel uitgeklaapt, een snelheid van 160 knopen geselecteerd en werden de flaps in stand 15 gezet. De snelheid was op dat moment hoger, maar aan het afnemen. Het vliegtuig bevond zich nu in het plaatselijk verkeersleidingsgebied, genaamd Schiphol CTR.

Underschepping localizersignaal en activering retard modus

Dit tijdblok (10.24:09 - 10.24:23 uur) begint met het onderscheppen van het localizersignaal. Het glijpad wordt vervolgens vanaf een hoogte van 2000 voet van bovenaf aangevlogen. De gashendels gaan automatisch naar idle en de autothrottle flight mode annunciation wijzigt in 'RETARD'.

Om 10.24:09 uur kondigde de gezagvoerder aan dat het localizersignaal was onderschept.¹³ Doordat de naderingsmodus van de vluchtbesturingscomputer was ingeschakeld, ging het vliegtuig automatisch het localizersignaal volgen. Het vliegtuig draaide op dat moment in het verlengde van de baan, maar bevond zich boven het glijpad¹⁴ op een hoogte van 2000 voet. De snelheid was circa 175 knopen en nog steeds afnemend en de afstand tot het begin van de landingsbaan bedroeg circa 5,5 NM. Kort daarna verdween de flight director 'roll bar' van de primary flight display van de gezagvoerder.

Er was om 10.24:19 uur een oproepsignaal vanuit de cabine hoorbaar in de cockpit. Hierop werd niet gereageerd door de piloten.

Om het vliegtuig te laten dalen, moest de bemanning een lagere hoogte en een andere modus voor het verticale vluchtpad selecteren. Hiertoe werd eerst 1200 voet en na tien seconden 700 voet als hoogte ingesteld op het mode control panel. Vervolgens selecteerde de cockpitbemanning de modus 'vertical speed' voor het verticale vluchtpad met daarbij een daalsnelheid van 1400 voet per minuut om het glijpad van bovenaf aan te vliegen. Op het moment van selectie van deze modus van het verticale vluchtpad veranderde op beide primary flight displays de flight mode annunciation van de autothrottle in 'RETARD'. Als gevolg van deze modus gingen de gashendels automatisch naar de idle stand. Het vliegtuig had bij de aanvang van de daling een snelheid van ongeveer 168 knopen.

Underschepping glide slope signaal en uitvoering landingchecklist

Deze fase (10.24:24 - 10.25:22 uur) begint met het radiocontact met de plaatselijke verkeersleiding, Schiphol Tower. Het vliegtuig onderschept het glijpad. Aan het einde van het tijdvak zijn de vleugelkleppen in stand 40 gezet en is een landingssnelheid van 144 knopen geselecteerd.

De bemanning kreeg om 10.24:24 uur van de naderingsverkeersleiding de instructie contact op te nemen met de plaatselijke verkeersleiding, Schiphol Tower. Twaalf seconden later, nog voordat de gezagvoerder contact opnam met Schiphol Tower, merkte de veiligheidspiloot op dat ze een storing aan de radiohoogtemeter hadden. De gezagvoerder bevestigde dit. Om 10.24:46 uur onderschepte het vliegtuig het glijpad op een hoogte van ongeveer 1300 voet. Kort daarna verdween de flight director 'pitch bar' van de primary flight display van de gezagvoerder. De snelheid van het vliegtuig was tijdens de periode dat in de 'vertical speed' modus werd gevlogen, eerst afgenomen naar 158 knopen en vervolgens weer opgelopen naar 169 knopen en begon vervolgens, vanaf het moment dat het vliegtuig het glijpad voor baan 18R had onderschept, weer af te nemen. De geselecteerde snelheid voor het onderscheppen van het glide slope signaal was 160 knopen.

Om 10.24:48 uur ontving de bemanning toestemming om te landen van de torenverkeersleider van baan 18R. Dit werd bevestigd door de gezagvoerder, waarna er geen contact meer was tussen de luchtverkeersleiding en vlucht TK1951. De gezagvoerder meldde aan de andere cockpitbeman-

12 Voorafgaand deze waarde, bedroeg de radiohoogte gedurende korte tijd -6 en -7 voet.

13 Dit houdt in dat het localizersignaal (van het instrument landingssysteem) wordt ontvangen door het vliegtuig en dat de automatische piloot er gebruik van kan maken voor de ILS nadering.

14 Het glijpad is de combinatie van de koerslijn en dalhoek naar de landingsbaan.

ningsleden dat het vliegtuig 1000 voet hoogte passeerde. Om 10.25:10 uur, op ongeveer 900 voet boven de grond, werden de flaps in stand 40 gezet. Vervolgens werd de speed brakehendel meerdere keren in en uit de 'arm'-stand gebracht en gingen zowel het groene 'speed brake armed' en het amberkleurige 'speed brake do not arm' licht branden. Meteen daarop, rond de 800 voet, werd de snelheid van 144 knopen behorend bij flapstand 40 geselecteerd.

De gezagvoerder maakte om 10.25:17 uur de opmerking 'yes, not in checklist completed'. Hij noemde hierna de punten van de landingchecklist op die de eerste officier moest beantwoorden ten teken dat deze correct waren uitgevoerd. Ondertussen werd door de automatische piloot het horizontale staartvlak van het vliegtuig getrimd¹⁵ en meldde de veiligheidspiloot dat hij het bericht had ontvangen dat de cabinebemanning klaar was voor de landing.

Vliegsnelheid zakt onder geselecteerde waarde

In deze fase (10.25:23 - 10.25:46 uur) zakt de snelheid onder de geselecteerde snelheid van 144 knopen. Het vliegtuig daalt naar 500 voet. De afstand tot het begin van de baan is dan circa 2,5 NM.

Om 10.25:23 uur kwam de snelheid op een hoogte van circa 750 voet onder de geselecteerde snelheid van 144 knopen. Voordat het laatste punt van de landingchecklist werd uitgevoerd, zei de gezagvoerder '500 voet' ten teken dat het vliegtuig de hoogte 500 voet boven de grond passeerde. Als bevestiging hierop antwoordde de eerste officier met de opdracht de landingslichten aan te zetten. Het laatste punt in de landingchecklist is de controle of de cabinebemanning is gewaarschuwd dat ze moeten gaan zitten en hun veiligheidsgordels moeten omdoen. De gezagvoerder verzocht de veiligheidspiloot dit te doen wat deze direct uitvoerde. Het vliegtuig vloog op dit moment iets lager dan 500 voet met een snelheid van circa 110 knopen. Het is dan ongeveer één minuut voor de geplande landing.

Activering stick shaker

Dit tijdblok (10.25:47 - 10.26:03 uur) begint met de activering van de stick shaker en eindigt met het neerstorten van het vliegtuig.

Om 10.25:47 uur op ongeveer 460 voet boven de grond, werd de stick shaker geactiveerd. De veiligheidspiloot waarschuwde daarop voor de te lage snelheid.

De gashendels werden vrijwel direct iets meer dan halverwege naar voren geschoven, maar onmiddellijk door de nog actieve autothrottle naar de idle stand teruggetrokken. De gezagvoerder reageerde onmiddellijk op het activeren van de stick shaker door de besturing over te nemen en dit laatste te melden. Op dat moment was de snelheid 107 knopen en de stand van de neus ongeveer elf tot twaalf graden boven de horizon. De veiligheidspiloot attendeerde nog tweemaal op de snelheid.

Om 10.25:50 uur schakelde één van de piloten de autothrottle uit, met de gashendels in de idle stand. Een seconde later, op een hoogte van 420 voet werd de automatische piloot uitgeschakeld en de stuurkolom naar voren geduwd.¹⁶ Vier seconden na het uitschakelen van de automatische piloot stopte de stick shaker en activeerde twee seconden later weer. De neusstand bedroeg op dat moment acht graden onder de horizon.

Om 10.25:56 uur werden de gashendels naar voren geduwd voor maximale stuwkracht. In iets minder dan vier seconden na de gashendelselectie bereikten de motoren hun volle stuwkracht, wat ze behielden tot het moment van in aanraking komen van het vliegtuig met de grond. Er werden nog diverse ground proximity warning system¹⁷ alarmsignalen gegenereerd. Er werd om 10.25:57 uur een 'sink rate'¹⁸ waarschuwing gegenereerd, gevolgd door een waarschuwing om

15 Met een trimsysteem wordt de stand van het horizontale staartvlak (stabilo) zodanig afgesteld, dat het vliegtuig zijn stand vasthoudt. Nadat het vliegtuig is afgetrimd, zijn er geen stuurkrachten meer vereist om de stand van het vliegtuig vast te houden.

16 Met het naar voren bewegen van de stuurkolom neemt de hoogteroeruitslag naar beneden toe om de vliegtuigneusstand te verlagen en zo de vliegsnelheid te vergroten.

17 Het ground proximity warning system is een systeem aan boord van een vliegtuig dat onder meer een waarschuwing genereert indien het vliegtuig tegen de grond of een obstakel aan dreigt te vliegen.

18 Deze waarschuwing wordt gegenereerd als het vliegtuig met hoge daalsnelheid de grond nadert.

de neus van het vliegtuig op te trekken en een waarschuwing met betrekking tot een plotselinge verandering in de windsnelheid en -richting. Vlak daarna raakte het vliegtuig de grond in een akker op een afstand van circa 1,5 kilometer van het begin van baan 18R. Volgens de laatste op de flight data recorder opgenomen gegevens was, op het moment dat deze apparatuur stopte met registreren (om 10.26:02 uur), de vliegtuigneusstand 22 graden boven de horizon en helde het vliegtuig 10 graden naar links.

2.5 PERSOONLIJK LETSEL

Bij het ongeval kwamen vier bemanningsleden, waaronder de drie piloten, en vijf passagiers om het leven. Honderdzeventien passagiers en drie leden van de cabinebemanning raakten gewond. Zes passagiers hadden geen letsel. Voor nadere gegevens zie bijlage E.

2.6 SCHADE AAN HET LUCHTVAARTUIG

Het toestel was volledig vernield als gevolg van de inslag. De romp van het vliegtuig brak in drie stukken; de staartsectie, de hoofdsectie met de vleugels en de voorste sectie met de cockpit. De materiële schade aan het vliegtuig is beschreven in bijlage K.



Figuur 5: zij aanzicht van de Boeing 737-800

2.7 OVERIGE SCHADE

Het vliegtuig kwam in een akker neer en richtte daarbij geen schade aan de omgeving aan.

2.8 GEGEVENS VAN DE BEMANNING

De drie piloten waren in het bezit van de vereiste bevoegdheden om op de Boeing 737-800 te vliegen. Voor nadere gegevens zie bijlage F. Uit het onderzoek van de trainingsdocumenten van de piloten zijn geen bijzonderheden gebleken.

2.9 GEGEVENS VAN HET VLIEGTUIG

De Boeing 737 is een tweemotorig verkeersvliegtuig met in de cabine één gangpad met aan weerszijden twee of drie stoelen per rij. De Boeing 737-800 valt onder de categorie 'next generation' 737 modellen en kwam in april 1998 op de markt. Zie bijlage G voor meer gegevens over de Boeing 737-800.

Volgens het 'load & trim sheet'¹⁹ dat in het vliegtuig werd aangetroffen waren het vliegtuiggewicht en de zwaartepuntligging binnen de voorgeschreven limieten. Conform de voorschriften waren de passagiers gelijkmatig over de cabine verdeeld en was de bagage over de beide bagageruimten verdeeld. Er zijn geen aanwijzingen dat het vliegtuiggewicht en de zwaartepuntligging van invloed zijn geweest op het ontstaan van het ongeval.

In de onderhoudsdocumenten van het vliegtuig stonden geen gebreken of technische klachten vermeld, die nog verholpen dienden te worden.

2.10 METEOROLOGISCHE GEGEVENS

Voor de naderingsbriefing werd gebruik gemaakt van informatie verkregen via ATIS-bericht Echo. Het bericht meldde nevel en enige bewolking op 600 voet, zwaar bewolkt op 1100 voet en volledig bewolkt op 1300 voet en een zicht van 3500 meter. Het zou zwaar bewolkt worden op 600 voet en het zicht zou tijdelijk 2500 meter worden. ATIS-bericht Echo was geldig vanaf 09.39:26 uur. Daarna werden nog twee ATIS-berichten uitgezonden die niet werden uitgeluisterd door de bemanning. In bijlage D zijn de genoemde ATIS-berichten weergegeven.

Een weerrapport van het KNMI gaf aan dat er ten tijde van het ongeval enige bewolking aanwezig was op 700 voet hoogte. Het was zwaar bewolkt op 800 voet en volledig bewolkt tussen 1000 en 2500 voet. Het zicht bedroeg 4500 meter.

2.11 NAVIGATIEHULPMIDDELEN

Baan 18R is uitgerust met een instrumentlandingssysteem categorie III en met afstandsmeting-apparatuur.

Ten tijde van het ongeval was het instrumentlandingssysteem van baan 18R volledig operationeel categorie III.²⁰ Op de dag dat het ongeval plaatsvond, zijn er geen veranderingen in de status van het instrumentlandingssysteem opgetreden. Het localizer en het glide slope signaal van het instrumentlandingssysteem vertoonden voor, tijdens en na het ongeval geen afwijkingen. Vlak voor het ongeval zijn door bemanningen van andere vluchten die gebruik maakten van het instrumentlandingssysteem van baan 18R geen onregelmatigheden betreffende het systeem gemeld.

19 Een 'load & trim sheet' is het formulier dat de bemanning onder meer informatie verschaft over het vliegtuiggewicht, de passagiers-, bagage- en brandstofverdeling en de zwaartepuntligging.

20 Dit houdt in dat het instrumentlandingssysteem ook volledig operationeel was voor een categorie I nadering, die werd uitgevoerd door de piloten van vlucht TK1951. Bij een categorie I nadering wordt een hogere beslissingshoogte toegepast dan bij een categorie III nadering.

2.12 COMMUNICATIE

Tijdens de vlucht had de bemanning radiocontact met diverse luchtverkeersleiders. Opnamen van alle gesprekken tussen de bemanning en de luchtverkeersleiding in het Nederlandse luchtruim waren beschikbaar voor het onderzoek. Een transcript is opgenomen in bijlage H.

2.13 GEGEVENS LUCHTHAVEN

De luchthaven Schiphol wordt gebruikt voor civiel luchtverkeer. De luchthaven heeft één centraal gelegen terminal voor de passagiersafhandeling. De luchthaven ligt op 11 voet beneden gemiddeld zeeniveau.

Rondom de terminal liggen vier hoofdbanen. Een vijfde hoofdbaan (18R) ligt aan de westkant van de luchthaven. Een secundaire baan, hoofdzakelijk voor privé- en zakenluchtvaart, ligt aan de oostkant van de luchthaven.

2.14 VLUCHTREGISTRATIE-APPARATUUR

Het vliegtuig was uitgerust met een cockpit voice recorder en een flight data recorder. De flight data recorder werd bij het ongeval beschadigd, maar dit had geen consequenties voor het uitlezen. De cockpit voice recorder werd in onbeschadigde toestand aangetroffen.

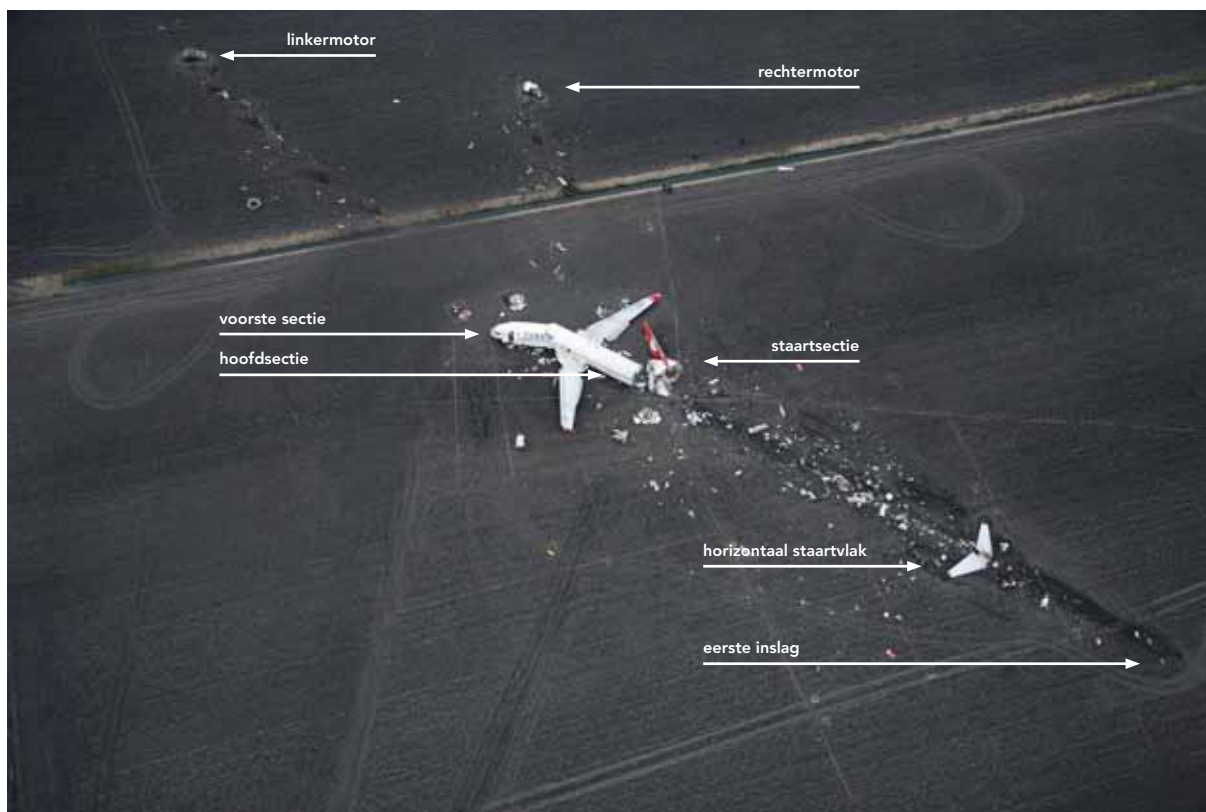
Op de flight data recorder stond 25 uur aan vluchtgegevens van negen vluchten en de ongevals-vlucht. Er zijn ongeveer 1100 parameters opgenomen. Met behulp van documentatie van Boeing werden de flight data recorder gegevens uitgelezen en geanalyseerd. Voor een grafische weergave van de relevante gegevens wordt verwezen naar bijlage I.

De geïnstalleerde cockpit voice recorder had een opslagcapaciteit van ongeveer twee uur. Na het uitlezen van de recorder kwamen twee bestanden van elk ongeveer twee uur en drie bestanden van de laatste 30 minuten (van hogere kwaliteit) beschikbaar voor onderzoek. Het geluid was van redelijke kwaliteit en bruikbaar voor onderzoek. Het transcript van de gesprekken in de cockpit tijdens de nadering is opgenomen in bijlage J.

2.15 GEGEVENS INZAKE HET WRAK EN DE INSLAG

De inslagsporen wezen uit dat het achterste deel van de romp het eerst de grond raakte. Door de lage voorwaartse snelheid die het vliegtuig had op het moment van de inslag, kwam het relatief snel tot stilstand in de akker. De bodemgesteldheid heeft mogelijk een extra remmende werking gehad.

Alle onderdelen van het vliegtuig zijn aangetroffen op de plaats van het ongeval en er zijn geen aanwijzingen dat tijdens de vlucht iets zou zijn afgebroken. Ook de flight data recorder en cockpit voice recorder data geven daar geen enkele aanwijzing voor.



Figuur 6: luchtfoto van het verongelukte toestel (Bron: KLPD)

2.16 MEDISCHE EN PATHOLOGISCHE INFORMATIE

De piloten waren in het bezit van een geldige medische verklaring. Uit het onderzoek naar mogelijk vermoeidheidsgerelateerde effecten zijn geen aanwijzingen van vermoeidheid gebleken (zie bijlage F). Ook zijn er geen aanwijzingen waaruit blijkt dat de drie piloten onder medische behandeling waren of medicijnen gebruikten voorafgaand aan het ongeval.

De afdeling pathologie van het Nederlands Forensisch Instituut voerde een sectie uit op de lichamen van de cockpitbemanning. Daaruit zijn geen lichamelijke afwijkingen naar voren gekomen die van invloed zouden kunnen zijn geweest op het ontstaan van het ongeval. Er zijn geen toxische stoffen aangetroffen die het functioneren van de piloten nadelig hadden kunnen beïnvloeden.

2.17 BRAND

Er zijn geen aanwijzingen die duiden op brand tijdens de vlucht of nadat het vliegtuig de grond raakte.

2.18 OVERLEVINGSASPECTEN

Het toestel werd door onderzoekers van de Onderzoeksraad aangetroffen met twee openstaande nooduitgangen boven de rechtervleugel en met de voorste nooduitgang boven de linkervleugel open. Ook stonden beide voorste cabinedeuren open. De staartsectie, waarin zich geen zitplaatsen bevonden, was afgebroken. De achterste cabinedeuren hierin stonden gedeeltelijk open.

Enkele passagiers verlieten het vliegtuig via de scheur in de rechterzijde van de romp voor de vleugel. De overige passagiers gebruikten de twee nooduitgangen boven de rechtervleugel, de voorste nooduitgang boven de linkervleugel en de opening achter in de hoofdsectie van de romp van het

vliegtuig. Uit beeldopnamen afkomstig van camera's van Rijkswaterstaat langs de snelweg A9 is gebleken dat de voorste cabinedeuren niet voor de evacuatie zijn gebruikt.

De noodglijbaan in de cabinedeur linksachter werd buiten het vliegtuig aangetroffen. Geen van de noodglijbanen in elk van de vier cabinedeuren was uitgevouwen na het openen of opengaan van de deuren. Er zijn geen aanwijzingen dat de cabinebemanning de noodglijbanen voor vertrek in Turkije niet gebruiksklaar heeft gezet. Evenmin zijn er aanwijzingen dat de noodglijbanen vlak voor of na het ongeval zijn gedeactiveerd. Er kon niet worden vastgesteld waarom de mechanismen om de noodglijbanen te ontvouwen niet zijn geactiveerd na het ongeval toen de deuren werden geopend. Dit had normaal gesproken wel moeten gebeuren.

In bijlage E worden de resultaten van een verkennende studie naar de overlevingsaspecten van het ongevalstoestel besproken.

2.19 TESTS EN NADERE ONDERZOEKEN

Tijdens het onderzoek vonden bij de diverse fabrikanten tests en deelonderzoeken plaats aan respectievelijk de vluchtbesturingscomputers, de vluchtmanagementcomputer²¹, de 'proximity switch electronics unit', de 'display electronic unit', de autothrottle en het radiohoogtemetersysteem. Zie bijlage A.

Voor de analyse van de nadering zijn diverse vluchtsimulatorsessies uitgevoerd. Voor een volledige reconstructie van de nadering is gebruik gemaakt van de Boeing 'Multi-Purpose Engineering Cab Simulator' (M-Cab).

Bij een tweetal Europese maatschappijen zijn de klachten en ervaringen betreffende problemen met radiohoogtemetersystemen nader onderzocht.

De onderzoeksresultaten zijn weergegeven in bijlagen L en M.

2.20 ORGANISATIE- EN MANAGEMENTINFORMATIE

In hoofdstuk 4 worden de betrokken partijen vermeld.

2.21 AANVULLENDE INFORMATIE

2.21.1 Motoren

Het onderzoek aan de motoren is op de ongevalslocatie uitgevoerd. Dit heeft geen aanwijzingen opgeleverd voor vogelaanvaringen of het afbreken van delen van de fanbladen, schoepen of motoronderdelen vóór impact met de grond. De vastgestelde schade aan de motoren is beoordeeld als gevolgschade. Brandsporen zijn niet aangetroffen.

In de brandstoftanks werd voldoende brandstof aangetroffen voor de vlucht.

Uit de gegevens van de flight data recorder blijkt dat de motoren op correcte wijze hebben gereageerd op de stuwkrachtcommando's van de autothrottle en de cockpitbemanning.

2.21.2 Soortgelijke radiohoogtemetersysteem gerelateerde incidenten

Uit onderzoek van de vluchtgegevens, afkomstig van de flight data recorder, bleek dat twee soortgelijke incidenten hadden plaatsgevonden met het ongevalstoestel op 23 en 24 februari 2009. In beide gevallen was de bemanning in staat de vlucht veilig voort te zetten, nadat één of beide van de geselecteerde automatische piloten en de autothrottle werden uitgeschakeld.

21 Deze computer helpt de piloten onder meer bij de navigatie van het vliegtuig en het plannen van de route.

Na het ongeval zijn vier soortgelijke incidenten onder de aandacht van de Onderzoeksraad gebracht. De bemanningen van deze vluchten, die plaatsvonden na 25 februari 2009, waren in staat het vliegtuig veilig te laten landen. In drie van de vier vluchten werden één of beide van de geselecteerde automatische piloten en de autothrottle uitgeschakeld. Bij één van de vier vluchten werd alleen de autothrottle uitgeschakeld. In alle gevallen bevond het vliegtuig zich op het glijpad en betrof het een stabiele nadering. Deze incidenten staan beschreven en worden geanalyseerd in bijlage N.

3 BEOORDELINGSKADER

3.1 ALGEMEEN

Een beoordelingskader vormt een essentieel onderdeel van een onderzoek van de Onderzoeksraad voor Veiligheid. Het geeft een omschrijving van de situatie zoals die op grond van regelgeving, richtlijnen en de invulling van de eigen verantwoordelijkheid mag worden verwacht. Door hieraan te toetsen en de afwijkingen te identificeren kan inzichtelijk gemaakt worden waar verbetering mogelijk is en/of aanvullingen noodzakelijk zijn.

Het beoordelingskader van de Raad bestaat uit drie delen. Het eerste deel betreft de wet- en regelgeving die van kracht is voor de burgerluchtvaart. Het tweede deel is gebaseerd op de internationale en nationale richtlijnen uit de branche alsmede interne bedrijfsrichtlijnen, handboeken en managementsystemen. Het derde deel beschrijft de verwachting van de Raad ten aanzien van de wijze waarop de betrokken partijen invulling geven aan de eigen verantwoordelijkheid voor veiligheid en veiligheidsmanagement.

In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen bindende wet- en regelgeving enerzijds en niet-bindende normen anderzijds. Veel van de internationale regelgeving is niet rechtstreeks bindend, maar wordt bindend als de regelgeving is geïmplementeerd in de nationale wetgeving. Omdat bedoelde implementatie in de Europese landen nagenoeg continu plaatsvindt, wordt dit soort internationale regelgeving geschaard onder de eerste categorie van bindende wet- en regelgeving.

3.2 WET- EN REGELGEVING

De regulering van de burgerluchtvaart is sterk internationaal georiënteerd. De basis voor dit deel van het referentiekader wordt daarom voornamelijk door de internationale regelgeving gevormd.

Internationale regelgeving

De voor dit onderzoek relevante internationale regelgeving omvat:

- 1 De 'Standards and Recommended Practices' (regels en aanbevolen werkwijzen) in de bijlagen bij het verdrag van Chicago van de internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO)
- 2 Verordeningen van de Europese Unie
- 3 Voorschriften van de Joint Aviation Authorities (JAA) met betrekking tot het gebruik van vliegtuigen ten behoeve van commercieel luchtvervoer
- 4 Certificeringseisen van de Federal Aviation Administration (FAA)

Ad. 1 De bijlagen bij het verdrag van Chicago

Bijna alle landen van de wereld zijn aangesloten bij het verdrag inzake de internationale burgerluchtvaart, het verdrag van Chicago. Het verdrag bevat beginselen en regelingen over tal van zaken die van belang zijn voor de ontwikkeling van de internationale burgerluchtvaart. Het vormt tevens de rechtsgrondslag voor de instelling van de ICAO. Het verdrag van Chicago kent een groot aantal bijlagen, waarin uiteenlopende onderwerpen met een grote mate van gedetailleerdheid zijn geregeld. Deze bijlagen hebben niet dezelfde bindende kracht als het verdrag zelf, maar spelen binnen de regulering van de internationale burgerluchtvaart wel een grote rol. De bijlagen bevatten onder meer de zogeheten Standards en Recommended Practices. De lidstaten zijn verplicht in ieder geval de Standards zo nauwgezet mogelijk in hun nationale wetgeving te implementeren. Wordt afgeweken van een Standard, dan moet dat worden gemeld aan de ICAO. Een Recommended Practice is een aanbevolen werkwijze die een lidstaat in de nationale wetgeving kan opnemen. Hiertoe bestaat echter geen verplichting en het niet opnemen van een werkwijze hoeft niet gemeld te worden, maar wordt wel aanbevolen.

Ad. 2 Verordeningen van de Europese Unie

De verordeningen van de Europese Unie zijn rechtstreeks van toepassing in de lidstaten. De verordeningen zijn - anders dan de EG-richtlijnen, waarbij de lidstaten verplicht zijn tot implementatie

van het betreffende onderwerp in de nationale wetgeving - in feite vergelijkbaar met wetgeving op nationaal niveau. De van belang zijnde verordeningen zijn:

Verordening EG 1702/2003 van 24 september 2003. Deze regelt de taken van EASA op het gebied van de certificering betreffende de (initiële) luchtwaardigheid en de milieucertificering van luchtvaartuigen en aanverwante producten, onderdelen en uitrustingsstukken, alsmede de certificering van ontwerp- en productieorganisaties. EASA is verantwoordelijk voor alle ontwerpgerelateerde onderwerpen, dus de certificering van producten, de uitgifte van zogenaamde Airworthiness Directives²² (AD's) en de certificering van en het toezicht op ontwerporganisaties. De nationale autoriteiten van de lidstaten zijn verantwoordelijk voor overige onderwerpen die in de verordening worden gereguleerd; de certificering van en het toezicht op onder andere productieorganisaties en de uitgifte van bewijzen van luchtwaardigheid.

Verordening EG 2042/2003 van 20 november 2003 betreffende de permanente luchtwaardigheid van luchtvaartuigen en van producten voor de luchtvaart, onderdelen en apparatuur, en de goedkeuring van organisaties en personeel dat daarbij is betrokken.

Ad. 3 Voorschriften van de Joint Aviation Authorities

De Joint Aviation Authorities (JAA) is een samenwerkingsverband tussen de nationale luchtvaartautoriteiten van een aantal landen, waaronder alle EU-landen en Turkije. De JAA is een aan de European Civil Aviation Conference (ECAC) verbonden orgaan. ECAC is een inter-Europees samenwerkingsverband binnen de ICAO. Doel van de JAA is de ontwikkeling en implementatie van gemeenschappelijke veiligheidsstandaards en -procedures voor de Europese luchtvaart. In feite gaat het om een uitwerking in Europees verband van de ICAO-voorschriften. De JAA vaardigt hiertoe zogeheten Joint Aviation Requirements (JAR's) uit. De JAR's zijn niet afdwingbaar: die afdwingbaarheid wordt pas gecreëerd met de implementatie van de JAR's in de nationale of Europese regelgeving. Op een deel van het oorspronkelijke werkterrein van de JAA is inmiddels EASA bevoegd als Europese luchtvaartautoriteit.

Turkije is geen lid van de EU. EASA is daarom niet actief in Turkije. De JAR-Operations 1 (JAR-OPS 1) en JAR-Flight Crew Licensing (JAR-FCL) vormen voor dit onderzoek de basis voor de nationale Turkse wetgeving betreffende het bedrijven van commercieel luchtvervoer. In de praktijk komt het erop neer dat de JAR-OPS 1 en JAR-FCL richtlijnen vrijwel letterlijk worden overgenomen, en onverkort van kracht zijn. JAR-OPS 1 bevat regels voor het bedrijven van commercieel luchtvervoer. JAR-FCL regelt de opleiding en brevettering van piloten en hierin zijn de eisen voor type kwalificatietraining opgenomen.

De EU-OPS (Verordening EG 859/2008) is op 16 juli 2008 in werking getreden en is in plaats getreden van JAR-OPS 1. EU OPS is rechtstreeks van toepassing binnen de EU-lidstaten. In zeven landen, waaronder Turkije, die aangesloten zijn bij de JAA maar geen lid zijn van de EU, blijven de JAR-OPS 1 regels van toepassing.

Ad. 4 Certificeringseisen van de Federal Aviation Administration

De basis waarop de Boeing 737 is goedgekeurd, volgt uit de Federal Aviation Regulations (FAR) van de Verenigde Staten. Hierin staan de eisen waaraan moet worden voldaan om een vliegtuig te certificeren. De FAR 25 (Airworthiness standards: Transport category airplanes) is het document op basis waarvan de Boeing 737 is gecertificeerd.

Deze regelgeving wordt verder toegelicht in bijlage O.

Nationale wetgeving

Dit betreft de Luchtvaartwet en de Wet luchtvaart en de daarbij horende regelingen. De Luchtvaartwet wordt geleidelijk vervangen door de Wet luchtvaart en doet in het kader van dit ongeval niet ter zake. Zowel de Luchtvaartwet als de Wet luchtvaart kennen een gelede normstelling, dat wil zeggen dat naast algemene bepalingen in deze wetten, onderwerpen nader zijn uitgewerkt in uitvoeringsbepalingen.

22 Een 'Airworthiness Directive' is een bindend voorschrift van de verantwoordelijke autoriteit voor certificering aan de fabrikant en/of eigenaar van een vliegtuig inzake een veiligheidsprobleem met een bepaald type vliegtuig, motor, navigatie/communicatie- of ander systeem.

Wet Luchtvaart

De voor dit onderzoek belangrijkste bepalingen zijn gesteld in de Wet luchtvaart:

- Hoofdstuk 5: Luchtverkeer, luchtverkeersbeveiliging en luchtverkeersbeveiligingsorganisatie
- Hoofdstuk 8: Luchthavens

Luchtverkeersreglement

De voorschriften met betrekking tot luchtverkeersdienstverlening zijn nader uitgewerkt in een uitwerkingsbepaling van het Luchtverkeersreglement: de Regeling Luchtverkeersdienstverlening. In deze regeling worden onder andere de aankomst- en vertrekprocedures van de luchthaven Schiphol vastgesteld.

3.3 HANDBOEKEN

Boeing

Vliegtuighandboek

Bij de Boeing 737-800 hoort het door de Federal Aviation Administration (FAA) van de Verenigde Staten goedgekeurde vliegtuighandboek (Aircraft Flight Manual (AFM)). Hierin staan onder andere de beschrijving van het vliegtuig, de normale procedures, de noodprocedures en de prestaties.

Vlieghandboek Boeing 737-8F2

Op basis van het AFM geeft Boeing ook het vlieghandboek (Flight Crew Operations Manual (FCOM)) uit voor het type Boeing 737-800. Het doel van het FCOM is:

- het verstrekken van operationele procedures, prestaties en systeeminformatie die de cockpitbemanning nodig heeft voor een veilige en efficiënte vluchtuitvoering met een Boeing 737
- het gebruik als uitgebreid handboek tijdens de conversietraining voor de Boeing 737
- het gebruik als naslagwerk tijdens herhalingstrainingen en vaardigheidstests
- het verstrekken van de benodigde operationele gegevens uit het vliegtuighandboek
- het vaststellen van standaardprocedures en -toepassingen om Boeing's beleid aangaande de vluchtuitvoering te bevorderen

Het FCOM bestaat uit twee delen en het Quick Reference Handbook (QRH). Deel I bevat algemene informatie, normale procedures, aanvullende procedures en informatie die de cockpitbemanning nodig heeft indien er geen vluchtondersteuning vanaf de grond is. Deel II gaat over het vliegtuig en de systemen. In het QRH staan alle checklists voor normale en afwijkende procedures en prestatiegegevens tijdens de vlucht beschreven.

Flight Crew Training Manual

Het Flight Crew Training Manual (FCTM) bevat informatie en aanbevelingen over manoeuvres en technieken. Het bevat informatie ter ondersteuning van de procedures die in de FCOM staan beschreven en technieken om de piloot te ondersteunen deze procedures veilig en efficiënt uit te voeren. Het FCTM wordt alleen tijdens de type kwalificatietraining en mogelijk bij de herhalingstraining gebruikt en kan niet tot de parate kennis van piloten worden gerekend.

Het FCTM bevat adviezen over de volgende onderwerpen die relevant zijn voor het ongeval:

- Hoofdstuk 1 Oproepen en automatische piloot vluchtaanwijzingssysteem richtlijnen
- Hoofdstuk 5 Aanbevelingen voor gestabiliseerde nadering en nadering
- Hoofdstuk 7 Herstelprocedure voor een overtreksituatie en herstel van een volledig ontwikkelde overtrek
- Hoofdstuk 8 Richtlijnen voor abnormale situatie

Minimum uitrustingslijst

Ingevolge JAR-OPS 1.030 moet de exploitant van een luchtvaartmaatschappij voor elk vliegtuig een minimum uitrustingslijst (Minimum Equipment List (MEL)) vaststellen die moet zijn goedgekeurd door de nationale luchtvaartautoriteit. Deze lijst geeft aan welke systemen ten minste moeten werken wanneer een vlucht wordt aangevangen. De aard van de vlucht en de verwachte weersomstandigheden zijn van invloed op de benodigde minimale status van vliegtuigsystemen.

Basis minimum uitrustingslijst

De luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten geven de basis minimum uitrustingslijst (Master Minimum Equipment List (MMEL)) uit voor de Boeing 737-800. De MEL is gebaseerd op de MMEL, en is aangepast aan de wensen van de maatschappij en dient te allen tijde te voldoen aan de MMEL.

Dispatch Deviation Guide

Boeing geeft de Dispatch Deviation Guide (DDG) uit. Deze bevat praktische procedures voor onderhoudstechnici en piloten, gebaseerd op de MEL.

Turkish Airlines

Ingevolge JAR-OPS 1 (Aeroplanes), heeft Turkish Airlines in een aantal documenten de normen en procedures van het bedrijf beschreven. Dit zijn onder andere het Operations Manual, waarin onder meer de standaard operationele procedures staan beschreven, en de Boeing 737 MEL. Beide documenten zijn goedgekeurd door de Turkse luchtvaartautoriteiten en worden toegelicht in bijlage O.

Luchtverkeersleiding Nederland

De voorschriften en procedures voor Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) staan, naast de regels en aanbevolen werkwijzen van de internationale burgerluchtvaartorganisatie ICAO, vermeld in de Europese regelgeving, de nationale wetgeving en in interne richtlijnen. Daarnaast geeft Luchtverkeersleiding Nederland namens de Nederlandse luchtvaartautoriteiten de zogeheten Aeronautical Information Publication Netherlands uit.

Voorschriften Dienst Verkeersleiding

Alle procedures, werkwijzen, regelgeving en voorschriften die het uitvoerend personeel nodig heeft om veilig en efficiënt zijn taak te kunnen uitvoeren, staan samengevat beschreven in de Voorschriften Dienst Verkeersleiding (VDV). Dit is een intern document. De VDV schrijven voor hoe door LVNL de luchtverkeersleiding in Nederland moet worden uitgevoerd. De VDV bestaan uit acht delen. Het deel dat voor dit onderzoek van belang is, is de VDV 2: Schiphol Tower/Approach. De relevante hoofdstukken van de VDV 2 zijn:

- Hoofdstuk 2 Algemeen
- Hoofdstuk 7 Runway control
- Hoofdstuk 8 Approach control
- Hoofdstuk 10 Noodprocedures

Aeronautical Information Publication

De Aeronautical Information Publication (AIP) is de luchtvaartgids ten behoeve van alle luchtvaardenden. Hierin staan onder andere de Nederlandse wet- en regelgeving, de vluchtprocedures en informatie over luchthavens en luchtvaartterreinen, inclusief luchtverkeersleidingsprocedures en aankomst- en vertrekprocedures. Elke wijziging in regelgeving, procedures of informatie wordt in de AIP verwerkt.

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 vijf aandachtspunten worden nader toegelicht in bijlage O.

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

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de partijen die een rol bij het ongeval hebben gespeeld.

4.1 BEMANNING VLUCHT TK1951

Gezagvoerder

Overeenkomstig de Europese voorschriften is de gezagvoerder verantwoordelijk voor een veilige vluchttuitvoering. Hij mag tijdens de vlucht afwijken van de maatschappijvoorschriften, operationele procedures en methodes, indien hij dit in het belang van de veiligheid noodzakelijk acht. Tijdens vlucht TK1951 vervulde de gezagvoerder tevens de rol van instructeur.

Eerste officier

De eerste officier is verantwoordelijk voor de assistentie van de gezagvoerder in zijn taak een veilige vluchttuitvoering te bewerkstelligen. Daarbij neemt hij de aanwijzingen van de gezagvoerder in acht. De eerste officier moet de kritische fasen van de vlucht monitoren (als hij de ondersteunende taken uitvoert) en dient de gezagvoerder over elke afwijking van de regels te informeren. Indien nodig moet hij de beslissing van de gezagvoerder ter discussie stellen in het belang van de veiligheid. In geval van het onwel worden van de gezagvoerder neemt de eerste officier de taken van de gezagvoerder over.

Veiligheidspiloot

Een piloot die bevoegd is voor een specifiek type vliegtuig en die aan boord van het vliegtuig is tijdens een 'lijnvlucht onder supervisie' (LIFUS) om de positie over te kunnen nemen van de gezagvoerder of van de piloot onder supervisie wanneer één van beiden niet in staat is zijn taken uit te voeren. De rol van de veiligheidspiloot is het waarnemen van de LIFUS en hij is verantwoordelijk voor het adviseren van de gezagvoerder in geval er onregelmatigheden worden geconstateerd. Voor aanvang van een LIFUS dient de gezagvoerder de veiligheidspiloot te instrueren welke assisterende taken hij mag uitvoeren.

Cabinebemanning

De cabinebemanning is, onder leiding van de purser, verantwoordelijk voor de veiligheid van de passagiers tijdens de vlucht. In een noodsituatie assisteren de leden van de cabinebemanning de passagiers en bereiden zij hen voor op een eventuele evacuatie.

4.2 TURKISH AIRLINES

Turkish Airlines is een luchtvaartmaatschappij, opgericht in 1933 en gevestigd in Istanbul. Het is de nationale maatschappij van Turkije en vliegt naar ruim 170 bestemmingen in Europa, het Midden-Oosten, het Verre Oosten, Afrika en de Verenigde Staten. De thuisbasis is de luchthaven Istanbul Atatürk in Istanbul. De maatschappij beschikte ten tijde van het ongeval over een vloot van 134 Boeing- en Airbus-vliegtuigen, waaronder 52 Boeing 737-800 vliegtuigen.

Turkish Airlines is als houder van een vergunning tot vluchttuitvoering, ingevolge JAR-OPS 1, verantwoordelijk voor de vluchttuitvoering en het onderhoud van vliegtuigen. Alle functies en verantwoordelijkheden van functionarissen staan beschreven in het Operations Manual deel A van Turkish Airlines.

De algemeen verantwoordelijke persoon binnen Turkish Airlines volgens de JAA regelgeving is de verantwoordelijke manager. Hij is er voor verantwoordelijk dat alle operationele en onderhoudswerkzaamheden worden gefaciliteerd en uitgevoerd overeenkomstig de wet- en regelgeving. Tevens is hij algemeen verantwoordelijk voor de uitvoering van het kwaliteitssysteem.

Ten tijde van het ongeval werd Turkish Airlines geleid door een raad van bestuur met daaraan rapporterend een uitvoerende commissie en een verantwoordelijke manager, de zogenoemde Accountable Manager. De maatschappij bestaat uit directoraten die geleid worden door directeuren.

De directeuren van de directoraten 'Flight Operations', 'Maintenance', 'Flight Training', 'Ground Operations', 'Quality Assurance', 'Flight Safety' en 'Security' zijn benoemd als zogeheten 'nominated postholder'. Deze zijn verantwoordelijk voor het management van, en toezicht op, hun eigen directoraat, zoals omschreven in de JAA regelgeving.

4.3 TURKISH TECHNIC INC.

Turkish Technic Inc. is verantwoordelijk voor de uitvoering van het onderhoud en de reparatie van vliegtuigen van Turkish Airlines en is opgericht in 2006. Het is een 100% dochteronderneming van Turkish Airlines. De onderneming is gevestigd in Istanbul en is de grootste vliegtuigonderhoud- en vliegtuigreparatie-organisatie in de regio. Het bedrijf is voor het uitvoeren van vliegtuigonderhoudswerkzaamheden gecertificeerd door het Europees agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart, de Joint Aviation Authorities, de Federal Aviation Administration van de Verenigde Staten en het Directorate General of Civil Aviation van Turkije.

4.4 MINISTERIE VAN TRANSPORT (TURKIJE)

Het Directorate General of Civil Aviation (DGCA) van het Turkse Ministerie van Transport is de verantwoordelijke autoriteit voor de veiligheid op het gebied van luchtvaart in Turkije en onder andere verantwoordelijk voor het toezicht op Turkish Airlines en Turkish Technics Inc. Het DGCA toetst of de maatschappij voldoet aan de Turkse regelgeving en de JAR-voorschriften. Tevens is het verantwoordelijk voor de uitgifte van de brevetten van de Turkish Airlines bemanningen, bewijzen van luchtwaardigheid en bewijzen van inschrijving van vliegtuigen.

4.5 BOEING

Boeing is de fabrikant van onder andere de Boeing 737-800. Boeing ontwerpt en bouwt vliegtuigen, assembleert onderdelen en aanverwante systemen en is verantwoordelijk voor de voortdurende luchtwaardigheid. Boeing voorziet eigenaren en/of gebruikers van Boeing-vliegtuigen van informatie betreffende geconstateerde gebreken (defecten of fouten) aan de vliegtuigen en componenten daarvan. Deze gebreken worden aan Boeing gemeld door de gebruikers van de vliegtuigen. Boeing is verplicht bepaalde defecten en fouten aan de Federal Aviation Administration (FAA) te rapporteren. Als de FAA vaststelt dat de gebreken voor een onveilige situatie zorgen en dat hetzelfde probleem zich waarschijnlijk voordoet of zal ontwikkelen in andere vliegtuigen van het zelfde type-ontwerp, dan zal de FAA een Airworthiness Directive (AD) uitbrengen. Deze AD bepaalt eventuele inspecties die moeten worden uitgevoerd, voorwaarden of beperkingen waaraan moet worden voldaan en eventuele maatregelen die moeten worden genomen om de onveilige situatie op te lossen. Boeing steunt de FAA in het vaststellen en definiëren van de acties die de AD voorschrijft.

4.6 FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (VERENIGDE STATEN)

De Federal Aviation Administration (FAA) is verantwoordelijk voor de veiligheid van de luchtvaart in de Verenigde Staten, met specifieke regelgevende en uitvoerende taken op het gebied van de luchtvaartveiligheid. De FAA is onder andere belast met de certificering van luchtvaartproducten en de organisaties die betrokken zijn bij het ontwerp, de productie en het onderhoud van die producten. Deze certificeringsactiviteiten zijn een middel om te waarborgen dat wordt voldaan aan de normen voor luchtwaardigheid en milieubescherming. De FAA is onder andere verantwoordelijk voor de certificering van de Boeing-producten, waaronder de Boeing 737-800. Tevens is zij samen met EASA verantwoordelijk voor de certificering van de CFM 56-7B26 motoren, waarmee het ongevals-vliegtuig was uitgerust. De FAA geeft Airworthiness Directives uit met maatregelen die moeten worden genomen in het kader van de voortdurende luchtwaardigheid of wanneer dit in verband met vliegveiligheid noodzakelijk is.

4.7 EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY

Het Europees agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) is een agentschap van de Europese Unie (EU) met specifieke regelgevende en uitvoerende taken op het gebied van de luchtvaartveiligheid. Het agentschap is onder andere belast met de certificering van luchtvaartproducten en van organisaties die betrokken zijn bij het ontwerp, de productie en het onderhoud hiervan. Deze certificeringsactiviteiten zijn een middel om te waarborgen dat wordt voldaan aan de normen voor luchtwaardigheid en milieubescherming. De FAA Boeing 737-800 certificering is gevalideerd door de JAA. EASA heeft de resultaten van de JAA-validatie overgenomen. De validatie van de FAA-certificering van de CFM 56-7B26 motoren is gedaan door de Franse luchtvaartautoriteiten (DGAC). Het agentschap heeft de resultaten van de DGAC-validatie overgenomen. Er bestond geen JAA-validatie van de betreffende motor. EASA geeft ook Airworthiness Directives uit met maatregelen die moeten worden genomen in het kader van de voortdurende luchtwaardigheid of wanneer dit in verband met vliegveiligheid noodzakelijk is.

4.8 MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT

Het overheidstoezicht op het luchtverkeer in het vluchtinformatiegebied Amsterdam berust bij de Inspectie Verkeer en Waterstaat van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. De Inspectie Verkeer en Waterstaat is belast met het toezicht op luchtvaartuigen die in Nederland zijn geregistreerd en voert steekproefsgewijs inspecties uit bij luchtvaartuigen met een buitenlands registratiekenmerk die zich op een Nederlandse luchthaven bevinden. Ook is de Inspectie Verkeer en Waterstaat belast met het toezicht op Luchtverkeersleiding Nederland. Zij toetst procedures aan de nationale en internationale wetgeving. Om de dagelijkse gang van zaken bij Luchtverkeersleiding Nederland te beoordelen, voert de Inspectie Verkeer en Waterstaat audits uit. Naast het toezicht wordt vanuit de Inspectie Verkeer en Waterstaat concreet vorm gegeven aan de bevordering van de luchtvaartveiligheid door middel van vergunningverstrekking en certificering.

4.9 LUCHTVERKEERSLEIDING NEDERLAND

Luchtverkeersleiding Nederland is een zelfstandig bestuursorgaan dat valt onder de verantwoordelijkheid van de minister van Verkeer en Waterstaat. Luchtverkeersleiding Nederland is belast met het bevorderen van een zo groot mogelijke veiligheid van het luchtverkeer in het vluchtinformatiegebied Amsterdam. Dit gebied strekt zich uit boven het Nederlandse grondgebied en een groot deel van de Noordzee. Luchtverkeersdiensten worden verleend in het belang van de algemene luchtverkeersveiligheid en een veilig, ordelijk en vlot verloop van het luchtverkeer.²³ Bij het geven van luchtverkeersdienstverlening op de luchthaven Schiphol dient te worden voldaan aan de regels voor het route- en baangebruik en heeft Luchtverkeersleiding Nederland een gedeelde zorgplicht ten aanzien van het verdelen van geluidsbelasting over wettelijke handhavingpunten rondom de luchthaven. De luchtverkeersdienstverlening bestaat uit drie taken: luchtverkeersleiding, vluchtinformatie en alarmering.

23 Wet luchtvaart, hoofdstuk 5, Luchtverkeer, luchtverkeersbeveiliging en luchtverkeersbeveiligingsorganisatie.

5 ANALYSE

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt het ongeval geanalyseerd. Hierbij komen de volgende onderwerpen aan de orde: de techniek, de luchtverkeersleiding, beschikbare informatie met betrekking tot het automatische vluchtsysteem, het onderscheppen van het localizer- en glide slope signaal, de uitvoering van de landingchecklist, de snelheidsafname tijdens de ILS-nadering, een gestabiliseerde nadering versus het afbreken van de nadering, lijnvlucht onder supervisie, afroepen van flight mode annunciations, de herstelprocedure, crew resource management, training, veiligheidsborging Turkish Airlines, certificering, toezicht en overlevingsaspecten. Ter afsluiting worden de maatregelen beschreven die de betrokken partijen hebben genomen na het ongeval.

5.2 TECHNIEK

5.2.1 Radiohoogtemetersysteem algemeen

Het radiohoogtemetersysteem aan boord van de Boeing 737-800 bestaat uit twee autonome systemen, een linker- en een rechtersysteem. Elk systeem bestaat uit een separate zend- en ontvangstantenne die via bekabeling zijn verbonden met een computer. De hoogtewaarden afkomstig van het linker- en het rechtersysteem worden respectievelijk op de linker en de rechter primary flight display weergegeven als deze waarden tussen -20 en 2500 voet bedragen. Diverse vliegtuigsystemen maken gebruik van de gemeten radiohoogte.

De radiohoogtemetercomputer stuurt via de zendantenne continu signalen naar de grond en de teruggekaatste signalen worden waargenomen door de ontvangstantenne. Op basis van de kortste tijd die daarvoor nodig is, berekent de radiohoogtemetercomputer de hoogte van het vliegtuig boven de grond. Het radiohoogtemetersysteem is zodanig geïjkt dat wanneer het landingsgestel van het vliegtuig tijdens de landing de baan raakt, de afgelezen hoogte 'nul' voet is. Als het vliegtuig zich op de grond bevindt (met het neuswiel op de grond), dan bedragen de valide waarden -2 tot -6 voet.

In de radiohoogtemetercomputer wordt de gemeten radiohoogte gekoppeld aan een zogenoemd 'label'. Dit label (validiteitskenmerk) zegt iets over de bruikbaarheid van de radiohoogtewaarde. De hoogte en bruikbaarheid van de gegevens worden via een databus naar andere systemen gestuurd, waaronder de autothrottle.

In beginsel bestaan er drie mogelijkheden om de radiohoogtewaarde te kenmerken:

- 'normaal' (bruikbaar): er zijn geen fouten gedetecteerd en de data wordt als bruikbaar beschouwd. Vliegtuigsystemen maken gebruik van de hoogte-informatie.
- 'fail warn' (niet bruikbaar): als gevolg van een storing in het radiohoogtemetersysteem markeert de radiohoogtemetercomputer het signaal als onbetrouwbaar. Op de primary flight display in de cockpit verschijnt dan een zogenoemde vlag waarschuwing. Vliegtuigsystemen maken in deze situatie geen gebruik van de gemeten radiohoogte.
- 'non computed data' (niet bruikbaar): het radiohoogtemetersysteem werkt weliswaar correct, maar het ontvangen signaal is te zwak voor gebruik. Omdat er geen storing is, wordt ook geen waarschuwing weergegeven maar de radiohoogte wordt evenmin zichtbaar gemaakt. Dit gebeurt tijdens iedere vlucht wanneer het vliegtuig zich boven het hoogtebereik van het radiohoogtemetersysteem bevindt. Vliegtuigsystemen maken in deze situatie ook geen gebruik van de gemeten radiohoogte.

5.2.2 Ongevalsvlucht

Tijdens de nadering, waarbij gebruik werd gemaakt van het instrumentlandingsstelsel, bleek dat het linker radiohoogtemetersysteem plotseling een foutieve hoogte aangaf van -8 voet op de linker primary flight display. De waarde -8 voet komt in de praktijk nooit voor, maar past wel binnen het (ontwerp)hoogtebereik van het radiohoogtemetersysteem.

De term 'foutief' wordt in dit rapport gebruikt om aan te duiden dat een *gemeten* radiohoogte niet overeenkomt met de *werkelijke* hoogte van het vliegtuig boven het onderliggende terrein.

Omdat de foutieve radiohoogte lager was dan de vereiste limiet van 27 voet voor de autothrottle om in de 'retard flare' modus te komen en er aan de overige (in paragraaf 2.2.4 beschreven) voorwaarden werd voldaan, bracht de autothrottle tijdens de nadering de motorstuwkracht terug naar 'idle'. Dit was vooruitlopend op de 'touchdown' (wielen op de baan), waarbij de gashendels helemaal terug worden getrokken door de autothrottle.

Dit was mogelijk omdat het linker radiohoogtemetersysteem de gemeten hoogten (inclusief de waarde -8) als 'normaal' (bruikbaar) had gekenmerkt. Onder deze voorwaarde kan de autothrottle, evenals andere systemen aan boord, deze hoogtewaarde gebruiken. De 'retard flare' modus werd op de primary flight display weergegeven als 'RETARD'. Tegelijkertijd volgde de rechter automatische piloot, die gegevens van het rechter radiohoogtemetersysteem gebruikte, het glide slope signaal. Het vliegtuig nam een steeds hogere neusstand aan om het glijpad te volgen en de vliegsnelheid liep terug.

5.2.3 De historie van de problemen met radiohoogtemetersystemen bij Turkish Airlines

Het verongelukte vliegtuig werd in 2002 afgeleverd en was het 25^e vliegtuig van de eerste serie van 26 Boeing 737-800 vliegtuigen die tussen 1998 en 2003 door Boeing aan Turkish Airlines werd geleverd. De problematiek met radiohoogtemetersystemen binnen de Boeing 737-800 vloot van Turkish Airlines speelde al vele jaren. Dit kwam onder andere tot uitdrukking in de communicatie tussen Turkish Airlines en Boeing in de periode van 2001 tot en met 2003, waarin Turkish Airlines de problemen aankaartte. De meest voorkomende klachten waren onder meer fluctuerende en negatieve radiohoogten (zoals -8 voet), het activeren van het landingsgestelwaarschuwingssysteem, het uitvallen van de automatische piloten en waarschuwingen van het ground proximity warning system.

Vanaf medio 2002 bracht de maatschappij het probleem onder de aandacht in het zogenoemde 'fleet team resolution process', een forum voorgezeten door Boeing waarin luchtvaartmaatschappijen ervaringen en problemen kunnen delen en bespreken. Uit het forum bleek dat ook andere maatschappijen dezelfde problemen met het radiohoogtemetersysteem hadden. Turkish Airlines en andere maatschappijen behandelden de problemen als een technisch probleem en niet als een veiligheidsprobleem. In december 2002 werd het onderwerp van het forum verwijderd zonder dat de problemen waren opgelost. Wel werd als gevolg van de forumdiscussie de onderhoudshandleiding van Boeing voor storingen, het zogenoemde Fault Isolation Manual aangepast. Hierin staat een lijst opgenomen van mogelijke oorzaken (storingen of onregelmatigheden van andere componenten of in andere systemen), waardoor bijvoorbeeld het landingsgestelwaarschuwingssysteem een foutsignaal kan afgeven. Een onvolkomenheid in het radiohoogtemetersysteem werd als mogelijke oorzaak aan deze lijst toegevoegd.

In de periode 2002 tot 2006 verzocht Boeing aan Turkish Airlines gegevens uit de flight data recorder op te sturen voor analyse. De oorzaak van de klachten kon echter niet achterhaald worden. Later verschoof de communicatie van Turkish Airlines met Boeing grotendeels naar de leverancier en fabrikant van de antennes. Het terugsturen en testen van enkele antennes leverde uiteindelijk niets op.

Turkish Airlines vermoedde, op basis van zijn ervaringen, dat corrosie op de antennes en de verbindingstukken door invloed van vocht, de bron van de problemen was. In de communicatie tussen Boeing en Turkish Airlines gaf de fabrikant aan dat interferentie ook een mogelijke oorzaak kan zijn voor fluctuerende radiohoogtewaarden. In december 2003 gaf Boeing in een Service Letter²⁴ te kennen geen bezwaar te hebben tegen het installeren van pakkingen tussen de antennes van het radiohoogtemetersysteem en de romp om het binnendringen van vocht in de antennes tegen te gaan. Turkish Airlines begon, na afstemming met Boeing²⁵, met de installatie van pakkingen op haar vliegtuigen in april 2004.

In februari 2007 gaf de afdeling Reliability die onder Turkish Technic Inc. valt een (interne) 'alert notification' af voor de radiohoogtemetersystemen.²⁶ Het gevolg was uiteindelijk dat pakkingen

24 737 Service Letter 20-045-A, uitgegeven 16 december 2003, met een 'No Technical Objection (NTO)' voor pakkingen.

25 Het betrof in dit verband een evaluatie van Boeing en Turkish Airlines, te weten de 'Airlines Operational Performance Evaluation Meetings'.

26 Zie bijlage P voor een beschrijving van het betrouwbaarheids-monitoringprogramma dat door de afdeling Reliability wordt toegepast.

versneld werden geïnstalleerd. In oktober 2008 werd het ongevalstoestel uitgerust met pakkingen en eind 2008 was de gehele Boeing 737-800 vloot voorzien. Vanaf 11 februari 2009 begon het traject om vochtwerende kousen op de connectors aan te brengen, de antenne-connectors op vocht te controleren en de kleppen die vocht onder in de romp afvoeren te inspecteren. Tevens verzocht Boeing ervaringen door te geven voor een inventarisatie van de problemen.²⁷

Algemene ervaringen uit het onderhoud lieten zien dat door antennes te vervangen, slecht werkende radiohoogtemetersystemen vaak daarna weer functioneerden. Sommige verwijderde antennes zijn nader getest, maar dat leverde geen inzicht op waarom klachten zich hadden voorgedaan. In sommige andere gevallen, waarbij antennes soms niet meer aan de gestelde specificaties voldeden, werd tijdens de test niettemin een juiste hoogte gemeten. Volgens Boeing functioneerden radiohoogtemetersystemen ook beter nadat pakkingen waren aangebracht, omdat klachten daarna afnamen. De Onderzoeksraad heeft dit ook geconstateerd bij Turkish Airlines in het onderzoek naar problemen met de radiohoogtemetersystemen, want de eerste resultaten lieten ook daar een, zij het lichte, afname in het aantal radiohoogtemetersysteemklachten zien. Door deze afname, en omdat behalve de bestaande procedures geen additionele procedures van de fabrikant ter beschikking stonden, heeft Turkish Airlines pakkingen versneld aangebracht voor de hele Boeing 737-800 vloot. Dit heeft het probleem echter niet opgelost. Ondanks het onderling verwisselen of vervangen van vele antennes en pakkingen die werden aangebracht, bleven de problemen met foutieve radiohoogtewaarden bestaan.

Uit de onderhoudsdocumentatie van Turkish Airlines blijkt dat in de periode januari 2008 tot februari 2009, 235 radiohoogtemetersysteemstoringen van de 52 Boeing 737-800 vliegtuigen werden gerapporteerd. Zestien daarvan kwamen van het ongevalstoestel. De verbeteracties die werden uitgevoerd staan vermeld in de onderstaande tabel.

Verbeteracties januari 2008 tot februari 2009		
Verbeteracties	B737-800 vloot (52)	TC-JGE
Antenne vervangen	57	3
Antennes onderling gewisseld	24	2
Schoongemaakt	8	1
Systeem opnieuw opgestart	49	5
Computers onderling gewisseld	44	2
Computer vervangen	15	0
Getest	35	3
Anders	3	0
Totaal	235	16

Tabel 1: uitgevoerde acties naar aanleiding van onregelmatigheden in radiohoogtemetersystemen (bron: Turkish Technics Inc.)

Het is vrijwel onmogelijk de juiste maatregelen te nemen als de oorzaak van de storing niet kan worden geïdentificeerd, vooral als de radiohoogtemetercomputer met de interne zelftest²⁸ geen storingen aangeeft. In de onderhoudsdocumentatie werden verscheidene zelftesten aangetroffen die succesvol waren verlopen, zonder dat de oorzaak van de storing was gevonden. Opgemerkt dient te worden dat ook de uitkomst van de zelftest van de linker radiohoogtemetercomputer van het ongevalstoestel na het ongeval goed was, ondanks dat die tijdens de ongevalsvlucht een foutieve waarde van -8 voet aangaf.

Voor het opsporen van onregelmatigheden in de werking van het radiohoogtemetersysteem kan het interne geheugen van de radiohoogtemetercomputer worden benut. Volgens de fabrikant van

27 737 NG Fleet Team Digest 34-09001, uitgegeven 11 februari 2009, met een 'No Technical Objection' voor kousen.

28 Een zelftest is een ingebouwde test waarmee de computer zichzelf toetst op fouten en een correcte werking.

radiohoogtemetercomputers hebben maatschappijen de mogelijkheid het interne geheugen uit te lezen. Deze onderhoudsactie ligt overigens niet voor de hand wanneer de zelftest van de radiohoogtemetercomputer tot een goede uitkomst heeft geleid.

Uit de geraadpleegde onderhoudsdocumentatie van het ongevalstoestel is niet gebleken dat Turkish Technic Inc. in de periode januari 2008 tot februari 2009 het interne geheugen van één van de radiohoogtemetercomputers heeft gedownload en geanalyseerd ten behoeve van het opsporen van storingen. Turkish Technic Inc. onderkende dat gebruikmaking van de interne geheugens bijdraagt aan een effectievere 'troubleshooting'. Echter, het onderzoek van de Onderzoeksraad laat zien dat het huidige onderhoudssysteem bij maatschappijen, met name in het lijnonderhoud, hier niet op is ingesteld. Voor het opsporen van storingen wordt dan vaker gekozen om componenten te wisselen, om hiermee te bekijken of de klacht meeverhuist. Geconcludeerd wordt dat hoewel er meer informatie beschikbaar was, hier in het onderhoud geen gebruik van werd gemaakt. Bestaande onderhoudsprocedures zijn niet toereikend gebleken om klachten aan radiohoogtemetersystemen effectief te bestrijden.

Geconcludeerd wordt dat Turkish Airlines, net zoals andere maatschappijen, reeds vele jaren binnen de Boeing 737-800 vloot problemen had met radiohoogtemetersystemen. De maatschappij trachtte de problemen te verhelpen door deze met Boeing en de fabrikant van de antennes van het radiohoogtemetersysteem te bespreken. Tot het ongeval richtte het bestrijden van problemen van radiohoogtemetersystemen zich voornamelijk op de veronderstelde vochtwerking en corrosie op antennes en connectors. Met het aanbrengen van pakkingen en vochtwerende kousen werd naar alle waarschijnlijkheid wel bijgedragen aan het tegengaan van corrosie maar het kon het ontstaan van foutieve radiohoogtemetingen niet voorkomen. Hoewel het bekend was dat het vervangen van antennes in het algemeen de problemen oploste, werd er geen permanente oplossing gevonden. Omdat de problemen binnen Turkish Airlines als een technisch probleem werden gezien en niet als een veiligheidsrisico, werden de piloten niet geïnformeerd over de problematiek. Dit bleek ook het geval bij andere luchtvaartmaatschappijen waar informatie over problemen met radiohoogtemetersystemen werd opgevraagd.

5.2.4 Gerapporteerde radiohoogtemeterproblemen binnen Turkish Airlines

In het kader van het onderzoek zijn ook de gegevens afkomstig van de quick access recorder²⁹ (QAR) van het ongevalstoestel geanalyseerd. De gegevens laten over een periode van tien maanden zien dat 148 keer foutieve radiohoogtewaarden optraden (1143 vluchten). Slechts een klein deel van deze voorvallen werd door piloten gemeld als een technische storing in het technische klachtenboek en hebben geleid tot verbeteracties zoals weergegeven in tabel 1. Ook bij andere luchtvaartmaatschappijen bleek uit analyse van vluchtdata dat het aantal keren dat een foutieve radiohoogte optrad in één van de radiohoogtemetersystemen een veelvoud was van wat door piloten werd gemeld. QAR gegevens werden bij Turkish Airlines niet gebruikt als een primaire bron voor onderhoud.

Omdat in sommige gevallen de foutieve radiohoogten meer dan 2500 voet waren, wat buiten het bereik valt dat aan de bemanning wordt getoond, kon dit niet door hen worden waargenomen. In andere gevallen werd de foutieve radiohoogte wel weergegeven maar werd deze mogelijk niet gezien door de piloten of traden er geen bijzonderheden op. Pas nadat een foutieve radiohoogte resulteerde in ingrijpende effecten op de vluchtuitvoering, werd een melding opgeschreven in het technisch klachtenboek. Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn dat wat werd waargenomen, niet van belang werd gevonden en daarom niet werd opgeschreven.

Op de flight data recorder van het ongevalstoestel zijn gegevens van vluchten waarbij soortgelijke problemen tijdens de vlucht optraden gevonden (zie bijlage N). Tijdens deze vluchten werd de 'retard flare' modus geactiveerd in de nadering tussen 500 en 2500 voet. De betrokken vliegtuigbemanningen gaven aan dat de onregelmatigheden niet reproduceerbaar bleken te zijn op de grond en/of zich tijdens hun terugvluchten niet opnieuw hadden voorgedaan. De bemanningen hadden het voorval daarom niet gerapporteerd in het technische klachtenboek. Geconcludeerd wordt dat het technisch klachtenboek een beperkt middel is om het aantal klachten aan radiohoogtemetersystemen in kaart te brengen. Het onderzoeksteam trof vergelijkbare

29 De quick access recorder is te vergelijken met de flight data recorder, maar is niet gebouwd en gecertificeerd om impact en brand als gevolg van een ongeval te doorstaan.

ervaringen aan bij andere luchtvaartmaatschappijen (zie bijlage L).

Tevens wordt geconcludeerd dat met het niet melden van problemen informatie verloren gaat en dat uiteindelijk op die manier naast de betrokken luchtvaartmaatschappij ook de vliegtuigfabrikant niet volledig bewust wordt gemaakt van het aantal significante problemen en voorvallen. Omdat een risico-analyse deels is gebaseerd op het melden van voorvallen, beïnvloedt het 'niet melden' onbedoeld ook de mate waarin Boeing in staat wordt gesteld de omvang van een potentieel probleem te bepalen.

5.2.5 Veiligheidsmanagementsysteem Boeing

Op jaarbasis komen ongeveer 400.000 meldingen (onregelmatigheden of problemen in uiteenlopende gradaties) van luchtvaartmaatschappijen bij Boeing binnen, waarvan er ongeveer 13.000 betrekking hebben op de Boeing 737 NG.

Uit de door Boeing zelf aangeleverde informatie blijkt dat vanaf eind 2007 en in 2008 het aantal meldingen van piloten over foutieve radiohoogten die een effect hadden op het automatische vluchtsysteem van de Boeing 737 NG vloot toenam, zie tabel 2.

Jaar	Boeing 737 NG vliegtuigen	Effect op het automatische vluchtsysteem	Activeren van 'retard flare' modus
1999	890.000	0	0
2000	1.763.000	0	0
2001	2.498.000	0	0
2002	3.269.000	5	0
2003	3.931.000	8	5
2004	4.757.000	4	0
2005	5.456.000	4	0
2006	6.284.000	2	0
2007	7.282.000	8	0
2008	7.980.000	15	2
2009 ³⁰	Niet beschikbaar	9	5

Tabel 2: aantal vliegtuigen en meldingen die zijn gerapporteerd met betrekking tot foutieve radiohoogten die een invloed hadden op het automatische vluchtsysteem van de Boeing 737 NG vloot (Bron: Boeing)

Middels een bulletin³¹ probeerde Boeing de kwaliteit van de ontvangen informatie te verhogen en de luchtvaartmaatschappijen van richtlijnen te voorzien voor het melden.

In 2008 waren 15 van de 2569 meldingen die radiohoogtemetersysteem gerelateerd waren, van invloed op het gedrag van het automatische vluchtsysteem. Twee hiervan hadden betrekking op de autothrottle met activering van de 'retard flare' modus tot gevolg. Boeing schatte in dat er in 2008 456 voorvallen plaatsvonden, waarbij een foutieve radiohoogtewaarde werd geleverd door één van beide radiohoogtemetersystemen, zonder dat er een foutmelding verscheen op de primary flight display.³² In het kader van dit onderzoek zijn alleen aan de Boeing 737 NG gerelateerde meldingen onderzocht.

In het kader van de zorgplicht van Boeing naar zijn klanten en het toezicht hierop door de Federal Aviation Administration (FAA) moeten gemelde problemen worden geanalyseerd. In het geval ze een onveilige situatie opleveren, moeten maatregelen worden genomen. Boeing heeft met de FAA afspraken gemaakt om de genoemde zorgplicht in te vullen en een systeem opgezet dat uit de volgende hoofdonderdelen bestaat:

30 Gegevens tot 6 juli 2009.

31 Het betreft hier Bulletin Board item 3674 uitgegeven in december 2008.

32 Boeing schatte in dat er in 2008 2075 afwijkingen van radiohoogten waren, waarbij een foutmelding verscheen op de primary flight display of er sprake was van een niet functionerend radiohoogtemetersysteem.

- Methoden om de in gebruik zijnde vloot continu te monitoren.
- Processen voor de technische evaluatie van gegevens en informatie om potentiële veiligheidsrisico's te identificeren.
- Besluitvormingsproces, dat Engineering Investigation Boards en Safety Review Boards omvat, om de resultaten van veiligheidsanalyses te gebruiken en deze formeel te beoordelen en te classificeren en de gevallen te identificeren die corrigerende acties vereisen om de veiligheid van de in gebruik zijnde vloot te beschermen. Een vertegenwoordiger van de FAA wordt standaard als waarnemer uitgenodigd voor zowel de Engineering Investigation Board als de Safety Review Board vergaderingen.
- Een proces om corrigerende acties voor de vloot te ontwikkelen en in te zetten.

Bovenstaande punten worden met de FAA afgestemd en bevindingen worden met de betreffende luchtvaartmaatschappijen gecommuniceerd. Boeing gebruikt specifieke criteria om rapportages van specifieke voorvallen te evalueren met het doel potentiële veiligheidsrisico's vast te stellen. De Boeing-criteria zijn strikter dan de door de FAA voorgeschreven criteria voor voorvallen die een vliegtuigfabrikant verplicht is te melden aan de FAA.

Volgens Boeing voldeden de problemen met radiohoogtemetersystemen niet aan de criteria om te worden besproken, tenzij de fout een ander systeem negatief beïnvloedt, zoals het automatisch terugtrekken van de gashendels tijdens de ongevalsvlucht.

In 2003 stelde een luchtvaartmaatschappij die met de Boeing 737 vloog een vraag aan Boeing over een passage in het Flight Crew Operating Manual betreffende het gebruik van de automatische piloot met een niet functionerend radiohoogtemetersysteem. Deze vraag had tot gevolg dat in januari 2004 de Dispatch Deviation Guide werd aangepast. In dit handboek werd de procedure toegevoegd dat wanneer *voorafgaand* aan de vlucht een radiohoogtemetersysteem niet werkt, de daaraan gekoppelde automatische piloot en de autothrottle niet mogen worden gebruikt tijdens de nadering en de landing.

Tijdens een vergadering van de Safety Review Board in juni 2004 werden twee meldingen uit 2003 besproken van een luchtvaartmaatschappij die met de Boeing 737 vloog. Bij het betreffende vliegtuig was in twee gevallen tijdens de nadering op een hoogte van respectievelijk 2100 en 1200 voet een negatieve radiohoogtewaarde weergegeven (-7 en -8 voet) en was de 'retard flare' modus van de autothrottle geactiveerd. Ook klonk de landingsgestelwaarschuwing zonder aanwijsbare reden in één van de gevallen. De betreffende maatschappij had meerdere malen problemen met het radiohoogtemetersysteem ervaren en aangegeven. Boeing concludeerde, na statistische analyse en het uitvoeren van vluchtsimulatortesten, dat het geen veiligheidsprobleem betrof. Voor zover de Onderzoeksraad heeft kunnen vaststellen was deze conclusie gebaseerd op de redenering van Boeing dat de kans op zo'n voorval onder 500 voet bijzonder klein is. Bovendien was Boeing van mening dat de piloten voldoende waarschuwingen en aanwijzingen krijgen om tijdig in te grijpen, de situatie te herstellen en veilig te landen. Boeing beschouwde het radiohoogtemetersysteem als nauwkeuriger naarmate het vliegtuig zich dichterbij de grond bevindt, waardoor de kans op problemen kleiner werd geacht.

In juni 2005 werd een vergelijkbaar voorval met een Boeing 737-800 besproken in de Engineering Investigation Board. Bij dit incident ging de neusstand van het vliegtuig omhoog terwijl het vliegtuig zich nog op 2400 voet boven de grond bevond. De bemanning greep in door de automatische piloot uit te schakelen en met handbesturing te landen. Onderzoek van dit incident wees uit dat een vroegtijdige 'flare' werd geïnitieerd als gevolg van een foutieve radiohoogtewaarde. Bij dit incident werd geen melding gemaakt van een autothrottle 'retard flare' modus. Boeing concludeerde nogmaals dat er geen sprake was van een veiligheidsprobleem. Er werd echter wel aanbevolen om het filter aan te passen in de software van de radiohoogtemetercomputer waardoor de kans op een foutief signaal werd geminimaliseerd.

Geconcludeerd wordt dat problemen met radiohoogtemetersystemen vaker voorkwamen en zich niet beperkten tot alleen Turkish Airlines.

Hoewel Boeing en de FAA al jarenlang op de hoogte waren van het feit dat het radiohoogtemetersysteem problemen opleverde en andere systemen beïnvloedde, is dit niet aangemerkt als een veiligheidsprobleem. De meldingen van problemen met radiohoogtemetersystemen rechtvaardigden

een hernieuwde analyse van het radiohoogtemetersysteem. Opgemerkt wordt dat Boeing wellicht eerder tot het inzicht was gekomen voor een hernieuwde analyse indien Boeing significant meer meldingen had ontvangen. Wel werd als onderdeel van een algemene software-update de besturingssoftware van de autothrottle aangepast om de gevolgen van foutieve radiohoogte-waarden tegen te gaan. De invloed van foutieve radiohoogtewaarden op andere systemen werd daar niet mee voorkomen.

De Raad gaf Boeing in overweging de in de Dispatch Deviation Guide genoemde procedure ook *tijdens* de vlucht van toepassing te laten zijn. Boeing gaf aan dat een dergelijke bepaling niet in een storingschecklist in het Quick Reference Handbook (QRH) moet worden opgenomen vanwege de redenen die reeds zijn vermeld in paragraaf 1.2.4.

Hoewel het QRH wellicht niet het juiste medium is om een dergelijke procedure in op te nemen, is de Raad van mening dat relevante informatie had moeten worden gecommuniceerd. De gevolgen van een foutief radiohoogtesignaal en het onveilige autothrottle-ontwerp hadden in 2004 moeten leiden tot de conclusie dat er sprake was van een veiligheidsprobleem. Een reactie van Boeing zou zijn geweest het uitgeven van een waarschuwing aan alle gebruikers. Een waarschuwing kan bijvoorbeeld door middel van een 'operations manual bulletin' en is gebruikelijk in gevallen waarin vliegtuigsystemen anders functioneren dan verwacht mag worden. Deze informatie had vervolgens in het Flight Crew Operation Manual kunnen worden opgenomen.

5.2.6 *Technisch onderzoek radiohoogtemetersysteem*

De in het vliegtuig aangetroffen antennes en radiohoogtemetercomputers met bijbehorende serienummers en posities kwamen overeen met de onderhoudsadministratie en bijbehorende luchtwaardigheidsdocumenten. Als gevolg van het ongeval bleken beide zendantennes, een ontvangstantenne en de bekabeling zodanig beschadigd te zijn dat deze niet meer volledig getest en onderzocht konden worden. De niet beschadigde ontvangstantenne van het linkersysteem is uitvoerig getest en bleek goed te functioneren. Als gevolg van de schade die is ontstaan bij het ongeval zijn de resultaten van de uitgevoerde testen ontoereikend om het ontstaan van foutieve radiohoogtewaarden tijdens de ongevalsvlucht te verklaren.

De radiohoogtemetercomputers van het linker- en rechtersysteem zijn afzonderlijk getest. Alhoewel er diverse foutmeldingen werden gevonden in de geheugens van de computers, functioneerden de computers naar behoren. Uit de tests kon de plotselinge verandering van de radiohoogte niet worden verklaard.

Vervolgens is het radiohoogtemetersysteem in zijn geheel getest. Hierbij werd gebruik gemaakt van de oorspronkelijke ontvangstantenne (van het linkersysteem) en radiohoogtemetercomputers en nieuwe kabels en antennes. In deze configuratie functioneerde het systeem naar behoren en kon de plotselinge hoogteverandering niet worden verklaard. Voor details betreffende het technisch onderzoek, zie bijlage L.

De fabrikant van de radiohoogtemetercomputers verklaarde dat de -8 waarde tijdens de ongevalsvlucht het gevolg kon zijn van 'direct coupling'.³³ In zijn visie zijn condities met sneeuw of ijs te samen met corrosie op antennes en connectors, omstandigheden die kunnen bijdragen aan 'direct coupling'.

Geconcludeerd wordt dat er op basis van de uitgevoerde onderzoek en tests geen eenduidige oorzaak is gevonden voor het ontstaan van de foutieve radiohoogtewaarden.

5.2.7 *Automatische vluchtsystemen*

Geschiedenis automatisch vluchtsysteem van de Boeing 737 NG

De bij het ongeval betrokken Boeing 737-800 kwam begin 2002 van de productielijn en was uitgerust met een autothrottle gemaakt door fabrikant Smiths (nu GE Aviation) en twee vluchtbesturingscomputers gemaakt door de fabrikant Honeywell. Deze combinatie is vanaf de introductie van de Boeing 737 NG in 1997 tot en met 2003 ingebouwd.

33 Het signaal van het zendgedeelte van het radiohoogtemetersysteem gaat direct naar het ontvangstgedeelte van het systeem zonder dat het eerst via de grond wordt teruggekaatst.

Om computers te laten werken is besturingssoftware benodigd. Om de werking en het gebruik van het automatische vluchtsysteem te verbeteren, worden software-updates ontwikkeld. Er zijn voor de Smiths autothrottle in de periode van 1997 tot en met 2002 drie software-updates uitgebracht. Er zijn geen updates van de besturingssoftware voor de Smiths autothrottle uitgekomen sinds de ingebruikname van het ongevalstoestel.

De Federal Aviation Administration (FAA) van de Verenigde Staten of andere luchtvaartautoriteiten kunnen besturingssoftware-updates verplicht stellen middels een Airworthiness Directive. Wanneer dit niet gebeurt, is het aan de vliegtuigmaatschappij om al dan niet gebruik te maken van een besturingssoftware-update. Geen van de Smiths autothrottle software-updates zijn door de FAA of andere luchtvaartautoriteiten verplicht gesteld.

Vanaf 2003 is in nieuwe Boeing 737 NG's het Enhanced Digital Flight Control System (EDFCS) van Rockwell Collins ingebouwd waarbij de autothrottlecomputer is geïntegreerd. Voor het EDFCS zijn in de periode van 2003 tot 2009 vier besturingssoftware-updates uitgebracht. In deze periode heeft de FAA één update van de besturingssoftware verplicht gesteld.³⁴

EDFCS Autothrottlesoftware met 'vergelijker' functie

Als onderdeel van een besturingssoftware-update werd in het Rockwell Collins EDFCS een functie ingebouwd om de linker en rechter radiohoogtewaarden te vergelijken. De kans op activering van een ongewenste 'retard flare' modus werd daardoor gereduceerd. Alleen wanneer het verschil tussen beide radiohoogtewaarden niet meer dan 20 voet is, kan de autothrottle 'retard flare' modus worden geactiveerd. De problemen met het radiohoogtemetersysteem bleven bestaan.

De verbeterde software voor het Rockwell Collins EDFCS werd vanaf 2006 in nieuwe vliegtuigen geïnstalleerd. De oudere generatie vliegtuigen die met een Smiths autothrottle was uitgerust (ongeveer 1200 vliegtuigen, waaronder het ongevalstoestel) konden geen gebruik maken van deze update. De besturingssoftware van de verschillende fabrikanten is niet onderling uitwisselbaar.

Aan Turkish Airlines zijn twee series van 26 Boeing 737-800 vliegtuigen geleverd. De eerste serie was uitgerust met de Smiths autothrottle, de tweede serie met de Rockwell Collins EDFCS autothrottle. Alleen de laatste twaalf vliegtuigen van deze tweede serie van 26 zijn met een 'vergelijker' geleverd.³⁵ In 2006 publiceerde Boeing een Service Letter waarin luchtvaartmaatschappijen, waaronder Turkish Airlines, werd geadviseerd hoe ze de EDFCS besturingssoftware met een 'vergelijker' konden verkrijgen. Het gebruik van de EDFCS besturingssoftware met een 'vergelijker' was echter niet verplicht gesteld door de FAA of een andere luchtvaartautoriteit.

Naar aanleiding van het ongeval heeft Boeing aangekondigd te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om de GE Aviation, voorheen Smiths, autothrottle uit te gaan voeren met een 'vergelijker'.

Onderzoek automatische vluchtsystemen

Zoals eerder gemeld zijn na het ongeval vier soortgelijke voorvallen, waarbij de 'retard flare' modus werd geactiveerd op een hoogte van meer dan 27 voet³⁶, onder de aandacht van de Onderzoeksraad gebracht (zie bijlage N). Net zoals bij vlucht TK1951, werd bij deze voorvallen de 'retard flare' modus geactiveerd op een radiohoogte die niet overeenkwam met de werkelijke hoogte waarop het vliegtuig vloog boven het onderliggende terrein. Hierbij ging het om de autothrottle van Smiths en het Rockwell Collins EDFCS. Hieruit volgt dat het onbedoeld activeren van de 'retard flare' modus niet was beperkt tot de Smiths autothrottle.

Naar aanleiding van bovenstaande bevindingen is een testprogramma opgesteld voor de bestaande besturingssoftwareversies van de autothrottle en vluchtbesturingscomputers voor de Boeing 737 NG vliegtuigen. Er bestaan in totaal acht gecertificeerde softwareversies: vier voor de Smiths en vier voor het Rockwell Collins EDFCS. Hierbij werd de reactie van de autothrottle en vluchtbesturingscomputers op een negatieve radiohoogtewaarde (foutieve waarde) met validiteitskenmerk 'normaal' of 'non computed data' geobserveerd. Ook is gekeken naar de mogelijkheden hoe de 'retard flare' modus kan worden gedeactiveerd. Dit laatste bleek mogelijk. Het testprogramma en de resultaten zijn opgenomen in bijlage Q.

34 Het betrof software versie 110 (P1.1) van Rockwell Collins.

35 Onderhoudspersoneel van Turkish Technic Inc. heeft verklaard onbekend te zijn met het verschil tussen de eerste en tweede serie Boeing 737-800 vliegtuigen die aan Turkish Airlines waren geleverd.

36 Normaal zou de 'retard flare' modus niet boven de 27 voet geactiveerd kunnen worden.

De tests van de Smith autothrottle en Honeywell vluchtbesturingscomputers hebben aangetoond dat:

- De autothrottle op een 'normaal' en 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde reageerde zoals deze is ontworpen en bedoeld is te functioneren.
- De linker radiohoogtemetercomputer van vlucht TK1951 tenminste enkele negatieve radiohoogtemeterwaarden als 'normaal' moet hebben gekenmerkt op het moment dat de 'retard flare' modus op de flight data recorder werd opgenomen.

Met de tests van de Rockwell Collins EDFCS autothrottle en vluchtbesturingscomputers is aangetoond dat:

- De (gecertificeerde) Rockwell Collins EDFCS besturingssoftware gebruik maakt van 'non computed data' gekenmerkte radiohoogten om de 'retard flare' modus te activeren. Dit is niet zoals het systeem is ontworpen en bedoeld is te functioneren.
- De Rockwell Collins EDFCS besturingssoftware met een 'vergelijker' functie niet altijd een ongewenste 'retard flare' modus kan voorkomen.

Voorts is vastgesteld dat de 'retard flare' modus tijdens de vlucht ongedaan kan worden gemaakt. Het ongedaan maken kan worden uitgevoerd door de piloot en/of door commando's afkomstig van de autothrottlecomputer conform de 'retard flare' modus logica.

Geconcludeerd wordt dat het Rockwell Collins EDFCS gebruik maakt van 'non computed data' gekenmerkte radiohoogte, terwijl dit kenmerk dat juist moet voorkomen. Dit wordt als een onveilige situatie beschouwd. Daarnaast wordt geconcludeerd dat de besturingssoftware met een 'vergelijker' niet kon worden gebruikt in de gehele Boeing 737 NG vloot. De invoering van de besturingssoftware met een 'vergelijker' heeft de ongewenste 'retard flare' modus niet volledig uitgebannen.

Ook wordt geconcludeerd dat niet alle gecertificeerde Boeing 737 besturingssoftwareversies van de autothrottle en vluchtbesturingscomputers op dezelfde manier op een 'foutief' radiohoogtesignaal reageren. Dit is een onwenselijke situatie, in het bijzonder wanneer verschillend reagerende versies binnen een luchtvaartmaatschappij vóórkomen en de piloten hierover niet zijn geïnformeerd.

5.3 LUCHTVERKEERSLEIDING

5.3.1 *Turbulentie veroorzaakt door voorafgaand verkeer*

Vlucht TK1951 naderde de luchthaven Schiphol vanuit het oosten. Even hiervoor naderde een Boeing 757 de luchthaven vanuit het westen. De Boeing 757 zou vóór vlucht TK1951 gaan landen op baan 18R. Volgens internationale en nationale voorschriften moet de minimum afstand tussen een Boeing 757 en een Boeing 737 tijdens de nadering 5 NM zijn. Dit is om te voorkomen dat het vliegtuig dat achter de Boeing 757 vliegt hinder ondervindt van de zogturbulentie,³⁷ veroorzaakt door de Boeing 757. Op het moment dat vlucht TK1951 toestemming kreeg de nadering aan te vangen, was de afstand tussen de beide vliegtuigen circa 6,5 NM. Tijdens de nadering liep de afstand tussen beide vliegtuigen terug tot circa 5,5 NM. Er werd dus gedurende de nadering voldaan aan de eerdergenoemde minimum afstand. Gegevens afkomstig van de flight data recorder tonen aan dat er geen corrigerende sturbewegingen werden gemaakt tijdens de nadering als reactie op eventuele zogturbulentie.

Er zijn geen aanwijzingen dat eventuele zogturbulentie veroorzaakt door de Boeing 757 van invloed is geweest op het verloop van vlucht TK1951.

5.3.2 *Het oplijnen van vlucht TK1951*

Van de naderingsverkeersleiding kreeg vlucht TK1951 in eerste instantie de opdracht volgens de voor baan 18R gepubliceerde aanvliegroute naar het navigatiepunt ARTIP boven de Flevopolder te vliegen. Even later kreeg vlucht TK1951 de opdracht naar het navigatiebaken Spijkerboor (SPY) te vliegen. Vanaf dit moment week de vlucht af van de zogenoemde standaard aanvliegroute die voorafgaande de nadering door de eerste officier was gebriefd.

37 Zogturbulentie is de turbulentie die ontstaat in het kielzog van een vliegtuig. Hoe zwaarder het vliegtuig, hoe groter de turbulentie.

Opgemerkt moet worden dat een dergelijke standaard aanvliegeroute slechts in uitzonderlijke gevallen wordt gebruikt, bijvoorbeeld bij het verlies van radiocommunicatie. Het is gebruikelijk dat de luchtverkeersleiding de naderende vliegtuigen voor de luchthaven Schiphol instructies geeft met betrekking tot de koers, snelheid en hoogte, zodat het vliegtuig het localizersignaal van het betreffende instrumentlandingssysteem kan onderscheppen. Dit om een vlottere verkeersstroom te bewerkstelligen. Op de kaart die door de piloten voor de nadering werd gebruikt, stond dan ook vermeld dat de primaire wijze van navigatie naar de luchthaven is gebaseerd op koersaanwijzingen die door de luchtverkeersleiding worden gegeven. Dit is een werkwijze die wereldwijd wordt toegepast en dit was ook het geval voor vlucht TK1951. Vervolgens kreeg de vlucht de koersinstructie 265 graden en de instructie naar 2000 voet te dalen.

In het algemeen zijn bij het oplijnen van vliegtuigen voor een nadering met het instrumentlandingssysteem twee fasen te onderscheiden: het onderscheppen van het localizersignaal en het onderscheppen van het glide slope signaal.

De internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) geeft de volgende richtlijnen betreffende het oplijnen van vliegtuigen voor de eindnadering door de luchtverkeersleiding (zie bijlage R):

8.9.3.6 Aircraft vectored for final approach should be given a heading or a series of headings calculated to close with the final approach track. The final vector shall enable the aircraft to be established in level flight on the final approach track prior to intercepting the specified or nominal glide path if an MLS, ILS or radar approach is to be made, and should provide an intercept angle with the final approach track of 45 degrees or less.

Vertaling:

8.9.3.6 Vliegtuigen die naar een eindnadering worden gedirigeerd, zouden een koers of een aantal koersen moeten krijgen die aansluiten op het eindnaderingspad. De laatste opgedragen koers moet het vliegtuig in staat stellen om horizontaal te vliegen op het eindnaderingspad voordat het omschreven of nominale glijpad wordt onderschept wanneer een MLS, ILS of radarnadering wordt gevlogen, en zou een onderscheppingshoek met het eindnaderingspad moeten opleveren van 45 graden of minder.

5.4.2.1 The intermediate approach altitude/height generally intercepts the glide path/MLS elevation angle at heights from 300 m (1000 ft) to 900 m (3000 ft) above runway elevation. In this case, for a 3° glide path, interception occurs between 6 km (3 NM) and 19 km (10 NM) from the threshold.

Vertaling:

5.4.2.1 De voorlaatste naderingshoogte onderschept het glijpad/MLS elevatiehoek op hoogtes van 300 meter (1000 voet) tot 900 meter (3000 voet) boven de baan. In dit geval vindt de onderschepping voor een 3 graden glijpad tussen de 6 km (3 NM) en 19 km (10 NM) van de baandrempel plaats.

5.4.2.2 The intermediate approach track or radar vector is designed to place the aircraft on the localizer or the MLS azimuth specified for the final approach track at an altitude/height that is below the nominal glide path/MLS elevation angle.

Vertaling:

5.4.2.2 Het voorlaatste naderingspad of radarkoers is bedoeld om het vliegtuig op de localizer of MLS azimuth voor het eindnaderingspad te plaatsen, op een hoogte welke onder de glijpad/MLS elevatie hoek is.

De Voorschriften Dienst Verkeersleiding (VDV) van Luchtverkeersleiding Nederland schrijven voor dat het onderscheppen van het localizer signaal bij naderingen op 2000 voet, op minimaal 8 NM van de baandrempel en onder het glijpad moet plaatsvinden.³⁸ (zie bijlage R)

De aanbevolen werkwijze van ICAO benadrukt het horizontaal vliegen op de eindnaderingskoers voordat het glijpad³⁹ van onderaf wordt onderschept. De VDV leggen de nadruk op afstanden in combinatie met hoogten. De ICAO-richtlijn dat een vliegtuig in staat moet worden gesteld op de eindnaderingskoers horizontaal te vliegen, voordat het glijpad wordt onderschept is niet in de VDV opgenomen. Echter het oplijnen van vliegtuigen die zich op 2000 voet bevinden op een afstand van minimaal 8 NM van de baandrempel garandeert dat vliegtuigen in de gelegenheid worden gesteld horizontaal te vliegen op de eindnaderingskoers alvorens het glijpad van onderaf wordt onderschept en is daarmee in lijn met de door ICAO voorgeschreven werkwijze.

De VDV staan ook toe vliegtuigen tussen 8 en 5 NM van de baandrempel op te lijnen. Volgens de VDV kan een korte indraai worden aangeboden om de vluchtafhandeling zo efficiënt mogelijk te laten verlopen.⁴⁰ In de VDV wordt ook vermeld dat het localizersignaal onder het glijpad moet worden onderschept om de kans op een doorstart zo klein mogelijk te maken.

Toepassing van een korte indraai houdt in dat het onderscheppen van het localizersignaal tussen 8 en 5 NM van de baandrempel plaatsvindt. Hiermee is niet gegarandeerd dat het vliegtuig het glijpad van onderaf onderschept. Wanneer een vliegtuig een hoogte van 2000 voet aanhoudt zal het glijpad van onderaf worden aangevlogen als de localizer op 6,2 NM of grotere afstand van de baandrempel wordt onderschept. Wanneer de localizer tussen 6,2 en 5 NM van de baandrempel wordt onderschept, moet het vliegtuig beneden 2000 voet vliegen om het glijpad van onderen te kunnen onderscheppen. De VDV-instructie het vliegtuig een klaring te geven om te dalen beneden de 2000 voet zonder hierbij een specifieke hoogte te noemen, garandeert echter niet dat het vliegtuig het glijpad van onderaf onderschept. Hoe korter de afstand tot de baandrempel hoe lager het vliegtuig zal moeten vliegen om aan deze voorwaarde te voldoen.

Volgens ICAO-richtlijnen eindigt het verlenen van koersinstructies door de luchtverkeersleiding op het moment dat het vliegtuig de laatste opgedragen koers verlaat om de eindnadering in te zetten. Met andere woorden, de verkeersleiding heeft een verantwoordelijkheid om het vliegtuig naar het eindnaderingsegment te leiden en de vliegtuigbemanning is verantwoordelijk voor de uitvoering van de eindnadering. De bemanning kan te allen tijde een nadering om veiligheidsredenen weigeren of afbreken en een doorstart maken.

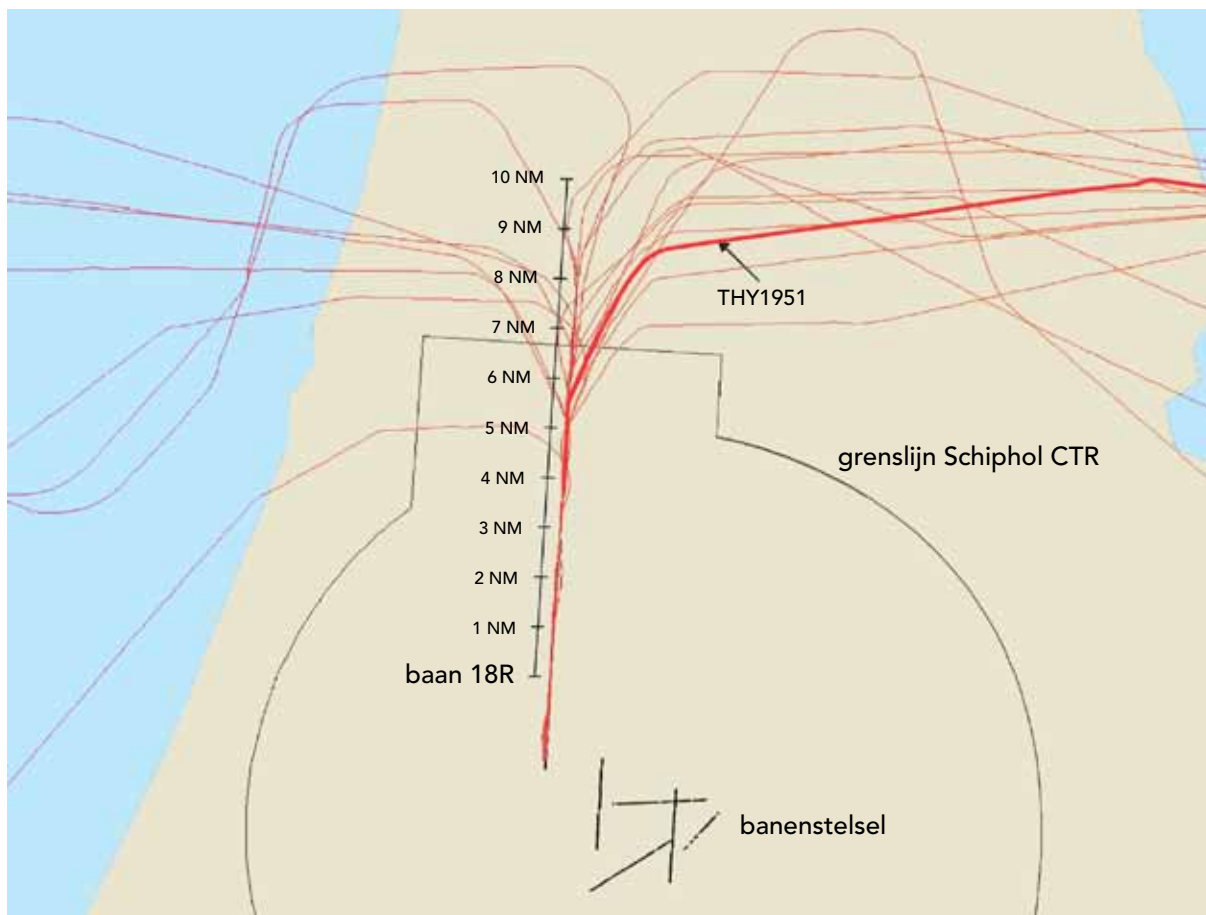
De verkeersleider die vlucht TK1951 afhandelde, combineerde de verkeersleiding van het vertrekkende en het binnenkomende verkeer. Op dat moment waren er één landingsbaan (18R) en twee startbanen (24 en 18L) in gebruik. De wijze waarop vlucht TK1951 naar baan 18R werd geleid, was niet afwijkend van de wijze waarop ander verkeer dat uit oostelijke richting kwam, naar baan 18R werd geleid; zie figuur 7. Omdat het verkeersaanbod aan het toenemen was, had een andere verkeersleider plaatsgenomen zodat de begeleiding van het verkeer in de Schiphol TMA 1 gesplitst kon gaan worden. De reden voor het afsplitsen is het verdelen van de werkdruk en het creëren van ruimte op de radiofrequentie. De verkeersleiders hadden afgesproken dat zij dit één vlucht na vlucht TK1951 zouden doen.

De naderingsverkeersleider verklaarde dat hij de intentie had om vlucht TK1951 het localizersignaal tussen de 8 en 5 NM en het glijpad van onder te laten onderscheppen. Door de schaal⁴¹ die de verkeersleider op zijn radarbeeld geselecteerd had, was het moeilijk te zien op welke exacte afstand het vliegtuig het localizersignaal zou gaan onderscheppen. Hij gaf opdracht om koers 210 graden te gaan vliegen. Door de heersende wind op 2000 voet resulteerde deze koersinstructie in een grondkoers van 202 graden (zie figuur 8). Hieruit volgde dat de localizer op 5,5 NM van de baandrempel werd onderschept.

39 Op 2000 voet ligt het snijpunt met het glijpad op 6,2 NM van de baandrempel.

40 VDV, hoofdstuk 8.05 (minimum vectoring altitudes).

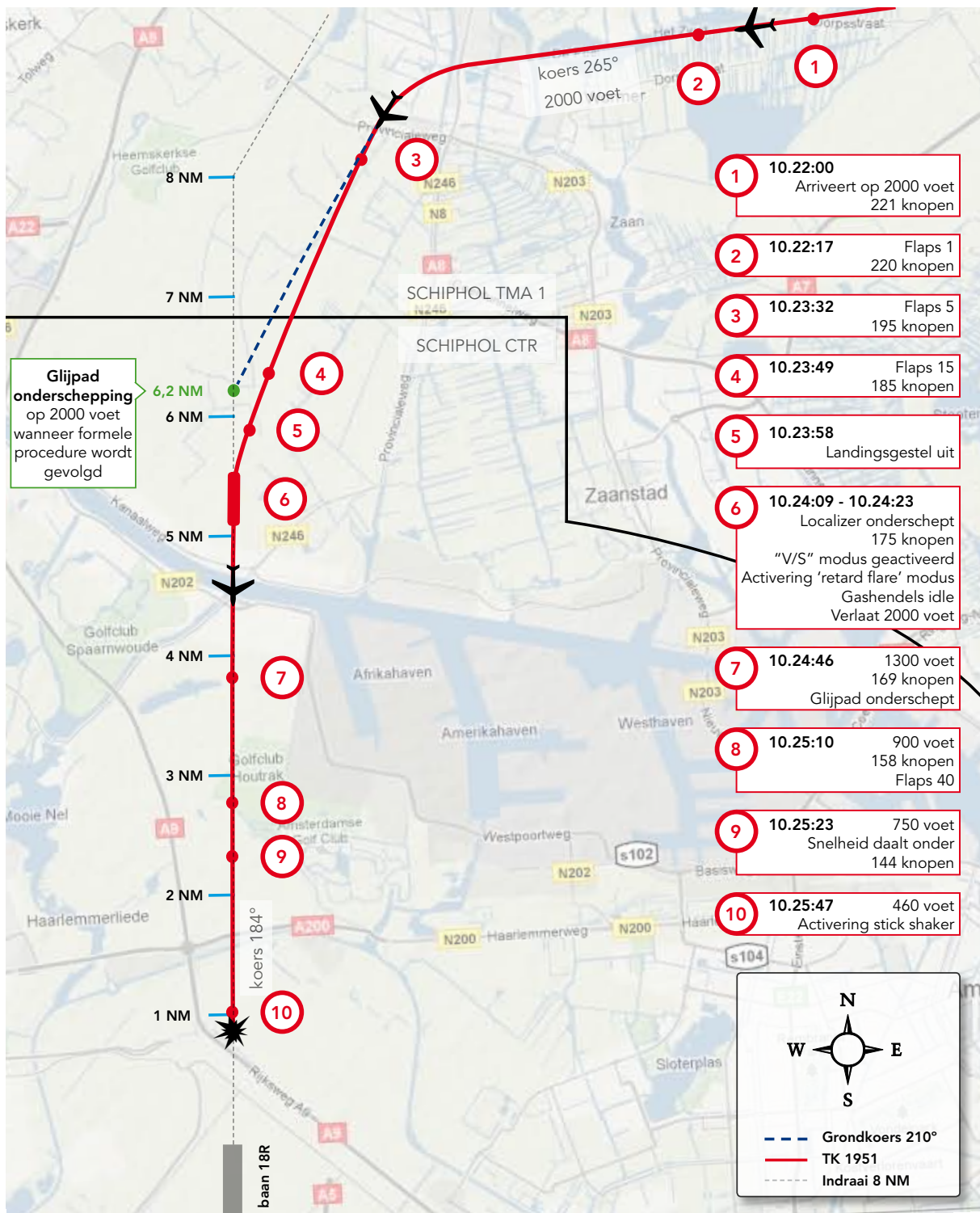
41 In dit geval had de verkeersleider een beeldgrootte van 72 NM geselecteerd (straal van 36 NM vanuit het middelpunt van het radarscherm).



Figuur 7: radargegevens naderend vliegverkeer baan 18R, tussen 09.20 en 10.30 uur op 25 februari 2009 (bron: LVNL)

Op het moment van de opdracht om koers 210 graden te gaan vliegen, bevond het vliegtuig zich in het naderingsverkeersleidingsgebied Schiphol TMA 1. De minimum vlieghoogte in dit gebied is 2000 voet. Hierdoor mocht het toestel op dat moment niet naar een lagere hoogte worden gedirigeerd om het glijpad van onderaf aan te vliegen. Op het moment dat het vliegtuig het plaatselijk verkeersleidingsgebied (Schiphol CTR) binnenvloog, had het vliegtuig naar 1200 voet⁴² kunnen worden gedirigeerd om zodoende alsnog het glijpad van onderaf aan te vliegen. De betrokken verkeersleider gaf aan dat hij het vliegtuig en het vliegpad, ook nadat het vliegtuig was overgedragen aan de plaatselijke verkeersleiding, continu heeft gemonitord. Hij constateerde hierbij dat de positie, snelheid en hoogte goed waren. Op basis van de positie van het vliegtuig bij het binnenvliegen van het plaatselijk verkeersleidingsgebied, verwachtte de verkeersleider dat het vliegtuig zich bij het onderscheppen van het localizersignaal nog onder het glijpad zou bevinden, dus vóór 6,2 NM voor de baandrempel. Echter, de opgedragen koers leidde er toe dat het vliegtuig het localizersignaal op ongeveer 5,5 NM onderschepte toen het zich nog steeds op 2000 voet, circa 170 voet boven het glijpad bevond. Daarmee werd niet voldaan aan de door ICAO aangegeven methode voor het oplijnen van een vliegtuig voor de eindnadering, noch aan de VDV. Al het verkeer dat weergegeven wordt in figuur 7 is op minimaal 2000 voet het plaatselijk verkeersleidingsgebied (CTR) binnenvlogen. Vliegtuigen die binnen de 6,2 NM van de baandrempel het localizersignaal hebben onderschept, hebben het glijpad ook van boven moeten onderscheppen.

42 Minimum hoogte om koersinstructies te geven.



Figuur 8: bovenaanzicht ILS-nadering vlucht TK1951 versus de door de verkeersleider beoogde grondkoers

Door naderende vliegtuigen instructies te geven waarbij deze op 2000 voet naar verwachting net vóór 6,2 NM de localizer zullen onderscheppen, is er geen ruimte voor afwijkingen. In dit geval resulteerde een bovenwind uiteindelijk in een onderschepping van het localizersignaal die circa 1 NM zuidelijker plaatsvond dan gepland. Bij oplijnen op 8 NM zal een dergelijke afwijking geen problemen opleveren.

Geconcludeerd wordt dat met een indraai waarbij tussen 6,2 en 5 NM wordt opgelijnd, wordt afge-
weken van het VDV-voorschrift om het vliegtuig het glijpad van onderaf te laten onderscheppen,
als niet gelijktijdig opdracht wordt gegeven te dalen naar de corresponderende hoogte⁴³ beneden
2000 voet.

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) geeft aan dat het indraaien tussen de 5 en 8 NM voor baan
18R op de luchthaven Schiphol, zoals dit gebeurde bij vlucht TK1951, in meer dan 50% van alle
naderingen voor deze baan voorkomt. Daarnaast vragen piloten soms zelf om kort ingedraaid te
worden. LVNL is daarom van mening dat het oplijnen van vliegtuigen binnen de 8 NM een normale
situatie is. Om diezelfde reden is LVNL van mening dat de bemanning van een vliegtuig niet
gevraagd hoeft te worden of zij een dergelijke indraai kunnen of willen accepteren. LVNL stelt dat
verkeersleiders de procedures voor het oplijnen van vliegtuigen zoals deze zijn opgenomen in de
VDV, ruim mogen interpreteren. Ook geeft LVNL aan dat de afgelopen jaren geen signalen zijn ont-
vangen dat deze werkwijze leidt tot een verhoogd risico. LVNL ziet dan ook geen aanleiding om in
te grijpen op de huidige werkwijze en procedures.

Deze zienswijzen van LVNL worden niet gedeeld door de Onderzoeksraad. LVNL is onder andere
belast met het bevorderen van een zo groot mogelijke veiligheid van het luchtverkeer in het
vluchtinformatiegebied Amsterdam. Verkeersleiders dienen eenduidige instructies te krijgen. Het op
bovenstaande wijze interpreteren van voorschriften is daarmee in tegenspraak. Wanneer blijkt dat
de voorschriften niet werkbaar zijn, dienen deze te worden herzien. Het oplijnen van een vliegtuig
op korte afstand van de baandrempel boven het glijpad heeft invloed op de reeds door de beman-
ning gemaakte naderingsplanning. Door te vragen of een bemanning een dergelijke indraai kan
accepteren of hen hierop te attenderen, kan de bemanning eerder inschatten wat dit betekent voor
de te vliegen nadering. Tijdens een normale onderschepping van de signalen van het instrument-
landingsstelsel wordt het glijpad van onderaf aangevlogen en onderschept. De bediening van de
cockpitnavigatieapparatuur is hiervoor ontworpen en geoptimaliseerd. Bij het aanvliegen en onder-
scheppen van het glijpad van bovenaf moeten meer handelingen worden verricht in een korter
tijdbestek en moet de onderschepping van het glijpad nauwkeurig worden gemonitord door de
cockpitbemanning (zie ook bijlage S).

Luchtverkeersleiders dienen zich te houden aan de procedures zoals deze zijn omschreven in de
VDV. LVNL zou individuele interpretatie van voorschriften niet mogen toestaan daar dit tot verwar-
ring en verschillen in uitleg en daarmee tot onnodige risico's kan leiden. Ook kan dit leiden tot
verwarring bij piloten wanneer zij van dag tot dag verschillende instructies ontvangen voor dezelfde
procedures.

Geconcludeerd wordt dat het oplijnen van het vliegtuig zoals LVNL gedaan heeft bij vlucht TK1951,
op een afstand van minder dan 8 NM van de baandrempel, zonder verzoek vooraf en daarmee
zonder coördinatie met de bemanning en zonder een opdracht te dalen naar een lagere hoogte dan
2000 voet, niet in overeenstemming is met de VDV.

De opgedragen koersinstructies hebben het vliegtuig niet in staat gesteld om horizontaal te vliegen
op de eindnaderingskoers alvorens het glijpad van onderaf te onderscheppen. Dit is niet in over-
eenstemming met het gestelde in de ICAO-richtlijnen voor dit soort naderingen.

De Raad acht het van belang dat de door ICAO aanbevolen werkwijze dat een vliegtuig in staat
moet worden gesteld op de eindnaderingskoers horizontaal te vliegen, voordat het glijpad wordt
onderschept, expliciet in de VDV wordt opgenomen. Ook dienen de VDV weer te geven hoe er
daadwerkelijk wordt gewerkt en dient LVNL er zorg voor te dragen dat verkeersleiders volgens de
VDV procedures werken.

5.4 BESCHIKBARE INFORMATIE MET BETREKKING TOT HET AUTOMATISCHE VLUCHTSYSTEEM

Tijdens vlucht TK1951 functioneerde het radiohoogtemetersysteem niet goed, wat afwijkend
gedrag van het automatische vluchtsysteem en andere systemen van het vliegtuig tot gevolg had.

43 In het plaatselijk verkeersleidingsgebied (CTR) Schiphol is 1200 voet de minimale hoogte waarop
koersinstructies mogen worden gegeven.

Onderscheid wordt gemaakt tussen bijzonderheden die vóór en tijdens de ILS-nadering van baan 18R plaatsvonden.

5.4.1 Bijzonderheden vóór de ILS-nadering

Geluidswaarschuwingen landingsgestel

Tijdens de daling boven Flevoland en kort daarna was drie keer een geluidswaarschuwing met betrekking tot het landingsgestel te horen. Deze waarschuwingen horen niet voor te komen tijdens deze fase van de vlucht. Uit analyse van de flight data recorder volgt dat de geluidswaarschuwingen samenvielen met een waarde van -8 voet van de radiohoogte op de primary flight display van de gezagvoerder, terwijl het vliegtuig boven de 2500 voet vloog waar normaliter geen radiohoogte wordt gepresenteerd op de primary flight display.

Even later volgden nog twee waarschuwingen: de eerste boven de 2500 voet en de tweede op 2000 voet. Uit de analyse van deze waarschuwingen volgt dat er bij de eerste waarschuwing geen radiohoogte te zien was op de primary flight display van de gezagvoerder, wat overeenkomstig de normale werking van het systeem is. Bij de tweede waarschuwing was een waarde van -8 voet te zien. Tussen de tweede en de derde waarschuwing maakte de gezagvoerder de opmerking 'radiohoogtemeter'. Niet duidelijk is wat tussen de tweede en de derde waarschuwing op de primary flight display van de gezagvoerder te zien was. De analyse van de flight data recorder gegevens geeft hierover geen uitsluitsel.

Activeren van twee automatische piloten voor de ILS-nadering

Bij Turkish Airlines worden in principe beide automatische piloten voor iedere ILS-nadering ingeschakeld. Tijdens het gereedmaken van het automatische vluchtsysteem voor de ILS-nadering, wilde de eerste officier naast de al in gebruik zijnde rechter automatische piloot de linker automatische piloot inschakelen. Daarna wilde hij de naderingsmodus van de vluchtbesturingscomputer selecteren voor het onderscheppen van het localizersignaal.

Het activeren van beide automatische piloten is alleen mogelijk als de frequentie van het instrumentlandingssysteem is geselecteerd en de naderingsmodus is geselecteerd op het mode control panel. Omdat de naderingsmodus nog niet was geselecteerd, was het inschakelen van de tweede automatische piloot niet mogelijk. Normaliter resulteert dan het inschakelen van de tweede automatische piloot in het automatisch overschakelen van de (in dit geval) actieve rechter automatische piloot naar de linker automatische piloot. Echter de linker automatische piloot had, als gevolg van de eerdere foutieve hoogteaanduidingen van -8 voet van het linker radiohoogtemetersysteem, deze hoogte in het geheugen geregistreerd. Dit had tot gevolg dat de linker automatische piloot niet werd geactiveerd. De consequentie was dat toen het systeem van de rechter naar de linker automatische piloot overschakelde, de rechter automatische piloot werd uitgeschakeld en de linker automatische piloot niet inschakelde, met als eindresultaat dat het vliegtuig door geen van de automatische piloten werd bestuurd.

Daarna schakelde de bemanning de rechter automatische piloot weer in, waardoor deze weer actief werd. Vervolgens werd de naderingsmodus geselecteerd. Volgens de cockpit voice recorder maakte de eerste officier de opmerking 'second autopilot engaged'. Normaliter wordt deze opmerking gemaakt als een tweede automatische piloot wordt ingeschakeld bij een al actieve automatische piloot. Op de primary flight display had de bemanning kunnen zien dat deze opmerking niet in overeenstemming was met de aanduiding van de status van de automatische piloot. Daarop stond 'SINGLE CH' (single channel - één automatische piloot geactiveerd voor de ILS-nadering).

Volgens de flight data recorder en de cockpit voice recorder gegevens is geen tweede poging ondernomen om beide automatische piloten te activeren. De nadering werd echter, met de rechter automatische piloot geactiveerd, zonder discussie voortgezet. Dit was mogelijk omdat voor deze nadering, in verband met het zicht, geen twee automatische piloten ingeschakeld hoefden te zijn.⁴⁴

Beschikbare informatie

De geluidswaarschuwingen en de problemen met het activeren van de automatische piloten hadden voor de bemanning een aanleiding kunnen zijn voor het maken van een diagnose van het probleem. Op de cockpit voice recorder zijn hiervoor geen aanwijzingen gevonden. Gedurende de vlucht, met de eerste officier als bestuurder, waren de rechter automatische piloot en de rechter flight director geselecteerd. Volgens de documentatie voor Boeing 737 piloten kreeg daarmee de rechter vluchtbesturingscomputer de controle over het vliegpad, voorzag het rechter radiohoogtemetersysteem deze computer van radiohoogte-informatie en berekende de autothrottle voortstuwingscommando's en paste de stand van de gashendels aan, zoals vereist. Een bemanning kan niet opmaken dat een probleem met het linker radiohoogtemetersysteem effect heeft op een nadering met de rechter automatische piloot en de rechter flight director ingeschakeld, en dat de autothrottle informatie van het linker radiohoogtemetersysteem gebruikt. Wat niet volledig in training of documentatie behandeld wordt (omdat die dermate weinig gedetailleerd is), zijn de verbanden tussen de verschillende automatiseringssystemen.

Door de opmerking van de gezagvoerder over de landingsgestelwaarschuwing die geactiveerd werd tijdens de daling, leek de bemanning zich bewust van een probleem met het (linker) radiohoogtemetersysteem. De FCOM vermeldt nergens dat deze waarschuwing geactiveerd kan worden vanwege een niet goed werkend radiohoogtemetersysteem. De enige piloot die op zijn primary flight display de juiste radiohoogte gepresenteerd kreeg was de eerste officier. Samen heeft dit tijdens de vlucht geleid tot wat in de literatuur een 'automatiseringsverrassing' wordt genoemd.

Primair wordt door de autothrottle het signaal van het linker radiohoogtemetersysteem gebruikt. Alleen als dit systeem niet meer functioneert, wordt overgeschakeld naar het rechtersysteem. Dit is een overblijfsel van de al lang geleden gecertificeerde Boeing 737, die in het oorspronkelijke ontwerp informatievoorziening aan de linker piloot (gezagvoerder) prioriteerde. Dit oorspronkelijke ontwerp is inmiddels achterhaald door zowel technische mogelijkheden als een democratisering en herverdeling van pilotenrollen in de cockpit. Dit ontwerp is in géén van de Boeing 737 handboeken en trainingsdocumentatie voor piloten terug te vinden. Piloten hebben dus niet de juiste kennis over de verbanden tussen de besturingssystemen en invoer van gegevens van hun eigen vliegtuig. Het resultaat hiervan is een onvolledig of zelfs onjuist 'mentaal model' van de besturingsautomatisering.

Overigens vormen zulke gebrekkige mentale modellen een breder probleem. Dit blijkt uit onderzoeken van de civiele luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten⁴⁵, de Britse civiele luchtvaartautoriteiten⁴⁶ en het voormalige Australische bureau voor luchtvaartongevallen-onderzoek.⁴⁷ Al deze onderzoeken behandelen het gebrek aan systeemkennis van piloten en met name in besturingsautomatisering en wijzen op de afnemende kwaliteit van pilotenopleidingen over de afgelopen decennia.

De nadering van vlucht TK1951, waarbij de autothrottle op grond van foutieve radiohoogtemetersysteemgegevens functioneerde alsof het vliegtuig zich vlak voor de landing bevond, terwijl het andere deel nog aan het vliegen was (de rechter automatische piloot was het glide slope signaal aan het volgen), presenteerde aan de bemanning een automatiseringsverrassing die niet in de Boeing 737 boeken of opleiding is terug te vinden.

In het daarvoor van toepassing zijnde Quick Reference Handbook waarin de procedures voor normale en abnormale situaties tijdens de vlucht staan vermeld, staan geen procedures voor een storing van één van de radiohoogtemetersystemen, noch voor incorrecte aanwijzingen van één of beide radiohoogtemetersystemen. Ook in het aan boord aanwezige Boeing 737-800 Flight Crew Operations Manual waarvan het Quick Reference Handbook een onderdeel is, zijn deze procedures niet opgenomen.

45 Federal Aviation Administration (1996, June 18). FAA Human Factors Team report on the Interfaces between flight crews and modern flight deck systems. Washington, DC: Author.

46 Civil Aviation Authority (UK) (2004). *Flight crew reliance on automation* (CAA report no. 2004/10). Gatwick: CAA Safety Regulation Group (authored by S. Wood, Cranfield University).

47 Bureau of Air Safety Investigation (1998). *Advanced technology aircraft safety survey report*. Canberra, ACT: BASI, Department of Transport and Regional Development.

Uit het onderzoek van andere documenten die betrekking hebben op de Boeing 737-800, is gebleken dat de gevolgen voor de vluchttuitvoering van een defect radiohoogtemetersysteem alleen in de zogeheten Dispatch Deviation Guide van Boeing en de Minimum Equipment List van Turkish Airlines worden vermeld. De Dispatch Deviation Guide wordt gebruikt in de vluchtvoorbereidings-fase. Het moet vóór aanvang van de vlucht worden geraadpleegd als een systeem of component niet blijkt te functioneren. In de Dispatch Deviation Guide wordt gesteld dat wanneer voorafgaand aan de vlucht een radiohoogtemetersysteem niet werkt, de daaraan gekoppelde automatische piloot en de autothrottle niet voor de nadering en de landing mogen worden gebruikt. Aangezien het radiohoogtemetersysteem voor vertrek normaal functioneerde, althans nergens was vermeld dat dat niet zo was, was er voor de bemanning geen reden de Minimum Equipment List en de Dispatch Deviation Guide te raadplegen.

Geconcludeerd wordt dat de bemanning niet over informatie beschikte omtrent de relatie tussen het linker radiohoogtemetersysteem en het functioneren van de autothrottle. Noch uit de cockpit voice recorder, noch uit de verdere handelingen van de bemanning blijkt dat de bemanning zich de invloed van het probleem van het radiohoogtemetersysteem op het functioneren van de autothrottle realiseerde. Van de bemanning kon niet worden verwacht dat zij, met de hen ter beschikking staande kennis op dat moment, de werkelijke betekenis van de waarschuwingssignalen konden doorgronden en daarmee het risico konden vaststellen.

5.4.2 Bijzonderheden tijdens de ILS-nadering

De autothrottle modus 'retard flare'

Voor het onderscheppen van het glijpad van bovenaf werd de vluchtpadmodus 'vertical speed'⁴⁸ geselecteerd. Normaliter zou bij selectie van deze modus automatisch de voor de autothrottle corresponderende modus 'mode control panel speed' worden geactiveerd. Echter, tijdens vlucht TK1951 werd automatisch de 'retard flare' modus van de autothrottle geactiveerd.⁴⁹ Hierbij verscheen het woord 'RETARD' op de flight mode annunciation van beide primary flight displays.

Bij de Boeing 737 NG serie wordt de modus 'retard flare' geactiveerd wanneer de autothrottle in gebruik is en aan bepaalde condities wordt voldaan, waaronder een radiohoogtewaarde minder dan 27 voet. Deze modus behoort alleen tijdens de landing geactiveerd te worden en wordt twee seconden nadat het vliegtuig met de wielen de grond raakt automatisch gedeactiveerd. Tijdens vlucht TK1951 gaf het linker radiohoogtemetersysteem op een gegeven ogenblik een radiohoogtewaarde van -8 voet aan. Er werd niet overgeschakeld naar het rechter radiohoogtemetersysteem. Op basis van deze input en de systeemlogica schakelde de autothrottle over naar de 'retard flare' modus en werden de gashendels dichtgetrokken naar de stand voor minimale motorstuwkracht. De stand van de gashendels was in deze fase van de vlucht niet abnormaal omdat het vliegtuig moest dalen en snelheid moest minderen. Geconcludeerd wordt dat het van bovenaf onderscheppen van het glide slope signaal als gevolg van het op 5,5 NM onderscheppen van het localizersignaal op 2000 voet de verkeerde werking van de autothrottle voor de bemanning heeft gemaskeerd.

De actieve rechter automatische piloot handhaafde het door de bemanning ingestelde vluchtpad. Door het tegelijkertijd over een langere periode dichtgetrokken houden van de gashendels en het vasthouden van het glijpad, kwam de neus van het vliegtuig steeds verder omhoog en liep de snelheid terug. In een dergelijke situatie had de vlucht veilig voortgezet kunnen worden door tijdig ingrijpen van de piloten door één van de volgende methoden:

- Het indrukken van de 'TO/GA' knop op de gashendels om een doorstart te initiëren.
- Het naar voren brengen van de gashendels en ze handmatig in die stand houden.
- Het deactiveren van de autothrottle (en mogelijk de rechter automatische piloot) en handmatig de bediening overnemen.

Uit beeld verdwijnen van de flight director roll en pitch bars van de gezagvoerder

Uit gegevens afkomstig van de flight data recorder blijkt dat tijdens de ILS-nadering, kort na het onderscheppen van het localizer en glide slope signaal, op de gezagvoerders primary flight display respectievelijk de flight director 'roll bar' en 'pitch bar' uit beeld verdwenen. Dit is terug te voeren

48 De vertical speed wordt in voeten per minuut uitgedrukt.

49 De modi van respectievelijk de autothrottle en het vluchtpad werden op de primary flight display aangegeven met aan de linkerkant 'RETARD' in plaats van 'MCP SPD' en aan de rechterkant 'V/S'.

op het gegeven dat de linker vluchtbesturingscomputer een negatieve radiohoogte van het linker radiohoogtemetersysteem registreerde. Volgens de systeemlogica verdwijnen beneden de 50 voet de flight director 'roll bar' en 'pitch bar' van de (linker) primary flight display. De gezagvoerder maakte geen melding van het uit beeld verdwijnen van de roll- en pitch bars.

Noch uit de cockpit voice recorder, noch uit de flight data recorder gegevens blijkt dat de piloten zich bewust waren van het verschijnen van de 'RETARD' flight mode annunciation en het verdwijnen van de flight director roll en pitch bars.

Speed brake waarschuwingen

Tijdens het uitvoeren van de landingchecklist, toen de speed brakes gereed voor gebruik werden gezet, brandden zowel het amberkleurige waarschuwingslicht voor een abnormale situatie als het groene licht dat de speed brakes in de automatische stand waren geplaatst. Het groene licht ging branden toen de speed brakehendel gereed voor gebruik werd gezet, hetgeen bij normale werking ook hoort. Echter vanwege het verschil in hoogtewaarden tussen het linker en rechter radiohoogtemetersysteem ging het amberkleurige waarschuwingslicht ook branden.

Uit de flight data recorder en cockpit voice recorder gegevens blijkt dat de speed brakes achtereenvolgens drie keer door de bemanning in en uit de stand 'gereed voor gebruik' zijn geplaatst. Tijdens deze handelingen werd er door de piloten niet over de speed brakes gediscussieerd, noch werd de storingsprocedure in het Quick Reference Handbook voor het branden van het 'speed brake do not arm' licht genoemd. De actie werd afgedaan met de vermelding 'Speed brake armed, green light'.

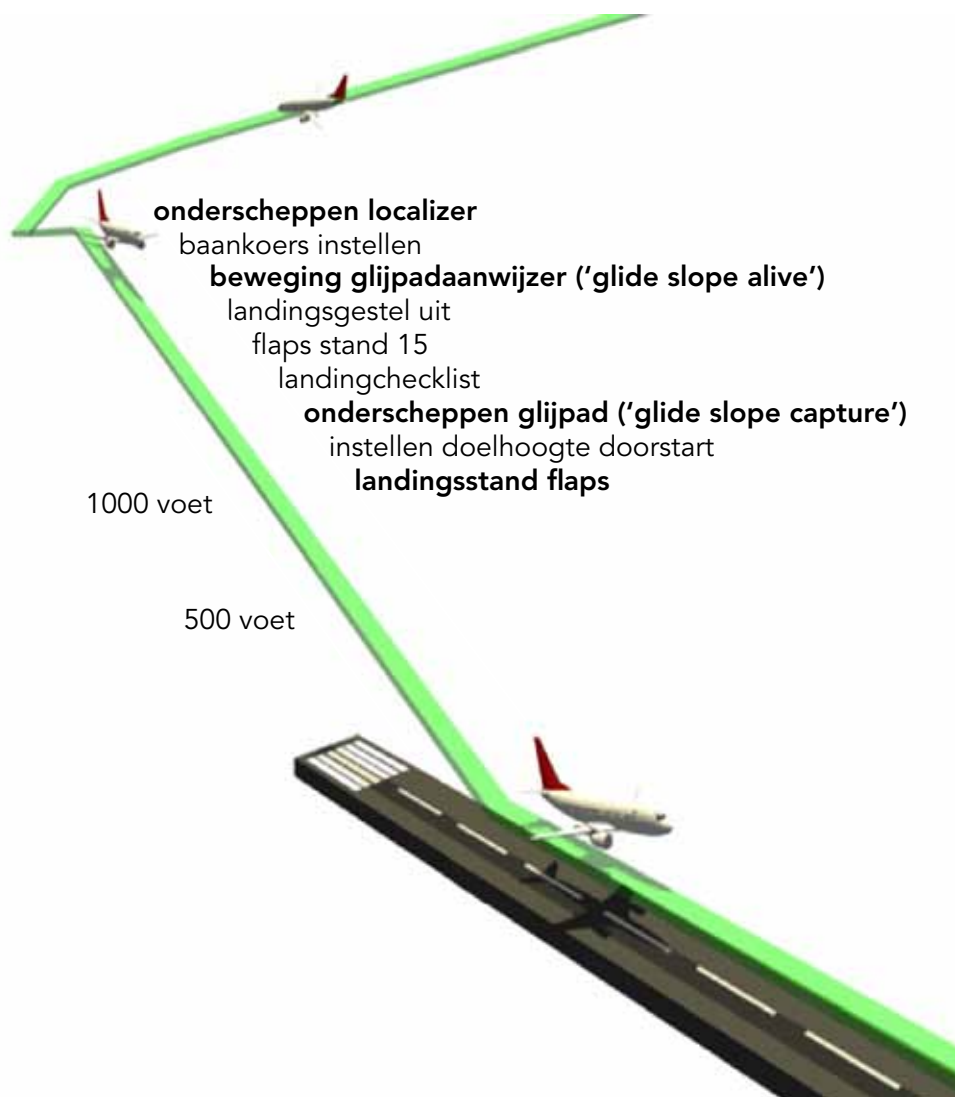
Samenvattend wordt geconcludeerd dat de meeste van de in deze paragraaf beschreven aanwijzingen terug te voeren waren op het niet goed functionerende linker radiohoogtemetersysteem. Er was maar één aanwijzing die terug te voeren was op de verkeerde modus van de autothrottle en dat was de vermelding van 'RETARD' op de flight mode annunciation op de primary flight displays.

5.5 ONDERSCHEPPEN VAN HET LOCALIZER- EN GLIDE SLOPE SIGNAAL

Figuur 9 geeft een beeld van de opeenvolgende acties die de bemanning moet uitvoeren tijdens een standaard ILS-nadering volgens Turkish Airlines Operations Manual B, Part B.

Omdat de primary flight display de positie van de localizer- en glide slope signalen aangeeft en de navigatie display⁵⁰ de grondkoerslijn, kon de cockpitbemanning tijdens het vliegen van de opgedragen koers en hoogte van respectievelijk 210 graden en 2000 voet, zien dat het vliegtuig het localizersignaal boven het glijpad zou gaan onderscheppen.

50 De navigatie display is naast de primary flight display geplaatst.

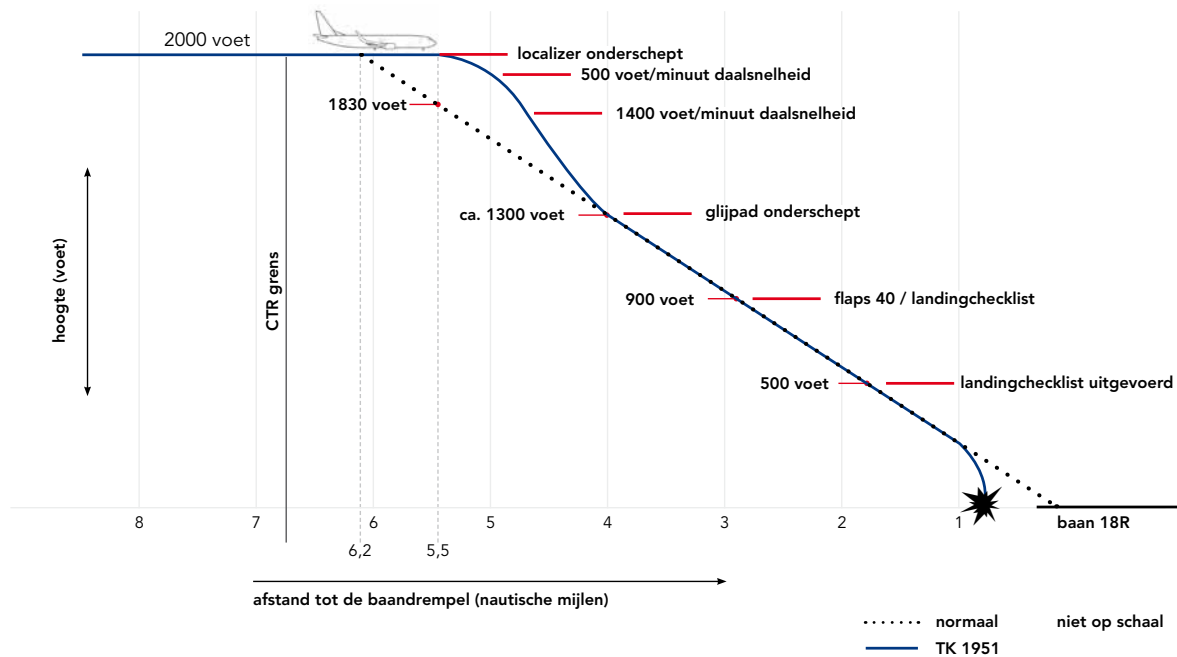


Figuur 9: schematische weergave Turkish Airlines procedures voor ILS-nadering

De cockpitbemanning begon met het configureren van het vliegtuig voor de nadering voordat het localizersignaal werd onderschept. Het landingsgestel werd uitgeklaapt en de flaps in stand 15 geselecteerd. Normaliter worden deze acties gedaan nadat het localizersignaal is onderschept en de glide slope aanwijzer op de primary flight display begint te bewegen. Hieruit volgt dat de bemanning zich ervan bewust was dat de koers naar het ILS het vliegtuig boven het glijpad zou plaatsen. Bij Turkish Airlines⁵¹ wordt bij een ILS-nadering de landingchecklist uitgevoerd na het uitklappen van het landingsgestel en het selecteren van flapstand 15 (zie ook figuur 9). De landingchecklist werd echter op een later moment in de nadering uitgevoerd (zie figuur 10). De reden daarvoor is niet bekend. Het is mogelijk dat de cockpitbemanning dit uitstelde omdat ze extra handelingen moest verrichten in verband met het van bovenaf aanvliegen van het glijpad en dit constant moesten monitoren.

Normaal worden bij een ILS-nadering met behulp van de automatische piloot het localizer en het glide slope signaal automatisch onderschept. Het glide slope signaal kan pas worden onderschept als het localizersignaal is onderschept. Omdat het localizersignaal boven het glijpad werd onderschept, werd afgeweken van de normale ILS-procedures. Het glide slope signaal kon daardoor niet automatisch worden onderschept. Het gevolg was dat de cockpitbemanning een aantal extra acties moest verrichten. Het vliegtuig moest in een steilere dalhoek worden gebracht om op het gewenste glijpad te komen. Dit is ook weergegeven in figuur 10. De handelingen die de bemanning heeft verricht om het glijpad van bovenaf te onderscheppen zijn te vinden in de tijdlijn in bijlage S.

Deze acties moesten snel en correct worden verricht en constant worden gemonitord om te voorkomen dat de dalhoek te steil zou worden voor het onderscheppen van het glijpad en om te voorkomen dat het vliegtuig de daling te vroeg zou afstoppen om op de geselecteerde hoogte uit te komen.⁵² Volgens de cockpit voice recorder vond over deze handelingen geen discussie plaats. Gezien de volgorde en snelheid van deze selecties is het niet aannemelijk dat deze door de relatief onervaren eerste officier zijn uitgevoerd, maar dat de gezagvoerder deze handelingen, die normaal gesproken door de eerste officier als bestuurder van het vliegtuig worden uitgevoerd, naast zijn eigen taken heeft gedaan. Analyse van de cockpit voice recorder, de tijdlijn en simulatortests hebben het bovenstaande bevestigd.



Figuur 10: zijaanzicht nadering vlucht TK1951

Volgens de standaard operationele procedures⁵³ van Turkish Airlines moet de assisterende piloot (in dit geval de gezagvoerder) bij het eerste teken van beweging van de glide slope aanwijzer op de primary flight display en het onderscheppen van het glide slope signaal, hier melding van maken. Volgens de cockpit voice recorder zijn deze meldingen niet gedaan. De momenten dat deze afroepen plaats hadden moeten vinden, vielen samen met de tijdstippen dat de gezagvoerder met de luchtverkeersleiding communiceerde.

Gedurende de periode dat het vliegtuig in de 'vertical speed' modus bezig was het glijpad te onderscheppen, was de bemanning bezig, naast de communicatie met de luchtverkeersleiding, met het monitoren van dit onderscheppen van het glijpad. Negen seconden nadat het glijpad was onderscheept, meldde de eerste officier dat de doorstarthoogte⁵⁴ was ingesteld. Negen seconden later meldde de gezagvoerder dat ze de 1000 voet passeerden. In feite behoorde op dit moment van de nadering de gezagvoerder een doorstart te initiëren omdat de nadering niet gestabiliseerd was, overeenkomstig de Turkish Airlines procedures. Hierop wordt teruggekomen in paragraaf 5.8. De eerste officier antwoordde met 'check', waarna de flaps in stand 40 werden gezet, de speed brake hendel meerdere keren in en uit de 'arm'-stand werd gebracht en een snelheid van 144 knopen werd geselecteerd. Uit de beschikbare gegevens blijkt niet wie van de twee piloten, de gezagvoerder of de eerste officier, de speed brake hendel bediende. Daarna maakte de gezagvoerder de opmerking 'yes, not in checklist completed' en begon hij de punten van de landingchecklist op te noemen.

52 Om te dalen, moest op het mode control panel een hoogte worden geselecteerd.

53 Operations Manual Part B, sectie B.

54 De hoogte waar naartoe moet worden geklommen na een eventuele doorstart.

Geconcludeerd wordt dat de onderschepping van het localizersignaal op 2000 voet en het van bovenaf aanvliegen van het glijpad, het voor de bemanning noodzakelijk maakte een aantal extra acties te verrichten om het glijpad te onderscheppen.

Dit leidde tot een verhoogde werkdruk en had tevens tot gevolg dat de landingchecklist op een later moment tijdens de nadering werd uitgevoerd dan volgens de standaard operationele procedures voorgeschreven is.

5.6 UITVOERING LANDINGCHECKLIST

In het Operations Manual, Part A staat vermeld dat checklisten bij Turkish Airlines niet als 'read-and-do' lijsten worden gebruikt, maar worden uitgevoerd als een extra controle nadat alle acties zijn uitgevoerd.

In paragraaf 5.5 is aangegeven dat de landingchecklist op een later moment tijdens de nadering werd uitgevoerd vanwege de noodzakelijke acties van de bemanning als gevolg van het bovenaf onderscheppen van het glijpad. De opdracht voor het uitvoeren van de landingchecklist moest door de eerste officier vanuit zijn functie als bestuurder worden gegeven. Echter, vanwege de acties die de bemanning pleegde tijdens en na het onderscheppen van het glijpad (communicatie met de verkeersleiding, instellen doorstarthoogte en afroepen passeren 1000 voet), is het aannemelijk dat de eerste officier op deze momenten niet om de uitvoering van de landingchecklist vroeg. Uit analyse van de cockpit voice recorder valt op te maken dat de gezagvoerder vanaf 1000 voet beseftte dat het configureren van het vliegtuig voor de landing en het uitvoeren van de landingchecklist achterliep. Hij nam het initiatief over van de bestuurder met betrekking tot het initiëren van handelingen door flapstand 40 te selecteren en dit aan te geven.

Een aantal punten in de landingchecklist moeten door de eerste officier worden bevestigd, gezien het belang van deze acties. Dit houdt in dat hij ook werd afgeleid van de primaire taak van het bewaken van het vliegp pad en de snelheid van het vliegtuig. Dit bewaken is vooral in deze fase van de vlucht van extra belang. Tijdens het doorlopen van de checklist waren de pogingen om gedurende negen seconden de speed brakes gereed te zetten een bijkomende afleiding.

Het laatste onderdeel op de checklist is de controle of de cabinebemanning is geïnstrueerd om te gaan zitten, dat normaliter 12-15 NM (ongeveer vijf minuten) voor de landing plaatsvindt. Deze melding naar de cabine is toen niet gedaan. Er zijn geen aanwijzingen gevonden op de cockpit voice recorder waarom dit toen niet heeft plaatsgevonden.

5.7 SNELHEIDSAFNAME TIJDENS DE ILS-NADERING

De acties van de bemanning zoals hiervoor beschreven, vanaf het moment van het verlaten van 2000 voet hoogte om het glijpad van bovenaf te onderscheppen tot aan de overtrekwaarschuwing, speelden zich af binnen een tijdsduur van 100 seconden. Gedurende deze 100 seconden nam de vliedsnelheid van het vliegtuig af. Op de cockpit voice recorder zijn geen aanwijzingen gevonden dat de bemanning één van onderstaande aanwijzingen, dat er iets niet in orde was tijdens de snelheidsafname, heeft waargenomen. De aangegeven seconden zijn gerekend vanaf het moment van verlaten van 2000 voet (zie ook de tijdlijn in bijlage S):

- [Na circa 2 seconden]; na het selecteren van de 'vertical speed' modus wijzigde de flight mode annunciation voor de autothrottle van 'MCP SPD' in 'RETARD' en bleef daarop staan.
- [Na circa 60 seconden]; kort na de selectie van flaps stand 40 moet normaal gesproken extra stuwkracht worden geselecteerd om het vliegtuig op het glijpad te houden.⁵⁵ De gashendels bleven echter in de idle stand omdat de 'retard flare' modus vrijwel tot aan het eind van de nadering gehandhaafd bleef.
- [Na circa 85 seconden]; het toenemen van de vliegtuigneusstand boven een waarde die niet gebruikelijk is bij een nadering (van groter dan 5 graden oplopend tot 10 graden) gedurende vijftien seconden vóór de overtrekwaarschuwing, toen de snelheid onder de geselecteerde snelheid van het vliegtuig terechtkwam.

55 Dit is niet het geval bij een nadering waarbij constant wordt gedaald ('constant descent approach').

- [Na circa 90 seconden]; het vierkantje rondom de snelheidsaanwijzing op de primary flight display veranderde van kleur van wit naar amberkleurig en begon negen seconden vóór de overtrekwaarschuwing te knipperen (knipperen van de snelheidsbox).

Daarnaast waren er op de snelheidsband op de primary flight display nog diverse aanwijzingen (in kleur en vorm) dat de snelheid onder de geselecteerde snelheid raakte en in de buurt van de overtreksnelheid kwam.

Een aannemelijke verklaring dat de bemanning de eerder genoemde aanwijzingen tijdens de snelheidsafname niet waarnam, is dat ongeveer de eerste 75 seconden in lijn waren met de opdracht die zij aan de besturingsautomatisering hadden gegeven: een daling naar het glijpad en een gelijktijdige snelheidsreductie voor de nieuwe flapstanden van 15 en daarna 40. Er was dus tijdens deze eerste 75 seconden niets abnormaals aan het feit dat het vliegtuig hoogte en snelheid verloor.

Toen de bemanning op 2000 voet het vliegtuig de opdracht gaf om te dalen in de 'vertical speed' modus, werd op de flight mode annunciation de modus 'RETARD' gepresenteerd. Het is goed mogelijk dat de bemanning de flight mode annunciation niet heeft opgemerkt.^{56 57} Uit onderzoeken uit de negentiger jaren is gebleken dat piloten niet actief naar flight mode annunciation meldingen kijken.^{58 59} Onderzoekresultaten geven aan dat het ontwerp van de huidige flight mode annunciation-panels het menselijk bewaken slecht ondersteunt en geen goede basis is voor het opbouwen van een bewustzijn betreffende welke modi actief zijn.⁶⁰ Vanuit de training, handboeken en het flight mode annunciation ontwerp had de bemanning niet kunnen opmaken dat het teruggaan van de gashendels kwam door een probleem met het linker radiohoogtemetersysteem. De effecten hiervan waren de verwachte stand van de gashendels en de snelheidsafname. Deze bleven allemaal onveranderd gedurende de 100 seconden, en de bemanning zou na 75 seconden een gebrek aan verandering hebben moeten opmerken, iets wat zeer moeilijk is.⁶¹

Niet duidelijk is waarom de bemanning de onbedoelde snelheidsreductie niet heeft opgemerkt tijdens de circa laatste 25 seconden voor de overtrekwaarschuwing. Tijdens deze periode daalde de vliedsnelheid eerst onder de op het mode control panel geselecteerde waarde en daarna onder de zogenaamde V_{ref} ⁶² tot het moment dat de stick shaker werd geactiveerd.

Wel viel de periode dat de snelheid van het vliegtuig beneden de geselecteerde eindnaderingssnelheid kwam, even later gevolgd door het toenemen van de vliegtuigneusstand en het knipperen van de snelheidsbox, samen met het oplezen van de landingchecklist en de daaraan verbonden acties. Beide piloten zijn bezig geweest met het controleren van de uit te voeren acties. Ook de opdracht aan de veiligheidspiloot tot het waarschuwen van de cabine zal afgeleid hebben van het monitoren van de snelheid en de stand van het vliegtuig.

56 Sarter, N. B. (1995). "Knowing when to look where": Attention allocation on advanced automated flight decks. In R. S. Jensen & L. A. Rakovan (Eds.), *Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 239-242). Columbus: Ohio State University.

57 Corwin, W. H. (1995). Understanding mode annunciation: What is the pilot's mental model? In R. S. Jensen & L. A. Rakovan (Eds.), *Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 249-253). Columbus: The Ohio State University.

58 Mumaw, R. J., Sarter, N. B., & Wickens, C. D. (2001). Analysis of pilots' monitoring and performance on an automated flight deck. In *Proceedings of the Eleventh International Symposium in Aviation Psychology* (p. 6). Columbus: Ohio State University.

59 Björklund, C., Alfredsson, J., & Dekker, S. W. A. (2006). Shared mode awareness in air transport cockpits: An eye-point of gaze study. *International Journal of Aviation Psychology*, 16(3), 257-269.

60 Huettig, G., Anders, G., & Tautz, A. (1999). Mode awareness in a modern glass cockpit attention allocation to mode information. In R. Jensen (Ed.), *Proceedings of the 1999 Ohio State University Aviation Psychology Conference*. Dayton: Ohio State University. Zie ook: Goteman, Ö. E., & Dekker, S. W. A. (2007). Flight crew callouts and aircraft automation modes. *International Journal of Applied Aviation Studies*, 6(2), 235-248.

61 Christoffersen, K., Woods, D. D. (2003). *Making sense of change: Extracting events from dynamic process data* (Institute for Ergonomics/Cognitive Systems Engineering Laboratory Report ERGO-CSEL 01-TR-02). Columbus, OH: The Ohio State University.

62 V_{ref} staat voor 'reference landing speed' en is de berekende landingsnelheid; deze bedroeg 139 knopen. De op het mode control panel geselecteerde snelheid van 144 knopen was vanwege een windcorrectie 5 knopen hoger dan de V_{ref} .

Daarnaast speelt het volgende. Hoewel de snelheidsband op de primary flight display een paar ingebouwde indicaties heeft om snelheidsveranderingen te accentueren,⁶³ heeft onderzoek in het verleden uitgewezen dat de snelheidsband geen goede basis vormt voor snelheidswaarneming in één oogopslag. Het ronde formaat van eerdere snelheidsinstrumenten bood bemanningen de mogelijkheid om snelheidsafwijkingen te onderscheiden en onmiddellijk te herkennen aan de hand van de stand van een wijzer, zonder een digitale waarde eerst te hoeven aflezen en mentaal te verwerken.⁶⁴ Ontwikkelingen in cockpitontwerp hebben dus snelheidsbewustzijn veranderd van een visuele herkenningstaak tot een lees- en mentale verwerkingstaak, waarvan psychologisch onderzoek heeft aangetoond dat het meer tijd en mentale aandacht vraagt.⁶⁵ Afleidingen maken het dan lastiger om in een oogopslag waar te nemen wat de hoogte en snelheid van het vliegtuig zijn. Wellicht spreekt hiervoor tot de verbeelding het moment dat de gezagvoerder meldde dat het vliegtuig de 500 voet passeerde tijdens het uitvoeren van de landingchecklist. Deze hoogte heeft hij kunnen aflezen op de rechterzijde halverwege op de primary flight display, terwijl op dezelfde hoogte aan de linkerzijde van de display de snelheid circa 125 knopen aanwees, 19 knopen onder de ingestelde snelheid.

Geconcludeerd wordt dat ondanks de beschikbare indicaties in de cockpit, de cockpitbemanning de onbedoelde snelheidsafname niet heeft onderkend. Dit roept de vraag op of enkel visuele waarschuwingssignalen, zoals nu gepresenteerd voor een te lage snelheid, voldoende zijn.

5.8 GESTABILISEERDE NADERING VERSUS NADERING AFBREKEN

Volgens de standaard operationele procedures⁶⁶ van Turkish Airlines moet een nadering gestabiliseerd zijn op een hoogte van 1000 voet boven het vliegveld bij het vliegen onder instrumentvliegomstandigheden en op 500 voet boven het vliegveld onder zichtvliegomstandigheden. Een nadering is gestabiliseerd als deze onder meer aan onderstaande criteria voldoet:

- het vliegtuig is op het juiste vliegpad
- het vliegtuig is in de juiste landingsconfiguratie
- de verticale snelheid is niet groter dan 1000 voet/minuut
- bij een grotere vereiste verticale snelheid (dan 1000 voet/minuut) hoort een aparte briefing
- het geselecteerde motorvermogen is voldoende voor de configuratie en bedraagt niet minder dan het minimale benodigde vermogen voor de nadering volgens het handboek
- alle briefings en checklist zijn uitgevoerd
- alleen kleine veranderingen in koers/neusstand zijn nodig om het vliegpad te volgen
- de vliegsnelheid is niet meer dan $V_{ref} + 20$ knopen en niet minder dan V_{ref} (Boeing)

Het gestabiliseerd zijn is niet alleen belangrijk om zeker te stellen dat het vliegtuig de juiste configuratie en vermogensselectie voor de landing heeft, maar geeft de piloten ook de gelegenheid alle aspecten van de eindnadering volledig te kunnen bewaken.

De procedure bepaalt dat vanuit een onstabiele nadering geen poging om te landen mag worden ondernomen. Met andere woorden: de nadering dient te worden afgebroken door middel van een 'doorstart'. Bij Turkish Airlines besluit niet de bestuurder, maar de gezagvoerder of er een doorstart moet worden gemaakt.

Uit de meteorologische berichtgeving die de bemanning ontving, kan worden afgeleid dat de bemanning ervan uit moest gaan dat het vliegtuig op 1000 voet aan de voorwaarden voor een stabiele nadering zou voldoen. Ook de weersomstandigheden ten tijde van het ongeluk wijzen hierop.

63 Voorbeelden van deze indicaties zijn een 'snelheidsvector', een pijl die in werkelijkheid een trendvector is, en een kader rondom het snelheidsgetal dat amberkleurig wordt en gaat knippen wanneer de snelheid laag is.

64 Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speed. *Cognitive Science*, 19, 265-288.

65 Nikolic, M. I., Orr, J., & Sarter, N. B. (2001). The effects of display context on the effectiveness of visual onsets for attention capture. *Proceedings of the 20th IEEE Conference on Digital Avionics Systems, DASC*, Volume 1, pp. 5A3/1-5A3/7.

66 Operations Manual Part B, sectie A.

Toen de gezagvoerder de oproep '1000 voet' maakte, was er geen discussie geweest over het mogelijk afbreken van de nadering alhoewel het vliegtuig nog niet voldeed aan onderstaande criteria voor een gestabiliseerde nadering:

- het vliegtuig was niet in de juiste landingsconfiguratie (de flaps waren nog niet in stand 40 geselecteerd)
- het geselecteerde motorvermogen was niet in overeenstemming met de landingsconfiguratie en bedroeg minder dan het minimale benodigde vermogen voor de nadering
- de landingchecklist was niet uitgevoerd
- de vliegsnelheid was meer dan $V_{ref} + 20$ knopen

Gebleken is dat de nadering ook niet gestabiliseerd is geweest na het passeren van 1000 voet.

Geconcludeerd wordt dat de gezagvoerder een doorstart had moeten maken volgens de standaard operationele procedures van Turkish Airlines toen de nadering tijdens de ILS-nadering op 1000 voet niet was gestabiliseerd.

Terugkijkend kan de vraag worden gesteld waarom de bemanning de nadering niet heeft afgebroken toen de landingchecklist niet voor het bereiken van de 1000 voet was voltooid en de stuwkracht van de motoren nog in 'idle' stond. Uit de internationale literatuur blijkt dat het handelen van de bemanning van vlucht TK1951 niet uniek is. De Flight Safety Foundation onderzocht einde jaren negentig naderings- en landingsongevallen.⁶⁷ De onderzoeken wezen uit dat veel landingen volgen op niet geheel gestabiliseerde naderingen, vooral waar het de criteria van 'checklist voltooid' en 'motorstuwkracht' betreft. Het Flight Safety Foundation onderzoek wees uit dat bemanningen niet zozeer besluiten namen op basis van formele gestabiliseerde naderingscriteria (en vooral geen kwantitatieve), maar op continue (her)onderhandelbare beoordelingen van de mogelijkheid om de nadering voort te zetten.

Onderzoek heeft aangetoond dat het hier vaak draait om sterke, vroege signalen die bevestigen dat alles goed gaat en de situatie onder controle is en waar latere, zwakkere en ambigue signalen pas iets anders suggereren.⁶⁸ Dit patroon lijkt van toepassing op de nadering van vlucht TK1951. Zo werd bijvoorbeeld het vliegtuig niet naar een lagere hoogte geklaard door de luchtverkeersleiding, om zo het glijpad van onder te kunnen onderscheppen. Aanvankelijk werd dit effectief ondervangen door de bemanning door reeds het landingsgestel uit te klappen en de flaps in stand 15 te zetten. Vervolgens verliep de nadering volgens verwachting en waren er weliswaar aanwijzingen dat er iets niet in orde was, maar deze werden mogelijk niet opgemerkt door de bemanning.

Het is vanwege deze tendens dat de Flight Safety Foundation gestabiliseerde naderingscriteria heeft ontwikkeld. Deze voorzien bemanningen van kwantitatieve middelen om te bepalen of ze wel of niet een nadering dienen voort te zetten, in plaats van dat ze zelf beoordelen of het wel of niet mogelijk is de nadering af te maken.

Uiteindelijk is de gezagvoerder verantwoordelijk voor een veilige vluchttuitvoering en het naleven van de wettelijke voorschriften en standaard operationele procedures zolang deze niet in tegenspraak zijn met de veilige vluchttuitvoering. Het is aannemelijk, gezien het bovenstaande onderzoek, dat de gezagvoerder het doorzetten van de nadering onder de 1000 voet niet zag als een inbreuk op de veilige vluchttuitvoering.

5.9 LIJNVLUCHT ONDER SUPERVISIE

De eerste officier had in juni 2008 de overstap van de Turkse luchtmacht naar Turkish Airlines gemaakt. Hij had een vliegervaring van circa 4000 uren opgedaan in de luchtmacht. Omdat de eerste officier in opleiding was, was er een derde piloot aanwezig in de cockpit. De vlucht maakte voor de eerste officier deel uit van de training 'lijnvluucht onder supervisie' (LIFUS, Line Flying Under Supervision). Deze training wordt gestart nadat de piloot in kwestie de opleiding tot het besturen

67 Khatwa, R. & Helmreich, R. (1998). Analysis of critical factors during approach and landing in accidents and normal flight. *Flight Safety Foundation's Flight Safety Digest*. 17, 1-256.

68 Orasanu, J., & Fischer, U. (1997). Finding decisions in natural environments: The view from the cockpit. In C. Zsombok & G. Klein (Eds.), *Naturalistic decision making* (pp. 343-357). Mahwah, NJ: Erlbaum.

van een Boeing 737 met goed gevolg heeft afgerond en daarmee volledig bevoegd is dit type vliegtuig te besturen. De vlucht was voor de eerste officier de zeventiende LIFUS-vlucht en de eerste vlucht naar de luchthaven Schiphol. In het opleidingsdossier van de eerste officier werden geen negatieve of opvallende commentaren aangetroffen over zijn prestaties.

LIFUS kan worden gekenschetst als een familiarisatievlucht waarbij een piloot wordt getraind in de operationele aspecten van het vliegen met passagiers op bepaalde routes, vergelijkbaar met 'on-the-job-training'. De training wordt door een gezagvoerder gegeven die tijdens de vlucht tevens de rol van LIFUS-instructeur vervult. Gedurende de eerste 20 vluchten is er bij Turkish Airlines een extra veiligheidspiloot aan boord. Na deze 20 vluchten vindt een voortgangcheck plaats. Vervolgens vinden ter afsluiting van de opleiding nog 20 LIFUS-vluchten plaats zonder een veiligheidspiloot aan boord. Dit is beschreven in een syllabus die deel uitmaakt van het door de Turkse DGCA goedgekeurde Turkish Airlines Operations Manual Part D. Gebleken is dat deze syllabus nauwkeurig is gevolgd.

Er is geen informatie bekend over de vluchtvoorbereiding door de cockpitbemanning op de luchthaven Istanbul Atatürk in Turkije. Het is dan ook onbekend welke afspraken er zijn gemaakt tussen de gezagvoerder en de veiligheidspiloot over specifieke assisterende taken van de laatstgenoemde gedurende de vlucht.

De aard van een LIFUS-vlucht brengt met zich mee dat de gezagvoerder naast zijn verantwoordelijkheid voor een veilige vluchtuitvoering, aanvullende instructietaken heeft. Uit analyse van de gesprekken op de cockpit voice recorder blijkt dat de gesprekspatronen tussen de gezagvoerder en eerste officier meer overeenkwamen met die tussen een instructeur en leerling dan tussen een gezagvoerder en eerste officier. Hiermee worden ook de instructiedoelen van de gezagvoerder relevant. De communicatie liet een hoge taakoriëntatie zien. In het kader van het duidelijk maken van een instructietechnisch punt kan de gezagvoerder besluiten af te wijken van de standaard communicatie- en coördinatieprocedures voor cockpitbemanningen, zodat de eerste officier zelf ervaart wat er, al dan niet, gebeurt.

Nadat op 900 voet de flaps op stand 40 waren geselecteerd, werkte de bemanning de landingchecklist af. In deze fase van de nadering was het uitgebreid nalopen van de landingchecklist niet de meest voor de hand liggende keuze, ook al zou dat vanuit instructietechnisch oogmerk belangrijk zijn geweest. Het is aannemelijk dat de instructietaken van de gezagvoerder hem hebben afgeleid van het monitoren. Hierdoor kwam het controleren van het vliegp pad en de snelheid in de laatste fase van de eindnadering in het gedrang. Op dit moment van de nadering had de gezagvoerder een doorstart moeten initiëren, overeenkomstig de Turkish Airlines procedures, en dit kon een les voor de eerste officier zijn geweest om het belang van een gestabiliseerde nadering aan te tonen. Een andere optie voor de gezagvoerder was geweest de landingchecklist zelf snel uit te voeren om zodoende meer tijd te creëren voor het monitoren van het vliegp pad, de snelheid en het handelen van de eerste officier.

Veiligheidspiloot

Eén van de belangrijke taken van een veiligheidspiloot is de bemanning te waarschuwen als er iets belangrijks over het hoofd wordt gezien. Dit zou kunnen gebeuren doordat de gezagvoerder extra taken, in het kader van de opleiding van de eerste officier, uit te voeren heeft en daardoor een grotere werkbelasting ondervindt. Tijdens de nadering waarschuwde de veiligheidspiloot de gezagvoerder wel omtrent de storing aan het radiohoogtemetersysteem, maar later niet toen de snelheid onder de geselecteerde waarde zakte. Mogelijk was toen ook de veiligheidspiloot afgeleid, want kort nadat flapstand 40 was geselecteerd ontving hij nog een bericht dat de cabine klaar was voor de landing. Dit gaf hij door aan de gezagvoerder. In de allerlaatste fase, kort voor de overtrekwaarschuwing, was de veiligheidspiloot bezig met de opdracht van de gezagvoerder om de cabinebemanning te waarschuwen voor de aanstaande landing. Toen de overtrekwaarschuwing werd geactiveerd, waarschuwde hij de gezagvoerder voor de te lage snelheid.

Geconcludeerd wordt dat het systeem van een veiligheidspiloot aan boord van vlucht TK1951 niet voldoende heeft gefunctioneerd. Doordat de cockpitbemanning, waaronder de veiligheidspiloot, bezig was met het uitvoeren van de landingchecklist, was er niemand die zich met de primaire taak, het bewaken van het vliegp pad en de snelheid van het vliegtuig, bezighield.

5.10 AFROEPEN VAN FLIGHT MODE ANNUNCIATIONS

Aan de hand van de flight data recorder gegevens is een reconstructie gemaakt van de verschillende modi tijdens het van bovenaf onderscheppen van het glijpad. Hiervoor wordt verwezen naar het overzicht in bijlage T. In dit overzicht is ook aangegeven wat de normale modusaanduidingen hadden moeten zijn.

Veel luchtvaartmaatschappijen schrijven voor dat piloten de flight mode annunciation (FMA) veranderingen afroepen.

De meeste luchtvaartmaatschappijen baseren zich tegenwoordig op de richtlijnen van de vliegtuigfabrikanten.⁶⁹ Airbus schrijft bij al zijn types voor dat de flight mode annunciation veranderingen dienen te worden afgeroepen.

Boeing omschrijft het als volgt:

*"The Pilot Monitoring (PM) makes callouts based on instrument indications or observations for the appropriate condition. The Pilot Flying (PF) should verify the condition/location from the flight instruments and acknowledge. If the PM does not make the required callout, the PF should make it."*⁷⁰

Vertaald:

De observerende piloot ('pilot monitoring') roept instrumentindicaties en relevante observaties af. De piloot die het vliegtuig bestuurt ('pilot flying') dient de conditie/locatie van de vluchtinstrumenten te verifiëren en te bevestigen. Als de observerende piloot de benodigde afkondigingen niet maakt, dient de besturende piloot dit te doen.

Veel maatschappijen interpreteren dat onder andere als volgt:

*"It is very important that both pilots are continuously aware of the actual flight modes and selections made. This is accomplished by announcing the changed FMA indications and AFDS⁷¹ value."*⁷²

en
*"Experience has shown that awareness is greatly enhanced when the FMA indication changes are called out."*⁷³

Vertaald:

Het is erg belangrijk dat beide piloten zich continu bewust zijn van de actuele vluchtmodi en de gemaakte selecties. Dit wordt bereikt door de gewijzigde FMA-indicaties en AFDS-waarden om te roepen.

en

De ervaring leert dat de bewustwording zeer wordt versterkt als de FMA-indicatie wijzigingen worden afgeroepen.

Ook bij Turkish Airlines vermeldt de Operations Manual Part B, sectie A dat modusveranderingen op de flight mode annunciation moeten worden afgeroepen. Op de cockpit voice recorder was het afroepen van flight mode annunciation veranderingen niet hoorbaar. Uit interviews is gebleken dat binnen het Turkish Airlines Boeing 737-800 pilotenkorps op twee manieren werd omgegaan met het afroepen van modusveranderingen. Er was een groep die de modusveranderingen alleen verifieerde (zonder afroepen) en een groep die deze veranderingen verifieerde én afriep.

De geïnterviewde piloten die flight mode annunciations niet afriepen en alleen verifieerden, verwezen naar het Flight Crew Operations Manual Boeing 737-8F2, uitgegeven door Boeing. In dit handboek staat dat modusveranderingen moeten worden geverifieerd. De geïnterviewde piloten die wél afriepen hadden veelal gevlogen met Airbus vliegtuigen waarbij in de Flight Crew Operations Manual staat voorgeschreven dat de flight mode annunciations moeten worden afgeroepen en/of

69 Luchtvaartmaatschappijen hebben de vrijheid bij de fabrikant te verzoeken om afwijkingen op de standaard boekwerken toe te staan.

70 Flight Crew Training Manual Boeing 777, Boeing.

71 Autopilot flight director system.

72 Flight Crew Training Manual Boeing 747, KLM.

73 Operation Manual part A, Martinair.

bij andere Europese luchtvaartmaatschappijen waar afroepen ook is voorgeschreven. Opgemerkt wordt dat het afroepen van flight mode annunciation veranderingen volgens het Boeing Flight Crew Operations Manual een goed gebruik volgens crew resource management⁷⁴ is. In de Turkish Airlines Operations Manuals staat niet vermeld dat het Boeing Flight Crew Operations Manual prevaleert boven het Turkish Airlines Operations Manual of andersom.

Geconcludeerd wordt dat binnen het pilotenkorps van Turkish Airlines geen eenduidigheid bestond over het afroepen van flight mode annunciations, terwijl gebleken is dat het afroepen van deze annunciations het bewustzijn van de piloten over de status van het automatische vluchtsysteem bevordert. Turkish Airlines heeft op dit punt verbeteracties uitgevoerd.

5.11 HERSTELPROCEDURE

5.11.1 Uitvoering van de herstelprocedure

Bij het eerste teken van de activering van de stick shaker moeten, volgens de herstelprocedure voor een overtreksituatie in het Boeing 737-800 Quick Reference Handbook, de gashendels geheel naar voren worden geplaatst (zie bijlage U). Uit interviews met piloten van Turkish Airlines en bestudering van de in gebruik zijnde handboeken is gebleken dat de herstelprocedure voor een overtreksituatie volgens het Quick Reference Handbook wordt toegepast.

Toen het overtrekwaarschuwingssysteem geactiveerd werd^{75 76}, was de eerste officier vanuit zijn functie als bestuurder de eerst aangewezen persoon om stuwkracht te selecteren. Analyse van de flight data recorder data geeft aan dat binnen één seconde de gashendels naar voren werden bewogen, dat wil zeggen dat stuwkracht werd geselecteerd. Zie bijlage I. Tevens laat de flight data recorder zien dat op hetzelfde moment vanuit de positie van de eerste officier de stuurkolom naar voren bewoog.

Uit de flight data recorder en de cockpit voice recorder blijkt dat op het moment dat de gashendels halverwege naar voren waren geschoven en de eerste officier een voorwaartse kracht op het stuur uitoefende, de gezagvoerder 'I have' riep, ten teken dat hij de besturing overnam, waarna de voorwaartse beweging van de gashendels stopte. Dit vond twee seconden na de activering van de stick shaker plaats.

De snelle reactie op de stick shaker door het selecteren van meer stuwkracht werd waarschijnlijk uitgevoerd door de eerste officier. Ook het feit dat hij onmiddellijk het stuur naar voren duwde, maakt het aannemelijk dat de eerste officier degene is geweest die in eerste instantie stuwkracht selecteerde. De daaropvolgende overname van de gezagvoerder, door middel van de instructie 'I have' heeft hoogstwaarschijnlijk het meer stuwkracht selecteren en het naar voren duwen van het stuur door de eerste officier onderbroken. Met deze instructie nam de gezagvoerder de gehele bediening, van zowel het stuur als de gashendels over, en zal de eerste officier zijn handen van de gashendels en zijn stuur hebben gehaald.

Zoals blijkt uit de flight data recorder bewoog de autothrottle, tijdens het overnemen van de besturing door de gezagvoerder, de gashendels in circa één seconde terug in de stand idle. Direct daarop werd de autothrottle uitgeschakeld, maar werden gedurende zeven seconden de gashendels niet voorwaarts bewogen vanuit de idle stand. Niet met zekerheid is vastgesteld of de gezagvoerder in deze fase van de vlucht, waarbij de neusstand werd verlaagd, zijn hand aan de gashendels heeft gehad. De totale tijdsduur tussen de activering van de stick shaker en het verplaatsen van de gashendels naar de positie voor maximale stuwkracht bedroeg negen seconden. De flight data recorder laat zien dat de initiële toename in stuwkracht, toen de gashendels halverwege naar voren werden geschoven, gevolgd door zeven seconden in de idle stand, onvoldoende was voor de herstelprocedure.

74 Crew resource management heeft betrekking op het effectief aanwenden en managen van menselijke en andere aanwezige bronnen van vaardigheid en deskundigheid tijdens een vlucht, om deze veilig te kunnen uitvoeren. Zie paragraaf 5.12.

75 Bij activering van de stick shaker was de computed airspeed onder de stick shaker snelheid gekomen van ongeveer 109 knopen.

76 De overtreksnelheid van het ongevalstoestel met de vleugelkleppen in stand 40 en het landingsgestel uitgeklaapt bedroeg circa 105 knopen.

Het naar voren bewegen van de gashendels nadat de stick shaker geactiveerd werd, zonder eerst de autothrottle uit te schakelen (hoewel dit niet is beschreven in de herstelprocedure voor een overtreksituatie), bevestigt de grootte van de automatiseringsverrassing (zie paragraaf 5.4). De bemanning leefde in de verwachting dat de hendels handmatig konden worden bijgesteld. Dit kan inderdaad in de gebruikelijke modus in die vluchtfase, maar wordt door de 'retard flare' modus onmiddellijk teniet gedaan door ze weer terug te trekken.

Vijf tot zes seconden na de activering van de stick shaker werd de rechter automatische piloot uitgeschakeld die tot dat moment het glijpad volgde, en werd ter compensatie van de afnemende snelheid de vliegtuigneusstand verhoogd om voldoende draagkracht te genereren. Gedurende de laatste twee seconden op de automatische piloot werd de kritieke invalshoek⁷⁷ overschreden waarna het vliegtuig overtrok. De corresponderende rompinvalshoek bedroeg ongeveer 20 graden. Het vliegtuig was hierdoor in een overtreksituatie terecht gekomen tussen 400 en 450 voet boven de grond. Zie ook bijlage M.

Na het uitschakelen van de automatische piloot ging in eerste instantie alle aandacht uit naar het besturen van het vliegtuig dat in een overtrokken toestand was gekomen. De gezagvoerder duwde toen het stuur naar voren om de vliegtuigneusstand te verlagen en de invalshoek te verkleinen. Op dit moment stonden de gashendels in de idle stand, de neus van het vliegtuig begon te zakken en de daalsnelheid nam toe. Aangezien de invalshoek kleiner werd, stopte de stick shaker voor circa twee seconden. Echter op dat moment trok de gezagvoerder ook aan het stuur met als gevolg dat het vliegtuig een hogere neusstand aannam en de invalshoek vergroot werd. Ook selecteerde hij toen vol vermogen. Het vliegtuig bevond zich toen op circa 350 voet hoogte. Daarop startte de stick shaker weer en bleef deze actief gedurende de rest van de vlucht.

Uit testvlieggegevens van Boeing en analyse daarvan blijkt dat wanneer het vliegtuig overtrokken is geraakt het hoogteverlies voor herstel van de overtrokken toestand circa 500 tot 800 voet hoogte bedraagt. Toen het vliegtuig in een overtrokken situatie terecht kwam, was de nog resterende hoogte van 400-450 voet niet meer voldoende om de situatie te herstellen.

Geconcludeerd wordt dat de bemanning niet onmiddellijk de gashendels naar maximale stuwkracht heeft geduwd voor de herstelprocedure voor een dreigende overtreksituatie. Simulator tests hebben aangetoond dat de situatie hersteld en de vlucht gecontinueerd had kunnen worden, indien de bemanning, onmiddellijk na activering van de stick shaker, de gashendels naar maximale stuwkracht had geduwd als onderdeel van de herstelprocedure voor een dreigende overtreksituatie.

5.11.2 Quick Reference Handbook procedure

Uit de Quick Reference Handbook herstelprocedure voor een overtreksituatie valt op te maken dat de automatische piloot in staat is om het vliegtuig zelfstandig terug te laten keren naar de normale (geselecteerde) snelheid als er voldoende stuwkracht wordt geselecteerd. De vluchtsimulator tests die zijn uitgevoerd tijdens het onderzoek wijzen er echter op dat in de meeste gevallen ingrijpen van de bestuurder toch noodzakelijk is. Dit om te voorkomen dat het vliegtuig in een situatie met een extreem hoge neusstand terecht komt na het geven van maximale stuwkracht, met als gevolg het alsnog overtrekken van het vliegtuig. Weliswaar staat er onder de procedure een opmerking dat als het gedrag van de automatische piloot niet acceptabel is, deze ontkoppeld dient te worden, maar dat is niet specifiek alleen voor deze procedure. Hierdoor zal deze opmerking eerder worden opgevat als een algemene waarschuwing dan als een handeling, die hoe dan ook op een niet gespecificeerde plaats in de herstelprocedure dient plaats te vinden.

Daarnaast ontbreekt in de procedure informatie over de noodzaak dat er (neus omlaag) getrimd moet worden om voldoende hoogteroercontrole te behouden bij maximale stuwkracht om de neusstand te beletten ongecontroleerd te blijven toenemen. Dit is ook de conclusie van de UK Air Accidents Investigation Branch naar een onderzoek van een onstabiele nadering en overtrek tijdens een doorstart met een Boeing 737-300.⁷⁸

77 De grootste invalshoek waarbij een vleugel nog draagkracht levert heet de kritieke invalshoek. Bij een grotere invalshoek zal de vleugel overtrekken, resulterend in verlies van draagkracht.

78 Air Accidents Investigation Branch (2009). Report on the serious incident to Boeing 737-3Q8, registration G-THOF on approach to runway 26, Bournemouth airport, Hampshire on 23 September 2007 (Aircraft Accident Report no. 2/2009). London: Department for Transport, AAIB.

Ook het effect van mogelijk ongewenste interventies van het automatische vluchtsysteem op het beschikbaar blijven van maximale stuwkracht door een ingeschakelde autothrottle in een modus die het selecteren van maximale stuwkracht tegengaat (zoals de 'retard flare' modus), komt in de herstelprocedure ('approach to stall recovery') onvoldoende tot uiting.

Resumerend wordt geconcludeerd dat de informatie in de herstelprocedure voor een overtreksituatie over het gebruik van de automatische piloot en autothrottle en de noodzaak om te trimmen in het Quick Reference Handbook onduidelijk is en tekort schiet.

5.12 CREW RESOURCE MANAGEMENT

Crew Resource Management (CRM) heeft betrekking op het effectief aanwenden en managen van menselijke en andere aanwezige bronnen van vaardigheid en expertise tijdens een vlucht, om deze veilig te kunnen uitvoeren. De communicatie tussen bemanningsleden vormt hiervan een belangrijk onderdeel.

Vanuit het perspectief van CRM zou een zogenaamde 'break-down' van CRM een mogelijke verklaring kunnen zijn voor het ongeval. Bij het beoordelen of er sprake is van een 'break-down' van CRM zijn er twee problemen. Eén is specifiek voor vlucht TK1951, de ander is een meer algemeen probleem. Het specifieke TK1951 probleem is de instructiecontext van de vlucht. Dit maakt niet alleen dat de gezagvoerder een dubbele rol had; enerzijds was hij als gezagvoerder de uiteindelijk verantwoordelijke voor een veilige vluchtuivoering, anderzijds was hij instructeur en had hij een pedagogische rol. Ook was er daardoor een derde persoon, de veiligheidspiloot, in de cockpit. Dat beïnvloedde onvermijdelijk op allerlei manieren de dynamiek, rollen en communicatiepatronen tussen de bemanningsleden.

Het algemene probleem bij het beoordelen of er sprake is van 'break-down' van CRM, is dat er geen algemeen geaccepteerde definitie is wat onder 'goed CRM' wordt verstaan. Dit omdat het woord 'goed' context gebonden is. Daarom is er ook geen goede definitie mogelijk van wat onder een 'break-down' van CRM wordt verstaan.⁷⁹ Voor de manier waarop CRM moet worden beoordeeld is daarom in de afgelopen jaren een veelvoud aan voorstellen geweest.⁸⁰

CRM omvat een brede algemene ontwikkeling van kennis, vaardigheid en attitude, inzake onderwerpen als communicatie, 'situational awareness', probleemoplossing, besluitvorming, en teamsamenwerking. Dit in samenhang met alle daarmee gepaard gaande sub-disciplines die elk van deze onderwerpen met zich meebrengt. De elementen waaruit CRM is samengesteld zijn niet nieuw, maar zijn al sinds het begin van de luchtvaart in één of andere vorm onderkend, onder meer als algemene onderwerpen zoals 'airmanship', 'captaincy', 'crew coöperation', enzovoort. In het verleden zijn dergelijke termen echter niet op een formele wijze nader omschreven, gestructureerd of verduidelijkt en CRM kan worden beschouwd als een poging die tekortkoming te herstellen. CRM kan daarom worden omschreven als een managementsysteem waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van alle beschikbare bronnen, apparatuur, procedures en mensen, teneinde de veiligheid te bevorderen en de effectiviteit van de vluchtuivoering te verbeteren.⁸¹

Bij het beoordelen van CRM-gedragingen tijdens het verloop van gebeurtenissen die leiden tot een ongeval, is het risico van 'wijsheid achteraf' in grote mate aanwezig. Als eenmaal bekend is dat het gevolg van het verloop van de gebeurtenissen slecht is, wordt al snel gekeken naar de vermeende 'slechte' beoordelingen van de situatie en de 'slechte' besluiten die tot het uiteindelijke gevolg hebben geleid en die het vermoedelijk mede hebben veroorzaakt. Deze oorzaak-gevolg veronderstellingen maken het moeilijk om naar het gedrag van de bemanning te kijken zoals het was, zonder kennis betreffende het gevolg, omdat de bemanning die kennis ook niet had. Waar naar gekeken moet worden is wat de piloten deden en zeiden en hoe en wanneer ze dat deden, terwijl hun interacties zich ontwikkelden.

79 Salas et al., 2006.

80 van Avermaete, 1998; Flin & Martin, 2001; Baker & Dismukes, 2002; O'Connor et al., 2002; Goldsmith & Johnson, 2002; Thomas, 2004; Klinec, 2005; Neville & Walker, 2005, Salas et al., 2006, Dahlström et al., 2008.

81 CAP 737, Crew Resource Management (CRM) Training, Guidance For Flight Crew, CRM Instructors (CRMIS) and CRM Instructor-Examiners (CRMIES), www.caa.co.uk.

De opnamen op de cockpit voice recorder van vlucht TK1951 zijn in het onderzoek gebruikt om te beoordelen of er sprake is geweest van een 'break-down' van het CRM. Zie ook het transcript van de cockpit voice recorder in bijlage J. Het probleem bij een transcript van cockpit voice recorder opnames is dat er alleen op staat wat er uitgesproken wordt (geen stemverheffing, geen lichaamstaal, het wijzen op iets, gejaagdheid, e.d.) en dan alleen nog maar voor een bepaalde tijdsperiode. Acties en uitingen vinden echter altijd plaats in een bepaalde context en in een bepaalde volgorde die in relatie tot elkaar staan. Wat niet wordt gezegd of wanneer het wordt gezegd in relatie tot andere handelingen is zeker zo belangrijk als wat wordt gezegd. Met andere woorden, het is heel moeilijk om een bewering betreffende een 'break-down' van CRM alleen te staven op basis van alleen de primair beschikbare data, de cockpit voice recorder.

Een voorbeeld is daarbij op zijn plaats. Op verschillende momenten gebruikt de eerste officier de term 'Hocam' als hij de gezagvoerder aanspreekt. Ook de veiligheidspiloot doet dat. Alhoewel de term technisch gezien dicht bij de term 'meester' komt, wordt het niet alleen in de context van instructeur-leerling gebruikt of om een gezagsrelatie aan te duiden. Interviews en nader onderzoek naar het gebruik van het woord maakten duidelijk dat het algemeen gebruikelijk is in Turkije om iemand zo aan te spreken. Collega's bij Turkish Airlines spreken elkaar met 'Hocam' aan, zelfs als ze elkaar al jaren kennen en met elkaar tijdens vele gelegenheden hebben samengewerkt.

Uit de cockpit voice recorder opnamen blijkt dat er geen overlappende gesprekken plaatsvonden. De bemanningsleden lieten elkaar uitspreken zonder iets te verbergen voor de andere persoon of onderbrekingen of bedenkingen. Daar waar (aannemelijke) acties werden ondernomen door een bemanningslid die onder de verantwoordelijkheid van de ander vielen, bijvoorbeeld de selectie van verticale snelheid of landingsstand van de flaps, waren deze het bijproduct van de instructeur-leerling relatie. Er waren weinig stiltes na het eerste deel van de conversaties⁸² en op uitingen werd op de juiste manier gereageerd.

De communicatie gaf wel blijk van een instructeur-leerling relatie, in overeenstemming met het doel van de trainingsvlucht, met hier en daar herinneringen en suggesties van de gezagvoerder/instructeur aan de eerste officier. De enige gevallen waarbij de gezagvoerder de eerste officier volledig corrigeerde⁸³, waren een bijproduct van de instructeur-leerling relatie; deze kunnen niet overtuigend worden gekoppeld aan enige vorm van aanwezige hiërarchie of autoriteitsgradiënt. Er kan niet uit worden afgeleid dat er een 'break-down' plaatsvond van CRM tijdens de nadering.

Uit de in paragraaf 5.4 vermelde bijzonderheden als gevolg van het niet-functionerende linker radiohoogtemetersysteem blijkt dat die niet of nauwelijks werden besproken door de cockpitbemanning. Volgens standaard operationele procedures voor communicatie in de cockpit moeten alle afwijkingen gemeld worden en moet (uiteindelijk) de gezagvoerder, bij niet-normale situaties in de cockpit, deze ter discussie stellen en bespreken. Opmerkelijk is ook dat er geen enkele communicatie was tussen de gezagvoerder/instructeur en de eerste officier over het niet kunnen inschakelen van de linker automatische piloot bij de al actieve rechter automatische piloot voor de nadering. Ook het feit dat er door de eerste officier en de veiligheidspiloot geen vragen aan de gezagvoerder werden gesteld toen op 1000 voet de nadering werd doorgezet, terwijl het vliegtuig (nog) niet voldeed aan de criteria voor een gestabiliseerde nadering, roept vragen op. De eerste officier en de veiligheidspiloot vertrouwden kennelijk volledig op het inzicht en de overwegingen van de gezagvoerder. Wellicht dat de procedure met betrekking tot een doorstart hier mede debet aan is, omdat volgens de Turkish Airlines standaard operationele procedures, de gezagvoerder uiteindelijk beslist over een doorstart onafhankelijk van wie het vliegtuig op dat moment bestuurt. Bovenstaand patroon van non-communicatie valt niet te rijmen met de principes van CRM en cockpit management, zoals verwoord in Operations Manual, Part B sectie A van Turkish Airlines. Zelfs niet als in ogeschouw wordt genomen dat het een LIFUS-vlucht betrof.

Geconcludeerd wordt dat, hoewel er uit de cockpit voice recorder niet valt af te leiden dat er sprake was van een 'break-down' van CRM tijdens de nadering, de crew communicatie niet in overeenstemming was met de standaard operationele procedures voor communicatie in de cockpit van Turkish Airlines.

82 De zogenaamde eerste 'pair parts'.

83 De zogenoemde 'other-initiated-other-repair'.

5.13 TRAINING

De typekwalificatie- en herhalingstraining op de Boeing 737 geschiedt volgens een door de Turkse DGCA goedgekeurde syllabus, zoals vastgelegd in het Turkish Airlines Operation Manual Part D. In het kader van het onderzoek is onderzocht in hoeverre in deze trainingen aandacht is besteed aan herstel na de overtrekwaarschuwing (hierna te noemen: overtrektraining), het gebruik van automatische vluchtsystemen en crew resource management.

5.13.1 Overtrektraining tijdens typekwalificatietraining

De gezagvoerder had circa dertien jaar geleden zijn typekwalificatietraining op de Boeing 737 gedaan en zijn typebevoegdheid gehaald. De eerste officier behaalde in december 2008 zijn typebevoegdheid op de Boeing 737 en de veiligheidspiloot in september 2006.

Conform het JAR-FCL voorschrift wordt een dreigende overtreksituatie getraind tijdens de basisopleiding tot piloot. Tijdens de typekwalificatietraining van Turkish Airlines wordt het reageren op het overtrekken van het betreffende type vliegtuig drie keer beoefend in de simulator. Deze training vindt gesimuleerd op grotere hoogte in horizontale vlucht plaats en zonder storingen. Normaliter zal een bemanning niet snel in een overtreksituatie raken tijdens de eindnadering. Alle standaard communicatie- en coördinatieprocedures voor de cockpitbemanning ten aanzien van het bewaken van het vliegpad en de snelheid, zijn er op gericht om zo'n situatie te voorkomen. Het feit dat in de typekwalificatietraining een overtrek slechts drie keer voorkomt, is op zich niet ongevoelbaar. De training van de overtrek tijdens deze training is vooral bedoeld om met de specifieke kenmerken van de overtrek of van de overtrekwaarschuwing van het specifieke vliegtuigtype bekend te raken, alsmede het herstel ervan te trainen. Zie ook bijlage C.

5.13.2 Overtrektraining tijdens herhalingstraining

Het trainen van een herstel op een overtrekwaarschuwing tijdens herhalingstraining (verder genoemd recurrent training) is niet vereist volgens JAR-OPS 1 en JAR-FCL (zie ook bijlage C). In het Turkish Airlines Operations Manual Part D, in het zogeheten 'recurrent training and checking' schema van 2008-2010 is geen training of 'check' van het herstel na de overtrekwaarschuwing opgenomen. Programma's van eerdere data waren niet beschikbaar en er zijn geen aanwijzingen dat in eerdere recurrent trainingen het herstel na de overtrekwaarschuwing aan bod is gekomen. Dit betekent dat de bemanningsleden deze training voor de laatste keer tijdens hun typekwalificatietraining hebben gehad.

Gezien de algemene aard van de typekwalificatietraining en de tijd die verstreken is sinds de gezagvoerder deze training volgde, is het verklaarbaar dat de herstelprocedure niet correct werd uitgevoerd. Een korte steekproef tijdens het onderzoek liet zien dat niet alleen bij Turkish Airlines tijdens de recurrent training geen aandacht meer wordt geschonken aan de herstelprocedure. Ook andere luchtvaartmaatschappijen volgen alleen datgene wat is voorgeschreven volgens de JAR-OPS 1 en JAR-FCL met betrekking tot dit aspect. Voor de landen van de Europese Unie is de JAR-OPS 1 vervangen door de EU-OPS.

Geconcludeerd wordt dat in de JAR-OPS 1 (die door Turkish Airlines werd toegepast) en JAR-FCL neergelegde eisen ten aanzien van de overtrektraining te beperkt zijn. Deze beperkte training is niet voldoende, omdat de automatische vluchtsystemen en procedures niet altijd kunnen voorkomen dat de bemanning in een overtreksituatie zal raken. Het herstel van overtreksituaties zou ook onderdeel van recurrent training moeten zijn.

5.13.3 Afhankelijkheid van automatische vluchtsystemen

Eerder werd ingegaan op de afleidingen van de piloten van hun primaire vliegtaak: het monitoren van de snelheid en het vluchtpad. Mogelijk duiden deze afleidingen op een te groot vertrouwen van de piloten in de werking van de automatische systemen.

Op lijnvluchten met passagiers vliegt Turkish Airlines zoveel mogelijk met behulp van de automatische systemen. Een Britse studie uit 2004⁸⁴ over het vertrouwen van de piloten op de geautomatiseerde systemen ('automation dependency') laat zien dat het ontdekken van storingen in een geautomatiseerd systeem moeilijker is als dat systeem in het algemeen betrouwbaar is.

84 Civil Aviation Authority (UK) (2004). *Flight crew reliance on automation* (CAA report no. 2004/10). Gatwick: CAA Safety Regulation Group (authored by S. Wood, Cranfield University).

De gevolgen van de storing van het linker radiohoogtemetersysteem op de autothrottle zijn een voorbeeld hiervan. Het ontdekken van storingen in minder betrouwbare systemen gaat makkelijker. Uit een kleine steekproef blijkt het trainen van storingen in betrouwbare geautomatiseerde systemen die een kritische situatie tot gevolg kunnen hebben, zoals in het geval van vlucht TK1951, niet of nauwelijks voor te komen.

Bij luchtvaartmaatschappijen zijn in het algemeen de trainingsdoelen van de recurrent en checking programma's van te voren bekend bij de piloten. Bij Turkish Airlines is gebleken dat de specifieke recurrent en checking programma's van te voren bekend zijn bij de Turkish Airlines piloten, waardoor onverwachte situaties feitelijk niet getraind worden en het verrassingseffect geen lerende rol kan spelen. Bij de training van storingen in automatisering is het verrassingseffect juist van belang.

In de JAR-OPS 1 is het onderwerp automatisering ondergebracht als een te behandelen onderdeel van de crew resource management training. Zie bijlage C. Dat houdt in dat automatisering tijdens de typekwalificatietraining diepgaand moet worden behandeld en er tijdens de initiële CRM-training en recurrent training aandacht aan moet worden besteed.

Uit het onderzoek is gebleken dat Turkish Airlines al langer dan een decennium CRM-training geeft en een uitgebreid CRM-programma voor zijn piloten heeft ontwikkeld. Het onderwerp automatisering conform JAR-OPS 1 maakt daar deel van uit. Turkish Airlines probeert daarbij boven de industriestandaard uit te komen. Een voorbeeld daarvan is dat Turkish Airlines CRM-instructeurs niet alleen actieve Turkish Airlines piloten zijn, maar ook actieve vlieginstructeurs of ex-vlieginstructeurs zijn en bovendien afgestudeerd zijn in onderwerpen relevant voor CRM. De CRM-training van Turkish Airlines omvat veel onderwerpen over 'human error' en betrouwbaarheid. Niet is onderzocht wat de effecten zijn van deze CRM-training in het algemeen en van het onderwerp automatisering in deze training in het bijzonder.

Het feit dat bij vlucht TK1951 de snelheid ongemerkt beneden de vereiste en ingestelde snelheid kwam, roept de vraag op of de zogenaamde 'mens-machine interface' aspecten die bij 'automation dependency' een rol spelen wel voldoende aandacht krijgen tijdens de opleiding en herhalingstraining van piloten.

5.14 VEILIGHEIDSBORGING TURKISH AIRLINES

Conform de eis in JAR-OPS 1 heeft Turkish Airlines een programma ingesteld ten behoeve van de preventie van ongevallen en de bevordering van de vliegveiligheid. Dit programma omvat onder meer een systeem voor de melding van voorvallen door bemanningsleden, om het verzamelen en beoordelen van rapporten mogelijk te maken en ongunstige trends te onderkennen of tekortkomingen die de vliegveiligheid nadelig beïnvloeden aan te pakken. Er is een systeem voor bemanningsleden om anoniem te rapporteren.

5.14.1 Afdeling Flight Safety

In 2008 ontving de afdeling Flight Safety 550 vliegveiligheidsrapporten, geschreven door cockpitbemanningen. De afdeling Flight Safety ontving geen rapporten betreffende problemen met radiohoogtemetersystemen, onbedoelde waarschuwingen betreffende het landingsgestel, grondnabijheid en autothrottle 'RETARD' modus indicaties tijdens de nadering. De afdeling voerde ieder jaar circa vijftien incidentonderzoeken uit. Er had nooit een onderzoek plaatsgevonden naar problemen met radiohoogtemetersystemen.

Het monitoren van vluchtgegevens is een belangrijk deel van het veiligheidssysteem binnen Turkish Airlines. Het doel hiervan is het detecteren van afwijkingen op het gebied van de vliegoperatie en het (technisch) onderhoud. Er bestond onder meer een procedure voor het detecteren van niet gestabiliseerde naderingen op 500 voet hoogte.

Een systeem voor risico-identificatie en -management werd niet aangetroffen in het veiligheidsprogramma van Turkish Airlines. Risicogebieden (zoals gevonden in diverse managementrapportages) werden bepaald aan de hand van meningen of de frequentie van het aantal voorvallen.

5.14.2 *Kwaliteitsborging en kwaliteitsbewaking*

Eén van de taken van het kwaliteitsborgingsprogramma is het monitoren van de effectiviteit van veranderingen in het veiligheidsprogramma.

Als onderdeel van het kwaliteitsborgingsprogramma heeft Turkish Airlines een intern auditschema opgesteld. Alle aspecten van de operationele werkzaamheden worden zo beoordeeld. Observaties, aanbevelingen en bevindingen die uit die audits voortkomen, worden aangeboden in een audit-rapport om de verantwoordelijke manager(s) op de hoogte te stellen. Deze neemt vervolgacties. De tien jaar voorafgaand aan het ongeval werden vluchtaudits uitgevoerd door het directoraat Kwaliteitsborging. Er werden per jaar circa 70 cabine- en 62 cockpitaudits uitgevoerd. Tijdens alle audits die zijn uitgevoerd tot het moment van het ongeval zijn geen bevindingen aangetroffen die betrekking hadden op het volgen van standaard operationele procedures, zoals omschreven in de Operations Manual, en het gebruik van CRM.

Uit het onderzoek is gebleken dat de cockpitbemanning zich niet heeft gehouden aan een aantal standaard operationele procedures tijdens de nadering. Vanuit het perspectief van menselijke factoren wordt hiervoor wel een verklaring gegeven waardoor het handelen van de bemanning begrijpelijker wordt, maar daarmee is niet verklaard hoe zich dit verhoudt tot de supervisie van Turkish Airlines met betrekking tot het volgen van de standaard operationele procedures.

De vraag rijst hoe deze bevindingen uit het onderzoek zich verhouden met de uitgebreide CRM-training die Turkish Airlines piloten krijgen en de doorgaans uitvoerige beschrijvingen van procedures in de Turkish Airlines Operations Manuals. In het Operations Manual⁸⁵ staan bijvoorbeeld de valkuilen en de 'best practices' van coördinatie en communicatie in de cockpit uitvoerig beschreven. Ten aanzien van het afroepen van de flight mode annunciators bleek dat het Operations Manual dit ook voorschreef, terwijl in de praktijk daar op twee manieren werd omgegaan binnen het pilotenkorps.

Geconcludeerd kan worden dat Turkish Airlines conform JAR-OPS 1 een programma ten behoeve van de preventie van ongevallen en de bevordering van de vliegveiligheid heeft. De minder sterke onderdelen waren het lage aantal meldingen van veiligheidsgerelateerde voorvallen, het ontbreken van een integrale kijk op veiligheid en het gebrek aan duidelijk bewijs voor een pro-actieve benadering in het detecteren en beheersen van risico's. Er werd bijvoorbeeld niet gecontroleerd op de standaard operationele procedure over het afroepen van flight mode annunciation wijzigingen. Een veiligheidsprogramma moet echter minimaal bestaan uit identificeren en evalueren van risico's, het nemen van maatregelen om de risico's uit te sluiten of te beperken en het nagaan of die maatregelen zijn uitgevoerd.

5.15 CERTIFICERING EN TOEZICHT

In dit hoofdstuk wordt getoetst of het radiohoogtemetersysteem aan de certificeringseisen voldoet. Vervolgens worden de veiligheidsbeoordeling van buitenlandse vliegtuigen, het toezicht door DGCA en het toezicht op Luchtverkeersleiding Nederland door de Inspectie Verkeer en Waterstaat behandeld.

5.15.1 *Certificeringseisen*

In bijlage V wordt het certificeringsproces van vliegtuigen in algemene zin beschreven. In de vliegtuigcertificeringsregelgeving van de Verenigde Staten (Federal Aviation Regulations) staat onder andere vermeld dat elk deel van geïnstalleerde apparatuur zodanig ontworpen moet zijn, dat het voldoet aan de functie-eisen en na installatie naar behoren functioneert. Ook moeten apparatuur en installaties zodanig zijn ontworpen dat zeker is gesteld dat ze functioneren onder elke voorziene operationele omstandigheid. Daarnaast moet het ontwerp zodanig zijn dat het onwaarschijnlijk is dat een fout negatief uitwerkt op de operationele omstandigheden. In dat geval moeten waarschuwingen er voor zorgen dat de piloten de noodzakelijke corrigerende handelingen kunnen uitvoeren. Ook moet het ontwerp zoveel mogelijk voorkomen dat fouten van bemanningen aanvullende gevaren creëren. Ook staat aangegeven dat elektronische apparatuur, bedrading, en dergelijke zodanig

85 Operations Manual Part B, sectie A, hoofdstuk 2.1 *General information*.

moeten zijn geïnstalleerd dat de werking van die apparatuur de werking van andere apparatuur niet negatief beïnvloedt. Volgens de uitleg van de certificeringseisen door de luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten, wordt bij de certificering van het vliegtuig en de vliegtuigcomponenten rekening gehouden met het feit dat systemen kunnen falen en als gevolg hiervan een risico vormen voor andere systemen. Dit is het geval bij radiohoogtemetersystemen, deze vormen een risico voor onder meer het automatische vluchtsysteem.

Rigide toepassing van de certificeringseis dat falende systemen niet van invloed mogen zijn op andere systemen, zou betekenen dat geen enkel vliegtuigstelsel wordt goedgekeurd. Daarom is gekozen voor een praktische benadering in het geval dat systemen falen en invloed uitoefenen op andere systemen, door hieraan de voorwaarde te stellen dat bemanningen een waarschuwing of indicatie van het falen moeten krijgen. Aan deze waarschuwing zijn twee voorwaarden verbonden:

- de waarschuwing moet tijdig worden gegeven, de aandacht trekken, evident, duidelijk en niet voor meerdere uitleg vatbaar zijn. Bovendien moet, als de waarschuwing plaatsvindt op een potentieel kritisch moment, de bemanning in staat zijn maatregelen te nemen met behulp van de beschikbare vliegtuigstelsels. Foutwaarschuwingen kunnen natuurlijk (inherent) of onderdeel van het ontwerp van een systeem zijn.
- de te nemen acties na de waarschuwing volgen uit de procedures zoals beschreven in het door de luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten goedgekeurde vliegtuighandboek (Aircraft Flight Manual), behalve als deze worden beschouwd als een onderdeel van 'normaal vliegerschap'.

Ongevalsvlucht

Boven Flevoland genereerde het linker radiohoogtemetersysteem een 'foutieve' negatieve radiohoogtewaarde. Dit resulteerde drie maal in een waarschuwingssignaal betreffende het landingsgestel. Deze geluidswaarschuwing kon op verschillende manieren geïnterpreteerd worden. De waarschuwing op zichzelf maakte niet duidelijk dat het linker radiohoogtemetersysteem defect was. De enige indicatie voor een afwijking in het linker radiohoogtemetersysteem was de -8 voet waarde op de linker primary flight display.

Tijdens de nadering resulteerde de negatieve radiohoogtewaarde van het linker radiohoogtemetersysteem in de activering van de 'retard flare' modus van de autothrottle, die een snelheidsafname veroorzaakte. De vliegtuigstelsels gaven verschillende indicaties dat de snelheid afnam. De snelheidsaanwijzing en de snelheidstrendvector toonden een afnemende snelheid. Ook waren er waarschuwingssignalen, te weten het veranderen van de snelheidsaanwijzing van wit naar amberkleurig en de knipperende amberkleurige markering rond de snelheidsaanwijzing. Uiteindelijk waarschuwde de stick shaker voor de naderende overtrek. Volgens de certificatie-eisen werden deze waarschuwingen op de voorgeschreven manier en tijdig gegeven. De gepresenteerde indicaties gaven echter geen directe aanwijzing dat er een probleem was met het linker radiohoogtemetersysteem.

Foutanalyses van het radiohoogtemetersysteem

Het radiohoogtemetersysteem bestaat uit verschillende componenten (antennes, kabels en een computer) welke allemaal afzonderlijk volgens de geldende eisen waren gecertificeerd. Gebleken is dat de combinatie van deze componenten foutieve data kan genereren. Binnen het certificeringsproces wordt, als onderdeel van risicomanagement, het begrip 'fouten per eenheid' (failure rate) gebruikt om het risiconiveau aan te geven. Als eenheid wordt in de meeste gevallen de tijd gebruikt, in andere gevallen het aantal vluchten. Gebleken is dat bij de berekening van de 'failure rate' van het radiohoogtemetersysteem als geheel, de mogelijke interactie tussen de radiohoogtemetercomputer, antennes en kabels niet is meegenomen. Hieruit volgt dat de 'failure rate' van het radiohoogtemetersysteem als geheel, tijdens het certificatieproces niet correct is vastgesteld.

Frequentie van radiohoogtemetersysteemfouten

Boeing gaf aan dat gedurende de jaren 1999 tot en met 2008 46 gevallen zijn gerapporteerd waarin een foutieve radiohoogtemeterwaarde het automatische vluchtsysteem van de Boeing 737 NG vloot nadelig beïnvloedde. Op basis van het bovenstaande en een schatting van het totaal aantal gevlogen uren door de Boeing 737 NG vloot, was de 'failure rate' die invloed had op het automatische vluchtsysteem, beneden het bij de certificatie vastgestelde niveau.

Boeing schatte dat er in 2008 456 incidenten waren waarbij een foutieve radiohoogtewaarde werd geleverd zonder dat een foutmelding verscheen op de primary flight display. Wanneer met deze getallen de 'failure rate' wordt berekend blijkt dat deze niet hoger is dan het niveau dat bij de certificatie is vastgesteld. Van 1999 tot en met 2008 zijn zeven gevallen gemeld aan Boeing waarbij foutieve radiohoogtewaarden leidden tot activering van de 'retard flare' modus. Uit de berekening van de 'failure rate' blijkt dat deze beneden het niveau is waarbij corrigerende maatregelen noodzakelijk zijn. Echter, in deze evaluatie moet worden meegenomen dat het radiohoogtemetersysteem de 'retard flare' modus van de autothrottle tijdens de nadering maar kortstondig kan beïnvloeden. Dit tijdsbestek is kort in verhouding tot de totale duur van de vlucht. Het in de berekeningen gebruiken van de totale vluchtduur in relatie tot de tijd dat de 'retard flare' modus actief is, is mogelijk niet representatief om de periode van blootstelling te weer te geven.

Na het ongeval zijn van het ongevalsvliegtuig de gegevens van 1143 vluchten voorafgaand aan de ongevalsvlucht onderzocht (zie paragraaf 5.2.4). Binnen dit aantal vluchten is 148 keer een foutieve radiohoogtewaarde geregistreerd. Aannemende dat de gemiddelde vluchtduur drie uur bedraagt, resulteert dit in een 'failure rate' van het radiohoogtemetersysteem van één storing per 23,2 vlieguren. Hierbij wordt aangetekend dat deze berekening is gebaseerd op het ongevalsvliegtuig en dat de invloed van een deel van de storingen mogelijk beperkt was en daarom niet is opgevallen.

Het radiohoogtemetersysteem werd beschouwd als een potentieel risico voor andere systemen. Echter, op basis van de beschikbare informatie en volgens de geldende praktijk werd het risiconiveau ('failure rate') vastgesteld als zijnde beneden het niveau waarop corrigerende maatregelen vereist zijn. Dit zou kunnen betekenen dat een incorrecte 'failure rate' van het radiohoogtemetersysteem als uitgangspunt is genomen voor de berekening van het risiconiveau van het automatische vluchtsysteem.

Het bovenstaande suggereert dat de huidige certificeringspraktijk niet altijd het werkelijke risiconiveau weerspiegelt. In situaties verbonden met een specifieke fase van de vlucht, zoals de nadering, zou het zinvol kunnen zijn het risico te calculeren op basis van de werkelijke tijdsduur van de vluchtfase (in casu de nadering) in plaats van de vluchtduur. De mogelijkheid bestaat dat daarmee de risico's beter kunnen worden ingeschat.

5.15.2 Veiligheidsbeoordeling buitenlandse vliegtuigen

In het Verdrag van Chicago is vastgelegd dat het toezicht op een luchtvaartmaatschappij wordt uitgeoefend door de autoriteiten van het land van vestiging. Daarnaast zijn er beperkte mogelijkheden aanwezig voor het land van bestemming om een bezoekend vliegtuig aan een platforminspectie te onderwerpen. Het SAFA (Safety Assessment of Foreign Aircraft) programma is ingevoerd om inzicht te verkrijgen in de veiligheid van bezoekende vliegtuigen. EASA is verantwoordelijk voor het coördineren van het SAFA programma. De uitvoering van de inspecties valt onder de verantwoordelijkheid van de landen die participeren in het programma.

Een SAFA inspectie geeft een algemeen beeld van de staat van het betreffende vliegtuig en de voorgeschreven documenten. Inspecties van meerdere vliegtuigen van een luchtvaartmaatschappij geven een beeld van de luchtvaartmaatschappij als geheel. De inspectieresultaten gaven geen aanleiding tot EU-maatregelen tegen Turkish Airlines.

5.15.3 Toezicht door DGCA

De Raad heeft kort na het ongeval besloten het toezicht op Turkish Airlines en Turkish Technic Inc. door het Directorate General of Civil Aviation (DGCA) van het Turkse Ministerie van Transport in beginsel niet te onderzoeken. De resultaten van de onderzoeken bij Turkish Airlines en Turkish Technic Inc. en de EASA analyse van SAFA-inspecties van vliegtuigen in gebruik bij Turkse luchtvaartmaatschappijen gaven geen aanleiding deze beslissing te herzien.

5.15.4 Toezicht op Luchtverkeersleiding Nederland

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) is een zelfstandig bestuursorgaan en legt verantwoording af over haar prestaties en beleid aan de minister van Verkeer en Waterstaat. LVNL is gecertificeerd op basis van de Europese eisen, de European Common Requirements. Dienstverleners die beschikken over een dergelijk certificaat kunnen hun diensten aanbieden in de EU. Het toezicht gebeurt ook op basis van Europees vastgestelde regels en nationale wetgeving.

Zoals eerder gemeld is LVNL onder andere belast met het bevorderen van een zo groot mogelijke veiligheid van het luchtverkeer in het vluchtinformatiegebied Amsterdam. Dit wordt onder meer geborgd door eisen die zijn neergelegd ten aanzien van de inrichting van de organisatie en de bedrijfsprocessen (Verordening EG 2096/2005), de systematiek voor risicoanalyse, de gebruikte apparatuur, het opleidingsniveau van het personeel en de te volgen operationele procedures. LVNL onderzoekt verkeersleidingsvoorvallen en -incidenten en doet naar aanleiding hiervan aanbevelingen aan de eigen organisatie. Normaliter wordt de Inspectie Verkeer en Waterstaat (IVW) tijdens een dergelijk onderzoek op de hoogte gehouden van voorlopige bevindingen en de opgestelde aanbevelingen.

Toezicht door de Inspectie Verkeer en Waterstaat

De IVW is verantwoordelijk voor het toezicht op LVNL en voert periodiek audits uit. De auditplanning wordt door de IVW gemaakt op basis van risicoanalyses. Hierbij wordt er rekening mee gehouden dat alle afdelingen binnen een organisatie periodiek worden bezocht. Naast gegevens uit audits wordt door de IVW ook gereageerd op incidenten, meldingen door derden en signalen uit LVNL. Indien de hiervoor genoemde zaken bevindingen en/of verbeterpunten opleveren dan worden de door LVNL voorgestelde verbetermaatregelen na instemming van de IVW doorgevoerd. Voor bevindingen wordt door de IVW een termijn gesteld waarbinnen de bevinding moet zijn opgelost. Dit wordt gevalsafhankelijk op papier of middels een vervolgaudit gecontroleerd. Ook toetst de IVW de effecten van de genomen maatregelen.

Toezicht door de IVW op vliegbewegingen

Naast de genoemde audits beschikt de IVW over een systeem waarmee vliegbewegingen steekproefsgewijs worden gecontroleerd op ongewenste afwijkingen van de verplichte start- en landingsprocedures. Dit toezicht is primair gericht op milieuhandhaving (geluid). Er wordt incidenteel aanvullend onderzoek gedaan indien er een veiligheidsreden ten grondslag ligt aan een geobserveerde afwijking.

IVW audits

In 1993 werd het kwaliteitsmanagementsysteem van LVNL gecertificeerd. Na deze certificering hebben een externe organisatie en de Rijksluchtvaartdienst⁸⁶ tot 2005 gezamenlijk de audits uitgevoerd, gemiddeld twee keer per jaar. Hierbij werd door de Rijksluchtvaartdienst gekeken of de processen van het veiligheidsmanagementsysteem werden uitgevoerd volgens de omschreven procedures. In 2007 werd tijdens certificeringsaudits door IVW ook de werkvloer bezocht.

Uit de audits die de IVW heeft uitgevoerd bij LVNL zijn geen zaken naar voren gekomen die relevant zijn voor dit onderzoek.

Controle door de IVW op vliegprocedures en documentatie

De naderingsprocedures voor baan 18R zijn in 2003 door de IVW samen met LVNL ontworpen. Het ontwerpen en toetsen van procedures vond gelijktijdig plaats. In 2005 is de verantwoordelijkheid voor het ontwerpen van procedures en het beoordelen hiervan vanwege de wens om onafhankelijkheid gesplitst. Sinds 2005 worden nieuwe door LVNL ontworpen procedures door de IVW op technisch-operationele veiligheidscriteria en door het Directoraat-Generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken op milieu-effecten getoetst. Daarnaast toetst de National Supervisory Authority, die gevestigd is binnen de IVW, sinds november 2007 of de veiligheidsargumentatie voor de voorgestelde procedurewijzigingen voldoende onderbouwd is. Na een positieve beoordeling vindt formele vaststelling plaats door de minister van Verkeer en Waterstaat.

De naderingsprocedures en aan- en uitvliegroutes zoals deze in de luchtvaartgids AIP zijn gepubliceerd, dienen te voldoen aan nationale en internationale wet- en regelgeving. De AIP is een overheidspublicatie waarbij de aankomst-, naderings- en vertrekprocedures deel uitmaken van de ministeriële regeling waarin deze formeel zijn vastgesteld. De IVW is zoals hierboven aangegeven betrokken bij de technisch-operationele veiligheidstoets.

De Voorschriften Dienst Verkeersleiding is een LVNL-document dat onder andere richtlijnen, voorschriften en werkinstructies voor de verkeersleiders bevat. Dit document heeft geen wettelijke

86 Vanaf medio 2001 zijn de taken van de Rijksluchtvaartdienst overgedragen aan de 'nieuwe' IVW.

status en is daarom niet getoetst door de IVW. Uit dit onderzoek blijkt dat niet alle relevante ICAO-richtlijnen in de VDV zijn opgenomen of op de juiste wijze naar de lokale procedures zijn vertaald.

Geconcludeerd wordt dat de IVW toetst of de in het AIP gepubliceerde procedures in overeenstemming zijn met nationale- en internationale regelgeving. De door de IVW uitgevoerde audits hebben geen inzicht gegeven of individuele verkeersleiders volgens de VDV handelen. De IVW heeft niet getoetst of de procedures in de VDV aan de richtlijnen van ICAO voldoen.

5.16 OVERLEVINGSASPECTEN

Direct na het ongeval zijn de beschadigingen in het vliegtuig gedetailleerd gedocumenteerd. Op basis van de letsels die zijn opgetreden waaronder veel wervelkolomletsels, de aard van de vervormingen en beschadigingen in het vliegtuig en de eerste indicatie van de beweging van het vliegtuig nadat het de grond raakte, kan geconstateerd worden dat bij dit ongeval de belastingen in verticale richting het grootst zijn geweest. Voor een aantal locaties in het vliegtuig kan op basis van de beschadigingen aan de stoelen geconstateerd worden dat de belastingen op de betreffende locaties groter zijn geweest dan de belastingen die vliegtuigstoelen moeten kunnen weerstaan volgens certificeringseisen.

De verkennende studie heeft zoveel gegevens opgeleverd dat dit mogelijkheden biedt om een uitgebreider onderzoek door de certificerende instanties en/of de fabrikant naar de overlevingsaspecten van de Boeing 737-800 uit te voeren. Voor verdere details wordt verwezen naar bijlage E.

5.17 MAATREGELEN GENOMEN NA HET ONGEVAL

In deze paragraaf staan de maatregelen beschreven die de diverse betrokken partijen hebben genomen na het ongeval.

Door Boeing genomen maatregelen na het ongeval

Op 2 maart 2009 concludeerde de Safety Review Board van Boeing op basis van het Turkish Airlines ongeval dat er sprake was van een veiligheidsprobleem voor de Boeing 737 NG. De Board stelde interim maatregelen voor om de gebruikers beter op de hoogte te brengen van de gesignaleerde problemen met radiohoogtemetersystemen en de reactie van de autothrottle.

Boeing stuurde op 4 maart 2009, na afstemming met de Onderzoeksraad voor Veiligheid, een bericht naar alle maatschappijen die met de Boeing 737 vliegen, met de tot dan toe bekende feiten van de ongevalsvlucht.

Op 19 maart 2009 publiceerde Boeing een Flight Operations Technical Bulletin 737-09-2 waarin de eerste bevindingen van het onderzoek kenbaar werden gemaakt: het probleem dat als gevolg van foutieve, maar wel als 'normaal' gekenmerkte, radiohoogte de autothrottle 'retard flare' modus wordt geactiveerd op een hoogte waar het niet mag voorkomen. In deze publicatie werden bemanningen aanbevolen, ongeacht of de automatische piloot staat ingeschakeld of er handmatig wordt gevlogen, om de primaire vlieginstrumenten (vliegsnelheid, stand et cetera) nauwkeurig te monitoren voor vliegtuigprestaties en de flight mode annunciations voor de modus waarin het automatische vluchtsysteem opereert.

Op 31 juli 2009 lichtte Boeing vliegtuigmaatschappijen in over een toekomstig Service Bulletin⁸⁷ dat instructies bevat voor softwareversies P4.0 en P5.0 van het Rockwell Collins Enhanced Digital Flight Control System (EDFCS). Reden voor dit Service Bulletin is dat er gebruik wordt gemaakt van de vergelijkingsfunctie tussen de gemeten hoogte van het linker en rechter radiohoogtemetersysteem in de software van de vluchtbesturingscomputer, die niet is opgenomen in de versies P1.1, P2 en P3.

87 Een service bulletin is een mededeling van de fabrikant aan de eigenaar/gebruiker van een vliegtuig betreffende een veiligheidsprobleem met een bepaald type vliegtuig, een motor, een navigatie- of communicatiesysteem of ander systeem. Er bestaat geen verplichting tot het opvolgen van aanbevelingen die zijn gepubliceerd in een service bulletin.

Tevens wordt onderzocht of de GE Aviation (Smiths) autothrottlesoftware zodanig verder ontwikkeld kan worden om het vergelijken van de linker en rechter radiohoogtemeterwaarden mogelijk te maken.

Op 9 september 2009 werd Boeing Maintenance Tip 737-MT-34-038 uitgebracht welke maatschappijen die met de Boeing 737 NG vliegen ervan op de hoogte bracht dat er beschadigde antennes van het radiohoogtemetersysteem waren gevonden en deze niet te strak moeten worden vastgedraaid aan de coaxverbindingstukken.

In oktober 2009 werd de procedure in de Dispatch Deviation Guide betreffende het niet mogen gebruiken van de autothrottle tijdens de nadering en de landing, indien voorafgaand aan de vlucht de radiohoogtemeter(s) niet werken, toegevoegd aan de basis minimum uitrustingslijst (MMEL).

Op 15 oktober 2009 bracht Boeing een update uit van de Fault Isolation Manual (FIM) waarin verwezen wordt naar Boeing Maintenance Tip 737-MT-34-036 die voorziet in aanvullende adviezen om mankementen van het radiohoogtemetersysteem op te sporen.

Op 11 december 2009 bracht de FAA Aircraft Evaluation Group (AEG) appendix 7 'Flight Crew Monitoring During Automatic Flight' van het 737 NG Flight Standards Board Report uit welke aanvullende trainingsscenario's benadrukt, waaronder de effecten van niet correcte radiohoogte-waarden.

Door Turkish Airlines genomen maatregelen na het ongeval

Ontwikkelingen in vluchtoperatie en vliegveiligheid na het ongeval

Bulletins

- Een waarschuwingbulletin uitgegeven voor de Boeing-vloot nadat technische informatie van de Boeing Company was ontvangen, 12 maart 2009.
- Een bulletin aan alle Boeing-piloten na ontvangst van het Engineering Bulletin MOM-MOM-09-0097-01B van de Boeing Company, 20 maart 2009.

Verbetering in operatie cabinepersoneel

Op 20 maart 2009 werd een revisie van de 'fasten seatbelt sign' procedure geïmplementeerd om de vliegveiligheid te verhogen.

Vliegveiligheid

- Om niet gestabiliseerde naderingen effectief te monitoren via 'flight data monitoring', is op 18 mei 2009 een bulletin uitgegeven over stabiele naderingen waarmee het 500 voet criterium is aangepast naar 1000 voet.
- Op 23 september 2009 is een online rapportagesysteem geïmplementeerd om informatie-verspreiding en -toegang te versnellen.
- Naast een driemaandelijks vliegveiligheidsbespreking met het hoger management, is ook een maandelijks operationele veiligheidsvergadering ingesteld.
- Het onderzoek van de Flight Safety Division naar samenhangende risico's is versneld en er is een systeem geïmplementeerd om piloten in te lichten over respectievelijke risico's.

Training

- Er is een extra simulatorsessie van in totaal twee dagen toegevoegd aan de syllabus van het tweede halfjaar van de herhalingstraining om de vliegveiligheid te verbeteren en om onderwerpen uitgebreider te behandelen. Als belangrijkste is de overtrekherstelprocedure als extra onderwerp toegevoegd, 1 juli 2009.
- Losstaand van de periodieke simulatorsessies is een extra overtrekherstelsimulatorsessie op lage hoogte geïmplementeerd voor gezagvoerders en eerste officieren.

Ontwikkelingen binnen Technic Inc. na het ongeval

Rapportage vliegtuigbetrouwbaarheid

Om de betrouwbaarheidsanalyse preciezer uit te voeren en efficiënter te bewaken, wordt een vliegtuigbetrouwbaarheidsrapportage voorbereid. In de voorbereiding van de vliegtuigbetrouwbaarheidsrapportage zal de betrouwbaarheidsanalyse (over piloten, onderhoud, cabinerapporten, vertragingen, operationele en grondstoringen) die nu gemaakt wordt op vlootbasis, op basis van afzonderlijke vliegtuigen gemaakt worden. Op deze manier zal het mogelijk zijn om voor elk vliegtuig het betreffende betrouwbaarheidsniveau nauwkeuriger te berekenen en te volgen.

Kwaliteitsbewaking onderhoudsoperatie

Er is een nieuwe studie gestart ten behoeve van het onderhoud. De analyse van vooraf vastgestelde foutcondities wordt bewaakt met behulp van Flight Data Monitoring gegevens die voor elke vlucht uit het vliegtuig gehaald worden. Op deze manier zal het mogelijk zijn om waargenomen, vooraf vastgestelde fouten te ontdekken die voorkomen bij vliegtuigsystemen en componenten. Dit zal het tijdig uitvoeren van de benodigde corrigerende acties voor deze fouten faciliteren.

Afgifte van 'New Job Cards'

De publicatie van Boeing getiteld 'Boeing 737NG-FTD-34-09001, LRRRA Flags and Warnings' van 11 februari 2009 is opnieuw bekeken en ondanks het feit dat de effectiviteit van de door Boeing aanbevolen aanpassingen niet is vastgesteld, zijn twee 'task cards' uitgegeven. Deze worden geëvalueerd:

- THY Job Card 34-013 revision 03, gedateerd 19 oktober 2009, 'corrosion coax cable cont. of connector wrap on RA' (oorspronkelijk uitgegeven op 20 april 2009).
- THY Job Card 51-005 revision 01, gedateerd 21 augustus 2009, 'fuselage drain valves func. ins. around RA antennas' (oorspronkelijk uitgegeven op 8 april 2009).

Verbetering van verwisselprocedures

Er is geconcludeerd dat het verwisselproces verbeterd diende te worden. Voor dit doel zijn veranderingen gepland om gerelateerde procedures te herzien. De veranderingen kunnen als volgt worden samengevat:

- Alle verwisselverzoeken dienen goedgekeurd te worden door het Maintenance Control Center. Dit proces is geïnstalleerd om ervoor te zorgen dat er niet meer dan twee wisselingen in drie dagen binnen hetzelfde vliegtuig plaatsvinden.
- Flight data recorders mogen niet gewisseld worden tussen verschillende vliegtuigen.
- ETOPS⁸⁸ gerelateerde componenten mogen niet binnen hetzelfde vliegtuig gewisseld worden.
- Wanneer deze veranderingen invloed hebben op procedures, zullen deze procedures toegevoegd worden aan periodieke trainingsprogramma's van al het betrokken technische personeel.

Technische bulletins en gerelateerde onderhoudstraining

Boeing heeft twee onderhoudstips uitgegeven over het radiohoogtemetersysteem op de Boeing 737NG vloot:

- 737 MT 34-036 revision 01, 27 augustus 2009 (oorspronkelijk uitgegeven op 31 juli 2009), 'Discrepant Low Range Radio Altimeter (LRRRA) operation while the airplane is airborne'.
- 737 MT 34-038 original, 9 september 2009, 'Low Range Radio Altimeter (LRRRA) antenna coax cable connector installation - hand tighten only. Do not rotate the antenna'.

Boeing heeft ook aangekondigd dat ze MT-34-038 zullen herzien om een controleprocedure toe te voegen voor het verbindingsstuk van de hoogtemeterantenne aan de vliegtuigzijde. Turkish Airlines Technic Inc. Engineering Department is van plan een technisch informatiebulletin uit te geven waarmee al het betrokken technische personeel geïnformeerd zal worden over de aanbevelingen en waarschuwingen die vermeld worden in de onderhoudstips. Er is een klassikale trainingssessie gepland om deze wijzigingen toe te lichten en te bespreken. Al deze acties zullen uitgevoerd worden nadat Boeing de gereviseerde documentatie heeft uitgegeven.

88 ETOPS staat voor Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards, ofwel prestatie-standaarden voor tweemotorige vliegtuigen met een vergroot bereik.

Door EASA genomen maatregelen na het ongeval

Op 30 april 2009 publiceerde EASA het Safety Information Bulletin B737 'Erroneous low range radio altimeter (LRRR) indications'. In deze publicatie werd de aanbeveling van 19 maart 2009 in de Boeing publicatie herhaald.

6 CONCLUSIES

De Onderzoeksraad komt tot de volgende eindconclusie:

Bij de ongevalsvlucht is gebleken dat tijdens de nadering met behulp van het instrumentlandingsstelsysteem, waarbij de rechter automatische piloot was ingeschakeld, het linker radiohoogtemetersysteem een foutieve hoogte van -8 voet aangaf. Dit was te zien op de linker primary flight display. Deze foutieve waarde van -8 voet had tot gevolg dat de 'retard flare' modus van de autothrottle werd geactiveerd en de stuwkracht van beide motoren tot een minimale waarde (approach idle) werd teruggebracht voor de laatste fase van landing. De verkeersleiding had de bemanning een zodanige koers en hoogte gegeven voor de nadering dat het localizersignaal op 5,5 NM voor de baandrempel werd onderschept. Daardoor moest het glijpad van boven worden aangevlogen. Dit laatste maskeerde het in de 'retard flare' modus komen van de autothrottle. Ook werd de werkdruk van de bemanning erdoor verhoogd. De nadering was vervolgens op 1000 voet niet gestabiliseerd zodat de bemanning een doorstart had moeten maken. De rechter automatische piloot, die gegevens van het rechter radiohoogtemetersysteem gebruikte, volgde het glide slope signaal. Omdat de snelheid terug bleef lopen, nam het vliegtuig een steeds hogere neusstand aan. De snelheidsafname en de hogere neusstand werden niet onderkend door de bemanning tot het moment van de activering van de stick shaker. De herstelprocedure voor een dreigende overtreksituatie werd vervolgens niet goed uitgevoerd, waarna het vliegtuig overtrokken raakte en neerstortte.

De Onderzoeksraad komt tot de volgende deelconclusies:

Techniek

De problematiek met radiohoogtemetersystemen binnen de Boeing 737-800 vloot speelde al vele jaren bij meerdere luchtvaartmaatschappijen, waaronder Turkish Airlines, en was bekend bij Boeing en de luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten.

Binnen meerdere luchtvaartmaatschappijen, waaronder Turkish Airlines, werden de problemen met radiohoogtemetersystemen als een technisch probleem gezien en niet als een risico voor de vliegveiligheid. Hierdoor werden de piloten hier niet over geïnformeerd.

Bij meerdere luchtvaartmaatschappijen, waaronder Turkish Airlines, bleken bestaande procedures, tests en gebruiken ontoereikend om de problemen met foutieve radiohoogtewaarden op te lossen.

Uit het onderzoek is geen eenduidige oorzaak gevonden voor het ontstaan van de foutieve radiohoogtewaarden.

Uit testen is gebleken dat het Rockwell Collins EDFCS gebruik maakt van 'non computed data' gekenmerkte radiohoogte, terwijl dit kenmerk dat juist moet voorkomen. Dit wordt als een onveilige situatie beschouwd. Daarnaast kon de besturingssoftware met een 'vergelijker' niet worden gebruikt in de gehele Boeing 737 NG vloot. De invoering van de besturingssoftware met een 'vergelijker' heeft de ongewenste 'retard flare' modus niet volledig uitgebannen.

Niet alle gecertificeerde Boeing 737 besturingssoftwareversies van de autothrottle en vluchtbesturingscomputers reageren op dezelfde manier op een foutief radiohoogtemetersignaal. Dit is een onwenselijke situatie, in het bijzonder wanneer verschillend reagerende versies binnen een luchtvaartmaatschappij vóórkomen en de piloten hierover niet zijn geïnformeerd.

Meldingen

Hoewel Boeing en de luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten al jarenlang op de hoogte waren van het feit dat het radiohoogtemetersysteem veel problemen opleverde en andere systemen beïnvloedde, werd dit niet aangemerkt als een veiligheidsprobleem. De meldingen van problemen met het radiohoogtemetersysteem die door Boeing niet konden worden opgelost, rechtvaardigden een analyse van het radiohoogtemetersysteem en daaraan verwante systemen. Boeing en de luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten hadden redelijkerwijs kunnen onderkennen dat het probleem met het radiohoogtemetersysteem, en met name de mogelijke activering van de 'retard flare' modus van de autothrottle, van invloed kon zijn op de veiligheid.

In de meeste gevallen werden problemen met het radiohoogtemetersysteem niet gemeld. Als de fabrikant meer meldingen had ontvangen, was Boeing wellicht eerder tot het inzicht gekomen dat een hernieuwde analyse nodig was.

Alle componenten van het radiohoogtemetersysteem (antennes, kabels en de radiohoogtemeter-computers) zijn gecertificeerd volgens de geldende standaard.

Bij certificering zou in situaties verbonden met een specifieke fase van de vlucht, zoals de nadering, het zinvol kunnen zijn het risico te calculeren op basis van de werkelijke tijdsduur van de vluchtfase (in casu de nadering) in plaats van de gehele vluchtduur. De mogelijkheid bestaat dat daarmee de risico's beter kunnen worden ingeschat.

Luchtverkeersleiding

Er zijn geen aanwijzingen dat eventuele zogturbulentie veroorzaakt door de Boeing 757 die vóór vlucht TK1951 is geland, van invloed is geweest op het verloop van vlucht TK1951.

Het oplijnen van vlucht TK1951 vond plaats op een afstand tussen 5 en 8 NM voor de baandrempeL, zonder dat dit vooraf aan de piloten werd 'aangeboden', én zonder een opdracht te dalen naar een hoogte lager dan 2000 voet. Dit is niet in overeenstemming met de Voorschriften Dienst Verkeersleiding van Luchtverkeersleiding Nederland die gebaseerd zijn op de voorschriften van de Internationale burgerluchtvaartorganisatie.

Met een indraai, waarbij tussen 6,2 en 5 NM wordt opgelijnd, zonder opdracht te dalen naar een hoogte beneden 2000 voet, wordt afgeweken van de richtlijn van de internationale burgerluchtvaartorganisatie dat het vliegtuig horizontaal moet vliegen op de eindnaderingskoers alvorens het glijpad te onderscheppen.

Vluchttuitvoering

De onderschepping van het localizersignaal op 5,5 NM voor de baandrempeL op 2000 voet had als gevolg dat het glijpad van bovenaf moest worden onderschept. Hiervoor moest de bemanning een aantal extra acties verrichten, waardoor de werkdruk werd verhoogd. Dit had tevens tot gevolg dat de landingchecklist op een later moment tijdens de nadering werd uitgevoerd dan volgens de standaard operationele procedures is voorgeschreven.

De cockpitbemanning had geen informatie beschikbaar omtrent de relatie tussen het (falen van het) linker radiohoogtemetersysteem en het functioneren van de autothrottle. Van de aanwijzingen en waarschuwingssignalen was maar één aanwijzing terug te voeren op de verkeerde modus van de autothrottle en dat was de vermelding van 'RETARD' op de flight mode annunciation op de primary flight displays. Met de beschikbare kennis op dat moment kon de bemanning de werkelijke betekenis van deze aanwijzingen en waarschuwingssignalen niet doorgronden en kon niet van haar worden verwacht dat zij daarmee het risico kon vaststellen.

Binnen het pilotenkorps van Turkish Airlines bestond geen eenduidigheid over het afroepen van flight mode annunciations, terwijl gebleken is dat het afroepen van deze annunciations het bewustzijn van de piloten over de status van het automatische vluchtsysteem bevordert.

Het van bovenaf onderscheppen van het glide slope signaal heeft de verkeerde werking van de autothrottle voor de bemanning gemaskeerd.

Conform de standaard operationele procedures van Turkish Airlines had de nadering op 1000 voet moeten worden afgebroken om vervolgens een doorstart te maken, aangezien de nadering toen nog niet gestabiliseerd was. Dit is echter niet gebeurd.

Ondanks de indicaties in de cockpit heeft de cockpitbemanning de te grote snelheidsafname niet waargenomen tot het moment van de overtrekwaarschuwing.

Doordat de cockpitbemanning, waaronder de veiligheidspiloot, bezig was met het uitvoeren van de landingchecklist, was er niemand die zich met de primaire taak, het bewaken van het vliegpLpad en de snelheid van het vliegtuig, bezig hield. Daaruit valt af te leiden dat het systeem van een veiligheidspiloot aan boord van vlucht TK1951 niet voldoende heeft gefunctioneerd.

De totale tijdsduur tussen de activering van de stick shaker en het verplaatsen van de gashendels naar de positie voor maximale stuwkracht bedroeg negen seconden. Simulatortests hebben aangetoond dat de situatie hersteld en de vlucht gecontinueerd had kunnen worden, indien de bemanning, onmiddellijk na activering van de stick shaker, de gashendels naar maximale stuwkracht had geduwd als onderdeel van de herstelprocedure voor een dreigende overtreksituatie.

Het vliegtuig is met de automatische piloot ingeschakeld in een overtreksituatie terecht gekomen. De automatische piloot werd uitgeschakeld tussen 400 en 450 voet boven de grond.

Uit testvlieggegevens van Boeing en analyse daarvan blijkt dat wanneer het vliegtuig overtrokken is geraakt het hoogteverlies voor herstel van de overtrokken toestand na het selecteren van maximale stuwkracht circa 500 tot 800 voet hoogte bedraagt. De nog resterende hoogte van 400-450 voet was niet voldoende om de situatie te herstellen.

Het gegeven dat niet onmiddellijk de gashendels naar maximale stuwkracht zijn geduwd volgens de herstelprocedure is een indicatie dat de bemanning onvoldoende getraind was voor deze situatie.

De informatie over het gebruik van de automatische piloot, de autothrottle en de noodzaak om te trimmen tijdens de herstelprocedure voor een dreigende overtreksituatie in het Quick Reference Handbook is onduidelijk en schiet tekort.

Het crew resource management en de crew communicatie waren tijdens de nadering niet in overeenstemming met de standaard operationele procedures voor communicatie in de cockpit van Turkish Airlines.

Veiligheidsprogramma Turkish Airlines

Turkish Airlines heeft conform de Joint Aviation Requirements - Operations 1 een programma ten behoeve van de preventie van ongevallen en de bevordering van de vliegveiligheid.

Als onderdeel van het kwaliteitsborgingsprogramma heeft Turkish Airlines een intern auditschema opgesteld. Tijdens alle audits die zijn uitgevoerd tot het moment van het ongeval zijn geen bevindingen aangetroffen die betrekking hadden op het volgen van standaard operationele procedures, zoals omschreven in de Operations Manual, en de toepassing van crew resource management.

De Flight Safety afdeling heeft in 2008 550 vliegveiligheidsrapporten ontvangen van cockpitbemanningen. Geen van deze rapporten betrof problemen met radiohoogtemetersystemen, onbedoelde waarschuwingen betreffende het landingsgestel, grondnabijheid of autothrottle 'RETARD' modus indicaties tijdens de nadering.

De Flight Safety afdeling voerde ieder jaar circa vijftien incidentonderzoeken uit. Er heeft nooit een onderzoek plaatsgevonden naar problemen met radiohoogtemetersystemen.

Directoraat-generaal voor de burgerluchtvaart (Turkije)

De in Joint Aviation Requirements - Operations 1 (die door Turkish Airlines werd toegepast) en Joint Aviation Requirements - Flight Crew Licensing neergelegde eisen ten aanzien van de overtrektraining zijn te beperkt. Deze beperkte training is niet voldoende, omdat de automatische vluchtsystemen en procedures niet altijd kunnen voorkomen dat de bemanning in een overtreksituatie zal raken. Het herstel van overtreksituaties zou ook onderdeel van recurrent training moeten zijn.

Inspectie Verkeer en Waterstaat

De Inspectie Verkeer en Waterstaat toetst of de in het Aeronautical Information Publication Netherlands gepubliceerde procedures in overeenstemming zijn met nationale- en internationale regelgeving. De door de Inspectie Verkeer en Waterstaat uitgevoerde audits hebben geen inzicht gegeven of individuele verkeersleiders volgens de Voorschriften Dienst Verkeersleiding handelen. De Inspectie Verkeer en Waterstaat heeft niet getoetst of de procedures in de Voorschriften Dienst Verkeersleiding aan de richtlijnen van de Internationale burgerluchtaartorganisatie voldoen.

Overlevingsaspecten

De verkennende studie heeft zoveel gegevens opgeleverd dat dit mogelijkheden biedt om een uitgebreider onderzoek naar de overlevingsaspecten door de certificerende instanties en/of de fabrikant van de Boeing 737-800 uit te voeren.

7 AANBEVELINGEN

Techniek

Uit het onderzoek blijkt dat de reactie op een foutieve radiohoogtemeterwaarde verstrekken- de gevolgen kan hebben voor aanverwante systemen. De Raad komt daarom tot de volgende aanbevelingen:

Boeing

- 1 Boeing dient de betrouwbaarheid van het radiohoogtemetersysteem te verhogen.

Luchtvaartautoriteiten van de Verenigde Staten (FAA) en Europees Agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA)

- 2 FAA en EASA dienen er op toe te zien dat de onwenselijke reactie van de autothrottle en de vluchtbesturingscomputer op foutieve radiohoogtemeterwaarden, wordt geëvalueerd en dat de autothrottle en vluchtbesturingscomputer worden verbeterd conform de ontwerpspecificaties.

Uit het onderzoek blijkt dat doordat de cockpitbemanning was afgeleid de beschikbare indicaties en waarschuwingen in de cockpit onvoldoende waren om de te grote snelheidsafname vroegtijdig te onderkennen. De Raad komt daarom tot de volgende aanbeveling:

Boeing, FAA en EASA

- 3 Boeing, FAA en EASA dienen het gebruik van een lage snelheid geluidswaarschuwing te onderzoeken als middel om de bemanning te waarschuwen en, indien effectief, deze dwingend voor te schrijven.

Operationeel

Uit het onderzoek blijkt de noodzaak van een correcte herstelprocedure voor een overtreksituatie, evenals de herhalingstraining ervan. De Raad komt daarom tot de volgende aanbevelingen:

Boeing

- 4 Boeing dient zijn herstelprocedure voor een overtreksituatie te herzien ten aanzien van het gebruik van de automatische piloot en autothrottle en de noodzaak om te trimmen.

Directoraat-generaal voor de burgerluchtvaart van Turkije (DGCA), internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO), FAA en EASA

- 5 DGCA, ICAO, FAA en EASA wordt aanbevolen in hun regelgeving op te nemen dat maatschappijen en Flying Training Organisations in hun herhalingstraining er in voorzien dat herstel van overtreksituaties tijdens de nadering wordt beoefend.

Meldingen

Uit het onderzoek volgt dat beperkt meldingen worden gedaan over problemen met radiohoogtemetersystemen en dat dit niet alleen het geval is bij Turkish Airlines. Het beperkt melden doet afbreuk aan de effectiviteit van bestaande veiligheidsprogramma's. Hierdoor kan een verkeerd beeld ontstaan van risico's bij zowel de maatschappijen als de vliegtuigfabrikant. Vervolgens kunnen risico's onvoldoende worden beheerst. De Raad komt hierdoor tot de volgende aanbevelingen:

FAA, EASA en DGCA

- 6 FAA, EASA en DGCA dienen het belang van het doen van meldingen (opnieuw) onder de aandacht te brengen van luchtvaartmaatschappijen en erop toe te zien dat meldingen plaatsvinden.

Boeing

- 7 Boeing dient het belang van het doen van meldingen (opnieuw) onder de aandacht te brengen van luchtvaartmaatschappijen die met Boeing-vliegtuigen vliegen.

Turkish Airlines

- 8 Turkish Airlines dient het belang van het doen van meldingen onder de aandacht te brengen van haar piloten en onderhoudstechnici.

Veiligheidsprogramma

Uit het onderzoek is gebleken dat Turkish Airlines een programma heeft ten behoeve van de preventie van ongevallen en de bevordering van vliegveiligheid, maar dat dit programma in de praktijk een aantal minder sterke onderdelen bevat. De Raad komt daarom tot de volgende aanbeveling:

Turkish Airlines

- 9 Turkish Airlines dient zijn veiligheidsprogramma in het licht van de tekortkomingen die in dit onderzoek naar voren zijn gekomen, op orde te brengen.

Luchtverkeersleiding

Uit het onderzoek blijkt dat de wijze waarop het vliegtuig werd opgelijnd de verkeerde werking van de autothrottle voor de bemanning maskeerde en de werkdruk van de bemanning verhoogde. De Raad komt daarom tot de volgende aanbevelingen:

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL)

- 10 LVNL dient haar procedures voor het oplijnen van vliegtuigen voor de nadering zoals beschreven in het Voorschriften Dienst Verkeersleiding (VDV) in overeenstemming te brengen met de ICAO procedures. Tevens dient LVNL er zorg voor te dragen dat verkeersleiders volgens de VDV werken.

Inspectie Verkeer en Waterstaat (IVW)

- 11 De IVW dient er op toe te zien dat LVNL volgens de geldende nationale en internationale luchtverkeersleidingprocedures werkt.

Bestuursorganen aan wie een aanbeveling is gericht, dienen een standpunt ten aanzien van de opvolging van deze aanbeveling binnen een half jaar na verschijning van deze rapportage aan de betrokken minister kenbaar te maken. Niet-bestuursorganen of personen aan wie een aanbeveling is gericht dienen hun standpunt ten aanzien van de opvolging van de aanbeveling binnen een jaar kenbaar te maken aan de betrokken minister. Een afschrift van deze reactie dient gelijktijdig aan de voorzitter van de Onderzoeksraad voor Veiligheid en de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties verstuurd te worden.

BEGRIPPENLIJST

Approach modus

Voor het automatisch onderscheppen van de localizer- en glide slope signalen bij een nadering door middel van het instrumentlandingssysteem, moet de 'approach' modus van de vluchtbesturingscomputer zijn geselecteerd.

Arm modus

In deze modus is de automatische bediening van de gashendels losgekoppeld van de autothrottle en kan de stuwkracht van de motoren worden geregeld door de gashendels met de hand te verplaatsen. Deze modus wordt aangegeven met 'ARM'. In deze stand is de autothrottle gereed voor gebruik voor verdere instructies van het automatische vluchtsysteem.

Automatic terminal information service (ATIS)

Een radioservice die wordt aangeboden aan vertrekkend en aankomend luchtverkeer op de grotere luchthavens. ATIS bestaat uit een automatisch bericht dat continu wordt uitgezonden op één of meer frequenties. Het bericht wordt elk half uur vernieuwd, tenzij snel veranderende omstandigheden een eerdere vernieuwing noodzakelijk maken. Opeenvolgende berichten worden aangeduid met verschillende letters in de volgorde van het alfabet. Het bericht bevat informatie over ondermeer de actuele weersgesteldheid op het vliegveld en operationele bijzonderheden.

Automatische piloot

Een systeem waarmee automatisch de koers, hoogte of het door de bemanning ingestelde vluchtpad wordt gehandhaafd.

Automatische vluchtsysteem

Het automatische vluchtsysteem van de Boeing 737-800 bestaat uit twee vluchtbesturingscomputers en een computer voor het automatische gashendelbedieningssysteem. Voor het automatisch besturen van het vliegtuig communiceert de ene vluchtbesturingscomputer met de systemen van de gezagvoerder aan de linkerzijde en de andere computer met de systemen van de eerste officier aan de rechterzijde.

Autothrottle

De autothrottle regelt automatisch de stuwkracht van de motoren door het bewegen van de gashendels. In sommige modi wordt een constante stuwkracht geselecteerd, in andere modi stemt de autothrottle de gashendels zodanig af als vereist is om de vliegsnelheid te regelen. De autothrottle is uitgerust met slipkoppelingen zodat de piloot altijd in staat is de commando's van de autothrottle te overstemmen en de gashendels handmatig te bewegen. De autothrottle verkrijgt de radiohoogte via een databus en maakt primair gebruik van het linker radiohoogtemetersysteem. In het geval dat de linker radiohoogtewaarde is gekenmerkt als 'niet bruikbaar' ('fail warn'), zal de autothrottle gebruik maken van het rechter radiohoogtemetersysteem. Op de linker primary flight display wordt dan een zogenaamde vlagwaarschuwing getoond.

Cockpit voice recorder

Apparatuur die gesprekken en achtergrondgeluiden in de cockpit elektronisch registreert. Deze apparatuur is ingebouwd voor veiligheidsonderzoek en mag in beginsel niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

Flap

Een vleugelklep (hierna te noemen: flap) is een uitschuifbaar of verstelbaar deel aan de voor- of achterkant van een vleugel, dat ervoor zorgt dat de oppervlakte van een vleugel en/of het vleugelprofiel wordt veranderd. Bij de nadering worden de flaps in stappen uitgeschoven en omlaag gezet, waardoor het vleugeloppervlak en de welving van de vleugel in stappen steeds groter worden. Hierdoor kan de draagkracht van de vleugels gehandhaafd worden bij een lagere snelheid. De verschillende flapstanden worden aangeduid met getallen, bijvoorbeeld 1, 5, 15 en 40. Met het gebruik van flaps neemt de luchtweerstand gewoonlijk toe.

Flight data recorder

Apparatuur waarmee een groot aantal vluchtparameters elektronisch worden opgeslagen. Deze apparatuur is ingebouwd voor veiligheidsonderzoek en mag in beginsel niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

Flight mode annunciation

Informatie die aangeeft in welke modus het automatische vluchtsysteem opereert en wat kan worden verwacht van het systeem en boven in de primary flight display wordt weergegeven. Deze informatie is voor piloten essentieel om zich bewust te blijven van de status van de geautomatiseerde besturingsprocessen en het te verwachten gedrag van het vliegtuig.

Instrumentlandingssysteem (ILS)

Een radionavigatiesysteem waarmee een precisienadering naar een landingsbaan kan worden uitgevoerd. Een categorie III ILS, zoals die in gebruik was voor baan 18R op de luchthaven Schiphol, maakt automatische naderingen en landingen mogelijk. Het systeem geeft de piloot een nauwkeurig beeld van de positie van het vliegtuig ten opzichte van de baan en daalhoek naar een landingsbaan. Tevens geeft het systeem een indicatie van de afstand tot aan de baandrempel.

Het instrumentlandingssysteem bestaat uit de volgende componenten op de grond:

- koerslijnbaken dat een localizersignaal uitzendt
- daalhoekbaken dat een glide slope signaal uitzendt
- afstandsmetingapparatuur

Op grote luchthavens worden vliegtuigen door standaard naderingsroutes of door de luchtverkeersleiding naar een positie geleid vanwaar ze het localizer en glide slope signaal van het instrumentlandingssysteem kunnen ontvangen. Als het vliegtuig (volgens de glide slope) daalt en de beslissingshoogte bereikt, moeten de piloten de landingsbaan of de naderingsverlichting in zicht hebben. Als dat niet het geval is, dient de nadering afgebroken te worden. Er zijn drie categorieën (I, II en III) instrument landingssystemen met verschillende beslissingshoogtes. Daarnaast is de ontvangstapparatuur aan boord van het vliegtuig mede bepalend voor de beslissingshoogte. Hoe hoger de nauwkeurigheid van het instrumentlandingssysteem, hoe lager de beslissingshoogte ligt.

Landingchecklist

De Turkish Airlines 'normal' checklist voor een vlucht met een Boeing 737-NG is onderverdeeld in een 'vertrek' (departure) en een 'aankomst' (arrival) deel. De landingchecklist is een onderdeel van het 'aankomst' deel.

Landingsgestelwaarschuwingssysteem

Dit systeem genereert een geluidssignaal om de bemanning te waarschuwen als een landingsspooring wordt ondernomen terwijl één of meer delen van het landingsgestel niet uitgeklaapt en geborgd zijn.

Lijnvlucht onder supervisie (LIFUS)

De fase van de training op een type vliegtuig, die plaatsvindt op commerciële vluchten nadat de piloot onder supervisie de initiële typekwalificatietraining heeft voltooid en een aantal starts en landingen op het type met succes heeft uitgevoerd zonder passagiers aan boord. Tijdens de LIFUS-training is de piloot onder supervisie al bevoegd om het betreffende type toestel te vliegen, maar nog niet bevoegd om met een andere piloot dan een LIFUS-instructeur te vliegen. Tijdens de eerste fase van de LIFUS-training is de samenstelling van de cockpitbemanning afwijkend. De gezagvoerder is dan tevens instructeur en bij Turkish Airlines is er bij de eerste twintig vluchten van de LIFUS-training een veiligheidspiloot in de cockpit aanwezig. Deze veiligheidspiloot zit op de waarnemerszitplaats iets naar achter, tussen de beide piloten in. Na deze eerste trainingsfase vindt er een voortgangcheck plaats. Vervolgens vinden bij Turkish Airlines ter afsluiting van de training nog twintig LIFUS-trainingsvluchten plaats, maar dan zonder een veiligheidspiloot aan boord.

Luchtverkeersleiding

Luchtverkeersleiding is het regelen van het luchtverkeer door het geven van toestemmingen en aanwijzingen aan bestuurders van luchtvaartuigen. Dit om een veilige en geordende luchtverkeersstroom te waarborgen en botsingen met ander verkeer of obstakels te voorkomen. De luchtverkeersleiding is opgesplitst in drie werkvelden: algemene verkeersleiding, naderingsverkeersleiding en plaatselijke verkeersleiding.

Mode control panel

Een bedieningspaneel waarmee de bemanning selecties voor koers, hoogte, snelheid en andere vliegopdrachten kan maken voor de beide vluchtbesturingscomputers en selecties voor snelheid voor de autothrottlecomputer. Deze selecties worden modusselecties genoemd en worden door middel van flight mode annunciations op de primary flight display van elke piloot gepresenteerd.

Mode control panel speed modus

Een modus die er voor zorgt dat het vliegtuig de door de bemanning op het mode control panel geselecteerde snelheid handhaaft. Deze modus wordt aangegeven met 'MCP SPD'.

Naderingsbriefing

Informatie die wordt gegeven door de piloot die het vliegtuig bestuurt aan de overige cockpitbemanningsleden voorafgaand aan de nadering van de bestemming. De briefing omvat zaken, zoals de status van het vliegtuig, relevante NOTAMs⁸⁹, te verwachten weersomstandigheden, de standaardaanvliegroute, de eindnadering, de naderingssnelheid, de beslissingshoogte, de in gebruik zijnde baan en de hoeveelheid brandstof aan boord.

Naderingsverkeersleidingsgebied

Gebied rondom en boven het plaatselijk verkeersleidingsgebied van één of meerdere vliegvelden. In een naderingsverkeersleidingsgebied wordt behalve naderend en vertrekkend verkeer ook het luchtverkeer dat het gebied doorkruist, gecontroleerd.

Overtrekwaarschuwingssysteem

Een overtrek is de situatie waarbij, door vergroting van de invalshoek van de vleugel, de luchtstroom het profiel van de vleugel niet meer kan volgen. De vleugel verliest dan grotendeels zijn draagkracht waardoor het vliegtuig, indien de piloot niet ingrijpt, snel hoogte zal verliezen. Het overtrekwaarschuwingssysteem wordt gebruikt om de vereiste waarschuwing te genereren vóórdat een overtrek begint. Deze waarschuwing wordt gegeven door de stuurkolom(men) te laten vibreren. De activering van het systeem produceert een karakteristiek geluid dat hoorbaar is voor de bemanning. Toepassing door de piloot van de voorgeschreven herstelprocedure moet vervolgens voorkomen dat het vliegtuig daadwerkelijk in een overtreksituatie terecht komt. Als de invalshoek verder toeneemt zal het vliegtuig overtrekken en snel hoogte verliezen.

Plaatselijk verkeersleidingsgebied

Gebied rondom een luchthaven dat door de luchtverkeersleiding gecontroleerd wordt vanuit de verkeerstoren. Het plaatselijk verkeersleidingsgebied van de luchthaven Schiphol heeft een diameter van circa 30 kilometer en een hoogte van 3000 voet boven (gemiddeld) zeeniveau.

Primary flight display

Een beeldscherm in de cockpit waarop primaire vluchtinformatie wordt weergegeven, zoals een kunstmatige horizon waarmee de stand van het vliegtuig ten opzichte van de horizon wordt weergegeven. Verder worden de vliegsnelheid, daal- of klimsnelheid, druk- en radiohoogte, koers en vliegpadinformatie gepresenteerd. Daarnaast verschaft het informatie over de modus waarin het automatische vluchtsysteem zich bevindt, door middel van de flight mode annunciations.

Quick acces recorder

Apparatuur waarmee een groot aantal vluchtparameters elektronisch worden opgeslagen. De quick acces recorder is te vergelijken met de flight data recorder, maar is niet gebouwd en gecertificeerd om impact en brand als gevolg van een ongeval te doorstaan.

Radiohoogtemetersysteem

Het radiohoogtemetersysteem aan boord van de Boeing 737-800 bestaat uit twee autonome systemen, een linker- en rechtersysteem. Een radiohoogtemetersysteem wordt gebruikt om met behulp van radiosignalen de hoogte boven de grond te bepalen. De drukhoogtemeter bepaalt de hoogte aan de hand van de gemeten omgevingsdruk. Het principe van de radiohoogtemeting is gebaseerd op het meten van de tijd tussen een uitgezonden en via de grond teruggekaatst ontvangen signaal. Dit tijdsverschil is evenredig met de hoogte van het vliegtuig boven de grond.

89 Notice to Airmen (NOTAM): kennisgeving met inlichtingen omtrent de instelling, toestand of verandering van enige luchtvaartfaciliteit, -dienstverlening, -procedure, -gevaar, waarvan het noodzakelijk is dat operationeel luchtvaartpersoneel tijdig kennis neemt.

De gebruikte technologie is vooral geschikt voor gebruik op relatief lage hoogte boven de grond. Naarmate het vliegtuig zich dichterbij de grond bevindt, wordt de meting nauwkeuriger.

De hoogtewaarden afkomstig van het linker- en rechtersysteem worden respectievelijk op de linker en rechter primary flight display weergegeven wanneer de gemeten hoogte 2500 voet of minder bedraagt. Naast de piloten maken ook systemen aan boord gebruik van de gemeten radiohoogten, ondermeer ter ondersteuning van ILS-naderingen.

Het linker- en rechtersysteem hebben elk een eigen zend- en ontvangstantenne. De vier antennes zijn achter elkaar in lijn geplaatst onder de romp van het vliegtuig.

Retard flare modus

Een modus waarin de autothrottle kan opereren en die er voor zorgt dat het vliegtuig in combinatie met een neusbeweging omhoog (door de automatische piloot) een comfortabele landing maakt. Bij deze beweging, een 'flare' genoemd, brengt de autothrottle de gashendels volledig terug tot de eindstop, kort voordat het vliegtuig met de hoofdwielen de baan raakt. Hierdoor zal het vliegtuig zijn snelheid verliezen. De piloot kan de gashendels naar voren schuiven, echter, de autothrottle zal ze zelf weer terugzetten zodra de piloot stopt met het uitoefenen van voorwaartse druk op de gashendels, tenzij de autothrottle handmatig wordt losgekoppeld door één van de autothrottle 'cut out' knoppen op de gashendels in te drukken. In deze modus wordt twee seconden na de landing de autothrottle automatisch uitgeschakeld.

De 'retard flare' modus wordt geactiveerd indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan: de radiohoogte is minder dan 27 voet, de flapstand is meer dan 12,5 graden, er is een modus van de autothrottle actief die de vliegsnelheid regelt en het vliegtuig klimt of daalt niet naar een ingestelde hoogte of handhaaft niet een geselecteerde hoogte. De 'retard flare' modus wordt op de primary flight display aangegeven met 'RETARD'.

Speed brakes

Luchtremmen (hierna te noemen: speed brakes) worden gebruikt om de luchtstroming over de vleugels te verstoren. Met behulp van speed brakes wordt de luchtweerstand verhoogd en de draagkracht van de vleugels verkleind. Speed brakes worden bij de landing, direct nadat de hoofdwielen de grond raken, gebruikt. In deze situatie komen dan in beide vleugels alle panelen omhoog. Doordat de draagkracht wegvalt en de luchtweerstand verhoogd wordt, krijgt het vliegtuig meer grip op de baan en kan de remweg korter worden. Speed brakes kunnen ook tijdens de vlucht worden gebruikt om vliegsnelheid te verminderen of de daalsnelheid te vergroten. Speed brakes worden tijdens de nadering gereed gezet voor een automatische werking tijdens de landing door het in de 'arm'-stand brengen van de speed brakehendel. De stand 'arm' wordt bevestigd door middel van een palletje voor de hendelpositie en een groen 'speed brake armed' licht. Een amberkleurig 'speed brake do not arm' waarschuwingslicht geeft aan dat de speed brakes niet gereed mogen worden gezet vanwege een abnormale situatie of invoer van testgegevens naar het automatische speed brake systeem. In dit geval moeten de speed brakes na de landing handmatig worden geselecteerd.

Veiligheidspiloot

Een piloot die bevoegd is voor een specifiek type vliegtuig en die aan boord van het vliegtuig is tijdens LIFUS-training om de positie over te kunnen nemen van de gezagvoerder of van de piloot onder supervisie wanneer één van beiden niet in staat is zijn taken uit te voeren. De rol van de veiligheidspiloot is het waarnemen van de vliegtraining en hij is verantwoordelijk voor het adviseren van de gezagvoerder in geval hij onregelmatigheden constateert. Voor aanvang van een trainingsvlucht instrueert de gezagvoerder de veiligheidspiloot welke assisterende taken hij mag uitvoeren.

Vertical speed modus

De modus 'vertical speed' (V/S) maakt het mogelijk automatisch met een bepaalde verticale snelheid te klimmen of te dalen. Zodra deze modus wordt geselecteerd, wordt voor de autothrottle automatisch de modus 'mode control panel speed' (MCP SPD) geactiveerd om de vliegsnelheid te regelen.

Vluchtinformatieverstrekking

Vluchtinformatieverstrekking is het geven van inlichtingen door de luchtverkeersleiding aan piloten ten behoeve van een veilige en doelmatige vluchttuitvoering. Het gaat hier onder andere om informatie over het weer langs de vliegroute, inlichtingen over wijzigingen in de bruikbaarheid van navigatiehulpmiddelen en veranderingen in de staat van luchtvaartterreinen en faciliteiten.

Vluchtniveau

De term vluchtniveau (Engels: flight level, afgekort FL) geeft de hoogte aan ten opzichte van het grondniveau met een standaarddruk van 1013,2 hPa. Rekenend vanaf dit referentievlak met hoogte nul worden de vluchtniveaus uitgedrukt in honderdtallen voeten. Dus FL360 betekent 36.000 voet boven het referentievlak, wat niet automatisch betekent dat dit 36.000 voet boven de grond is bij de op dat moment heersende luchtdruk.

BIJLAGEN

BIJLAGE A: ONDERZOEKSVERANTWOORDING

Melding en onderzoek Onderzoeksraad

Op 25 februari 2009 rond 11.00 uur ontving de Onderzoeksraad voor Veiligheid een melding dat een ongeval had plaatsgevonden met een Boeing 737-800 van Turkish Airlines nabij baan 18R van de luchthaven Schiphol. De Onderzoeksraad is direct met het onderzoek gestart. Een ongeval met een burgerluchtvaartuig valt onder de verplichte onderzoeken.⁹⁰

In overeenstemming met internationale afspraken en richtlijnen is contact gelegd met de betrokken staten, Turkije (staat van inschrijving van het vliegtuig, alsmede staat waar de luchtvaartmaatschappij is gevestigd), de Verenigde Staten (staat van de vliegtuigfabrikant en het -ontwerp, en staat van de motorenfabrikant en het -ontwerp) en Frankrijk (staat van de motorenfabrikant). In overeenstemming met ICAO Annex 13 hebben deze landen een geaccrediteerde afgevaardigde toegewezen om deel te nemen in het onderzoek en adviseurs om hem te assisteren. Vervolgens hebben betrokken partijen en organisaties uit die staten contact gelegd met de Onderzoeksraad voor Veiligheid. Dit waren onder andere het Directorate General of Civil Aviation (DGCA), de National Transportation Safety Board (NTSB), de FAA, Turkish Airlines, Boeing en CFM (de fabrikant van de motoren). De Britse Air Accident Investigation Branch (AAIB) en het Franse Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA) hebben hun diensten verleend. Verder zijn vertegenwoordigers van de Inspectie Verkeer en Waterstaat, de Nederlandse cabinebemannings-, luchtverkeersleiders- en pilotenvereniging op verzoek van de Onderzoeksraad toegetreden tot het onderzoeksteam.

De volgende onderzoeken en activiteiten zijn uitgevoerd in 2009:

- Van 26 februari tot en met 11 maart vond het initiële feitenonderzoek plaats volgens het 'party systeem'.⁹¹ Dit houdt in dat vertegenwoordigers van de bovenvermelde partijen onder leiding van de Onderzoeksraad deelnamen aan de feitenverzameling.
- Op 26 februari zijn de flight data recorder en cockpit voice recorder uitgelezen bij BEA in Parijs.
- Op 4 maart bracht de Raad een waarschuwing uit aan Boeing.
- 11 - 14 maart: berging van de wrakstukken.
- 27 april: simulatoronderzoek bij de Flight Simulator Company te Schiphol-Oost met de AAIB.
- Op 28 april publiceerde de Raad het voorlopige rapport van het onderzoek.
- 4 - 8 mei: onderzoek bij DGCA in Ankara, Turkije en bij Turkish Airlines in Istanbul, Turkije.
- 2 juni: simulatoronderzoek bij de Flight Simulator Company te Schiphol-Oost.
- 17 juni: eerste onderzoek bij GE Aviation (fabrikant Smith autothrottle) in Cheltenham, Groot-Brittannië met de AAIB.
- 25 juni: eerste onderzoek bij Thales (fabrikant radiohoogtemetercomputer; box en software) in Parijs met het BEA.
- 6 - 8 juli: voorbereiding technisch onderzoek bij de Onderzoeksraad met de NTSB.
- augustus - september: onderzoek door TNO.
- 17 - 18 augustus: onderzoek bij Honeywell (fabrikant vluchtbesturingscomputer en 'display electronic unit') in Phoenix, Verenigde Staten met de NTSB en Boeing.
- 20 augustus: onderzoek bij General Electric Aviation (fabrikant vluchtmanagementcomputer) in Grand Rapids, Verenigde Staten met de NTSB en Boeing.
- 25 augustus: onderzoek bij BAE Systems (fabrikant 'proximity sensing electronic unit') in Johnson City, Verenigde Staten met de NTSB en Boeing.
- 1 september: onderzoek bij Luchtverkeersleiding Nederland te Schiphol-Oost met de DGCA, Turkish Airlines en de NTSB.
- 17 - 18 september: tweede onderzoek bij Thales (fabrikant radiohoogtemetercomputer; box en software) in Brive, Frankrijk, met het BEA.
- 21 - 26 september: onderzoek bij Boeing in Seattle, Verenigde Staten met de NTSB, de

90 Het onderzoek is uitgevoerd overeenkomstig de daartoe gestelde regelgeving krachtens de Rijkswet Onderzoeksraad voor Veiligheid, met inachtneming van de Europese en ICAO-richtlijnen met betrekking tot het onderzoek van ongevallen in de civiele luchtvaart.

91 Internationaal, zowel door ICAO als door de EU, wordt voorgeschreven dat betrokken partijen deel mogen uitmaken van het onderzoek uitgevoerd door de Raad.

FAA, de DGCA, Turkish Airlines, Sensor Systems (fabrikant radiohoogtemeterantenne) en Thales.

- 13 oktober: tweede onderzoek bij GE Aviation (fabrikant Smith autothrottle) in Cheltenham, Groot-Brittannië met de AAIB en Boeing.
- Augustus - oktober: verkennend onderzoek overlevingsaspecten.
- 8 - 9 oktober: overleg bij de FAA in Washington, Verenigde Staten.
- 24 - 25 november: onderzoek bij Boeing in Seattle, Verenigde Staten.

Scope

Het onderzoek van de Onderzoeksraad is gericht op het vaststellen van de oorzaken of vermoedelijke oorzaken, de achterliggende factoren die geleid hebben tot en de mogelijke structurele veiligheidstekorten die ten grondslag hebben gelegen aan het ongeval.

De volgende aspecten zijn niet verder of ten dele onderzocht:

- De oorzaak van het ontstaan van door radiohoogtemetersystemen gepresenteerde foutieve waarden.
- Het verband tussen de onderzoeksresultaten en radiohoogtemetersysteem gerelateerd onderzoek door andere instanties.
- Het verband tussen radiohoogtemetercomputers die naar de onderhoudsafdeling zijn teruggestuurd en de foutieve waarden.
- Radiohoogtemetersysteem gerelateerde problemen bij andere vliegtuigtypen.
- De overlevingsaspecten van het vliegtuig.

De Onderzoeksraad heeft besloten niet alleen het ongeval zelf, maar ook de hulpverlening na het ongeval te onderzoeken. De resultaten van dat onderzoek worden separaat gepubliceerd.

Overige onderzoeken

Het Openbaar Ministerie heeft een strafrechtelijk onderzoek naar het ongeval ingesteld.

Interviews

In het kader van het onderzoek zijn interviews gehouden met onder meer personeel van Luchtverkeersleiding Nederland, passagiers, twee leden van de cabinebemanning, hulpverleners, ooggetuigen, managers en piloten van Turkish Airlines en medewerkers van Boeing.

Analyse

De analyse heeft zich gericht op de reconstructie van het ongeval en de directe en achterliggende oorzaken. In opdracht van de Onderzoeksraad zijn deelonderzoeken en analyses uitgevoerd op het gebied van de menselijke factoren, vliegveiligheid, kwaliteitsbewaking en overlevingsaspecten.

Projectteam

Het projectteam bestond uit de volgende personen:

Mr. J.W. Selles	Projectleider/onderzoeksmanager
Ing. K.E. Beumkes MSHE	Senior onderzoeker
Ing. W.F. Furster	Onderzoeker
Mevr. R. Lagendijk	Projectassistent
G.J.M. Oomen	Senior onderzoeker
Ing. M.L.M.M. Peters MSHE	Senior onderzoeker
H. van Ruler	Senior onderzoeker
Ing. A. Samplonius	Senior onderzoeker
Ir. M.J. Schuurman	Technisch onderzoeker
Mr. ing. G.J. Vogelaar	Senior onderzoeker
Drs. H.J.A. Zieverink	Senior onderzoeker

Aan het projectteam zijn onder regie en verantwoordelijkheid van de Onderzoeksraad toegevoegd:

R.J. Francken	Inspectie Verkeer en Waterstaat
Drs. M.M.C.L. van Leeuwen	Koninklijke Luchtmacht
J.C. de Mol	Luchtverkeersleiding Nederland

A.H. Sloetjes
V.H. Telkamp

Vakbond van Nederlands Cabinepersoneel
Vereniging Nederlandse Verkeersvliegers, Accident
Investigation Group
Vakbond van Nederlands Cabinepersoneel

Mevr. mr. E.C. Veenboer

In opdracht van de Onderzoeksraad zijn deelonderzoeken uitgevoerd met medewerking van de volgende externe deskundigen:

Ing. F.G. Bleeker

Veiligheidsmanagement en kwaliteitsbewaking - Turkish
Airlines

Prof. dr. S.W.A. Dekker

Menselijke factoren

Ir. R.V. van der Velden

Kwaliteitsbewaking Turkish Technic Inc.

Prof. dr. ir. J.S.H.M. Wismans

Verkenning onderzoek overlevingsaspecten

Daarnaast hebben technici van De Nederlandse Vereniging van Luchtvaart Technici (NVLT) ondersteuning verleend aan het onderzoek.

BIJLAGE B: COMMENTAAR BETROKKEN PARTIJEN

Een conceptrapport (zonder beschouwing en aanbevelingen) is ter beoordeling op feitelijke onjuistheden aan de direct betrokken partijen voorgelegd, conform de Rijkswet Onderzoeksraad voor Veiligheid. De Onderzoeksraad heeft de ontvangen commentaren, voor zover het niet-tekstuele, technische aspecten en feitelijke onjuistheden betreft, verwerkt in het definitieve rapport. De opmerkingen zijn overgenomen in deze bijlage en voorzien van de reden waarom de Raad het rapport op deze punten wel of niet heeft aangepast. De in de opmerkingen aangehaalde paragraaf- of hoofdstuknummers verwijzen naar de nummering van het conceptrapport en komen niet altijd meer overeen met de nummering in het definitieve rapport.

De inzageversie van dit rapport is voorgelegd aan de volgende partijen:

- Air Accidents Investigation Branch, Groot-Brittannië
- Boeing Commercial Airplanes, Verenigde Staten
- Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile, Frankrijk
- Echtgenotes van de omgekomen piloten, Turkije
- European Aviation Safety Agency
- GE Aviation, Groot-Brittannië
- Inspectie Verkeer en Waterstaat, Divisie Luchtvaart
- Luchtverkeersleiding Nederland
- Minister van Verkeer en Waterstaat
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken
- Naderingsverkeersleider
- National Transportation Safety Board, Verenigde Staten
- Thales, Frankrijk
- Turkish Airlines, Turkije
- Turks Ministerie van Transport, Directorate General of Civil Aviation, Turkije
- US Federal Aviation Administration, Verenigde Staten

Van al deze partijen heeft de Raad bericht ontvangen.

European Aviation Safety Agency (EASA)

1. Opmerking:

One of the Type III exits was still closed after the emergency evacuation. It is stated at page 23, paragraph 2.18, that "The front cabin doors were not used for the evacuation". For the emergency exits that were not opened, it would have been useful to address if the passengers or cabin crew may have tried to open it unsuccessfully, as well as, if any tests have been performed so check whether it could be opened.

In addition, it would have been interesting to know more about emergency slides not deploying. The above information could have been useful for the analysis of the survival aspects.

Reactie Raad:

Niet verwerkt in rapport.

De nooduitgang die niet werd geopend, bleek goed te functioneren. Het is, zoals het rapport vermeld, onduidelijk gebleven waarom de noodglijbanen niet zijn opgeblazen na het openen van de deuren.

2. Opmerking:

Page 35: the sentence "Information showed that the radio altimeter problems also occurred with other aircraft types", should be more explicit regarding the "other aircraft types": other Boeing a/c or other manufacturer?

Reactie Raad:

Alleen het type Boeing 737 NG is onderzocht. De zin is daarom verwijderd uit het rapport.

3. Opmerking:

Page 30: with reference to the paragraph 4.7 "European Aviation Safety Agency", we would like to

be more specific regarding the certification of the Boeing 737-800. You may consider revising/integrating the sentence "The EASA has accepted the certification of the Boeing 737-800 as issued by the FAA" with the following additional information:

The EASA certification basis is reflected in the EASA TCDS IM.A.120 (last version is at the issue 06 dated 21.12.2009; this document is published at the EASA website).

B737-800 has been validated by JAA. JAA validation date is 09.04.1998. The Agency has grandfathered the result of JAA validation. JAA certification basis contains requirements of JAR 25 Change 13.

Also the sentence "In addition, EASA and the FAA together have provided the certification for the CFM 56-7B26 engines with which the accident aircraft was equipped" should be revised in accordance with the following information:

"Validation of CFM 56-7B26 engine has been made by DGAC France. Validation date is 17.12.1996. The Agency has grandfathered the result of DGAC validation. No JAA validation of CFM 56-7B26 was existing".

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

4. Opmerking:

Page 56, paragraph 5.12.2 "Safety assessment foreign aircraft": the sentence "The EASA is in charge of this" is wrong and should be rewritten as follows:

"EASA is responsible for coordinating the SAFA Programme while the performance of inspections falls under the responsibility of the states participating in the programme".

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

5. Opmerking:

Page 60: in part 6 Conclusion and other previous parts in the report (paragraph 5.10.2) it is mentioned that the requirements in the JAR-OPS 1 with regard to stall training are too limited and the recovering from a stall situation is not part of the repeat training sessions. We think that the requirement you are referring is JAR-OPS 1.965 "Recurrent training and checking". In particular at page 54, paragraph 5.10.2 "Stall training during recurrent training" it is mentioned at the very first sentence that training for a recovery from a stall warning during recurrent training is not a requirement under JAR-OPS 1.

We would like to point out that JAR-OPS 1 provides high level guidance for commercial operation but the detail of training requirements would normally take place in JAR-FCL. Also, as required by EU-OPS at OPS 1.965 "Recurrent Training and Checking", it is up to the operator to ensure that "a recurrent training and checking programme is established in the Operations Manual and approved by the Authority".

With reference to the event, the B737 proficiency check programs should be defined in the FCL type qualification program. Therefore, from the European perspective, no requirement related to stall recovery should take place in JAR-OPS.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

**Frankrijk
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA) & Thales**

1. Opmerking:

Each time there is a reference to "radio altimeter", we would appreciate that you specify if the reference is to either:

- the radio altimeter **computer** (THALES computer with the embedded software also referenced as LRRR: Low Range Radio Altimeter),
or
- the radio altimeter **system** that includes the radio altimeter computer, receive and transmit coaxial cables, receive and transmit antennae and the aircraft installation

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

2. Opmerking:

BEA believes that there is a misrepresentation of “-8 ft” value in the report. This can lead to misleading conclusions regarding the operating principle of the radio altimeter system. The valid range of the radio altimeter computer is [-20; 2500] ft. Therefore, -8 ft cannot be considered as an “erroneous” value for the radio altimeter computer as it is inside its valid range, even if this doesn’t correspond to the airplane’s height.

Reactie Raad:

In paragrafen 5.2.1 en 5.2.2 is het bereik van het radiohoogtemetersysteem omschreven. Hierbij is de tekst toegevoegd dat -8 voet binnen het bereik van het systeem valt.

3. Opmerking:

Throughout the report, there are no references to direct coupling phenomenon that can explain the -8ft value. The phenomenon of direct coupling was reproduced at Boeing facilities in the presence of the DSB and was also duplicated by Thales using other types of antennae. Environmental issues on the antennae might be an explanation. BEA considers it fundamental to explain why the system can generate the value -8ft.

Reactie Raad:

In paragraaf 5.2.6 wordt uitleg gegeven met betrekking tot ‘direct coupling’ en de mogelijkheid dat dit een verklaring kan zijn voor een negatieve radiohoogte.

4. Opmerking:

Throughout the report and specifically in paragraph 5.2, the term “wrongly marked” is used. Does “marked” describe the incorrect value displayed to the crew, or does it describe the ARINC message status (SSM) sent by the radio altimeter computer to the other systems? In this event, if the latter is the case, when measuring -8 feet, the SSM value cannot be defined as invalid.

Reactie Raad:

De SSM is nu in het rapport opgenomen (bijlage Q). Tevens is in de tekst (5.2.2) opgenomen wat in dit rapport wordt bedoeld met ‘foutieve’ (erroneous) data.

5. Opmerking:

Concerning the “certification criteria” paragraph (paragraph 5.12.1), The computer was qualified and approved by FAA TSO C87. The computer complies with the Boeing technical specification and the TSO standard. The tests performed on the radio altimeter computer after the accident confirmed that the computer complies with the Boeing technical specification and the TSO standard.

Reactie Raad:

Overgenomen.

6. Opmerking:

The radio-altimeter system can’t verify a measurement within its valid range as there are no other sources of information to compare with. - 8ft is a valid measure and cannot be considered as an erroneous value by the radio altimeter system as it is inside the computer valid range.

Reactie Raad:

In het rapport is opgenomen wat word bedoeld met ‘foutieve’ (erroneous) data.

7. Opmerking:

The other systems using the output value of the radio altimeter system must have the capabilities to validate the height information by comparing this value with other means of measurement.

Reactie Raad:

Bij dit onderzoek is niet naar voren gekomen dat bij het gebruik van radiohoogtedata is vereist dat dit met andere informatiebronnen moet worden vergeleken.

8. Opmerking:

BEA considers that the approval of the LRRR computer is not in question. BEA considers that complete aircraft systems should be discussed when airworthiness and certification requirements are in question.

Reactie Raad:

In het rapport is opgenomen dat alleen de componenten zijn gecertificeerd.

9. Opmerking:

The report suggests a link between the -8 ft value and the LG warning (paragraph 5.4.1 and Appendix I, paragraph "investigation of radio altimeter system"). Is it possible to make this link more explicit?

Reactie Raad:

Dit is mogelijk maar het is niet in detail in het rapport opgenomen omdat het ook niet gedaan is voor het verdwijnen van de pitch en roll bar en de speedbrake (5.4.1).

10. Opmerking:

For clearer understanding, is it possible to describe the use by the systems of RA1 and RA2 throughout the accident flight and explain how the systems switch from RA1 to RA2?

Reactie Raad:

In het rapport is gekozen voor de terminologie linker radiohoogtemetersysteem (RA1) en rechter radiohoogtemetersysteem (RA2). In paragraaf 5.4.1 is beschreven wanneer voor de autothrottle wordt overgeschakeld van het linker radiohoogtemetersysteem naar het rechter radiohoogtemetersysteem.

11. Opmerking:

In paragraph 2.4, it is written "on the PFD of the captain, a radio height of -8ft was visible". It would be useful to avoid confusion and introduce nuance in the interpretation. Does the term "was visible" correspond to the fact that the crew noticed the -8 ft or does it only correspond to the information recorded by the flight recorders?

Reactie Raad:

In dit verband wordt bedoeld dat hoogtedata werd 'getoond' op de primary flight display.

12. Opmerking:

Same problem of misinterpretation with a term like "could be seen". Does it indicate that the crew positively identified this information? What is the source of any visual information that you refer?

Reactie Raad:

Met 'could be seen' wordt bedoeld dat het getoond wordt. Als de bemanning zei dat ze deze informatie heeft gezien of ernaar verwijst, wordt dit in het rapport weergegeven.

13. Opmerking:

At the end of the first sentence of paragraph 2.21.2, it would be clearer if the dates of the two similar incidents that had taken place some days before (23 February 2009 and 24 February 2009) are indicated.

Reactie Raad:

Overgenomen.

14. Opmerking:

The tests performed during the investigation have established that both Radio Altimeter computers from the accident aircraft were operational and comply with their specifications. Thales has explained to the investigation team that the height measurement delivered by the radio altimeter computer was valid when the signal acquired from the receive antenna met defined radio frequency requirements, this within the specified height range (-20ft; 2500ft) as per ARINC 707 document. Therefore, the -8 feet measure was correct because it was inside the specified height range of the

radio altimeter computer measurement. As a consequence, Thales asks that the DSB report clarifies that the radio altimeter computer did not provide erroneous data when delivering -8 feet on the ARINC output bus.

Reactie Raad:

Zie de reactie op opmerkingen 2, 4 en 6.

15. Opmerking:

Also, a negative height measure has been reproduced by the investigation team at Seattle on September 2009 by inducing direct coupling between the receive and transmit antennas. As a conclusion and as stated by Thales during the examinations at Seattle on September 2009, Thales position is that further flight tests should be carried out to explore which operational conditions (meteorological, atmospheric, others) can lead to direct coupling between the receive and transmit antennas during flight. Thales strongly believes that ice or snow conditions, along with corrosion on the antenna connectors or antenna mounting parts are strong candidate contributing factors to direct antenna coupling.

Reactie Raad:

Zie de reactie op opmerking 3.

16. Opmerking:

Thales is requesting that this report includes the pertinent CVR data transcripts that can tell if the crew was or not aware of the direct consequences of this radio altimeter system behavior.

Reactie Raad:

Van de laatste 11 minuten van de cockpit voice recorder data is een transcript opgenomen in bijlage J.

17. Opmerking:

INTERCEPTION OF THE LOCALIZER SIGNAL AND ACTIVATION OF THE RETARD MODE "An audio signal could be heard from the cabin in the cockpit at 10.24:19 hour"

Can you provide additional information about this audio signal (identification, operational role)?

Reactie Raad:

Het geluid werd herkend als een 'cabin chime', zie ook het transcript van de cockpit voice recorder data in bijlage J. Er is verder geen specifiek onderzoek gedaan naar dit geluid.

18. Opmerking:

*"During the accident flight, the left radio altimeter **suddenly indicated an incorrect altitude of -8 feet on the left primary flight display**"*

The FDR plot shown by DSB at Thales on June 25th, 2009 shows that the only operational height value (Normal Operation status) provided by RA system #1 during this flight was -8 feet.

Therefore it is incorrect to write that RA system # 1 has suddenly indicated -8 feet Again, -8 feet height is not an incorrect height according to the radio altimeter specification. Additionally, Thales proposes to replace the above sentence by:

*"During the accident flight, the left radio altimeter **system** suddenly indicated an incorrect **height** of -8 feet on the left primary flight display"*

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

19. Opmerking:

*"During the accident flight, **The computer wrongly marked the altitude data** and it was subsequently used by various systems including the auto throttle"*

Thales disagrees with this statement that implies that the radio altimeter computer made a fault when sending the -8 feet valid height data on the output bus. The tests performed during the investigation have established that both radio altimeter computers were fully operational.

Also, Thales has demonstrated to the DSB that the radio altimeter computer complies with Boeing technical specification in such a case, as the radio signal coming from the receive antenna was

valid. Please add the validity criteria (ref to document ref ATA/09/002127 Ir 00, dated July 7th, 2009): The height delivered by the radio altimeter computer was valid when the signal acquired from the receive antenna meets defined radio frequency requirements, this within the specified height range (-20ft; 2500ft) as per ARINC 707 document.

Thales propose to replace the original syntax by the following wording:

The Radio Altimeter System #1 provided an incorrect height value and it was subsequently used by various systems including the autothrottle

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

20. Opmerking:

Sub-section *Measures undertaken at Turkish Airlines* "Turkish Airlines suspected based on their experience that corrosion on the connecting parts due to moisture"

As DSB refers to corrosion, Thales understands that this sentence refers to the antennas. If this is correct, can you precise: "on the connecting parts **of the antennas**"

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

21. Opmerking:

Thales is surprised that this section neither mentions the two previous incidents experienced on this same aircraft and that are listed in Appendix J, nor establishes if they have been formally reported or not to the attention/awareness of the crew.

Reactie Raad:

Overgenomen.

22. Opmerking:

Sub-section Maintenance system

"The data from the radio altimeter system internal memory could possibly provide information on the cause. However, these systems can only be read and analysed at the radio altimeter computer manufacturer."

This is incorrect: the ERT-550 Component Maintenance Manual provides all information necessary for Non Volatile Memory data retrieval and analysis. This document ref 34-42-51-04 is available at Turkish Airlines and it was delivered by Thales to the DSB during the investigation.

"That is why the airlines cannot and will not use directly the information of the internal memories that could probably provide the most insight into the faults but cannot be read anywhere but at the manufacturer's. Most of the incorrect data remains invisible due to this system being used."

This is incorrect, see above comment.

"It can be concluded that the options to resolve the radio altimeter complaints and the corresponding risks effectively are limited within the current maintenance system."

Thales disagrees with this conclusion because there is no access restriction to the Radio Altimeter computer maintenance data as per Component Maintenance Manual ref 34-42-51-04.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

23. Opmerking:

"The radio altimeter system was subjected to a technological investigation because the altitude value was not correctly marked and the -8 feet value was taken to be correct while the aircraft was at a different altitude"

Thales disagrees with this statement that implies that the radio altimeter computer made a fault when sending the -8 feet valid height data on the output bus. Thales has demonstrated to the DSB that the radio altimeter computer complies with Boeing specification in such a case, as the radio signal coming from the receive antenna is valid.

Thales suggests the following wording:

The radio altimeter system was subjected to a technological investigation because the -8 feet height value was taken to be correct while the aircraft was at a different height.

*"The results are too limited due to the extensive damage to the **equipment** to be able to determine a link between the development of the incorrect values during the accident flight."*

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

24. Opmerking:

Can you precise which equipment it is referred to, as the radio altimeter computers have been tested during the investigation and have performed correctly during those tests?

Reactie Raad:

In bijlage L zijn de testen in een samenvatting beschreven.

25. Opmerking:

*"Even though the memory of the computer included **various error messages**"*

This is misleading and one may understand that the radio altimeter computers have recorded various error messages during the accident flight, which is not the case.

Please clarify according to the following: Thales has sent to the DSB the analysis of the NVM of both radio altimeter computers (ref ATA/09/003086 Ir 01 dated October 8, 2009), establishing that the radio altimeters height computation during the accident flight was correct: * radio altimeter computer SN 1141 did log one fault during the accident flight. This is a power supply fault that was transient (not permanent) and that was not consolidated, therefore it did not lead to any radio altimeter computer error. On top of this, radio altimeter computer SN 1141 recorded 136 faults over about 2,000 legs, all faults were transient (not permanent) and except the Receiving Antenna Fault#67 of leg 534, all other faults were not consolidated (<5s).

* radio altimeter computer SN 1157 did not log any fault during the accident flight.

Non volatile memory log shows that radio altimeter computer SN 1157 recorded 149 faults over about 4,000 legs. Except faults that occurred during maintenance operation all faults were transient (not permanent), and except the Receiving Antenna Fault#62 of leg 2,061, all others faults were not consolidated (<5s).

Reactie Raad:

In bijlage L is algemeen omschreven wat tijdens het onderzoek is gevonden. Er is verder geen detail onderzoek gedaan naar de geconstateerde foutmeldingen in het geheugen.

26. Opmerking:

"All the aforementioned tests could not explain the sudden change in radio height to -8ft."

At this point Thales asks that Thales position be exposed, which is that the -8 feet height measurement could be due to a direct coupling of the receive and transmit antennas.

Thales asks that the DSB report establishes that the -8 feet height measurement was reproduced by the investigation team by creating direct coupling between the transmit antenna and the receive antenna. *Normal antenna radio signal path Direct coupling antenna radio signal path inducing -8 feet height measurement* As a conclusion and as stated by Thales during the examinations at Seattle on September 2009, Thales position is that further flight tests should be carried out to explore which operational conditions (meteorological, atmospheric, others) can lead to direct coupling between the receive and transmit antennas during flight. Thales strongly believes that ice or snow conditions, along with corrosion on the antenna connectors or antenna mounting parts are strong candidate contributing factors to direct antenna coupling.

Reactie Raad:

Bij het onderzoek naar de methoden om radiohoogten te meten is theoretisch vastgesteld dat -8 voet waarden het gevolg kunnen zijn van 'direct coupling'. Uit het testen met de apparatuur komt naar voren dat er problemen zijn, echter onderzoek heeft niet reproduceerbare -8 voet radiohoogtewaarden kunnen vinden. Er kan dus geen harde conclusie worden getrokken naar aanleiding van deze testen. Zoals aangegeven is verder onderzoek noodzakelijk om dit wel te kunnen doen.

27. Opmerking:

Thales strongly disagree with the following statement and request its deletion: "The manufacturer of the radio altimeter computer stated that this should not generate any errors. The certification was also based on zero errors. In practical terms, the computer did generate errors."

Indeed, the radio altimeter computer LRRRA has not delivered any errors. It has normally functioned according to the signal that it has received. The -8 feet value is inside a valid range and can be explained by a direct coupling between the antennas. Thales insists on the fact that the radio altimeter computer LRRRA complies with the technical specification from Boeing and has been qualified and approved as equipment according to the FAA TSO C87. All tests and inspections performed during the accident investigation have confirmed that the LRRRA computer complies with the Boeing specification and the TSO standard. Thales considers that the radio altimeter computer (LRRRA) is not in question and has properly functioned. In addition, Thales would like to highlight that it is the aircraft manufacturer that makes the integration of the LRRRA into the Radio Altimeter System and the installation of this system into the aircraft. The aircraft manufacturer is responsible to show compliance of aircraft/systems with certification requirements to the Primary Certification Authority, the FAA.

Reactie Raad:

In de tekst is aangegeven aan welke certificatievoorwaarden moet worden voldaan. Verder zijn wijzigingen in de tekst aangebracht ter verduidelijking.

Nederland

Inspectie Verkeer en Waterstaat, Divisie Luchtvaart & minister van Verkeer en Waterstaat & Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG Luchtvaart en Maritieme Zaken

1. Opmerking:

Bij het controleren van het rapport op eventuele feitelijke onjuistheden of onduidelijkheden wordt het transcript van de 'Cockpit Voice Recorder' gemist. Uit het rapport blijkt niet of onderzocht is of de cockpitbemanning volgens de Standard Operating Procedures (SOP) heeft gehandeld. Indien niet kennis kan worden genomen van het transcript van de Cockpit Voice Recorder bestaat het risico dat de bevindingen van de Raad ter discussie worden gesteld waardoor de aandacht te weinig wordt gelegd op de te leren lessen.

Reactie Raad:

Van de laatste 11 minuten van de cockpit voice recorder data is een transcript opgenomen in bijlage J.

2. Opmerking:

Het is onjuist dat certificering en het toezicht aangaande Verordening (EG) 1702/2003 geheel in handen ligt van EASA. EASA is verantwoordelijk voor alle ontwerpgerelateerde onderwerpen, dus de certificering van producten, de uitgifte van Airworthiness Directives (AD's) en de certificering van en het toezicht op ontwerporganisaties. De nationale autoriteiten van de lidstaten zijn verantwoordelijk voor overige onderwerpen die in genoemde verordening worden gereguleerd: dus de certificering van en het toezicht op onder andere productieorganisaties en de uitgifte van BvL's, Permit Fly etc.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

3. Opmerking:

In de tweede alinea wordt voor het borgen van de veiligheid van het luchtverkeer door LVNL gewezen op de ISO 9001 certificering. Dat behoort echter Verordening EC 2096/2005 te zijn.

Deze verordening beschrijft de eisen ten aanzien van de inrichting van de organisatie en de bedrijfsprocessen (het veiligheidsmanagement systeem) van LVNL.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

4. Opmerking:

De IVW kan zich niet herkennen in de opmerking dat er geen audits hebben plaatsgevonden op de werkvloer of bij de procedureafdeling. De Norske Veritas (DNV) heeft het kwaliteitsmanagement systeem van LVNL in 1993 gecertificeerd. Dit was op basis van de ISO 9001/1994 en later de ISO 9001/2000 norm. Na deze certificering hebben DNV en de RLD (later IVW) tot 2005 gezamenlijk de audits uitgevoerd, gemiddeld 2x per jaar. Hierbij werd door de RLD gekeken of de processen van het veiligheidsmanagementsysteem werden uitgevoerd volgens de omschreven procedures.

In dit verband wordt erop gewezen, dat op de volgende data er audits hebben plaatsgevonden:

- 18, 20 en 27 juni 2002 bij de afdeling procedureontwerp.
- 7 oktober 2002, een zogenoemde verificatie audit als follow up van vorengemelde audit.
- maart 2003. Naar aanleiding van een risicoanalyse van begin 2003 naar de factoren die een rol spelen bij de veilige afhandeling van verkeer door LVNL. Het ging hier met name om de human factors ten aanzien van de verkeersleider.
- 15 januari 2007 en 23 januari 2007 Certificeringsaudits, waarbij ook de werkvloer bezocht is. Met name is gekeken hoe de verkeersleider omgaat met het melden van incidenten.

Reactie Raad:

In de tekst is opgenomen dat IVW tijdens de certificeringsaudits in 2007 ook de werkvloer heeft bezocht.

5. Opmerking:

Cockpit Resource Management (CRM)

In JAR-OPS 1.940 en verder is bepaald aan welke training bemanningen moeten voldoen met betrekking tot het aspect van CRM. In het rapport is de CRM onvoldoende belicht. Uit het rapport blijkt niet of onderzocht is of de cockpitbemanning volgens de Standard Operating Procedures (SOP) heeft gehandeld.

Reactie Raad:

Er is een apart CRM hoofdstuk en de SOP's worden in het rapport geadresseerd. Opgemerkt wordt dat de scope van het onderzoek is beperkt tot vlucht TK1951 en de bemanning en niet van toepassing is op alle Turkish Airlines piloten.

6. Opmerking:

In de conclusies van de Onderzoeksraad mis ik een verwijzing naar het belang van crew resource management aan boord in algemene zin en de uitvoering bij TA en deze vlucht in het bijzonder. Voor de toekomst is het immers essentieel om een beeld te hebben of het juist toepassen van de beginselen van crew resource management voldoende waarborgen kan bieden dat de mogelijkheid van niet goed functionerende automatische systemen expliciet aan de orde wordt gesteld.

Reactie Raad:

De rol van CRM is nader verduidelijkt in het rapport.

7. Opmerking:

Menselijke factoren

Voor zover uit het rapport van de Onderzoeksraad moet worden afgeleid dat conclusies met betrekking tot ondermeer de hiervoor genoemde hoofdstukken 5.4.2. en 5.7.1 zijn opgenomen in het hoofdstuk over de menselijke factoren, merken zowel DGLM als de IVW volgende op. Allereerst valt op dat het onderzoek van de Onderzoeksraad naar menselijke factoren zich alleen heeft gericht op het handelen van de cockpitbemanning. Dit terwijl ook elders mensenwerk aan de orde is. Het rapport zou aan zeggingskracht winnen indien wordt gemotiveerd waarom er een beperkte selectie is gehanteerd. Daarnaast valt op dat in dit hoofdstuk evenmin conclusies worden verbonden aan de bevindingen.

Reactie Raad:

De Raad heeft ervoor gekozen om de menselijke aspecten die mogelijk een rol hebben gespeeld bij de verkeersleider niet te onderzoeken. Hoewel de wijze waarop vlucht TK1951 werd opgelijnd niet conform de VDV was, was dit volgens LVNL een normale werkwijze. De verkeersleider handelde niet anders dan normaal. Daarnaast was het handelen van de verkeersleider slechts een bijzaak in de keten van het ontstaan van het ongeval.

De paragraaf "Menselijke factoren" zoals die in het inzagerapport stond, komt in het herziene rapport niet meer terug. Onderdelen uit deze paragraaf zijn nu verdeeld over de verschillende analyse hoofdstukken.

8. Opmerking:

Line Flying Under Supervision (LIFUS)

In het rapport wordt in hoofdstuk 5.8 nader ingegaan op de zogeheten lijnvlucht onder supervisie en de aanwezigheid van een extra veiligheidspiloot. Deze veiligheidspiloot heeft als "één van de belangrijkste taken de bemanning te waarschuwen als er iets belangrijks over het hoofd wordt gezien."

De Raad komt dan ook in hoofdstuk 5.8 tot de conclusie dat het systeem van een veiligheidspiloot niet voldoende heeft gefunctioneerd. Gemist wordt of er sprake is van een structureel probleem, bijvoorbeeld ten aanzien van anciënniteit. Ook hier zouden de IVW en DGLM de Onderzoeksraad willen vragen dit in de eindconclusies te vermelden, opdat een van de aanbevelingen van de Onderzoeksraad gericht kan zijn op verbetering van dit systeem en hieruit lering kan worden getrokken.

Reactie Raad:

Om aan te tonen of sprake is van een structureel probleem zouden meer LIFUS-vluchten moeten worden onderzocht. Het onderzoek is beperkt tot de LIFUS-vluchten van de eerste officier (bestuurder vlucht TK1951). Derhalve kunnen hierover geen conclusies worden getrokken.

9. Opmerking:

§ 5.9.2

In het rapport wordt uitgelegd dat de RETARD aanduiding twee verschillende betekenissen heeft. Een RETARD "descent" gedurende een normale daling met het gas dicht en een RETARD "flare" gedurende de afvang manoeuvre. Het is een gegeven dat deze twee verschillende modes in de AT niet als zodanig op het FMA aangeduid worden. Voor beide gevallen wordt gebruik gemaakt van één aanduiding: RETARD. De effecten en gevolgen hiervan voor cockpitbemanning, in het bijzonder de bemanning van Turkish Airlines, worden niet dan wel onvoldoende belicht en beoordeeld in het rapport.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

10. Opmerking:

In de vierde alinea, vijfde en zesde aandachtspunt van pag. 87 wordt over de gestabiliseerde naderingscriteria geschreven dat het geselecteerde motorvermogen voldoende moet zijn voor de configuratie en niet minder mag bedragen dan het minimale benodigde vermogen volgens het handboek. Tevens dienen alle briefings en checklists te zijn uitgevoerd. Het rapport geeft geen informatie waarom de bemanning niet besloten heeft een doorstart te maken op deze beslissingshoogte van 1000ft.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

11. Opmerking:

Basic flying skills

In deze paragraaf wordt aangegeven dat de bemanning volkomen verrast was en veel op het automatische systeem vertrouwde, (pag. 48). Dienaangaande wordt opgemerkt dat in het rapport onvoldoende tot uiting wordt gebracht dat nagegaan is of de 'basic flying skills' voldoende zijn toegepast.

*Reactie Raad:
Tekst is aangepast.*

12. Opmerking:
§ 2.21.2

Uit deze paragraaf blijkt dat er twee soortgelijke voorvallen hadden plaatsgevonden. Echter in § 2.9, pag. 20 staat dat er in de onderhoudsdocumenten geen melding was gemaakt van gebreken of technische klachten. In het rapport wordt niet belicht dat de piloten van de desbetreffende voorgaande vluchten volgens de geldende procedure van Turkish Airlines deze voorvallen hadden moeten melden in een trip report, ATL o.i.d.

*Reactie Raad:
In paragraaf 5.2.4 is vermeld dat de betrokken vliegtuigbemanningen hebben aangegeven dat de onregelmatigheden niet reproduceerbaar bleken te zijn op de grond en/of zich tijdens hun terugvluchten niet opnieuw hadden voorgedaan. De bemanningen hadden daarom het incident niet gerapporteerd.*

13. Opmerking:

In de vierde alinea staat: "In februari 2007 gaf de afdeling Engineering een 'alert notification' af voor de radiohoogtemeters". Gewezen wordt echter op ref. 26 bijlage L waar staat dat 'een "alert notification" wordt afgegeven naar de afdeling Engineering' (door de afdeling Reliability). Doordat uit het rapport niet duidelijk blijkt wie de "alert notification" heeft afgegeven en in het rapport verder niet wordt beschreven of Turkish Airlines en Turkish Technic volgens procedure hebben gehandeld op de alert notification, krijgt de lezer geen volledig beeld of Turkish Airlines en Turkish Technic hun verantwoordelijkheden juist hebben ingevuld.

*Reactie Raad:
In de concepttekst was sprake van een schrijffout. De 'alert notification' werd afgegeven door 'Reliability', een onderdeel van de Engineering Directorate van Turkish Technic Inc. De afdeling Engineering heeft hier opvolging aan gegeven door een Engineering Order (EO E-3433-001) uit te geven. Op basis van deze Engineering Order zijn door de onderhoudsafdeling alle Boeing 737-800 vliegtuigen bij Turkish Airlines voorzien van pakkingen. Het reliability programme is opgezet volgens JAR-OPS subpart M.*

14. Opmerking:

§ 5.12.1 Certificeringseisen

De gemelde eisen zien slechts op de installatie van het radiohoogtemeter systeem in het desbetreffende vliegtuig en geven geen volledig beeld van het certificatieproces. De eisen die aan het radiohoogtemeter systeem zelf worden gesteld, zijn terug te vinden in de Technical Standard Orders van de FAA en JAA/EASA. Voor radiohoogtemeter is dit TSO-C67 (FAA) of ETSO-2C87 (EASA). In het rapport wordt geen verdere analyse gemaakt van welke systemen aan boord van de 737-800 nog meer van de radiohoogtemeter gebruik maken en hoe die worden beïnvloed door de faalmode van het radiohoogtemeter systeem. Dit wordt als een gemis ervaren. Te meer omdat nu het beeld kan ontstaan dat vliegtuigen die dit type radiohoogtemeter systemen aan boord hebben niet luchtwaardig zijn, wat een uitermate significant punt voor de veiligheid van de vliegtuigen is.

*Reactie Raad:
Tekst is aangepast.*

15. Opmerking:

In het rapport wordt op diverse plaatsen melding gemaakt van het feit dat door de foutieve radiohoogtemeter aanduiding bepaalde indicaties, waaronder de 'flight director', op een zeker moment verdwenen. Wat betreft de 'Human Factors' wordt beschreven dat de snelheidsmeter in tapeformaat in principe inferieur is aan bijvoorbeeld het klokformaat, met name omdat niet in één oogopslag kan worden gezien wat de betreffende informatie is. Uit het rapport blijkt niet dat, dan wel in welke mate, onderzocht is of (andere) cruciale informatie nog wel aanwezig was voor de cockpitbemanning.

*Reactie Raad:
Tekst is aangepast.*

16. Opmerking:
Niet wordt vermeld wie verantwoordelijk is voor de certificering en het toezicht aangaande Verordening (EG) 2042/2003.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

17. Opmerking:
§ 4.5. Opgemerkt wordt dat Boeing Type Certificate Holder' is. De daaruit voortvloeiende verantwoordelijkheden kunnen niet onder de term 'After sales support' worden vervat, maar zouden apart moeten worden benoemd.

Reactie Raad:
Overgenomen.

18. Opmerking:
Bijlage I, pag. 78
1. In de alinea die begint met 'Radiohoogtemetercomputer met s/n 1141...' wordt aangegeven dat Radiohoogtemetercomputer met s/n 1157 op 31 december 2007 werd geïnstalleerd vanwege een technische klacht. Uit het rapport blijkt niet op welke wijze deze klacht aan het systeem is gemeld. Dit is belangrijk om te weten, omdat klachten aan het systeem voorafgaande aan de ongevalvlucht zoals weergegeven in bijlage J (p. 81) klaarblijkelijk niet zijn gemeld en uit de flight data recorder zijn opgemerkt. Mogelijk worden binnen Turkish Airlines technische klachten niet consistent volgens een duidelijke procedure gemeld en wordt een aanbeveling haar hierdoor onthouden.

Reactie Raad:
In het Aircraft Maintenance and Performance Log van 31 december 2007 staat een klacht genoteerd dat in systeem #2 een radiohoogte van -8 voet werd afgelezen tijdens de daling door 6000 voet. Tevens wordt gemeld dat een waarschuwing afgang van het landing gear en het Predictive Weather System niet meer werkte. Verder konden beide automatische piloten niet meer worden ingeschakeld. Radiohoogtemetercomputer met s/n 1223 werd er uitgehaald en radiohoogtemetercomputer met s/n 1157, afkomstig van een andere Boeing 737-800 NG van deze maatschappij, werd geïnstalleerd. Volgens het Aircraft Maintenance and Performance Log zou s/n 1157 in systeem #2 zijn geplaatst.

19. Opmerking:
Bijlage I, pag. 78
2. De historie van de radiohoogtemetercomputers, geeft aanleiding om s/n 1141 als verdacht aan te merken en ook de de periferie van systeem 2 als verdacht aan te merken. Immers na het installeren van s/n 1141 in systeem bleef het probleem aanwezig in systeem 2 waardoor in eerste instantie de periferie van systeem 2 verdacht is omdat verondersteld wordt dat s/n 1141 geen mankement heeft. Na het installeren van s/n 1157 in systeem 2 verhuist s/n 1141 klaarblijkelijk naar systeem I de klachten gaan dan zowel in systeem 1 als systeem 2 optreden gezien de opmerking dat beide s/n 1157 en s/n 1141 meerdere malen gewisseld worden en ook antennes. Het radiohoogtemeter systeem is kennelijk onbetrouwbaar dat meerdere fouten tegelijkertijd in de hardware kunnen optreden.

Reactie Raad:
Niet overgenomen. De klachten manifesteerden zich niet blijvend en bleken na de vlucht niet reproduceerbaar. Er kan daarom niet zondermeer worden gesteld dat, met het overzetten van bijvoorbeeld s/n 1141 van systeem 2 naar systeem 1, de klacht meeverhuist. Ook wanneer niet werd omgewisseld konden klachten op volgende vluchten weer verdwijnen. Het verwisselen van radiohoogtemetercomputers en/of antennes moet worden gezien als een symptoom van het feit dat de oorzaak van een klacht aan het radiohoogtemetersysteem niet kon worden gevonden.

20. Opmerking:
Bijlage L, pag. 89
De eerste alinea vermeldt dat Turkish Technic haar werkzaamheden uitvoert ter ondersteuning van het onderhoud. In het rapport komt niet dan wel onvoldoende tot uiting en wordt ook niet nader

belicht dat de AOC houder (i.c. Turkish Airlines) ingevolge JAR-OPS1, Subpart M, een onderhouds-managementplicht heeft.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

21. Opmerking:
Bijlage L, pag. 89

In de alinea aangaande alerts wordt aangegeven dat de resultaten niet resulteerden in het informeren van piloten over de problematiek en de eventuele gevolgen hiervan voor de vluchtuitvoering, omdat de problemen niet als een bedreiging voor de veiligheid werden gezien (door Turkish Airlines). In de conclusie (hoofdstuk 6) wordt gesteld dat de aanmerking als niet vliegveiligheidsprobleem door Boeing en FAA een hernieuwde analyse rechtvaardigen. Waarom een dergelijke conclusie niet ook op Turkish Airlines van toepassing zou kunnen zijn, blijft onduidelijk.

Reactie Raad:

Als de vliegtuigfabrikant het radiohoogtemetersysteemprobleem niet als een vliegveiligheidsprobleem zag, rijst de vraag in hoeverre de klant wel in staat was de operationele risico's in kaart te brengen. Het veiligheidsprogramma van Turkish Airlines voldeed aan de regelgeving maar heeft de operationele risico's, verbonden aan de problemen met radiohoogtemetersystemen, niet kunnen blootleggen.

22. Opmerking:

In overweging wordt gegeven om inzichtelijker te maken, dat in 2005 de verantwoordelijkheid voor het ontwerpen van procedures en het beoordelen hiervan vanwege de wens om onafhankelijkheid is gesplitst. LVNL is sinds 2005 verantwoordelijk voor het ontwerpen van de procedures, IVW voor het beoordelen hiervan. Daarnaast toetst de National Supervisory Authority (NSA) sinds november 2007 of de veiligheidsargumentatie voor de voorgestelde procedure wijziging voldoende onderbouwd is. De NSA is gevestigd binnen IVW.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

23. Opmerking:
§ 5.2.6.

Gemeld wordt dat tijdens verder onderzoek naar diverse autothrottlesystemen in de 737-800 er is gevonden dat het EDFCS van Collins bij zijn interne berekeningen gebruik maakt van radiohoogtemeterdata die gelabeld zijn als niet-valide. Opgemerkt wordt, dat Boeing in een Service Bulletin een oplossing voor dit probleem heeft aangedragen. Gelet hierop en in het licht van het onderhavige ongeval wordt dringend in overweging gegeven alle implicaties hiervan - voor zover dit niet reeds heeft plaatsgevonden - opnieuw na te gaan.

Reactie Raad:

De Onderzoeksraad doet onderzoek naar ongevallen en incidenten en heeft geen inspectie- of handhavingstaken. Het nagaan van alle implicaties is een onderdeel van de certificerings- en handhavingstaak en daarmee een verantwoordelijkheid van de certificerende en toezichthoudende autoriteiten. Gelet op de uitkomsten van dit onderzoek kan de IVW zich genoodzaakt zien om actie te ondernemen.

24. Opmerking:

Bijlage K, pag. 84, Verordening (EG) 1702/2003

De certificering en het toezicht op het naleven van deze regelgeving voor zover ontwerp gerelateerde onderwerpen ligt in handen van EASA: dus de certificering van producten, het uitgeven van AD's en het certificeren van en het toezicht op ontwerporganisaties. De nationale autoriteiten van de lidstaten zijn verantwoordelijk voor de certificering van en het toezicht op de andere in Part 21 gereguleerde onderwerpen, onder andere productieorganisaties, uitgifte van BVL's, Permit Fly etc.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

25. Opmerking:

Bijlage K, pag. 84, Verordening (EG) 2042/2003

Consistent aan wat hierboven onder Verordening (EG) 1702/2003 staat, wordt in overweging gegeven om hier te vermelden dat binnen de lidstaten de certificering en het toezicht op het naleven in handen is van de nationale autoriteiten. Buiten de EU ligt dit in handen van EASA voor zover de daar gevestigde bedrijven hun werkzaamheden binnen de EU erkend willen hebben.

Reactie Raad:

Overgenomen.

26. Opmerking:

Luchtverkeersleiding, §3.2

Bij de internationale regelgeving ontbreekt de Europese verordening EC2096/2005 tot vaststelling van de gemeenschappelijke eisen voor de verlening van luchtverkeersdienst-verlening. In deze verordening staat onder andere aan welke eisen het veiligheidsmanagement systeem van LVNL moet voldoen.

Reactie Raad:

Deze verordening is niet in het rapport opgenomen, omdat het veiligheidsmanagementsysteem van LVNL niet is onderzocht.

27. Opmerking:

Luchtverkeersleiding, §5.3

De stelling dat LVNL de vlieger had moeten informeren over de korte indraai wordt niet door ICAO voorgeschreven. De documentatie die door ICAO wordt gegeven kan geïnterpreteerd worden, dat in het geval van een ILS-nadering de localizer in een *horizontale* vlucht wordt onderschept voordat het glijpad wordt onderschept. De documentatie geeft niet aan of het glijpad van boven of van beneden moet worden onderschept. Gebruikelijk is echter dat het glijpad van beneden wordt onderschept. De werkwijze zoals omschreven in VDV voldoet aan de ICAO documentatie. De in het VDV vermelde hoogtes en afstanden garanderen een horizontaal aanvliegen van de localizer. Nader onderzocht zou kunnen worden of de in procedure duidelijker omschreven zou kunnen worden, zodat de eis van horizontaal aanvliegen van de localizer duidelijk wordt vermeld. Tevens zou de betekenis en van de term 'aanbieden' duidelijker omschreven kunnen worden.

ICAO Doc 4444 stelt ten aanzien van het aanvliegen van het eindnaderingstraject het volgende:

"8.9,3,6 Aircraft vectored for formal approach should be given a heading or a series of headings calculated to close with the final approach track. The final vector shall enable the aircraft to be established in level flight on the final approach track prior to intercepting the specified or nominal glide path if an MLS, ILS or radar approach is to be made, and should provide an intercept angle with the final approach track of 45 degrees or less."

Reactie Raad:

Het rapport geeft aan dat het aanbieden van een korte indraai in de VDV staat vermeld. Dat dit ook een ICAO-eis zou zijn staat niet in het rapport.

Voor wat betreft de interpretatie van de ICAO-richtlijn voor het oplijnen van een vliegtuig voor een ILS nadering heerst kennelijk enige onduidelijkheid. ICAO geeft aan dat een vliegtuig dusdanig moet worden opgelijnd dat het in staat wordt gesteld horizontaal op de eindnaderingskoers (localizer) te vliegen alvorens het glijpad wordt onderschept. De stelling van de IVW dat ICAO aangeeft dat de localizer horizontaal moet worden aangevlogen is onjuist.

ICAO geeft wel degelijk aan dat het glijpad van onder aangevlogen dient te worden. Op verzoek

van LVNL is onder andere de volgende ICAO-regel toegevoegd aan bijlage R van het rapport:

5.4.2.2 The intermediate approach track or radar vector is designed to place the aircraft on the localizer or the MLS azimuth specified for the final approach track at an altitude/height that is below the nominal glide path/MLS elevation angle.

5.4.2.2 The intermediate approach track or radar vector is designed to place the aircraft on the localizer or the MLS azimuth specified for the final approach track at an altitude/height that is below the nominal glide path/MLS elevation angle.

De stelling dat de VDV-procedures het horizontaal aanvliegen van de localizer garanderen doet niet ter zake, daar ICAO aanbeveelt dat horizontaal op de localizer gevlogen kan worden alvorens het glijpad te onderscheppen. Voor wat betreft het onderscheppen van de localizer geeft ICAO alleen een maximale onderscheppingshoek aan (45 graden of minder).

28. Opmerking:
§ 5.3.2 (laatste alinea)

Volgens ICAO moet de ILS in een horizontale vlucht worden aangevlogen. De verwoording in de alinea dat de vlucht onder de 2000 voet moet dalen als tussen de 6.2 en 5 mijl wordt opgelijnd, is niet volledig. Een correcte bewoording is: Om de ILS tussen de 6.2 en 5 mijl in een horizontale vlucht aan te vliegen moet de vlucht op een hoogte onder de 2000 voet vliegen.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

29. Opmerking:
§5.5.1.

Zie de passage: "omdat de primary flight display de positie van de localizer- en glide slope signalen aangeeft, kon de bemanning tijdens het vliegen van de opgedragen koers van 210 graden op 2000 voet zien dat het vliegtuig het localizersignaal boven het glijpad zou gaan onderscheppen." Zonder nadere informatie kan deze passage niet goed worden beoordeeld.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

30. Opmerking:
§ 5.5.2.

Gesteld wordt op pagina 46: "Geconcludeerd kan worden dat het korte indraaien en het van boven af aanvliegen van het glijpad het voor de bemanning noodzakelijk maakte een aantal extra acties te verrichten gedurende een kortere tijd. Het vliegtuig was daardoor later gestabiliseerd voor de eindnadering en er was voor de bemanning minder tijd over om de landingchecklist op te lezen."

In het rapport zijn echter onvoldoende aanknopingspunten te vinden voor deze conclusie.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

31. Opmerking:

Weer/zichtbaarheid naderingslichten

(...) Daarnaast blijft onduidelijk of door die omstandigheden de naderingslichten op de landingsbaan niet konden worden waargenomen.

Reactie Raad:
Op de CVR zijn geen aanwijzingen dat de bemanning de naderingslichten of de landingsbaan waarnam.

32. Opmerking:
Herstelprocedure

Ten aanzien van de herstel procedure geldt juist dat de bevindingen summier zijn waardoor het belang van de conclusie niet goed geplaast kan worden.

Reactie Raad:
De tekst is aangepast en er is een bijlage toegevoegd over resultaten van simulatorvluchten (bijlage M).

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL)

Algemeen

1. Opmerking:

De tijdlijn die de Raad bij het onderzoek heeft gebruikt in het rapport op te nemen.

Reactie Raad:

De tijdlijn die voor het onderzoek is gebruikt is zeer gedetailleerd en niet geschikt om op te nemen in het rapport. Een vereenvoudigde tijdlijn is opgenomen in bijlage S van het rapport.

2. Opmerking:

De LVNL mist in het rapport het transcript van de cockpit voice recorder en het transcript van de communicatie met de luchtverkeersleiders.

Reactie Raad:

Van de laatste 11 minuten van de cockpit voice recorder data is een transcript opgenomen in bijlage J. Een transcript van de communicatie met de luchtverkeersleiders is opgenomen in bijlage H.

3. Opmerking:

Ook de gegevens, of tenminste de meest relevante parameters, afkomstig van de Flight Data Recorder zijn, behalve voor een klein gedeelte in bijlage O, niet opgenomen.

Reactie Raad:

Overgenomen.

Specifieke punten

4. Opmerking:

Pagina 30, sectie 4.8

De Raad stelt dat de hoofdtaak van LVNL het bevorderen van een zo groot mogelijke veiligheid van het luchtverkeer in het vluchtinformatiegebied Amsterdam is. De Raad vermeldt echter niet dat artikel 5.12 van de Wet luchtvaart expliciet aangeeft dat luchtverkeersdiensten worden verleend in het belang van de algemene luchtverkeersveiligheid en een veilig, ordelijk en vlot verloop van het verkeer. LVNL is integraal verantwoordelijk voor verkeersveiligheid en een vlotte doorloop.

In ICAO Annex 11 is dit als volgt verwoord:

Annex 11-2.2 Objectives of the air traffic services

The objectives of the air traffic services shall be to:

- a. prevent collisions between aircraft;
- b. prevent collisions between aircraft on the maneuvering area¹ and obstructions on that area;
- c. expedite and maintain an orderly flow of air traffic;
- d. provide advice and information useful for the safe and efficient conduct of flights;
- e. notify appropriate organizations regarding aircraft in need of search and
- f. rescue aid, and assist such organizations as required.

In de procedures in de Voorschriften Dienst Verkeersleiding (VDV) voor Schiphol komen deze aspecten terug.

Ook is LVNL gehouden aan de milieuregelgeving. Op grond van artikel 8.20 Wet luchtvaart, dient er bij het geven van luchtverkeersdienstverlening op Schiphol eveneens te worden voldaan aan de regels voor het route- en baangebruik en heeft LVNL een gedeelde zorgplicht ten aanzien van het verdelen van geluidbelasting over wettelijke handhavingspunten rondom Schiphol (artikel 8.18 Wet luchtvaart). LVNL wordt hierop door IVW gehandhaafd.

Gezien het gewicht dat de Raad geeft aan de aspecten van luchtverkeersleiding in dit ongeval is de beschrijving in het conceptrapport aangaande de verantwoordelijkheden van LVNL, gelet op het vorenstaande, incompleet en daarmee onjuist.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

5. Opmerking:

Pagina 38, sectie 5.3.2 en bijlage N

De artikelen 5.4.2.1 en 5.4.2,2 van Doc. 8168, volume 1 van ICAO ontbreken in het rapport. In het eerstgenoemde artikel is bepaald dat onderschepping van de localizer over het algemeen plaatsvindt tussen 3 NM en 10 NM van de baandrempel en op een hoogte tussen 1000 en 3000 voet, In artikel 5.4.2.2 staat dat een radarvector erop gericht is om het vliegtuig beneden het glijpad te onderscheppen. Hieruit volgt als algemene richtlijn dat de verkeersleider weliswaar een zodanige instructie dient te geven dat tijdig en op de juiste hoogte van onderaf het glijpad kan worden onderschept door het vliegtuig, maar feitelijke uitvoering en realisatie liggen bij de gezagvoerder.

Conform ICAO Annex 11 geeft de verkeersleider adviezen en informatie aan de piloot, ter ondersteuning van een veilige uitvoering van de vlucht. De informatie waar de piloot over beschikt via zijn boordinstrumenten is vanzelfsprekend nauwkeuriger en actueler dan de informatie die (radar-) systemen aan de verkeersleider verschaffen. Zeker in de eindnaderingsfase, waarbij het vliegtuig wordt begeleid door het Instrument Landing Systeem (ILS) is dit het geval. ICAO (doc 4444, par. 8.9.3 en 8.9.4) specificeert dan ook dat het geven van koersinstructies stopt zodra het vliegtuig het ILS heeft onderschept.

In plaats van deze artikelen over de rol van de verkeersleider bij de eindnadering, wordt door het concept rapport (alleen) artikel 8.9,3.6. van Doc 4444 (chapter 8) aangehaald. In dat artikel staat echter enkel dat de instructies van de verkeersleider erop gericht moeten zijn om horizontaal te vliegen voordat het glijpad wordt onderschept. De verantwoordelijkheid dat dit daadwerkelijk gebeurt kan de verkeersleider niet dragen. Het resultaat is immers afhankelijk van de feitelijke uitvoering door de piloot, de vliegsnelheid en veranderende weersomstandigheden. Ter ondersteuning hiervoor wijzen wij op de bepalingen in ICAO en in de Wet luchtvaart die de eindverantwoordelijkheid voor een veilige uitvoering van de vlucht neerleggen bij de gezagvoerder.

Artikel 2.3.1 van Annex 2 luidt:

Annex 2 - 2.3 Responsibility for compliance with the rules of the air

2.3.1 Responsibility of pilot-in-command.

The pilot-in-command of an aircraft shall, whether manipulating the controls or not, be responsible for the operation of the aircraft in accordance with the rules of the air, except that the pilot-in-command may depart from these rules in circumstances that render such departure absolutely necessary in the interests of safety.

2.4 Authority of pilot-in-command of an aircraft

The pilot-in-command of an aircraft shall have final authority as to the disposition of the aircraft while in command.

Article 4.5.1.3. Doc 4444:

(...) ATC clearances do not constitute authority to violate any applicable regulations for promoting the safety of flight operations or for any other purpose; neither do clearances relieve a pilot-in-command of any responsibility whatsoever in connection with a possible violation of applicable rules and regulations.

Dit betekent dat de piloot zelfs zou moeten afwijken van een klaring als de veiligheid van de vlucht dat noodzakelijk maakt. Zowel de Nederlandse Wet luchtvaart, artikel 5.9, als JAR-OPS, 1.085 'Crew responsibilities' bevestigen dit.

Door maar één ICAO-bepaling aan te halen schept het conceptrapport een onvolledig en daarmee onjuist beeld van de verantwoordelijkheid van de verkeersleiding, in het bijzonder bij de naderingsprocedures.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

6. Opmerking:

Pagina 38,2e alinea

Het conceptrapport stelt dat het de intentie van de naderingsverkeersleider was om de localizer

tussen 8 en 5 NM te laten onderscheppen. Dit betreft de verwijzing van de verkeersleider naar de algemeen geldende procedures in de VDV. Ten aanzien van de specifieke vlucht TK1951 was het de intentie om het glijpad van onderen te laten onderscheppen, dus vóór 6.2 NM voor de baandrempeL. Het conceptrapport vermeldt dit correct onderaan op bladzijde 39.

Door de Raad wordt ten onrechte een verband gelegd met een procedure uit de interne richtlijnen van LVNL 'short turn-in' door te stellen dat "De cockpitbemanning werd niet gevraagd of zij deze korte indraai wilde accepteren". Deze opmerking is niet relevant omdat deze procedure niet is toegepast door de luchtverkeersleider. Zoals eerder opgemerkt was het de intentie om het glijpad van onderaf te laten onderscheppen. Daarmee is door de verkeersleider correct invulling gegeven aan de in het conceptrapport beschreven procedures die van toepassing zijn. Tijdens uw onderzoek heeft LVNL u mondeling en schriftelijk geïnformeerd dat er van het toepassen van de procedure 'short turn-in' geen sprake was. Op grond van enkele voorgaande vluchten verwachtte de verkeersleider met de gegeven koersinstructies een grondkoers waarmee de vlucht de localizer onder het glijpad zou hebben onderschept. Dit verklaart ook waarom niet is gevraagd een korte indraai te accepteren; daar was immers geen sprake van.

Uit de data waarover LVNL beschikt, blijkt dat de grondkoers van de ongevalsvlucht echter verschillend is van de grondkoersen van de voorafgaande en volgende vluchten, die vergelijkbare vliegsnelheden hadden en dezelfde interceptieheading hebben gekregen. Deze afwijkende grondkoers leidde ertoe dat het vliegtuig de localizer zuidelijker onderschepte dan op basis van het gedrag van de andere vliegtuigen verwacht zou mogen worden. Dit verschil is vooralsnog niet verklaard, maar LVNL acht dit voor de interpretatie van de resultaten, de analyse en conclusie zeer relevant.

Reactie Raad:

LVNL heeft aangegeven dat het oplijnen van vliegtuigen tussen de 8 en 5 NM van de baandrempeL veelvuldig wordt toegepast door verkeersleiders. De VDV geven echter aan dat dit alleen onder bepaalde voorwaarden kan, een dergelijke nadering dient aangeboden te worden en het vliegtuig dient een hoogte onder de 2000 voet te krijgen. Door dit niet te doen is afgeweken van de eigen LVNL-procedures. Omdat dit blijkbaar de gebruikelijke gang van zaken was, zijn de passages waar het handelen van de verkeersleider in verband wordt gebracht met de korte indraai procedure in paragraaf 5.3 van het rapport, hiermee in lijn gebracht.

Uit radargegevens, verstrekt door LVNL, concludeert de Raad dat er geen sprake was van een afwijkende grondkoers; zie figuur 7 van het rapport. Daarnaast heeft de verkeersleider aangegeven dat, hoewel hij de vlucht 'constant gemonitord en diverse malen heeft geconstateerd dat positie, snelheid en hoogte goed waren', hij geen aanleiding heeft gezien een aanvullende koerscorrectie op te dragen.

7. Opmerking:

Pagina 38,4e alinea

In het conceptrapport staat dat de standaardwerkwijze is om het glijpad van onderen aan te vliegen, LVNL ondersteunt dit uitgangspunt als een algemene werkwijze zoals in ICAO en de VDV is opgenomen. Ook vlucht TK1951 werd een instructie gegeven met als doel het glijpad van onderen te naderen. Daarmee is op een juiste wijze invulling gegeven aan de eerder vermelde ICAO-bepalingen en de VDV.

Vanwege de zuidelijker dan verwachte track werd het glijpad echter van bovenaf onderschept. Het glijpad van boven aanvliegen is voor vliegtuigen en vliegers geen ongebruikelijke procedure. Zowel Boeing, Airbus als andere fabrikanten leveren procedures waarmee het glijpad van bovenaf wordt onderschept.

Reactie Raad:

Bij een vector die als doel heeft het vliegtuig op 2000 voet het localizersignaal te laten onderscheppen rond de 6,2 NM van de baandrempeL, bestaat altijd de gereede kans dat deze later wordt onderschept (dichter bij de baandrempeL) en daarmee boven het glijpad. Dit in tegenstelling tot een vector met de intentie het vliegtuig op 2000 voet op 8 NM het localizersignaal te laten onderscheppen. Hier kunnen windverschillen en kleine koersverschillen ook zorgen dat de localizer later wordt onderschept, maar dan is er wel voldoende marge ten opzichte van het glijpad.

8. Opmerking:

Pagina 39, figuur

Het conceptrapport laat in figuur 7 de gevlogen route van het vliegtuig zien. De figuur in het

conceptrapport blijkt echter niet juist. De vliegbaan van het vliegtuig zoals weergegeven in de figuur komt niet overeen met de, volgens de gegevens van LVNL beschikbare radardata, gevlogen baan. De hoek die de baan van het vliegtuig maakt met het verlengde van de baan, is met ca. 8 graden te veel aangegeven. Het vliegp pad gedurende de periode dat het vliegtuig op heading 265 vliegt, is ook zuidelijker aangegeven dan LVNL kan reconstrueren.

Deze afwijking is relevant gezien de zwaarte die het conceptrapport geeft aan de interceptie van de localizer boven het glijpad. In de figuur is ook de onderliggende topografische kaart feitelijk op een onjuiste positie weergegeven. De kaart is een halve mijl verschoven naar het noorden ten opzichte van CTR-grens en vluchtpad. Mogelijk is ook de landingsbaan naar het noorden verschoven. Het kan ook zijn dat de kaart op een afwijkende schaal is weergegeven. Het stippelijntje dat claimt de interceptieprocedure te zijn volgens de LVNL richtlijnen is geen correcte weergave omdat de procedure naderingen tussen 5 en 8 NM toestaat.

Reactie Raad:

Overgenomen.

9. Opmerking:

Pagina 40,2e alinea, laatste zin

Het conceptrapport stelt dat *"Een en ander laat onverlet dat een bemanning te allen tijde een nadering om veiligheidsredenen kan weigeren of afbreken en een doorstart kan maken."* De missed approach als veiligheidsklep is een standaard procedure en wordt regelmatig toegepast, om zeer uiteenlopende redenen. Elke verkeersleider en vlieger is daar uitvoerig op getraind. Nadat interceptieheading 210 was opgedragen en de (vooralsnog onverklaarde) afwijkende grondkoers zich ontwikkelde, heeft de verkeersleider met regelmatige scans gecontroleerd of de vlucht zijn nadering kon voltooien. Het gedrag van de vlucht op het radarscherm, in vliegbaan én hoogte, gaf geen aanleiding anders te veronderstellen. Aan de kant van de vliegers werd géén missed approach geïnitieerd. De verkeersleider had ook verder geen aanwijzingen dat de bemanning geen gehoor zou kunnen geven aan de instructies. Het conceptrapport maakt in deze context dan ook niet duidelijk wat precies wordt bedoeld met *"Een en ander laat onverlet..."*. De principiële verdeling van verantwoordelijkheden tussen vlieger en verkeersleider (zie ook punt 2) blijft in het conceptrapport met deze alinea eveneens onderbelicht.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

10. Opmerking:

Pagina 40,1" en 5" alinea

In het conceptrapport wordt er steeds van uitgegaan dat de verkeersleider een 'short turn-in' zoals beschreven in het VDV wilde laten uitvoeren. Op basis van het resultaat, met de vooralsnog onverklaarde afwijkende track, heeft de Raad geconcludeerd dat er sprake was van een verkorte indraai-procedure. Dit gaat in tegen de verklaring van de verkeersleider.

De Raad neemt nu achteraf, zonder dit te onderbouwen met onderzoeksgegevens, de resulterende vliegbaan als uitgangspunt om vast te stellen welke procedure kennelijk van toepassing was. Daarmee is deze aanname feitelijk onjuist.

In het conceptrapport staat ook dat de verkeersleider niet heeft gewerkt conform het VDV. Ook dit is feitelijk onjuist.

De procedure uit het VDV-deel 2. Naderingsprocedures Schiphol, paragraaf 8.05 pagina 9 luidt:

Vluchtafhandeling door de ARR - De taak van de ARR is vluchten in een efficiënte volgorde naar de eindnadering te dirigeren met behulp van vectors. Om de kans op een missed approach zo klein mogelijk te maken dient de ARR;

- interceptie van de LOC beneden het GP laten plaatsvinden;
- snelheid tijdig reduceren;
- oplijnen op minimaal 5 NM;
- voldoende separatie tijdens de eindnadering toepassen, met name in bijzondere situaties (bijv. in geval van een geblokkeerde exit).

Uit de gegevens in het conceptrapport blijkt dat deze procedure bij vlucht TK1951 is toegepast. De koersinstructie was gericht op het van onderen onderscheppen van het glijpad. Het was dus niet

nodig om de bemanning om toestemming te vragen, noch om een lagere hoogte op te dragen. Dat het in de praktijk anders heeft uitgepakt, doet hier niet aan af.

Reactie Raad:

Overgenomen daar waar het de intentie van de verkeersleider betreft. De Raad blijft echter op het standpunt dat het oplijnen binnen de 8 NM alleen onder bepaalde voorwaarden kan plaatsvinden zoals in de VDV aangegeven en dat er dus niet volgens de voorschriften is gewerkt.

11. Opmerking:

Pagina 40,4B alinea

In het conceptrapport staat dat toestaan van eigen interpretatie van procedures tot onduidelijkheid bij de verkeersleiders leidt en dat dit kan leiden tot verwarring bij de piloten. Deze stelling komt voort uit de constatering van de Raad dat de interpretaties van LVNL afwijken van de VDV en ICAO. Dit is onjuist: er is geen sprake geweest van eigen interpretatie van procedures door de verkeersleider: de verkeersleider heeft de VDV gevolgd, echter de vlucht is anders gevlogen dan hij verwachtte. Het conceptrapport geeft ook geen onderbouwing voor de stelling van de Raad over de genoemde verwarring die bij piloten zou optreden op basis van eigen interpretatie van procedures door verkeersleiders. Er is geen onderzoek naar gedaan.

Reactie Raad:

LVNL heeft aangegeven dat procedures ruim mogen worden geïnterpreteerd. VDV-procedures verlangen een minimum oplijnafstand van 8 NM van de baandrempel wanneer het vliegtuig zich op 2000 voet bevindt of een afstand tussen 5 en 8 NM waarbij de nadering moet worden aangeboden aan bemanningen en het vliegtuig naar een hoogte onder de 2000 voet geklaard moet worden. ICAO schrijft voor dat vliegtuigen instructies moeten krijgen om deze in staat te stellen horizontaal op de eindnaderingskoers te vliegen alvorens het glijpad te onderscheppen. LVNL geeft zelf ook aan dat in circa 50% van de gevallen er tussen 5 en 8 NM wordt opgelijnd, dit betekent dat een grote groep verkeersleiders regelmatig van de VDV afwijkt.

De stelling dat e.e.a. bij piloten tot verwarring zou kunnen leiden is in het rapport gekomen nadat dit tijdens het onderzoek door verschillende piloten naar voren is gebracht.

12. Opmerking:

Pagina 45, 5^e alinea

De stelling in het conceptrapport, dat het van bovenaf onderscheppen onvermijdelijk met zich meebracht dat de landingchecklist pas laat kon worden nagelopen en dat daardoor het monitoren van het vliegp pad en de snelheid in de laatste fase van de eindnadering in het gedrang kwam, is niet aannemelijk en wordt door de gegevens in het conceptrapport niet onderbouwd. Het toepassen van de Tripod-Betamethodiek zou naar verwachting moeten hebben geleid tot inzicht in die causaliteit, inclusief een weging ten opzichte van andere factoren. Het resultaat van de genoemde Tripod Bèta analyse (pagina 23, sectie 2.22) is voor de lezer echter moeilijk waarneembaar. LVNL heeft, om een zo goed mogelijk begrip van het ongeval en de rol van de luchtverkeersleiding daarin te krijgen en gebruikmakend van de gegevens uit het conceptrapport, getracht de Tripod Bèta analyse te reconstrueren. Natuurlijk kan deze analyse niet volledig zijn zonder een transcript van de cockpit voice recorder. De voorlopige conclusie is echter zeker niet, dat de extra acties die nodig waren voor het onderscheppen van het glijpad van bovenaf het late tijdstip van het oplezen van de landingchecklist kunnen verklaren. Onder punt 12 komen we daar nog uitgebreider op terug.

Reactie Raad:

Omdat de verwijzing naar de Tripod-Betamethodiek verwarrend werkt, is deze uit het rapport gehaald. De extra handelingen die verricht dienden te worden staan omschreven in paragraaf 5.5 en bijlage S. Het CVR transcript is opgenomen in bijlage J. In paragraaf 5.6 wordt een verklaring gegeven waarom de landingchecklist op een later tijdstip is uitgevoerd.

13. Opmerking:

Pagina 50, e.v.

Het valt op dat in het rapport een human-factorsanalyse is uitgevoerd (par, 5.9) naar de vluchtuitvoering door de bemanning, maar dat dit niet is gedaan voor de verkeersleiding. Het rapport rechtvaardigt deze keuze niet. De afhandeling door de verkeersleiding wordt voornamelijk op basis van voorschriften en procedures onderzocht.

Daarmee wordt wel beschreven wat er gebeurd is, maar niet waarom het gebeurd is en dit laatste is nodig als basis voor veiligheidsverbetering. Er is sprake van een onbalans: het handelen van de bemanning wordt zoveel mogelijk onderzocht op menselijke factoren (pag. 50, en verder), terwijl het onderzoek naar de verkeersleiding beperkt blijft tot het al of niet volgen van voorschriften.

Reactie Raad:

De Raad heeft ervoor gekozen om de menselijke aspecten die mogelijk een rol hebben gespeeld bij de verkeersleider niet te onderzoeken. Hoewel de wijze waarop vlucht TK1951 werd opgelijnd niet conform de VDV was, was dit volgens LVNL een normale werkwijze. De verkeersleider handelde niet anders dan normaal. Daarnaast was het handelen van de verkeersleider slechts een bijzaak in de keten van het ontstaan van het ongeval.

14. Opmerking:

Pagina 59, 7^e alinea

Het conceptrapport stelt in deze conclusie dat het oplijnen niet conform de voorschriften van ICAO en de richtlijnen van LVNL was. LVNL acht dit feitelijk onjuist, zoals hiervoor betoogd in de punten 3, 4 en 7.

Reactie Raad:

Zie voorgaande reacties.

15. Opmerking:

Pagina 50, 8^e alinea, alsook pagina 46, 3^e alinea

In het conceptrapport staat "Het kort indraaien en het van bovenaf aanvliegen van het glijpad maakte het voor de bemanning noodzakelijk een aantal extra acties te verrichten gedurende een kortere tijd." Uit bijlage O leidt LVNL af dat dit 12 seconden is geweest. Er wordt echter niet aannemelijk gemaakt dat de werkbelasting voor de vliegers daardoor zo hoog werd dat de landingchecklist niet tijdig kon worden afgewerkt. Vliegtuigfabrikanten hebben procedures ontwikkeld voor het van bovenaf onderscheppen van het glijpad. De bemanning was zich bewust van de onderschepping van bovenaf (pagina 44). Het bleek dat de bemanning de nadering van het glijpad van boven zonder discussie en succesvol heeft uitgevoerd. De initiële afwijking bleef beperkt tot 170 voet en het vliegtuig heeft het glijpad onderschept op ten laatste 1300 voet.

In totaal zitten er dus 70 seconden tussen het initiëren van de extra acties en het oplezen van de landingchecklist, waarvan de eerste 12 besteed werden aan het maken van die extra selecties. Het conceptrapport slaagt niet in het leggen van een causaal verband tussen het initiëren van de extra acties en het daardoor te late oplezen van de landingchecklist. Daarmee blijft de stelling van de Raad, dat door de benodigde extra acties voor de onderschepping van het glijpad van bovenaf er minder tijd voor de bemanning over was om de landingchecklist voor te lezen, niet onderbouwd. De conclusie op pagina 59 is daarmee onjuist.

Reactie Raad:

Paragrafen 5.5 en 5.6 zijn aangepast en geven in combinatie met de tijdlijn in bijlage S weer welke handelingen en acties de bemanning tijdens het onderscheppen van het glide slope signaal verrichtte tot en met de landingschecklist.

16. Opmerking:

- a. Hoe kan het dat bij eenzelfde headinginstructie aan verschillende vluchten, met vergelijkbare snelheden en windcondities een verschillende track resulteert? LVNL heeft gegevens verzameld van andere vluchten die een vergelijkbare ILS-interceptie hebben uitgevoerd op dezelfde dag, vlak vóór en vlak na vlucht TK1951;
- b. Een breder onderzoek naar de human factors van de luchtverkeersleiding. Ook de door ons gereconstrueerde Tripod Bèta analyse zou voor de Raad mogelijk van belang kunnen zijn;
- c. De juistheid van de afgebeelde track (en de getoonde luchtruimstructuur) op blz. 39.

Reactie Raad:

- a. *Zoals al eerder aangegeven blijkt uit radargegevens, verstrekt door LVNL, dat er geen sprake was van een afwijkende grondkoers. Het plannen van de nadering zodat het vliegtuig nabij 6,2 NM zou oplijnen is te krap en geeft geen marge voor afwijkingen.*

- b. *Zie reactie Raad bij punt 10.*
- c. *De afbeelding is aangepast.*

Naderingsverkeersleider

1. Opmerking:

Bij het handelen van de verkeersleiding en zijn eigen handelen in het bijzonder worden de menselijke aspecten niet genoemd of behandeld.

Reactie Raad:

De Raad heeft ervoor gekozen om de menselijke aspecten die mogelijk een rol hebben gespeeld bij de verkeersleider niet te onderzoeken. Hoewel de wijze waarop vlucht TK1951 werd opgelijnd niet conform de VDV was, was dit volgens LVNL een normale werkwijze. De verkeersleider handelde niet anders dan normaal. Daarnaast was het handelen van de verkeersleider slechts een bijzaak in de keten van het ontstaan van het ongeval.

2. Opmerking:

Heeft de Raad voldoende onderzocht hoe op andere velden wordt opgelijnd.

Reactie Raad:

De Raad heeft zelf geen onderzoek in het buitenland gedaan, maar heeft deze informatie via zusterorganisaties (AAIB, BFU en BEA verkregen). De passage:

"Uit navraag bij enkele luchtverkeersleidingdiensten van grote Europese luchthavens blijkt dat, ongeacht de afstand waarop het localizersignaal wordt onderschept, het horizontaal vliegen op de naderingskoers alvorens het glijpad van onderaf te onderscheppen, de standaard werkwijze is."

is uit de hoofdttekst in paragraaf 5.3 gehaald omdat de ontvangen informatie alleen de gehanteerde procedures omschrijft. Het geeft niet aan of er daadwerkelijk zo gewerkt wordt.

3. Opmerking:

Ook geeft de naderingsverkeersleider aan dat hij het vliegtuig en vliegp pad, ook nadat deze was overgedragen aan de toren, continue heeft gemonitord. Hij heeft hierbij geconstateerd dat de positie, snelheid en hoogte goed waren. Het was volgens hem de bedoeling het vliegtuig het glijpad van onderen te laten onderscheppen.

Reactie Raad:

De verklaring van de verkeersleider dat hij het vliegtuig en vliegp pad continue heeft gevolgd is nu in paragraaf 5.3 van het rapport opgenomen.

4. Opmerking:

Het rapport geeft onvoldoende inzicht in het handelen van de bemanning.

Reactie Raad:

Met het opnemen van de relevante FDR gegevens en het CVR-transcript in respectievelijk bijlage I en bijlage J en de aanpassingen in paragraaf 5.4, geeft het rapport meer duidelijkheid over het handelen van de bemanning.

Turkije

Turkish Airlines & Ministerie van Transport, DGCA

1. Opmerking:

Section 1.2.4, Paragraph 4, Page 10.

"For the Low Range Radio Altitude fault identified in connection with this accident, no alert or flag is displayed..."

REFER TO APPENDIX I - "QRH Examples". In addition to this statement, it should be noted in the report, that there are several items in the non-normal checklist that originate from situations with no aural or visual warnings as well as differentiation from different aircraft series. It would be beneficial for this to be known to all who read this section on Boeing's philosophy.

Reactie Raad:
Originele tekst van Boeing. Niet gewijzigd.

2. Opmerking:

Section 2.2.1, Paragraph 3, Page 12.

“The autopilot function can take over manual control from the pilot”

It is not clear what is meant by “take over”, “override” or “take the place of”. In the former case it should be noted that the autopilot cannot override the pilot.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

3. Opmerking:

Section 2.2.1, Paragraph 6, Page 13.

“At Turkish Airlines, the automatic flight system is used as much as possible.”

“to reduce workload, enhance flight safety, situational awareness and fuel economy” should be added to the end of this sentence to avoid any negative connotations.

Reactie Raad:
Overgenomen.

4. Opmerking:

Section 2.2.5, Paragraph 2, Page 14.

“supporting ILS approaches...”

“more advanced than CAT I” should be added to the end of the sentence.

Reactie Raad:
Niet aangepast. Dit geldt ook tijdens een CAT I nadering.

5. Opmerking:

Section 2.3, Paragraph 1, Page 15.

“...the captain determines”

“in accordance with CRM procedures” should be added into the sentence to clarify that it is part of company procedures.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

6. Opmerking:

Section 2.3, Paragraph 4, Page 16.

The word “training” must be removed since LIFUS is not considered as training.

Reactie Raad:
Hoewel de piloot onder supervisie al volledig bevoegd is om het betreffende type toestel te vliegen, mag hij dit met passagiers aan boord alleen doen als er een LIFUS-instructeur en een veiligheids-piloot aan boord zijn. Daarnaast is LIFUS bedoeld om routes te leren kennen en procedures op diverse luchthavens. Er is daarmee sprake van zogenaamde on-the-job training.

7. Opmerking:

Section 2.4, Paragraph 4, Page 16.

“The first officer did not make any remarks about the use of the autopilot and the autothrottle during the approach.”

Turkish Airlines Operations Manual Part B clearly specifies the use of autopilot and autothrottle during approaches. At this stage, as there is no indication of radio altimeter failure, there would have been no further need for an additional briefing before descent about the use of autopilot and autothrottle during approaches.

Inclusion of CVR transcript as an appendix is highly recommended.

Reactie Raad:

De tekst is aangepast en van de laatste 11 minuten van de CVR data is een transcript opgenomen in bijlage J.

8. Opmerking:

Section 2.4, Paragraph 7, Page 17.

"More than 40 seconds later the captain contacted the ground handling company..."

"at the altitude of 3800 feet" must be added for clarification.

Reactie Raad:

Dit is voor het verloop van het ongeval niet relevant.

9. Opmerking:

Section 2.4, Paragraph 24, Page 19.

"...by the still active autothrottle."

The expression "in accordance with Boeing procedures" must be added in this sentence.

Reactie Raad:

Dit staat niet in de Boeing-procedures.

10. Opmerking:

Section 2.9, Paragraph 3, Page 20.

"defects ... were not reported in the maintenance documents"

There were no defects or technical complaints, which required resolution, in the technical log of the aircraft at the time of the accident.

Reactie Raad:

Overgenomen.

11. Opmerking:

Section 2.10, Paragraph 1, Page 20.

"Another two ATIS messages were transmitted afterwards that were not monitored by the crew."

Section 2.10 concerns with meteorological information. If deemed necessary, this statement can be expressed in another section.

Reactie Raad:

De twee ATIS-berichten bevatten onder meer meteorologische gegevens en zijn daarom in deze paragraaf vermeld.

12. Opmerking:

Section 2.18, Paragraph 4, Page 23.

"It is probable that the cabin crew armed the emergency slides before departure..."

This is a vague and inaccurate description. The Turkish Airlines Cabin Crew Manual requires cross-check of the slides before departure. Therefore the wording should read: "There are no indications that the slides were not armed before departure".

Reactie Raad:

Overgenomen.

13. Opmerking:

Section 2.21.2, Paragraph 1, Page 23.

"similar incidents"

There is no basis provided on the criteria for the similarity. There needs to be a greater amount of detail on the similarity. The title should read as "occurrences involving LRRRA's error".

Reactie Raad:

Overgenomen.

14. Opmerking:

Section 4.5, Paragraph 1, Page 30.

"... the TRIPOD Beta method were used for the analysis."

Even though it is stated that the TRIPOD Beta method is used for the analysis, any information that concerns the core diagrams, the accident causation path, the controls and the barriers were neither provided by the report nor with any other means. It is an obvious fact that the definitions of these components are vital for accuracy of the analysis, and thus requires deliberations.

Reactie Raad:

Omdat de verwijzing naar de Tripod-Beta methodiek verwarrend werkt, is deze uit het rapport verwijderd.

15. Opmerking:

Section 4.5, Paragraph 1, Page 30.

"Boeing is responsible for the construction of aircraft, parts and related systems and after sales support. One of the responsibilities of Boeing in the area of safety is informing owners and/or users of Boeing aircraft regarding identified defects/faults..."

With respect to the FAA's System Safety approach, there exists a safety order of precedence, thus, an order for responsibilities. This order is given in the following table. With regards to these already defined responsibilities, the paragraph needs to be restated to clarify Boeing's understated responsibilities. In FAA's System Safety Handbook, the Safety Order of Precedence is given in the following table:

Description	Priority	Definition
Design for minimum risk	1	Design to eliminate risks. If the identified risk cannot be eliminated, reduce it to an acceptable level through design selection.
Incorporate safety devices	2	If identified risks cannot be eliminated through design selection, reduce the risk via the use of fixed, automatic, or other safety design features or devices. Provisions shall be made for periodic functional checks of safety devices.
Provide warning devices	3	When neither design nor safety devices can effectively eliminate identified risks or adequately reduce risk, devices shall be used to detect the condition and to produce an adequate warning signal. Warning signals and their application shall be designed to minimize the likelihood of inappropriate human reaction and response. Warning signs and placards shall be provided to alert operational and support personnel of such risks as exposure to high voltage and heavy objects.
Develop procedures and training	4	Where it is impractical to eliminate risks through design selection or specific safety and warning devices, procedures and training are used. However, concurrence of authority is usually required when procedures and training are applied to reduce risks of catastrophic, hazardous, major, or critical severity.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

16. Opmerking:

Section 5.2.1, Paragraph 1, Page 32.

"the autothrottle attempted to land the aircraft."

The autothrottle system has no capability to land the aircraft. This sentence must be rephrased as "The autothrottle was in the Retard Flare mode."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

17. Opmerking:

Section 5.2.2, Paragraph 1, Page 32.

"... in addition to the PFD ..."

The PFD does not make use of the RA. It only displays the data for information. Thus, it must be rephrased as "Several aircraft systems use the measured radio heights as shown in the primary flight displays."

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

18. Opmerking:

Section 5.2.3, Paragraph 7, Page 33.

"pilots were not informed"

"The conclusion is that Turkish Airlines already had problems with the radio altimeters of the Boeing 737-800 fleet for many years. The airline attempted to resolve the problems through discussions with Boeing and the radio altimeter system antenna manufacturer. The cause of the problems was not found and the problem persisted. The problems within Turkish Airlines were considered to be a technical problem and not a threat to safety; this was the case for all airlines where this information was requested. Since radio altimeter problems were considered as technical problems, related engineering order was still in implementation phase and there were no other recommendation or alternate procedures advised by the manufacturers to follow, therefore pilots were not informed."

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

19. Opmerking:

Section 5.2.3, Paragraph 7, Page 33.

"...Turkish Airlines..."

"As well as other operators" must be added to avoid misleading information.

Reactie Raad:
Overgenomen.

20. Opmerking:

Section 5.2.3, Paragraph 12, Page 34.

"Refer to Appendix L..."

This section should include all of the information given in Appendix L, since this information is factual and directly related information.

Reactie Raad:
Er is voor gekozen om detailinformatie in de bijlage te zetten en in de hoofdtekst te verwijzen naar de bijlage.

21. Opmerking:

Section 5.2.4, Paragraph 7, Page 35.

"...at an altitude of less than 500 feet very small"

In this sentence, beside the probability, the severity must also be stated in order to indicate that a complete risk assessment was done.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

22. Opmerking:

Footnote 29, Page 35.

"2075 incidents"

The ratio that concerns the number of incidents per number of B737-800 flights in the same period must be included for a proper risk assessment.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

23. Opmerking:

Section 5.2.5, Paragraph 6, Page 36.

"Further investigation is required..."

Must be rephrased as: "Further investigation by Boeing is required..."

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

24. Opmerking:

Section 5.4.1, Paragraph 6, Page 42.

"It is not clear why the crew did not attempt to activate the second autopilot system once more and why they did not even discuss the issue."

Since the approach was a CAT I, there was neither requirement for the second autopilot, nor a discussion per say at that stage. Therefore, this sentence must be removed.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

25. Opmerking:

Section 5.4.1, Paragraph 7, Page 43.

"The audio warnings and the problems when activating the autopilots could have been reason enough for the crew to diagnose the problem"

The first sentence of this paragraph is excessively speculative, incorrect and contradicts to the rest of the paragraph, it must be removed.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

26. Opmerking:

Section 5.5.2, Paragraph 3, Page 46.

"Within Turkish Airlines, during a normal ILS approach, the landing checklist is performed after the call-off "glide slope alive" is made"

The landing checklist is called for after "gear down flaps 15", not call of "glide slope alive".

Reactie Raad:
Overgenomen.

27. Opmerking:

Section 5.5.2, Paragraph 4, Page 46.

"five minutes before landing."

Reference to Turkish Airlines Operations Manual Part B, it must be replaced by "12-15 NM from the field."

Reactie Raad:
Overgenomen.

28. Opmerking:

Section 5.5.2, Paragraph 6, Page 47.

Bullets 1 and 2

There is neither basis nor requirement for a pilot in any training to know about the subtle indications such as noise or attitude of the aircraft. There is no known study or statistic for a 737-800 that was published in order to support a statement such as "This is longer than usual". Therefore, bullets 1 and 2 must be removed.

Reactie Raad:
De opmerking over het geluid van de trim is overgenomen. De ongewone stand van de neus is in het rapport blijven staan. De stand van het vliegtuig ten opzichte van de horizon (attitude of the aircraft) is niet een subtiele indicatie maar is bij de landing een hoofdaandachtspunt, tezamen met snelheid.

29. Opmerking:

Section 5.5.3, Entire Paragraph 4, Page 47.

Turkish Airlines feels that this is an assumption, unless there is CVR or data on this. Therefore, this paragraph must be completely removed.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

30. Opmerking:
Section 5.6, Paragraph 2, Page 48.
"they should have assumed ..."

There is no known CVR fact or correlation. Weather report received by the crew reported a ceiling of 1300 ft. Thus stabilization expectation would have been 500 ft (expecting visual condition).

Reactie Raad:
Gebaseerd op het ATIS-bericht Echo (dat werd uitgeluisterd door de bemanning en is opgenomen in bijlage D) en de Turkish Airlines procedure, is de Raad van mening dat de vlucht op 1000 voet gestabiliseerd diende te zijn. Het actuele weerrapport gaf aan dat er ten tijde van het ongeval enige bewolking aanwezig was op 700 voet hoogte. Het was zwaar bewolkt op 800 voet en volledig bewolkt tussen 1000 en 2500 voet.

31. Opmerking:
Section 5.6, Paragraph 3, Page 48.
"1000 feet call"

The report states that ATIS information received by the crew prior to doing the descent briefing stated that ceiling was 1300ft. This is what the crew would have been expecting, and therefore planning stabilisation of the approach by 500ft.

During the descent 2 more ATIS updates were broadcasted, but the crew didn't receive that information. Unfortunately, the sequencing of workload was so high that actions to be made were getting late. But the crew probably had in mind that as the ceiling was 1300 ft, they could be stabilised by 500 AAL as Turkish Airlines Operations Manual Part B allowed.

At the time of the accident, the latest ATIS information was broadcasting a ceiling of 1000ft.

According to ICAO DOC 9365, chapter 6:

"A measurement of cloud base will not normally give a very good indication of the height at which a pilot will acquire visual contact with the the ground for a number of reasons: the measurement is unlikely to be made underneath the position of the glide path where the pilot establishes visual contact; the cloud is likely to have an uneven base; the position on glide path may coincide with a break in the cloud; and the distance that a pilot can see while still in cloud will vary with the thickness of the cloud as well as with the visibility below the cloud".

Also the previous landing aircraft was not questioned as to what the weather conditions were.

Report also mentioned that the communication level was not as good as it should have been, therefore within that increased workload we can not expect the flight crew to call "ground is in sight, will be stabilised at 500ft", because they are already doing their best to be stabilised at 500 voet AGL. When flight conditions become VMC, proceeding to 500 ft to be stabilized complies with applicable procedures.

Reactie Raad:
Zie vorige reactie van de Raad.

32. Opmerking:
Section 5.7.1, Paragraph 9, Page 49.
"The crew was relying heavily on the automatic system."

The crew was relying on automation according to Boeing and Turkish Airlines manuals. There were no indications for the crew not to trust the automation. It is not possible to quantify reliance as heavy or not.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

33. Opmerking:
Section 5.7.2, Paragraph 5, Page 49.
"on the use of autopilot..."

"and autothrottle" must be added into this remark. As it is a crucial part of what went wrong, and also missing in the documentation.

Reactie Raad:
Overgenomen.

34. Opmerking:
Section 5.8, Paragraph 7, Page 50.
"shortly after selecting position 40 for the flaps."
The wording suggests that the safety pilot selected flaps 40, whereas it should have been the captain.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

35. Opmerking:
Section 5.9.2, Paragraph 6, Page 52.
"This would have allowed him..."
There is no known study that shows the industry about the situational awareness of a pilot, in comparison to his body and hand position. Having a hand on the control column would not be sufficient to indicate to a pilot about the pitch attitude of the aircraft as the control column is centered in this flight phase due to autopilot operation.

Reactie Raad:
Overgenomen.

36. Opmerking:
Section 5.9.2, Paragraph 6, Page 53.
"without first disengaging the autothrottle, confirms the degree of automation surprise"
It is not mentioned in the Boeing manual to disconnect the autothrottle during the stall recovery procedure. The phrase must be removed.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

37. Opmerking:
Section 5.10.2, Paragraph 1, Page 54.
"It is explicable, considering the general nature of the training and the time that has passed, that the recovery procedure was not undertaken correctly."
The crew actions were in accordance with Boeing's Stall Recovery Procedure but the procedure was inadequate since it did not include autothrottle disengagement. Therefore, this sentence must be removed.

Reactie Raad:
De herstelprocedure werd, los van het wel of niet ontkoppelen van de autothrottle, niet correct uitgevoerd door de bemanning. Zo werd er niet meteen stuwkracht geselecteerd.

38. Opmerking:
Section 5.10.3, Paragraph 2, Page 54.
"...automated systems as much as possible..."
"to reduce workload, enhance flight safety, situational awareness and fuel economy." should be added to the end of this sentence to avoid any negative connotations.

Reactie Raad:
Overgenomen.

39. Opmerking:
Section 5.11.1, Paragraph 1, Page 55.
"In 2008 some 250 flight safety reports ... "
The number of reports must be revised to 550.

Reactie Raad:
Overgenomen.

40. Opmerking:

Section 5.11.1, Paragraph 2, Page 55.

“ ... not to detect malfunctions in aircraft systems ... ”

Flight Data Monitoring (FDM) system contains two different sets of procedures which are aimed to detect deviations in flight operations and maintenance (technical) issues and are called Flight Operations Quality Assurance (FOQA) and Maintenance Operations Quality Assurance (MOQA) procedures respectively. In accordance with the global situation, the MOQA procedure set is not as extensive as FOQA procedure set.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

41. Opmerking:

Section 5.11.1, Paragraph 2, Page 55.

“There was no active monitoring of stabilized approaches.”

Generally, in an FDM system, deviations from normal values and/or exceedances beyond the threshold values are monitored. In THY's FDM system, a procedure for detection of unstabilised approaches exists since the establishment of the system and the procedure was presented to DSB investigator.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

42. Opmerking:

Section 5.11.1, Paragraph 3, Page 55.

“A system for risk identification and management was not found ... ”

In Turkish Airlines, the system for risk identification and management was in existence in the past and still exists. Factual evidence for this can be provided in two folds:

1. Risk identification and management is one of the items included in the IOSA checklist and Turkish Airlines is an IOSA operator since 2005. This can be verified from the independent audit reports that Turkish Airlines has a system in place. Further details concerning IOSA and its scope of safety are provided within the assessment of the last paragraph of Section 5.11.
2. In DSB draft report, it is stated that “Risk areas (as found in several management reports) were determined based on opinions or the frequency of the number of incidents”.
 - Literary, risk value is assessed as a function of severity and probability. It is obvious that the probability value can be derived from the number of incidents but the severity value needs to be estimated by taking into account the consequences. The latter, unfortunately depends on “specialist opinion”.
 - In the same context, THY strongly believes that the appropriate section about the BOEING's risk assessment approach needs to be revised. In that section, even though the probability of an accident due to LRRRA failure was included in the draft report and expressed as very low, the estimated severity value which needs to be “catastrophic” was lacking.
 - “Risk Areas” is actually an abridged topic included in the Safety Board Review Meeting which is held quarterly. Newly emerged or experienced occurrences within the last quarter either due to their severities (single cases) or frequencies are presented in this section. But this is just a part of the overall assessment comprising of FDM results, operational and technical performance measures, audit results, and safety notifications. These topics can also be verified from the same management reports.

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Hoewel tijdens de laatste IATA Operational Safety Audit (IOSA) in 2009 geen afwijkingen van de standaard werden aangetroffen, werd door de onderzoekers in het veiligheidsprogramma conform JAR-OPS 1 van Turkish Airlines geen systeem voor risico-identificatie en -management aangetroffen. Er was een gebrek aan duidelijk bewijs voor een pro-actieve benadering in het detecteren en beheersen van risico's. Risicogebieden (zoals gevonden in diverse managementrapportages) werden bepaald aan de hand van meningen of de frequentie van het aantal voorvallen.

Een veiligheidsmanagementprogramma moet minimaal bestaan uit identificeren en evalueren van risico's, het nemen van maatregelen om de risico's uit te sluiten of te beperken en het nagaan of die maatregelen zijn uitgevoerd.

43. Opmerking:

Section 5.11.1, Paragraph 4, Page 55.

"... no system was found for determining and measuring the effectiveness of the measures taken ..."

This paragraph concerns both the hazard and risk identification process and performance measure monitoring process. In addition to the explanations for the third paragraph, it can be verified from the independent IOSA audit reports that Turkish Airlines has a monitoring system for performance measures in place. Further details concerning IOSA and its scope of safety are provided within the assessment of the last paragraph of Section 5.11. And as it is stated in the DSB investigation report, factual evidence is included in the meeting minutes.

Also, the fourth paragraph of the report is contradictory to the first paragraph of 5.11.2.

Reactie Raad:

De vierde alinea van paragraaf 5.11.1 is verwijderd.

44. Opmerking:

Section 5.11.2, Paragraph 1, Page 55.

"One of the tasks of the quality assurance programme is to monitor the effectiveness of changes resulting from proposals for adjustment measures arising from the safety management system."

This paragraph is contradictory to the fourth paragraph of section 5.11.1.

Reactie Raad:

De vierde alinea van paragraaf 5.11.1 is verwijderd.

45. Opmerking:

Section 5.11.2, Paragraph 3, Page 55.

"It can be concluded that in principle Turkish Airlines has a safety management system which complies with the regulations. However the system does not operate satisfactorily ..."

The assessment framework of the DSB consists of three parts as it is stated in Section 3.1 of the report. These are:

1. The first part concerns legislation and regulations that are in force for civil aviation.
2. The second part is based on the international and national guidelines from the sector as well as internal corporate guidelines, manuals and management systems.
3. The third part describes the expectations of the Board with regard to the manner in which the involved parties provide the details for their own responsibility for safety and safety management.
4. The justification for unacceptance of the third paragraph is provided below with respect to DSB's assessment framework:

1. Legislation and Regulations

The Turkish Civil Aviation requirements that concern the technical, administrative and financial aspects are stated in SHY-6A regulation. As it is stated in SHY-6A regulation:

- a. The regulation is prepared in accordance with ICAO Annexes and JAR-OPS 1-3 [Item 3],
- b. In case of situation which is stated in the regulation, associated items in the ICAO Annexes and JAR-OPS 1-3 documents will be ruling [Item 46],
- c. Operators conducting scheduled passenger and cargo transportation are required to be IOSA registered [Item 37].

Turkish Airlines is subject to a biennial operational audit of Turkish DGCA.

2. International and National Guidelines

IOSA which is an acronym for IATA Operational Safety Audit, is an extensive source of standards and recommended practices and a globally accepted safety audit programme. In its formal definition, it is stated that:

"IOSA Standards and Recommended Practices (ISARPs) incorporate the relevant operati-

ons, maintenance and security specifications from ICAO Annexes that are applicable to an air operator. During an IOSA Audit, an operator is assessed against the ISARPs contained in this manual. To determine conformity with any standard or recommended practice, the Auditor will assess the degree to which specifications are documented and implemented by the operator.”

Since Turkish Airlines is an IOSA registered operator since 2005, it can be concluded that its documentations and implementations are in accordance with the requirements in force. The last audit, which is conducted in 2009, concerns the items enlisted below as the ISARPs within the Safety and Quality Management Systems. Since there was no deviation from the standards, the audit was concluded with “No Findings”.

3. Safety and Safety Management

The ISARPs enlisted in the previous item contain both the standards and recommended practices. Since it is a factual evidence that, regarding the Safety and Quality Management Systems, Turkish Airlines’ audit is concluded with “No findings and only 1 observation”, it should have been assessed that THY’s state was beyond compliance to standards. This assessment would be in conformance with THY’s approach that motivates to actively seek improvement areas.

An example of this active approach is the implementation of Safety Management System in 2006 before it becomes a requirement. Safety Management System will become an international requirement in 2010.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

46. Opmerking:

Section 5.11.2, Paragraph 3, Page 55.

“Each year approximately 70 cabin and “28” flight deck audits were carried out.”

The actual number of flight deck audits is “62”. This should be reflected correctly in this sentence.

Reactie Raad:

Overgenomen.

47. Opmerking:

Section 5.11.2, Paragraph 3, Page 55.

“no audit results were found...”

“Throughout the entire audits which have been executed up to the time of accident no concern or findings have been highlighted on the matters of following standard operational procedures, as described in the Operation Manuals and the use of CRM.”

Reactie Raad:

Overgenomen.

48. Opmerking:

Appendix C, Paragraph 4, Page 71.

“their contents are known to Turkish Airlines pilots in advance.”

Knowing the contents of the training sessions and checks in advance is an authority approved method that is highly beneficial and widely used in aviation. In order to avoid any negative meaning, the expression “their contents are known to Turkish Airlines pilots in advance” must be removed.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

49. Opmerking:

Appendix E, Table 6, Page 73.

“Boeing 737 Type Rating: ... valid until 23 September 2008.”

The validity date must be revised to be 18 June 2009. Evidence is provided in Appendix V - “Flight Crew License copy of Safety Pilot OLGAY ÖZGÜR”.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

50. Opmerking:

Appendix L, Paragraph 4, Page 92.

"... flight execution ..."

"due to lack of information about system interaction" must be added immediately after the word "execution".

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

51. Opmerking:

Appendix L, Paragraph 4, Page 92.

"did not result in informing pilots"

The radio altimeter issues were discussed seven times during the six-weekly Operations meetings with pilots, Fleet Management and Engineering, Maintenance and Quality directors. Based on reliability analysis, Service Letter B737-SL-20-045 was decided to be applied to B737NG fleet as corrective action on 30 January 2008 by the Reliability Control Board and the Service Letter was applied to TC-JGE on 27 October 2008. The problems within Turkish Airlines were considered to be a technical problem and not a threat to safety; this was the case for all airlines where this information was requested. Since radio altimeter problems considered as technical problems, related engineering order was still in implementation phase and there were no other recommendation or alternate procedures advised by the manufacturers to follow, therefore pilots were not informed.

*Reactie Raad:
Het beschreven commentaar is verspreid in het rapport (onder meer in 5.2.3) opgenomen.*

52. Opmerking:

Appendix L, Paragraph 5, Page 92.

The following must be added to this paragraph: "Based on the Turkish Airlines' reliability analysis, Service Letter B737-SL-20-045 was decided to be applied to B737NG fleet as corrective action on 30 January 2008 and the Service Letter was applied to TC-JGE on 27 October 2008."

*Reactie Raad:
Het beschreven commentaar is verspreid in het rapport opgenomen.*

53. Opmerking:

Appendix L, Paragraph 6, Page 92.

"Regular maintenance is not performed on radio altimeters"

"EASA and FAA require the Aircraft Type Certificate holder to prepare and revise the initial minimum scheduled maintenance requirements that are applicable to a dedicated aircraft (Regulatory Requirement CS/FAR 25.1529). This document is called the Maintenance Review Board Report (MRBR), and provides the scheduled maintenance tasks and their frequencies (intervals) for the aircraft systems (including powerplant), structure and zones. MRBR development is based on the Maintenance Steering Group (MSG)-3 method which is used to develop scheduled maintenance. All Maintenance Significant Item (MSI)'s are subjected to the MSG-3 analysis. Even though Boeing and the FAA have known for many years of the radio altimeter problems, the radio altimeter system has not been evaluated as an MSI since it was not considered to be a safety problem. Therefore, no scheduled task card has been added into the subject aircraft MRBR. Aircraft manufacturers are responsible for updating MRBR pursuant to in-service data reported by airlines by organising a maintenance programme evolution exercises such as Industry Steering Committee (ISC) and Maintenance Working Group (MWG) meetings. Since there is no any scheduled maintenance task card regarding this issue, work will only be performed after a complaint from a crew member or when it emerges during maintenance that something is not working correctly."

*Reactie Raad:
In Bijlage O is opgenomen dat, in overeenstemming met de eisen van de fabrikant en het toezicht, geen regulier onderhoud plaatsvindt aan radiohoogtemetersystemen.*

Groot-Brittannië
Air Accidents Investigations Branch (AAIB)

1. Opmerking:

Paragraph 1.2.4

The altitude of -8ft was not incorrect within the radio altimeter system, it was only incorrect in the context of the aircraft's true height above ground. Can it then be described as a 'incorrect altitude'? (Also, radio altimeter systems do not measure altitude, but height.)

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

2. Opmerking:

Paragraph 2.2.1

"At Turkish Airlines, the automatic flight system is used as much as possible."

Should the report explain whether this is because of laid-down procedure, or custom and practice?

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

3. Opmerking:

Paragraph 2.2.1

~~"At Turkish Airlines, both autopilots are activated in case of a fully automatic landing or for preparing for a possible automatic go-around during the approach for an ILS approach.~~

Should this be clarified so the reader understands that the 'two autopilots' policy is also a THY policy, not Boeing's?

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

4. Opmerking:

Paragraph 2.2.4

"The 'retard flare' mode is indicated on the primary flight display with 'RETARD'."

Should the report mention level change retard, as this is the normal mode which causes a 'RETARD' annunciation, to explain the presence of this other retard mode?

Reactie Raad:

Niet overgenomen. De 'retard descent' modus wordt bij selectie 'level change' geactiveerd, tijdens het dalen vanaf grote hoogte en niet bij een ILS-nadering. Daarnaast zal bij deze selectie de 'RETARD' annunciation na 10 seconden overgaan in 'ARM'. Ook dit laatste vond niet plaats tijdens de nadering. De omstandigheden voor gebruik en de kenmerken van de 'retard descent' modus zijn zo verschillende ten opzicht van de modus 'retard flare' dat opname hiervan in het rapport zou suggereren dat de bemanning onvoldoende systeem-kennis had op dit gebied.

5. Opmerking:

Paragraph 2.9

"Defects or technical complaints that still had to be resolved were not reported in the maintenance documents of the aircraft up to before the accident flight."

Suggest revising this comment. At present, it sounds as though there were defects but they were not reported.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

6. Opmerking:

Paragraph 2.10

"The briefing for the approach for which, among other information, use had been made of information obtained through the Echo ATIS message did not contain any particulars."

Suggest revising this sentence... What does 'did not contain any particulars' mean?

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

7. Opmerking:

Paragraph 4.1

Safety pilot description

What is the source of this description - is it given in the THY manuals? In many companies, there is no formal definition of the role.

Reactie Raad:

Dit staat in het Operations Manual van Turkish Airlines vermeld.

8. Opmerking:

Paragraph 5.2.1

"The computer wrongly marked the altitude data and it was subsequently used by various systems including the autothrottle."

Suggest this sentence is examined very carefully; at present it suggests that the computer malfunctioned, but we believe it did not.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

9. Opmerking:

Paragraph 5.2.1

"In order to follow the glide path, the aircraft nose position ~~was increased~~ was pitched up, causing the air speed to fall under the selected approach speed and the aircraft finally ended in a stall situation and had insufficient height to recover this situation.

Suggest reviewing this last sentence carefully - did the simulations not show that it was possible to recover with ground contact?

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Tijdens vlucht TK1951 was er onvoldoende hoogte om het vliegtuig vanuit de overtreksituatie te herstellen.

10. Opmerking:

Paragraph 5.2.3

"The development of incorrect radio height data could not be explained by Turkish Airlines by the corrosion of the system."

Suggest the report is amended to explain this statement in more detail.

Reactie Raad:

Overgenomen.

11. Opmerking:

Paragraph 5.2.3

"Pilots were not informed of the problems because the problems within Turkish Airlines were considered to be a technical problem and not a threat to safety."

There should have been a risk assessment of the hazard, suggest it might be added to the report.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

12. Opmerking:

Paragraph 5.2.3

"It has emerged that this was the case for all airlines where this information was requested."

Suggest the report might give some detail to back up this assertion.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

13. Opmerking:

Paragraph 5.2.5

"Further investigation is required to determine the cause."

Suggest some explanation of this further investigation, and how its results will be published, here

Reactie Raad:

Tekst is verwijderd.

14. Opmerking:

Paragraph 5.2.6

"It is remarkable that the Smith software had not been updated anymore since 2003."

Suggest this sentence is considered very carefully - why is it remarkable that the software had not been updated? If it functioned as intended, without faults, it would not need to be updated.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

15. Opmerking:

Paragraph 5.2.6

"As a result of the accident Boeing announced that the Smiths autothrottle software will now also be provided with a comparison function."

Suggest a little detail is provided on this point - what will it achieve, and when will it be fitted?

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

16. Opmerking:

Paragraph 5.2.6

"In other cases the system logics allowed the aircraft to fly up to the area outside the area where it can fly."

Suggest this sentence is considered and altered to make it clearer - at present, we are not sure what it means.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

17. Opmerking:

Paragraph 5.2.6

"The Collins' EDFCS, without an integrated comparison function, turned out to use radio heights that were marked as non-valid and, therefore, activated a 'retard flare' mode."

Were the radio heights marked as non-valid?

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

18. Opmerking:
Paragraaf 5.4.1

"When the aircraft was descending above Flevoland and just after that, three landing gear audio warnings were heard. These warnings are not usual during this phase of the flight."

Suggest the report details that these warnings ARE normal on the B737-EG aircraft, and experience on that type may have had an effect on the commander's reaction.

Reactie Raad:
Deze paragraaf geeft slechts een overzicht van de gevolgen van het disfunctioneren van het linker radiohoogtemetersysteem op de overige systemen en die aan de bemanning werden gepresenteerd. Wat de bemanning hiervan vond of niet vond, wordt elders in het rapport beschreven.

19. Opmerking:
Paragraaf 5.4.1

"The result was that when the system switched from the right autopilot to the left autopilot, the right autopilot was switched off but the left autopilot did not activate itself."

Suggest this paragraph is examined carefully - it does not seem to fit with the FDR data available.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

20. Opmerking:
Paragraaf 5.4.1

"According to the cockpit voice recorder, the first officer indicated that the second autopilot was activated ('second autopilot engaged')."

Suggest it may be a good idea to mention that it is normal to make a statement along these lines when selecting the second autopilot, rather than when it has engaged. Also, it is normal for there to be a check of FLARE armed, which is the error trap for the error suggested (THY's manuals should be checked for their procedure in this regard).

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

21. Opmerking:
Paragraaf 5.4.1

"It can, therefore, be concluded that the crew did not have any information available regarding the relation between the left radio altimeter and the operation of the autothrottle."

Suggest this statement is considered carefully - they had access to the MEL/DDG, which did give this information. Many pilots do examine the information available in such documents in flight, as it may highlight problems such as those at the heart of this accident

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

22. Opmerking:
Paragraaf 5.4.2

"The 'retard flare' mode is activated when the autothrottle is in use and the following (main) conditions have been met with regard to the complete Boeing 737 NG series: landing gear down,"

Suggest this condition be checked for validity; landing gear down is not a condition, at least according to the available documents.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

23. Opmerking:
Paragraaf 5.4.2

"This mode should normally only be activated during the landing and is activated when the wheels of the aircraft touch the ground."

Suggest deleting this sentence as it is untrue, the Boeing manual states: 'the A/T begins retarding thrust at approximately 27 feet RA so as to reach idle at touchdown. A/T FMA annunciates RETARD'.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

24. Opmerking:
Paragraaf 5.5.1

"This shows that the crew were anticipating on the shorter distance that the aircraft would cover."

Suggest that there was a second plausible reason, the crew may have wished to extend the landing gear early, to determine whether there was a genuine problem or not, and they may have done this by completing some procedural steps (gear down, flap 15) ahead of time.

Reactie Raad:
Niet overgenomen. Er zijn geen aanwijzingen op de cockpit voice recorder die deze mogelijkheid ondersteunen.

25. Opmerking:
Paragraaf 5.5.1

"The crew could see that the aircraft would intercept the localizer signal above the glide path while flying the instructed 210 degrees heading at 2000 feet, because the primary flight display specifies the position of the localizer and glide slope signals."

Suggest reviewing this sentence very carefully - although the LOC and G/S are displayed, they are not displayed in a way which makes determining that the one will be intercepted before the other very easy, and interpretation and experience are necessary.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

26. Opmerking:
Paragraaf 5.5.2

"Normally, additional thrust must be selected after the selection of position 40 for the flaps at an altitude of approximately 900 feet to ensure the aircraft is kept on the glide path."

Suggest considering that this is not necessarily true, especially for a constant descent approach.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

27. Opmerking:
Paragraaf 5.5.2

~~"The noise of the automatic trim system can be clearly heard during 16 of the 23 seconds before the stall warning, when the speed went below the selected target speed for the aircraft. This is longer than usual."~~

Suggest the report may discuss that the auto-trim for autoland involves prolonged running of the pitch trim during final approach, and therefore pilots are used to this happening and may be less able to identify an abnormality.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

28. Opmerking:

Paragraaf 5.7.1

"The fact that neither the first officer nor the safety officer reported that maximum thrust had not been selected is an indication that the crew was completely taken by surprise. The crew was relying heavily on the automatic system."

Suggest this last sentence is considered - what evidence is there that the crew were relying upon the automatic system in this respect?

Reactie Raad:

Deze zin is verwijderd.

29. Opmerking:

Paragraaf 5.8

"That is why, during the first half of the LIFUS phase at Turkish Airlines, that is to say the first 20 flights, an additional first officer is also on board."

Suggest this sentence is considered carefully - the reason for the third pilot being present may not be as stated; often they are there in order that, for example, incapacitation does not become a concern, or so that a CAT 3 landing may be carried out if circumstances demand it.

Reactie Raad:

Vertaalfout. Nederlandse tekst is correct.

30. Opmerking:

Paragraaf 5.8

"No information is available regarding the pre-flight preparations by the cockpit crew at Istanbul Atatürk airport in Turkey. It is, therefore, not known which agreements were made between the captain and the safety pilot regarding specific assisting tasks for the latter during the flight."

Does the THY operations manual specify the tasks of the 'safety pilot', or does it explain that he must be specifically briefed?

Reactie Raad:

De weerslag van het Operational Manual van THY is weergegeven in paragraaf 4.1.

31. Opmerking:

Paragraaf 5.9.1

"According to the documentation for Boeing 737 pilots, this means that the right-hand flight control computer has control over the flight path, an independent radio altimeter provides this computer with altitude data, that computer also continues to calculate thrust commands, and the autothrottle adjusts the thrust levers with instructions from the computer."

Suggest this statement be checked for accuracy, or better translated from the Dutch version.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

32. Opmerking:

Paragraaf 5.9.2

"During checks of every item on the landing checklist, the captain's vision would have been focussed primarily on the checklist, and that of the first officer on the various instruments and control buttons."

Suggest this sentence is reviewed; both pilots should cross-check each item during the execution of the checklist; also, if this were the case, neither pilot 'should have' been monitoring the flight displays.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

33. Opmerking:

Paragraaf 5.9.2

"This would have allowed him to get an indication of the engine thrust and the changes in the aircraft's pitchnose attitude."

Suggest this change as the stick position is not, in aircraft with trimmable stabilizers, an indication of pitch attitude, though it does give some indication of pitching motion.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

34. Opmerking:

Paragraaf 5.10.3

"Turkish Airlines uses automated systems as much as possible on its scheduled passenger flights. A British study in 2004 on pilots' reliance on the automated systems showed that the perception of faults in an automated system is much more difficult if that system is generally reliable, while perceiving faults in less reliable systems is much easier. The fault in the left hand radio altimeter and its consequences for the autothrottle are an example of this. A small random sample shows that there is little or no training for faults in reliable automated systems, which can have a critical result, as was the case with flight TK1951."

Suggest that pilots' impressions of the reliability of radio altimeter systems on the B737 might be included; my own experience is that the rad alt is one of the most unreliable systems on the aircraft (both EG and NG variants, over nine years of operating them).

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Het gaat om de gevolgen van een niet goed functionerend radiohoogtemetersysteem op de automatische vluchtsystemen. Deze moeten door monitoring worden ontdekt, hetgeen niet een sterke menselijke eigenschap is.

35. Opmerking:

Paragraaf 5.11.2

"It can be concluded that in principle Turkish Airlines has a safety management system which complies with the regulations. However, the system does not operate satisfactorily."

Suggest that the report is reviewed to see whether there is sufficient evidence for this statement? Also, should comparisons not be made with other operators, and did the civil aviation authority in Turkey attempt to evaluate the system, and why did it not identify that the system was faulty and take action to correct it?

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

36. Opmerking:

Paragraaf 5.12.3

"As already mentioned, the main task of LVNL is promoting the highest degree of air traffic safety." Is this their first purpose, stated in their manual? In the UK, and other States, safety is not the first priority of air traffic service providers.

Reactie Raad:

Zie paragraaf 4.9.

37. Opmerking:

Paragraaf 5.12.3

"From the audits that the IVW has already carried out at LVNL, issues have not arisen that are relevant to this investigation."

Suggest it may be helpful to provide more information on the number, regularity, and scope of these audits.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

38. Opmerking:

Chapter 6

"The radio altimeter system does not meet all certification requirements of the FAA."

Suggest that the report is reviewed to see whether this statement can be made based only upon the information presented in the report.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

39. Opmerking:

Appendix H

"The distortions to a number of seats indicated that a deceleration of more than 14g had occurred."

Suggest the report might comment on the integrity of the floor, as well as the seats which are attached to it.

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Het uitvoeren van nader onderzoek naar de overlevingsfactoren acht de Raad een taak van de certificerende autoriteiten en fabrikanten.

GE Aviation

1. Opmerking:

Page 37

"Autothrottle software with comparison function" should include reference that it is applicable only to the EDFCS system.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

2. Opmerking:

Page 37

Sentence starting "It is remarkable that..." could be read as unfairly accusatory. Suggest either deleting the sentence, or rewording to "The original software was not subject to further update after 2003."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

3. Opmerking:

Page 43, paragraph 5.4.2

For the GE Autothrottle (and we cannot comment on other configuration), Landing Gear Down is not a logic condition for flare retard mode, nor is Weight on Wheels.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

4. Opmerking:

Page 51, paragraph 5.9.1

This sentence is confusing and not correct: "...the right-hand flight control computer has control over the flight path [-CORRECT], an independent radio altimeter provides this computer with altitude data [-CORRECT], that computer also continues to calculate thrust commands [-NOT TRUE] and the autothrottle adjusts the thrust levers with instructions from the computer [COULD BE TRUE]."

Suggest rewording to: "...the right-hand flight control computer has control over the flight path, an independent radio altimeter provides this flight control computer with radio altitude data, an independent autothrottle computer continues to calculate thrust commands and adjusts the thrust levers as required."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

5. Opmerking:

Page 66

Suggest add after "levers," the words "unless the autothrottle is manually disengaged by either one of the autothrottle cut-out buttons on the throttle levers."

Reactie Raad:

Overgenomen.

6. Opmerking:

Page 93

There are actually 5 options to disengage the mode. The first bullet should be changed to "The pilot switches off the autothrottle either by using the A/T ARM switch on the MCP, or by using one of the A/T cutout buttons on the throttle levers."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

7. Opmerking:

Page 93

"The autothrottle is fitted with only one configuration" is confusing, as the previous sentence states that there are 9. Suggest that the sentence be deleted, or rewording to "Although there are nine possible configurations of A/T software, on two different vendor's hardware, any given aircraft can only be operating one hardware and one software standard at any one time."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

8. Opmerking:

Page 93

Suggest rewording to: "The radio altimeter system (left or right) that transmits an unrepresentative (incorrect but valid) radio altimeter signal with a value of 27 feet or less."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

9. Opmerking:

Page 94, two times on same page

Suggest rewording to "The autothrottle does not respond (due to other condition not satisfying the "retard flare" logic) and the autopilot..."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

Verenigde Staten

National Transportation Safety Board (NTSB) & Federal Aviation Administration (FAA) & Boeing Commercial Airplanes

Summary

1. Opmerking:

In addition, the U.S. team notes that the draft report does not align with the Annex 13 format

recommended in ICAO Doc 9756, Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation, Part IV, Reporting. The DSB's choice to deviate from established formatting conventions may also minimize the safety impact of the lessons learned from this accident. (...)

Reactie Raad:

Het Annex 13 format is een 'recommendation', geen 'standard'.

2. Opmerking:

(...) the sink rate was greater than 1,000 feet per minute (1,300 fpm); (...)

Reactie Raad:

*Uit de flight data recorder en de M-Cab simulatorvlucht volgt dat de verticale daalsnelheid op het moment van passeren van 1000 voet **barometrische hoogte** (1027 hPa) minder dan 1000 voet per minuut bedroeg.*

De verticale daalsnelheid op het moment van passeren van 1000 voet hoogte onder standaardatmosferische omstandigheden (1013.25 hPa) bedroeg circa 1300 voet per minuut. Dit is niet van toepassing.

3. Opmerking:

This communication pattern led to breakdowns in checklist usage, standard callouts and recognition of non-normal situations. There is no evidence that the FO, as the pilot flying, initiated the Descent, Approach (at 10,000 feet), and Landingchecklists as required by company procedures. The draft report does describe that an approach briefing was completed; however, it does not indicate if this was in conjunction with the descent checklist (since it is the last item on the checklist). (...)

Reactie Raad:

Op de cockpit voice recorder zijn de gesprekken van de piloten in de cockpit en de radiocommunicatie van piloten van andere vliegtuigen met de verkeersleidingdienst opgenomen. Niet kon worden vastgesteld of de descent en approach checklists door de eerste officier werden geïnitieerd. Het is aannemelijk dat de radiocommunicatie dit heeft overstemd.

4. Opmerking:

(...) The DSB draft report does not contain, nor was the U.S. team provided, a significant amount of information regarding the pilots' training history or company procedures. The draft report only addresses two areas: the lack of approach to stall training requirements and the inconsistent practices within the Turkish Airlines pilot community regarding mode annunciator callouts. However, the team does not believe these areas are sufficiently developed or emphasized in the conclusions consistent with their role in safe operating practices.

Reactie Raad:

De Raad kiest ervoor de relevant geachte informatie in het rapport op te nemen.

Daarnaast zijn de trainingsdocumenten van de piloten bekeken. Daarin zijn geen bijzonderheden naar voren gekomen. In hoofdstuk 2.8 'Gegevens van de bemanning' is vermeld dat uit de trainingsdocumenten geen bijzonderheden zijn gebleken.

5. Opmerking:

Other questions regarding training that were asked by the U.S. team during the investigation but were not answered include:

What techniques are taught during approach to stall training (e.g. hand position)? What are the policies and procedures regarding use of the autothrottle (e.g. guarding of the throttle on approach)? What are the policies and procedures regarding altitude changes and approach callouts? What are the policies and procedures regarding operation of the speed brake handle and lights prior to landing? What are the policies and procedures for autopilot approach procedures?

Reactie Raad:

Naast bestudering van de standaard operationele procedures uit het QRH, Operations Manual en FCOM is ervoor gekozen geen 'in-depth' onderzoek uit te voeren naar hoe er specifiek wordt getraind op bovenstaande punten. Als is afgeweken van de standaardprocedures is dit in het rapport vermeld.

6. Opmerking:

Is there specific training for captains on conducting line training?

Reactie Raad:

De door Turkish Airlines gehanteerde en door de DGCA goedgekeurde syllabus bevat o.m. Type Rating Instructor en Type Rating Examiner training.

7. Opmerking:

The draft report also does not contain any information regarding the pilots' duty and sleep periods prior to the accident flight. (...)

Reactie Raad:

Uit het onderzoek van de piloten 72 uur voorafgaande de ongevalsvlucht zijn geen bijzonderheden naar voren gekomen. In het rapport is in hoofdstuk 2.16 'Medische en pathologische informatie' opgenomen dat uit het onderzoek geen aanwijzingen van vermoeidheid zijn gebleken.

8. Opmerking:

(...) The M-Cab simulation showed that the airplane was easily recoverable if normal stall recovery techniques were initiated within a few seconds of stick shaker activation. (...)

Reactie Raad:

Het vliegtuig was te herstellen met gebruikmaking van de normale hersteltechniek volgens de Quick Reference Handbook Approach to stall procedure. Hiervoor wordt verwezen naar de resultaten van de simulator sessies in bijlage M. Dit laat onverlet dat de QRH procedure verbeterd kan worden. De NTSB is hiermee akkoord. In paragraaf 5.11.2 'Quick Reference Handbook procedure' is verwoord dat de QRH herstelprocedure voor een overtreksituatie over het gebruik van de automatische piloot en autothrottle en de noodzaak om te trimmen onduidelijk is en tekortschiet.

9. Opmerking:

The DSB draft report includes a section titled, "History of radio altimeter failures"; however, there is no discussion of the FDR data recovered from the accident airplane. (...) None of the radio altimeter failures or two autothrottle retard events were included in the airplane maintenance log by the flight crews. Had these events been written up by the pilots, the subsequent flights would have been required to operate under the Dispatch Deviation Guide which states that the corresponding autopilot and autothrottle may not be used for the approach and landing phase of flight.

In addition, although the draft report states that there were similar radio altimeter failures on 148 flights out of the 1,143 flights stored on the quick access recorder, it does not document that most of these malfunctions were also not recorded in the airplane log book by the flight crews. Although the report states that flight crews were not informed of the radio altimeter maintenance problems, it does not mention that maintenance crews were also not informed of the radio altimeter flight problems, nor does it expand on what effect these shortcomings had on the accident. The U.S. team believes that this data supports the DSB conclusion that the Turkish Airlines safety management system did not operate satisfactorily and that the maintenance practices at the airline did not promote identification of in-service deficiencies.

Reactie Raad:

Het bovenstaande commentaar is opgenomen in 5.2.4 om een betere weergave van de radiohoogtemetersysteem problematiek te geven. In deze paragraaf wordt ingegaan op de reactie van bemanning op radiohoogtemeterproblemen. Aangezien er geen melding was gemaakt van problemen in het maintenance log voor de vlucht was er geen reden om de DDG te raadplegen (5.4.1). Vanuit deze gegevens wordt het voorval geanalyseerd. Opgemerkt wordt dat wanneer deze incidenten waren gemeld, de klacht ook zou zijn behandeld door onderhoudspersoneel. Wat betekende dat (waarschijnlijk) opnieuw geen reden zou zijn geweest voor de bemanning om de DDG te raadplegen. De bovenstaande veronderstelling is daarom niet volledig. In paragraaf 5.2.4 wordt de QAR data geanalyseerd in relatie tot the radiohoogtemeter problematiek en het melden van incidenten.

10. Opmerking:

The U.S. team does not agree with the DSB conclusion that the radio altimeter system does not meet FAA federal aviation regulations (FAR). The draft report suggests that the radio altimeter was

providing erroneous data but not failed. This is incorrect because the radio altimeter system was in a failed state because it was providing erroneous data.

(...) Taking these regulations and advisory material into account, the following conclusions can be made: 1) failure of the radio altimeter was identified by the flight crew; 2) the effect of the failed radio altimeter caused the autothrottle system to command the thrust levers to idle; 3) there were inherent timely, obvious, clear, and unambiguous system and performance indications to the flight crew of this state, primarily the loss of airspeed and attendant non-normal indications and throttle position; 4) indications were provided at a point where the airplane's capability and the crew's ability still remained sufficient for appropriate corrective crew action to have taken place; 5) there was no impact on the ability of the crew to operate the airplane since the crew could advance the throttles (even without disconnecting the autothrottle); and 6) the corrective actions required by the crew would be considered normal airmanship (i.e. part of standard pilot skills tests) since airspeed monitoring is required for normal flight.

The U.S. team also disagrees with the statement in section 5.12.1 that the radio altimeter was certified based on zero errors. Rather, the radio altimeter was originally certified that no single faults within the computer would result in erroneous radio altitude indications. The original analysis conducted for certification did not take into account that faults in the antennas and cables could result in erroneous radio altitude readings. As a result, the original analysis did overestimate the reliability of the radio altimeter system. However, analysis of the system reliability subsequent to the accident show that the rate of erroneous readings from the radio altimeter system remains less than the rate required by the regulations, when the antenna and cable faults are taken into account.

Therefore, the U.S. team believes that the radio altimeter system complies with all certification requirements. However, the team agrees with the DSB that modifications to the B737NG autothrottle system should be pursued to enhance safety and have included a recommendation at the end of this summary.

Reactie Raad:

In paragraaf 5.15.1 is verwerkt op welke manier de certificering heeft plaatsgevonden. In het hoofdstuk over certificering wordt niet ingegaan op de gevolgen van de 'erroneous' data. Dit wordt gedaan in hoofdstuk 5, paragraaf 5.4 en verder. Geconcludeerd wordt dat de componenten van het radiohoogtemetersysteem gecertificeerd waren volgens de geldende normen.

11. Opmerking:

(...) While there is some discussion in the draft report regarding survival factors, it lacks detailed analysis of the data related to the design standards and safety implications for the cabin interior.
(...)

Since the DSB report will not be including detailed analysis of the data collected pertaining to seats (crew and passenger), seat tracks, seat belts, overhead bins, and PSUs, the U.S. team would encourage the DSB make this data available to the industry so that a full analysis could be completed. This would include a more detailed database of the passenger injuries and autopsy results since the information provided by the Injury Severity Score (ISS) does not provide sufficient detail. As an example, the report states that there were numerous spinal column injuries, which could include a number of related injuries like compression, fractures, strains, etc. Additional details of the passenger injuries would be invaluable in relating the cabin damage to the specific injuries suffered by the passengers.

Reactie Raad:

De Raad zal de gegevens op verzoek beschikbaar stellen aan certificerende instanties op luchtvaartgebied, mits de gegevens niet herleidbaar zijn tot individuele personen.

Details

1. Opmerking:

1.2.4 Warning, provisional report and follow-up investigation (page 10)

On 28 April 2009, the Dutch Safety Board published a preliminary report about the investigation

into the cause of the accident that included the initial results. The follow-up to the investigation focused, in particular, on the operation of the autothrottle, the radio altimeter system and the way in which air traffic control and the crew acted. ~~The preliminary report did not give Boeing cause to take any further action.~~

Rationale: Boeing has taken a number of actions since the accident which are documented in section 5.14 of the report. The last sentence is misleading and should be omitted.

Reactie Raad:
Overgenomen.

2. Opmerking:

On the same day, 4 March 2009, in coordination with the DSB, Boeing sent a message to all airlines that operate the Boeing 737, regarding the facts about the accident flight that were known at that time.

Rationale: To clarify that this message was sent with permission of the State of Investigation.

Reactie Raad:
Overgenomen.

3. Opmerking:

2.2.1 Automatic flight system (page 12)

The crew can make selections regarding heading and altitude, speed and other flight path commands for both flight control computers and speed selections regarding the autothrottle computer on the AFDS control panel (hereinafter to be referred to as the mode control panel (MCP)). These selections are referred to as mode selections and are presented on the primary flight display of each pilot through flight mode annunciations. The MCP transmit these mode selections to the flight control computers and autothrottle which command the flight controls and throttles in accordance with the selected modes.

When engaged, each flight control computer issues commands to maintain the heading and altitude of the flight path and, in some modes, airspeed selected by the crew (this is the autopilot function of the flight control computer).

Rationale: The current text does not correctly portray the autoflight system behavior, especially in "speed-on-elevator" modes during which a fixed thrust rating is used.

Reactie Raad:
Overgenomen.

4. Opmerking:

The autopilot and autothrottle work together to control the airspeed of the airplane. In some modes (such as takeoff, climb, descent, and go-around), the engine thrust level is set to a predetermined value and the autopilot controls the airspeed by varying the climb or descent angle. In other modes (such as cruise and approach), the autothrottle automatically controls the air speed of the aircraft by regulating the engine thrust.

...

The autothrottle, flight director and autopilot are generally used simultaneously but ~~operate~~ can be operated independently from each other.

Rationale: The current text does not correctly portray the autoflight system behavior, especially in "speed-on-elevator" modes during which a fixed thrust rating is used.

Reactie Raad:
Overgenomen.

5. Opmerking:

At Turkish Airlines... Both autopilots are activated ~~in case of a fully automatic landing or for preparing for a possible automatic go-around during the approach~~ for each approach.

Rationale: During the field phase of the investigation, Turkish Airlines reported that their company procedure is to use both autopilots for each approach, not just for automatic landings or go-arounds. This point is relevant because the single channel approach that occurred is part of the sequence of events that led to the accident.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

6. Opmerking:

The autothrottle automatically controls the air speed of the aircraft by regulating the engine thrust on both engines.

Rationale: Clarification.

Reactie Raad:

Overgenomen.

7. Opmerking:

2.2.2 Primary flight display and flight mode annunciation (page 13)

The air speed, the rate of descent or climb, barometric and radio height and track and ~~angle of descent~~ vertical speed information are also presented.

Rationale: Angle of descent is not presented on the primary flight display (PFD), however vertical speed is shown on the right hand side.

Reactie Raad:

Overgenomen.

8. Opmerking:

Illustration 3: primary flight display

Rationale: Illustration 3 does not accurately depict a 737-800 PFD. The illustration shows wind direction and velocity in the upper left corner. Wind is not displayed on the PFD. This corner should be blank. Further, the precise placement of items, text, font size and colors do not exactly match those displayed in the airplane.

Reactie Raad:

Overgenomen.

9. Opmerking:

2.2.5 Radio altimeter (page 14)

The radio altimeter system on board of the Boeing 737-800 comprises two autonomous systems, a left- and a right-hand side system. A radio altimeter is used to determine the height above the ground by using radio signals. This in contrast to the pressure altimeter that determines altitude by measuring air pressure. The principle of radio height measurement is based on measuring the time that it takes for a signal to be transmitted towards the ground and to be reflected back to the aircraft. This time difference is proportional to the height of the aircraft above the ground. The used technology is especially suitable for use at relatively low heights above the terrain. As the aircraft comes closer to the ground, the measurement will become more accurate ~~and the number of measurements per second will increase~~.

Rationale: The description contained in the last sentence is specific to Thales LRRRA transceivers. This particular detail does not appear relevant to the remainder of the report, especially as the number of height measurements reported to the airplane systems by the LRRRA does not increase. If the DSB decides to retain this sentence, explanatory text should be added to indicate it is specific to internal operation of Thales LRRRA transceivers and not to the reporting of radio altitude to the airplane systems."

Reactie Raad:

Overgenomen.

10. Opmerking:

2.2.7 Speed brakes (page 15)

Speed brakes are used to disrupt the airflow over the wings. The drag is increased and the lift of the wings is decreased by using them. Speed brakes are used during landing immediately after the main wheels touch the ground. ~~A number~~ All of the panels will rise on both wings. Because the lift drops and the drag increases, the aircraft is given more grip on the runway and the braking distance can become shorter. Speed brakes can also be used during the flight to reduce speed or to increase the rate of descent. During the approach, speed brakes are armed for an automatic operation during the landing by putting the speed brake lever in the 'arm' position. The 'arm' position is confirmed by means of a tactile detent for the lever position and a green 'speed brake armed' light. ~~A deviating situation is indicated by the red~~ An amber 'speed brake do not arm' warning light indicates the speed brakes should not be armed because of an abnormal condition or test inputs to the automatic speed brake system. In this case, the speedbrakes must be manually deployed after landing.

Rationale: The current text does not correctly describe ground spoiler operation and the 'SPEED BRAKE DO NOT ARM' light and associated non-normal procedure.

Reactie Raad:

Overgenomen.

11. Opmerking:

2.4 History of Flight - Approach Briefing (page 17)

The aircraft entered Dutch airspace from the east whilst descending. ~~Up to this moment, nothing unusual had happened on board as far as is known. The FDR records that the left radio altimeter provided erroneous readings beginning shortly after takeoff as the airplane climbed through approximately 400 ft.~~

Rationale: The FDR records anomalous left RA operation shortly after takeoff."

Reactie Raad:

Overgenomen.

12. Opmerking:

2.4 History of Flight - Aligning for the final approach and landing gear configuration warning (page 17)

The approach was executed with the right autopilot and the autothrottle activated. These systems had already been activated as from departure in Turkey. An attempt was made to also engage the left autopilot to ~~enable a possible automatic go around~~ conduct a dual channel approach. ~~This could not be done. The approach mode button and left autopilot button were selected in the wrong order and the attempt to engage both autopilots was not successful.~~ On the other hand, the right autopilot deactivated itself, accompanied by an audio warning. The right autopilot was again activated after three seconds by one of the pilots and the audio warning stopped.

Rationale: A dual channel approach requires that the "APP" button on the MCP be selected before attempting to engage the second autopilot. The FDR indicates that the "APP" button was not pushed before attempting to engage the second autopilot.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

13. Opmerking:

2.4 History of Flight - Interception of the glide slope signal and execution of the landing checklist (page 18)

Subsequently, the speed brake lever was ~~put in~~ moved in and out of the 'arm' position several times and both the green 'speedbrake armed' and red amber 'speedbrake do not arm' warning light lights illuminated. The crew did not discuss the warning light nor the associated nonnormal procedure contained in the QRH.

Rationale: Correction to more accurately describe motion of the speedbrake handle and indication lights that is recorded on the FDR and CVR.

Reactie Raad:
In analyse vermeld.

14. Opmerking:

2.4 History of Flight - Stall warning (page 19)

The captain reacted immediately to the activation of the stick shaker by taking over the controls and by reporting this. At this time, the speed was 107 ~~just below 100~~ knots and the position of the nose approximately eleven to twelve degrees above the horizon. The safety pilot pointed out the speed two more times.

Rationale: FDR data indicates that the airspeed was 107 knots at the time the captain took control.

Reactie Raad:
Overgenomen.

15. Opmerking:

2.9 Aircraft Information (page 20)

Defects or technical complaints that still had to be resolved were not reported in the maintenance documents of the aircraft up to before the accident flight. The radio altimeter malfunctioned on the 9 previous flights recorded on the FDR and the autothrottle transitioned to "retard flair" mode during two of the flights. However, none of the malfunctions were entered into the airplane maintenance logbook by the flight crews.

Rationale: FDR data indicates that the radio altimeter was not operating normally before the accident flight. Interviews with Turkish Airlines crews confirmed they were aware of autothrottle anomalies which occurred on previous flights"

Reactie Raad:
Overgenomen.

16. Opmerking:

2.15 Wreckage and impact information (page 21)

The aircraft came to a standstill in a field relatively quickly due to the ~~high nose attitude~~ low forward speed that the aircraft had when impact took place. The soil conditions may possibly have had an additional braking effect.

Rationale: We are not aware of any data that indicates the touchdown attitude significantly affected the slide distance. Rather, the physics of the situation suggest that the low forward speed and soil plowing/braking effect were much more significant contributors.

Reactie Raad:
Overgenomen.

17. Opmerking:

2.18 Survival Aspects (page 22)

~~None~~ Only one of the emergency slides, most likely the aft left evacuation, was found deployed.

The other ~~in each of the four~~ three cabin doors slides were found in the stowed position ~~had been unfolded after the doors (were) opened.~~

Rationale: Factual correction from on-scene data.

Reactie Raad:
De noodglijbaan in de cabinedeur linksachter werd buiten het vliegtuig aangetroffen. Deze glijbaan was niet uitgevouwen.

18. Opmerking:

2.16 Medical and Pathological Information (page 22)

~~There are no indications that the pilots had not sufficiently rested before the flight.~~

Rationale: This is an analytical statement and is not supported with any factual information. If additional factual information is detailed in the report supporting this, then the statement should be moved to the analysis section.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

19. Opmerking:

2.21.1 Engines (page 23)

~~The investigation on the engines was performed at the site of the accident. All damage to the engines was consistent with impact damage. There was no evidence of fire, bird ingestions, or failure of fan blades or vanes or broken parts on engines that may have been present before impact with the ground. This has not provided indications regarding bird strikes or that parts of the fan blades or other vanes broke off before impact with the ground. The determined damage to the engines has been assessed as being consequential damage. Fire traces have not been found.~~

Rationale: Clarification.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

20. Opmerking:

3.2 Legislation and Regulations - relevant manuals - Boeing (page 27)

Flight Crew Training Manual (FCTM)

The FCTM provides information and recommendations on maneuvers and techniques. It provides information in support of procedures listed in the Flight Crew Operations Manual (FCOM) and techniques to help the pilot accomplish these procedures safely and efficiently. The FCTM is written in a format that is more general than the FCOM.

The FCTM contains guidance on the following topics relevant to this accident:

- Chapter 1 - Callouts, AFDS Guidelines
- Chapter 5 - Stabilized Approach Recommendations, Approach
- Chapter 7 - Approach to Stall Recovery, Recovery from a Fully Developed Stall
- Chapter 8 - Non-Normal Situation Guidelines

Rationale: The Flight Crew Training Manual is relevant and should be added to this section

Reactie Raad:

Overgenomen.

21. Opmerking:

4.5 Boeing (page 30)

~~Boeing is the manufacturer of, amongst others, the Boeing 737-800. Boeing is responsible for the construction of constructs the aircraft, assembles parts and related systems and provides after sales support. ~~One of the responsibilities of Boeing provides in the area of safety is informing~~ owners and/or users of Boeing aircraft with information regarding indentified defects/faults to the aircraft and components thereof. These defects/faults are reported to Boeing by aircraft users. Boeing is required to report certain defects/faults to the Federal Aviation Administration. If the Federal Aviation Administration determines that the defects/faults represent an unsafe condition and that the condition is likely to exist or develop in other aircraft of the same type design the Federal Aviation Administration will issue an airworthiness directive specifying any inspections that must be carried out, conditions or limitations that must be complied with, and any actions that must be taken to resolve the unsafe condition. Boeing supports the Federal Aviation Administration in determining and defining the airworthiness directive actions. ~~analysis the reported defects/faults and decides in consultation with the national aviation authority whether additional measures are required and whether other users must be informed about these defects/faults and the measures that may possibly have to be taken.~~~~

Rationale: These revisions more accurately reflect Boeing's activities and responsibilities under FAR and ICAO Annex 8 requirements.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

22. Opmerking:

4.7 European Aviation Safety Agency (page 30)

The EASA has accepted validated the certification of the Boeing 737-800 as issued by the FAA.

Rationale: The EASA does more than just accept the FAA certification, they validate that the FAA certification also satisfies any EASA airworthiness regulatory differences.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

23. Opmerking:

5.2.1 Accident flight (page 32)

During the accident flight, the left radio altimeter ~~suddenly~~ indicated an incorrect altitude of -8 feet on the left primary flight display. The computer wrongly marked the altitude data and it was subsequently used by various systems including the autothrottle. The radio altimeter is calibrated so that it reads zero when the main gear touch down during landing. The -8 feet value itself ~~otherwise falls between the range of values that can be measured, and represents a situation where the aircraft is on the ground but is a value never encountered in normal operation.~~ The valid values of the radio altimeter when the airplane is stationary on the ground are -2 to -6 feet. The 'retard flare' mode of the autothrottle was, therefore, activated and the thrust of both engines was decreased to the minimum value. This mode was indicated on the primary flight display with 'RETARD'. The autothrottle ~~retarded the throttles in anticipation of touchdown, attempted to land the aircraft.~~ At the same time the autopilot attempted to have the aircraft follow the glide slope. As airspeed decayed, the aircraft began pitching up in order to follow the glide path, ~~the aircraft nose position was increased, causing the air speed to fall under the selected approach speed and~~

Airspeed continued to decay until the stick-shaker activated. Simulation studies and piloted demonstrations showed that recovery from the point of stickshaker was possible if conducted in accordance with the non-normal procedure published by Boeing. Further, simulation studies showed that recovery was possible even if thrust application was delayed up to 9 seconds after stick shaker, provided that pitch was controlled to prevent a full stall. The accident aircraft finally ended in a stall situation and had insufficient height to recover ~~this situation from the full stall.~~

Rationale: The existing text mischaracterizes the -8 reading as a normal reading of the radio altimeter. Also, the paragraph as written is misleading as it does not mention that the accident could have been avoided even after the stick-shaker sounded.

*Reactie Raad:
De tekst is aangepast, zie ook bijlage M.*

24. Opmerking:

5.2.2 Radio altimeter system in general (page 32)

The radio altimeter computer continuously receives signals from the transmitting and receiving antennas and calculates the altitude based on these signals. The altitude is given a usability reference and is conveyed to the aircraft systems through a data bus. In principle, there are ~~two~~ three options. The usability reference is:

- Normal Valid (usable): No faults are detected and the data is deemed reliable. Aircraft systems will use the measured altitude.
- Fail-Warn Non-valid (unusable): Systems will not use the measured altitude. This may be because there is a fault in the system and, therefore, the computer marks the system to be 'failed' 'broken'. A fault flag is then displayed on the primary flight display. ~~Another option is that the system does operate correctly but that the signal is too weak to be used.~~
- No Computed Data (unusable): The system does operate correctly but that the signal is too weak to be used. In the case of the radio altimeter, this occurs on every flight when the

airplane climbs above the range of the radio altimeter (approximately 6000 to 8000 ft). It does not indicate a fault in the system. In this case the radio altitude is not displayed on the primary flight display, nor is a fault flag displayed.

Rationale: The existing text does not accurately describe the ARINC 429 sign status matrix bits used to transmit radio altitude data.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

25. Opmerking:

5.2.3 History of radio altimeter problem (page 33)

The most common complaints concerned fluctuating radio altimeter values, negative radio altimeter values (for example, -8 feet), activation of the landing gear configuration warning system, both autopilots ~~breaking down~~ disconnecting and warnings from the ground proximity warning system.

Rationale: Reports reviewed indicated instances of the autopilot disconnecting, but not of faults within the autopilot.

Reactie Raad:

Overgenomen.

26. Opmerking:

The development of incorrect radio height data could not be explained by Turkish Airlines by the corrosion of the system. However, Turkish Airlines found that malfunctioning radio altimeter systems could be corrected by replacing the radio altimeter antennas. This is consistent with the experience of other airplanes and with the guidance provided to airlines by Boeing. Unfortunately, subsequent testing of the removed antennas did not uncover any problems with the antennas, even though their replacement corrected the radio altimeter problems. As of this writing, no satisfactory explanation has been found to explain why replacing the antennas resolved the radio altimeter problems. The negative values of the radio height were an indication of interference. This led to the conclusion that adding new gaskets on the Boeing 737-800 fleet antennas would not resolve the incorrect radio height data.

Rationale: We are not aware that interference has been conclusively identified as the explanation for the radio altimeter anomalies. In fact, some airlines have found that their incidence of radio altimeter anomalies decreased when they chose to install the new gaskets. If the conclusions here are intended to be DSB conclusions, rather than conclusions of Boeing and the airlines, the text should be revised to indicate they are DSB conclusions.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

27. Opmerking:

The conclusion is that Turkish Airlines already had problems with the radio altimeters of the Boeing 737-800 fleet for many years. The airline attempted to resolve the problems through discussions with Boeing and the radio altimeter system antenna manufacturer. Although it was known that replacing the antennas generally resolved the problems, no permanent solution ~~The cause of the problems was not found and the problems persisted.~~ Pilots were not informed of the problems because the problems within Turkish Airlines were considered to be a technical problem and not a threat to safety. It has emerged that this was the case for all airlines where this information was requested.

Rationale: The proposed change better reflects the state of knowledge regarding radio altimeter system anomalies prior to the accident.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

28. Opmerking:

5.2.3 History of radio altimeter problem (page 34)

The Turkish Airlines maintenance documents show that radio altimeter-related problems for the complete Boeing 737 fleet could often not be reproduced and that the cause could not be determined. This is confirmed by the other airlines. Reports logged by the pilots and/or flight data from the QAR of the Boeing 737-800 show that there were irregularities but not what caused them. ~~The data from the radio altimeter system internal memory could possibly provide information on the cause. However, these systems can only be read and analysed at the radio altimeter computer manufacturer.~~

Rationale: These statements are misleading and should be deleted as the LRRRA does contain self-test circuitry and indications on the front panel and instructions for conducting the self test are contained in the Fault Isolation manual."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

29. Opmerking:

It can be concluded that replacing the antennas was the only consistently successful way ~~the options~~ to resolve the radio altimeter complaints. ~~and the corresponding risks effectively are limited within the current maintenance system.~~

Rationale: As noted earlier, many airlines, including Turkish Airlines, found that replacing the antennas consistently resolved the complaints. This is consistent with the maintenance advice that Boeing provided to operators.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

30. Opmerking:

5.2.4 Boeing (page 34)

~~It is concluded that the radio altimeter problems occurred frequently and were widespread.~~

Year	737NG Flight Hours	Effect on automatic flight system	Results in autothrottle retard
1999	890,000	-	-
2000	1,763,000	-	-
2001	2,498,000	-	-
2002	3,269,000	5	-
2003	3,931,000	8	5
2004	4,757,000	4	-
2005	5,456,000	4	-
2006	6,284,000	2	-
2007	7,282,000	8	-
2008	7,980,000	15	2
2009	not available	9	5

Rationale: The draft report should include information on the number of 737NG flights that occurred between 1999 and 2009 to provide a context as to frequency of the reported problems, rather than simply using the imprecise phrase "problems occurred frequently and were widespread".

Reactie Raad:

Overgenomen.

31. Opmerking:

5.2.4 Boeing - Boeing safety management (page 35)

Reported problems must be analysed within the framework of Boeing's duty of care towards its customers and the supervision of this by the Federal Aviation Administration (FAA). Measures have to be undertaken if they result in unsafe situations. Boeing made agreements with the FAA to give shape to the aforementioned duty of care. ~~Boeing set up a system to assess the reports on the problems. This includes the Engineering Investigation Board (board for technical investigation) and the Safety Review Board (board for safety assessment) as important components of this system. The Engineering Investigation Board processes technical issues. When a report is considered to contain a safety problem this is discussed in the Safety Review Board. The Boeing continued operational safety process includes the following major components: 1. methods for continuous monitoring of the in service fleet, 2. processes for technical evaluation of data and information to identify potential safety concerns, 3. decision process including Engineering Investigation Boards and Safety Review Boards to utilize the results of safety analysis to formally assess and classify those issues requiring corrective actions to protect the safety of the operating fleet, and 4. a process to develop and deploy corrective actions to the fleet. The continued operational safety process is coordinated with FAA and key findings are communicated to affected operators. Boeing uses specific criteria to evaluate reports of specific events for potential safety issues. The Boeing criteria are broader than the criteria contained in FAR 21.3 that describes the types of events a manufacturer is obligated to report to the FAA.~~

Rationale: The existing paragraph is technically incorrect, incomplete, and overly simplifies the continued operational safety process."

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

32. Opmerking:

According to Boeing, the problems with the radio altimeter system ~~are not eligible for discussion by definition did not meet that criteria~~ unless when the error influences another system in a negative way such as the thrust levers being automatically pulled back during the accident flight. A representative of the FAA is invited as standard to both the Engineering Investigation Board and the Safety Review Board meetings.

Rationale: Any issue is eligible to be brought before the EIB or Safety Review Board. However the text correctly states that erroneous radio altimeter readings by themselves do not satisfy any of the criteria which require that the issue be reviewed as a potential safety issue."

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

33. Opmerking:

The Safety Review Board ~~meeting~~, after reviewing extensive statistical analysis and pilot simulator testing, concluded that this was not a safety problem.

Rationale: Added text to more accurately describe the SRB findings.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

34. Opmerking:

In June 2005, ~~a comparable accident with an older type~~ an incident involving another Boeing 737-800 was discussed at an Engineering Investigation Board meeting. In this incident, the autopilot pitched the airplane nose up when the airplane was still at 2400 ft AGL. The crew intervened by disconnecting the autopilot and landing the airplane manually. Investigation revealed that the early flare was the results of erroneous radio altimeter readings. The event report made no mention of autothrottle retard. The EIB concluded that Again the conclusion was that it was not a safety problem, but recommended that radio altimeter upgrades be pursued to eliminate the potential for the scenario to recur. The upgrades in question provided improved filtering in the LRRR units to reduce the likelihood of erroneous readings.

Rationale: The existing text mischaracterizes the event reviewed by the EIB in 2005 as an accident.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

35. Opmerking:

~~The Board believes that Boeing and the FAA could and should, in all fairness, have identified that the radio altimeter problem, and the possible activation of the 'retard flare' mode of the autothrottle, could influence safety.~~

Rationale: As is evidenced by the original certification work, the 2004 SRB review, and the subsequent development of the radio altimeter comparator in Collins EDFCS P4.0 software, Boeing did recognize that erroneous radio altimeter resulting in autothrottle retard could influence safety. Based on the original certification work, published piloting standards, and all information available to the SRB in 2004, Boeing concluded that autothrottle retard events were rare and in the unlikely event of a recurrence, the crew would have ample time to intervene and manually override or disconnect the autothrottle. Based on both qualitative assessments and quantitative evaluations consistent with published safety guidelines in AC 25.1309, Boeing concluded that the situation did not present an undue safety risk.

Reactie Raad:

Boeing en FAA waren al jarenlang op de hoogte van het feit dat het radiohoogtemetersysteem veel problemen opleverde en andere systemen beïnvloedde. De meldingen van radiohoogtemeterproblemen, die niet door Boeing konden worden opgelost, rechtvaardigden een hernieuwde analyse van het radiohoogtemetersysteem en daaraan verwante systemen. Boeing en de FAA hadden redelijkerwijs kunnen en moeten onderkennen dat het probleem met het radiohoogtemetersysteem, en met name de mogelijke activering van de 'retard flare' modus van de autothrottle, van invloed kon zijn op de veiligheid.

36. Opmerking:

~~The Board is of the opinion that Boeing should have informed airlines and pilots by means of a Safety Bulletin of the radio altimeter problems and the consequences it can have on the automatic flight system and also on the execution of the flight. In this case the information in this Safety Bulletin could have been entered in the Operation Manuals.~~

Rationale: Boeing did provide appropriate guidance to flight crews on use of automatic systems in the Flight Crew Training Manual (FCTM). The FCTM states that When the automatic systems do not perform as expected, the pilot should reduce the level of automation until proper control of path and performance is achieved. Additionally, it is not clear that having additional information in the operations manual specific to radio altimeter would have affected the crew's performance as a number of other published procedures were not followed during the approach. For example, the approach was not stabilized, but the go-around procedure was not followed. Further, the 'speed-brake do not arm' light illuminated, but the published non-normal procedure was not followed.

Reactie Raad:

De Raad is van mening dat een waarschuwing aan alle gebruikers een gepaste reactie van Boeing zou zijn geweest na de vergadering van de Safety Review Board in 2004 waarin de twee meldingen werden besproken waarbij als gevolg van een negatieve radiohoogte de 'retard flare' modus tijdens de nadering werd geactiveerd.

37. Opmerking:

5.2.6 Automatic flight system - History of the automatic flight system in the Boeing 737 NG (page 37)

Software is updated to improve the operation and use of the automatic flight system. The software of the Smiths autothrottle was updated three times from 1997 to 2003. ~~This means that system development was stopped in 2003. The installation of these updates is not compulsory. The three updates had been implemented in TC-JGE. No updates to the Smiths autothrottle software have been released since the time TC-JGE entered service.~~

Rationale: Software upgrades are developed to provide additional features and to correct any safety issues that are identified. Installation of software updates is compulsory when the FAA or other airworthiness authority issues an airworthiness directive mandating the upgrade. As drafted, the last sentence suggests that updates were installed on TCJGE during service. We have proposed new language to make clear no updates have been released since the airplane was delivered.

Reactie Raad:
Overgenomen.

38. Opmerking:

5.2.6 Automatic flight system - Autothrottle software with a comparison function (page 37)
The second series of 26 Boeing 737-800 aircraft that was delivered to Turkish Airlines was, in contrast to the first series, ~~provided with a comparator~~, eligible for the 2006 software upgrade that provided the comparator. The last 12 of this second series of 26 were delivered with the updated software. Boeing published a Service Letter in 2006 advising operators, including Turkish Airlines, how to obtain upgrade for eligible airplanes.

Rationale: Revised to correct history of introduction of the comparator function into the Turkish Airlines fleet.

Reactie Raad:
Overgenomen.

39. Opmerking:

It is remarkable that the Smith software had not been updated anymore since 2003 and the consequences of the incorrect radio heights were suppressed by changing the software of the autothrottle instead of tackling the cause of the problem.

Rationale: Basic models of system safety include the concept of layered defenses against safety threats such as system malfunctions and human error. Therefore, if an unacceptable risk is identified, a number of approaches to reducing that risk may be considered, either separately or together. For example, a system may be revised to decrease the chance it can send an erroneous input, or different system could be modified to prevent erroneous inputs from resulting in undesired behavior. Boeing was actively working to understand and correct the reported radio altimeter anomalies and had published maintenance tips and service bulletins regarding improved installation procedures and filtering for radar altimeter units. Further, no unacceptable risk had been identified that would require an autothrottle software modification. Therefore, this sentence in the draft is misleading and should be omitted.

Reactie Raad:
Overgenomen.

40. Opmerking:

As a result of the accident Boeing announced ~~that the Smiths autothrottle software will now also be provided with a comparison function~~ it is studying the feasibility and effectiveness of an enhancement to the GE (formerly Smiths) Autothrottle to provide an LRRR data comparison capability.

Rationale: Revised to correct the announcement made by Boeing.

Reactie Raad:
Overgenomen.

41. Opmerking:

5.2.6 Automatic flight system - Control software operation tests and autothrottle retard system test (page 37)
The investigation showed that the 'retard flare' mode was activated at an altitude of more than 27 feet by different types of autothrottles (Smiths and Collins) and by various types of radio altimeter systems in the Boeing 737-700 and 737-800 series airplanes. In each of the four cases, flight

crews intervened to manually control the throttles within 5 seconds of the retard event. In none of these four cases did the airspeed drop more than 4 knots below the selected speed.

Rationale: Some of the cases described occurred on 737-700, not 737-800 airplanes. It should also be noted that in all four cases, flight crews intervened to reduce the level of automation when the automatic systems did not perform as expected, in accordance with the FCTM guidance.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

42. Opmerking:

~~This test demonstrated that~~ There are nine eight different software configurations for the auto-throttle ~~that were certified for various versions of the Boeing 737 NG, however, only one version was applicable to the accident airplane TC-JGE.~~

Rationale: Four versions of the Smiths autothrottle software are available, but only one version (-54) can be used on airplanes with winglets, such as TC-JGE. In addition there are 4 versions of the Collins autothrottle software available.

*Reactie Raad:
Tekst is aangepast.*

43. Opmerking:

It emerged during the testing of this scenario that the EDFCS of Collins, that did not have an integrated comparison function, did use this non-valid radio height and, therefore, a 'retard flare' mode was activated. ~~This result made Boeing announce a service bulletin (SB) to adjust the software at the end of July 2009.~~

Rationale: Boeing has not announced a service bulletin related to this condition. We have announced that we are studying the feasibility and effectiveness of an enhancement to the GE (formerly Smiths) Autothrottle to provide an LRRR data comparison capability

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

44. Opmerking:

5.4.1 Peculiarities before the ILS approach - activating two autopilots for the automatic go-around (page 42)

It is only possible to activate both autopilots after the instrument landing system frequency has been selected and the approach mode has been selected by pressing the 'APP' button on the mode control panel. The frequency approach mode had not been selected yet and, therefore, the second autopilot could not be activated.

Rationale: FDR data indicates that the ILS frequency was tuned to the runway 18R frequency before the top of descent approximately 36 minutes before the attempt to engage the second autopilot. It is not possible to engage both autopilot if the approach mode has not yet been selected.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

45. Opmerking:

Normally when a second autopilot is switched on, the first, right, autopilot would be switched off and the left autopilot would have been switched on. In this case, however, the left autopilot had, due to the previous erroneous -8 feet altitude indication of the left radio altimeter, registered this altitude in the memory. ~~The autopilot cannot be switched on when the aircraft is at an altitude of less than 250 feet. This meant that~~ As a result, the left autopilot could not be activated according to the system logics. The result was that when the system switched from the right autopilot to the left autopilot, the right autopilot was switched off but the left autopilot did not activate itself.

Rationale: The text as stated does not correctly describe the system logic. In this case, the left autopilot disengaged because both autopilots were momentarily engaged during the transfer from right to left autopilot (which occurred because APP had not been selected). The logic that triggered the disconnect is that both autopilots may not be engaged below 350 ft radio altitude if FLARE ARM has not yet been annunciated. There is no general prohibition on engaging a single autopilot below 250 feet, other than a restriction that only occurs during the takeoff phase.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

46. Opmerking:

~~The frequency of the instrument landing system was next selected.~~ Thereafter the right autopilot was switched on and became active again. Following selection of the right autopilot, the approach mode was selected.

Rationale: See comment above on the timing of frequency selection. The approach mode was eventually selected, but only after the right autopilot was re-engaged.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

47. Opmerking:

5.4.1 Peculiarities before the ILS approach - Available information (page 43)

The Dispatch Deviation Guide states that if the radio altimeter(s) do(es) not work before a flight, the corresponding autopilot and autothrottle may not be used for the approach and the landing. Although the radio altimeter operated normally before the flight, had malfunctioned on each of the 9 previous flights recorded on the FDR and inappropriate autothrottle retards had occurred on two of these flights, no entries were made in the airplane log. therefore, As a result, the flight crew had no reason to consult the Minimum Equipment List (MEL) and the Dispatch Deviation Guide. In contrast, had the discrepancies been properly reported, the crew would have been prompted to consult the Dispatch Deviation Guide which would have informed them that the left autopilot and the autothrottle should not be used for the approach and landing.

Rationale: FDR data indicates that the radio altimeter was not operating normally before the accident flight. Interviews with Turkish Airlines crews confirmed they were aware of autothrottle anomalies which occurred on previous flights”

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Betrokken piloten (van vluchten waar 'retard flare' werd geactiveerd) gaven aan dat de onregelmatigheden niet reproduceerbaar bleken te zijn op de grond en/of zich tijdens hun terugvluchten niet opnieuw hadden voorgedaan. De bemanningen hadden het voorval daarom niet gerapporteerd. In 5.4.1 staat dat nergens was vermeld dat het radiohoogtemetersysteem voor vertrek niet normaal functioneerde.

48. Opmerking:

5.4.2 Peculiarities before the ILS approach - The autothrottle 'retard flare' mode (page 44)

The 'retard flare' mode is activated when the autothrottle is in use and the following (main) conditions have been met with regard to the complete Boeing 737 NG series: landing gear down, flaps in a specific position and radio height less than 27 feet. This mode should normally only be activated during the landing and is activated automatically deactivated when 2 seconds after the wheels of the aircraft touch the ground.

Rationale: Revised to autothrottle system logic description.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

49. Opmerking:

The flight could ~~only~~ have been continued safely in such a situation if the pilots had intervened on time by any of the following methods:

- pressing the TO/GA button on the thrust levers to initiate a go-around
- advancing the throttles and overriding the autothrottle
- deactivating the autothrottle (and possibly the right autopilot) and taking over control manually

The effectiveness of these interventions was verified by simulation sessions and is also confirmed by the experience of other flight crews faced with similar situations.

Rationale: A number of options were available to the flight crew to continue the flight safely.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

50. Opmerking:

5.4.2 Peculiarities before the ILS approach - Speed brake warnings (page 44)

The 'speed brake ~~armed do not arm~~' light went on when the speed brake level was put in the arm position. ~~However, because of the difference between the left and right radio altimeter readings, the due to the registration of the negative radio height of the left radio altimeter by the left flight control computer. On the other hand, the right flight control computer registered the correct altitude above the ground of the right radio altimeter and, therefore, the 'speed brake do not arm armed' light also illuminated. Both warning lights lit up simultaneously as a result of being driven by two separate systems that receive different input from the left and right radio altimeter systems.~~

Rationale: The current text does not correctly portray the system logic for the 'SPEED BRAKE ARMED' and 'SPEED BRAKE DO NOT ARM' lights.

Reactie Raad:

Overgenomen.

51. Opmerking:

The flight data recorder and cockpit voice recorder data show that the speed brakes were put in and out of the ~~automatic arm~~ position three times consecutively by the crew. During these actions, they did not discuss the speed brakes, nor did they mention the non-normal procedure associated with the speedbrake do not arm light that is contained in the QRH. The action was concluded with the statement 'Speed brake armed, green light'.

Rationale: In light of the suggestion made by the DSB that an additional non-normal procedure related to radio altimeter may have affected the outcome of this flight, it should be pointed out that existing non-normal procedures were not followed.

Reactie Raad:

Overgenomen.

52. Opmerking:

5.5.1 Interception of the localizer signal (page 45)

Normally, these actions are performed ~~during~~ following the localizer capture signal when the glide slope indicator on the primary flight display starts to move ("glide slope alive").

Rationale: Clarification."

Reactie Raad:

Overgenomen.

53. Opmerking:

Configuring the aircraft for landing at a late moment during the approach meant unavoidably that the landing checklist was only gone through at a later moment. ~~This meant that monitoring the~~

flight path and the speed during the last phase of the final approach was postponed. As a result, the approach was unstable and should have been abandoned in favour of a go-around.

Rationale: The problems faced by the crew were avoidable, had they followed the Turkish Airlines guidance in regards to stabilized approaches. Monitoring the flight path and airspeed are primary duties that must be performed continually, not simply as a part of the landing checklist.

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Er is geen direct verband gevonden tussen het laat afwerken van de landing-checklist en de niet gestabiliseerde nadering. De nadering is nooit gestabiliseerd geweest. De conclusie van paragraaf 5.5 is herschreven.

54. Opmerking:

No indications were found on the cockpit voice recorder that the crew observed one of the indications below, that is, that something was not right, during the interception and when following the localizer and glide slope signal up to the stall warning being emitted:

- The approach was by definition unstable and should have been abandoned when the airplane descended below 1000 ft out of configuration, with the landing checklist not yet complete, and with speed not yet stabilized.
- Normally, additional thrust must be selected after the selection of position 40 for the flaps at an altitude of approximately 900 feet to ensure the aircraft is kept on the glide path. The thrust levers remained in the stationary position because the 'retard flare' mode was maintained to basically the end of the approach.
- The noise of the automatic trim system can be clearly heard during 16 of the 23 seconds before the stall warning, when the speed went below the selected target speed for the aircraft. This is longer than usual.
- The increase of the aircraft's nose position above a value that is not usual with regard to an approach (from more than 5 degrees increasing to 10 degrees) during 15 seconds before the stall warning when the speed went below the selected speed of the aircraft.
- The flashing of the speed box around the airspeed indicator on the primary flight display changed color from white to amber and began flashing during 10 seconds before the stall warning.

Rationale: The fact that several of the stabilized approach criteria were not satisfied should also have alerted the crew that something was not right.

Reactie Raad:

De eerste bullet is niet overgenomen omdat deze tekst een opsomming betreft van aanwijzingen dat er iets niet in orde was tijdens de snelheidsafname. De derde bullet is verwijderd. De wijzigingen op de laatste bullet zijn overgenomen.

55. Opmerking:

It can be concluded that the short turn-in manoeuvre and the approach from above with regard to the glide path resulted in an unstable approach. made it necessary for the crew to perform a number of additional actions during a short period of time. The aircraft was, therefore, stabilised late for the final approach and there was less time for the crew to read aloud the landing checklist. A go-around should have been performed.

Rationale: It was not necessary that the crew attempt to complete the landing from an unstable approach. It was necessary that the crew perform a go-around.

Reactie Raad:

Tekst aangepast.

56. Opmerking:

5.6 Stabilized approach versus cancelling the approach (page 47)

The captain decides whether a go-around must be performed at Turkish Airlines.

Rationale: The DSB may wish to discuss why only the captain can decide to perform a go-around.

Any crew member must be able to initiate a go-around.

Reactie Raad:

Verwerkt in 5.12, CRM. In het licht van de huidige CRM-principes is deze procedure opmerkelijk te noemen.

57. Opmerking:

5.7.1 Flight execution recovery due to a stall warning (page 48)

This force was approximately 20 pounds, which was too little to ~~disengage~~ override the autopilot and this, therefore, had no effect. An activated autopilot ~~will disengage~~ can be overridden when the pilot exerts a force of 25 pounds or more on the control column.

Rationale: The autopilot will be overridden at 25 pounds of force but will not disengage.

Reactie Raad:

Deze twee zinnen zijn verwijderd.

58. Opmerking:

The flight data recorder and the cockpit voice recorder show that the captain called out 'I have' to show he was taking over control when the thrust levers were moved forward halfway and the first ~~pilot officer~~ exerted a forward force on the control column, after which the forward movement of the thrust levers stopped. This took place two seconds after the start of the stall warning. ~~The flight data recorder shows that the thrust increase, when the thrust levers were moved halfway, was insufficient for the recovery procedure.~~

~~The fast response to the stall warning by selecting more thrust cannot be explained by anything else than that was most likely performed by the first officer did this.~~ He should have had his left hand on the thrust levers. The fact that he also pushed the control column forward immediately makes it plausible that the first officer was the one who selected thrust in the first instance. It is highly probable that the takeover by the captain that followed through the instruction 'I have' led to the first officer to interrupt selecting more thrust and moving the levers forward. The captain took over the full control of both the control column and the thrust levers with his 'I have' instruction and the first officer will probably have taken his hands off the thrust levers. Maximum thrust was not immediately selected after control was taken over. According to the flight data recorder, the autothrottle ~~put~~ moved the thrust levers in to the stationary idle position in approximately one second during the takeover of the control. The autothrottle was deactivated immediately following this, but ~~thrust was not selected levers were not moved from the idle position for another seven seconds.~~ It has not been determined for certain whether the captain had his hand on the thrust levers during this phase of the flight, when the nose attitude was lowered. The total time between the activation of the first stall warning and the movement of the thrust levers to the position for maximum thrust was nine seconds. The flight data recorder shows that the initial thrust increase, when the thrust levers were moved halfway, followed by seven seconds at idle, was insufficient for the recovery procedure.

Rationale: The effect of the initial thrust increase to approximately half-way depends on the subsequent motion of the thrust levers. Therefore, any assessment of the effects of the thrust level motion should take into account that subsequent motion and be discussed after the motion is described.

Reactie Raad:

Overgenomen.

59. Opmerking:

By doing this the critical angle of attack, where the aircraft starts to stall, was exceeded. The critical angle of attack is approximately 20 degrees. The aircraft entered a stall somewhere between 400 and 450 feet above ground. ~~At that moment the aircraft was flying at 450 feet.~~

After disengaging the autopilot, all attention was focused on flying the aircraft, which was in a stalled position at that moment. The captain moved the control column forward, in order to lower the nose of the aircraft and build up speed. At this moment the ~~engine was letting~~ thrust levers were

at idle, the stall warning stopped for a short moment the airplane pitch attitude began to decrease, and the rate of descent increased. As the angle of attack reduced below the stall warning trip point, the stall warning stopped for approximately 2 seconds. However, also at this time the captain pulled on the column, causing the pitch attitude and angle of attack to increase. Therefore the stall warning started again and continued for the duration of the flight. Boeing test flight data demonstrates that once the aircraft has stalled, the minimum typical loss of altitude required to restore recover from the stalled condition is approximately 500 to 800 feet. When the aircraft stalled, the remaining altitude of approximately 450 feet was not sufficient to restore the situation. It should be noted that a full stall is different than stick-shaker warning. The airplane can continue to fly normally at an angle of attack at which stick-shaker activates without stalling.

Rationale: During the September meeting at Boeing, a plot showing altitude vs. time for flight test stall data was presented which indicated a post-stall altitude loss of approximately 800 feet. However, minimizing altitude loss was not a criterion for these maneuvers when they were flown.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

60. Opmerking:

5.7.2 Quick Reference Handbook procedure (page 49)

The Quick Reference Handbook procedure 'approach to stall recovery' demonstrates that the autopilot is able to return the aircraft independently to the normal (selected) speed if sufficient thrust is selected. The flight simulator tests, which have been performed during the investigation, show that ~~this is not the case. The~~ in some cases, the pilot has to eventually intervene to prevent the aircraft from coming in a situation where the nose up position is extreme after applying maximum thrust, which would still cause the aircraft to stall.

Rationale: Corrected to more accurately describe those cases in which nose down trim is required and the timing required.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

61. Opmerking:

5.8 Line flight under supervision (page 50)

A LIFUS flight means that the captain is not only responsible for a safe flight but also has the task to instruct. The analysis of the conversations on the cockpit voice recorder shows that the pattern of the conversation was more that of an instructor and a student than that of a captain and a first officer. This makes the instruction objectives of the captain a relevant issue. The communication showed a high task orientation. For the purpose of instruction, the captain may decide to deviate from the standard (communications and coordination) procedures for cockpit crew members to ensure that the first officer experiences firsthand what does and does not take place. In other words, the dual responsibilities of the captain may conflict and safety risks (deviations from standard procedures) may intentionally be taken in order to meet the training responsibilities.

Rationale: Additional statement clarifies the inherent conflict between safety and training when deviating from standard procedures.

*Reactie Raad:
Overgenomen.*

62. Opmerking:

At this stage of the flight, reading the checklist was not the most obvious choice, even though this would have been important from the perspective of the training. ~~Another option for the captain would have been to quickly go through the landing checklist himself in order to have more time for monitoring the flight path and the actions of the first officer. It is plausible that the captain's training duties had distracted him from his primary duties as pilot monitoring. In fact, at this stage of the flight, the captain was obligated to initiate a go-around, which was required by Turkish Airlines procedures and could also have provided an lesson on the importance of stabilized approaches to the first officer.~~

Rationale: The current text ignores the captain's primary responsibility to perform the duties of the pilot monitoring as well as his obligation to initiate a go-around at this stage of the flight.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

63. Opmerking:

5.9.1 The automation surprise (page 51)

This sort of defective mental model is part of a wider problem, according to research by the Federal Aviation Administration, the British Civil Aviation Authorities and the former Australian Bureau of Air Safety Investigation, all of whom deal with the lack of pilot training in familiarity with systems, and particularly automated flight control, and point out the worsening quality of pilot training courses in recent decades.

Comment: Given this sentence, did the DSB investigate the Turkish Airlines training regarding monitoring of the automated systems?

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

64. Opmerking:

According to the documentation for Boeing 737 pilots, this means that the right-hand flight control computer has control over the flight path, an independent radio altimeter provides this computer with altitude data, ~~that computer also continues to calculate thrust commands,~~ and the autothrottle calculates thrust commands and adjusts the thrust levers. ~~with instructions from the computer.~~

Rationale: The flight control computer does not calculate thrust commands. It does request autothrottle mode changes, but the thrust calculations are done by the autothrottle.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

65. Opmerking:

The comment made about the landing gear configuration warning during the descent seems to indicate that the crew were aware of a problem with the (left-hand) radio altimeter. ~~There is no mention anywhere in the manuals that this warning can be activated because of a radio altimeter that is not working properly.~~

Rationale: Communication between Turkish Airlines and Boeing as early as 2003 indicates that Turkish Airlines understood the connection between the landing gear configuration warning and the radio altimeter. In fact, as recently as 11 February 2009, Boeing had advised operator of this connection.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

66. Opmerking:

The approach of flight TK1951, where a part of the automated system (the auto-throttle) initiated the landing on the basis of invalid information, while the other part was still actively flying (the right-hand autopilot was following the glide path), presented the crew with ~~an effectively impossible surprise that cannot be traced in the Boeing 737 books or training courses~~ an example of the type of situation referred to in the FCTM in which it states: When the automatic systems do not perform as expected, the pilot should reduce the level of automation until proper control of path and performance is achieved.

This is the background against which the actions or failures by the crew must be understood.

Rationale: The 737 is designed and certified to be flown by a crew trained to monitor the path and performance of the airplane. The guidance in the FCTM makes clear the expectations of the crew.

Reactie Raad:

Niet overgenomen. De Raad is van mening dat een dergelijke algemene opmerking in de FCTM niet voldoende is om de piloten op de hoogte te brengen van de problemen met het radiohoogtemetersysteem en de gevolgen die dit kan hebben op het automatische vluchtsysteem en dus op de vluchtuitvoering. De FCTM wordt niet (veel) meer gebruikt na een type-opleiding. Wat daarin staat mag dus ook niet gerekend worden tot parate kennis bij piloten.

67. Opmerking:

~~These all remained unchanged for 100 seconds, so that the crew would have had to notice an absence of change after 75 seconds, which is very difficult for humans to do.~~

Comment: This is a confusing and potentially misleading statement. There was a clear point where the airspeed decreased below the selected airspeed (indicated on the speed tape on the displays). In addition there were numerous indications that the airspeed was getting too slow such as the speed trend vector, rising amber band on the speed tape and flashing amber box around the airspeed. And finally, all pilots are trained to actively monitor airspeed in relation to their desired speed.

Reactie Raad:

Niet overgenomen. Uit het onderzoek is gebleken dat het opmerken van een gebrek aan verandering iets is wat voor mensen zeer moeilijk is, ondanks de diverse indicaties dat de snelheid terugliep.

68. Opmerking:

~~The crew correctly expected that the thrust levers could be adjusted manually and in fact did so. However, they may not have expected that the autothrottle would again retard the throttles if they removed their hands from the thrust levers. , which is indeed possible in the usual mode in that phase of flight, but which is immediately cancelled out by the 'retard flare' mode by pulling them back again.~~

Comment: The thrust levers can always be manually positioned, regardless of the engagement state or mode of the autothrottle.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

69. Opmerking:

5.9.3 Why not abandon the approach and initiate a go-around? (page 53)

In retrospect, the question arises as to why the crew did not abandon the approach when the landing checklist had not been completed before reaching 1000 feet, and the engine thrust was still at idle. It appears, from the international literature, that the actions of the crew of flight TK1951 were not unique. The Flight Safety Foundation ~~financed~~ researched approach and landing accidents at the end of the nineties ~~into approach and landing accidents~~. The research indicated that many landings were made after approaches that had not been fully stabilised, mainly with regard to the criteria of 'checklist complete' and 'engine thrust'. ~~Major deviations from the glide slope or localizer signal are stronger triggers for a go-around, but neither of these occurred initially, thanks to the right hand autopilot of flight TK1951.~~ The Flight Safety Foundation research indicated that crews were making their decision based not so much on formal stabilised approach criteria (and certainly not quantitative criteria), as on continuous assessments (that can be acted upon, repeatedly if it needs to be) of the possibility of continuing the approach.

Because of this, the Flight Safety Foundation developed the Approach and Landing Accident Reduction (ALAR) tool kit that includes stabilized approach criteria that provided crews a quantitative means to determine whether they should or should not continue the approach.

Comment: Revised to more accurately reflect the research completed by the Flight Safety Foundation.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

70. Opmerking:

Research by NASA has shown that this often involves strong and early signs confirming that everything is going well and that the situation is under control, with only later, weaker and ambiguous signs suggesting something else. This pattern appears to apply to the approach of flight TK1951. Thus, for instance, the short turn-in was not offered and the aircraft was not cleared to a lower altitude by the air traffic controller. Initially, the crew coped well with this by having the landing gear selected down and selecting the flaps at position 15. ~~Also, clearance had already been obtained to land and the runway was in sight.~~ All that remained was the landing checklist and the selection of the flaps to 40.

Comment: The clearance to land was obtained well above the reported cloud ceiling. Further, there is no evidence on the CVR that the crew ever had the runway in sight; certainly not before the landing checklist and flaps were set.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

71. Opmerking:

According to NASA research, the crew would have regarded their continued approach as achievable, ~~a situation that could not be undone by later, weaker and ambiguous signs.~~ It is because of this tendency that the stabilized approach criteria exist - to provide crews a quantitative means to determine whether they should or should not continue the approach, rather than relying on their judgment about whether it is possible to complete the approach.

Comment: Revised to reflect the rationale for stabilized approach criteria.

Reactie Raad:
Aangepast.

72. Opmerking:

5.10.2 Approach-to-stall training during recurrent training (page 54)

Comment: The relevant training is approach to stall recovery, which is different from stall recovery.

Reactie Raad:
Aangepast.

73. Opmerking:

5.10.3 Dependence on automated flight systems (page 54)

A British study in 2004 on pilots' reliance on the automated systems showed that the perception of faults in an automated system is much more difficult if that system is generally reliable, while perceiving faults in less reliable systems is much easier. The fault in the left hand radio altimeter and its consequences for the autothrottle are an example of this.

Comment: This section of the report contradicts an earlier section in which it is stated that problems with the radio altimeter were "frequent and widespread".

Reactie Raad:
Het ontdekken van storingen in een geautomatiseerd systeem is veel lastiger als dat systeem in het algemeen betrouwbaar is. In 5.2.5 wordt geconcludeerd dat problemen met radiohoogtemetersystemen vaker voor zijn gekomen en zich niet beperkten tot alleen Turkish Airlines. Dit is niet met elkaar in tegenstrijd.

74. Opmerking:

5.12.1 Certification criteria (page 56)

The manufacturer of the radio altimeter computer stated that ~~this should not generate any errors~~ no single faults within the LRRR would result in erroneous radio altitude indications. The analysis

~~conducted for certification was also based on zero errors did not take into account that faults in the antennas and cables could result in erroneous radio altitude readings. As a result, the analysis overestimated the reliability of the radio altimeter system. Even taking this into account, the rate of erroneous readings from the radio altimeter was still less than the rate required by the regulations. In practical terms, the computer did generate errors.~~ The operation of the auto flight system was influenced negatively due to the erroneous radio height value during the accident flight. The errors in the radio altimeter system, therefore, had a negative effect on the other systems. Erroneous radio height indications by the radio altimeter system are, moreover, misleading should the pilots not be clearly warned about these erroneous indications, at least, not with regard to the consequences of this erroneous indication for other systems. ~~Applying the certification regulations on the radio altimeter system means that the system does not comply with the certification criteria.~~ It has been assumed within this context that, during the accident flight, the system operated correctly in accordance with its own logics, it did not switch itself off and it characterised the erroneous data as usable.

Rationale: The current text mis-represents the documented certification analysis. Further, the demonstrated rate of erroneous radio altitude readings is still less than the rate required by the regulations.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

75. Opmerking:

In accordance with the explanation of the American certification criteria, it is taken into account when certifying the aircraft and aircraft components that systems can fail and, therefore, may influence other systems. Rigid application of the certification criteria that failing systems may not influence other systems would mean that no aircraft system would ever be approved. This is why the decision was taken to use a practical application when systems fail by setting the proviso that crew members must be provided with a failure warning or indication that has been designed or integrated into the system. Two conditions must be met with regard to this warning:

- The warning must be issued in time, catch the attention of the crew, must be evident and clear and it must not be open to multiple interpretations. The crew must, moreover, be able to take measures using the available aircraft systems when the warning takes place at a potentially critical moment.
- The actions to be taken after the warning follow from the procedures as described in the Aircraft Flight Manual approved by the Federal Aviation Administration, unless considered part of normal airmanship.

Rationale: The current text omits a portion of the requirement.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

76. Opmerking:

That the left radio altimeter system did not operate correctly became clear in time and it attracted attention through, for example, the audio warnings issued in relation to the landing gear. However, this warning was open to multiple interpretations and it was absolutely not evident that the auto-throttle was being influenced due to this failure. After all, should the left radio altimeter fail, a flag should have been displayed on the left primary flight display and the autothrottle should have started to use the right radio altimeter, which operated as it should. It was not determined that a flag was displayed from the analysis of the landing gear audio warnings. In other words, a warning or similar was not displayed with regard to the error of the left radio altimeter that occurred during this flight in combination with the autothrottle that did not operate correctly through that. However, the effect of the autothrottle malfunction was the decay in airspeed which occurred during the approach. The airplane provided a number of warnings to the crew regarding airspeed including the airspeed indicator, trend vector, amber band, flashing amber box around the airspeed, and finally the stick-shaker. All of these warnings were provided with sufficient time for the crew to react and recover from the results of the radio altimeter fault.

From the above it follows that the radio altimeter system does not comply with all certification criteria:

Rationale: The current text mis-applies the certification criteria and reaches an incorrect conclusion.

Reactie Raad:

Paragraaf 5.15.1, Certificeringseisen, is volledig herschreven.

77. Opmerking:

5.13 Survival Factors (page 58)

~~It can also be established, for a number of locations in the aircraft, on the basis of the damage found to the seats, that the loads in the locations in question were larger than the values that have to be met by aircraft seats.~~

Comment: Additional information is required to support this conclusion. Additional analysis of the data is required.

Reactie Raad:

De Raad is van mening dat de beschadigingen en vervormingen van een aantal stoelen zodanig groot waren, dat gesteld kan worden dat de belastingen op deze locaties groter zijn geweest dan de certificeringseisen waar vliegtuigstoelen aan moeten voldoen. De Raad zal de gegevens op verzoek beschikbaar stellen aan certificerende instanties op luchtvaartgebied, mits de gegevens niet herleidbaar zijn tot individuele personen.

78. Opmerking:

~~The number of aircraft accidents around the world that are suitable for an analysis of crashworthiness is relatively small.~~

Comment: Survival factors is examined in the majority of aircraft accidents that are investigated.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

79. Opmerking:

5.14 Measures taken after the accident - Measure taken by Boeing after the accident (page 58-59)
On 2 March 2009 the Safety Review Board of Boeing concluded that a safety issue was involved with regard to the Boeing 737 NG based on the Turkish Airlines accident. The Board proposed interim measures to inform users more completely about the identified radio altimeter problems and the response of the Autothrottle.

On 19 March 2009 Boeing published a Flight Operations Bulletin 737-09-2 in which the first findings of the investigation were published: the problem that the Autothrottle retard flare modewas activated at an altitude where it should not have been activated as a result of a nonrepresentative radio height. Crews were advised in this publication ~~to keep an eye on all indications regardless of whether it involved a flight with or without an activated autopilot~~ "Whether in automated or manual flight, flight crews must carefully monitor primary flight instruments (airspeed, attitude etc.) for aircraft performance and the FMA for autoflight modes".

On 31 July 2009 Boeing informed airlines about a future Service ~~Letter~~ Bulletin that provides retrofit instructions ~~introduced the for~~ software versions P4.0 and P5.0 of the Rockwell Collins Enhanced Digital Flight Control System (EDFCS) flight control computer and Autothrottle (combination), versions 4 and 5. The reason for this Service Bulletin ~~Letter~~ is that use is made of the comparison function between the measured altitude of the left and right radio altimeters in the software of the flight C control computer not incorporated in versions P1.1, P2 and P3 and the Autothrottle. Whether the ~~first generation~~ GE Aviation (Smiths) Autothrottle software can be further developed to such an extent to ensure that the comparison of left and right altimeter values can be made possible is also being investigated.

On 9 September 2009, Boeing released Boeing Maintenance Tip 737-MT-34-038 which notified 737NG operators that damaged radio altimeter antennas had been found and to not over tighten the radio altimeter antennas to the coax connectors.

In October 2009, the procedure in the Dispatch Deviation Guide which states that it is not allowed to use the Autothrottle during the approach and landing when the radio altimeter(s) did not function prior to the flight was added to the Master Minimum Equipment List (M MEL).

On 15 October 2009, Boeing released an update to the Fault Isolation Manual (FIM) that incorporated a reference to Boeing Maintenance Tip 737-MT-34-036 which provides additional radio altimeter troubleshooting advise.

On 11 December 2009, the FAA Aircraft Evaluation Group (AEG) released Appendix 7 "Flight Crew Monitoring During Automatic Flight" of the 737NG Flight Standards Board Report which emphasizes additional training scenarios including the effects of erroneous radio altitude.

Rationale: The current text does not correctly portray all of the additional actions taken.

*Reactie Raad:
Aangepast.*

80. Opmerking:
Boeing/FAA

~~The issues with radio altimeters within the Boeing 737-800 fleet were already present at many airlines for many years, including at Turkish Airlines, and Boeing and the FAA were aware of them. The radio altimeter issues were viewed as a technical problem within many airlines including Turkish Airlines and not as a threat to air safety. This is the reason why pilots were not informed. Even though Boeing and the FAA have known for many years of the problems with the radio altimeter and that it influences other systems, it was not considered to be a safety problem. The continuous reports on radio altimeter problems that could not be solved by Boeing justified a new analysis of the radio altimeter system and related systems. Boeing and the FAA could and should, in all fairness, have identified that the radio altimeter problem, and the possible activation of the 'retard flare' mode of the autothrottle, could influence air safety. The fact that there are nine different software configurations for the autothrottle that respond differently to a non-valid radio altimeter signal is an undesired situation. The information about the use of the autopilot and the necessity to trim during the recovery procedure for a stall situation falls short in the Quick Reference Handbook. The radio altimeter system does not meet all certification requirements of the FAA.~~

Comment: See Summary of U.S. team's comments.

*Reactie Raad:
Conclusies zijn aangepast.*

81. Opmerking:

Air Traffic Control the Netherlands (LVNL)

~~The short turn-in manoeuvre and the approach from above with regard to the glide path contributed to the unstabilized approach. made it necessary for the crew to perform a number of additional actions during a shorter period of time. The aircraft was, therefore, stabilised late for the final approach and there was less time for the crew to read aloud the landing checklist.~~

Comment: Stabilized approach issues are the responsibility of the flight crew.

*Reactie Raad:
Conclusies zijn aangepast.*

82. Opmerking:

Cockpit crew

~~The cockpit crew did not have any information available regarding the relation between the left-~~

~~radio altimeter and the operation of the autothrottle. The crew could not understand the actual significance of the warning signals and, therefore, could not determine the risk with the knowledge they had at that moment in time.~~

In accordance with the procedures of Turkish Airlines, the approach had to be cancelled at 1000 feet to perform a go-around since the aircraft was not yet stabilized at 1000 feet.
The system of having a safety pilot on board the aircraft did not work sufficiently.

Comment: Conclusions from the body of the DSB draft report.

Reactie Raad:

Conclusies zijn aangepast.

83. Opmerking:

Approach Briefing (page 63)

Information that is provided by the pilot flying to the other cockpit crew members prior to the approach to the destination. The briefing comprises issues such as the status of the aircraft, relevant NOTAMs, the weather conditions to be expected, the standard route, the end approach, the approach speed, the decision altitude, the runway being used, ~~and~~ the quantity of fuel on board and management of the AFDS.

Rationale: The current text does not correctly portray all of the FCTM guidance for approach briefings.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

84. Opmerking:

Autopilot (page 63)

A system which automatically maintains the heading, ~~and~~ altitude, ~~and~~ or the flight path, selected by the crew, automatically.

Rationale: Re-word for clarification.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

85. Opmerking:

Autothrottle (page 63)

The autothrottle ~~automatically controls the air speed of the aircraft by regulating~~ regulates the engine thrust by moving the thrust levers. In some modes a fixed thrust level is set, in other modes, the autothrottle modulates the thrust levers as required to control airspeed. The autothrottle is equipped with clutches so that the pilot is always able to override the autothrottle commands and move the thrust levers manually. It receives the radio height via a databus, primarily using the left radio altimeter. In case the left radio height is defined as invalid, the autothrottle will use data from the right radio altimeter. In such a case, a flag will be shown on the left primary flight display.

Rationale: Re-word for clarification.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

86. Opmerking:

Flight level (page 64)

The term flight level (FL) indicates the altitude with regard to the ground level with a standard pressure of 1013.2 hPa. Flight levels are expressed in hundreds of feet calculating from this datum with an altitude of zero. ~~FL010, therefore, means 1000 feet above the datum, which does not automatically mean that this is 1000 feet above ground with regard to the air pressure that dominates at that moment in time.~~

Rationale: The DSB may wish to choose another example as flight level is not often used to describe altitude below the transition level.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

87. Opmerking:

Landing gear warning system (page 64)

This system generates an audible warning to warn the crew when a landing attempt is being made while one or more ~~wheels of the~~ landing gear are not down and locked.

Rationale: The system senses the position of the landing gear, not the wheels.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

88. Opmerking:

Mode control panel (page 65)

A control panel with which the crew can make selections regarding heading, ~~and~~ altitude and flight path for both flight control computers and speed selections regarding the autothrottle computer.

These selections are referred to as mode selections and are presented on the primary flight display of each pilot through flight mode annunciations.

Rationale: The MCP and AFDS can control more than heading and altitude.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

89. Opmerking:

Radio altimeter (page 65)

The radio altimeter system on board of the Boeing 737-800 comprises two autonomous systems, a left- and a right-hand side system. A radio altimeter is used to determine the height above the ground by using radio signals. This in contrast to the pressure altimeter that determines altitude by measuring air pressure. The principle of radio height measurement is based on measuring the time that it takes for a signal to be transmitted towards the ground and to be reflected back to the aircraft. This time difference is proportional to the height of the aircraft above the ground. The used technology is especially suitable for use at relatively low heights above the terrain. As the aircraft comes closer to the ground, the measurement will become more accurate ~~and the number of measurements per second will increase.~~

Rationale: The description contained in the last sentence is specific to Thales LRRRA transceivers. This particular detail does not appear relevant to the remainder of the report, especially as the number of height measurements reported to the airplane systems by the LRRRA does not increase. If the DSB decides to retain this sentence, explanatory text should be added to indicate it is specific to Thales LRRRA transceivers and not to the reporting of radio altitude to the airplane systems.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

90. Opmerking:

Speedbrakes (page 66)

During the approach, speed brakes are armed for an automatic operation during the landing by putting the speed brake lever in the 'arm' position. The 'arm' position is confirmed by means of a green 'speed brake armed' light and a tactile detent in the lever mechanism. A ~~deviating situation condition that may prevent the automatic speed brake system from operating as expected~~ is indicated by the ~~red~~ amber 'speed brake do not arm' ~~warning~~ light..

Rationale: The current text does not correctly portray the color of and reason for the 'speedbrake do not arm' lights.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

91. Opmerking:

Investigation Explanation (page 67)

In accordance with international agreements and guidelines, contact was made with the involved states; Turkey (the state of registration of the aircraft as well as state of the operator), the United States of America (the state of the aircraft manufacturer and state of design, and state of engine manufacture and design) and France (the state of the engine manufacturer). In accordance with ICAO Annex 13, each of these countries appointed an Accredited Representative to participate in the investigation. The U.S. Accredited Representative appointed the U.S. FAA, Boeing, Honeywell, and CFM International as technical advisors. Next, the involved parties and organizations from these states contacted the Dutch Safety Board. They included the DGCA of Turkey, the National Transportation Safety Board (NTSB), the FAA, Turkish Airlines, Boeing and CFM (the manufacturer of the engines). The British Air Accident Investigation Branch (AAIB) and the French Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA) offered their services. Representatives of the Dutch Transport, Public Works and Water Management Inspectorate and the Dutch cabin crew, air traffic controller and pilot association, furthermore, joined the investigation team at the request of the Dutch Safety Board.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

92. Opmerking:

Damage to the aircraft (page 75)

The damage description starts from the point of the first ground contact and subsequently continues into the direction of flight where the parts and wreckage came to a stop and were found in the debris field. It should be noted that the condition of the wreckage was documented after the rescue efforts had been completed.

Rationale: Portions of the airplane and particularly the interior were affected by the rescue efforts.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

93. Opmerking:

Damage to the aircraft - Tail section (page 75)

This part of the fuselage with the vertical stabiliser still attached was broken off all around in front of the rear cabin doors and was heavily damaged. This section comprised the rear pantry and the two rear doors and ~~referring to the direction of the fuselage~~ it was found turned 114 degrees ~~to the left~~ towards the right wing. The doors of the left and right exits were partially open while the closing mechanism of both doors was still locked. Both the normally rearwards directed right and left cabin crew seats were found outside the aircraft wreckage.

Rationale: Clarify location of the tail.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

94. Opmerking:

Damage to the aircraft - Main section including the wings (page 76)

The engine ~~mounts~~ strut attach fittings under the wings were found intact. All engine strut-to-wing fuse pins connecting the engines struts to the wing had sheared off.

Rationale: Clarify nomenclature.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

95. Opmerking:

Few Almost all passenger service units (PSU's) and video monitors had become loose from under the overhead bins and were found on passenger seats and on the floor.

Rationale: Factual correction from on-scene data.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

96. Opmerking:

The floor, seats and seat mounts had been severely damaged or destroyed ~~distorted~~.

Rationale: Factual correction from on-scene data.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

97. Opmerking:

Miscellaneous investigations (page 81)

Investigation of ~~landing gear warning system~~ proximity switch electronics unit. The proximity switch electronics unit contains the logic for the landing gear warning system. The memory of the proximity switch electronics unit ~~landing gear warning system~~, which stores error reports, was read out at the manufacturer. Various reports were recorded during the accident flight, which related to the aircraft's configuration.

Rationale: Clarify nomenclature.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

98. Opmerking:

Investigation of display electronics units

The memory of the display electronics units, which stores error reports, was read out at the manufacturer. No faults were found that could be connected with the accident.

Rationale: Add description of DEU examination

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

99. Opmerking:

Similar incidents (page 84)

TC-JGE was involved in two similar incidents, which came to the attention due to the flight data recorder. Neither event had been entered in the aircraft technical log. After the accident, both flight crews were interviewed by DSB investigators and were able to provide detailed explanations of the occurrences. Both crews explained that they decided to watch for a repetition of the fault on the return leg to Istanbul and planned to enter the fault into the log if it recurred.

Rationale: Added factual information about the aircraft technical log related to incidents A and B.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

100. Opmerking:

Incident 1

A Boeing 737-800 made an ILS approach for runway 16R with two autopilots engaged at Sydney airport in Australia on 7 April 2009. The left radio altimeter specified a value of ~~60~~ 7 feet and the ground proximity warning system generated a 10-foot ~~warning when it passed~~ callout as the airplane descended through 150 feet ~~altitude~~ AGL. Since two autopilots had been engaged and there was a difference in radio altitude input between the two radio altimeters, both autopilots switched

themselves off. The autothrottle was put in the “retard flare” mode and the throttles moved backwards as a result of the radio altitude values. The crew, next, disengaged the autothrottle and again brought the throttles forward manually. Subsequently, the aircraft landed safely.

Rationale: Corrected details of incident 1

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

101. Opmerking:

Assessment framework - JAR-OPS 1 - Commercial Air Transport (Aeroplanes) (page 87)

Comment: JAR-OPS 1 has been replaced with EU-OPS 1 effective July 16th, 2008. The transfer keeps the numbering (almost) identical. Reference to JAR-OPS 1 should in some cases (past 16 July 2008) refer to EU-OPS 1 instead.

Reactie Raad:

Verwerkt in hoofdstuk 3.

102. Opmerking:

Assessment framework - JAR-FCL 1 - Flight Crew Licensing (Aeroplane) (page 87)

Comment: JAR-OPS 1 has been replaced with EU-OPS 1 effective July 16th, 2008. The transfer keeps the numbering (almost) identical. Reference to JAR-OPS 1 should in some cases (past 16 July 2008) refer to EU-OPS 1 instead.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

103. Opmerking:

Automatic flight system investigation (page 93)

When the “retard flare” mode is engaged, there are ~~four~~ three options to disengage this mode before touchdown:

- The pilot switches off the autothrottle.
- The pilot performs a go-around and presses the switch intended for this purpose.
- ~~The engines fall below the minimum revolutions per minute and a protection will ensure the engines do not cut out.~~
- The left radio altimeter signal specifies a higher altitude than 27 feet, or the left radio altimeter either declares itself failed or stops transmitting altogether (in which case the correct radio altitude will be read from the right radio altimeter).

None of the above took place prior to stick-shaker activation.

Rationale: Revised to correct system logic. We are unsure what is referred to by the third bullet, but does not appear relevant to the investigation. FDR data shows that the autothrottle was in fact disconnected and also shows that the left radio altimeter began working correctly again at approximately 380 ft. Therefore both the first and last bullet did occur during the accident flight, although not prior to stick-shaker activation.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

104. Opmerking:

The autothrottles of the Boeing 737 are manufactured by two different manufacturers who both have their own software versions. It has emerged that there are ~~nine~~ eight different software configurations for the autothrottle certified for use on various versions of the 737-600, 737-700, 737-700C, 737-800, 737-900, and BBJ models. Only one version was applicable to the accident airplane TC-JGE. The autothrottle is fitted with only one software configuration at a time.

Rationale: Four versions of the Smiths autothrottle software are available, but only one version (-54) can be used on airplanes with winglets, such as TC-JGE. In addition there are 4 versions of the Collins autothrottle software available.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

105. Opmerking:

Two variables play a role when determining the responses of the different configurations:

- The active autopilot. There are ~~three~~ four possibilities within this context: Either the left autopilot or right autopilot is engaged or both are engaged with either the left or right being the first autopilot engaged. This can be selected in the cockpit on the mode control panel with a button in the cockpit that specifies CMD A, CMD B or CMD A and CMD B (DUAL).
- The radio altimeter system (left or right) that does not transmit a representative radio altitude with a value of 27 feet or less.

Rationale: Testing demonstrated that the response of dual channel situations could depend on which autopilot was engaged first.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

106. Opmerking:

Investigation of the response of the automatic flight system to incorrect but valid radio altitude data (page 94)

Comment: The descriptions of the testing are written quite generally and do not uniquely define the set of conditions resulting in a specific result. As such, this section could be misleading. The DSB may wish to either delete the details or revise the text to more closely reflect the test report.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

107. Opmerking:

Illustration 12 (page 95)

Comment: The lower illustration on page 95 shows that for a left radio altimeter fault with right autopilot engaged that a flare maneuver can result. This is not the case.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

108. Opmerking:

The following actions were performed successively:

- Extra selections of the mode control panel and monitoring the interception of the glide slope signal. This will be explained further along in this document. In-between, checkout to approach control.
- Switching to and report to the tower controller from whom clearance to land on runway 18R was obtained.
- List and select the altitude of 2000 feet in the mode control panel for the possible go-around.
- Call off 1000 feet (stabilised approach).
- Select flaps 40 and monitor immediately followed by selecting a speed of 144 knots on the mode control panel.
- Arm the speed brakes.
- Read out and check the landing checklist. The 500 feet point (stabilised approach) was called out in-between this and the additional first officer received the message from the purser that the cabin was ready for landing and he instructed the cabin crew to take their seats.

Comment: The current text implies that the 1000 ft and 500 ft callouts related to a stabilized approach were completed successfully. In fact, the approach was never stable. Further, the action "Arm the speed brakes" was not fully completed, because the "speedbrake do not arm" light

illuminated yet the crew did not comment on this light or perform the associated non-normal procedure.

Reactie Raad:

Verwijderd.

109. Opmerking:

Approach mode selected:

Comment: At this point, prior to interception of the localizer or glideslope, the autopilot FMA annunciation is a green "CMD", not "SINGLE CH". "SINGLE CH" does not annunciate prior to localizer or glideslope capture."

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

110. Opmerking:

Comment: At or very near to the point of glideslope intersection, for a dual channel approach which is what the crew intended, the FMA would have changed again to show a green "CMD" instead of amber "SINGLE CH" and white "FLARE ARM" below the "G/S" indication."

Reactie Raad:

De afbeelding geeft de nadering van de ongevalsvlucht weer, met een 'single channel approach'.

111. Opmerking:

The following is immediately accomplished at the first indication of ~~stall, buffet~~ stall buffet or stick shaker.

Rationale: The DSB may wish to check if the comma exists in the Turkish Airlines QRH. There is no comma in the Boeing published QRH and the inclusion here changes the meaning of the statement.

Reactie Raad:

Tekst is aangepast.

112. Opmerking:

~~Note: *If an approach to stall is encountered with the autopilot engaged, apply maximum thrust and allow the airplane to return to the normal airspeed.~~

~~Note: **If autopilot response is not acceptable, it should be disengaged.~~

Note: *If an approach to stall is encountered with the autopilot engaged, apply maximum thrust and allow the airplane to return to the normal airspeed.

Note: **At high altitude, it may be necessary to descend to accelerate.

Note: If autopilot response is not acceptable, it should be disengaged.

Rationale: The DSB may wish to check if the Notes published in the Turkish Airlines QRH are accurately reflected in Appendix Q as they differ from the text in the Boeing published QRH.

Reactie Raad:

Overgenomen.

113. Opmerking:

Certification

The following steps can be identified in the certification process once the organisation has applied for type certificate: determining the requirements for the certification basis and demonstrating ~~con-~~ formity compliance with the requirements.

Rationale: In certification terminology conformity relates to the physical article being configured in accordance with the type design. With regards to type certification the applicant for a type design demonstrates compliance to the applicable airworthiness requirements. See additional instances below where the term "compliance" should be used instead of conformity.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

114. Opmerking:

Demonstrating conformity compliance (page 101)

For systems such as the radio altimeter system or the autothrottle, the first two methods is are generally used. It is demonstrated through a ~~Failure-Mode-Effect-Analysis (FMEA)~~ Fault Tree Analysis (FTA) that the probability of a system failing is smaller than the requirement set for this. The probability of failure with catastrophic consequences must be demonstrably 'extremely ~~unlikely~~ improbable' (on the order of $1 \cdot 10^{-9}$ per flying hour). The probability of the system failing is determined with an ~~FMEA~~ FTA based on the failure probability of each of the components of the system.

...

Once conformity compliance with the certification basis has been established, the authority will issue a type certificate.

Rationale: A FMEA is an analysis technique that assumes the failure of each component of a system separately and evaluates the consequences of those failures. A fault tree analysis is a probabilistic analysis technique used to show compliance to FAR/CS 25.1309 as is discussed in this paragraph.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

115. Opmerking:

Designer responsibility (page 102)

Once the type design certification has been issued, the designer continues to be responsible for ~~the airworthiness of~~ reporting in-service problems with the design. This responsibility is given shape through, for example, the continuous gathering of experiences of users and the investigation of reported issues and incidents by the design organisation to the authority in the country of design. The regulations that apply to design organisations demand such a system. The authority in the country where the design organisation is established supervises compliance with this obligation.

Rationale: The revised wording correctly defines the regulatory responsibility of the design organization.

Reactie Raad:
Tekst is aangepast.

BIJLAGE C: TYPEKWALIFICATIE- EN HERHALINGSTRAINING

De typekwalificatie- en herhalingstraining op de Boeing 737 geschiedt volgens een door de Turkse DGCA goedgekeurde syllabus, zoals vastgelegd in de Turkish Airlines Operation Manual Part D.

Wetgeving

De toepasselijke regelgeving waarop het goedgekeurde OM part D van Turkish Airlines is gebaseerd zijn de volgende JAR-reglementen:

JAR-OPS 1.965 Recurrent training and checking:

(a) *General. An operator shall ensure that:*

- (1) *Each flight crew member undergoes recurrent training and checking and that all such training and checking is relevant to the type or variant of aeroplane on which the flight crew member operates;*
- (2) *A recurrent training and checking programme is established in the Operations Manual and approved by the Authority;*

JAR-FCL 1.245 Type and class ratings - Validity, revalidation and renewal

(See Appendices 1 to 3 to JAR-FCL 1.240)

(b) *Type ratings and multi-engine class ratings, aeroplane - Revalidation. For revalidation of type ratings and multi-engine class ratings, aeroplane, the applicant shall complete:*

- (1) *a proficiency check in accordance with Appendix 1 to JAR-FCL 1.240 in the relevant type or class of aeroplane within the three months immediately preceding the expiry date of the rating;*

Hieruit volgt dat JAR-OPS 1 voorschrijft dat er een goedgekeurd 'training en checking' programma dient te zijn, terwijl JAR-FCL de inhoud van het checking programma beschrijft. Over de inhoud van de 'recurrent' training wordt niets gezegd.

Met betrekking tot de training van de overtrek en het herstel daarvan valt op te merken dat dit wel verplicht getraind dient te worden bij het verkrijgen van een typebevoegdheid, maar dat het checken daarvan niet verplicht is bij het verlengen van deze typebevoegdheid.⁹²

Typekwalificatietraining

De typekwalificatietraining (ook conversietraining genaamd) bestaat uit 18 'full flight' simulatorbeurten van vier uur. Hierin wordt ook het typebevoegdheid ('type rating') examen gedaan. Afhankelijk van de ervaring van de piloot moeten daarna nog een aantal landingen op het vliegtuig gemaakt worden alvorens de piloot-in-opleiding mag beginnen aan lijnvluchten onder supervisie (LIFUS).

Training met betrekking tot het overtrekken van het vliegtuig wordt gegeven in de simulatorbeurten één, vijf en zes. In de eerste simulatorbeurt wordt een volledige overtrek geoefend en in de twee andere beurten wordt een komen tot en herstel van de overtrek beoefend. Zowel in de training voor de gezagvoerder als voor de instructeur wordt verder niet meer teruggekomen op de training van het herstel van een overtrek.

Herhalingstraining en checking

De herhalingstraining bestaat uit een driejaarlijks programma waarin alle grote storingen met het vliegtuig eens in de drie jaar aan bod komen. Per jaar wordt er één simulatorbeurt gegeven voor training met aansluitend de dag daarop een brevetverleningscontrole ('flight crew license' - FCL check). Na een half jaar dient er nog een operators-controle ('OPS check') te worden uitgevoerd. Alle trainingen en checks worden op de simulator gegeven.

In de paragrafen over training en checking staat niets vermeld over het trainen van het herstel van de overtrek. In het programma 2008 - 2010 kwam dit trainingsonderdeel dan ook niet voor. Programma's van eerdere data waren niet beschikbaar voor het onderzoek.

92 Appendix 2 to JAR-FCL 1.240 & 1.295. Contents of the ATPL/type rating/training/skill test and proficiency check on multi-pilot. Aeroplanes (See JAR-FCL 1.240 through 1.262 and 1.295)

Training piloten vlucht TK1951

De gezagvoerder had in 1996 zijn typekwalificatietraining op de Boeing 737-400 gedaan en een conversietraining op de Boeing 737-800 in 1999. Zijn opleiding tot gezagvoerder deed hij in januari 2005 en zijn opleiding tot instructeur in augustus 2006. De eerste officier behaalde in december 2008 zijn typebevoegdheid Boeing 737. De veiligheidspiloot had in september 2006 zijn typebevoegdheid op de Boeing 737 gehaald.

Training piloten inzake 'automation'

In de uitleg van de JAR-OPS 1 verplichting over het gebruik van automatisering als één van de tien onderdelen van crew resource management in de conversietraining⁹³ is het volgende opgenomen:

1. 'De conversietraining dient training te bevatten in het gebruik en kennis van automatisering en in het herkennen van systemen en menselijke beperkingen met betrekking tot het gebruik van automatisering. Een luchtvaartmaatschappij dient er daarom voor te zorgen dat een lid van de cockpitbemanning training krijgt op het gebied van:
 - a. De toepassing van het operationeel beleid met betrekking tot het gebruik van automatisering zoals vermeld in de Operations Manual; en
 - b. Systeembependingen en menselijke beperkingen met betrekking tot het gebruik van automatisering.
2. De doelstelling van deze training dient te zijn het aanbieden van passende kennis, vaardigheden en gedragspatronen voor het beheren en bedienen van geautomatiseerde systemen. Speciale aandacht dient te worden besteed aan de manier waarop automatisering de behoefte van bemanningen vergroot om een gemeenschappelijk inzicht te hebben in de manier waarop het systeem functioneert, en mogelijke onderdelen van automatisering die dit inzicht bemoeilijken.'

BIJLAGE D: ATIS-BERICHTEN

Hieronder staan de aankomst ATIS-berichten Echo, Foxtrot en Golf vermeld, zoals die op 25 februari 2009 zijn uitgezonden. Informatie Echo is door de bemanning tijdens de voorbereiding op de nadering naar de luchthaven Schiphol gebruikt.

Tekstopname ATIS	Betekenis
This is Schiphol arrival information Echo	Dit is Schiphol aankomstinformatie, bulletin Echo
Main landing runway 18 right	Hoofdlandingsbaan 18 rechts
Transition level 40	Overgangsvluchtniveau 40
200 degrees, 7 knots	Windrichting 200 graden, windsnelheid 7 knopen
Visibility 3500 metres, mist	Zicht 3500 meter, nevel
Few 600 feet, broken 1100 feet, overcast 1300 feet	Enige bewolking op 600 voet, zwaar bewolkt op 1100 voet, volledig bewolkt op 1300 voet
Temperature 4, dewpoint 2	Temperatuur 4 °C, dauwpunt 2 °C
QNH 1027 HectoPascal	Luchtdruk 1027 HectoPascal
Becoming broken 600 feet, temporary visibility 2500 meters	De bedekkingsgraad verandert naar zwaar bewolkt op 600 voet, tijdelijk zicht 2500 meter
Contact approach and arrival call sign only	Neem contact op met de naderingsverkeersleiding en noem dan alleen uw roepnaam (Turkish 1951)

Tabel 3: ATIS-bericht Echo vanaf 09.39:26 uur

Foxtrot vanaf 09.51:40 uur

This is Schiphol Arrival information Foxtrot, main landing runway 18R, transition level 40, 200 degrees 8 knots, visibility 4000 meters, mist, few 600 feet, broken 800 feet, overcast 1100 feet, temperature 4, dew point 3, QNH 1027 hPa, temporary visibility 2500 meters, contact approach and arrival call sign only.

Golf vanaf 10.21:39 uur

This is Schiphol Arrival information Golf, main landing runway 18R, transition level 40, operational report VOR and DME SPL not available, 210 degrees 8 kts, visibility 4500 meters, mist scattered 700 feet, broken 800 feet, overcast 1000 feet, temperature 4, dew point 3, QNH 1027 hPa, temporary visibility 2500 meters, contact approach and arrival call sign only.

BIJLAGE E: VERKENNENDE STUDIE OVERLEVINGSASPECTEN

Inleiding

De Onderzoeksraad heeft een verkennende studie uitgevoerd naar de overlevingsaspecten van TC-JGE. Door een juiste constructie van het vliegtuig en met name van de stoelen en de veiligheidsgordels kan het risico op letsel van de inzittenden in het geval van een ongeval worden beperkt. Door de analyse van vliegtuigongevallen kan inzicht in de overlevingsaspecten van vliegtuigen worden verkregen, op basis waarvan maatregelen kunnen worden genomen om deze te verbeteren. Dit kan bijvoorbeeld resulteren in aanpassingen of nieuwe eisen ten aanzien van de overlevingsaspecten van een vliegtuig. Van belang zijn in dit geval vooral de wettelijke eisen⁹⁴ die gesteld worden aan vliegtuigstoelen en veiligheidsgordels.

Het doel van de verkennende studie was om na te gaan of het zinvol is om voor dit ongeval een uitgebreide studie naar de overlevingsaspecten uit te voeren. Hiervoor is gebruik gemaakt van onder meer de medische gegevens van de passagiers, die geïnventariseerd zijn door het Academisch Medisch Centrum in Amsterdam, en uitgebreide metingen van de schade in de cabine en de cockpit.

Er vinden weinig vliegtuigongevallen plaats die zich lenen voor een gedetailleerde analyse van de overlevingsaspecten. Redenen hiervoor zijn het ontstaan van brand of ernstige beschadigingen waardoor een dergelijke analyse niet zinvol of mogelijk is. Het ongeval met TC-JGE leent zich echter goed voor een gedetailleerde analyse.

Letsel inzittenden

In het toestel zaten 128 passagiers en zeven bemanningleden. Er zijn negen inzittenden, waaronder de drie piloten, overleden als gevolg van het ongeval. De meeste doden en ernstig gewonden vielen in de voorste sectie. In deze sectie zijn ook de grootste beschadigingen van het interieur opgetreden. Van de 126 overige inzittenden (waaronder een baby) hadden de meesten één of meer letsels. Zes passagiers hadden geen letsels. De meeste licht gewonden zaten in de hoofdsectie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat onder de categorie licht gewonden zich ook gewonden bevonden die korte tijd bewusteloos zijn geweest. In het geval van uitbreken van brand kan dit letsel levensgevaarlijke gevolgen hebben, omdat deze inzittenden niet zelf tijdig het vliegtuig kunnen verlaten. Van één passagier is het letsels niet exact bekend. Wel is bekend dat deze persoon na behandeling op een afdeling spoedeisende hulp is ontslagen.

De letsels zijn gecodeerd aan de hand van de internationaal gebruikelijke AIS-schaal (abbreviated injury score). Deze schaal kent een indeling die oploopt in de ernst van het letsel van 0 naar 6. De codering AIS 0 wordt toegekend als er geen letsel is opgetreden, AIS 1 bij een licht letsel oplopend tot AIS 6 voor dodelijk letsel.

Tabel 4 geeft een overzicht van de AIS-schaal met voorbeelden van typische letsels die frequent zijn opgetreden bij het ongeval. Van de passagiers die de dood vonden bij het ongeval is niet bekend waar ze aan overleden zijn, omdat er geen autopsie op hen is verricht.

AIS	Beschrijving letsels
1	Verstuiking, een gebroken rib
2	Korte bewusteloosheid, borstbeenfractuur, twee tot drie ribfracturen
3	Wervelfractuur (zonder beschadiging van het ruggenmerg), complexe beenbreuk
4	Longcontusie
5	Zwaar hersenletsel

Tabel 4: voorbeelden van letsels met AIS-codering

94 FAR Part 25 Airworthiness standards: Transport category airplanes. Emergency Landing Conditions, Parts 25.561 (General) en 25.562 (Emergency landing dynamic conditions).

Veel van de gewonden hadden meerdere letsels. Het is ook internationaal gebruikelijk om in dit geval bij een slachtoffer in plaats van de AIS-schaal de zogenaamde ISS-schaal (injury severity score) toe te passen. Deze schaal neemt voor de drie lichaamsgebieden waar de meest ernstige AIS-letsels zijn opgetreden, de som van het kwadraat van de maximale AIS-waarden in elk gebied.⁹⁵ In de onderstaande tabel zijn de ISS-coderingen aangegeven met de bijbehorende letselnst.

ISS codering	Letselernst
0-8	Geen/licht
9-15	Matig
16 en hoger	Ernstig

Tabel 5: ISS codering met bijbehorende letselnst

Figuur 11 geeft informatie over de ernst van de letsels van de inzittenden als functie van de vliegtuigstoel waar zij gezeten hebben. De stoelen waarop de inzittenden zaten ten tijde van het ongeval zijn bepaald aan de hand van de passagierslijst, interviews die hebben plaatsgevonden met inzittenden en de vragenlijsten die door hen zijn ingevuld. Hierbij dient opgemerkt te worden dat niet alle inzittenden zijn geïnterviewd of de vragenlijst retour hebben gestuurd. Het is daarom mogelijk dat enkele posities in de illustratie niet overeenkomen met de feitelijke situatie.

Geen of licht letsel (ISS 0- 8) is aangeduid met de kleur groen, matig letsel (ISS 9-15) met de kleur oranje en ernstig letsel (ISS 16 en meer) met de kleur blauw. De zitlocatie van de dodelijke slachtoffers is aangeduid met de kleur rood. Stoelen die wit zijn aangegeven waren niet bezet. Er was een baby aan boord die bij één van de ouders op de schoot zat (stoelnummer 21 E/F). De passagier waarvan niet bekend is wat de ISS score is, is met geel aangegeven. Bij 12 slachtoffers die het ongeval overleefd hebben, was sprake van ernstig letsel en bij 22 slachtoffers van matig letsel.

Schade aan het vliegtuig

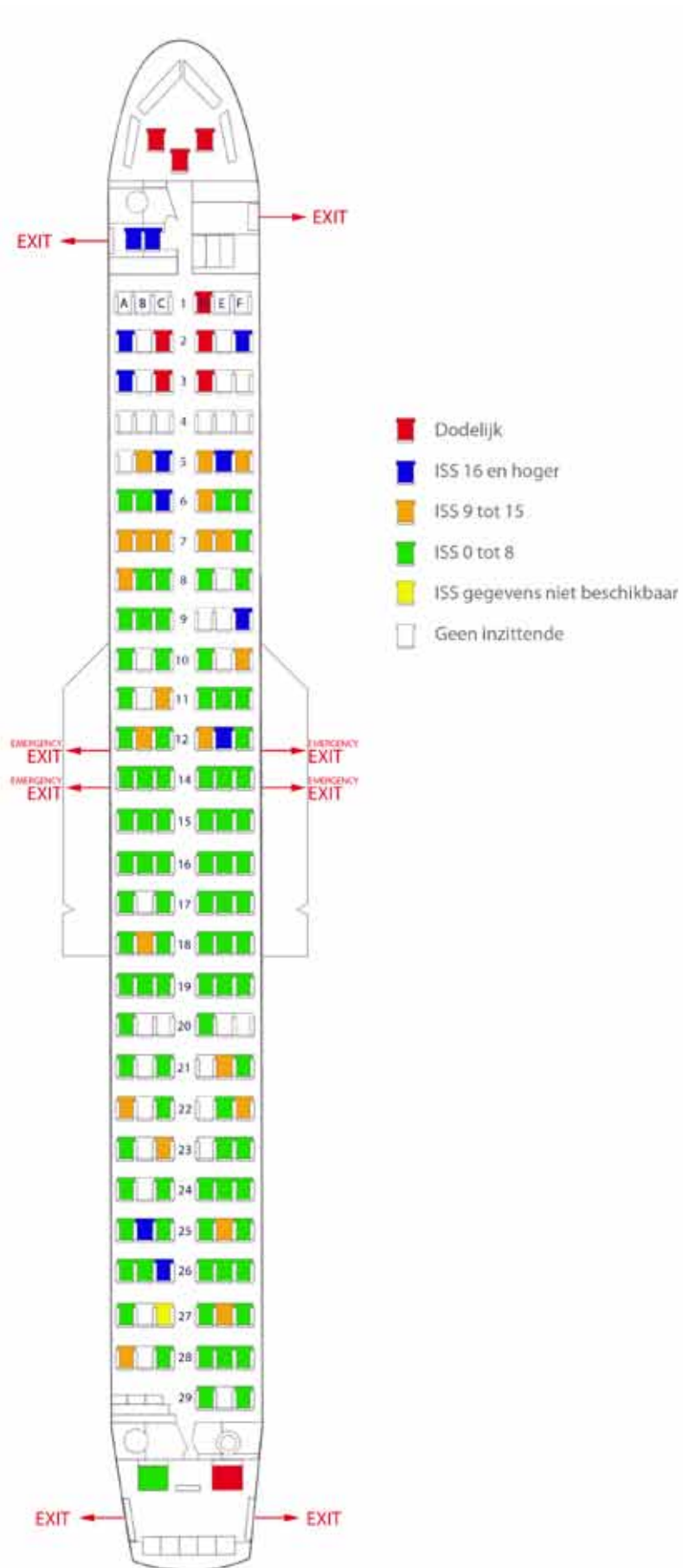
Na het ongeval werden gedetailleerde metingen verricht aan de opgetreden schade aan het interieur van het vliegtuig. Het doel hiervan was om deze zo goed mogelijk te documenteren in verband met een mogelijke latere vervolgstudie naar overlevingsaspecten.

Metingen werden onder meer verricht aan de passagiers- en bemanningsstoelen (doorbuigingen van frames, beschadigingen et cetera), de stoelbevestigingen, de veiligheidsgordels (kleine beschadigingen van de gordels die er op duiden of de gordel gedragen is), de bagageruimtes boven de stoelen, de afstanden tussen de stoelen, vloer- en cabinevervormingen en nooduitgangen. De beschadigingen en vervormingen van de stoelen waren het grootst in het voorste deel van het vliegtuig en op die plekken waar de vliegtuigromp was gebroken.

Vliegtuigstoelen dienen aan luchtvaartseisen op het gebied van de botsveiligheid te voldoen. Deze eisen zijn gebaseerd op botstesten in een laboratorium. Er bestaan twee typen testen: een test waarbij de belasting vooral voorwaarts gericht is met een maximale vertraging van 16g (16 maal de zwaartekracht) en een test waarbij de belasting vooral vertikaal gericht is met een maximale vertraging van 14g. Een eerste bestudering van de stoelvervormingen leidde tot de conclusie dat er bij dit ongeval vooral sprake was van een verticale belasting. De vervormingen van een aantal stoelen duiden er op dat er een vertraging van meer dan 14g is opgetreden.

De verkennende studie heeft zoveel gegevens opgeleverd dat deze mogelijkheden biedt om een uitgebreider onderzoek naar de overlevingsaspecten van de Boeing 737-800 uit te voeren. De Onderzoeksraad voor Veiligheid stelt hiertoe de relevante gegevens ter beschikking aan de Federal Aviation Administration.

95 Bijvoorbeeld twee AIS 3 letsels (9+9) en een AIS 2 letsel (4) resulteren in ISS 22.



Figuur 11: ernst van letsel van inzittenden per zitplaatslocatie volgens ISS-schaal

BIJLAGE F: GEGEVENS VAN DE COCKPITBEMANNING

In deze bijlage zijn de gegevens van de cockpitbemanning, de werktijden voorafgaande vlucht TK1951 en het onderzoek naar vermoeidheidsgerelateerde effecten op de bemanning opgenomen.

Turkse nationaliteit; man; 54 jaar; in dienst bij de luchtvaartmaatschappij sinds 11 juni 1996.	
Bewijs van bevoegdheid	JAR ATPL(A)
Bevoegdheden	Boeing 737-300/900, TRI B737-300/900, IR CAT IIIA PIC
Laatste vaardigheidstest	31 oktober 2008
Laatste lijncheck	2 augustus 2008
Check/training gezagvoerder	30 december 2004
Boeing 737 type rating	6 juni 1996, geldig tot 24 december 2009
Boeing 737 gezagvoerder	14 april 2005
Medische verklaring	Klasse 1; geldig tot 26 juli 2009
Vliegervaring	Totaal: circa 17000 uur
	Boeing 737: circa 10885 uur
	Boeing 737 als gezagvoerder: 3058 uur
	Laatste 90 dagen: 46.45 uur
	Laatste 30 dagen: 22.45 uur
	Laatste 24 uur: 3.45 uur

Tabel 6: gegevens gezagvoerder

Turkse nationaliteit; man; 42 jaar; in dienst bij de luchtvaartmaatschappij sinds 12 juni 2008.	
Bewijs van bevoegdheid	JAR CPL(A)
Bevoegdheden	Boeing 737-300/900, IR CAT IIIA CoPi, MEP(land), IR(ME/MP)
Laatste vaardigheidstest	5 december 2008
Boeing 737 type rating	19 december 2008, geldig tot 2 december 2009
Medische verklaring	Klasse 1; geldig tot 26 juni 2009
Vliegervaring	Totaal: circa 4146 uur
	Boeing 737: circa 44 uur
	Laatste 90 dagen: 44 uur
	Laatste 30 dagen: 26.45 uur
	Laatste 24 uur: 3.45 uur

Tabel 7: gegevens eerste officier

Turkse nationaliteit; man; 28 jaar; in dienst bij de luchtvaartmaatschappij sinds 27 juni 2006.	
Bewijs van bevoegdheid	JAR CPL(A)
Bevoegdheden	Boeing 737-300/900, IR CAT IIIA CoPi, IR(ME/MP)
Laatste vaardigheidstest	29 december 2008
Laatste lijncheck	22 augustus 2008
Boeing 737 type rating	24 september 2006, geldig tot 18 juni 2009
Medische verklaring	Klasse 1; geldig tot 10 juni 2009
Vliegervaring	Totaal: 2126 uur
	Boeing 737: circa 720 uur
	Laatste 90 dagen: 191.45 uur
	Laatste 30 dagen: 69.45 uur
	Laatste 24 uur: 3.45 uur

Tabel 8: gegevens veiligheidspiloot

Werktijden cockpitbemanning

gezagvoerder				
Dag	Start werktijd [uu.mm]	Einde werktijd [uu.mm]	Totale werktijd [uu.mm]	Opmerkingen
17 februari 2009	06.20	13.10	06.50	
18 februari 2009	19.30	-		simulatorvlucht
19 februari 2009	-	01.00	05.30	simulatorvlucht
22 februari 2009	11.30	17.00	05.30	simulatorvlucht
25 februari 2009	07.07			vlucht TK1951
eerste officier				
20 februari 2009	09.15	17.30	08.15	
22 februari 2009	04.50	17.10	12.20	
25 februari 2009	07.07			vlucht TK1951
veiligheidspiloot				
21 februari 2009	20.50	-	-	
22 februari 2009	-	07.00	10.10	
23 februari 2009	19.50	-	-	
24 februari 2009	-	00.15	-	nachtstop met overnachting
24 februari 2009	08.30	12.45	8.40	
25 februari 2009	07.07			vlucht TK1951

Tabel 9: werktijden cockpitbemanning (lokale tijd Istanbul)

Ten einde te kunnen vaststellen of vermoeidheidseffecten een rol gespeeld hebben bij de totstandkoming van dit ongeluk is gekeken naar de bezigheden van de cockpitbemanning in de 72 uur voorafgaand aan het ongeval.

De volgende factoren zijn beoordeeld:

- Lengte van de slaap
- Werktijden (duty time)
- Dag/nachtritme
- Slaapstoornissen en/of medicatie en verslavingsproblematiek

Lengte van de slaap

Een persoon heeft gemiddeld 8 uur slaap nodig per nacht. Dit kan echter per individu verschillen. Bekeken is of er sprake was van acuut of opgebouwd slaapttekort. Twee lokale nachten met minimaal de benodigde slaap per individu kan een slaapttekort opheffen.

Voorafgaande aan de ongevalsvlucht hebben de gezagvoerder en de eerste officier minimaal twee nachten thuis doorgebracht met voldoende slaapuren, zonder opgebouwd slaapttekort. De veiligheidspiloot ging de avond voorafgaande de ongevalsvlucht om 22.15 uur naar bed en stond om 06.00 uur op. Voor de veiligheidspiloot geldt dat er geen sprake was van een acuut slaapttekort, maar wel van enig opgebouwd slaapttekort gezien het vliegschema van de 72 uur voorafgaande de ongevalsvlucht.

Werktijden

Bij werktijden boven de 12 uur begint een vermindering van prestaties op te treden, en vanaf 16 uur blijkt er sprake van ernstige verminderde prestaties. In de 72 uur voorafgaande aan de ongevalsvlucht hebben de gezagvoerder en de veiligheidspiloot geen werktijden gehad van meer dan 12 uur. Aan het begin van de 72 uren periode heeft de eerste officier een werktijd gehad van 12.20 uur.

Dag/nachtritme

Het venster met verminderde prestaties ligt primair tussen 3 en 5 uur in de ochtend, gerekend in lokale tijd van het individu tot 48 uur geleden, met een omringende periode van 12 uur 's nachts tot 6 uur in de ochtend. Een tweede venster ligt in de middag tussen 3 en 5 uur. De gezagvoerder en de eerste officier hebben in de 48 uur voorafgaand aan het ongeval, standplaats Istanbul gehad. De veiligheidspiloot heeft in deze periode één nacht in Milaan doorgebracht. De meldingstijd voor de ongevalsvlucht is volgens het schema om circa 07.00 uur lokale tijd Istanbul geweest, terwijl het ongeval om 10.26 uur (11.26 uur lokale tijd Istanbul) heeft plaatsgevonden. Deze werkperiode lag buiten de vensters met verminderde prestaties.

Slaapstoornissen en/of medicatie en verslavingsproblematiek

Uit het onderzoek zijn geen bijzonderheden op dit gebied naar boven gekomen.

Gedrag bemanning

Naast het vaststellen van de aanwezigheid van één of meerdere vermoeidheidsgerelateerde factoren, moet ook gekeken worden naar de mate waarin deze factoren bijgedragen kunnen hebben aan verminderde prestaties, die een primaire of bijkomende rol gespeeld hebben bij het ontstaan van het ongeluk. Hiervoor is gekeken of de bemanningsleden gedrag hebben vertoond dat in overeenstemming is met de effecten van (ernstige) vermoeidheid. Daarvoor zijn in het onderzoek geen aanwijzingen gevonden.

Samenvattend

Vastgesteld wordt dat nagenoeg geen van de bovengenoemde vermoeidheidsgerelateerde factoren bij één van de vliegers aanwezig is geweest. Ook is niet gebleken dat er bij het gedrag van de piloten sprake was van deze factoren. Vermoeidheidsgerelateerde effecten hebben derhalve geen rol gespeeld bij dit ongeval.

BIJLAGE G: GEGEVENS VAN HET VLIEGTUIG

Algemeen

De Boeing 737 is een tweemotorig 'narrow-body'⁹⁶ verkeersvliegtuig met een kort tot middellang bereik dat sinds 1967 door Boeing wordt geproduceerd. De Boeing 737-800 valt onder de categorie 'next generation' (NG)⁹⁷ 737 modellen en werd in april 1998 in gebruik genomen. Het typecertificaat dat voor de Boeing 737 is uitgegeven door de Federal Aviation Administration (FAA) is gebaseerd op het eerste model uit 1967. De NG's hebben een volledig nieuwe vleugel (eventueel voorzien van 'winglets') met vergrote brandstofcapaciteit en verbeterde vliegtuigelektronica in de cockpit, vliegtuigsystemen en motoren. Een uiterlijk verschil tussen de verschillende NG modellen is de romplengte. In maart 2009 waren wereldwijd 1469 Boeing 737-800's in gebruik.

De Boeing 737-800 werd bij Turkish Airlines in gebruik genomen in oktober 1998. TC-JGE werd op 27 maart 2002 aan Turkish Airlines geleverd. Het vliegtuig was uitgevoerd met vier cabinedeuren en twee nooduitgangen boven elke vleugel. Elke cabinedeur was voorzien van een noodglijbaan.

Type	Boeing 737-800
Bouwjaar	2002
Registratie	TC-JGE
Serienummer	29789
Cabine-indeling	157 stoelen (16 business en 141 economy)
Maximum startgewicht	79.015 kg
Bewijs van inschrijving	Datum van uitgifte: 1 april 2002
Bewijs van luchtwaardigheid	Geldig tot 21 december 2009

Tabel 10: gegevens van het luchtvaartuig

96 Een narrow-body is een vliegtuig met één gangpad met aan weerszijden twee of drie stoelen per rij.
97 De 'NG-familie' bestaat uit de modellen B737-600, -700, -800 en -900.

BIJLAGE H: TRANSCRIPT LUCHTVERKEERSLEIDING

Het onderstaande transcript is verkregen van Luchtverkeersleiding Nederland. Voor de tijden in de beschrijving van het verloop van de vlucht in paragraaf 2.4 is gebruik gemaakt van gegevens afkomstig van de flight data recorder en de cockpit voice recorder. Omdat er voor de tijden in het transcript gebruik is gemaakt van een andere bron lopen de tijden op sommige momenten niet volledig synchroon met elkaar.

Transcript 2009-02-25 THY1951

THY = THY1951
JAT = JAT262

ACC = Amsterdam Sector 2
CFE = CFE78A

APP = Schiphol Approach
NWA = NWA60

TWW = Tower West

Time (UTC)	Between	Content	Time (UTC)	Between	Content
09:04:09	THY - ACC	Amsterdam good morning THY1951 descend 280 (heading) 310.			
09:04:13	ACC - THY	THY1951 good day to you, turn left heading 300, descend to FL150 runway 18R.			
09:04:19	THY - ACC	18R, heading 300 descending 180 confirm?			
09:04:23	ACC - THY	FL150 THY1951 speed 300 knots or greater.			
09:04:34	ACC - THY	call from other ACFT			
09:04:42	THY - ACC	THY1951 to confirm heading 300 descend FL150 and your speed 300 knots or greater.			
09:05:25	ACC - THY	Heading 300 or greater, eh speed 300 or greater, heading 300 descending 150...1..951.			
09:05:28	THY - ACC	THY1951 route direct to ARTIP.			
09:07:36	ACC - THY	ARTIP thank you 1951.			
09:07:42	THY - ACC	THY1951 descend to FL 100 to be level by ARTIP maintain the speed.			
09:09:54	ACC - THY	Maintain the speed, 100 be level ARTIP, 1951.			
09:09:57	THY - ACC	THY1951 descend to FL70, after ARTIP to Sierra Papa Lima.			
09:14:46	ACC - THY	[Unreadable] 70, ARTIP Sierra Papa Lima, 1951.			
09:14:48	THY - ACC	THY1951 your speed 250 knots and contact Approach 119.050 good-bye.			
09:15:01	THY - APP	250.... thanks05.... [unreadable].			
09:15:06	APP - THY	Amsterdam THY1951 descending 70, speed 250.			
09:15:30	APP - THY	THY1951 hello, proceed SPY, descend to 40, speed okay for ILS 18R.			
09:15:36	THY - APP	Break THY1951 proceed inbound SPY, descend level 40, ILS 18R.			
09:19:06	APP - THY	SPY 40 18R, THY1951.			
09:19:09	THY - APP	THY1951 descend to 2000 1027.			
09:19:43	APP - THY	2000 1027, 1951.			
09:19:46	THY - APP	THY1951 turn left heading 265.			
		Left 265, 1951.			
			09:22:07	NWA - TWW	Schiphol Tower, NWA60, Runway 18R.
			09:22:12	TWW - NWA	Good morning NWA60, you're cleared to land on 18R, the surface wind is 210 at 8.
			09:22:16	NWA - TWW	Cleared to land 18R, NWA60.
09:22:38	APP - THY	THY1951 to the left heading 210 cleared approach 18R.			

Transcript 2009-02-25 THY1951

THY = THY1951
JAT = JAT262

ACC = Amsterdam Sector 2
CFE = CFE78A

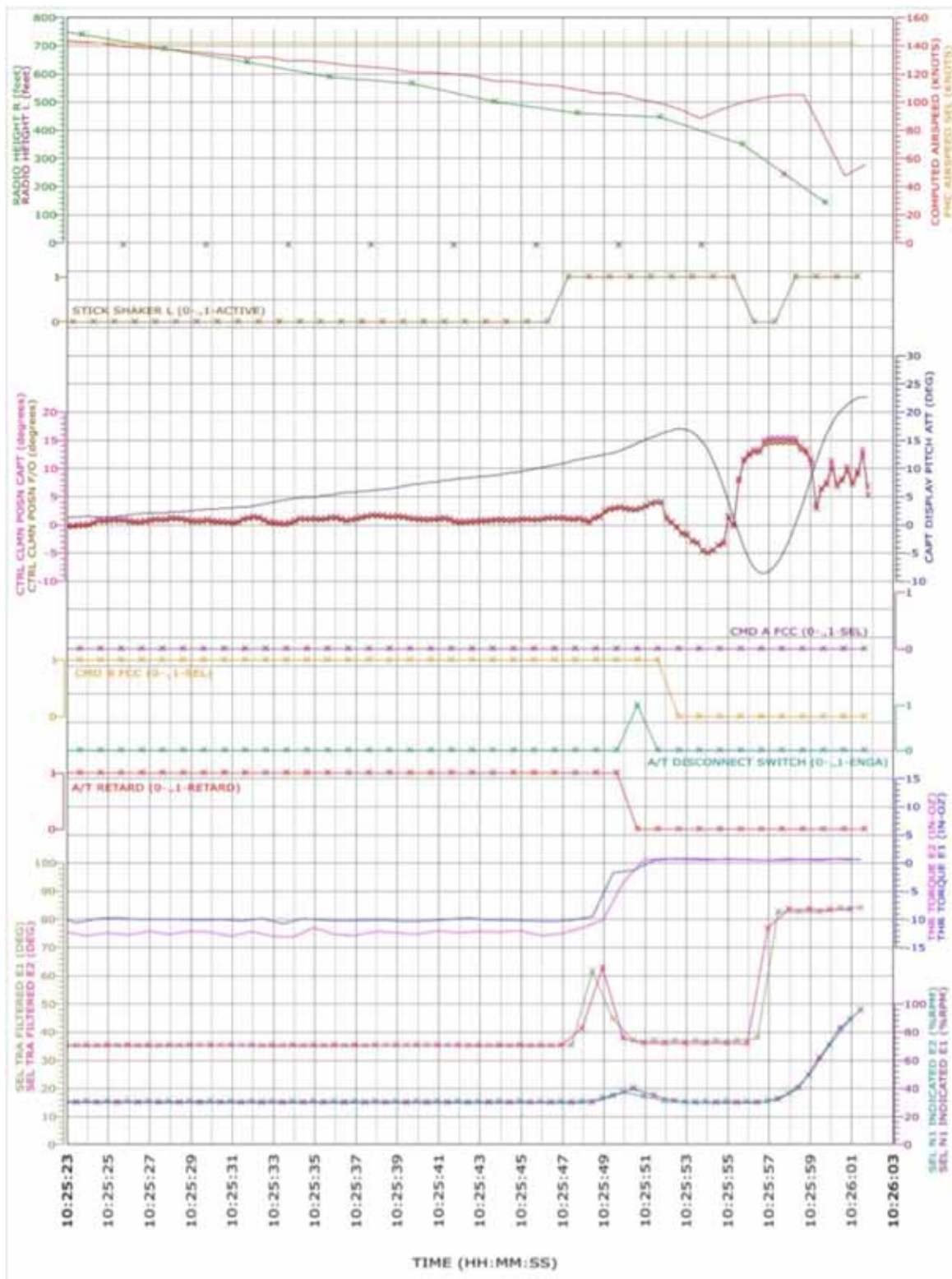
APP = Schiphol Approach
NWA = NWA60

TWW = Tower West

Time (UTC)	Between	Content	Time (UTC)	Between	Content
09:22:42	THY - APP	Left 210 cleared 18R THY1951.			
09:24:23	APP - THY	THY1951 contact tower 118 27.			
09:24:26	THY - APP	11827. Thank you sir.			
09:24:42	THY - TWW	Amsterdam Tower, good morning, THY1951 18R.			
09:24:46	TWW - THY	THY1951 good morning, runway 18R cleared to land, wind 210 at 9.			
09:24:51	THY - TWW	Cleared to land, thank you, 1 uh... 951.	09:26:18	JAT - TWW	Morning, this is JAT262, 1500, 18R.
			09:26:21	TWW - JAT	JAT262 good morning, number 2.
			09:26:23	JAT - TWW	Number 2.
			09:26:50	CFE - TWW	Tower, CFE78A, 7 miles, [unr.] established.
			09:26:54	TWW - CFE	CFE78A roger.
09:27:02	TWW - THY	THY1951...	09:27:12	TWW - JAT	JAT262 please go around. JAT262 go around.
			09:27:15	JAT - TWW	Go around, JAT262.
09:27:29	TWW - THY	THY1951...	09:27:34	TWW - JAT	JAT262 do you see something on the ground which happened over there?
			09:27:39	JAT - TWW	Negative sir, we are in clouds, we are making the approach.
			09:27:43	TWW - JAT	Okay.

Figuur 12: transcript luchtverkeersleiding

BIJLAGE I: LAATSTE 40 SECONDEN FLIGHT DATA RECORDER GEGEVENS



Figuur 13: parameters flight data recorder, laatste 40 seconden vlucht TK1951

Parameter naam	Omschrijving
RADIO HEIGHT L (feet)	Linker radiohoogtemetersysteem (voet)
RADIO HEIGHT R (feet)	Rechter radiohoogtemetersysteem (voet)
COMPUTED AIRSPEED (KNOTS)	Berekende lichtsnelheid (knopen)
FMC AIRSPEED SEL (KNOTS)	Geselecteerde snelheid die de vluchtbesturingscomputer aanhoudt
STICK SHAKER L (0-.,1-ACTIVE)	Stick shaker activering (1 = actief)
CAPT DISPLAY PITCH ATT (DEG)	Getoonde neusstand (graden) van vliegtuig op de PFD van de gezagvoerder. Een positieve hoek is neus omhoog.
CTRL CLMN POSN CAPT (degrees)	Positie stuurkolom van de gezagvoerder (graden). Positieve waarde betekent stuurkolom naar voren, neus van het vliegtuig gaat omlaag.
CTRL CLMN POSN F/O (degrees)	Positie stuurkolom van de eerste officier (graden). Positieve waarde betekent stuurkolom naar voren, neus van het vliegtuig gaat omlaag.
CMD A FCC (0-.,1-SEL)	Linker vluchtbesturingscomputer (1 = geselecteerd)
CMD B FCC (0-.,1-SEL)	Rechter vluchtbesturingscomputer (1 = geselecteerd)
A/T DISCONNECT SWITCH (0-.,1-ENGA)	Autothrottle deactiveringsschakelaar (1 = ingedrukt)
A/T RETARD (0-.,1-RETARD)	Autothrottle modus 'RETARD' (1 = RETARD)
THR TORQUE E1 (IN-OZ)	De hoeveelheid koppel (draaikracht) waarmee de gashendels naar achteren worden getrokken in ounce-inches (E1 = links)
THR TORQUE E2 (IN-OZ)	De hoeveelheid koppel (draaikracht) waarmee de gashendels naar achteren worden getrokken in ounce-inches (E2 = rechts)
SEL TRA FILTERED E1 (DEG)	De positie in graden van de gashendel (E1 = links). De waarde van 35 graden is 'idle'.
SEL TRA FILTERED E2 (DEG)	De positie in graden van de gashendel (E2 = rechts) De waarde van 35 graden is 'idle'.
SEL N1 INDICATED E1 (%RPM)	Het fantoerental van de motor in procenten, dit is een maat voor de stuwkracht. (E1 = linker motor)
SEL N1 INDICATED E2 (%RPM)	Het fantoerental van de motor in procenten, dit is een maat voor de stuwkracht. (E2 = rechter motor)

Tabel 11: legenda vluchtdataparameters

BIJLAGE J: RELEVANTE COCKPIT VOICE RECORDER GEGEVENS

G/V	gezagvoerder
E/O	eerste officier
V/P	veiligheidspiloot
LVL	luchtverkeersleiding
GTA	grondafhandeling Turkish Airlines
O/I	omroepinstallatie
???	onverstaanbaar/niet duidelijk

Legenda cockpit voice recorder parameters

Actor	Lokale tijd	Inhoud	Vertaling en opmerkingen
G/V	10:15:02	"Amsterdam Turkish 1-9-5-1 descending 70 speed 250"	"Amsterdam, Turkish 1951 dalend naar 70 snelheid 250"
	10:15:06	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - aan	
LVL	10:15:07	"Turkish 1951 hello, proceed S-P-Y descent to 40, speed okay for ILS 1-8-R"	"Turkish 1951, ga naar SPY daal naar 40, snelheid oké voor ILS 18 rechts"
	10:15:17	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - uit	
	10:15:18	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - aan	
LVL	10:15:29	"Break, Turkish 1-9-5-1, proceed inbound S-P-Y, descend level 4-0, I-L-S 1-8 Right"	"Pauze, Turkish 1951, ga naar SPY daal naar level 40, ILS 18 rechts"
G/V	10:15:35	"S-P-Y, 4-0, 1-8 Right, Turkish 1-9-5-1"	"SPY, 40, 18 rechts, Turkish 1951"
E/O	10:15:39	"40 set Hocam"	"40 ingesteld Hocam" (Hocam is Turks voor instructeur)
G/V?	10:16:01	"VOR un uzerine 330 basla kacacagiz 12,1 mile kadar gidecegiz Hocam"	"We gaan door tot de VOR met de koers 330 graden en gaan door tot 12,1 mijl Hocam"
	10:16:33	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - uit	
G/V	10:16:52	"Radyo altimetre"	"Radiohoogtemeter"
	10:17:11	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - aan	
	10:17:13	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - uit	
G/V	10:17:53	"Landing gear"	"Landingsgestel"
E/O	10:17:56	"Tamam, Hocam"	"Oké, Hocam"
E/O	10:18:08	"Korslar bagl 184 manuali aktif edecegim klird edildigim zaman"	"Alle koersen op 184 ingesteld, ik zal de ILS frequenties activeren wanneer toestemming voor de nadering is verkregen"

Actor	Lokale tijd	Inhoud	Vertaling en opmerkingen
	10:18:59	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - aan	
	10:19:01	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - uit	
E/O	10:19:02	"İkiyuz yirmiye dusuruyorum 13 binden, Hocam"	"Reduceren naar tweehonderdtwintig van 13 duizend, Hocam"
LVL	10:19:04	"Turkish 1-9-5-1, descend to two thousand, 1-0-2-7"	"Turkish 1951, dalen naar tweeduizend, 1027"
G/V	10:19:08	"Two thousand, 1-0-2-7, 1-9-5-1"	"Tweeduizend, 1027, 1951"
E/O	10:19:17	"Level change Vereyim mi, Hocam?"	"Kan ik verandering van level geven, Hocam?"
G/V	10:19:23	"OK"	"Oké"
G/V	10:19:25	"Surati dusurecen mi?"	"Ga je snelheid verminderen?"
E/O	10:19:28	"Dusurececem Hocam 13 mil`e gelmedik de o yuzden"	"Ik ga snelheid verminderen Hocam omdat we de 13 mijl nog niet zijn genaderd"
G/V	10:19:40	"Bin yirmiye set"	"27 ingesteld"
E/O	10:19:41	"??? bin yirmiyediler set Hocam"	"1027 ingesteld Hocam"
LVL	10:19:42	"Turkish 1-9-5-1, turn left heading 2-6-5"	"Turkish 1951, draai links koers 265"
G/V	10:19:47	"Left 2-6-5, 1-9-5-1"	"Links 265, 1951"
G/V	10:19:51	"Left 2-6-5"	"Links 265"
E/O	10:19:52	"2-6-5"	"265"
G/V	10:20:10	"F-M-S in"	"Jouw FMS"
E/O	10:20:13	???	
G/V	10:20:18	??? Telsiz sende	"Jij hebt de radio"
E/O	10:20:21	??? Bir sey dedi(n) mi?	"Wat zegt u?"
GTA	10:20:22	"Turkish 1-9-5-1, good morning"	"Turkish 1951, goedemorgen"
G/V	10:20:25	"Good morning, time is 3-0, we have ??? on board"	"Goedemorgen, tijd is 30, we hebben ??? aan boord"
GTA	10:20:30	"Turkish 1-9-5-1, you may expect parking stand Golf 2"	"Turkish 1951, u kunt parkeren op plaats G2 verwachten"
G/V	10:20:34	"Thank you very much. See you next on the ground."	"Dank u wel, tot ziens op de grond"
G/V	10:20:41	"??? Park yeri brifingde kapsadigimiz gibi"	"??? Parkeerpositie dezelfde als de vorige keer"
E/O	10:20:42	"Tamam, Hocam"	"Oké, Hocam"
E/O	10:22:15	"Flaps 1, speed check"	"Flaps 1, controleer snelheid"
E/O	10:22:22	"Speed 1-9-5, Hocam"	"Snelheid 195, Hocam"
LVL	10:22:38	"Turkish 1-9-5-1, turn* left heading 2-1-0, cleared approach, 1-8 right"	"Turkish 1951, draai (*naar - LVNL transcript vermeldt "to the") links koers 210, toestemming voor nadering 18 rechts"
G/V	10:22:42	"Left 2-1-0, clear(ed) I-L-S, Turkish 1-9-5-1"	"Links 210, toestemming ILS, Turkish 1951"
E/O	10:22:47	"2-1-0 set, Hocam"	"210 ingesteld, Hocam"

Actor	Lokale tijd	Inhoud	Vertaling en opmerkingen
E/O	10:22:53	"Approach selected, Hocam, second autopilot"	"Nadering ingesteld, tweede automatische piloot"
	10:22:58	Geluid uitschakelen automatische piloot (duurt 4 seconden)	
E/O	10:23:04	"Korslar aktif, Hocam"	"Koersen actief, Hocam"
E/O	10:23:10	"Second autopilot engaged"	"Tweede automatische piloot ingeschakeld"
G/V	10:23:12	"Tamam"	"Oké"
E/O	10:23:13	"Engaged"	"Ingeschakeld"
E/O	10:23:30	"Flaps 5"	
???	10:23:32	???	
	10:23:43	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - aan	
	10:23:48	Landingsgestelwaarschuwingssysteem - uit	
E/O	10:23:49	"??? Flaps, gear down"	"??? Flaps, landingsgestel naar beneden"
E/O	10:23:50	"Flaps 15"	
G/V	10:24:04	"Localizer alive"	"Localizer beweegt"
E/O	10:24:07	"Hocam"	
G/V	10:24:09	"Localizer capture"	"Localizer onderschept"
E/O	10:24:14	"Speed 1-4-0, setting set"	"Snelheid 140, instelling ingesteld" (De betekenis hiervan kon niet worden vastgesteld)
	10:24:19	Cabine oproepsignaal	
LVL	10:24:24	"Turkish 1-9-5-1, contact tower, 1-18-27, bye, bye*"	"Turkish 1951, neem contact op met toren, 11827, dag, dag" (*LVNL transcript vermeldt geen "bye bye")
G/V	10:24:27	"18-27 thank you sir"	"1827 dank u wel"
V/P	10:24:36	"Hocam, radyo altimetre arizamiz var, Hocam"	"Hocam, we hebben een defecte radiohoogtemeter, Hocam"
G/V	10:24:38	"Tamaaaam"	"Oookéé"
G/V	10:24:44	"Amsterdam Tower, Turkish 1-9-5-1, 1-8-Right"	"Amsterdam toren, Turkish 1951, 18 rechts"
LVL	10:24:48	"Turkish 1-9-5-1, good morning, runway 1-8-Right, cleared to land, wind 2-10 at 9"	"Turkish 1951, goedmorgen, baan 18 rechts, toestemming om te landen, wind 210 met 9"
G/V	10:24:52	"Cleared to land. Thank you."	"Toestemming om te landen. Dank u wel"
E/O	10:24:55	"Established altitude set"	"Hoogte ingesteld"
G/V	10:25:04	"Bin"	"Duizend"
E/O	10:25:06	"Check"	
E/O	10:25:12	"Speed set"	"Snelheid ingesteld"
G/V	10:25:17	"Yes, not in checklist completed"	"Ja, checklist is niet klaar"
G/V	10:25:19	"Speedbrake"	
E/O	10:25:20	"Speedbrake armed, green light"	"Speedbrake ge-armed, groen licht"

Actor	Lokale tijd	Inhoud	Vertaling en opmerkingen
	10:25:21	2 klikgeluiden	
G/V	10:25:26	"Bir, bir, bir"	"Één, één, één"
E/O	10:25:27	"Speedbrake armed, green light"	"Speedbrake ge-armed, groen licht"
G/V	10:25:28	"Landing gear hih"	"Landingsgestel OK"
E/O	10:25:29	Gear down, please, three green"	"Landingsgesteld naar beneden alstublieft, drie groen"
G/V	10:25:31	"Flaps"	
E/O	10:25:32	"Flaps 40, green light"	"Flaps 40, groen licht"
V/P	10:25:33	"Cabin report confirmed"	"Cabinerapport ontvangen"
E/O	10:25:34	"Missed approach altitude set"	"Vastgestelde doorstarthoogte ingesteld"
G/V	10:25:37	"Bes yuz "	"Vijfhonderd"
E/O	10:25:38	"All lights on"	"Alle lichten aan"
G/V	10:25:40	"Kabine de ikaz edimiz"	"Waarschuw de cabinebemanning"
V/P	10:25:42	"ah-huh"	
O/I	10:25:44	"Kabin ekibi yerlerinize"	"Cabinepersoneel neem uw plaatsen in"
	10:25:47	Stick shaker – aan	
V/P	10:25:49	"Sürat, Hocam"	"Snelheid, Hocam"
G/V	10:25:49	"I have"	"Ik heb hem"
V/P	10:25:51	"Yüz knots tayiz, Hocam "	"100 knopen, Hocam!"
V/P	10:25:52	"Sürat, Hocam"	"Snelheid, Hocam"
		Waarschuwingstoon uitschakelen automatische piloot	
	10:25:57	Stick shaker - uit	
	10:25:57	"Sink rate"	"Daalsnelheid"
	10:25:58	"Pull up, pull up"	"Omhoog trekken, omhoog trekken"
	10:25:59	Sticker shaker – aan	
	10:26:02	???	
	10:26:03	Einde van opname	

BIJLAGE K: SCHADE AAN HET LUCHTVAARTUIG

In deze bijlage wordt de schade aan het vliegtuig beschreven zoals deze is geconstateerd door onderzoekers van de Onderzoeksraad direct na het ongeval. Alleen de schade aan de belangrijke constructieve onderdelen is beschreven. De volgorde van de beschrijving is vanaf het punt waar het eerste grondcontact heeft plaatsgevonden. Na de reddingswerkzaamheden is begonnen met het wrakonderzoek.

Het horizontaal staartvlak werd ondersteboven aangetroffen waarbij de voorrand was gedraaid in de richting van het punt waar het vliegtuig de grond voor de eerste keer raakte. Het staartvlak was volledig losgeraakt van de romp van het vliegtuig waarbij beplating van de staart aan het staartvlak vast zat. De aandrijfspindel⁹⁸ was gebroken en werd in een stand aangetroffen, behorende bij een hoge neusstand (voorafgaand aan het ongeval).

Afdrukken van de inslag van beide delen van het hoofdlandingsgestel werden aangetroffen voor de plaats waar het horizontaal staartvlak lag, gezien in de vliegrichting. De afdruk van het linker hoofdlandingsgestel werd, kijkende in de vliegrichting, ongeveer twee meter voor de afdruk van het rechter hoofdlandingsgestel aangetroffen. De afdruk van het linker hoofdlandingsgestel was ongeveer één meter diep, de afdruk van de rechterzijde was ongeveer 0,8 meter diep. De beide landingsgestellen werden compleet aangetroffen.

Kijkend in de vliegrichting werden indrukken in de grond en losse onderdelen van de beide motoren aangetroffen kort voorbij de plaats waar het horizontaal staartvlak werd aangetroffen. Uit luchtfoto's blijkt dat de linkermotor de grond eerder heeft geraakt dan de rechtermotor.

Staatsectie

Dit deel van de romp met het kielvlak er nog aan, was vóór de achterste cabinedeuren rondom afgebroken en raakte zwaar beschadigd. Deze sectie omvatte de achterste pantry en de twee achterste deuren en werd onder een hoek van 114 graden aangetroffen, naar de rechtervleugel gedraaid. De deuren van de linker- en rechteruitgang waren gedeeltelijk open terwijl de sluiting van beide deuren nog vergrendeld was. Zowel de rechter als linker naar achter gerichte cabinebemanningstoelen bevonden zich buiten de staatsectie.



Figuur 14: staatsectie

98 De aandrijfspindel is een onderdeel van het trimsysteem waarmee het stabilo wordt afgesteld. De aandrijfspindel heeft een schroefdraad waarover het stabilo kan bewegen.

Hoofdsectie inclusief de vleugels

Het middengedeelte van de romp was tot stilstand gekomen met een lichte helling naar rechts. Hierdoor lag de linkervleugel iets hoger dan de rechtervleugel. De stoelen in deze rompsectie waren in een goede conditie en bevonden zich nog in de montagerails op een aantal uitzonderingen na. De laatste rij stoelen in het vliegtuig was 28 aan de linkerkant en 29 aan de rechterkant. De romp was rondom gebroken ter hoogte van rij 28 en de cabinevloer raakte de grond. Vanaf rij 21/22 tot rij 28 was de vloer vervormd en de ruimte van het gangpad (tussen de linker- en rechterstoelen) verminderd. Stoelrij 29 rechts bevond zich buiten het vliegtuigwrak en de poten van rij 28 rechts waren gebroken.

Bijna alle passagier service units⁹⁹ en videomonitoren waren losgekomen van onder de bagageopbergruimten en werden aangetroffen op passagierstoelen en op de vloer. De meerderheid van de opbergruimten was vast blijven zitten aan het plafond.

De ophangpunten onder de vleugels voor de bevestiging van beide motoren werden intact aangetroffen. Alle pennen die de motoren verbinden met de ophangpunten waren afgebroken.

De brandstoftanks in de vleugels waren intact na het ongeval. De brandstoftank in de romp was zwaar beschadigd en opengescheurd. De flaps aan de rompzijde van beide vleugels ontbraken. De kleppen aan de voorzijde van de vleugels waren alle aanwezig en onbeschadigd. Het bovenste gedeelte van de beide winglets¹⁰⁰ was afgebroken. Beide buitenste flaps werden aangetroffen in een volledig uitgeschoven stand die overeenkomt met flapstand 40 graden.

De voorste sectie inclusief de cockpit

Het voorste gedeelte van de romp, met daarin de cockpit en de stoelrijen 1 tot en met 7, was tot stilstand gekomen onder een hoek van ongeveer 22 graden naar links ten opzichte van de hoofdsectie. De romp was voor de vleugelvoorrand gebroken. De vloer, stoelen en stoelbevestigingspunten waren zwaar beschadigd. Plafondpanelen, bagageopbergruimten, passagier service units en videomonitoren waren losgekomen. In dit deel van de cabine, de 'business class', werd de meeste schade aangetroffen.

De deur van de cabine naar de cockpit werd door de onderzoekers gedeeltelijk open aangetroffen. Het interieur van de cockpit was zwaar beschadigd.

De romp was aan de rechterzijde vóór de vleugels opengescheurd. Er zat een opening van circa 1 meter aan de rechterkant van de romp tussen rijen 7 en 8. Aan de linkerkant was de romp tussen de rijen 7 en 8 naar binnen geknikt, zodanig dat de externe oppervlakten van twee cabineramen elkaar bijna raakten. Er was zware schade aan de rompstructuur in de cockpit en rondom rij 1 van de cabine.

Het voorste gedeelte van de romp kwam ongeveer 50 centimeter lager tot stilstand dan het middengedeelte van de romp. De onderzijde van het vliegtuig was aan de voorzijde ernstig beschadigd. De grootste schade was vanaf de onderzijde van de romp tot de lijn waar de cabinevloer zich bevindt. Van de cockpit was de raamstijl in het midden en de binnenzijde van het raam aan de zijde van de gezagvoerder gebroken.

Beide motoren werden aangetroffen in een verder gelegen akker, gezien in de vliegrichting. Tussen de plekken waar de motoren de eerste keer de grond raakten en de positie waar ze werden aangetroffen, werden voor elke motor meerdere inslagmarkeringen aangetroffen.

99 Een passagier service unit bestaat uit bedieningsknoppen waarmee de luchttoevoer en leesverlichting per passagiersstoel kan worden geregeld.

100 Een winglet is een meestal opstaande verlenging van een vliegtuigvleugel die wervelingen in de lucht vermindert, waardoor het toestel efficiënter vliegt.



Figuur 15: hoofdsectie en voorste sectie

BIJLAGE L: DIVERSE ONDERZOEKEN

Deze bijlage bevat een overzicht van de diverse onderzoeken die zijn uitgevoerd.

Onderzoek vluchtbesturingscomputers

De geheugens van de twee vluchtbesturingscomputers, waarin foutmeldingen worden opgeslagen, zijn bij de fabrikant uitgelezen. Van de periode 18 tot en met 25 februari 2009 konden foutmeldingen worden uitgelezen. Het afschakelen van vluchtbesturingscomputer A tijdens de ongevalsvlucht was als foutmelding in het geheugen vastgelegd.

Onderzoek vluchtmanagementcomputer

Het geheugen van de vluchtmanagementcomputer, waarin foutmeldingen worden opgeslagen, is bij de fabrikant uitgelezen. Er werden geen meldingen aangetroffen die in verband kunnen worden gebracht met het ongeval. Op het moment van het ongeval was de database met correcte route-informatie bijgewerkt en werden geen afwijkingen geconstateerd.

Onderzoek proximity switch electronics unit

De proximity switch electronics unit bevat de logica voor het landingsgestelwaarschuwingssysteem. Het geheugen van het landingsgestelwaarschuwingssysteem, waarin foutmeldingen worden opgeslagen, is bij de fabrikant uitgelezen. Tijdens de ongevalsvlucht werden diverse foutmeldingen geregistreerd die verband hielden met de vliegtuigconfiguratie.

Onderzoek display electronics unit

Het geheugen van de display electronics unit, waarin foutmeldingen worden opgeslagen, is bij de fabrikant uitgelezen. Er werden geen meldingen aangetroffen die in verband kunnen worden gebracht met het ongeval.

Onderzoek autothrottle

Het geheugen van de autothrottle, waarin foutmeldingen worden opgeslagen, is bij de fabrikant uitgelezen. Er werden geen foutmeldingen aangetroffen die in verband kunnen worden gebracht met het ongeval.

Onderzoek radiohoogtemetersysteem

Componenten van het radiohoogtemetersysteem zijn bij de vliegtuigfabrikant getest. Aanvullend zijn de radiohoogtemetercomputers apart bij de fabrikant van de radiohoogtemetercomputers getest.

Historie radiohoogtemetercomputers met serienummers (s/n) 1141 en 1157.

Ten tijde van het ongeval was een radiohoogtemetercomputer met serienummer (s/n) 1141 geïnstalleerd in systeem 1 (links) en een radiohoogtemetercomputer met s/n 1157 in systeem 2 (rechts). Op grond van de bijbehorende onderhoudsdocumenten bleken beide computers geschikt voor gebruik.

Aan radiohoogtemetersystemen vindt alleen onderhoud plaats nadat klachten of onregelmatigheden worden geconstateerd. Volgens de documenten is aan de radiohoogtemeter computer met s/n 1157 sinds aflevering door de fabrikant geen onderhoud gepleegd. De computer met s/n 1141 is eenmaal in onderhoud geweest bij de onderhoudsafdeling van Turkish Airlines en op 6 september 2007 vrijgegeven voor gebruik.

Radiohoogtemetercomputer met s/n 1141 werd op 27 oktober 2007 ter vervanging van een andere computer geïnstalleerd op TC-JGE, omdat radiohoogtemetersysteem 2 niet meer werkte. Radiohoogtemetercomputer met s/n 1157 werd op 31 december 2007 geïnstalleerd vanwege klachten aan systeem 2. Er was onder andere een negatieve radiohoogte (-8 voet) gegenereerd en een waarschuwing van het landingsgestelwaarschuwingssysteem geactiveerd. Beide computers zijn meerdere malen van systeem 1 naar systeem 2 en terug verwisseld op TC-JGE. Tussentijds werden antennes van de radiohoogtemetersystemen gewisseld of vervangen.

Uitlezen van niet-vluchtige geheugens radiohoogtemetercomputers en quick access recorder (QAR)

De geheugens van de besturingssoftware in de radiohoogtemetercomputers bevatten de oorspronkelijke besturingssoftware en lieten geen bijzonderheden zien. De geheugens waarin fouten worden gelogd, de zogenoemde niet-vluchtige geheugens, lieten zien dat de computers vier maal van positie waren verwisseld.

Voor meer dan 2000 vluchten zijn in totaal 217 maal onderbrekingen in de elektrische voeding geregistreerd. Het is van beide computers onduidelijk hoeveel vluchten van de geregistreerde vluchten zijn terug te voeren op TC-JGE, omdat hier ook fouten tussen kunnen zitten die zijn gelogd toen de radiohoogtemetercomputers in andere vliegtuigen waren geïnstalleerd. In de computer met s/n 1141 werd 58 maal een rekenfout van de hoogte bij één van de besturingschips aangetroffen. In het niet-vluchtige geheugen van de computer met s/n 1157 waren dit er drie. Er is verder niet onderzocht in hoeverre deze storingen in verband kunnen worden gebracht met de foutieve hoogten (erroneous heights), zoals bijvoorbeeld -8 voet.

Wel is gekeken in hoeverre binnen de huidige onderhoudssystematiek gebruik wordt gemaakt van data in interne geheugens van de radiohoogtemetercomputers. Procedures voor uitlezen van de interne geheugens staan opgenomen in het Component Maintenance Manual voor zover de fabrikant die mogelijkheid geeft. Dit manual wordt niet primair gebruikt in het onderhoud.

Onderhoud aan vliegtuigen, en dus ook aan radiohoogtemetersystemen, wordt primair uitgevoerd aan de hand van het Aircraft Maintenance Manual en indien nodig het Fault Isolation Manual. Vanaf februari 2010 zijn voor slechts drie Boeing 737 NG vliegtuigen van Turkish Airlines procedures beschikbaar in het Fault Isolation Manual, dat ondersteunt in troubleshooten, om interne geheugens uit te lezen. Het uitlezen van interne geheugens is niet opgenomen in het AMM.

Volgens Turkish Airlines verschillen de bestaande procedures voor uitlezen per fabrikant van radiohoogtemetercomputers. Er zou meer gebruik gemaakt kunnen worden van de interne geheugens als databron voor troubleshooten. Minder verschillende procedures voor alle typen radiohoogtemetercomputers en fabrikanten zou naar de mening van Turkish Technic Inc. welkom zijn. Aangepaste procedures en instructies zouden meer opgenomen moeten worden in de regulier onderhoudsboeken.

Met behulp van gegevens, afkomstig van de quick access recorder, zijn de laatste 1143 vluchten van het ongevalsvliegtuig geanalyseerd. Tijdens 148 vluchten werden verschillen in gemeten radiohoogten geconstateerd tussen de systemen 1 en 2.

Andere componenten van het radiohoogtemetersysteem

Het onderzoeksteam heeft tijdens het onderzoek besloten de kabels niet te onderzoeken, omdat de oorspronkelijke (dis)continuïteit, impedantie en de (vocht)conditie ten tijde van het ongeval niet konden worden gereconstrueerd. Boeing heeft (na het ongeval) een studie ingesteld naar de werking van de coaxkabels van de radiohoogtemetersystemen, waarbij met name de weerstand tegen de interferentie de aandacht had. Hiervan waren geen definitieve resultaten beschikbaar op het moment dat de Raad zijn onderzoek afrondde.

Drie (van de vier) antennes waren zwaar beschadigd door de impact. Vanwege het ontstaan van foutieve radiohoogten in radiohoogtemetersysteem 1 waren de twee antennes van dit systeem het meest interessant voor onderzoek. Het stralingspatroon van de ontvangstantenne met s/n 47021 van systeem 1 is vergeleken met een nieuwe antenne (voorbeeldantenne). De stralingspatronen van beide antennes kwamen sterk met elkaar overeen. In een isolatietest voldeed de antenne met s/n 47021 als ontvangstantenne aan de eisen. De zendantenne van systeem 1 was te zwaar beschadigd voor stralingspatroon- en isolatietests.

Alvorens de radiohoogtemetercomputers op te sturen naar klanten voert de fabrikant eerst een automatische testprocedure uit. De Raad heeft deze test ook gebruikt voor zijn onderzoek. De automatische testprocedure voor hoogtemetingen van beide radiohoogtemetercomputers verliep zonder foutmeldingen.

Op dit gebied voldeden beide radiohoogtemetercomputers aan de specificaties¹⁰¹ van vliegtuigfabrikant Boeing.

Tijdens lektesten van beide radiohoogtemetercomputers werden geen lekkages van het zendsignaal (energie) gemeten rondom de computers. Daarnaast werden de computers onderworpen aan een test waarbij geforceerd teveel energie werd geretourneerd in de kabels tussen de computers en antennes. In alle gevallen doorstonden de computers de test door geen valse signalen te veroorzaken en te verwerken. Dergelijke lekkages en/of teveel energierugslag in de coaxkabels kunnen aanleiding geven tot interferentie. Interferentie is een mogelijke oorzaak voor foute gegevens. De waarden -6 voet en -8 voet kwamen eenmalig en kortstondig voor nadat gereedschap vlak voor de antennes werd gehouden en waren vervolgens niet meer reproduceerbaar. Ze waren gemarkeerd als 'non computed data' en kwamen derhalve niet overeen met de kenmerken voor de bruikbaarheid van de signalen tijdens de ongevalsvlucht.

Onderzoek naar 18 andere antennes

Het onderzoeksteam heeft aanvullend 18 antennes onderzocht afkomstig van Boeing 737-800 NG's van Turkish Airlines met vergelijkbare of identieke klachten aan het radiohoogtemetersysteem. Vrijwel alle antennes vertoonden beschadigingen, merendeels in de connectors, of vormen van corrosie. Bijna alle antennes maten dezelfde hoogte, inclusief een aantal antennes dat niet door de continuïteitstest kwam. Ondanks beschadigingen of soms overschrijdingen van limieten werd geen overtuigend effect op de kwaliteit van de hoogtemeting gevonden.

Tijdens het onderzoek bij de vliegtuigfabrikant werd middels simulatie de isolatiewaarde tussen geïnstalleerde antennes steeds verder verlaagd totdat de radiohoogtemetercomputer een radiohoogte aangaf van -8 voet, waarbij een kenmerk 'normaal' aan het signaal werd toegekend. Wanneer dit effect optreedt spreekt men van 'direct coupling', in dit geval optredend tussen twee antennes.

Verder werd eenmalig, nadat de elektrische voeding (per ongeluk) kortstondig werd onderbroken, een foutieve waarde door het systeem afgeven variërend tussen de 7432 en 7168 voet.

TNO onderzoek

De onderzoeksorganisatie TNO¹⁰² heeft in opdracht van de Onderzoeksraad onderzoek verricht dat tot doel had een onderbouwde en aannemelijke inschatting te maken van de waarschijnlijkheid van enkele vermoedelijke oorzaken die hebben geleid tot het optreden van foute radiohoogten in radiohoogtemetersystemen.

Het onderzoek wees uit dat het op basis van de beschikbare informatie moeilijk is een heldere oorzaak vast te stellen. Het plotseling verspringen van de radiohoogte kan niet in direct verband worden gebracht met corrosie op antennes of connectors. Het ontstaan van foutieve hoogtewaarden (erroneous heights) kan niet worden verklaard door de invloed van corrosie op het systeem, omdat de werking van het systeem hier ongevoelig voor lijkt. De negatieve waarden van de radiohoogte zijn eerder een aanwijzing dat interferentie een rol speelt. Van wat voor soort interferentie er sprake is, is onduidelijk gebleven. Interferentie als enige oorzaak lijkt hoogst onwaarschijnlijk.

Vluchtsimulatorsessies

Voor de analyse van de vlucht is gebruik gemaakt van twee Boeing 737-800 vluchtsimulators; één op de luchthaven Schiphol en één bij Turkish Airlines in Istanbul. Het doel daarbij was tweeledig:

- Inzicht verkrijgen in de werkdruk van de cockpitbemanning tijdens de ILS nadering voor baan 18R.
 - Nagaan of herstel van de vlucht mogelijk was volgens de herstelprocedure van het Boeing.
- Op basis van de gegevens van het vliegtuig (configuratie, gewicht- en zwaartepuntligging), brandstofhoeveelheid, vliegroute, de cockpit voice recorder, flight data recorder gegevens en het weer is de vlucht diverse keren nagevloegen. Het was niet de bedoeling een exacte reconstructie te maken van de vlucht.

101 De fabrikant van radiohoogtemetercomputers heeft voldaan aan de ontwerp-specificaties voor de radiohoogtemetercomputer zoals vastgelegd in de industriestandaard Technical Standard Order (TSO) C87 en vereist door de vliegtuigfabrikant. De vliegtuigfabrikant dient zorg te dragen dat het totale radiohoogtemetersysteem zoals dat wordt geïnstalleerd in het vliegtuig voldoet aan certificatie-eisen van de Federal Aviation Administration (FAA).

102 TNO is een in Nederland gevestigde onafhankelijke onderzoeksorganisatie. TNO werkt voor uiteenlopende opdrachtgevers: overheden, grote en kleine bedrijven, dienstverleners en maatschappelijke organisaties.

Voor de analyse van de reconstructie van de nadering is gebruik gemaakt van de Boeing Multi-Purpose Engineering Cab Simulator (M-Cab) die voor alle typen Boeing vliegtuigen kan worden geprogrammeerd. Deze reconstructie gaf inzicht in de audiovisuele presentaties en de bewegingen en corresponderende krachten van de stuurkolommen in de cockpit. In de volgende bijlage wordt hier verder op ingegaan.

Onderzoek naar problemen met radiohoogtemetersystemen bij andere maatschappijen

Wereldwijd bleken meerdere luchtvaartmaatschappijen problemen te ervaren met radiohoogtemetersystemen. Ter vergelijking zijn van een tweetal Europese maatschappijen de klachten en ervaringen nader onderzocht.

Luchtvaartmaatschappij A

Bij één van de luchtvaartmaatschappijen waren vanaf eind 2007 van eenzelfde toestel een viertal meldingen door piloten ontvangen, waarbij de automatische piloot uitviel tijdens de naderingen. Beide automatische piloten waren ingeschakeld voor het maken van automatische landingen. In alle gevallen werd daarna een doorstart gemaakt.

Uit daarop volgend onderzoek van vluchtdata kwam naar voren dat in alle vier de gevallen het rechtersysteem op lage hoogte een radiohoogte van 0 voet aangaf. Eenmaal in de doorstart keerde de juiste hoogte korte tijd daarna weer terug. Na het ongeval met vlucht TK1951 heeft deze luchtvaartmaatschappij alsnog 17 vergelijkbare voorvallen ontdekt in verzamelde vluchtdata van dit toestel. Van deze voorvallen, welke zich overigens vóór het ongeval van vlucht TK1951 voordeden, zijn geen meldingen door de bemanningen gemaakt. De luchtvaartmaatschappij vermoedde dat zij deze afwijkingen niet hebben waargenomen en concludeerde dat eenmaal geland dergelijk fouten noch reproduceerbaar, noch traceerbaar waren met het volgen van de voorgeschreven onderhoudsprocedures (trouble shooting). De radiohoogtemetercomputer in het betrokken vliegtuig zou volgens ontwerp één klacht per 30.000 uren moeten hebben, maar bij deze luchtvaartmaatschappij bedroeg het gemiddelde één klacht per ongeveer 5.900 uren.

Luchtvaartmaatschappij B

Een andere luchtvaartmaatschappij voerde een intern betrouwbaarheidsonderzoek uit naar aanleiding van antennes van radiohoogtemetersystemen, die waren verwijderd nadat klachten optraden. Het betrof voornamelijk systemen die een 'vlagwaarschuwing lieten zien' ten teken dat het systeem niet meer werkte en verder fluctuerende en/of negatieve radiohoogten. Onvolkomenheden aan radiohoogtemetersystemen werden bij deze luchtvaartmaatschappij in eerste instantie vastgesteld via meldingen door piloten. De luchtvaartmaatschappij stelde vast dat de betrouwbaarheid van antennes voor de oudere Boeing 737's ongeveer één klacht per ongeveer 9.200 vlieguren bedroeg. Dit waren andere antennes en radiohoogtemetercomputers dan die waarmee het ongevalsvliegtuig was uitgerust. Voor de Boeing 737 NG, uitgevoerd met antennes zoals op TC-JGE maar ook met andere radiohoogtemetercomputers, was dat één klacht per 5.300 vlieguren bij deze luchtvaartmaatschappij.

Naar het oordeel van de luchtvaartmaatschappij biedt 'trouble shooten' weinig inzicht over waar het probleem zich precies bevindt in het systeem. Zij concludeerde dat corrosie niet als oorzaak wordt gezien voor fluctuerende radiohoogte. De luchtvaartmaatschappij trof veel scheurtjes en slechte contacten aan in de onderzochte antennes. Dit waren dezelfde soort antennes als op het ongevalsvliegtuig. De maatschappij sloot de mogelijkheid van interferentie in dit verband niet uit.

BIJLAGE M: SIMULATORTESTS

Bij Boeing werd een onderzoek uitgevoerd naar het gedrag van de Boeing 737-800 tijdens het herstel volgend op een overtrekwaarschuwing (activering van de stick shaker). Ook werd de eindnadering gereconstrueerd en geanalyseerd. Het onderzoek werd uitgevoerd in de Multi-Purpose Engineering Cab Simulator (MCab)¹⁰³ in de aanwezigheid van onderzoekers/vertegenwoordigers van de Onderzoeksraad, de NTSB, de Turkse DGCA, Turkish Airlines en Boeing.

De simulator was geconfigureerd als een 737-800 model met winglets (737-800W) en maakte gebruik van hetzelfde aerodynamische pakket als wordt gebruikt in commerciële Boeing 737-800W simulators met JAR-STD niveau D certificering. Het ongeval werd in de M-Cab gesimuleerd door de simulator te vliegen op basis van de vliegtuigpositie- en versnellingsgegevens uit de flight data recorder van vlucht TK1951 (ook wel een 'backdrive' van het ongeval genoemd) en de geheugengegevens van verschillende andere relevante vliegtuigsystemen, waaronder de twee vluchtbesturingscomputers en de autothrottlecomputer. Boeing testvluchtgegevens waren ook beschikbaar voor analyse.

De instrumenten in de M-Cab werden gelijk gesteld met de instrumentgegevens vastgelegd door de flight data recorder zodat deze als referentie konden dienen voor het onderzoeksteam in de M-Cab. Bovendien werd een kunstmatige kopie van de gegevens uit de cockpit voice recorder gecreëerd op basis van een door het onderzoeksteam verstrekte transcript en enkele keren werd de oorspronkelijke geluidsopname van de luchtverkeersleiding afgespeeld samen met de kunstmatige geluidsopname van de cockpit voice recorder. Er werd een onderbrekingsmogelijkheid ingesteld die de piloten in de M-Cab in staat stelde de automatische herhaling van het voorval uit te schakelen en de bediening van de simulatie over te nemen. Het onderzoeksteam maakte gebruik van de herhaling van het ongeval om inzicht te krijgen in de timing en om een weergave van de signalen en waarschuwingen te bekijken waarmee de piloten tijdens het ongeval werden geconfronteerd. Het team gebruikte de onderbrekingsmogelijkheid ook om verschillende theoretische hersteltechnieken te beoordelen.

Er werden ook simulatortesten uitgevoerd op twee standaard commerciële Boeing 737-800 trainingsimulators met JAR-STD niveau D certificering. Dit waren een trainingsimulator van Flight Simulation Company op Schiphol-Oost en een simulator in het trainingsgebouw van Turkish Airlines in Istanbul. Alle simulators toonden gelijke prestaties en gedrag.

De simulatortesten toonden aan dat het vliegtuig weer onder controle had kunnen komen vanaf het begin van de stick shaker tot ongeveer vijf seconden daarna, gebruikmakend van normale 'approach to stall' overtrektechnieken. Volgens de normale reactietijden die gelden om te voldoen aan de eisen voor FAR 25 certificering is slechts één seconde herkenningstijd beschikbaar tijdens de naderings- en landingsfase. De belangrijkste factor voor herstel was de tijdige selectie van stuurkracht. De stuurkrachten tijdens de herstellpogingen waren redelijk en ruim binnen de vereisten van FAR 25.143. Er werden meerdere pogingen ondernomen om het vliegtuig weer onder controle te krijgen zonder het stabilo opnieuw te trimmen totdat het vliegtuig op een veilige snelheid en meer dan 2.000 voet boven de grond vloog (met één hand aan het stuurkolom). Daarnaast werden herstellpogingen gedemonstreerd met één en beide automatische piloten ingeschakeld. De automatische piloot voerde met succes de initiële herstellpoging uit. Na de initiële herstellpoging was echter interventie van de piloot nodig (met één automatische piloot eerder dan met beide automatische piloten ingeschakeld).

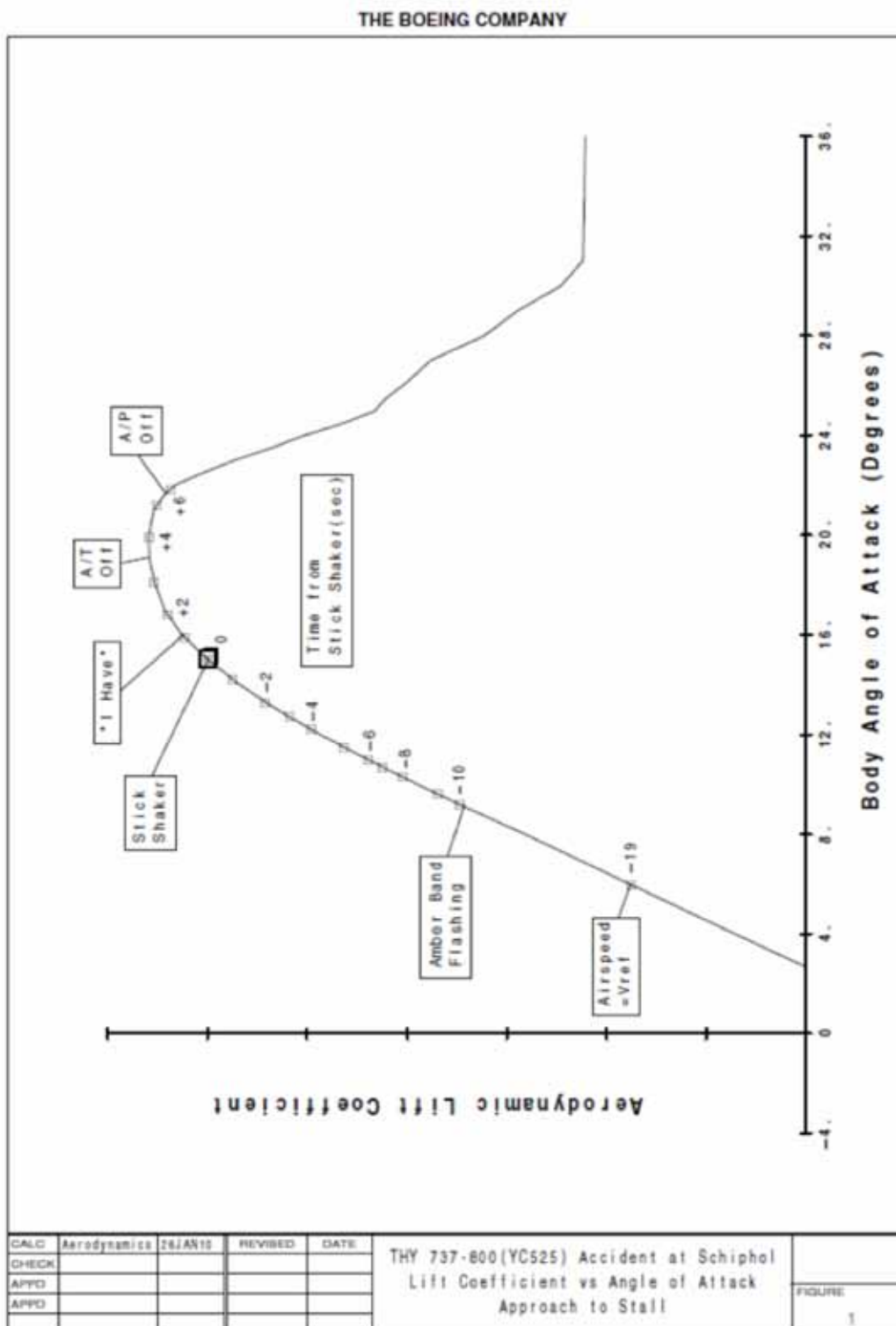
Evaluatie van de aerodynamische prestatiegegevens liet zien dat toen het vliegtuig eenmaal overtrok (ongeveer vijf seconden na de activering van de stick shaker) er onvoldoende hoogte was om het vliegtuig met succes weer onder controle te krijgen. De corrigerende vluchthandelingen na de overtrek zijn daarom niet onderzocht tijdens de simulatietesten in de M-Cab.

Analyse van de gegevens uit de flight data recorder toonde aan dat de automatische piloot, terwijl het glijpad werd gevolgd met de gashendels in idle, de neusstand van het vliegtuig omhoog bracht

103 De Multi-Purpose simulator van Boeing is een simulator met zes vrijheidsgraden voor beweging die voor alle Boeing-modellen kan worden geprogrammeerd.

naar ongeveer 18 graden boven de horizon. Dit gebeurde ter compensatie van de afnemende draagkracht die het gevolg was van de afnemende snelheid. Er bestaat een directe relatie tussen de stand van de neus en de rompinvalshoek (angle of attack: AOA) als een vliegtuig zich op het glijpad bevindt. Bij dit ongeval kwam de stand van de neus van 18 graden overeen met een rompinvalshoek van 22 graden.

Figuur 16 geeft aan dat maximum lift wordt bereikt bij een invalshoek van ongeveer 20 graden. Het vergroten van de invalshoek resulteert verder in verlies van lift en meer luchtweerstand.



Figuur 16: lift coëfficiënt tegenover de invalshoek, Boeing 737-800, flapsstand 40 (bron: Boeing)

Definitie van overtrekken volgens FAR 25.103:

"De voorschriften van § 25.201(d) bepalen dat de overtrokken situatie zich voordoet wanneer een vliegtuig een invalshoek heeft bereikt die aanzienlijk groter is dan die voor maximale lift. De corresponderende overtreksnelheid wordt gedefinieerd als de minimum snelheid bereikt in de overtrekmanoeuvre (...)."

Als de invalshoek groter is dan de kritieke invalshoek¹⁰⁴ bevindt het vliegtuig zich in overtrokken toestand. Omdat tijdens vlucht TK1951 de automatische piloot werd uitgeschakeld toen de kritieke invalshoek al was bereikt, vloog de bemanning het vliegtuig op de automatische piloot in een overtrek.

Hoogteverlies tijdens overtrek

Op basis van testvluchten en analyses verklaart Boeing:

"Het hoogteverlies van de 737-800 na de overtrek met idle vermogen (tussen C_{Lmax} ¹⁰⁵ en positieve klimsnelheid) is uiterst afhankelijk van de manoeuvre. Belangrijke factoren die van invloed zijn op het hoogteverlies zijn onder andere de timing en omvang van de selectie van stuwkracht en neusstand/snelheidsmanagement. Het te verwachten hoogteverlies voor deze manoeuvres ligt in de orde van een paar honderd voet. Een simulatie-analyse uitgevoerd om het hoogteverlies na de overtrek te evalueren resulteerde in een minimaal hoogteverlies van ongeveer 400 voet, uitgaande van een reactietijd van de piloot van nul seconden tussen C_{Lmax} en de toepassing van maximale stuwkracht. Iedere extra seconde vertraging in de toepassing van stuwkracht resulteerde in een extra hoogteverlies van ongeveer 50 voet."

De tijdsduur tussen het moment dat C_{Lmax} werd bereikt en de toepassing van maximale stuwkracht was ongeveer vijf seconden. Het bijbehorende hoogteverlies is ongeveer 250 voet. Als het hoogteverlies door overtrek gemeten tijdens de Boeing testvlucht (400 voet, zoals hierboven vermeld) wordt meegerekend, komt het totale hoogteverlies op ongeveer 650 voet, hoewel dit getal kan variëren afhankelijk van de neusstand/snelheidsmanagement.

Uit bovenstaande testvlieggegevens en de analyse van de simulatorvluchten bleek dat wanneer het vliegtuig overtrokken raakte het hoogteverlies voor herstel van de overtrokken toestand circa 500 tot 800 voet hoogte bedroeg. Toen tijdens vlucht TK1951 het vliegtuig in een overtrokken situatie terecht kwam, was de nog resterende hoogte van 400-450 voet niet meer voldoende om de situatie te herstellen.

Hoogteverlies zonder overtrek

Verder werden door Boeing testen uitgevoerd waarbij de neusstand van het vliegtuig werd beperkt tot de waarde van de 'pitch limiter indicator' op de kunstmatige horizon ('attitude direction indicator'), vlak boven de snelheid waarbij de stick shaker wordt geactiveerd. Een computersimulatie met hetzelfde aerodynamische model als de M-Cab werd gebruikt om een aantal theoretische herstelscenario's te genereren. Een mathematisch model (ter vervanging van de piloot) werd gebruikt voor de selectie van stuwkracht om de invalshoek van het vliegtuig onder de kritieke invalshoek te houden, en maximale stuwkracht werd geselecteerd op verschillende momenten na activering van de stick shaker. De simulatie liet zien dat door de invalshoek onder de kritieke invalshoek te houden, de toepassing van stuwkracht kon worden vertraagd tot maximaal 9 seconden na activering van de stick shaker en tevens dat herstel nog steeds mogelijk was door de automatische piloot op het moment van de activering van de stick shaker uit te schakelen en handmatig te vliegen. Dit werd uitgevoerd en bevestigd door twee niet-Boeing piloot-onderzoekers. Omdat het stabilo door de elektrische trim van de automatische piloot tot vlak voor de activering van de stick shaker met de neus volledig naar boven was getrimd, was het vliegtuig min of meer in trim. De daarop volgende stuurkracht was daarom laag en er was nauwelijks enige stuurkracht nodig om de neusstand rond de 'pitch limit indicator' waarde te houden. Het hoogteverlies had te maken met de vertraging in de selectie van maximale stuwkracht. Het overeenkomstige hoogteverlies bij een vertraging van negen seconden in de selectie van maximale stuwkracht was ongeveer 450 voet (dat wil zeggen geen grondcontact).

104 Zodra het vliegtuig de kritieke invalshoek overschrijdt waarbij maximum lift wordt gegenereerd, zal de vleugel overtrekken.

105 Maximum aerodynamische liftcoëfficiënt.

Herstelgedrag

Er werd ook onderzoek uitgevoerd naar de hersteleigenschappen van de Boeing 737-800 op het moment dat de stick shaker werd geactiveerd, met en zonder de automatische piloot ingeschakeld. Rekening houdend met de reactietijd, werd één seconde na de stick shaker waarschuwing maximale stuwkracht geselecteerd. Het vliegtuig werd gevlogen met de automatische piloot ingeschakeld en het stabilo getrimd tot een snelheid werd bereikt iets boven de snelheid waarop de overtrekwaarschuwing begon. Bij deze snelheid bereikte het stabilo zijn maximale neus-omhoog stand (neusstand trim volledig naar boven) en kon niet verder neus-omhoog worden getrimd. Dit was ook het geval bij vlucht TK1951. Als gevolg van het maximale neus-omhoog moment en de bijbehorende lage snelheid net boven de overtreksnelheid, die lager was dan de FAR 25.103 criteria (zie hieronder), was de effectiviteit van het hoogteroer mogelijk minder dan gedemonstreerd tijdens certificatie testen.

De FAR 25.103 overtrekprocedures tijdens (certificatie-)testen geven aan:

...Het vliegtuig dient voor automatische vlucht te zijn getrimd op een snelheid die 20 tot 40 procent boven de overtreksnelheid ligt,....

De selectie van maximale stuwkracht resulteert bij motoren onder de vleugel in een extra neus-omhoog moment. Als de snelheid laag genoeg is, moet de neus naar beneden worden getrimd om volledige controle te behouden over de neusstand. Deze situatie werd tijdens de M-Cab sessies bevestigd.

Handmatig herstel

Tijdens het handmatige herstel, onder de hierboven aangegeven omstandigheden, moest de stuurkolom volledig naar voren worden geduwd om te voorkomen dat de neusstand hoger zou worden dan de 'pitch limit indicator' waarde, wat zou leiden tot het overtrekken van het vliegtuig. Naarmate het herstel vorderde, was het niet altijd mogelijk de neusstand van het vliegtuig op of onder de 'pitch limit indicator' waarde te houden, in de meeste gevallen zonder het stabilo te trimmen. Er was echter gedurende minstens 40 seconden voldoende controle over het hoogteroer voordat moest worden getrimd. De bedieningskracht lag maximaal tussen 30-50 pond en was zodanig dat de stuurkolom met één hand volledig naar voren kon worden geduwd. Evaluatie van verschillende hersteltechnieken liet zien dat tijdige toepassing van stuwkracht kon zorgen voor herstel na activering van de stick shaker. Als er niet binnen enkele seconden na activering van de stick shaker stuwkracht werd toegepast, kon het vliegtuig nog steeds worden hersteld door te sturen ter voorkoming dat het vliegtuig overtrok.

Herstel met één ingeschakelde automatische piloot

Herstel met één automatische piloot ingeschakeld was toereikend gedurende de eerste 15-20 seconden. Daarna had de automatische piloot onvoldoende controle over de neusstand, wat leidde tot een onbeheersbare toename van de neusstand van veel meer dan 25 graden, resulterend in een overtrek. Om de neusstand onder controle te krijgen en te voorkomen dat het vliegtuig zou overtrekken, moest de controle binnen 20 seconden handmatig worden overgenomen en moest binnen ongeveer 40 seconden worden getrimd.

Herstel met twee ingeschakelde automatische piloten

Ook in deze situatie overschreed de neusstand de 25 graden, hoewel minder sterk, vanwege de toegenomen capaciteit van de automatische piloten om kracht uit te oefenen op het hoogteroer. Het handmatig ontkoppelen van de automatische piloot en verlagen van stuwkracht of trimmen van het stabilo resulteerde in succesvol herstel.

BIJLAGE N: SOORTGELIJKE VOORVALLEN

TC-JGE was bij twee soortgelijke voorvallen betrokken, welke bekend zijn geworden via de flight data recorder.

Voorval A

Op 23 februari 2009 maakte TC-JGE een ILS nadering met twee automatische piloten ingeschakeld voor baan 27 links van de luchthaven London Heathrow in Engeland. Bij het passeren van 500 voet hoogte gaf het radiohoogtemetersysteem van de gezagvoerder (links) een negatieve waarde aan en de twee automatische piloten schakelden zichzelf uit. De autothrottle kwam op dit moment in de 'retard flare' modus en de gashendels gingen naar achteren. De vliegsnelheid daalde onder de geselecteerde snelheid. Na vier seconden schakelde de bemanning de autothrottle uit en bracht de gashendels met de hand weer naar voren. Het vliegtuig landde vervolgens veilig.

Voorval B

Op 24 februari 2009 maakte TC-JGE een ILS nadering met de rechter automatische piloot ingeschakeld voor baan 23 rechts van de luchthaven Damascus in Syrië. Bij het passeren van 4000 voet hoogte gaf het radiohoogtemetersysteem van de gezagvoerder (links) een negatieve waarde aan. Nadat de flaps op ongeveer 2500 voet waren geselecteerd kwam de autothrottle in de 'retard flare' modus. De vliegsnelheid op dat moment was 209 knopen en de geselecteerde snelheid was 155 knopen. Na 74 seconden op 1500 voet gevlogen te hebben kwam de vliegsnelheid onder de geselecteerde snelheid. Op 1400 voet hoogte was de snelheid 16 knopen onder de geselecteerde snelheid gekomen. De gashendels werden naar voren geschoven; hierop volgde een neusbeweging omhoog met een hoogte- en snelheidtoename. Vervolgens werd door de bemanning de geselecteerde snelheid verlaagd naar 138 knopen. Enkele seconden later schakelde de bemanning de autothrottle en de automatische piloot uit. De 'retard flare' modus was voor 94 seconden geactiveerd geweest.

Op 1600 voet werd door de bemanning de autothrottle weer ingeschakeld. Na 10 seconden kwam de autothrottle voor een tweede keer in de 'retard flare' modus. Twee seconden later schakelde de bemanning de autothrottle uit en bracht de gashendels met de hand naar voren. Het vliegtuig landde vervolgens veilig met het automatische vluchtsysteem uitgeschakeld.

Na het ongeval met TC-JGE op 25 februari zijn nog vier soortgelijke voorvallen ter kennis gesteld aan de Onderzoeksraad, aangeduid als voorval 1 t/m 4.

Voorval 1

Op 7 april 2009 maakte een Boeing 737-800 een ILS nadering met twee automatische piloten ingeschakeld voor baan 16R van de luchthaven Sydney in Australië. Bij het passeren van 150 voet hoogte gaf het linker radiohoogtemetersysteem een waarde aan van -7 voet en genereerde het ground proximity warning system een 10 voet signaal. Omdat twee automatische piloten waren ingeschakeld en er een verschil in radiohoogte input was tussen de twee radiohoogtemeters, schakelden beide automatische piloten zichzelf uit. Als gevolg van de linker radiohoogtewaarde kwam de autothrottle in de 'retard flare' modus en gingen de gashendels naar achteren. Hierop schakelde de bemanning de autothrottle uit en bracht de gashendels met de hand weer naar voren. Het vliegtuig landde vervolgens veilig.

Voorval 2

Op 10 april 2009 maakte een Boeing 737-800 een ILS nadering met één automatische piloot ingeschakeld voor baan 18C van de luchthaven Schiphol. Na het neerlaten van het landingsgestel veranderde de aanduiding van het linker radiohoogtemetersysteem plotseling van 1800 voet naar -5 voet. Het rechter radiohoogtemetersysteem gaf een correcte hoogte aan. Op hetzelfde moment werd de 'retard flare' modus van de autothrottle geactiveerd. De bestuurder schakelde na acht seconden de autothrottle uit en bracht de gashendels met de hand in de stand die op dat moment vereist was. Op 800 voet gaf het linker radiohoogtemetersysteem weer een hoogtewaarde aan die overeenkwam met de waarde van het rechter radiohoogtemetersysteem. Tijdens het resterende deel van de nadering gaven de rechter en linker radiohoogtemetersystemen dezelfde waarden aan. In de laatste fase faalde de geluidsindicatie die vanaf 500 voet boven de grond elke 100 voet de hoogte aangeeft. Er werd een veilige landing gemaakt.

Voorval 3

Op 12 juli 2009 maakt een Boeing 737-700 een nadering voor baan 16 van de luchthaven Calgary in Canada. De eerste officier bestuurdde het vliegtuig. Bij het passeren van een hoogte van 1000 voet schakelde de eerste officier de automatische piloot uit om vervolgens de nadering handmatig te vliegen; de autothrottle bleef echter wel ingeschakeld. Hij hield zijn hand op de gashendels. Op een hoogte van circa 150 voet voelde hij de gashendels naar achteren bewegen. Ook constateerde hij dat de snelheid onder de geselecteerde snelheid van 133 knopen zakte. De autothrottle modus 'retard flare' bleek te zijn geactiveerd. Dit was zichtbaar via de flight mode annunciator met de aanduiding 'RETARD'. De eerste officier schakelde de autothrottle uit, selecteerde handmatig vermogen en maakte een veilige landing.

Voorval 4

Op 28 september 2009 maakt een Boeing 737-700 een nadering voor baan 16 van de luchthaven Salzburg in Oostenrijk. De twee automatische piloten waren ingeschakeld. Op ongeveer 150 voet hoogte ontstond er een verschil tussen de weergegeven radiohoogtewaarden van het linker en rechter radiohoogtemetersysteem. De autothrottle kwam in de 'retard flare' modus. Als gevolg van het verschil tussen de radiohoogtewaarden schakelden beide automatische piloten zichzelf vervolgens uit. Op ongeveer 120 voet hoogte veranderde de autothrottle modus van 'retard flare' naar de modus 'mode control panel speed'. De bemanning schakelde daarna de autothrottle uit en het vliegtuig landde vervolgens veilig.

In elk van de vier voorvallen, grepen de piloten in door handmatig de gashendels te bedienen binnen 10 seconden na de activering van de 'retard flare' modus. In geen van de voorvallen daalde de vliegsnelheid meer dan 4 knopen onder de geselecteerde snelheid.

BIJLAGE O: BEOORDELINGSKADER

Internationale regelgeving

De voor dit onderzoek relevante internationale regelgeving omvat:

1. De 'Standards en Recommended Practices' (regels en aanbevolen werkwijzen) in de bijlagen (Annexen) bij het verdrag van Chicago van de internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO)
2. Verordeningen van de Europese Unie
3. Voorschriften van de Joint Aviation Authorities (JAA) met betrekking tot het gebruik van vliegtuigen ten behoeve van commercieel luchtvervoer
4. Certificeringseisen van de Federal Aviation Administration (FAA)

Ad. 1 De Annexen bij het verdrag van Chicago

ANNEXEN (bijlagen)

In het kader van het onderhavige onderzoek zijn vijf Annexen van bijzonder belang, te weten de Annexen 2, 6, 8, 10 en 11.

ICAO Annex 2 - Rules of the Air

De regels in dit document bepalen samen met de regels en aanbevolen werkwijzen in Annex 11, de toepassing van de 'Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management (PANS-ATM)' en de 'Regional Supplementary Procedures - Rules of the Air and Air Traffic Services', die in document 7030 staan. In het laatstgenoemde document staan aanvullende procedures voor regionale toepassing.

Het voor dit onderzoek relevante hoofdstuk is:

- Hoofdstuk 2, toepasbaarheid van de 'rules of the air'

ICAO Annex 6 - Operation of Aircraft, part I - International Commercial Air Transport - Aeroplanes

Het doel van Annex 6 is de veiligheid van de internationale luchtvaart te bevorderen door het stellen van criteria voor de gebruiksvoorschriften van luchtvaartuigen. Daarmee wordt bevorderd dat de aangesloten staten commerciële luchtvaartuigen van een andere staat, waarvan het gebruik aan deze criteria voldoet, zullen toelaten boven hun grondgebied en zodoende bijdragen aan de doelmatigheid en orde van het internationale burgerluchtvaartverkeer.

Annex 6, deel I, bevat de voorschriften ten behoeve van commercieel luchtverkeer met vliegtuigen. In hoofdstuk 2 (toepasselijkheid) van deze Annex wordt bepaald:

"The Standards and Recommended Practices contained in Annex 6, Part I, shall be applicable to the operation of aeroplanes by operators authorized to conduct international commercial air transport operations."

Vertaling

"De in Annex 6, deel I, opgenomen regels en aanbevolen werkwijzen dienen te worden toegepast bij het gebruik van vliegtuigen door luchtvaartmaatschappijen die geautoriseerd zijn internationaal commercieel luchtvervoer uit te voeren."

Annex 6, deel I, bevat diverse voor dit onderzoek relevante voorschriften. Het betreft onder meer:

- Hoofdstuk 3.2 veiligheidsmanagement
- Hoofdstuk 4.2 operationele certificering en toezicht
- Hoofdstuk 4.4 procedures tijdens de vlucht
- Hoofdstuk 6 instrumenten, uitrusting en documenten
- Hoofdstuk 8 onderhoud
- Hoofdstuk 9 cockpitbemanning
- Hoofdstuk 11 hand- en logboeken
- Hoofdstuk 12 cabinebemanning

Voorts bevat Annex 6 een aantal relevante bijlagen:

- Bijlage 2 indeling en inhoud van een operations manual
- Bijlage 5 toezicht op veiligheid bij luchtvaartmaatschappijen
- Bijlage C gebruikslimieten voor vliegtuigen

ICAO Annex 8 - Airworthiness of Aircraft

Annex 8 bevat de regels en aanbevolen werkwijzen voor de luchtwaardigheid van luchtvaartuigen. Het betreft de typecertificering, ontwerpgoedkeuring, certificering van luchtwaardigheid en de zogenoemde permanente luchtwaardigheid. Deel III A van Annex 8 vermeldt de regels en aanbevolen werkwijzen met betrekking tot de luchtwaardigheid van grote vliegtuigen (boven 5700 kilogram) waarvan de certificering na 13 juni 1960 en voor 2 maart 2004 heeft plaatsgevonden.

De voor dit onderzoek relevante hoofdstukken zijn:

- Hoofdstuk 2 vlucht
- Hoofdstuk 8 instrumenten en uitrusting
- Hoofdstuk 9 gebruiksgrenzen en informatie

ICAO Annex 10 - Aeronautical Telecommunications, Volume 1 - Radio Navigation Aids

Annex 10, deel 1 Radio Navigation Aids, bevat regels en aanbevolen werkwijzen voor bepaalde radionavigatiehulpmiddelen.

Het voor dit onderzoek relevante hoofdstuk is:

- Hoofdstuk 3.1 specificaties voor ILS

ICAO Annex 11 - Air Traffic Services

Annex 11 bevat regels en aanbevolen werkwijzen met betrekking tot luchtverkeersleiding. Deze Annex heeft betrekking op de indeling van het luchtruim en luchtverkeersleidingsdiensten die een veilige, ordelijke en vlotte afwikkeling van het luchtverkeer tot doel hebben. De regels en aanbevolen werkwijzen van deze Annex zijn van toepassing in de delen van het luchtruim die onder de jurisdictie van een aangesloten staat vallen en waar luchtverkeersleidingsdiensten worden verleend. Voor dit onderzoek relevante hoofdstukken zijn:

- Hoofdstuk 2 algemeen
- Hoofdstuk 3 luchtverkeersleidingsdiensten
- Hoofdstuk 6 communicatievoorschriften voor luchtverkeersleidingsdiensten

Overige documenten

Naast Annex 11, geeft ICAO document 4444 'Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management (PANS-ATM)', nadere bepalingen met betrekking tot luchtverkeersleidingsprocedures. PANS-ATM is aanvullend op Annex 11. De hoofdstukken in dit document die voor het onderzoek relevant zijn, zijn:

- Hoofdstuk 1 veiligheidsmanagement
- Hoofdstuk 4 algemene bepalingen voor luchtverkeersleiding
- Hoofdstuk 6 separatie in de nabijheid van luchthavens
- Hoofdstuk 7 procedures voor plaatselijke luchtverkeersleidingsdiensten
- Hoofdstuk 8 luchtverkeersdiensten toezichtprocedures

Daarnaast is er document 8168 'Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations', Volume 1 Flight Procedures, dat onder meer operationele procedures beschrijft, die worden aanbevolen als leidraad voor vluchtoperationeel personeel en vliegtuigbemanningen. Het hoofdstuk in dit document dat voor het onderzoek relevant is, is:

- Hoofdstuk 5 eindnaderingssegment

Ad. 2 Verordeningen van de Europese Unie

Verordening EG 1592/2002

Het Europees agentschap voor de veiligheid van de luchtvaart (EASA) is opgericht bij verordening EG 1592/2002 van 15 juli 2002 (inmiddels vervangen door verordening 216/2008 van 20

februari 2008). De taken van EASA zijn allereerst nader uitgewerkt in zogeheten Implementing Rules, die eveneens zijn neergelegd in verordeningen: verordening EG 1702/2003 en verordening EG 2042/2003. EASA geeft vervolgens nadere uitwerking aan de wijze waarop het zijn taken zal uitvoeren door middel van, onder meer, zogeheten Acceptable Means of Compliance. Deze hebben geen wettelijke status, maar geven weer op welke manieren in ieder geval kan worden voldaan aan vereisten uit de Implementing Rules. Men blijft echter vrij om, binnen de mogelijkheden die daartoe aanwezig zijn, op andere wijze aan die vereisten van de Implementing Rules te voldoen. Daarnaast vaardigt EASA zogeheten Guidance Material uit, waarin nadere uitleg over de voorschriften is opgenomen.

Verordening EG 1702/2003

Deze verordening, van 24 september 2003, regelt de taken van EASA op het gebied van de certificering van de (initiële) luchtwaardigheid en de milieucertificering van luchtvaartuigen en aanverwante producten, onderdelen en uitrustingsstukken, alsmede de certificering van ontwerp- en productieorganisaties. Bij de verordening is een gedetailleerde bijlage gevoegd, het zogeheten Part 21. Hierin zijn de vereisten en procedures neergelegd waaraan moet worden voldaan om voor de bedoelde vormen van certificering in aanmerking te komen. Zowel de certificering als het toezicht op het naleven van deze regelgeving, voor zover ontwerp gerelateerde onderwerpen, liggen in handen van EASA; dus de certificering van producten, het uitgeven van Airworthiness Directives en het certificeren van en het toezicht op ontwerporganisaties. De nationale autoriteiten van de lidstaten zijn verantwoordelijk voor de certificering van en het toezicht op de andere in Part 21 gereguleerde onderwerpen, onder andere productieorganisaties, uitgifte van bewijzen van luchtwaardigheid et cetera.

Verordening EG 2042/2003

Deze verordening, van 20 november 2003, betreft de permanente luchtwaardigheid van luchtvaartuigen en van producten voor de luchtvaart, onderdelen en apparatuur, en de goedkeuring van organisaties en personeel dat daarbij is betrokken. Daarin worden gemeenschappelijke technische vereisten en administratieve procedures vastgelegd ten behoeve van de permanente luchtwaardigheid van luchtvaartuigen, waarbij inbegrepen elk onderdeel dat daarin wordt geïnstalleerd, die in een lidstaat zijn geregistreerd. Binnen de lidstaten liggen de certificering en het toezicht op het naleven in handen van de nationale autoriteiten. Buiten de EU ligt dit in handen van EASA voor zover de daar gevestigde bedrijven hun werkzaamheden binnen de EU erkend willen hebben.

Ad. 3 Voorschriften van de Joint Aviation Authorities

Op een deel van het oorspronkelijke werkterrein van de JAA is inmiddels EASA bevoegd als Europese luchtvaartautoriteit. De Europese regelgeving die aan de basis ligt van de taakuitoefening door EASA is ontleend aan JAR's. De tekst van de bijlagen bij de Verordeningen 1702/2003 en 2042/2003 is grotendeels identiek aan de tekst van de vroegere JAR's. Ook de nummering is gehandhaafd.

JAR-OPS 1 - Commercial Air Transportation (Aeroplanes)

Het hoofdstuk 'Applicability' van JAR-OPS 1 luidt als volgt:

"JAR-OPS Part 1 beschrijft de vereisten die van toepassing zijn op het gebruik van elk civiele vliegtuig ten behoeve van het commerciële luchtvervoer door elke luchtvaartmaatschappij wiens voornaamste plaats van werkzaamheden is gevestigd in een JAA lidstaat."

De volgende voorschriften uit JAR-OPS 1 zijn met name van belang voor dit onderzoek:

- JAR-OPS 1.005 General
- JAR-OPS 1.035 Quality system
- JAR-OPS 1.037 Accident prevention and flight safety programme
- JAR-OPS 1.085 Crew responsibilities
- JAR-OPS 1.090 Authority of the commander
- JAR-OPS 1.200 Operations manual
- JAR-OPS 1.205 Competence of operations personnel
- JAR-OPS 1.210 Establishment of Procedures

- JAR-OPS 1.230 Instrument departure and approach procedures
- JAR-OPS 1.310 Crew members at stations
- JAR-OPS 1.320 Seats, safety belts and harnesses
- JAR-OPS 1.325 Securing of passenger cabin and galley(s)
- JAR-OPS 1.420 Occurrence reporting
- JAR-OPS 1.652 IFR or night operations - Flight and navigational instruments and associated equipment
- JAR-OPS 1.940 Composition of flight crew
- JAR-OPS 1.943 Initial operators CRM-training
- JAR-OPS 1.945 Conversion training and checking
- JAR-OPS 1.965 Recurrent training and checking
- JAR-OPS 1.975 Route and aerodrome competence qualification
- JAR-OPS 1.1040 General Rules for Operations Manuals.

JAR-FCL - Flight Crew Licensing (Aeroplane)

Joint Aviation Requirements voor Flight Crew Licensing (JAR-FCL) zijn ontwikkeld voor alle soorten vliegbrevetten en bevoegdheden om het gebruik hiervan mogelijk te maken in elk van de JAA lidstaten zonder dat hier aanvullende (nationale) formaliteiten voor nodig zijn.

Uit JAR-FCL zijn van belang:

- JAR-FCL 1.240 Type and class ratings - Requirements
- JAR-FCL 1.245 Type and class ratings - Validity, revalidation and renewal
- JAR-FCL 1.262 Type and class ratings - Skill
- JAR-FCL 1.295 Skill (ATPL)

Ad. 4 Certificeringseisen van de Federal Aviation Administration (FAA)

Op basis van de certificeringseisen in de Federal Aviation Regulations FAR 25 (Airworthiness standards - Transport category airplanes) is de Boeing 737 goedgekeurd. Voor het onderzoek zijn de volgende FAR's van belang:

- FAR 25.143 Controllability and Maneuverability, subpart B Flight
- FAR 25.1301 Function and installation, subpart F Equipment
- FAR 25.1309 Equipment, systems, and installations, subpart F Equipment
- FAR 25.1431 Electronic equipment, subpart F Equipment

Voor de interpretatie van de FAR's zijn de volgende Advisory Circulars (AC) van belang:

- AC 25-7A, secties over 25.1301, 25.1309 en 25.1431
- AC 25.1309-1A

In FAR 25.143 Controllability and Maneuverability, subpart B Flight staat vermeld:

- (a) The airplane must be safely controllable and maneuverable during:
 - (1) Takeoff;
 - (2) Climb;
 - (3) Level flight;
 - (4) Descent; and
 - (5) Landing.
- (b) It must be possible to make a smooth transition from one flight condition to any other flight condition without exceptional piloting skill, alertness, or strength, and without danger of exceeding the airplane limit-load factor under any probable operating conditions, including:
 - (1) The sudden failure of the critical engine;
 - (2) For airplanes with three or more engines, the sudden failure of the second critical engine when the airplane is in the en route, approach, or landing configuration and is trimmed with the critical engine inoperative; and
 - (3) Configuration changes, including deployment or retraction of deceleration devices.
- (c) The airplane must be shown to be safely controllable and maneuverable with the critical ice

accretion appropriate to the phase of flight defined in appendix C, and with the critical engine inoperative and its propeller (if applicable) in the minimum drag position:

- (1) At the minimum V₂ for takeoff;
- (2) During an approach and go-around; and
- (3) During an approach and landing.
- (d) The following table prescribes, for conventional wheel type controls, the maximum control forces permitted during the testing required by paragraph (a) through (c) of this section:

Force, in pounds, applied to the control wheel or rudder pedals	Pitch	Roll
For short term application for pitch and roll control, two hands available for control...	75	50
For short term application for pitch and roll control, one hand available for control...	50	25

In FAR 25.1301 Function and installation, subpart F Equipment staat vermeld:

- \(a) Each item of installed equipment must--
- (1) *Be of a kind and design appropriate to its intended function;*
 - (2) ...
 - (3) ...
 - (4) *Function properly when installed.*
- (...)'

In FAR 25.1309 Equipment, systems, and installations, subpart F Equipment staat vermeld:

- \(a) The equipment, systems, and installations whose functioning is required by this subchapter, must be designed to ensure that they perform their intended functions under any foreseeable operating condition.
- (b) *The airplane systems and associated components, considered separately and in relation to other systems, must be designed so that--*
- (1) ...
 - (2) *The occurrence of any other failure condition which would reduce the capability of the airplane or the ability of the crew to cope with adverse operating conditions is improbable.*
- (c) *Warning information must be provided to alert the crew to unsafe system operating conditions, and to enable them to take appropriate corrective action. Systems, controls, and associated monitoring and warning means must be designed to minimize crew errors which could create additional hazards.*
- (...)'

In AC 25-7A (25.1309) staat vermeld:

- \(...)
- (d) *Compliance with the requirements of paragraph (b) of this section must be shown by analysis, and where necessary, by appropriate ground, flight, or simulator tests. The analysis must consider - (4) The crew warning cues, corrective action required, and the capability of detecting faults.*
- (...)'

In aanvulling daarop staat in AC 25.1309 vermeld:

- \(...)
- (g) *Acceptable means of compliance with Section 25.1309(c). Section 25.1309(c) requires that warning information must be provided to alert the crew to unsafe system operating conditions, and to enable them to take appropriate corrective action. It also requires that systems, controls, and associated monitoring and warning means must be designed to minimize crew errors which could create additional hazards. Compliance with this section is shown qualitatively.*
- (1) *Failure warning or indication may either be natural (inherent) or designed into a system. In either case, it should be timely, rousing, obvious, clear, and unambiguous. It should occur at a point in a potentially catastrophic sequence of failures where the airplane's capability and the crew's ability still remain sufficient for appropriate corrective crew action.*
 - (2) *Unless they are accepted as normal airmanship, procedures for the crew to follow after the*

occurrence of failure warning should be described in the FAA approved Airplane Flight Manual (AFM) or AFM revision or supplement.

(...)'

In AC 25-7A (25.1309) staat vermeld:

(...)

(2) Evaluate failure conditions, as appropriate, to determine their impact on the capability of the airplane or the ability of the crew to operate it.

(4) Verify that adequate warnings are provided of unsafe conditions, and that these warnings enable the flightcrew to take appropriate corrective action with a minimum of error.

(...)'

In FAR 25.1431 Electronic equipment, subpart F Equipment staat vermeld:

(a) ...

(b) ...

(c) Radio and electronic equipment, controls, and wiring must be installed so that operation of any one unit or system of units will not adversely affect the simultaneous operation of any other radio or electronic unit, or system of units, required by this chapter.'

Documenten Turkish Airlines

Operations manual

Ingevolge JAR-OPS 1.200 heeft Turkish Airlines het Operations Manual uitgegeven. Dit handboek is verdeeld in vier hoofdstukken overeenkomstig JAR-OPS 1.1045:

Deel A - Algemeen/basis

Deel B - Vliegtuigoperationele zaken

Deel C - Route- en luchthaveninstructie en informatie

Deel D - Training

Deel A beschrijft onder andere de inrichting van de organisatie en de algemene vluchtprocedures.

De voor dit onderzoek relevante hoofdstukken van deel A zijn:

- Hoofdstuk 1 Organisatie en verantwoordelijkheden
- Hoofdstuk 2 Operationele controle en supervisie
- Hoofdstuk 3 Kwaliteitssysteem
- Hoofdstuk 4 Samenstelling van de bemanning
- Hoofdstuk 5 Kwalificatie-eisen
- Hoofdstuk 8 Operationele procedures

Deel B beschrijft de Standaard Operationele Procedures voor het gebruik van alle vliegtuigen binnen Turkish Airlines. Sectie A beschrijft de standaardprocedures, die niet type-afhankelijk zijn. Sectie B beschrijft de standaardprocedures per type vliegtuig, in dit geval de Boeing 737-800.

De voor dit onderzoek relevante hoofdstukken van sectie B zijn:

- Hoofdstuk 1 Beperkingen
- Hoofdstuk 2 Normale procedures
- Hoofdstuk 3 Afwijkende en noodprocedures
- Hoofdstuk 4 Prestaties
- Hoofdstuk 9 Minimum uitrustingslijst
- Hoofdstuk 11 Evacuatieprocedures
- Hoofdstuk 12 Vliegtuigsystemen

Deel C verwijst naar handboeken (Jeppesen, FCOM, ICAO, JAR-OPS 1) die informatie en instructies betreffende routes en luchthavens bevatten.

Deel D vermeldt de interne richtlijnen en voorschriften met betrekking tot de training van zowel de cockpit- als cabinebemanningen van Turkish Airlines.

De voor dit onderzoek relevante hoofdstukken van deel D zijn:

- Hoofdstuk 1 Algemeen
- Hoofdstuk 2 Training van cockpitpersoneel
 - Paragraaf 9 Lijntraining en checks
 - Paragraaf 10 Lijst van trainingen
- Hoofdstuk 3 Training van cabine personeel
- Hoofdstuk 5 Procedures voor training en checks

Aandachtspunten Onderzoeksraad voor Veiligheid

Veiligheidsmanagement heeft betrekking op de manier waarop organisaties, naast de beschikbare wet- en regelgeving, normen en richtlijnen, invulling geven aan hun verantwoordelijkheid met betrekking tot veiligheid. Het gaat dan bijvoorbeeld over de manier waarop risico's voor betrokkenen in kaart worden gebracht en gestructureerd worden beheerst. Om dit hele proces uit te voeren en transparant te maken, en mogelijkheden voor continue verbetering te creëren, is een structuur noodzakelijk binnen de organisatie. Die structuur wordt het veiligheidsmanagement-systeem genoemd. Uit diverse ongevallen in het verleden is gebleken dat de structuur van het veiligheidsmanagementsysteem en de manier waarop betrokken partijen daaraan invulling geven, een cruciale rol spelen bij het beheersen, borgen en continu verbeteren van veiligheid.

De Onderzoeksraad hanteert bij zijn onderzoeken vijf algemene veiligheidsuitgangspunten om na te gaan of en zo ja hoe partijen invulling hebben gegeven aan hun eigen verantwoordelijkheid voor veiligheid. De minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties is hierover per brief door de Onderzoeksraad geïnformeerd.

1. Aantoonbaar inzicht verwerven in de risico's ten aanzien van de veiligheid als basis voor de veiligheidsaanpak
Startpunt voor het bereiken van het vereiste niveau van veiligheid is:
 - een verkenning van het hele systeem, en
 - een inventarisatie van de bijbehorende risico's.Op basis hiervan wordt vastgesteld welke gevaren dienen te worden beheerst en welke preventieve en repressieve maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.
2. Aantoonbare en realistische veiligheidsaanpak
Ter voorkoming en beheersing van ongewenste gebeurtenissen moet een realistische en praktisch toepasbare veiligheidsaanpak (ofwel veiligheidsbeleid) worden vastgelegd. Deze veiligheidsaanpak is gebaseerd op:
 - relevante vigerende wet- en regelgeving (paragraaf 3.2);
 - beschikbare normen, richtlijnen en "best practices" uit de branche, eigen inzichten en ervaringen van de organisatie en de voor de organisatie specifiek opgestelde veiligheidsdoelstellingen.
3. Uitvoeren en handhaven van de veiligheidsaanpak
Het uitvoeren en handhaven van de veiligheidsaanpak en het beheersen van de geïdentificeerde risico's vindt plaats door:
 - een beschrijving van de manier waarop de gehanteerde veiligheidsaanpak tot uitvoering wordt gebracht, met aandacht voor de concrete doelstellingen, en inclusief de daaruit voortvloeiende preventieve en repressieve maatregelen;
 - transparante, eenduidige en voor ieder toegankelijke verdeling van verantwoordelijkheden ten aanzien van de veiligheid op de werkvloer voor wat betreft de uitvoering en de handhaving van veiligheidsplannen en maatregelen;
 - duidelijke vastlegging van de vereiste personele inzet en deskundigheid voor de verschillende taken;
 - een duidelijk en actieve centrale coördinatie van veiligheidsactiviteiten.
 - realistisch oefenen en testen van de veiligheidsaanpak.

4. Aanscherping van de veiligheidsaanpak
De veiligheidsaanpak dient continu te worden geëvalueerd en aangescherpt op basis van:
- het periodiek en in ieder geval bij iedere wijziging van uitgangspunten, uitvoeren van (risico)analyses op het gebied van veiligheid, observaties, inspecties en audits (proactieve aanpak);
 - een systeem van monitoring en onderzoek van bijna-ongevallen en ongevallen in het complex, en een deskundige analyse daarvan (reactieve aanpak).
Op basis hiervan worden evaluaties uitgevoerd en verbeterpunten aan het licht gebracht waarop actief kan worden gestuurd.
5. Managementsturing, betrokkenheid en communicatie
Het management van de betrokken partijen/organisatie dient:
- intern zorg te dragen voor duidelijke en realistische verwachtingen ten aanzien van de veiligheidsambitie, zorg te dragen voor een klimaat van continue verbetering van de veiligheid op de werkvloer;
 - extern duidelijk te communiceren over de algemene werkwijze, de wijze van toetsing daarvan, procedures bij afwijkingen et cetera, op basis van heldere en vastgelegde afspraken met de omgeving.

BIJLAGE P: BETROUWBAARHEIDS-MONITORINGPROGRAMMA

De afdeling Reliability

De afdeling Reliability, die onder Turkish Technic Inc. valt, bewaakt de betrouwbaarheid van vliegtuigen, systemen en componenten en doet dit voornamelijk ter ondersteuning van het onderhoud. De afdeling analyseert data om corrigerende acties aan de vloot van Turkish Airlines te sturen en te ondersteunen.

Bij Turkish Airlines is er een betrouwbaarheids-monitoringprogramma aanwezig. Het doel van dit programma is het monitoren onderdelen of systemen middels het verzamelen en analyseren van defecten of incidenten. De afdeling Reliability maakt daarbij gebruik van talrijke bronnen binnen de operationele dienst waaronder piloten, het onderhoud of het onderhouds- en logistieke systeem van Turkish Technic Inc. Zij rapporteert aan de afdeling Engineering, die oplossingen dient aan te dragen voor de geconstateerde afwijkingen of problemen binnen de vloot. De analyses kunnen corrigerende maatregelen ondersteunen ter voorkoming van defecten en operationele verstoringen. De analyses geven tevens inzicht in veiligheid en in maatregelen die de veiligheid kunnen verbeteren. De afdeling Reliability is echter niet een specifiek veiligheidsinstrument, maar eerder een instrument ter bevordering van de continuïteit van de inzetbaarheid van de eigen vloot.

Alerts

Het betrouwbaarheids-monitoringprogramma maakt gebruik van referentiewaarden, die ondermeer worden ontleend aan gegevens afkomstig van Boeing. Indien op basis van de eigen statistieken wordt vastgesteld dat onderdelen of systemen qua betrouwbaarheid sterk afwijken van deze referentiewaarden, dan wordt een 'alert notification' afgegeven naar de afdeling Engineering. Hiermee moet de afdeling Engineering een actieplan maken om de problemen aan te pakken.

De radiohoogtemeterproblemen werden zeven keer besproken in de zeswekelijkse Operations bijeenkomst met piloten, de leiding van de vloot en de managers van Engineering, Onderhoud en Kwaliteit. Deze bijeenkomsten resulteerden niet in het informeren van de piloten over de radiohoogtemeterproblemen en de gevolgen ervan voor de vluchtuitvoering. De radiohoogtemeterproblemen werden niet als een bedreiging voor de veiligheid beschouwd. Volgens vertegenwoordigers van Turkish Technic Inc. waren beide radiohoogtemetersystemen 'back ups' voor elkaar voor het geval één van de twee systemen kapot zou gaan. Zij waren van mening dat, om de feitelijke samenwerking tussen het autothrottle- en radiohoogtemetersysteem te kunnen doorgronden, informatie in de handleidingen ontbrak.

Reliability Control Meeting

In de Reliability Control bijeenkomsten, voorgezeten door de directie Onderhoud en tevens bijgewoond door de directie Flight Operations, werden kwesties over de technische betrouwbaarheid besproken. Tot oktober 2008 woonde de afdeling Kwaliteitsbewaking & Vliegveiligheid de bijeenkomsten bij. In de periode tussen 16 februari 2007 en 11 februari 2009 werden in deze bijeenkomst vier keer de radiohoogtemeterproblemen, en die van TC-JGE voorop, besproken.

Vliegtuigonderhoud aan TC-JGE

Een compleet onderhoudsoverzicht uitgevoerd aan TC-JGE was beschikbaar gesteld voor het onderzoek. In overeenstemming met de eisen van de fabrikant en het toezicht vindt geen regulier onderhoud plaats aan radiohoogtemetersystemen. Pas na een klacht van een bemanning of als tijdens een check door grondwerktuigkundigen een onregelmatigheid wordt vastgesteld, wordt nader onderhoud uitgevoerd. Het vliegtuig kreeg de laatste C-check¹⁰⁶ op 20 oktober 2008, waarbij alle antennes van pakkingen werden voorzien. De laatste A-check¹⁰⁷ werd uitgevoerd op 19 en 20 februari 2009, kort voor het ongeval. Omdat in de onderhoudsdocumentatie geen klachten van radiohoogtemetersystemen waren opgeschreven, bleek het niet nodig om onderhoud aan het radiohoogtemetersysteem uit te voeren.

106 C-check: regulier onderhoud aan het vliegtuig dat iedere 7000 vlieguren of 2 jaar (welke het eerst gebeurt) plaatsvindt. Dit varieert per type vliegtuig en gebruik. Het vliegtuig is enige tijd buiten gebruik tijdens dit onderhoud.

107 A-check: regulier onderhoud aan het vliegtuig dat iedere 600 vlieguren of 2 maanden (welke het eerst gebeurt) plaatsvindt. Dit varieert per type vliegtuig en gebruik. Dit onderhoud kan 's nachts aan de gate plaatsvinden zonder dat het vliegtuig uit de dienstregeling wordt genomen.

BIJLAGE Q: ONDERZOEK AUTOMATISCHE VLUCHTSYSTEEM

Inleiding

De radiohoogtewaarde wordt over een ARINC 429 databus verzonden met een validiteitskenmerk, de 'system state matrix' (SSM). Dit kenmerk identificeert of de data gebruikt kan worden door subsystemen, waaronder de autothrottle en de vluchtbesturingscomputers. In beginsel bestaan er drie mogelijkheden om de radiohoogtewaarde te kenmerken:

- 'normaal' (bruikbaar): er zijn geen fouten gedetecteerd en de data wordt als bruikbaar beschouwd. Vliegtuigsystemen maken gebruik van de hoogte-informatie.
- 'fail warn' (niet bruikbaar): als gevolg van een storing in het radiohoogtemetersysteem markeert de radiohoogtemetercomputer het signaal als onbetrouwbaar. Vliegtuigsystemen maken geen gebruik van de gemeten radiohoogte.
- 'non computed data' (niet bruikbaar): het radiohoogtemetersysteem werkt weliswaar correct, maar het ontvangen signaal is te zwak voor gebruik. Vliegtuigsystemen maken geen gebruik van de hoogte-informatie.

Het validiteitskenmerk van de radiohoogte wordt niet opgenomen op de flight data recorder.

Andere voorvallen

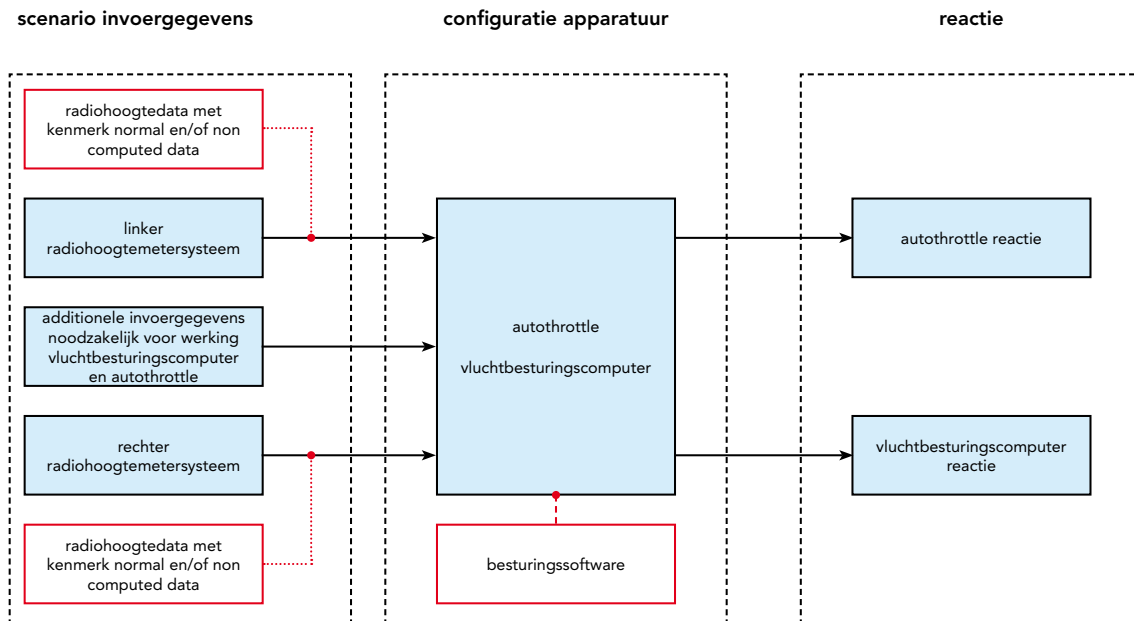
Bij de in bijlage N beschreven vergelijkbare voorvallen, werd de 'retard flare' modus geactiveerd op een radiohoogte die niet overeenkwam met de werkelijke hoogte waarop het vliegtuig vloog. Daarbij ging het om zowel de autothrottle van Smiths als die van Rockwell Collins (EDFCS). Bij één voorval schakelden beide vluchtbesturingscomputers automatisch uit.

Onderzoek reactie van foutieve radiohoogtewaarde op autothrottle en vluchtbesturingscomputers

Naar aanleiding van bovenstaande bevindingen is een testprogramma opgesteld om de reactie van de autothrottle en vluchtbesturingscomputers te bepalen op een negatieve radiohoogtewaarde met validiteitskenmerk 'normaal' of 'non computed data'. Bij de tests werd aan de 'retard flare' modus logicacondities voldaan, met uitzondering van de radiohoogtewaarde, deze was variabel. Ook werden, zoals bij de ongevalsvlucht, gelijktijdig verschillende waarden ingevoerd voor de linker en rechter radiohoogtewaarde. Deze gekozen scenario invoergegevens waren gebaseerd op de gemelde voorvallen en variaties daarop.

Naast de manieren hoe een 'retard flare' modus kan worden geactiveerd, is ook gekeken naar de mogelijkheden hoe deze modus kan worden gedeactiveerd.

De autothrottle en vluchtbesturingscomputers (configuratieapparatuur) werden aangesloten op simulatieapparatuur en een Boeing 737 NG cockpitsimulator. De resultaten werden opgenomen en konden in de simulator worden gepresenteerd. Figuur 17 geeft een schematische weergave van de test.



Figuur 17: diagram van het automatische vluchtsysteem onderzoek

Testconfiguraties besturingssoftware

Voor het onderzoek is gekozen om drie besturingssoftwareconfiguraties van de autothrottle en vluchtbesturingscomputer te testen. Deze drie testconfiguraties zijn representatief voor de werking van de autothrottle en vluchtbesturingscomputers waarmee de Boeing 737 NG vloot is uitgerust. De testen zijn uitgevoerd op productiegelijkwaardige autothrottle en vluchtbesturingscomputers waarbij het mogelijk was de besturingssoftware te wisselen. Hieronder wordt beschreven hoe de keuze voor de drie testconfiguraties tot stand is gekomen.

De Smiths autothrottle en het Enhanced Digital Flight Control System (EDFCS) van Rockwell Collins hebben elk hun eigen computerbesturingssoftware. De Smiths autothrottle werkt samen met een Honeywell vluchtbesturingscomputer. Bij het EDFCS zijn de autothrottle en de vluchtbesturingscomputer geïntegreerd.

Er zijn vier verschillende softwareversies voor de Smiths autothrottle (51, 52, 53 en 54).¹⁰⁸ Op een Boeing 737 NG uitgerust met winglets en een Smiths autothrottle kan alleen softwareversie 54 worden geïnstalleerd. Dit was ook het geval bij het ongevalsvliegtuig. Het gebruik en de toepassing van het radiohoogtemetersignaal in de besturingslogica van de software van versie 54 is niet veranderd ten opzichte van de eerste drie softwareversies (51, 52 en 53). Daarom is alleen softwareversie 54 gebruikt voor de test. Dit is testconfiguratie 1: Smiths autothrottle en Honeywell vluchtbesturingscomputer.

Voor het Rockwell Collins EDFCS zijn vier verschillende softwareversies (P2, P3, P4 en P5)¹⁰⁹ beschikbaar. Het autothrottle gedeelte van het EDFCS maakt gebruik van dezelfde 'retard flare' logica als dat van de Smiths autothrottle besturingssoftware versie 54. Het gebruik en de toepassing van het radiohoogtemetersignaal in de besturingslogica van versie P3 is niet veranderd ten opzichte van versie P2. Daarom is softwareversie P3 gebruikt voor de test. Dit is testconfiguratie 2: Rockwell Collins EDFCS softwareversie 130 (P3).

In de P4 en P5 besturingssoftwareversie is een zogenaamde 'vergelijker' ingebouwd. Dit is niet het geval bij de P2 en P3 besturingssoftwareversie. Het P5 EDFCS maakt wel gebruik van dezelfde 'retard flare' logica als die van de P3. Het gebruik en de toepassing van het radiohoogtemetersignaal in de besturingslogica van de computer van versie P5 is niet veranderd ten opzichte van versie

108 Gecertificeerd om te worden gebruikt in de modellen: 737-600, 737-700, 737-700C, 737-800, 737-900 en BBJ (Boeing Business Jet).

109 Gecertificeerd om te worden gebruikt in de modellen: 737-600, 737-700, 737-700C, 737-800, 737-900 en BBJ (Boeing Business Jet).

P4. Daarom is softwareversie P5 gebruikt voor de test. Dit is testconfiguratie 3: Rockwell Collins EDFCS softwareversie 150 (P5).

Hieronder volgen samenvattingen van de observaties die zijn gedaan bij elke testconfiguratie.

Testconfiguratie 1: Smiths autothrottle en Honeywell vluchtbesturingscomputer

Om de autothrottle 'retard flare' modus te activeren zijn tenminste enkele radiohoogtewaarden van minder dan 27 voet met een kenmerk 'normaal' vereist. De autothrottle werkte op een 'normaal' gekenmerkte radiohoogtewaarde zoals ontworpen. Een vergelijkbaar scenario met een 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde leverde geen reactie op van de autothrottle. Deze reactie is conform het ontwerp.

De vluchtbesturingscomputer bij een 'single channel' automatische piloot (CMD A of CMD B)¹¹⁰ die gevoed werd met verschillende gekenmerkte radiohoogtewaarden, leverde verschillende reacties op. De reactie hing af van de geselecteerde (actieve) automatische piloot en van welke kant (linker of rechter radiohoogtemetersysteem) de foutieve radiohoogtemeterwaarde afkomstig was. Onder bepaalde omstandigheden zorgde de vluchtbesturingscomputer voor een automatische neusstand-toename (afvangmanoeuvre) voor de landing of er was geen reactie. In dit laatste geval volgde de vluchtbesturingscomputer het ingestelde vliegp pad.

Bij de vluchtbesturingscomputer in een 'dual' operatie (CMD A en CMD B) hing de reactie af van welke computer als eerste operationeel was. Bij het opstarten van de computers ontstaat namelijk een 'master-slave' hiërarchie tussen de twee systemen. Deze 'master-slave' hiërarchie blijkt invloed te hebben op de reactie van de vluchtbesturingscomputers. Een reactie die werd waargenomen als gevolg van een foutieve radiohoogtewaarde was onder meer een automatische afschakeling van beide vluchtbesturingscomputers.

Ongevalsscenario

Daarnaast werd het ongevalsscenario onderzocht met een 'normaal' gekenmerkte radiohoogtewaarde (single channel, CMD B: rechter vluchtbesturingscomputer ingeschakeld en actief). Het resultaat kwam overeen met de gegevens op de flight data recorder. Bij eenzelfde scenario met een radiohoogtewaarde waarbij de data als 'non computed data' werd gekenmerkt, werd de 'retard flare' modus niet geactiveerd. Dit resultaat was afwijkend van vlucht TK1951, waar de 'retard flare' modus wel werd geactiveerd. Voor de ongevalsvlucht volgt hieruit dat op het moment dat de 'retard flare' modus op de flight data recorder werd opgenomen, de linker radiohoogtemetercomputer tenminste enkele negatieve radiohoogtemeterwaarden als 'normaal' moet hebben gekenmerkt.

De actieve vluchtbesturingscomputer aan de rechterkant werd gevoed met data uit het rechter radiohoogtemetersysteem wat zorgde voor een normaal functioneren van dit systeem. De rechter vluchtbesturingscomputer volgde het glide slope signaal door het trimmen van de stuurvlakken van het vliegtuig.

Testconfiguratie 2: Rockwell Collins EDFCS softwareversie 130 (P3)

Bij het testen van de autothrottle met P3 besturingssoftware bleek dat bij zowel een 'normaal' als een 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde de 'retard flare' modus wordt geactiveerd. Het autothrottle gedeelte van de EDFCS reageerde op een 'normaal' gekenmerkte radiohoogtewaarde zoals ontworpen. Dit was niet het geval bij een 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde.

De reacties van de vluchtbesturingscomputers met de EDFCS P3 besturingssoftware zijn ook waargenomen. Deze reacties waren gelijk aan die van testconfiguratie 1 (Honeywell).

Testconfiguratie 3: Rockwell Collins EDFCS softwareversie 150 (P5)

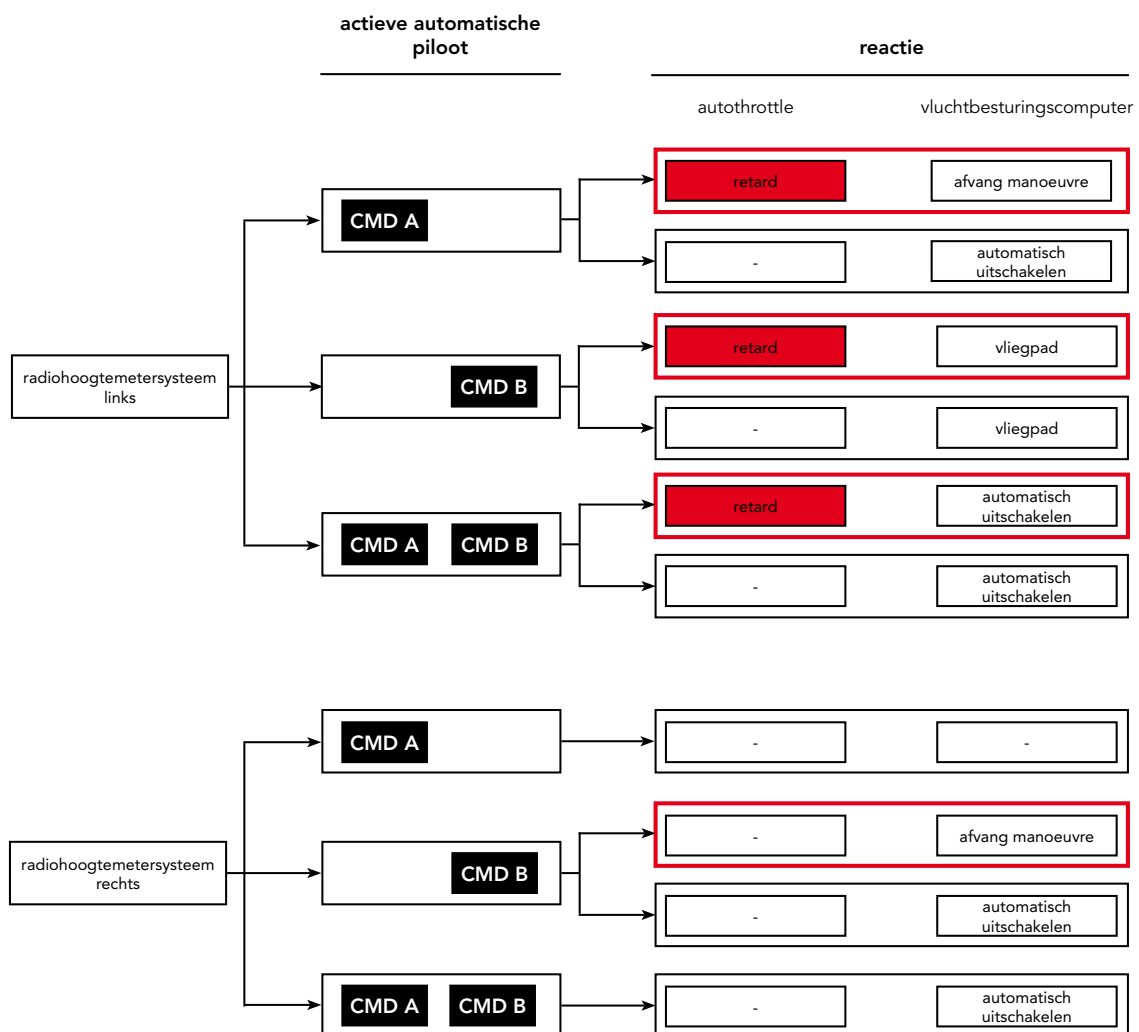
Bij het testen van de autothrottle met P5 besturingssoftware bleek dat bij zowel een 'normaal' als een 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde de 'retard flare' modus werd geactiveerd. Het autothrottle gedeelte van het EDFCS reageerde op een 'normaal' gekenmerkte radiohoogtewaarde zoals ontworpen. Dit was niet het geval bij een 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde.

110 CMD A betekent dat de linker automatische piloot ingeschakeld en actief is. CMD B betekent dat rechter automatische piloot ingeschakeld en actief is.

Het testen van de scenario's waarbij een verschil tussen de linker- en rechter radiohoogtewaarde werd gesimuleerd toonde aan dat de 'vergelijker', die in de P5 software is ingebouwd, werkte zoals ontworpen.

De reacties van de vluchtbesturingscomputers op verschillende radiohoogtemeterwaarden met de EDFCS P5 besturingssoftware waren vrijwel vergelijkbaar met de resultaten van de P3 software. Hoewel de besturingssoftware een 'vergelijker' functie heeft was het toch mogelijk om een 'retard flare' modus te activeren op het moment dat de linker en rechter radiohoogtewaarden verschilden. Bij deze test werd de 'retard flare' modus geactiveerd tijdens een 'dual channel' nadering. De 'master' vluchtbesturingscomputer activeerde het 'flare' commando. Op de flight mode annunciation verscheen voor korte tijd 'FLARE'. De autothrottle gebruikte het 'flare' commando en activeerde de 'retard flare' modus. De 'retard flare' modus bleef actief wanneer de linker radiohoogtewaarde minder dan 27 voet was.

In figuur 18 is een vereenvoudigd overzicht weergegeven van de meest relevante reacties op de invoergegevens van de drie testconfiguraties. Niet alle reacties zijn in dit overzicht opgenomen. In het overzicht ontbreken onder meer de verschillen tussen de Smiths en Collins vluchtbesturingscomputers met 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarden.



Figuur 18: vereenvoudigde schematisch weergave van de reactie van de autothrottle en vluchtbesturingscomputer op een foutief radiohoogtemetersignaal (<27 voet)

Uitschakelen van de 'retard flare' modus

Behalve de manieren hoe een 'retard flare' modus kan worden geactiveerd, is ook gekeken naar de mogelijkheden hoe deze modus kan worden gestopt of worden gedeactiveerd. Dit leverde vier mogelijkheden op:

- De piloot schakelt de autothrottle uit door middel van een knop op de gashendel of via het mode controle panel.
- De piloot maakt een go-around en drukt de (TO/GA) schakelaar in voor deze manoeuvre.
- Het linker radiohoogtemetersysteem geeft een radiohoogtewaarde van meer dan 27 voet door.
- De linker radiohoogtemetercomputer verklaart zichzelf als kapot en stopt met de transmissie van data. In dat geval wordt overgeschakeld naar het rechter radiohoogtemetersysteem. Om de 'retard flare' modus te stoppen moet de hoogtedata boven de 27 voet zijn en als 'normaal' worden gekenmerkt, of het rechter radiohoogtemetersysteem is ook kapot en stopt met de transmissie van gegevens.

Geen van de hierboven condities heeft plaatsgevonden bij vlucht TK1951 voordat de stick shaker was geactiveerd.

Bij de vier in bijlage N beschreven voorvallen waarbij de 'retard flare' modus actief was, kon deze worden gestopt door het uitschakelen van de autothrottle. Derhalve was er geen reden om dit te testen.

De tweede mogelijkheid om de 'retard flare' modus te deactiveren door middel van het indrukken van de TO/GA knop functioneerde voor alle drie de testconfiguraties. De derde mogelijkheid, waarbij de 'retard flare' modus wordt gedeactiveerd wanneer de radiohoogte boven de 27 voet komt, bleek afhankelijk te zijn van de besturingssoftwareversie en het kenmerk van de radiohoogtemeterwaarde. Dit resultaat geldt ook voor de vierde mogelijkheid.

Uit de tests is ook gebleken dat de Rockwell Collins EDFCS P5 met een 'vergelijker' functie alleen effectief is om niet in de 'retard flare' modus te komen. Deze functie heeft geen nut om uit de 'retard flare' modus te komen.

Samenvatting

De reacties van de vluchtbesturingscomputers en autothrottle waren divers en van verschillende factoren afhankelijk. De volgende factoren zijn bij het onderzoek relevant gebleken:

- Het tijdstip en kenmerk ('normaal' of 'non computed data') van het foutieve radiohoogtemetersignaal.
- Welk radiohoogtemetersysteem een foutief signaal doorgaf (links of rechts).
- Welke vluchtbesturingscomputer was ingeschakeld ('single channel' CMD A of CMD B).
- Welke vluchtbesturingscomputer als eerste was geïntialiseerd ('master') in 'dual mode'.
- Welke besturingssoftware was geïnstalleerd (Smiths softwareversie 54 en Honeywell, Rockwell Collins EDFCS P3 of P5).

Met de tests is aangetoond dat:

- Bij de bestaande besturingssoftwareversies voor de Boeing 737 NG vliegtuigen, de 'retard flare' modus op ongewenste momenten tijdens de vlucht kan worden geactiveerd.
- De logica van de Smiths autothrottle reageert op een als 'normaal' en 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarde zoals ontworpen en bedoeld is te functioneren.
- De linker radiohoogtemetercomputer van vlucht TK1951 tenminste enkele negatieve radiohoogtemeterwaarden als 'normaal' moet hebben gekenmerkt op het moment dat de 'retard flare' modus op de flight data recorder werd opgenomen.
- De (gecertificeerde) Rockwell Collins EDFCS besturingssoftware van 'non computed data' gekenmerkte radiohoogtewaarden gebruik maakt om de 'retard flare' modus te activeren. Dit is niet zoals het systeem is ontworpen en bedoeld te functioneren.
- De besturingssoftware met een 'vergelijker' functie niet altijd een ongewenste 'retard flare' modus kan voorkomen.

Daarnaast is vastgesteld dat de 'retard flare' modus kan worden uitgeschakeld volgens de bestaande mogelijkheden. Het uitschakelen kan het gevolg zijn van de handeling van de piloot en/of van de aansturing door de autothrottlecomputer 'retard flare' moduslogica.

BIJLAGE R: NADERINGSPROCEDURES LUCHTVERKEERSLEIDING

De procedures met betrekking tot het oplijnen van vliegtuigen voor de eindnadering door de luchtverkeersleiding staan omschreven in document 4444, Procedures for Air Navigation Services, Air Traffic Management, en document 8168, Procedures for Air Navigation Services, Aircraft Operations, van de internationale burgerluchtvaartorganisatie en in de Voorschriften Dienst Verkeersleiding van Luchtverkeersleiding Nederland.

Internationale richtlijnen:

ICAO Doc 4444, hoofdstuk 8

8.9.3.6 Aircraft vectored for final approach should be given a heading or a series of headings calculated to close with the final approach track. The final vector shall enable the aircraft to be established in level flight on the final approach track prior to intercepting the specified or nominal glide path if an MLS, ILS or radar approach is to be made, and should provide an intercept angle with the final approach track of 45 degrees or less.

Vertaling:

Vliegtuigen die naar een eindnadering worden gedirigeerd, zouden een koers of een aantal koersen moeten krijgen die aansluiten op het eindnaderingspad. De laatste opgedragen koers moet het vliegtuig in staat stellen om horizontaal te vliegen op het eindnaderingspad voordat het omschreven of nominale glijpad wordt onderschept wanneer een MLS, ILS of radarnadering wordt gevlogen, en zou een onderscheppingshoek met het eindnaderingspad moeten opleveren van 45 graden of minder.

ICAO DOC 8168, hoofdstuk 5

5.4.2 Final approach length

5.4.2.1 The intermediate approach altitude/height generally intercepts the glide path/MLS elevation angle at heights from 300 m (1000 ft) to 900 m (3000 ft) above runway elevation. In this case, for a 3° glide path, interception occurs between 6 km (3 NM) and 19 km (10 NM) from the threshold.

Vertaling:

De voorlaatste naderingshoogte onderschept het glijpad/MLS elevatie hoek op hoogtes van 300 meter (1000 voet) tot 900 meter (3000 voet) boven de baan. In dit geval vindt de onderschepping voor een 3 graden glijpad tussen de 6 km (3 NM) en 19 km (10 NM) van de baandrempel plaats.

5.4.2.2 The intermediate approach track or radar vector is designed to place the aircraft on the localizer or the MLS azimuth specified for the final approach track at an altitude/height that is below the nominal glide path/MLS elevation angle.

Vertaling:

Het voorlaatste naderingspad of radarkoers is bedoeld om het vliegtuig op de localizer of MLS azimut voor het eindnaderingspad te plaatsen, op een hoogte welke onder de glijpad/MLS elevatie hoek is.

Luchtverkeersleiding Nederland, Voorschriften Dienst Verkeersleiding (VDV)

In dit handboek worden in hoofdstuk 8.04 en 8.05 de eisen en procedures voor het oplijnen van vliegtuigen voor de nadering besproken. Hieronder volgen de relevante passages uit deze hoofdstukken.

VDV 8.04: ILS-naderingen

De benodigde afstand tussen het onderscheppen van de localizer en het glijpad is afhankelijk van het type vliegtuig en de hoek waaronder de localizer wordt onderschept.

Onderscheppingshoek localizer	Categorie A/B vliegtuigen	Categorie C/D/E ¹¹² vliegtuigen
0 - 15 graden	1,5 NM	1,5 NM
16 - 30 graden	2,0 NM	2,0 NM
31 - 60 graden	2,0 NM	2,5 NM
61 - 90 graden	2,0 NM	3,0 NM

Tabel 12: onderscheppingshoeken localizersignaal

Het onderscheppen van de localizer geschiedt normaal gesproken:

- onder een hoek van maximaal 30 graden
- bij naderingen op 2000 voet, op minimaal 8 NM van de baandrempel
- bij naderingen op 3000 voet, op minimaal 11 NM van de baandrempel
- beneden het glijpad (niet lager dan 2000 voet respectievelijk 3000 voet)

De naderingsverkeersleider geeft vectors¹¹² aan de piloot om de localizer te onderscheppen. Zodra het vliegtuig de laatst opgegeven koers verlaat om de localizer te onderscheppen, stopt de naderingsverkeersleider met het geven van vectors. Als de opgedragen onderscheppingskoers meer dan 30 graden afwijkt van de localizer, dient vectoring te worden voortgezet tot de localizer is onderschept.

ILS-onderschepping kan ook plaatsvinden in aansluiting op een racetrack procedure, procedure turn, base turn of transitie. Bij een transitie kan een onderscheppingshoek van meer dan 30 graden worden gehanteerd.

VDV 8.05: Minimum vectoring altitudes (MVA)

Om obstacle clearance¹¹³ in de Schiphol TMA's en Schiphol CTR te garanderen zijn onderstaande MVA's¹¹⁴ vastgesteld.

Luchtruim	MVA	Toelichting
Schiphol TMA 1	2000 voet	Deze hoogtes zijn gebaseerd op: <ul style="list-style-type: none"> • een minimum obstacle clearance van 1000 voet tijdens het initial approach segment; en • een minimale separatie van 500 voet met onbekend VFR-verkeer dat net onder de ondergrens van de TMA kan vliegen.
Schiphol TMA 2	transitieniveau	
Schiphol TMA 3	3000 voet	
Schiphol TMA 4	transitieniveau	
Schiphol TMA 5	FL060	
Schiphol TMA 6	transitieniveau	
Schiphol CTR	1200 voet	Deze hoogte is gebaseerd op een minimum obstacle clearance van 500 voet tijdens het intermediate approach segment. Houdt hierbij wel rekening met de eventuele aanwezigheid van onbekend VFR-verkeer beneden 1500 voet dicht langs de CTR-grens.

Tabel 13: minimale hoogtes voor het geven van koersopdrachten

Om de vluchtafhandeling zo efficiënt mogelijk te laten verlopen kan een korte indraai worden aangeboden. In dat geval wordt de vlucht tussen 5 en 8 NM van de baandrempel opgelijnd voor de localizer. Om de vlucht het glijpad te laten onderscheppen moet de vlucht een klaring krijgen om te dalen beneden 2000 voet.

Vluchtafhandeling door de ARR¹¹⁵

De taak van de ARR is vluchten in een efficiënte volgorde naar de eindnadering te dirigeren met behulp van vectors.

111 Onderverdeling van vliegtuigen aan de hand van de verschillende naderingssnelheden.

112 Een vector is een opdracht een bepaalde koers te vliegen.

113 Dit is de verticale separatie ten opzichte van obstakels op de grond.

114 De minimum vectoring altitudes (MVA's) zijn de minimale hoogtes waarop koersinstructies mogen worden gegeven aan piloten.

115 ARR is de afkorting voor naderingsverkeersleider.

Om de kans op een missed approach zo klein mogelijk te maken dient de ARR:

- interceptie van de LOC¹¹⁶ beneden het GP¹¹⁷ laten plaatsvinden
- snelheid tijdig reduceren
- oplijnen op minimaal 5 NM
- voldoende separatie tijdens de eindnadering toepassen, met name in bijzondere situaties (bijvoorbeeld in geval van een geblokkeerde exit)

116 LOC is de afkorting voor localizersignaal.

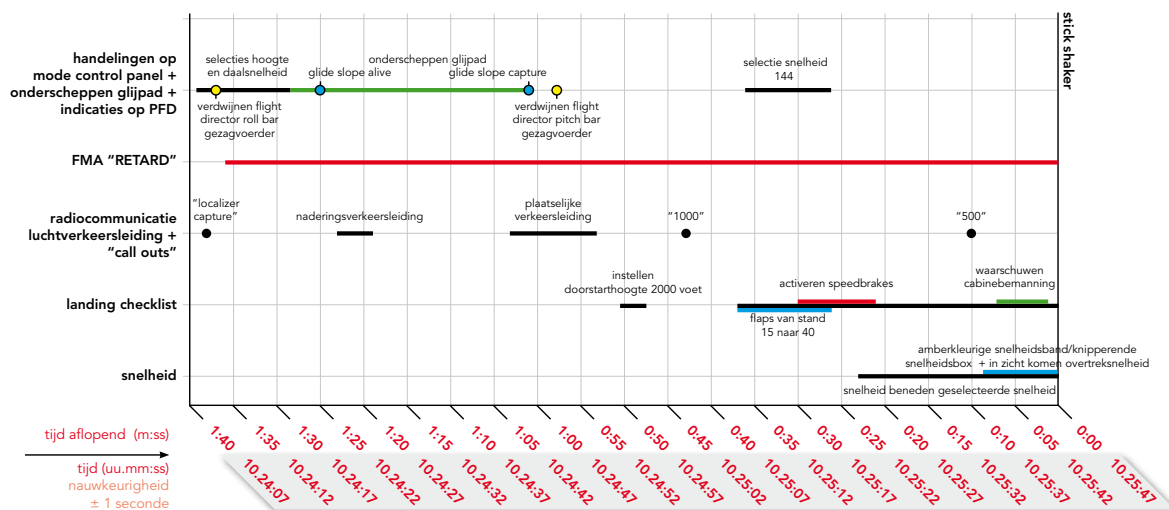
117 GP is de afkorting voor glijpad.

BIJLAGE S: ONDERSCHIPPEN VAN HET GLIDE SLOPE SIGNAAL

De bemanning moest vanaf het moment van het onderscheppen van het localizersignaal boven het glijpad een aantal acties verrichten om het vliegtuig gereed te maken voor de landing. De tijdsduur tot aan de activering van de stick shaker waarbinnen zich dit afspeelde bedroeg 100 seconden. Deze acties zijn in een tijdlijn weergegeven in de onderstaande figuur.

Om het vliegtuig te kunnen laten dalen, moest de bemanning een lagere hoogte¹¹⁸ en een andere modus voor het verticale vluchtpad selecteren. Aan de hand van de flight data recorder gegevens en de simulatortests blijken achtereenvolgens de volgende extra acties te zijn verricht voor het onderscheppen van het glijpad van bovenaf dat in totaal circa 40 seconden tijd in beslag nam (zie ook tijdlijn):

- instellen van de hoogte van 1100 voet waar het vliegtuig naar moest dalen
- selectie van de 'vertical speed' modus voor het verticale vliegpad
- instellen van de daalsnelheid van 500 voet per minuut
- instellen van de daalsnelheid van 1400 voet per minuut
- instellen van de hoogte 700 voet waar het vliegtuig naar moet dalen
- monitoren van de daling van het vliegtuig op de stijg- en daalsnelheidsmeter en het onderscheppen van het glijpad via de glide slope aanwijzer op de primary flight display

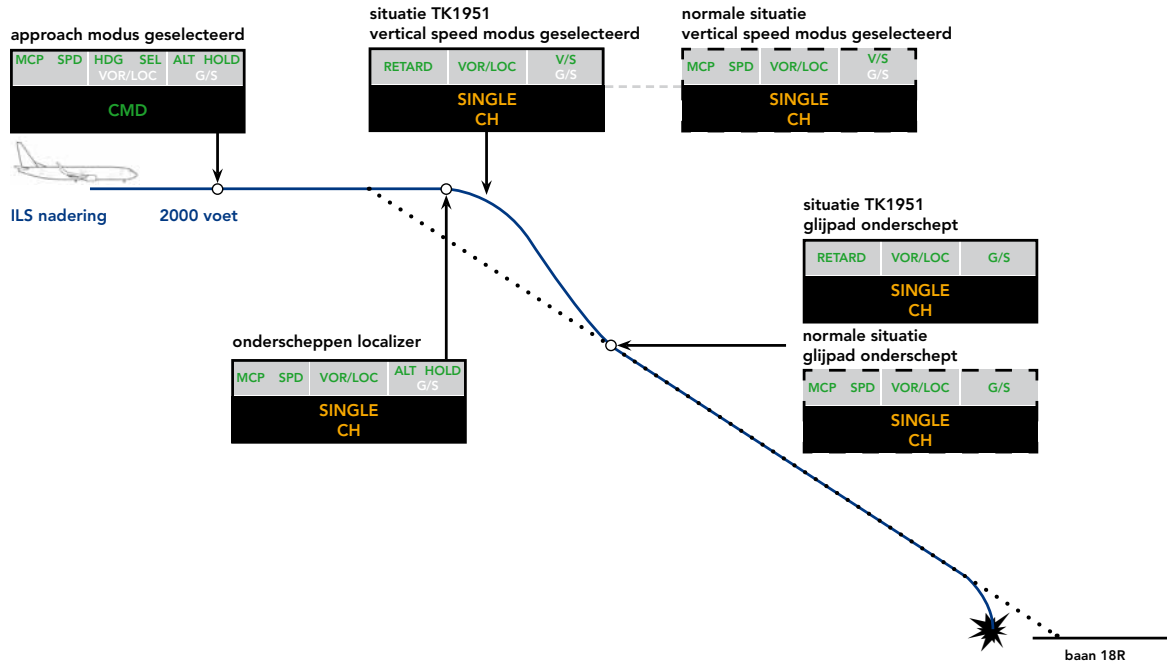


Figuur 19: tijdlijn van genomen acties door bemanning tussen het onderscheppen van het localizersignaal en de activering van de overtrekwaarschuwing

118 Omdat het vliegtuig zich nog niet op het glijpad bevond, moest handmatig een lagere hoogte worden geselecteerd voor de vluchtbesturingscomputer.

BIJLAGE T: FLIGHT MODE ANNUNCIATIONS TIJDENS NADERING

In de onderstaande figuur zijn de verschillende flight mode annunciations weergegeven zoals die verschenen tijdens de ILS-nadering van vlucht TK1951.



Figuur 20: flight mode annunciations tijdens de nadering van vlucht TK1951

BIJLAGE U: HERSTELPROCEDURE VOOR OVERTREKSITUATIE

In het Boeing 737-800 Quick Reference Handbook (QRH) staat de procedure voor het herstel van een overtreksituatie beschreven:

Herstelprocedure bij overtrek

De volgende handelingen dienen onmiddellijk te worden uitgevoerd bij de eerste indicatie van een overtrektrilling of stick shaker.

Pilot Flying

- Duw de gashendels naar maximum stuwkracht.*
- Pas geleidelijk de neusstand** aan om grondcontact of obstakels te vermijden.
- Trek het vliegtuig vlak (maak geen wijzigingen in de configuratie van de flaps of het landingsgestel).
- Trek de remkleppen in.

Wanneer grondcontact niet langer een factor is:

- Pas de neusstand aan om te accelereren en om hoogteverlies tot een minimum te beperken.
- Keer terug naar de snelheid die gepast is voor de configuratie.

Pilot Monitoring

- Vermeld hardop iedere mogelijke ontwikkeling in de richting van terreincontact.
- Verifieer of alle vereiste acties zijn uitgevoerd en vermeld hardop alle mogelijke omissies.

NB: **Als een overtrek zich voordoet terwijl de automatische piloot is ingeschakeld, selecteer dan maximum stuwkracht en laat het vliegtuig terugkeren naar de normale snelheid.*

NB: ***Op grote hoogte is het wellicht noodzakelijk te dalen om te versnellen.*

NB: *Als de respons van de automatische piloot niet acceptabel is, dan dient deze te worden uitgeschakeld.*

BIJLAGE V: CERTIFICERING

Certificering

Het internationaal opereren met vliegtuigen geschiedt volgens de regels en aanbevolen werkwijzen van de internationale burgerluchtvaartorganisatie. Op basis van deze regels en werkwijzen zijn door individuele landen luchtvaartwetten opgesteld. Om met een vliegtuig als de Boeing 737-800 te mogen vliegen, moet het toestel beschikken over een geldig bewijs van luchtwaardigheid (BvL). Dat wordt afgegeven door de luchtvaartautoriteit van het land van registratie, in dit geval Turkije. Voor het verkrijgen van een dergelijk BvL moet onder andere zijn aangetoond dat het vliegtuig overeenkomt met het goedgekeurde ontwerp, het typecertificaat. Het typecertificaat wordt uitgereikt door de luchtvaartautoriteit van het land van registratie na het succesvol verlopen van het certificeringsproces. Het typecertificaat wordt door de ontwerporganisatie normaliter eerst aangevraagd bij de luchtvaartautoriteit van het land waarin de ontwerporganisatie is gevestigd. Deze autoriteit wordt de primaire certificerende autoriteit. Voor Boeing is dit de Federal Aviation Administration (FAA). Na de aanvraag van een typecertificaat kunnen de volgende stappen in het certificeringsproces worden onderscheiden: het vaststellen van de eisen in de certificeringsbasis en het aantonen van overeenstemming met de eisen.

Certificeringsbasis

Aan het begin van het certificeringsproces wordt in de certificeringsbasis vastgelegd aan welke eisen het ontwerp van het vliegtuig moet voldoen. Hierbij wordt uitgegaan van de voor het type vliegtuig opgestelde luchtwaardigheidscode, zoals deze geldt op het moment van aanvraag. Voor een vliegtuig als de Boeing 737-800 is de luchtwaardigheidscode voor de Verenigde Staten vastgelegd in FAR-25. Dergelijke luchtwaardigheidscodes worden regelmatig aangepast op basis van nieuwe ontwikkelingen, nieuwe inzichten of geconstateerde tekortkomingen.

In het geval dat een nieuw vliegtuigontwerp is afgeleid van een reeds bestaand type wordt vaak de luchtwaardigheidscode die is gebruikt voor het oorspronkelijke ontwerp, opnieuw als basis gebruikt, tenzij het ontwerp wezenlijk afwijkt van het oorspronkelijke ontwerp. Voor de Boeing 737 NG, waaronder de Boeing 737-800, is een nieuwe certificeringsbasis opgesteld ten opzichte van de oude, in de zestiger jaren ontworpen, Boeing 737's.

Eventuele noodzakelijke afwijkingen van de luchtwaardigheidscode worden in de certificeringsbasis vastgelegd. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het gebruik van nieuwe technologie die nog niet in de luchtwaardigheidscode is opgenomen. Ook in het geval van een nieuw ontwerp dat is afgeleid van een bestaand complia, worden vaak aanvullende eisen gesteld ten opzichte van de oorspronkelijke luchtwaardigheidscode omdat deze een noodzakelijk geachte verhoging van de veiligheid opleveren. Op deze wijze beschrijft de certificeringsbasis in detail aan welke eisen het ontwerp dient te voldoen. Deze kunnen per land enigszins verschillen.

Aantonen overeenstemming

Na het vaststellen van de certificeringsbasis is het de taak van de ontwerper, in dit geval Boeing, aan te tonen dat het ontwerp van het vliegtuig voldoet aan de eisen uit de certificeringsbasis. Dit kan door één of een combinatie van de volgende methoden:

- analyse en berekening
- testen
- vergelijking met soortgelijke goedgekeurde ontwerpen

Voor systemen, zoals het radiohoogtemetersysteem of de autothrottle worden in het algemeen de eerste twee methoden gebruikt. Door middel van een 'system safety assessment' (SSA) wordt aangetoond dat de kans op het falen van een systeem kleiner is dan de hiervoor gestelde eis. De kans op falen met catastrofale gevolgen dient aantoonbaar 'extreem onwaarschijnlijk' te zijn ($1 \cdot 10^{-9}$ per vlieguur). Een 'failure mode and effects analysis' (FMEA) is onderdeel van een SSA. Met een FMEA kan het effect op het systeem worden geanalyseerd die een fout van een deel van het systeem op het geheel heeft. Met een 'fault tree analysis' (FTA) kan de kans op falen van het gehele systeem worden bepaald, op basis van de faalkans van elk van de componenten van dat systeem. De certificerende autoriteit toetst de geleverde bewijsvoering en vraagt zo nodig om

aanvullende onderbouwing. Het geheel wordt vastgelegd in rapporten en samengevat in een compliance checklist.

In het geval dat het vliegtuigontwerp reeds door de primaire certificerende autoriteit is goedgekeurd, zal een volgende autoriteit voor een deel vertrouwen op de bewijsvoering en toetsing daarvan welke door de primaire autoriteit is uitgevoerd. De mate waarin dit plaatsvindt, hangt af van het onderling vertrouwen tussen de autoriteiten en de verschillen in de certificeringsbases. Het systeem dat in de Verenigde Staten wordt gebruikt voor het toetsen van de bewijsvoering wordt in het algemeen gelijkwaardig beschouwd aan het Europese systeem, zodat bevindingen van de FAA bij een gelijke certificeringsbasis in veel gevallen worden overgenomen.

Nadat overeenstemming met de certificeringsbasis is vastgesteld, wordt door de autoriteit een typecertificaat afgegeven.

Nazorg

Nadat het typecertificaat is afgegeven, blijft de ontwerper verantwoordelijk voor het rapporteren van problemen tijdens de operatie met het ontwerp. Deze verantwoordelijkheid wordt onder andere ingevuld door het voortdurend verzamelen door de ontwerporganisatie van ervaringen van gebruikers en het onderzoeken van, aan de autoriteiten in het land van ontwerp, gerapporteerde problemen en incidenten. De ontwerper is verplicht rapportages van specifieke 'in-service' voorvallen aan de luchtwaardigheidsautoriteiten te melden om te assisteren bij de identificatie van potentieel onveilige condities.

De regelgeving die op ontwerporganisaties van toepassing is, vereist een dergelijk systeem. De autoriteit in het land waar de ontwerporganisatie is gevestigd, ziet toe op de naleving van deze verplichting. Op basis van de resultaten van deze onderzoeken kunnen door de ontwerporganisatie wijzigingen worden ontwikkeld en voorgesteld aan de gebruikers. Deze hebben in het algemeen de vorm van een Service Bulletin of Service Letter. Indien onvolkomenheden worden vastgesteld die een onveilige situatie opleveren die zich waarschijnlijk ook bij andere vliegtuigen van dat type kan voordoen, zullen voorgestelde wijzigingen door de luchtvaartautoriteiten verplicht worden gesteld door middel van een Airworthiness Directive (AD). AD's uitgegeven door de primair certificerende autoriteit worden daarbij in het algemeen door andere landen overgenomen. Gebruikers of eigenaren van vliegtuigen zijn verplicht de instructies van een AD op te volgen. Hierop wordt door de autoriteit van het land van registratie toegezien.

Onderzoeksraad Voor Veiligheid

telefoon (070) 333 70 00 • **e-mail** info@onderzoeksraad.nl • **internet** www.onderzoeksraad.nl

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