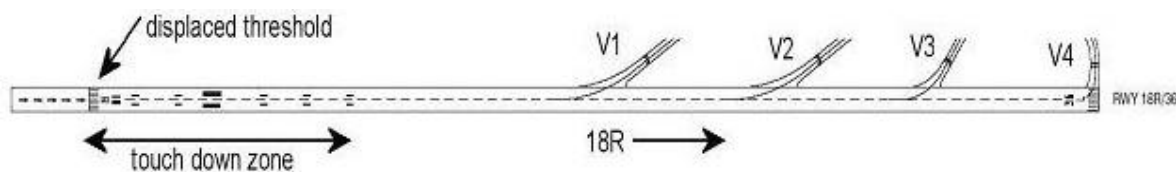


ALGEMENE GEGEVENS

Nummer voorval:	2006092
Classificatie:	Serius incident
Datum, tijd voorval:	12 augustus 2006, 11:27 uur ¹
Plaats voorval:	Amsterdam Airport Schiphol (EHAM)
Registratie luchtvaartuig:	PH-BXP
Type luchtvaartuig:	Boeing 737-900
Soort luchtvaartuig:	Passagiersvliegtuig
Soort vlucht:	Commerciële passagiers vlucht
Fase van de vlucht:	Landing
Schade aan luchtvaartuig:	Licht
Aantal bemanningsleden:	2
Aantal passagiers:	193
Persoonlijk letsel:	Geen
Lichtcondities:	Daglicht

SAMENVATTING

Tijdens de nadering van landingsbaan 18R kreeg de bemanning toestemming om de landingsbaan na de landing te verlaten via afslag V3. De landing van het vliegtuig was aan het uiterste einde van de landingszone. Het vliegtuig kon onvoldoende snelheid minderen om de landingsbaan op een veilige wijze bij V3 te verlaten. De bestuurder besloot zich toen te richten op de laatste afslag, V4. Tussen afslag V3 en V4 werd vermogen geselecteerd. Bij de nadering van afslag V4 werd wederom manueel geremd maar het vliegtuig had nog steeds te veel snelheid om de bocht van 90 graden bij afslag V4 te maken. Het neuswiel slipte over de geverfde markeringen aan het einde van landingsbaan 18R en het vliegtuig kwam tot stilstand met het neuswiel naast afslag V4. Er waren geen gewonden en het vliegtuig werd licht beschadigd. Net voordat het vliegtuig landde, was er een bui met een extreme hoeveelheid regen overgetrokken waardoor er een laag regenwater op het zuidelijke deel van de landingsbaan lag.



Afbeelding 1: een tekening van landingsbaan 18R/36L.

FEITELIJKE INFORMATIE

Op de ochtend van 12 augustus 2006 vertrok vlucht KL1002, uitgevoerd met een Boeing 737-900 vanaf London Heathrow (EGLL) voor een lijnvlucht naar Amsterdam Airport Schiphol (EHAM). De gezagvoerder bestuurde het vliegtuig (pilot flying, PF); de eerste officier was 'pilot monitoring'² (PM). Volgens de bemanning was de vluchtvoorbereiding standaard verlopen en waren er geen

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

² De term 'pilot monitoring' wordt gebruikt in plaats van de vroegere term 'pilot non flying'.

technische gebreken aanwezig die de voorgenomen vlucht verhinderden. KL1002 vertrok ongeveer 40 minuten te laat van EGLL en de aankomst werd 20 minuten later dan het schema verwacht. Beide bestuurders meldden dat de vluchttuitvoering normaal was verlopen tot en met de daling naar EHAM. De ATIS³ meldde dat baan 18R in gebruik was als landingsbaan op EHAM. De bemanning bereidde zich voor op een ILS⁴ nadering en landing met 30 graden vleugelkleppen, stand 2 van het automatische remsysteem en 'idle reverse'. Ze waren ook van plan de vleugelkleppen iets eerder dan gebruikelijk te selecteren om een landing boven het maximaal toegestane landingsgewicht te voorkomen.⁵

De PF verklaarde dat hij had besloten om stand 2 van het automatische remsysteem te gebruiken, in plaats van de gebruikelijke stand 1, vanwege het hoge landingsgewicht van het vliegtuig en de intentie om via afslag V3 de landingsbaan te verlaten. Hij had de benodigde baanlengte niet exact berekend maar na een snelle berekening kwam hij tot een geschatte afstand van 2.600 meter. De landingsnelheid (FAS – final approach speed) was berekend op 156 knopen. Tijdens de nadering zag de bemanning dat een bui zich richting de zuidwestelijke kant van landingsbaan 18R bewoog. De bui was duidelijk zichtbaar op de weerradar aan boord van het vliegtuig.

Toen KL1002 landingsklaring kreeg, vroeg de bemanning aan de verkeersleider van Toren West of het was toegestaan om de landingsbaan via afslag V3 te verlaten. De verkeersleider gaf hiervoor toestemming maar antwoordde dat het wel 'heel snel' moest omdat er zich ander verkeer 3,5 zeemijl achter de KL1002 bevond. Kort na dit bericht riep de luchtverkeersleider de bemanning van een Boeing 777, die voor de KL1002 was geland, op en meldde dat hij onder de indruk was van de hoeveelheid water die tijdens de landingsrol werd opgeworpen door de straalomkeerders. De bemanning van de Boeing 777 reageerde met de opmerking dat ze "zojuist een bui op hun kop hadden gekregen". Tijdens het interview verklaarde de bemanning van de KL1002 dat ze deze opmerkingen gehoord had. De Boeing 777 verliet de landingsbaan via afslag V2.

De luchtverkeersleider en zijn assistent in Toren West verklaarden dat er een normale hoeveelheid verkeer was op die dag. Ondanks dat zware regenbuien en zeer zware regenbuien elkaar opvolgden, hadden zij geen reden om aan te nemen dat de staat van de landingsbaan slechter werd; zij wisten dat zelfs gedurende zware regen de stroefheid van de landingsbaan door de luchthaven als 'goed' wordt geclassificeerd. De luchtverkeersleider en de assistent gaven aan dat ze de landingsbaan konden zien maar dat het onmogelijk was om te zien of er water op de baan stond. De hoeveelheid opgeworpen water van de Boeing 777 was een indicatie van de kracht van de straalomkeerders in combinatie met de natte landingsbaan, en geen indicatie van de hoeveelheid water op de landingsbaan, aldus de luchtverkeersleider.

De luchtverkeersleider achtte het verzoek van de KL1002 om de landingsbaan via afslag V3 te verlaten, niet ongebruikelijk; vliegtuigen van luchtvaartmaatschappijen die regelmatig op EHAM vliegen, vragen vaak of ze de landingsbaan via V3 mogen verlaten. Volgens de luchtverkeersleider wordt dit verzoek toegewezen indien dit geen invloed heeft op de afhandeling van het luchtverkeer.

Het vliegtuig landde om ongeveer 11:26 uur. Beide bestuurders verklaarden dat het afvangen langer dan normaal duurde en dat de landing plaatsvond vlak voor het einde van de landingszone. Ze verklaarden dat de landing erg zacht was en dat, naar hun oordeel, hierdoor de remklappen erg laat uitkwamen. De PF verklaarde dat het aan het begin van de landingsbaan niet regende en dat de landingsbaan slechts nat was. Hij zag wel dat het regende boven het zuidelijke deel van de landingsbaan.

Zoals gepland, selecteerde de PF 'idle reverse' na de landing. Hij verklaarde dat, ondanks dat landing verder op de landingsbaan plaatsvond dan gepland, hij afslag V3 nog steeds een realistische optie beschouwde voor het verlaten van de landingsbaan. De PF verklaarde dat hij het automatische remsysteem ontkoppelde terwijl het vliegtuig afslag V3 naderde omdat hij van plan was het vliegtuig manueel af te remmen tot een gepaste snelheid. Hij verklaarde dat hij merkte dat het antiblokkeer systeem vrijwel meteen na het manueel remmen in werking trad. Hij besloot toen om de landingsbaan bij afslag V4 te verlaten omdat hij het niet meer mogelijk achtte om voldoende af te remmen om de baan op een veilige manier bij V3 af te draaien. De PF verklaarde tevens dat hij weet dat afslag V3 geen standaard hoge snelheidsafslag is en dat een lagere dan

³ 'Automatic terminal information service (ATIS)': automatische informatievoorziening van een vliegveld voor vertrekkende en aankomende vliegtuigen.

⁴ Instrument Landing System.

⁵ Met uitgeschoven klappen is er meer weerstand waardoor er meer brandstof wordt gebruikt, hetgeen resulteert in een lager gewicht.

gebruikelijke snelheid nodig is om veilig deze afslag te gebruiken. De PF informeerde de PM dat hij zich op afslag V4 zou richten. De PM gaf dit bericht door aan de luchtverkeersleider in de toren.

De PF stopte vervolgens met remmen en selecteerde voorwaarts stationair vermogen. Kort hierna verhoogde hij het voorwaartse vermogen. Terwijl het vliegtuig V4 naderde heeft de PF het vermogen verminderd naar stationair en wederom geremd. Hij verklaarde dat hij 'overdonderd' was over hoe weinig grip er was en dat er naar zijn mening een behoorlijk hoeveelheid water op de landingsbaan stond. In het interview verklaarde hij dat hij de rempedalen volledig heeft ingetrapt om het vliegtuig af te remmen.

Tegen het einde van de landingsbaan probeerde de PF het vliegtuig afslag V4 in te sturen door een combinatie van differentieel remmen en gebruik van de handmatige neuswielbesturing. Hij wist dat afslag V4 een hoek van 90 graden maakte met de landingsbaan. De PF verklaarde dat hierdoor het neuswiel zijwaarts slipte. Het vliegtuig reed wel afslag V4 op maar de bemanning kon niet voorkomen dat het neuswiel het verharde gedeelte van de landingsbaan verliet. Het neuswiel reed over een afwateringsdeksel voordat het van het asfalt raakte. Hierdoor werden de velgen van het neuswiel beschadigd. Uiteindelijk stopte het vliegtuig met het neuslandingsgestel in het gras en het hoofdlandingsgestel nog op het asfalt. De bemanning besloot om geen noodevacuatie te starten aangezien het vliegtuig intact leek te zijn. De luchtverkeersleider in de toren liet de bemanning weten dat de brandweer gealarmeerd was. De passagiers konden uiteindelijk het vliegtuig via de trap aan de achteruitgang van het vliegtuig verlaten en werden met bussen naar het stationsgebouw gebracht.



Afbeelding 2: het vliegtuig na het incident (bron Luchtvaartpolitie).

ONDERZOEK EN ANALYSE

Bemanning

Beide piloten hadden de benodigde bevoegdheden en waren gekwalificeerd. Ze hadden beiden de voorgeschreven rusttijd gehad en verklaarden dat zij goed uitgerust en fit waren voor hun taken.

Vliegtuig

Het vliegtuig was een Boeing 737-900, met registratie PH-BXP. Het maximum toegestane landingsgewicht was 66.814 kg. Het werkelijk landingsgewicht was 66.312 kg. Het vliegtuig was onderhouden volgens het goedgekeurde onderhoudsschema. Het vliegtuig had een geldig bewijs van luchtwaardigheid en werd gebruikt binnen de grenzen voor gewicht en zwaartepunt gedurende de gehele vlucht.

Landingsbaan 18R

Landingsbaan 18R op EHAM heeft een lengte van 3.800 meter en is 60 meter breed. Baan 18R wordt alleen als landingsbaan gebruikt; de tegenovergestelde baan, 36L, wordt slechts gebruikt als

startbaan. De landingsdrempel van landingsbaan 18R is verplaatst met 270 meter, waardoor 3.530 meter overblijft voor de landing.

De landingsbaan heeft vier afslagen, V1 tot en met V4. V1 is een hogesnelheidsafslag en bevindt zich 1.885 meter van de verplaatste drempel van landingsbaan 18R (resterende baanlengte 1.645 meter). V2 is ook een hogesnelheidsafslag die zich 2.485 meter van de verplaatste drempel bevindt (resterende baanlengte 1.045 meter).

V3 bevindt zich 2.985 meter van de verplaatste drempel van landingsbaan 18R (resterende baanlengte 545 meter) en staat in een hoek van 50 graden op de landingsbaan.

V4 staat in een hoek van 90 graden op de landingsbaan en bevindt zich aan het uiterste einde van de landingsbaan.



Afbeelding 3: landingsbaan 18R/36L met de afslagen (bron Luchtvaartpolitie).

Op het eerste gedeelte van landingsbaan 18R zijn markeringen geverfd die de landingszone van de baan aangeven. Deze zone bestaat uit zes paar rechthoekige witte markeringen die symmetrisch langs de middenlijn zijn aangebracht. Het derde stel markeringen bevindt zich 400 meter van de verplaatste drempel van de landingsbaan en is twee keer zo breed als de andere markeringen om het landingspunt aan te geven.

Aan het einde van landingsbaan 18R, ter hoogte van afslag V4 is een witte markering op het asfalt aangebracht om het einde van de landingsbaan aan te geven. Deze bestaat uit een patroon van 16 strepen met een afmeting van 30 meter lang en 1.80 meter breed, met een tussenruimte van 1.80 meter.

Volgens Amsterdam Airport Schiphol (AAS) bestaan de markeringen op de landingsbaan uit gewone wegverf. De markeringen worden elk jaar opnieuw geverfd waarbij de nieuwe laag verf over de oude wordt aangebracht.

Meteorologische gegevens

Voor de nadering naar EHAM beluisterde de bemanning de ATIS-informatie 'A', die de volgende informatie meldde:

"Landingsbaan 18R, transitieniveau FL45, wind uit de richting 250° met 1 knoop, zicht meer dan 10 km, buien in de omgeving, licht bewolkt op 12.000 voet, half bewolkt op 15.000 voet, temperatuur 15° Celsius, dauwpunt 13° Celsius, luchtdruk 1007 hPa, geen belangrijke wijzigingen."

De ATIS heeft dit bericht uitgezonden tussen 10:25 en 10:58. Tussen 10:58 en 11:31 veranderde de inhoud van deze ATIS-informatie vijf keer vanwege wisselingen in windrichting en snelheid en de aanwezigheid van regen- en onweersbuien. De bemanning heeft de weerrapporten vanaf 10:58 niet meer beluisterd.

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) heeft een gedetailleerd rapport verstrekt over de neerslag uit de bui die actief was voor de nadering van de KL1002. Hieronder een passage uit dit rapport:

Algemene weerssituatie

Een omvangrijk lagedrukgebied strekte zich uit van Polen naar Nederland. In deze omgeving was de atmosfeer bijzonder onstabiel van opbouw. Een gebied met regenbuien trok over de luchthaven Schiphol tussen 10:30 en 12:00 (08:30 en 10:00 UTC).

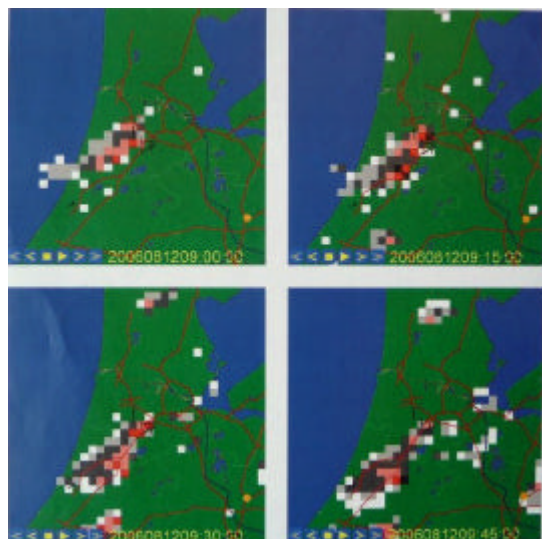
Analyse van de regenbui ten tijde van het incident

Omstreeks 09.40 ontstond er ten zuiden van IJmuiden een bui. De bui trok traag zuidwaarts en groeide hierbij aan in noordnoordoostelijke richting. Omstreeks 10:30 bereikte de bui de noordzijde van de Polderbaan (18R, omstreeks 10:40 de zuidzijde. De neerslag hield aan de noordzijde aan tot 11:15, aan de zuidzijde tot 11:25. Tussen ca. 11:15 en 11:30 zijn er ook enkele ontladingen gedetecteerd in de omgeving van de Polderbaan.

In de nabije omgeving van de Polderbaan werd om 11:20 volgens de radar een intensiteit van 49 mm/uur bereikt en viel in 5 minuten 4,1 mm.

Het KNMI verklaarde dat de verhouding tussen de neerslag zoals gedetecteerd door de radar en de daadwerkelijk gevallen hoeveelheid neerslag, is met name tijdens buiige situaties en over korte integratietijden variabel. Gebaseerd op de verhouding tussen de dagtotalen zoals daadwerkelijk gemeten en de dagtotalen gemeten door de radar, kan een ratio van 2 worden afgeleid. Wanneer dit wordt toegepast op de situatie van 11:20 zou dit resulteren in een maximum hoeveelheid regen van 8 mm in 5 minuten.

Het KNMI merkt verder op dat een hoeveelheid van 8 mm regen in 5 minuten op willekeurige plaats in Nederland slechts één maal per drie jaar voorkomt of wordt overschreden.



Afbeelding 4: weergaven van de weerradar tussen 11.00u – 11.45u.

Vluchtopnameapparatuur

Het vliegtuig had een 'cockpit voice recorder' (CVR), een 'digital flight data recorder (DFDR)' en een 'aircraft condition monitoring system' recorder (ACMS) aan boord. Het ACMS hield op met opnemen bij 45 knopen tijdens de landingsrol en hervatte opname pas nadat het vliegtuig volledig tot stilstand was gekomen. De DFDR stopte nadat de motoren van het vliegtuig waren uitgezet. Hierdoor zijn alle handelingen die hebben plaatsgevonden na het uitzetten van de motoren niet opgenomen.

De CVR opname gaf blijk van een routinematige vluchtuitvoering tot aan de afvangfase van de vlucht. Om 11:26:32 kondigde het 'auto call-out' systeem een radio hoogte (RA) aan van 10 voet, gevolgd door het geluid van de landing en de selectie van de remkleppen om 11:26:41. Relevante communicatie tussen de bemanning is verwerkt in de beschrijving van dit incident. De inhoud komt in het algemeen overeen met de verklaringen van de bemanning. Het was hoorbaar dat, na de landing, de PF verzocht om het automatische remsysteem uit te schakelen, hetgeen werd bevestigd door de PM met het antwoord 'auto brakes off'.

De informatie van het ACMS laat data zien die overeenkomst met de data van de DFDR. De data laat zien dat om 11:27:07, de stand van het automatische remsysteem veranderde van stand 2 naar stand 1 gedurende 2 seconden, gevolgd door het uitschakelen van het automatische remsysteem.

De DFDR registreerde een normale vlucht tot aan de afvangfase van de vlucht. Op 50 voet radiohoogte was de aangewezen luchtsnelheid (IAS) 161 knopen. Volgens de gegevens van het 'flight management system' (FMS) raakte het hoofdlandingsgestel de landingsbaan om 11:26:41. Tegelijkertijd kwamen de remkleppen uit en werd het automatische remsysteem stand 2 geactiveerd. Twee seconden later werden de straalomkeerders geactiveerd. Om 11:26:52 raakte het neuslandingsgestel de baan. Vanaf dat moment laat de data een geleidelijke remvertraging zien van ongeveer 0,15G met een remdruk die varieerde tussen ongeveer 400 en 700 Psi, totdat een grondsnelheid van 70 knopen werd bereikt om 11:27:07. Op dat moment werd het automatische remsysteem uitgeschakeld. De data laat een daling van de remdruk zien en een daling van de remvertraging tot ongeveer 0,08G. Na 3 seconden vertoont de remdruk een stijging naar een maximum van 814 Psi waardoor de remvertraging toenam tot een maximum van 0,18G. De straalomkeerders werden ingetrokken bij een snelheid van 60 knopen. Van 11:27:19 tot 11:27:30 werd geen remdruk gemeten. Gedurende die tijd laat de data zien dat enig vermogen werd geselecteerd. De grondsnelheid, die was verminderd naar 44 knopen, bleef gelijk. Vanaf 11:27:30 tot aan het incident fluctueerde de remdruk en bereikte een maximum van 742 Psi. Toen de richting van het vliegtuig begon te veranderen van 182° naar 126° was de grondsnelheid ongeveer 30 knopen. Om 11:28:00 was de grondsnelheid verminderd naar 0 knopen. Een uitgebreide tekening van de data van de DFDR is bijgevoegd in appendix A.

De nadering

De bemanning bereidde zich voor op een ILS nadering op landingsbaan 18R met 30 graden vleugelkleppen, stand 2 van het automatische remsysteem en stationaire straalomkeerder. Dit kan beschouwd worden als een standaard instelling. Tijdens de voorbereiding van de nadering had de bemanning geen indicaties dat een afwijkende configuratie nodig zou zijn. De vluchtpad tijdens het laatste deel van de nadering liet geen belangrijke afwijkingen zien van ten opzichte van de baanrichting (localizer), glijpad of snelheid. Op 50 voet RA⁶ was het vliegtuig op de 'localizer' ongeveer 0,6 'dots' te hoog op het glijpad met een snelheid van 161 knopen, hetgeen 5 knopen sneller was dan de geplande laatste naderingssnelheid (FAS) van 156 knopen. Deze waarden kunnen worden beschouwd als binnen de grenzen. Hierbij wordt opgemerkt dat de FAS zoals voorgeschreven in het KLM aircraft operation manual⁷ (AOM) 2.3.5.5. een minimum waarde heeft van de referentiesnelheid (V_{ref}) + 5 knopen. Dit betekent dat de vliegsnelheid van de KL1002 V_{ref} + 10 knopen was.

In AOM 2.3.5.4. staat vermeld dat vleugelkleppen 30 de normale kleppenstand is voor een landing in verband met de geluidsbepalingen. Er staat ook vermeld dat kleppen 40 gebruikt mag worden wanneer dat nodig is. De bemanning verklaarde dat ze het gebruik van kleppen 40 niet hebben overwogen voor deze landing vanwege het hoge landingsgewicht. Een hogere stand van de klappen geeft meer snelheidsstabiliteit en vermindert de neiging tot zweven van het vliegtuig tijdens het afvangen. Aan de andere kant is 162 knopen de maximumsnelheid voor het gebruiken van kleppen 40. Dit laat een marge van slechts 6 knopen bij de FAS met kleppen 40. Het is daarom begrijpelijk dat kleppen 30 is gebruikt. Het vergt echter grote aandacht van de PF om zweven tijdens de landing te voorkomen, zeker wanneer de daadwerkelijke snelheid de uitgerekenen FAS overschrijdt. Het gebruik van de 'idle reverse' en het automatische remsysteem op stand 2 waren in overeenstemming met de AOM.

Tijdens de nadering hoorde de bemanning van de KL1002 het gesprek tussen de luchtverkeersleider in de toren en de Boeing 777 die voor de KL1002 vloog. De luchtverkeersleider sprak zijn verbazing uit over de hoeveelheid water die tijdens het uitrollen van de Boeing 777 werd opgeworpen. Het antwoord van de bemanning van de Boeing 777 was in het Nederlands en bevatte de informatie dat ze zojuist 'een bui op hun kop hadden gehad'. Dit kan worden zodanig worden geïnterpreteerd dat er op dat moment regen viel, met een intensiteit die meer dan 'light' was. Tijdens het gesprek werden noch de intensiteit van de regen, noch de stroefheid van de baan expliciet genoemd.

⁶ RA: Radio altitude, de hoogte gemeten door de radiohoogtemeter.

⁷ Voor dit onderzoek is KLM AOM 737, inclusief wijziging nr. 14, ingaande per 8 juni 2006, gebruikt.

Uit het bovenstaande lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat zowel de luchtverkeersleider als de bemanning van de KL1002 zich bewust waren van het feit dat het regende en dat de landingsbaan nat was. Aangezien er geen aanwijzingen waren die het tegendeel bewezen, kon de bemanning van de KL1002 er redelijkerwijs van uit gaan dat de 'braking action' (remeffectiviteit) goed was.

Vorbereiding voor afslag V3

Refererend aan AOM 4.4.2. waren de uitgerekenende landingsafstanden voor KL1002 gebaseerd op de standaard situatie, aangepast met de hieronder genoemde omstandigheden die de bemanning tijdens de nadering tot zijn beschikking had:

- Vleugelkleppen 30
- Automatisch remsysteem stand 2
- Geen wind
- Bruto gewicht 67.0 ton
- $V_{ref} + 5$ knopen
- Stationaire straalomkeerder
- Temperatuur 15° C
- QNH 1007

De landingsafstanden onder diverse omstandigheden worden uiteengezet in de onderstaande tabel:

Automatisch remsysteem	Braking action	Berekende landingsafstand in meters
2	Good	2.883
3	Good	2.254
Max	Good	1.656
2	Medium	2.883
3	Medium	2.269
Max	Medium	2.057

De uitgerekenende landingsafstanden zijn inclusief een veronderstelde landing 400 meter na de verplaatste drempel en een veiligheidsmarge van 200 meter.

Er kan geconcludeerd worden dat, gezien de kennis die de bemanning had over het functioneren van het vliegtuig en de weers- en landingsbaanomstandigheden waarvan zij op de hoogte was, de gekozen landingsconfiguratie hen in staat had gesteld om de landingsbaan via afslag V3 te verlaten. Met inachtneming van de veiligheidsmarge van 200 meter, kwam de snelle berekening van de PF dat de landingsafstand ongeveer 2,600 meter was, hiermee overeen. Een exacte berekening was onder de gegeven omstandigheden niet nodig.

Landing

Nadat het vliegtuig 10 voet RA was gepasseerd, duurde het ongeveer 9 seconden voordat het hoofdlandingsgestel de landingsbaan raakte. Dit kan worden afgeleid zowel uit de CVR opname als uit de DFDR data. De bemanning bevestigde dat het vliegtuig vrij lang zweefde voordat het landde. De PF verklaarde dat hij het vliegtuig niet opzettelijk heeft laten zweven om op die manier een zachte of uitgestelde landing te maken. Het lange zweven voor de landing is tegenstrijdig met de standaard landingstechniek die beschrijft dat minimaal zweven en een positieve landing essentieel zijn om het risico van aquaplaning tijdens het landen op een natte of gladde landingsbaan te verminderen.

Uit analyse van ACMS data van het aantal landingen dat binnen de KLM criteria viel van uitgestelde landingen, in vergelijking met het totaal aantal landingen met dit type vliegtuig, kwam naar voren dat uitgestelde landingen geen gewoonte zijn binnen KLM. Er zijn geen aanwijzingen dat uitgestelde landingen een onderdeel uitmaken van de bedrijfscultuur.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft het landingspunt berekend om te kunnen vaststellen of het vliegtuig onder de gegeven omstandigheden had kunnen stoppen voor afslag V3 of niet. De bemanning verklaarde dat het hoofdlandingsgestel de baan raakte aan het uiterste einde van de landingszone (TDZ). Een grafische weergave van het landingspunt volgens gegevens van de DFDR en een terugberekening van de snelheid en de afstand vanaf het punt waar het vliegtuig de landingsbaan verliet, bevestigde de verklaringen van de bemanning. Ondanks dat de bovengenoemde berekeningen rekenfouten kunnen bevatten, komen de uitkomsten overeen met

de verklaring van de bemanning. Om deze reden wordt uitgegaan van een landingspunt op 900 meter van de verplaatste drempel van landingsbaan 18R, aan het uiteinde van de TDZ.

Werkelijke landingsafstand

De Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft ook de landingsafstand berekend, gebaseerd op de daadwerkelijke omstandigheden tijdens de landing van de KL1002 (een aangepaste FAS en een hogere temperatuur). Voor deze berekening is de 200 meter veiligheidsmarge niet meegerekend en zijn de standaard omstandigheden aangepast aan de data hieronder:

- Vleugelkleppen 30
- Automatisch remsysteem stand 2
- Geen wind
- Bruto gewicht 67.0 ton
- $V_{ref} + 10$ knopen
- Stationaire straalomkeerder
- Temperatuur 18° C
- QNH 1007

Volgens de AOM wordt een landing verondersteld 400 meter na de (verplaatste) drempel van een landingsbaan. Echter, de KL1002 landde niet 400 meter na de verplaatste drempel maar 900 meter. Om deze reden is de daadwerkelijke landingsafstand met 500 meter verhoogd.

De landingsafstanden onder de daadwerkelijke omstandigheden worden uiteengezet in de onderstaande tabel:

Automatisch remsysteem	Braking action	Werkelijke landingsafstand in meters
2	Good	3.313
3	Good	2.669
Max	Good	2.046
2	Medium	3.313
3	Medium	2.684
Max	Medium	2.447

Resumerend kan geconcludeerd worden dat, gegeven het landingspunt, stand 3 van het automatische remsysteem nodig was geweest om het vliegtuig tot een veilige snelheid af te remmen om via afslag V3 de landingsbaan te verlaten, 2985 meter van de verplaatste drempel.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid concludeert dat, zelfs na een late landing, een veilige landingsrol binnen de mogelijkheden van het vliegtuig lag maar dat hiervoor een aangepaste afremtechniek nodig was. De aanname van de bemanning dat het haalbaar was om, ondanks de uitgestelde landing, en met stand 2 van het automatische remsysteem, de landingsbaan via afslag V3 te verlaten, te optimistisch was. Dit was waarschijnlijk de reden dat de bemanning niet de meest geschikte handelingen heeft uitgevoerd om het vliegtuig af te remmen opdat afslag V3 haalbaar was.

De landingsrol tot afslag V3

Uit de DFDR data kan vastgesteld worden dat werd afgeremd met ongeveer 0,15G. Dit is in overeenstemming met de nominale waarde voor stand 2 van het automatische remsysteem. Het feit dat de remdruk van het linker en het rechtersysteem in deze fase ver onder hun nominale waarde van 1.500 Psi liggen, kan worden verklaard door het feit dat het automatische remsysteem remvertraging berekent. Indien ook andere middelen, zoals bijvoorbeeld de 'spoilers' en straalomkeerders worden gebruikt, zal de benodigde remdruk voor de berekende vertraging minder zijn. Zodoende had het gebruik van stationaire straalomkeerders in plaats van volledige straalomkeerders en het late uitkomen van de 'spoilers' geen invloed op de vertraging in dit deel van de landingsrol. Deze fase van de landingsrol liet geen afwijkingen zien ten opzichte van het te verwachten functioneren van het vliegtuig.

Het vliegtuig remde verder normaal af tot 2.750 meter na de verplaatste drempel. Op dat moment (26 seconden na de landing) schakelde de bemanning het automatische remsysteem uit en remde de PF manueel om zo de afremnelheid te vergoten om afrit V3 te kunnen nemen. Op dat moment had het vliegtuig een grondsnelheid van 70 knopen.

Volgens specialisten van Boeing zal het automatische remsysteem uitschakelen wanneer door manueel remmen een remdruk wordt bereikt van 750 Psi of meer wordt bereikt. DFDR data laat zien dat de remdruk dit niveau niet bereikte voor of tijdens het uitschakelen van het automatische remsysteem. De ACMS data toont dat de stand van het automatische remsysteem van 2 naar 1 veranderde voordat het automatische remsysteem uitschakelde. Deze informatie, samen met het feit dat de PF het commando 'set auto brakes off' gaf, lijkt overeen te komen met een handmatige uitschakeling met behulp van de controleknop, in plaats van door druk op het rempedaal.

Volgens AOM 2.3.5.25 wordt gebruik van het automatische remsysteem aanbevolen, zeker wanneer:

- De remeffectiviteit minder dan goed is.
- De uitgerekenende landingsafstand bijna gelijk aan de beschikbare landingsafstand (LDA) is.
- Wordt geland op een gladde baan.
- De weersomstandigheden minder dan 'CAT 1' zijn.
- Wordt geland met een hoger dan gebruikelijke naderingsnelheid.
- Wordt geland met sterke zijwind.

Onder deze omstandigheden, zou het automatisch remsysteem moeten worden gebruikt totdat een veilige taxisnelheid is bereikt.

Wanneer het automatisch remsysteem wordt gebruikt, beschrijft AOM 2.3.5.18 dat de automatische remmen pas uitgeschakeld zouden moeten worden op het moment dat een veilige stop is verzekerd en er voldoende visuele referentie is voor manuele controle, maar niet voordat de snelheid is afgenomen tot 60 knopen of minder. Daarnaast vermeldt AOM 2.3.25 dat de overgang naar manueel remmen normaliter niet gedaan wordt boven een snelheid van 80 knopen.

Bij het manueel remmen kwam de remdruk niet boven de 841 Psi uit volgens de DFDR. Vergeleken met een maximum remdruk van 3000 Psi, kan geconcludeerd worden dat ongeveer 27% van de beschikbare remdruk werd gebruikt.

In het interview verklaarde de PF dat hij bijna meteen na het uitschakelen van het automatische remsysteem merkte dat het antiblokkeersysteem licht ingreep. Dit kan zijn veroorzaakt door aquaplaning, echter DFDR data toont een remvertraging die overeenkomt met de toegepaste remdruk. Aangezien de drukmeting van de DFDR en het ACMS zich beide boven de regelklep van het antiblokkeersysteem bevinden, registreren deze systemen interventie van het antiblokkeersysteem niet. Echter, volgens technici van de KLM kan enige fluctuatie in de remdruk worden geregistreerd nadat het antiblokkeersysteem is geactiveerd.

Kort na het manueel remmen gaf de PF aan dat afslag V3 te dichtbij was om veilig te gebruiken en dat hij door zou gaan naar afslag V4. Een hogesnelheidsafslag is ontworpen voor een grondsnelheid van 30 knopen. Gezien het feit dat afslag V3 niet is uitgevoerd als hogesnelheidsafslag, dat de landingsbaan nat was en dat het vliegtuig een grondsnelheid had van 45 knopen, was de beslissing om door te gaan naar afslag V4 een veilige beslissing.

Het wordt opgemerkt dat het gebruik van 'spoilers' en maximale remstuwkracht het meest efficiënt is tijdens het afremmen bij hoge snelheid (m.a.w. boven 100 knopen). Dit helpt het eventuele verlies van effectiviteit van de remmen te voorkomen in gevallen van aquaplaning op een natte of gladde baan. De omstandigheden die bekend waren voor de landing, maken de keuze voor het gebruik van de stationaire straalomkeerders verklaarbaar.

Nadat het vliegtuig 500 meter na het beoogde landingspunt landde op de natte landingsbaan, was een verhoging van het geplande remvertraging nodig om afslag V3 te halen; stand 2 van het automatische remsysteem genereerde onvoldoende remvertraging om een veilige taxisnelheid te bereiken bij afslag V3. De benodigde vertraging had bereikt kunnen worden door een hogere stand van het automatische remsysteem te kiezen, bij voorkeur in combinatie met verhoogde remstuwkracht of door het uitschakelen van het automatische remsysteem en het manueel remmen tezamen met de verhoogde remstuwkracht, totdat een veilige landingsrol verzekerd was binnen de resterende lengte van de landingsbaan (tot V3).

Dit wordt ondersteund door AOM 2.3.5.25 waarin staat: "Er moet worden overgeschakeld naar manueel remmen wanneer:

- De vertraging niet voldoende is voor de resterende afstand
- Er zich een probleem voordoet met de richtingscontrole
- Het systeem zichzelf uitschakelt"

Landingsrol na V3

Met nog 740 meter landingsbaan te gaan, liet de PF de remmen volledig los en zette de gashendels naar voorwaarts stationair vermogen om zo de straalomkeerders in te trekken. Kort daarna zette de PF de gashendels nog meer naar voren om de remkleppen in te trekken. In zijn interview verklaarde de PF dat hij gewend was om een dergelijke handeling op deze manier te verrichten in plaats van het bedieningshendel van de remkleppen te gebruiken.

Nadat de PF de remkleppen had ingetrokken, werden de gashendels niet teruggezet naar voorwaarts stationair vermogen. Met andere woorden, de motoren bleven draaien op iets meer dan stationair vermogen en de grondsnelheid bleef constant op 44 knopen gedurende ongeveer 17 seconden terwijl het vliegtuig afslag V3 passeerde. Dit verhoogde onnodig de benodigde remafstand. De gashendels werden weer in de stationaire stand gezet toen er weer werd geremd aan het einde van de landingsbaan.

Het gebruikshandboek schrijft niet voor hoe de remkleppen ingetrokken dienen te worden. De meest voor de hand liggende manier is om het bedieningshendel van de remkleppen naar 'down' te zetten, hoewel het intrekken van de remkleppen door het gashendel naar voren te bewegen niet verboden is. Om een ongewenste verhoging van het voorwaartse vermogen te voorkomen en om een eenduidige manier van intrekken te bevorderen, dient het intrekken door middel van het bewegen van de gashendels ontmoedigd te worden.

Met 350 meter te gaan werden de gashendels wederom dicht getrokken en de remdruk werd geleidelijk verhoogd tot een maximum waarde van 742 Psi. De PF verklaarde dat naar zijn mening het laatste gedeelte van de landingsbaan erg glad was en dat hij maximale rempedaaldeflectie gebruikte om te remmen hoewel de remdruk niet boven de 742 Psi uitkwam. Het toepassen van maximale remdruk resulteert in een remdruk van 3.000 Psi. Een remdruk van 742 Psi is ongeveer 25% van de beschikbare remdruk. De resulterende remvertraging van een maximum van 0,2G is in overeenstemming met de gemeten remdrukwaarden. Deze remdrukwaarden zullen verder worden geanalyseerd in de remdrukanalyse.

Met 140 meter te gaan en een grondsnelheid van 30 knopen, startte de PF een draai naar afslag V4, zoals hij verklaarde, in een poging het vliegtuig op de taxibaan af te remmen. Vanaf dit punt heeft de CVR een luid onophoudelijk geluid geregistreerd dat geïdentificeerd werd als het schrapen van de neuswielen. Kennelijk hadden de neuswielen niet voldoende frictie voor een draai bij deze snelheid. Dit resulteerde in een zeer wijde bocht en uiteindelijk verliet het vliegtuig het asfalt met een grondsnelheid van 12 knopen. Volgens het AOM zou de snelheid van een vliegtuig bij het naderen van een bocht op een droge ondergrond, ongeveer 10 knopen moeten zijn.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid merkt op dat ofwel de gashendels niet volledig waren teruggezet in de stationaire stand vanwege de manier waarop de remkleppen waren ingetrokken, of de PF heeft vermogen gegeven om het verlaten van de landingsbaan te versnellen of beide. De PF verklaarde dat hij geen extra druk voelde omdat er ander verkeer vlak achter hem zat. Hij verklaarde dat hij wel probeerde het verlaten van de landingsbaan te versnellen met het oog op het achterliggende verkeer maar dat hij zich er niet van bewust was dat hij de gashendels niet had teruggetrokken na het intrekken van de landingskleppen in deze fase van landingsrol.

Ondanks zijn verklaring is de Onderzoeksraad voor Veiligheid van mening dat de PF wellicht druk heeft gevoeld om de landingsbaan snel te verlaten. Deze mening wordt ondersteund door het feit dat de gashendels terug werden gezet naar de stationaire stand op het moment dat er weer handmatig werd geremd.

Beide handelingen wijzen er op dat de PF besloot om pas vaart te minderen bij het naderen van afslag V4. De Raad is van mening dat de bemanning zich onvoldoende bewust was van de situatie. Het intrekken van de remstuwkracht, intrekken van de remkleppen, toedienen van voorwaarts vermogen en onvoldoende gebruik van de remmen waren ongeschikte handelingen voor deze situatie.

De meest effectieve manier om onder deze omstandigheden te remmen is door het toepassen van maximale remkracht waarbij tijdens een verlies van frictie, het antiblokkeersysteem zorgt voor de optimale afstand om te stoppen. Het voornemen om afslag V4 te gebruiken verhoogde fysiek gezien de beschikbare afstand om te stoppen en is daarom begrijpelijk. Een bocht maken heeft echter een negatieve invloed op de effectiviteit van de remmen, zeker in dit geval waar de bocht werd gemaakt op natte en gladde landingsbaanmarkeringen.

Remdrukanalyse

De maximale remdruk gemeten door de DFDR was 742 Psi. Aangezien de nominale maximum remdruk 3.000 Psi is, heeft de Raad onderzocht waarom de gemeten remdruk niet een waarde bereikte die dicht bij het maximum ligt. De volgende mogelijkheden zijn onderzocht:

- Technische storing in het remsysteem.
- Afwijkingen in het opnamesysteem.
- Gebruik van minder dan de maximale rempedaaldruk door de piloot.

1. Technische storing in het remsysteem

Meteen na het incident werd het vliegtuig geïnspecteerd door de technische dienst van de luchtvaartmaatschappij. Behalve een minimale schade aan de neuswielvelgen, werden bij deze inspectie geen defecten geconstateerd. Het vliegtuig werd de volgende dag vrijgegeven voor gebruik. Het technische journaal bevatte geen klachten over het remsysteem, noch voor, noch na het incident. De vertragingwaarden zoals gemeten door de DFDR en ACMS, laten remvertragingen zien die overeenkomen met gebruik van stand 2 van het automatische remsysteem totdat het automatische remsysteem werd uitgeschakeld door de piloot. Vertragingwaarden gedurende de rest van de landingsrol komen overeen met de gemeten remdruk.

Gezien deze feiten heeft de Raad een technische storing als oorzaak voor het incident uitgesloten.

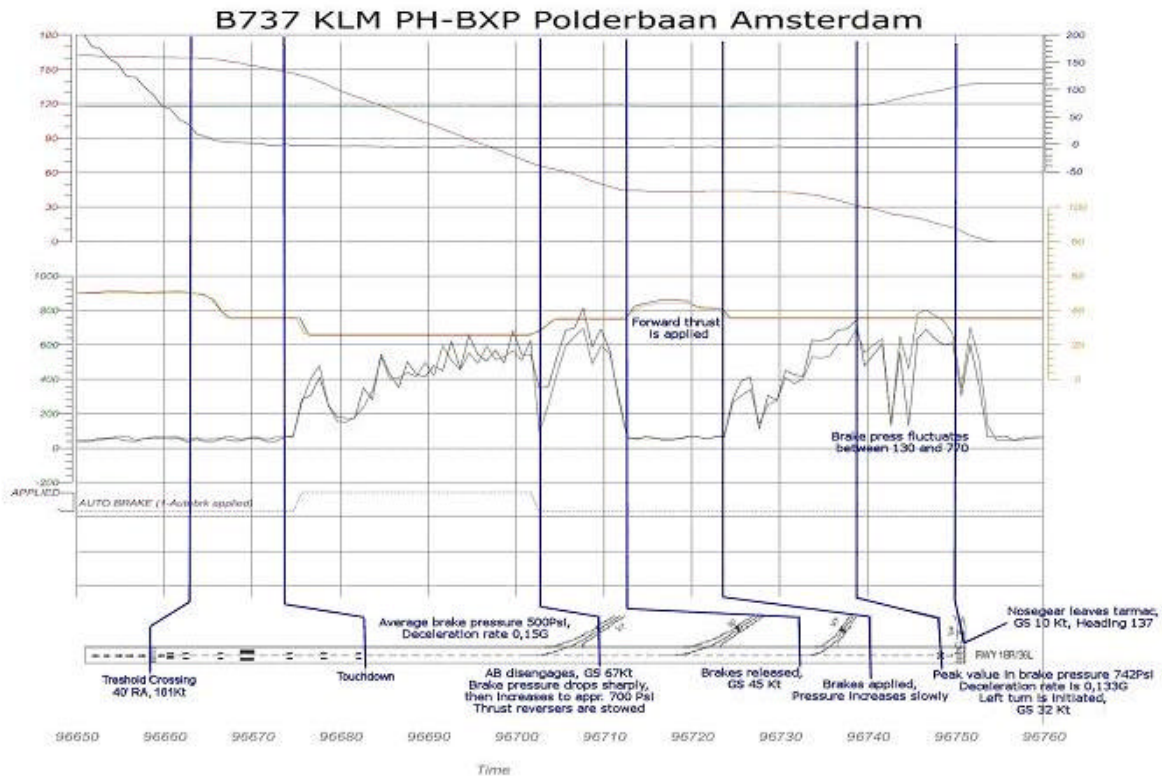
2. Afwijkingen in het opnamesysteem

Om twijfel uit te sluiten heeft het onderzoeksteam een test gevraagd waarin handmatig maximaal zou worden geremd. Tijdens een eerste poging liet de ACMS data een waarde van 0 Psi zien tijdens het remmen. Technisch specialisten van de luchtvaartmaatschappij hebben bevestigd dat dit resultaat te wijten is aan een probleem met de ACMS software. Deze kwestie is nog in onderzoek bij de luchtvaartmaatschappij. Er werd nog een test uitgevoerd. De data uit die test laat zien dat het DFDR systeem wel waarden van bijna, of zelfs boven, 3.000 Psi laat zien wanneer er maximaal wordt geremd. Om deze reden is alleen DFDR data gebruikt voor dit onderzoek en wordt een maximum waarde van 742 Psi als representatief beschouwd.

3. Gebruik van minder dan maximale rempedaaldruk door de piloot

De PF heeft meerdere malen verklaard dat hij naar zijn mening maximaal manueel heeft geremd tijdens het laatste gedeelte van de landingsrol. Zoals eerder genoemd komen de remdruk en de remvertragingwaarden met elkaar overeen gedurende de gehele landingsrol. De Raad heeft geprobeerd de verklaring van de piloot te vergelijken met de gemeten data. Aangezien rempedaaldeflectie niet wordt gemeten, bleek dit niet mogelijk. Het onderzoeksteam concludeert dat ondanks dat de piloot het gevoel had dat hij maximaal remde, het zeer waarschijnlijk is dat volle rempedaaldeflectie niet werd gebruikt. De Raad kon het verschil tussen de waarneming van de piloot en de opgenomen data echter niet verklaren.

Na het passeren van V3 vertoonde de remdruk enige fluctuatie. Zoals al eerder werd vermeld wordt de activering van het antiblokkeersysteem niet geregistreerd. Deze fluctuatie is waarschijnlijk veroorzaakt door het ingrijpen van het antiblokkeersysteem.



Afbeelding 4: belangrijke gebeurtenissen weergegeven op een afbeelding van de landingsbaan.

'Crew resource management'

De coördinatie en communicatie tussen de bemanningsleden tijdens de nadering en de landing, zoals vastgelegd op de CVR, lieten geen bijzonderheden zien. De sfeer tussen de bemanningsleden was goed. Alle onderdelen van de checklist werden afgehandeld. De PF liet de PM weten van zijn voornemen om de landingsbaan via afslag V3 te verlaten. Deze informatie werd zonder commentaar bevestigd door de PM, dus dit was hem kennelijk niet vreemd. Tijdens de landingsrol naar V3 liet de PF weten dat het vliegtuig niet remde zoals verwacht en dat hij de landingsbaan via V4 moest verlaten. Dit werd bevestigd door de PM met een 'yes' zonder verder commentaar. Behalve het verzoek om de ATC te informeren dat hij de landingsbaan via afslag V4 zou verlaten en een aantal losse opmerkingen van de PF, was er geen communicatie tussen de bemanningsleden. Het intrekken van de remkleppen, het stoppen met remmen en het voorwaarts vermogen selecteren door de PF werden niet gecommuniceerd. Volgens de 'crew coordination procedure for landing' heeft de PM een actieve rol: hij moet de uitkomsten checken van de handelingen van de PF en een beslissing maken in het geval van een afwijking. Hij behoort ook 'sixty' te melden op het moment dat de grondsnelheid 60 knopen bereikt. De afwezigheid van deze melding en van overige communicatie door de PM kan er op wijzen dat de PM een passieve rol speelde tijdens de landing, hoewel de PM verklaarde tevreden te zijn met de handelingen van de PF.

In deze situatie, waar de bemanning werd verrast door de omstandigheden en waarbij de onverwachte omstandigheden de volle aandacht vroegen van de PF, had enige informatie of advies van de PM kunnen helpen de situatie beter in te schatten.

'Situational awareness'

Zoals eerder genoemd, was de oorspronkelijke planning voor de nadering en de landing logisch op grond van de informatie die de bemanning beschikbaar had. Tijdens de uitvoering van de landing veranderde een aantal feiten ten opzichte van de oorspronkelijke briefing van de bemanning:

- De bemanning hoorde een opmerking van de verkeersleiding dat waterspray op de landingsbaan van voorgaand verkeer 'indrukwekkend' was.
- Het 'touch down' punt tijdens de landing was aanmerkelijk verder op de landingsbaan dan gepland.
- Toen ze afslag V3 naderden bemerkte de bemanning dat de remeffectiviteit op de landingsbaan minder goed was dan verwacht.

Het feit dat de bemanning besloot om zich op afslag V4 te richten kan gezien worden als een veilige beslissing. Echter, het was ook de laatste beschikbare mogelijkheid voor de bemanning. Hieruit concludeert de Raad dat het naderen van het einde van de landingsbaan voorzichtiger had moeten plaatsvinden. Het feit dat er ander verkeer achter de KL1002 was, zou niet van invloed moeten zijn geweest op de eisen van een veilige vluchtuitvoering. De manier waarop de bemanning de landingsrol na afslag V3 uitvoerde en het feit dat de bemanning verrast was over het gebrek aan remkracht aan het einde van de landingsbaan, leidt de Raad tot de conclusie dat de bemanning hun situatie onvoldoende inschatte.

Gebruik van afslag V3

Tijdens de nadering vroeg de PM de luchtverkeersleider in de toren of hij afslag V3 kon gebruiken na de landing. De luchtverkeersleider keurde dit verzoek goed maar meldde dat er verkeer op 3.5 Nm achter de KL1002 vloog. 3.5 Nm is meer dan de minimale afstand tussen twee vliegtuigen en in dit geval gaf het voldoende tijd voor het eerste vliegtuig om afslag V3 te gebruiken.

Het verzoek om afslag V3 te gebruiken was gebaseerd op de veronderstelling dat het gebruik van afslag V3, in plaats van de eerst mogelijke afslag, wellicht tijd bespaart en heeft als bijkomend voordeel dat er minder bochten gemaakt moeten worden na het verlaten van de landingsbaan. Ondanks dat uit interviews blijkt dat de KLM trainingsafdeling hier niet op traint of dit gedrag aanmoedigt, lijkt het toch algemeen gebruikelijk te zijn om afslag V3 te gebruiken in plaats van de eerst mogelijke afslag. De Onderzoeksraad voor Veiligheid is van mening dat de keuze om de landingsbaan via afslag V3 te verlaten acceptabel is indien aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- In overleg met de ATC.
- Standaard naderings- en landingstechnieken worden gebruikt.

Analyse van de staat van de landingsbaan

Volgens de Onderzoeksraad speelde de extreme regen ook een rol bij dit incident. Onder normale omstandigheden is de afwateringscapaciteit van een ongeverfde landingsbaan tot 8 mm/uur zonder dat er waterplassen ontstaan. Verder zegt de (voormalige) AAS werkinstructie WI 04.01 dat wanneer er meer dan 4 mm/uur regen valt, en het water boven de top laag van de landingsbaan komt, 'braking action good' niet gegarandeerd kan worden. Bij een regenintensiteit van 4-8 mm/uur kunnen de landingsbanen aangemerkt worden als 'damp' met een bijbehorende braking action 'good'⁸. Refererend aan een hoeveelheid regen van 8 mm/5 minuten is het waarschijnlijk dat er een laag water op de landingsbaan stond, resulterend in een verminderde effectiviteit van de remmen.

Onderzoek heeft aangetoond dat de landingsbaan soms lokaal glad kan zijn tijdens vochtige of natte omstandigheden. Vooral de witte geverfde markeringen leiden tot verminderde weerstand, zoals aangetoond is door stroefheidsmetingen van de landingsbaan. Omdat deze markeringen bestaan uit lagen verf, die de open structuur van het beton volledig vullen, kunnen deze glad zijn, zeker wanneer het nat is.

De lage weerstand van de drempelmarkering van landingsbaan 36L onder natte omstandigheden vormt een potentieel risico voor vliegtuigen die landen op baan 18R. Normaal gesproken wordt de draai van de landingsbaan af gemaakt voor afslag V4. Echter, in sommige gevallen, waar de volle lengte van de landingsbaan nodig is, wordt de bemanning verrast door de aanmerkelijk lagere weerstand van het laatste gedeelte (30 meter) van de landingsbaan.

Het is onderzocht of aquaplaning een rol heeft gespeeld in dit incident. Alle drie types aquaplaning zijn getoetst.

'Dynamic' aquaplaning komt voor op ondergelopen ondergronden boven een snelheid van 9vPT. (bandenspanning in Psi). Aangezien de bandenspanning van een Boeing 737-900 205 Psi is, vindt dynamic aquaplaning plaats boven ongeveer 129 knopen. De FAS van het vliegtuig was 161 knopen en het automatische remsysteem werd uitgeschakeld bij 70 knopen. Dit leidt tot de conclusie dat dynamic aquaplaning tijdens het inschakelen van het automatische remsysteem tijdens de landingsrol heeft kunnen optreden. Omdat het afremmen van het vliegtuig overeenkomt met de minimale waarden voor stand 2 van het automatische remsysteem, kan echter worden geconcludeerd dat dynamic aquaplaning geen rol heeft gespeeld.

⁸ Rapport 'Safety aspects of criteria governing cross- and tailwind', 2000

'Reverted rubber' aquaplaning laat aanzienlijke sporen achter op de wielen en de landingsbaan. Deze sporen werden niet gevonden en volgens de Onderzoeksraad voor Veiligheid was er daarom van reverted rubber aquaplaning geen sprake.

'Viscous' aquaplaning is het meest waarschijnlijk op een gladde ondergrond, bij lage snelheden en bij dunne waterlagen. Gegeven de bekende omstandigheden, speelde viscous aquaplaning mogelijk een rol aan het einde van de landingsbaan toen de PF probeerde een bocht te maken op de drempelmarkeringen. Het vliegtuig had een lage snelheid en de markeringen hebben een glad oppervlak.

Het is ook onderzocht of rubberdeeltjes van vliegtuigbanden of andere verontreiniging een rol heeft kunnen spelen in de verminderde stroefheid van de landingsbaan. Volgens de AAS worden de rubberdeeltjes van vliegtuigbanden drie maal per jaar verwijderd van de landingszone van alle landingsbanen. Tussen 6 en 13 juli 2006 werden de rubberdeeltjes en andere verontreiniging verwijderd van de landingszones van landingsbaan 18R-36L. Aangezien dit een maand voor dit incident is, is het onwaarschijnlijk dat een grote hoeveelheid deeltjes de stroefheid van de landingsbaan heeft verminderd.

Amsterdam Airport Schiphol (AAS)

De procedures voor het vaststellen van de stroefheid van de landingsbaan en het uitvoeren van stroefheidsmetingen zijn vastgelegd in het AAS bedrijfshandboek. Deze procedures omschrijven de periodieke en operationele metingen. Volgens de periodieke meting voldeed de stroefheid van de landingsbaan aan de eisen. In het kader van dit onderzoek zijn alleen de procedures voor operationele metingen geanalyseerd.

Operationele metingen worden gedaan:

- wanneer de luchthaven autoriteiten er van uit gaan dat de stroefheid van de landingsbaan minder is dan 0.4 m μ vanwege het weer;
- wanneer rapporten van piloten afwijken van de veronderstelde stroefheid;
- op verzoek van ATC.

In alle omstandigheden hangt het besluit voor het uitvoeren van een operationele meting af van het inzicht of gevoel van personen. Het is duidelijk dat sneeuw of ijs gladheid kunnen veroorzaken. Onder die omstandigheden is AAS voorbereid op preventieve en repressieve handelingen om het risico van verminderde remcapaciteit op te vangen. De Raad heeft echter de indruk dat het bewustzijn van gladheid als gevolg van zware regen of een wolkbreuk minder is. Hoewel de oude AAS werkinstructie WI04.01 een paragraaf bevatte gewijd aan 'runway friction during damp and wet conditions' (stroefheid van de landingsbaan bij vochtige en natte omstandigheden), was deze werkinstructie in de praktijk verouderd en werd deze niet opgevolgd.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid stelt vast dat AAS actie heeft ondernomen naar aanleiding van hun onderzoek door het uitbrengen van een nieuwe AAS werkinstructie 2.2.1.7. 'warning of runway state in case of heavy rainfall' (waarschuwing over staat van de landingsbaan bij zware regen). De tekst in deze instructie geeft onder andere aan dat stroefheidsmetingen op landingsbanen met een relatief grote hoeveelheid water, onbetrouwbaar zijn en dat er nauwelijks een verband bestaat tussen de gemeten weerstand en het vermogen om te remmen op natte landingsbanen. Dit is in lijn met de bevindingen van dit onderzoek.

Luchtverkeersleiding (LVNL)

Ingevolge de 'standards and recommended practices' in ICAO Annex 11 (Air Traffic Services) en Doc. 4444 (Air Traffic Management), heeft ATC de taak om de bemanning van vliegtuigen op de hoogte te brengen van (weers)omstandigheden op het vliegveld. Meestal is de relevante informatie opgenomen in het ATIS bericht, echter wanneer de omstandigheden snel veranderen of tijdelijk zijn en niet in ATIS kunnen worden ingevoerd, zou de luchtverkeersleider elk vliegtuig individueel op de hoogte moeten stellen. Gedurende de 33 minuten voor dit incident veranderde het ATIS bericht vijf keer vanwege de aanzienlijke veranderingen van het weer. De verkeersleiding heeft de bemanning van de KL1002 niet op de hoogte gebracht van de inhoud van het meest recente ATIS bericht.

De verkeersleiders verklaarden dat zij niet op de hoogte waren de hoeveelheid water op de landingsbaan. De Onderzoeksraad voor Veiligheid is van mening dat dit begrijpelijk is aangezien de kortste afstand van de verkeerstoren tot landingsbaan 18R ongeveer 500 meter is. Aan de andere kant was de weersituatie zo extreem dat de verkeersleiders deze neerslag hadden kunnen opmerken. Hierbij verklaarden de verkeersleiders dat ze verrast waren door de waterspray veroorzaakt door de remstuwkracht van het voorgaande vliegtuig in combinatie met de natte

landingsbaan. Ondanks dat de verkeersleiders dit geen indicatie vonden voor de hoeveelheid water op de landingsbaan, had dit wel een aanwijzing voor hen kunnen zijn.

Dat de verkeersleiders wisten dat de stroefheid van de landingsbanen op AAS als goed wordt beschouwd, zelfs als de landingsbaan nat is, heeft wellicht een rol gespeeld in de overweging om de bemanning niet op de hoogte te stellen van de veranderde omstandigheden. Echter, naar mening van de Onderzoeksraad, had een waarschuwing van de verkeersleider dat de landingsbaan extreem nat was de bemanning kunnen voorbereiden op de mogelijk verminderde remeffectiviteit tijdens de landingsrol.

Het verzoek om landingsbaan 18R via afslag V3 te verlaten verbaasde de luchtverkeersleiders niet; zij waren gewend aan het feit dat veel van de luchtvaartmaatschappijen die regelmatig AAS bezoeken, om afslag V3 vragen na een landing op landingsbaan 18R. Zolang dit verzoek de minimale afstand van 3 Nm tussen vliegtuigen niet in de weg staat, zal de verkeersleiding het verzoek inwilligen en het aan de bemanning overlaten om een geschikte afslag te kiezen. Omdat de afstand tussen de KL1002 en het volgende vliegtuig voldoende was, 3,5 Nm, en hiermee de verkeersleiding voldeed aan voorschriften, is het begrijpelijk dat het verzoek werd ingewilligd. Echter, door aan de bemanning te zeggen dat ze het wel 'heel snel' moesten doen werd er enige druk gelegd op de bemanning van de KL1002. Het is de vraag of de verkeersleider dit beseftte toen hij het verzoek voor afslag V3 toeweest.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is van mening dat toestemming voor het verlaten van de landingsbaan via afslag V3 alleen zou moeten worden gegeven indien het zeker is dat de afstand tussen de twee vliegtuigen voldoende is voor het vliegtuig om de landing, landingsrol en het taxiën met een normale snelheid en zonder haast uit te voeren.

De Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) is geen onderzoek gestart aangezien de organisatie van mening was dat zij geen rol heeft gespeeld in dit incident. Zoals hierboven genoemd, is de Raad echter van mening dat LVNL wel een factor was in de omstandigheden die hebben geleid tot dit ernstige incident. Een onderzoek door LVNL had kunnen leiden tot een verbetering van interne procedures.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)

Meteorologische informatie wordt viermaal per dag uitgewisseld op basis van een schema (04:30; 09:15; 14:00 en 20:00). Deze uitwisseling heeft plaats in de vorm van telefonisch overleg tussen de meteoroloog in de Bilt, de airside operations manager (AOM) van Amsterdam Airport Schiphol, de verkeersleiding en KLM. Als er weersomstandigheden worden gesignaleerd die invloed kunnen hebben op de veiligheid van vliegverkeer zal de meteoroloog de bovengenoemde partijen inlichten middels een extra telefonisch overleg. Indien dit niet haalbaar is vanwege acute veranderingen in de weersomstandigheden, worden de partijen individueel geïnformeerd per telefoon.

De mogelijke ontwikkeling van regenbuien werd besproken tijdens het overleg om 09:15. De weergave van de genoemde regenbui op het radarscherm van het KNMI heeft niet speciaal de aandacht getrokken van de meteoroloog. Het was niet goed zichtbaar dat deze bui een extreme hoeveelheid regen zou kunnen veroorzaken aangezien de kleur van de pixels op het radarscherm geen aanwijzingen voor een dergelijke situatie toonde.

De meteorologische informatie voor de ATIS weerrapporten wordt samengesteld door een meteorologische waarnemer, gestationeerd op Schiphol centrum. De waarnemer omschrijft het weer dat hij daadwerkelijk ziet vanaf zijn positie op dat moment. Vanaf 10:58 tot na het incident gaven de ATIS weerrapporten lichte regenbuien aan. Onder normale omstandigheden verandert de inhoud van het ATIS bericht elke 30 minuten. Tijdens de 33 minuten voor dit incident veranderde het ATIS bericht echter vijf maal vanwege aanzienlijke veranderingen in het weer.

Het KNMI rapport concludeerde dat een uitzonderlijk zware bui landingsbaan 18R had gepasseerd enkele minuten voor de landing van de KL1002. Noch de bemanningen van voorgaande vliegtuigen, noch de luchtverkeersleider, noch de bemanning van de KL1002 zijn geïnformeerd over de intensiteit van deze bui. Dit is verklaarbaar omdat de zware bui zeer lokaal was en slecht zichtbaar was op het radarscherm. De bui veroorzaakte een verkleuring van een of twee pixels op het radarscherm van de meteoroloog. Het is onmogelijk om een of twee anders gekleurde pixels op te merken tijdens normale operationele werkzaamheden. Deze pixels zijn slechts achteraf opgemerkt na een grondige bestudering van de radarbeelden. Aan de andere kant was het buiengebied wel zichtbaar op de weerradar van zowel de waarnemer als de meteoroloog in de Bilt. De intensiteit van de betreffende bui werd echter niet opgemerkt.

Aangezien de zware bui zeer lokaal was en de afstand tussen de waarnemer en landingsbaan 18R ongeveer 5000 meter is, is het begrijpelijk dat de waarnemer de zware bui niet zelf heeft waargenomen, maar slechts lokaal lichte regen waarnam. Noch de verkeersleiding noch AAS werden daarom voorzien van accurate weersinformatie over de zware bui. Daarom heeft de Onderzoeksraad voor Veiligheid serieuze zorgen over de nauwkeurigheid van de weerrapporten die ter beschikking werden gesteld ten tijde van het incident en het communiceren van (weers)informatie in het algemeen.

Deze zorgen worden ondersteund door de bevindingen in twee eerdere onderzoeken van de Onderzoeksraad waarbij veranderende weersomstandigheden en de daaruit voortvloeiende verminderde stroefheid van de landingsbaan (en taxibaan) een aanzienlijke rol speelden.⁹ De aanbevelingen in de onderzoeksrapporten waren gericht op een snelle inschatting van veranderende weersomstandigheden en de samenhangende stroefheid van de landingsbaan en de uitwisseling van deze informatie met alle relevante partijen (AAS, ATC the Netherlands en KNMI) op EHAM. Naar aanleiding van de aanbevelingen in de onderzoeksrapporten, hebben de partijen de procedures veranderd waardoor er nu een minder ingewikkelde en snellere uitwisseling van informatie is. Ondanks deze verbetering, laat dit ernstige incident zien dat dit proces vatbaar voor verdere verbetering. De Onderzoeksraad voor Veiligheid verwacht dat alle betrokken partijen continu streven naar een verbetering van procedures en daarom zoeken naar procedures die informatie over de actuele situatie van het weer en de staat van de landingsbanen geven.

Als gevolg van dit incident zijn de procedures met betrekking tot de staat van de landingsbaan veranderd. Informatie over de staat van de landingsbaan namens ATIS wordt direct ter beschikking gesteld aan ATC door de luchthavenautoriteiten.

CONCLUSIE

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is van mening dat dit voorval werd veroorzaakt door een reeks gebeurtenissen waarbij alle veiligheidsmarges werd gebruikt door gebeurtenissen die elk voor zich geen groot risico vormden. Deze gebeurtenissen zijn:

- De op voorhand genomen beslissing om afslag V3 te gebruiken.
- De late landing.
- Onvoldoende "situational awareness" van de bemanning.
- Het niet tijdig verminderen van de taxisnelheid door de bemanning.
- De druk om de landingsbaan zo snel mogelijk te verlaten.
- Extreme regenval aan het einde van de landingsbaan waardoor de baan bedekt was met water.
- Ontbrekende informatie over de actuele staat van de landingsbaan.
- Ontbrekende informatie over de actuele weersomstandigheden.

AANBEVELINGEN

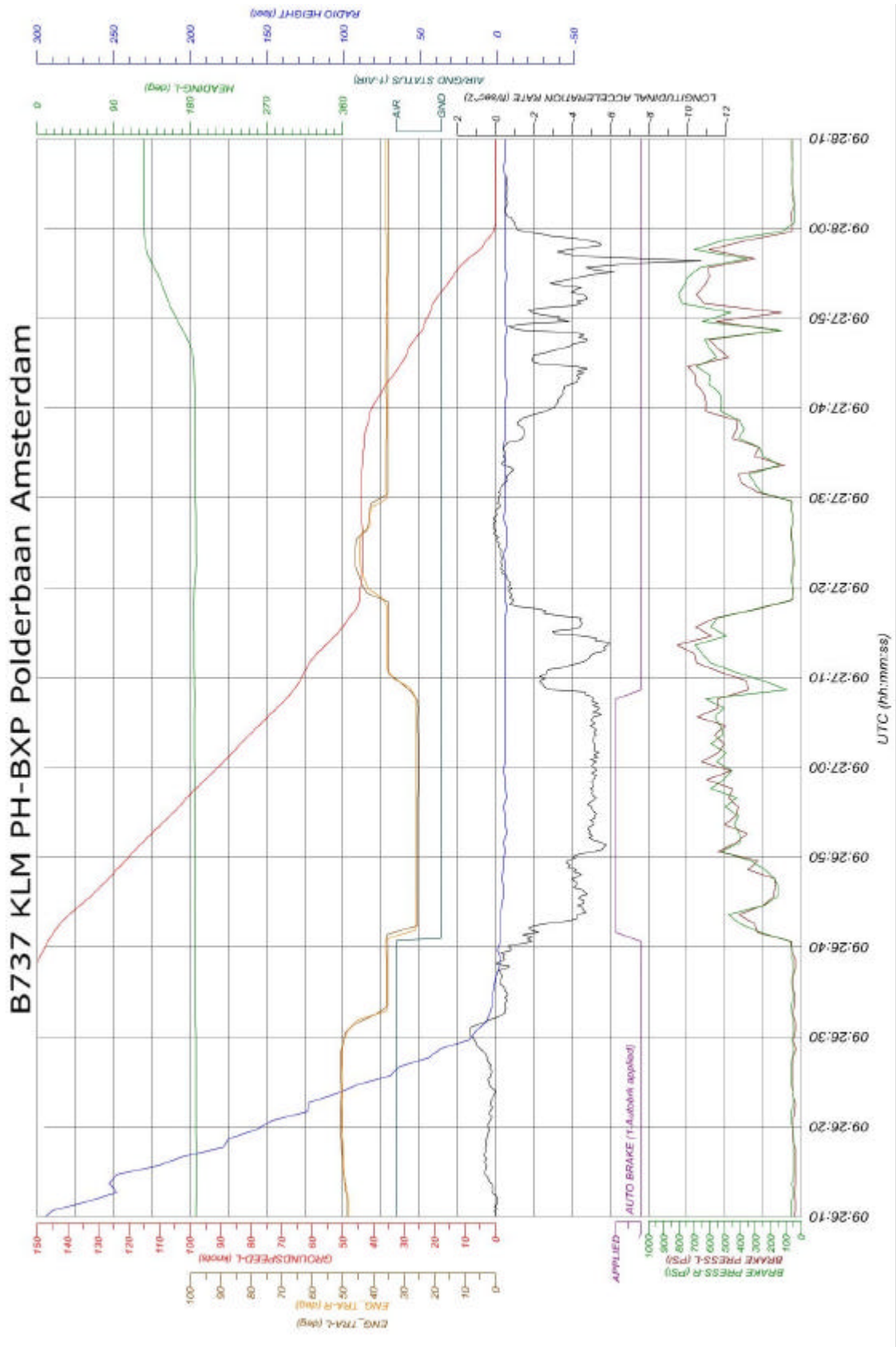
Op 28 december 2006 heeft de Onderzoeksraad voor Veiligheid de volgende tussentijdse aanbeveling aan Amsterdam Schiphol Airport gedaan:

- Amsterdam Airport Schiphol wordt aanbevolen om adequate maatregelen te nemen om het risico van het doorglijden bij het oprijden of verlaten van landingsbaan 18R te verminderen.

Naar aanleiding van deze aanbeveling heeft Amsterdam Airport Schiphol een nieuwe werkinstructie gemaakt waarbij tijdens zware regen een 'diminished braking action' (verminderde remeffectiviteit) zal worden aangekondigd. Tevens is een onderzoek gestart hoe de geverfde markeringen op de landingsbanen ruwer gemaakt kunnen worden.

⁹ Onderzoeksraad voor Veiligheid rapport 1999011: "Aan het einde uit de baan gelopen met de EL AL Boeing 747, registratie 4X-AXK" en Onderzoeksraad voor Veiligheid rapport 2003-133: "Verlies van controle op een gladde landingsbaan, Boeing 737-700"

BIJLAGE A: Weergave van de belangrijkste DFDR data.



BIJLAGE B: Afkortingen

AAS	Amsterdam Airport Schiphol [de organisatie]
ACMS	systeem om de status van het vliegtuig te bewaken
AMS	luchthaven Amsterdam [IATA code]
AOM	airside operations manager
AOM	vliegtuighandboek
ATC	luchtverkeersleiding
ATIS	automatische uitzending van informatie betreffende vertrek en landing
CLD	benodigde baanlengte voor een landing
CRM	crew resource management
CVR	cockpit geluidsopname apparatuur
DFDR	digitale vluchtgegevensschrijver
EHAM	Amsterdam Airport Schiphol [ICAO code]
FAS	eindnaderingssnelheid
FMS	vlucht management system
F/O	eerste officier
GS	grondsnelheid
hPa	hectopascal
IAS	aangewezen luchtsnelheid
ICAO	internationale burgerluchtvaart organisatie
ILS	blindvliegnaderingssysteem
KLM	Koninklijke Luchtvaart Maatschappij
km	kilometer
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
kt	knopen (1 kt is 1,852 km/u)
lb	pond (0,45 kg)
LHR	luchthaven Londen Heathrow [IATA code]
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland
MAS	meteorologisch adviseur voor Schiphol
METAR	luchthaven weerbericht
Nm	zeemijl (1852 meter)
m μ	gemeten stroefheidcoëfficiënt
PF	bestuurder
PM	assisterende bestuurder
QNH	atmosferische druk op het aardoppervlak, herleid tot gemiddeld zeeniveau in de ICAO-standaard atmosfeer
RA	elektronisch gemeten hoogte boven de grond
S/O	tweede officier
TDZ	landingsgebied
UTC	gecoördineerde wereldtijd
Vref	referentie snelheid