



ADDENDUM

Bij Eindrapport 97-75/A-26

PH-TKC - Boeing 757

24 December 1997, Amsterdam Airport Schiphol

ADDENDUM

Bij Eindrapport 97-75 / A-26 betreffende het onderzoek van het ongeval met de Transavia-Boeing 757, de PH-TKC dat heeft plaats gehad op 24 december 1997 te Amsterdam Airport Schiphol.

De Raad voor de Transportveiligheid (RvTV) heeft op 30 november 1999 zijn rapport (97-75/A26) uitgebracht over het ongeval met de Transavia-Boeing 757, PH-TKC, op 24 december 1997 op Schiphol.

Bij de oorzaken van dit ongeval, zoals die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen, is de landing met een sterke zijwind als belangrijke factor geïdentificeerd. Daarbij is onder andere gebruik gemaakt van een berekening van de zijwindcomponent door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR).

Op 5 januari 2000 heeft de Raad voor de Transportveiligheid van het NLR bericht ontvangen dat er enige onjuistheden waren geconstateerd in de NLR-rapportage over windshear en de daarbij uitgevoerde windreconstructie (Appendix 3.3 van Rapport 97-75/A- 26).

Naar aanleiding hiervan is overleg gevoerd tussen het NLR en de RvTV waarbij inderdaad een onjuistheid is gebleken waardoor de uitkomst van de windreconstructie dient te worden aangepast (dit betrof de berekende koershoeken en verder was bij de berekening van de dwarswind uitgegaan van een windfiltering van 12 sec in plaats van de momentane wind).

Uit de nieuwe berekeningen blijkt dat, hoewel er geen sprake was van windshear, de turbulentie met name gedurende het allerlaatste gedeelte van de nadering (enige seconden voor de landing) aanmerkelijk sterker moet zijn geweest dan oorspronkelijk werd berekend.

Tevens tonen de nieuwe berekeningen aan dat in deze fase van de nadering een met turbulentie gepaard gaande windstoot resulteerde in een sterke verandering van windsnelheid en windrichting waardoor op dat moment een dwarswind van ruim 50 knopen ontstond. Daaraan voorafgaand bedroeg deze 25 á 30 knopen, hetgeen overeenkomt met de door de Meteo gemeten wind. Gebleken is dat de correcties op de oorspronkelijk uitgevoerde berekeningen de conclusies van het rapport van de RvTV onverlet laten en de argumenten voor de aanbevelingen erdoor worden versterkt. In zijn rapport schreef de Raad in de toelichting op de aanbevelingen:

" Een complicerende factor (...) wordt gevormd door het gegeven dat steeds meer wordt overgegaan op baantoewijzingssystemen waarbij om milieuredenen, met name geluidshinder, bepaalde banen kunnen worden gesloten. Dat heeft tot gevolg dat de kans op landingen met zijwind toeneemt. Om deze reden heeft de International Civil Aviation Organisation (ICAO), (...) een aanbeveling voor zijn leden opgesteld om het baangebruik zo te regelen dat de zijwindcomponent niet boven de 15 knopen uitkomt.

Doordat de meting (van de windsnelheid) op andere locaties geschiedt dan in de betrokken landingszone, kan de gemeten windsnelheid afwijken van de werkelijke snelheid op die bepaalde baan (en doordat bovendien de) windsnelheid en richting ook voortdurend aan verandering onderhevig kunnen zijn, is in feite met de limiet van 15 knopen een veiligheidsmarge ingebouwd en kan worden voorkomen dat de (...) zijwindlimiet wordt overschreden.

(...)

Gezien de genoemde onzekerheden (...) en de toename van het risico van landingen met zijwind is de Raad voor de Transportveiligheid van mening dat het baantoewijzingssysteem (GPBS) uitdrukkelijk in overeenstemming dient te zijn met de aanbeveling van ICAO (...)."

Aanbeveling 5.3 uit het rapport blijft derhalve ongewijzigd:

"Het Geluid Preferentieel Baangebruik Systeem, GPBS, dat op Schiphol wordt gebruikt, dient te worden herzien ten aanzien van: de aanbevolen ICAO-beperkingen; onbetrouwbaarheid van de huidige windinformatie; potentiële risico's van vliegen in (sterke) zijwindomstandigheden; vrijheid van de Verkeersleiding om de vastgestelde GPBS-criteria te overschrijden".

Ter completering wordt de door het NLR toegezonden bijlage betreffende de herziene windreconstructie met de daarbij behorende grafieken, toegevoegd aan het rapport van de RvTV. De grafieken komen waar relevant in de plaats van de oorspronkelijke grafieken in appendix 3.3 van Eindrapport 97-75/A-26. Men wordt verzocht de desbetreffende passages in dit Eindrapport te lezen met inachtneming van het bovenstaande.

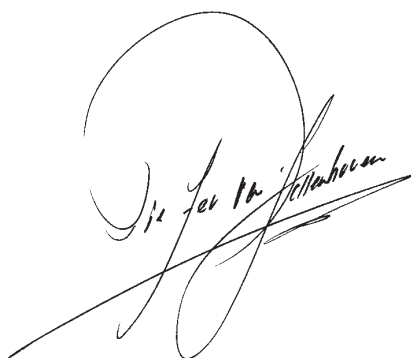
RAAD VOOR DE TRANSPORTVEILIGHEID

Mr. Pieter van Vollenhoven.

Voorzitter

Mr. S.B.Boelens,

Secretaris-directeur



Den Haag, september 2000



Definities, methode en resultaten van de herziene windreconstructie

Definities

De definitie van termen, zoals gemiddelde wind, windshear, turbulentie en gust is gebaseerd op de omschrijving zoals weergegeven in een rapport van Boeing, door Neal M. Barr, getiteld "Wind models for flight simulator certification of landing and approach guidance and control systems", dat in opdracht van de FAA is opgesteld. Dit rapport vormt de basis van de windmodellering, zoals voorgeschreven in JAR-AWO.

In dit rapport worden wind fenomenen in drie categorieën verdeeld: discrete gusts, turbulentie en gemiddelde wind. Turbulentie en gemiddelde wind zijn statistische grootheden die zich in combinatie voordoen. Gemiddelde wind is een constante waarde van de wind, gemiddeld over een bepaald tijdsvak van windmetingen. De afwijkingen van de gemiddelde wind worden gedefinieerd als turbulentie. In theorie is de gemiddelde wind onveranderlijk. Van tijdsvak tot tijdsvak kan gemiddelde wind echter wel variëren.

De karakteristieken van turbulentie worden bepaald door met name de schaallengte (een maat voor bandbreedte) en standaard deviatie (een maat voor de intensiteit). Intensiteit wordt hierbij gedefiniëerd als het quotiënt van standaard deviatie en de gemiddelde wind. Een intensiteit van 0.1 is een normale intensiteit. Een intensiteit van 0.2 wordt stormintensiteit genoemd. Bij het Transavia ongeval was de intensiteit van de turbulentie vlak voor de landing ongeveer $6/28 \approx 0.2$ (zie figuur 2 en 6).

De schaallengte van turbulentie is zodanig dat met name frequenties van belang voor de besturing een rol spelen (tussen 0.5 en 2.5 rad/s). Bij lagere frequenties is het effect op de besturing gering, maar worden juist de prestaties van een vliegtuig beïnvloed. Men spreekt dan van een windshear.

Windshear, in het horizontale vlak, wordt gekarakteriseerd door een snelheidsverandering van 20 knopen of meer, die zich voordoet over een langere periode dan 5 seconden (zie "TSO-C117a, AIRBORNE WINDSHEAR WARNING AND ESCAPE GUIDANCE SYSTEMS FOR TRANSPORT AIRPLANES"). Hiervan was in het onderhavige geval echter geen sprake, zoals ook al uit de eerdere NLR analyse geconcludeerd werd.

Gust wordt per definitie beschouwd als een discontinue en momentane verandering van de wind. In meteo berichten wordt gust bepaald als de maximum waarde, over een periode van 10 minuten, van de windsnelheid, gefilterd met een 3 seconden moving average filter.

Methode

De methodiek van de berekening van windsnelheid en windrichting is gebaseerd op de kinematische relaties, die bestaan tussen de vectoriële grond- en luchtsnelheid. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1. De grondsnelheid en luchtsnelheid worden geregistreerd door de FDR, evenals de richting van de langsas van het vliegtuig. De grondkoers kan worden afgeleid uit de afwijkingen t.o.v. het Localizer systeem in combinatie met de positie coördinaten van het vliegtuig, welke door de FDR worden geregistreerd. Door kennis van de richting van de landingsbaan en de positie van de Localizer zender kan nauwkeurig de grondkoers worden bepaald. De enige onbekende is daarmee nog de sliphoek van het vliegtuig. Door kennis van de eigenschappen van het vliegtuig, met name van de zgn. sliphoek en richtingsroercoëfficiënten, kan vanuit de optredende (en geregistreerde) dwarsversnellingen een schatting gemaakt



worden van de sliphoek. Hiermee kan door het oplossen van een vectorsom de richting en sterkte van de wind in het horizontale vlak worden bepaald.

Ten aanzien van de nauwkeurigheid van het resultaat kan alleen een schatting worden gemaakt. Overeenkomstig ARINC specificatie 704 moet het (inertiaal) referentie systeem van een vliegtuig de windrichting minimaal met een nauwkeurigheid van + of -10° , en de windsnelheid met een nauwkeurigheid van + of -10 knopen kunnen bepalen. In het algemeen zal de nauwkeurigheid bij moderne systemen naar verwachting beter zijn dan deze minimum eisen.

Doordat in de huidige NLR reconstructie, tevens de sliphoek, en gegevens van de Localizer worden meegenomen, zal de nauwkeurigheid van de gereconstrueerde wind aanzienlijk beter zijn dan de minimum eisen. Naar verwachting zal de nauwkeurigheid van de gereconstrueerde windsnelheid beter zijn dan circa 5 knopen, en van de gereconstrueerde windrichting beter dan circa 5° .

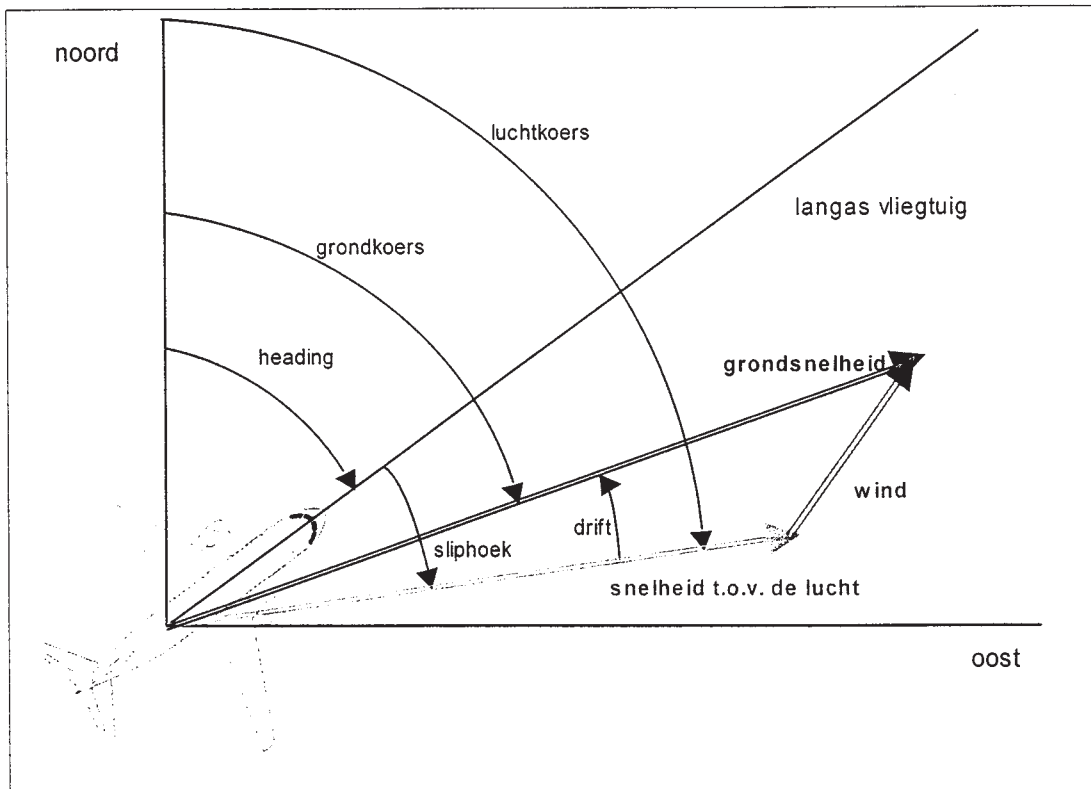


Figure 1: Definitie van hoeken en snelheden

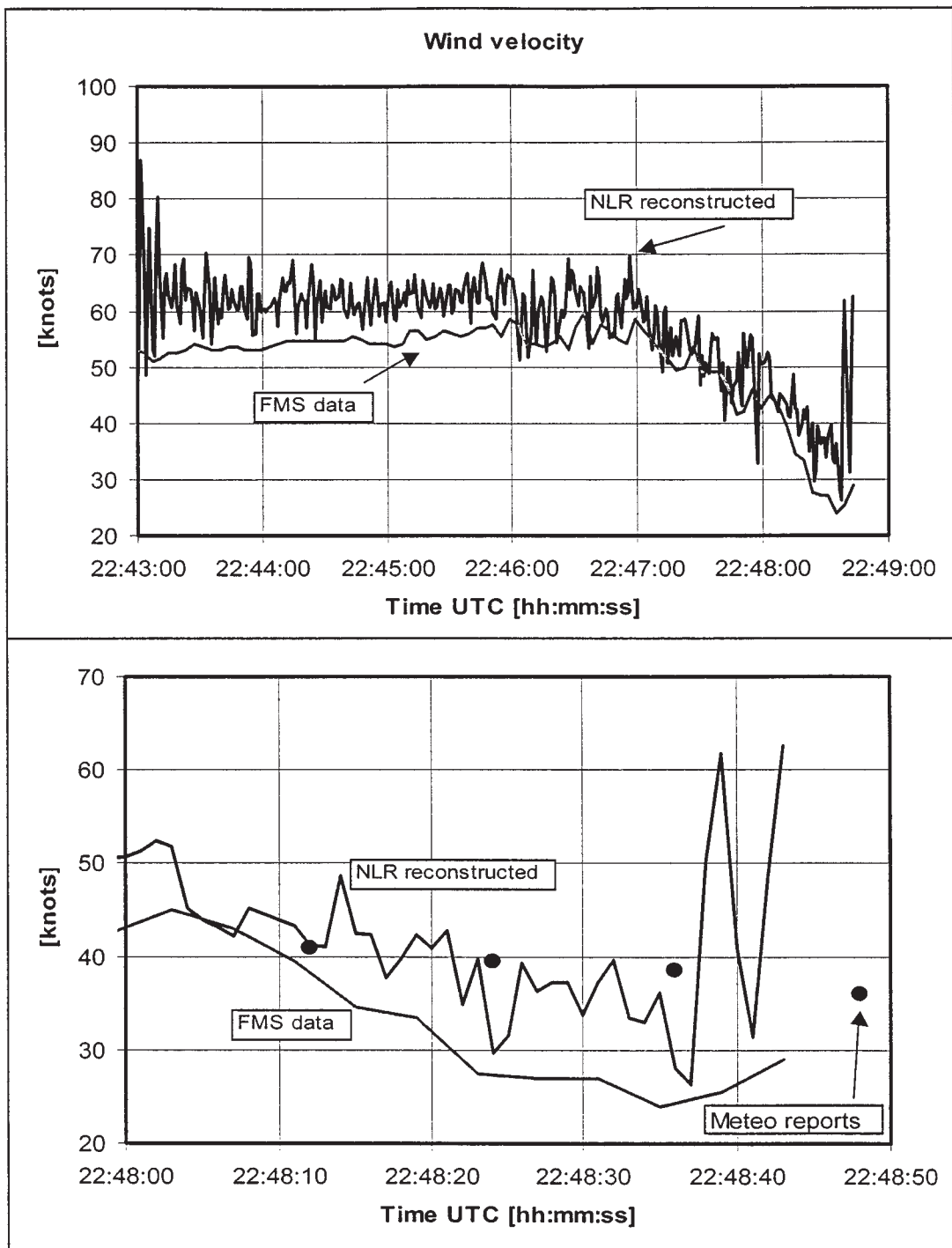
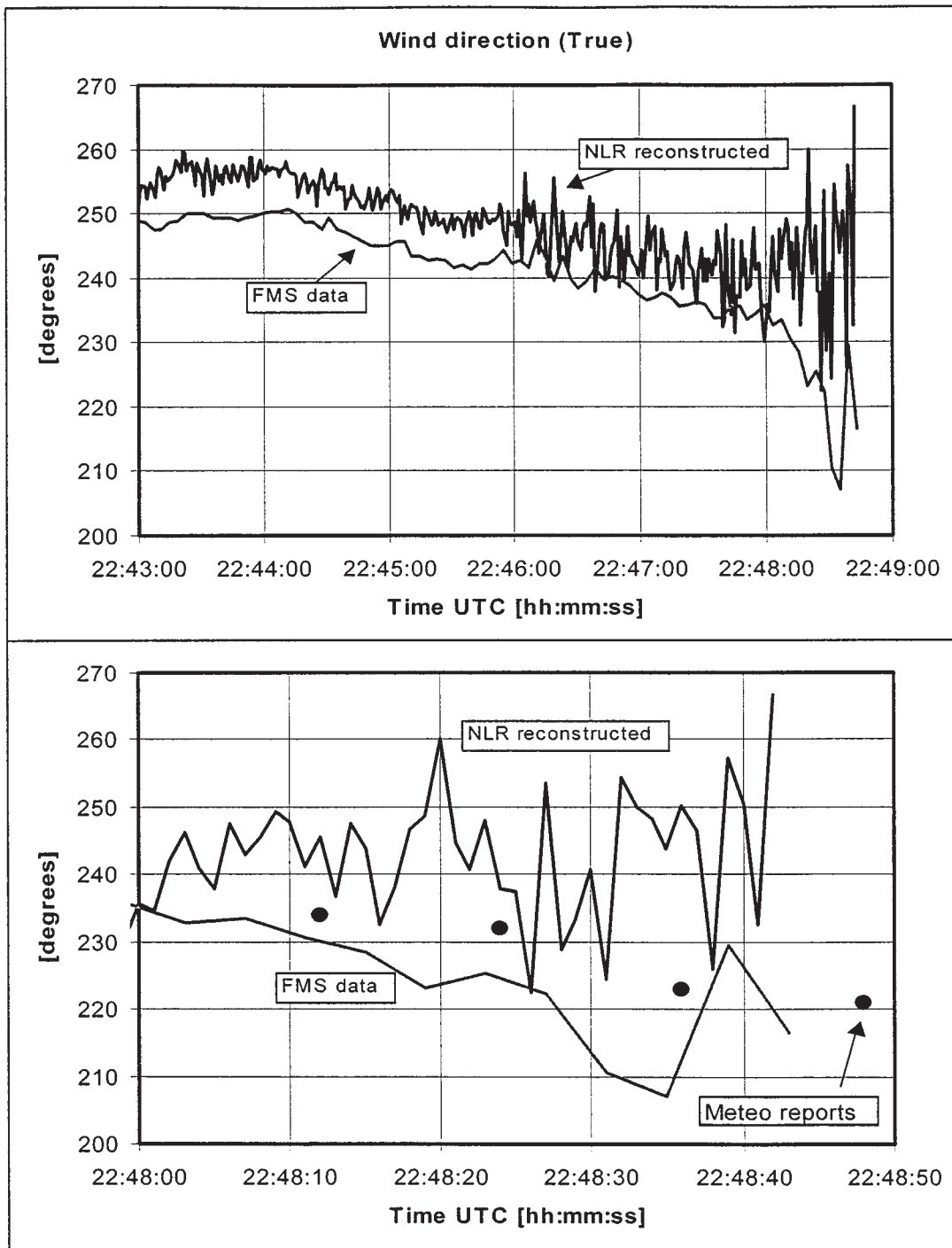
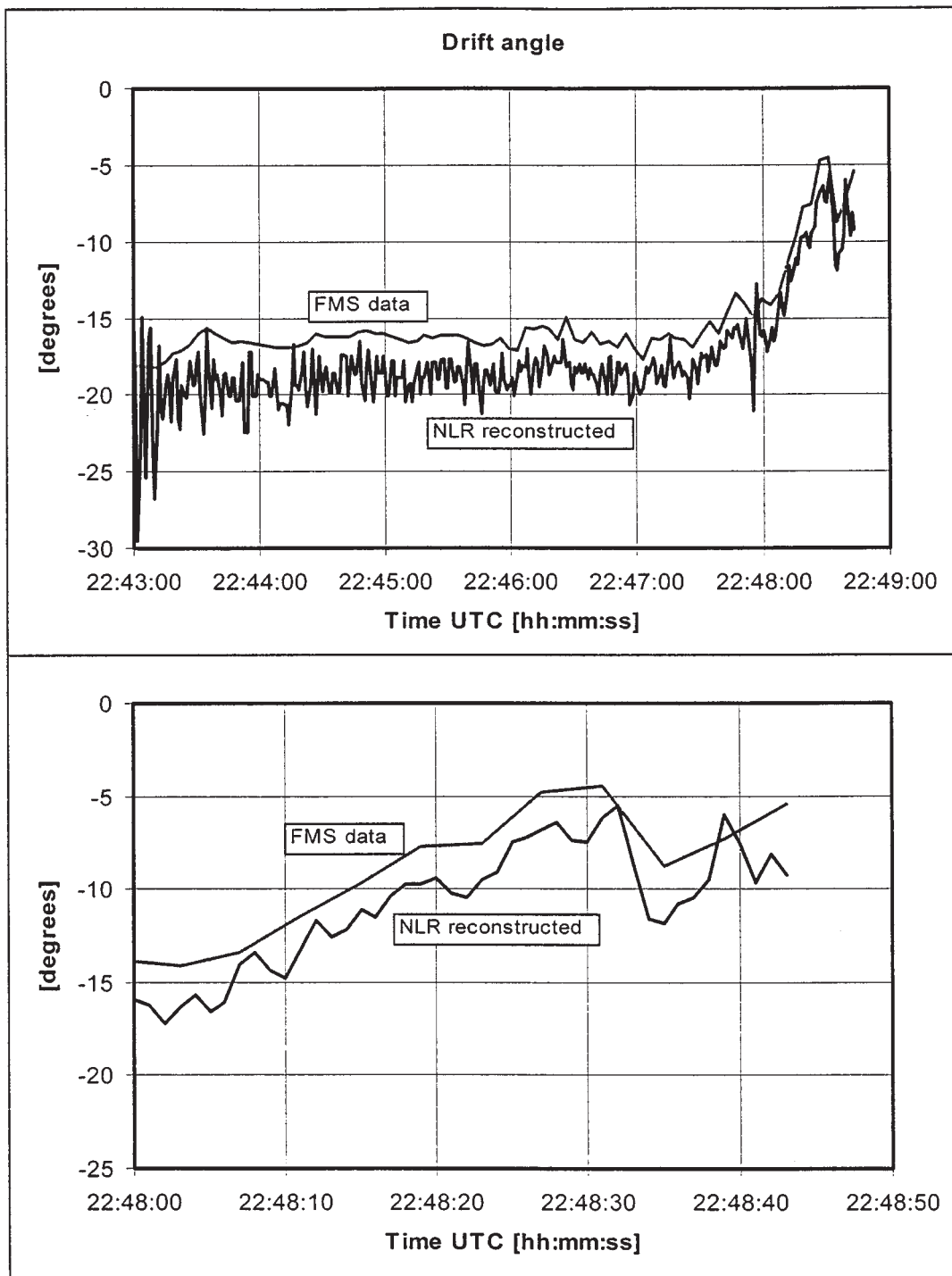


Figure 2: Gereconstrueerde windsnelheid



Figuur 3: Gereconstrueerde windrichting



Figuur 4: De drifthoek

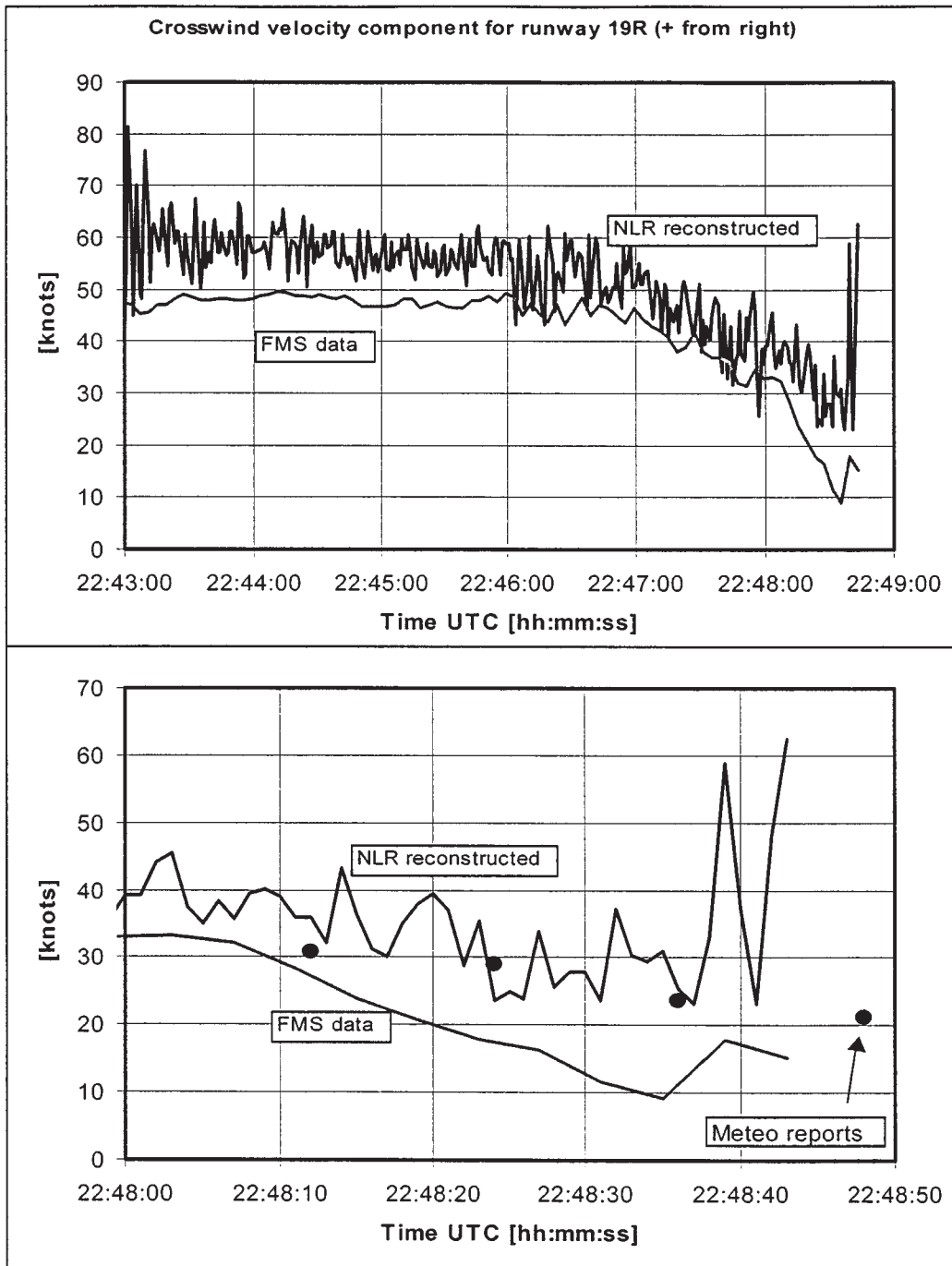


Figure 5: Gereconstrueerde dwarswind voor Runway 19R

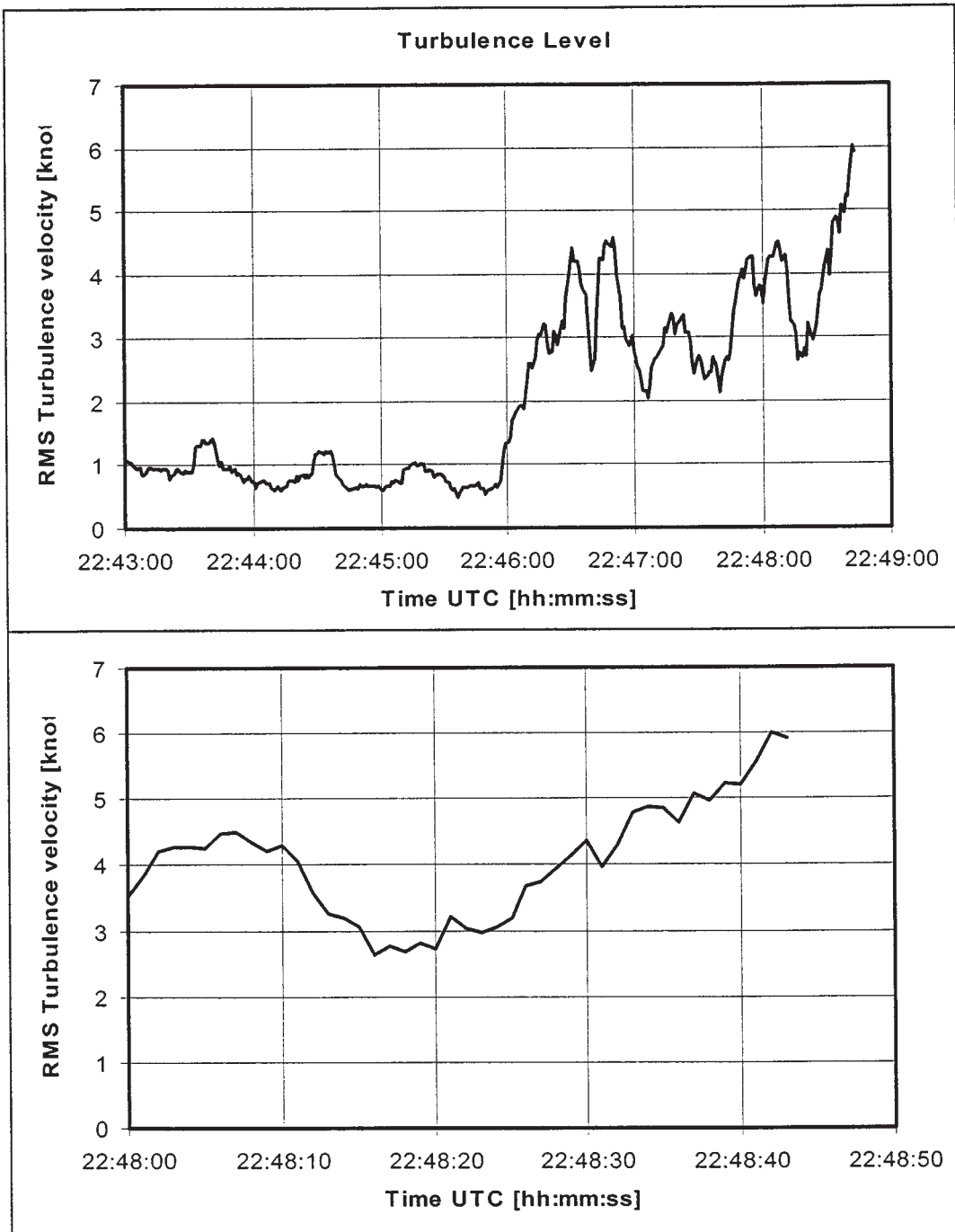


Figure 6: Gereconstrueerd turbulentie niveau

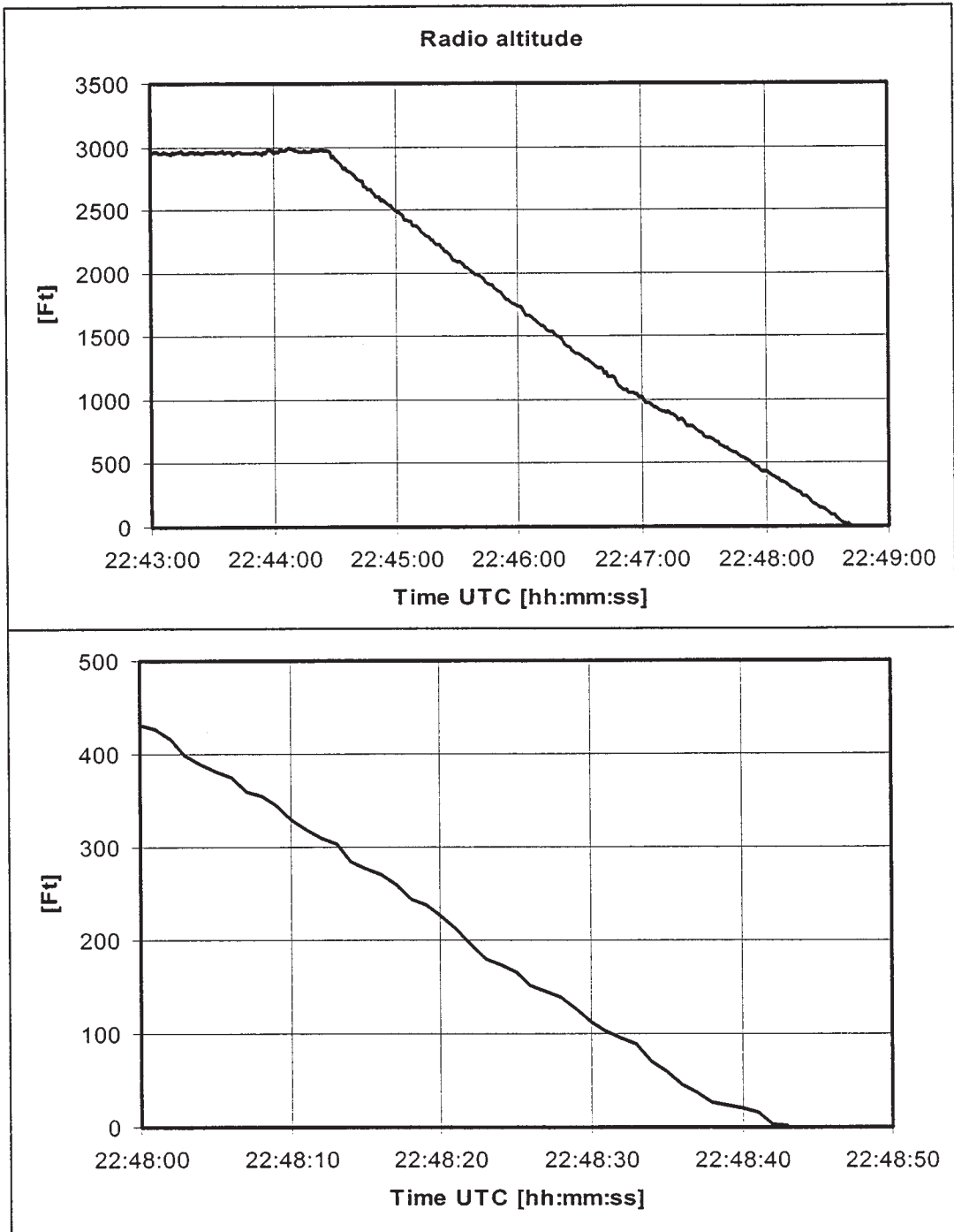


Figure 7: Radio altitude

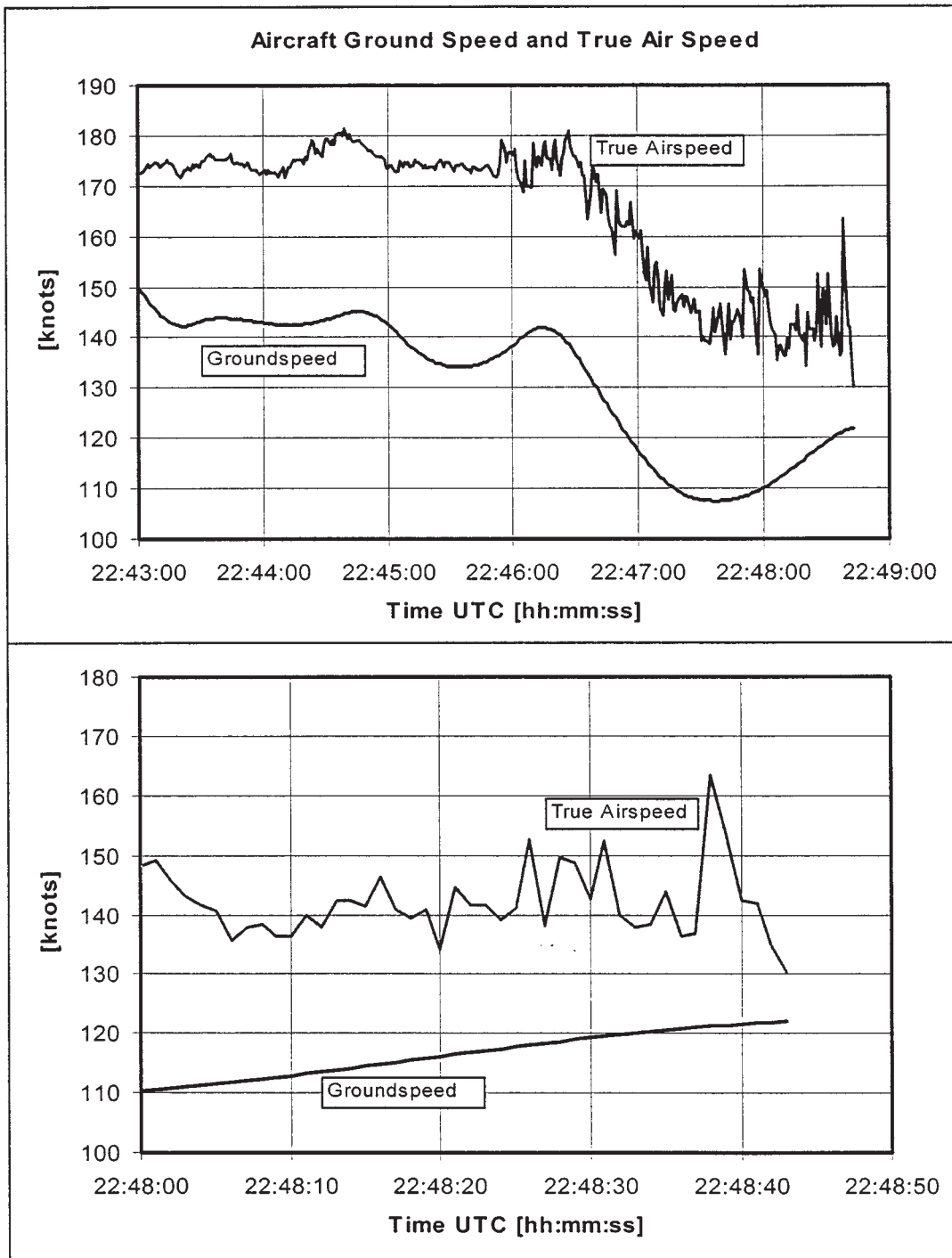


Figure 8: Ground Speed en True Air Speed (FDR)



ADDENDUM

To Final Report 97-75/A-26

PH-TKC - Boeing 757

24 December 1997, Amsterdam Airport Schiphol

ADDENDUM

To Final Report 97-75 / A-26 concerning the investigation of the accident with Transavia-Boeing 757, PH-TKC at Amsterdam Airport Schiphol on 24 December 1997.

The Final Report concerning the Transavia-Boeing 757 (PH-TKC) accident at Schiphol Airport Amsterdam on December 24, 1997 was published by The Dutch Transport Safety Board (RvTV) on November 30, 1999.

The accident investigation identified the strong crosswind during the landing manoeuvre as a major contributory factor to the cause of the accident. This conclusion is supported by a calculation of the crosswind component conducted by the National Aerospace Laboratory (NLR).

On January 5, 2000 the RvTV was notified by the NLR that several irregularities were identified in the original NLR Report concerning the windshear component and the wind reconstruction that occurred. (Appendix 3.3. Report 97-75 A-26).

As a consequence of this the NLR and RvTV had a joint meeting and indeed confirmed that an irregularity had occurred and that the assessment of the wind reconstruction required modification. (this concerned the calculated trackangles and furthermore calculation of the cross-wind was based on a 12 sec filtering in stead of the current actual wind)

The recalculation shows that the turbulence during the very last part of the approach (immediately prior to the landing) was probably considerably more profound than originally suggested, although there was no evidence for windshear.

In addition the recalculation suggests that in this final phase of the approach the gust of wind coupled with the turbulence induced a significant change in both wind speed and wind direction, resulting in a crosswind in excess of 50 knots. Prior to that the crosswind was 25 to 30 knots which is in accordance with the wind as measured by the Meteo office.

It is considered that the recalculation and the correction to the original Final Report issued by the RvTV do not alter the final conclusions and in fact the arguments for the recommendations are more strongly supported.

In the Final Report the board included the following in support of the recommendations:

"A complicating factor is the increasing use of runway allocation systems. Certain runways may be closed for environmental reasons, especially in connection with noise nuisance, which increases the chance of having to land with a crosswind. For this reason, the International Civil Aviation Organisation (ICAO), of which nearly all countries are members, has advised its members to regulate runway usage so as to ensure

that the crosswind component does not exceed 15 knots.

(...)

Because the measurements are made at locations other than the relevant landing zone, the measured wind speed may differ from the actual speed at the runway in question.

and (...) the wind speed (and direction) may be constantly changing, the limit of 15 knots represents an in-built safety margin and can prevent the demonstrated crosswind limit being exceeded.

(...)

In view of the uncertainties surrounding the measured strength of the crosswind and the elevated risk presented by landing in a crosswind, the Transport Safety Board believes that the runway allocation system (GPBS) should adhere to the ICAO's recommended crosswind limit of 15 knots."

As a consequence Recommendation 5.3 of the Final Report remains unaltered:

" 'The Noise Preferential Runway Allocation System' (GPBS) in use at Amsterdam Airport Schiphol should be reviewed with respect to: recommended ICAO limitations; uncertainty of present wind information; the potential risks of operating in (strong) crosswind conditions; freedom by ATC to exceed the established GPBS criteria".

In completion, the modified NLR report and figures concerning the wind reconstruction have been added as an appendix to the RvTV Report. The figures replace those in appendix 3.3 of the original Final Report (97-75 / A-26). Please refer to the relevant passages in the Final Report with consideration to the information above.

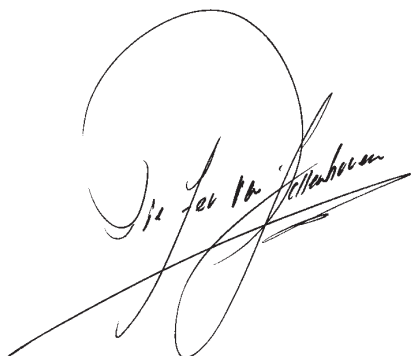
THE DUTCH TRANSPORT SAFETY BOARD (RVTV)

Mr Pieter van Vollenhoven

Chairman

Mr S.B. Boelens,

Secretary\Director

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pieter van Vollenhoven', with a large circular flourish above the name.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S.B. Boelens', with a horizontal line underneath.

Den Haag, September 2000

National Aerospace Laboratory (NLR)

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

Definitions, Methods and Results of the modified wind reconstruction

Definitions

The definition of terms such as mean wind, windshear, turbulence and gust is based on the definitions in the Boeing report entitled "Wind models for flight simulator certification of landing and approach guidance and control systems" written by Neal M. Barr at the request of the FAA. This report forms the basis of wind modelling as recorded in the JAR-AWO.

In this report wind phenomena are divided into three categories: discrete gusts, turbulence and mean wind. Turbulence and mean wind are statistical units that are used in combination. Mean wind is a constant value for the wind averaged over a determined period of wind measurement. The error in the mean wind is defined as turbulence. In theory the mean wind is constant although between time periods it may vary.

The characteristics of turbulence are determined essentially by scale length (a measure for band width) and standard deviation (a measure for the intensity). Intensity is defined as the quotient of the standard deviation and the mean wind. An intensity of 0.1 is the normal intensity. An intensity of 0.2 is defined as storm intensity. At the time of the Transavia accident the turbulence intensity immediately prior to the landing was approximately $6/28 \approx 0.2$ (see figures 2 and 6).

The scale length of turbulence is such that frequencies between 0.5 and 2.5 rad/s are of importance for steering control. At lower frequencies the effect on steering control is nominal however aircraft performance is influenced. This is termed windshear. Windshear, in the horizontal plane is characterized as change in speed of at least 20 knots for a minimum of 5 seconds (see "TSO-C117a, AIRBORNE WINDSHEAR WARNING AND ESCAPE GUIDANCE SYSTEMS FOR TRANSPORT AIRPLANES").

However in this instance this was not the case as is also clear from the original NLR analysis and conclusion.

Gust is defined as a discontinuous momentary change in the wind. In meteorological reports a gust is determined as the maximum wind speed during a 10 minute period sampled with a 3 second moving average filter.

Methods

The method for calculation of wind speed and wind direction is based on the kinematic relationships between the vectors of ground speed and air speed. This is illustrated in figure 1. The ground speed and air speed are registered by the FDR, in addition to the orientation of the longitudinal axis of the air-

craft. The ground heading can be calculated by the difference with respect to the Localizer system in combination with the positional coordinates of the aircraft, registered by the FDR. With knowledge of the orientation of the runway and the position of the Localizer transmitter it is possible to accurately determine the ground heading. The only unknown factor remaining is the sideslip angle of the aircraft. With knowledge of the aircraft characteristics, in particular the sideslip angle of the aircraft and the rudder coefficients, it is possible to estimate the sideslip angle from the actual (and registered) cross accelerations. From this the direction and strength of the wind in the horizontal plane can be calculated by a vector analysis.

In view of the accuracy of the calculation only a rough estimate can be made. In accordance with ARINC specification 704 the (inertial) reference system of the aircraft should be able to assess the wind direction to within $\pm 10^\circ$ and the wind speed within ± 10 knots. In general the accuracy of modern equipment is expected to perform better than these minimal specifications.

Because the existing NLR reconstruction includes the sideslip angle and data from the Localizer the reconstruction values are considerably more accurate than the minimal specifications. According to expectations the accuracy of the reconstructed wind speed is better than approximately 5 knots and that of the wind direction better than approximately 5° .

Translation of several legends:

Figure 1 : definition of angles and speeds

noord	north
luchtkoers	air direction
grondkoers	ground direction
heading	heading
langsas vliegtuig	longitudinal axis aircraft
grondsnelheid	ground speed
wind	wind
drift	drift
sliphoek	sideslip angle
snelheid t.o.v. de lucht	speed relative to air

Figure 2 : Reconstructed wind speed

Figure 3 : Reconstructed wind direction

Figure 4 : The drift angle

Figure 5 : Reconstructed cross wind for Runway 19R

Figure 6 : Reconstructed turbulence level

Figure 7 : Radio altitude

Figure 8 : Ground speed and True Air Speed (FDR)

