

RELAZIONE D'INCHIESTA

INCIDENTE
occorso all'aeromobile
B737-400 marche di identificazione HA-FAX,
sull'aeroporto di Orio al Serio (BG),
5 agosto 2016

INDICE

INDICE	I
OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA	III
GLOSSARIO	IV
PREMESSA	VII
CAPITOLO I - INFORMAZIONI SUI FATTI	1
1. GENERALITÀ	1
1.1. STORIA DEL VOLO	1
1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE	2
1.3. DANNI RIPORTATI DALL'AEROMOBILE	2
1.4. ALTRI DANNI	3
1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE	5
1.5.1. Equipaggio di condotta	5
1.5.2. Passeggeri	7
1.6. INFORMAZIONI SULL'AEROMOBILE	7
1.6.1. Informazioni generali	7
1.6.2. Informazioni specifiche	8
1.6.3. Informazioni supplementari	10
1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE	16
1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE	19
1.8.1. Aiuti alla navigazione aerea e all'atterraggio	20
1.8.2. Sistemi disponibili a bordo	21
1.9. COMUNICAZIONI	21
1.9.1. Servizio mobile	21
1.9.2. Servizio fisso	21
1.9.3. Trascrizione delle comunicazioni	22
1.9.4. Tracciati radar	22
1.10. INFORMAZIONI SULL'AEROPORTO	23
1.11. REGISTRATORI DI VOLO	28
1.11.1. Generalità	28
1.11.2. Stato di rinvenimento	28
1.11.3. Dati scaricati	29

1.11.4.	Trascrizione del CVR	31
1.12.	INFORMAZIONI SUL RELITTO E SUL LUOGO DI IMPATTO	34
1.12.1.	Luogo dell'incidente	34
1.12.2.	Tracce al suolo e distribuzione dei rottami	35
1.12.3.	Esame del relitto	36
1.12.4.	Dinamica di impatto	41
1.12.5.	Avarie connesse con l'evento	42
1.13.	INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA	42
1.14.	INCENDIO	42
1.15.	ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA	43
1.16.	PROVE E RICERCHE EFFETTUATE	44
1.17.	INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI	50
1.18.	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	64
1.18.1.	Interviste ai membri dell'equipaggio	64
1.18.2.	Approfondimenti sull'argomento " <i>crew fatigue</i> "	67
1.18.3.	Approfondimenti sull'argomento "illusioni ottiche"	69
1.19.	TECNICHE DI INDAGINE UTILI O EFFICACI	72
	CAPITOLO II - ANALISI	73
2.	GENERALITÀ	73
2.1.	QUALIFICHE EQUIPAGGIO DI CONDOTTA	73
2.2.	PREPARAZIONE DEL VOLO	74
2.3.	CONDOTTA DEL VOLO	77
2.4.	FATTORE AMBIENTALE	82
2.5.	FATTORE TECNICO	84
2.6.	FATTORE UMANO	85
	CAPITOLO III - CONCLUSIONI	91
3.	GENERALITÀ	91
3.1.	EVIDENZE	91
3.2.	CAUSE	92
	CAPITOLO IV - RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA	94
4.	RACCOMANDAZIONI	94
4.1.	RACCOMANDAZIONE ANSV-6/1678-16/1/A/18	94
4.2.	RACCOMANDAZIONE ANSV-7/1678-16/2/A/18	94

OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA

L'Agenzia nazionale per la sicurezza del volo (ANSV), istituita con il decreto legislativo 25 febbraio 1999 n. 66, si identifica con l'autorità investigativa per la sicurezza dell'aviazione civile dello Stato italiano, di cui all'art. 4 del regolamento UE n. 996/2010 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 ottobre 2010. **Essa conduce, in modo indipendente, le inchieste di sicurezza.**

Ogni incidente e ogni inconveniente grave occorso ad un aeromobile dell'aviazione civile è sottoposto ad inchiesta di sicurezza, nei limiti previsti dal combinato disposto di cui ai paragrafi 1 e 4 dell'art. 5 del regolamento UE n. 996/2010.

Per inchiesta di sicurezza si intende un insieme di operazioni comprendente la raccolta e l'analisi dei dati, l'elaborazione delle conclusioni, la determinazione della causa e/o di fattori concorrenti e, ove opportuno, la formulazione di raccomandazioni di sicurezza.

L'unico obiettivo dell'inchiesta di sicurezza consiste nel prevenire futuri incidenti e inconvenienti, non nell'attribuire colpe o responsabilità (art. 1, paragrafo 1, regolamento UE n. 996/2010). Essa, conseguentemente, è condotta indipendentemente e separatamente da inchieste (come ad esempio quella dell'autorità giudiziaria) finalizzate all'accertamento di colpe o responsabilità.

L'inchiesta di sicurezza è condotta in conformità con quanto previsto dall'Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale (stipulata a Chicago il 7 dicembre 1944, approvata e resa esecutiva in Italia con il decreto legislativo 6 marzo 1948, n. 616, ratificato con la legge 17 aprile 1956, n. 561) e dal regolamento UE n. 996/2010.

Ogni inchiesta di sicurezza si conclude con una relazione redatta in forma appropriata al tipo e alla gravità dell'incidente o dell'inconveniente grave. Essa può contenere, ove opportuno, raccomandazioni di sicurezza, che consistono in una proposta formulata a fini di prevenzione.

Una raccomandazione di sicurezza non costituisce, di per sé, una presunzione di colpa o un'attribuzione di responsabilità per un incidente, un inconveniente grave o un inconveniente (art. 17, paragrafo 3, regolamento UE n. 996/2010).

La relazione garantisce l'anonimato di coloro che siano stati coinvolti nell'incidente o nell'inconveniente grave (art. 16, paragrafo 2, regolamento UE n. 996/2010).

GLOSSARIO

(A): Aeroplane.

ACC: Area Control Centre o Area Control, Centro di controllo regionale o Controllo di regione.

ACE: Airframe Condition Evaluation.

AFDS: Autopilot Flight Director System.

AFS: Automatic Flight System.

AIP: Aeronautical Information Publication, Pubblicazione di informazioni aeronautiche.

ANSV: Agenzia nazionale per la sicurezza del volo.

AOC: Air Operator Certificate, certificato di operatore aereo (COA).

A/P: AutoPilot, autopilota.

A/T: Autothrottle, automanetta.

ATC: Air Traffic Control, controllo del traffico aereo.

ATIS: Automatic Terminal Information Service, Servizio automatico di informazioni terminali.

ATPL: Airline Transport Pilot Licence, licenza di pilota di linea.

CAMO: Continuing Airworthiness Management Organization, organizzazione per la gestione continua della aeronavigabilità.

CAT I, CAT II, CAT III: categorie di avvicinamento strumentale.

CB: cumulonembi.

CDR: Commander, comandante.

COA: certificato di operatore aereo, vedi anche AOC.

COCKPIT: cabina di pilotaggio.

CPL: Commercial Pilot Licence, licenza di pilota commerciale.

CRI: Class Rating Instructor, istruttore per l'abilitazione per classe.

CRM: Crew Resource Management, si definisce come l'uso efficace, da parte dell'equipaggio di volo, di tutte le risorse disponibili, al fine di assicurare operazioni di volo efficienti ed in sicurezza.

CVR: Cockpit Voice Recorder, registratore delle comunicazioni, delle voci e dei rumori in cabina di pilotaggio.

CWS: Control Wheel Steering.

DH: Decision Height, altezza di decisione.

DME: Distance Measuring Equipment, apparato misuratore di distanza.

EASA: European Aviation Safety Agency, Agenzia europea per la sicurezza aerea.

EFI: Electronic Flight Instrument.

ENAV SPA: Società nazionale per l'assistenza al volo.

FAA: Federal Aviation Administration, Autorità dell'aviazione civile statunitense.

FCOM: Flight Crew Operating Manual.

FDR: Flight Data Recorder, registratore analogico di dati di volo.

FEW: Few, abbreviazione usata nei bollettini meteorologici per indicare una copertura nuvolosa da 1/8 a 2/8.

FH: Flight Hours, ore di volo.

FI: Flight Instructor, istruttore di volo.

FMA: Flight Mode Annunciations.

FMC: Flight Management Computer.

FRM: Fatigue Risk Management.

FSTD o FTD: Flight Simulation Training Device o Flight Training Device.

FT: Foot (piede), unità di misura, 1 ft = 0,3048 metri.

G/S: Glide Slope, sentiero di discesa (componente del sistema ILS).

ICAO/OACI: International Civil Aviation Organization, Organizzazione dell'aviazione civile internazionale.

IFR: Instrument Flight Rules, regole del volo strumentale.

ILS: Instrument Landing System, sistema di atterraggio strumentale.

IMC: Instrument Meteorological Conditions, condizioni meteorologiche di volo strumentale.

IR: Instrument Rating, abilitazione al volo strumentale.

IRI: Instrument Rating Instructor, istruttore per l'abilitazione al volo strumentale.

IRU: Inertial Reference Unit.

KT: Knot (nodo), unità di misura, miglio nautico (1852 metri) per ora.

LDA: Landing Distance Available, distanza disponibile per l'atterraggio.

LFUS: Line Flying Under Supervision.

LMT: Local Mean Time, orario locale.

LOC: Localizer, localizzatore (componente del sistema ILS).

LTC: Line Training Captain, comandante autorizzato a svolgere addestramento di linea.

LVO: Low Visibility Operation, operazioni in condizioni di bassa visibilità.

LVTO: Low Visibility Takeoff, decollo in condizioni di bassa visibilità.

MCP: Mode Control Panel.

ME: Multi Engine, plurimotore.

MEP: Multi Engine Piston, abilitazione per pilotare aeromobili plurimotori con motore alternativo.

METAR: Aviation routine weather report, messaggio di osservazione meteorologica di routine.

MKR: Marker, radio segnalatore verticale.

MRT: Multi Radar Tracking.

MTOM: Maximum Take Off Mass, massa massima al decollo.

NM: Nautical Miles, miglia nautiche (1 nm = 1852 metri).

NOTAM: Notice To Air Men, avvisi per il personale interessato alle operazioni di volo.

NTSB: National Transportation Safety Board, Autorità investigativa statunitense per la sicurezza dei trasporti.

NVFR: Night VFR, VFR notturno.

OM: Operations Manual.

PAPI: Precision Approach Path Indicator, indicatore di planata per avvicinamenti di precisione.

PEA: Piano di emergenza aeroportuale.

PF: Pilot Flying, pilota che aziona i comandi.

PFD: Primary Flight Display, schermo principale dati di volo.

PM: Pilot Monitoring, detto anche, in alternativa, PNF.

PNF: Pilot Not Flying, pilota che assiste il PF.

QNE: valore letto sull'altimetro di bordo di un aeromobile, avendo inserito nella subscale dell'altimetro, tarato secondo l'atmosfera tipo ICAO, il valore di 1013,25 hPa.

RA: Radio Altimeter, radio altimetro.

RESA: Runway End Safety Area, area di sicurezza di fine pista.

RVR: Runway Visual Range, portata visuale di pista.

RWY: Runway, pista.

SALS: Simple Approach Lighting System, sistema di avvicinamento luminoso semplice.

SCT: Scattered, abbreviazione usata nei bollettini meteorologici per indicare la presenza di nubi sparse (da 3/8 a 4/8 di copertura).

SE: Single Engine, monomotore.

SEP: Single Engine Piston, abilitazione per pilotare aeromobili monomotore con motore alternativo.

SIGMET: termine aeronautico per definire informazioni relative a fenomeni meteorologici in rotta che possono influenzare la sicurezza delle operazioni di volo.

SITUATIONAL AWARENESS: si definisce come tale la percezione degli elementi ambientali in un determinato intervallo di spazio e di tempo, la comprensione del loro significato e la proiezione del loro stato nell'immediato futuro.

SMR: Surface Movement Radar, radar di sorveglianza dei movimenti al suolo.

S/N: Serial Number.

SOGLIA della pista (THR): l'inizio della parte di pista utilizzabile per l'atterraggio.

SRGC: Safety Recommendation of Global Concern.

TAF: Aerodrome Forecast, previsione di aeroporto.

TDZ: Touch Down Zone, zona di contatto.

TESTATA: termine per identificare la parte iniziale di una pista.

TO/GA: Take Off/Go Around.

TR: Thrust Reverse, inversore di spinta.

TSB (Hungary): Transportation Safety Board of Hungary, Autorità investigativa ungherese per la sicurezza dei trasporti.

TWR: Aerodrome Control Tower, Torre di controllo dell'aeroporto.

UTC: Universal Time Coordinated, orario universale coordinato.

VHF: Very High Frequency (from 30 to 300 MHz), altissima frequenza (da 30 a 300 MHz).

VMC: Visual Meteorological Conditions, condizioni meteorologiche di volo a vista.

VNL: limitazione apposta sul certificato medico: l'interessato deve disporre di occhiali correttivi per la visione da vicino e portare un paio di occhiali di riserva.

VOR: VHF Omnidirectional radio Range, radiosentiero omnidirezionale in VHF.

WOW: Weight on Wheel, peso dell'aeromobile sul carrello.

PREMESSA

L'incidente è occorso il giorno 5 agosto 2016, alle ore 02.07' UTC (04.07' ora locale), sull'aeroporto di Orio al Serio (in provincia di Bergamo), ed ha interessato l'aeromobile tipo Boeing 737-400, immatricolato in Ungheria, con marche di identificazione HA-FAX.

Al termine di un volo cargo effettuato per conto della compagnia DHL, con partenza dall'aeroporto di Parigi Charles de Gaulle (LFPG) e destinazione Bergamo Orio Al Serio (LIME), l'aeromobile marche HA-FAX, dopo aver effettuato un avvicinamento di precisione ILS per RWY 28 ed aver toccato la pista, usciva dal sedime aeroportuale lungo il prolungamento dell'asse pista, fermandosi dopo circa 520 m dal termine della stessa.

L'ANSV è stata immediatamente informata dell'evento.

L'ANSV ha effettuato il sopralluogo operativo nei giorni 5 e 6 agosto con un proprio team investigativo.

L'ANSV ha provveduto ad inviare la notifica dell'evento in questione, in accordo alla normativa internazionale e UE in materia (Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale, regolamento UE n. 996/2010), ai seguenti soggetti:

- TSB Hungary, in quanto Autorità investigativa dello Stato di immatricolazione dell'aeromobile e di riferimento dell'operatore;
- NTSB, in quanto Autorità investigativa dello Stato di progettazione e di costruzione dell'aeromobile.

Queste due Autorità investigative hanno provveduto ad accreditare propri rappresentanti nell'inchiesta di sicurezza condotta dall'ANSV, che si sono avvalsi della collaborazione di propri consulenti, così come previsto dalla sopra menzionata normativa.

Tutti gli orari riportati nella presente relazione d'inchiesta, se non diversamente specificato, sono espressi in **ora UTC** (Universal Time Coordinated, orario universale coordinato), che, alla data dell'evento, corrispondeva all'ora locale meno due ore.

CAPITOLO I

INFORMAZIONI SUI FATTI

1. GENERALITÀ

Di seguito vengono illustrati gli elementi oggettivi raccolti nel corso dell'inchiesta di sicurezza.

1.1. STORIA DEL VOLO

L'incidente è occorso il giorno 5 agosto 2016, alle ore 02.07', sull'aeroporto di Orio al Serio (in provincia di Bergamo), ed ha interessato l'aeromobile tipo Boeing 737-400 marche HA-FAX (nominativo radio Eurotrans 7332), operato dalla Airlines Hungary Kft., al termine di un volo cargo effettuato per conto della compagnia DHL, con partenza dall'aeroporto di Parigi Charles de Gaulle (LFPG/CDG) e destinazione Bergamo Orio Al Serio (LIME/BGY).

L'equipaggio aveva precedentemente effettuato due voli notturni con un altro aeromobile dello stesso tipo (marche HA-FAU) ed aveva effettuato un cambio programmato di velivolo sull'aeroporto di Parigi Charles de Gaulle, da dove era decollato alle ore 00.54'.

Durante la discesa verso Bergamo, l'ATC vettorava l'aeromobile per un avvicinamento di precisione ILS RWY 28; dopo che l'equipaggio aveva riportato di essere stabilizzato sull'ILS, la TWR rilasciava l'autorizzazione all'atterraggio, comunicando le ultime informazioni meteorologiche insistenti sull'aeroporto e che la pista era bagnata.

L'aeromobile sorvolava quindi la pista a pochi metri di altezza, atterrando a circa 2/3 della sua lunghezza; non riuscendo a decelerare, l'aeromobile usciva dal sedime aeroportuale lungo il prolungamento dell'asse pista, fermandosi dopo circa 520 m dal termine della stessa (foto 1).

Il B737, a seguito del contatto con il terreno e con gli ostacoli presenti esternamente al sedime aeroportuale, subiva consistenti danni strutturali.

I due piloti, che costituivano le uniche persone presenti a bordo, uscivano autonomamente dall'aeromobile, azionando lo scivolo di emergenza della porta anteriore destra e venivano ricoverati in ospedale, con una prognosi, per entrambi, di 90 giorni, per frattura chiusa della colonna vertebrale e contusioni varie.

L'aeroporto veniva immediatamente chiuso al traffico e venivano sospese le operazioni di volo. L'aeromobile che era in sequenza di avvicinamento, con nominativo radio "White Star

6402”, riportava la perdita del segnale del localizzatore ILS e veniva istruito alla procedura di mancato avvicinamento.



Foto 1: punto di arresto dell’aeromobile rispetto alla pista dell’aeroporto di Orio al Serio (fotografia aerea fornita dall’Arma dei Carabinieri).

1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE

Lesioni	Equipaggio	Passeggeri	Totale persone a bordo	Altri
Mortali				
Gravi	2		2	
Lievi				
Nessuna				
Totali	2		2	

1.3. DANNI RIPORTATI DALL’AEROMOBILE

L’aeromobile subiva ingenti danni strutturali alla fusoliera, la separazione di entrambi i motori e delle gambe del carrello di atterraggio, il cedimento di una parte del timone di profondità (foto 2, 3, 4).



Foto 2: danni nella parte anteriore dell'aeromobile.



Foto 3 e 4: danni nella parte posteriore dell'aeromobile.

1.4. ALTRI DANNI

L'aeromobile, durante la corsa di decelerazione ed arresto, ha prodotto danni ad infrastrutture sia interne sia esterne al sedime aeroportuale, nonché ad automobili in sosta nel parcheggio adiacente (figura 1). In particolare, sono stati segnalati dalla società di gestione aeroportuale di Orio al Serio (SACBO) i seguenti danni:

- la demolizione di circa 38,5 m di recinzione doganale;
- l'abbattimento di n. 4 fuochi sopraelevati SALS con giunto di rottura;

- l'abbattimento di n. 1 palo di sostegno SALS;
- il danneggiamento del muro di contenimento area esterna autonoleggi, con la distruzione di 20 m di recinzione dell'area e di vari pali di illuminazione e con contaminazione area di kerosene e oli di varia natura;
- la demolizione di n. 13 antenne del localizzatore con i relativi pali di sostegno e piastre di ancoraggio;
- il danneggiamento dei cablaggi del localizzatore;
- l'abbattimento del palo monitor del localizzatore;
- la demolizione di n. 1 nefoipsometro con relativo supporto e piastra di ancoraggio;
- la demolizione, per circa 20 m, della recinzione di protezione area localizzatore.

Al di fuori del sedime aeroportuale sono stati inoltre segnalati i seguenti danni dalle autorità locali:

- il danneggiamento del *guard rail* corsia BG-CR e corsia CR-BG;
- il danneggiamento del *new jersey* tra le corsie BG-CR e CR-BG;
- la demolizione di 4 lampioni e dell'intera linea impianto di illuminazione;
- la contaminazione dell'asfalto, per circa 200 m di lunghezza e 9 m di larghezza, da kerosene e oli di varia natura, da rimuovere e smaltire come rifiuti speciali, con successiva sostituzione del tappeto d'usura;
- la contaminazione di terreno e aiuole da kerosene, oli e rifiuti di vario genere, da rimuovere e smaltire come rifiuti speciali, e successiva sostituzione;
- il danneggiamento alla barriera e alle lampade di illuminazione della pista ciclopedonale;
- il danneggiamento alla parte di asfalto compresa tra la pista ciclopedonale e la strada;
- danneggiamenti alla segnaletica stradale.
- 2 automobili distrutte totalmente;
- 3 automobili danneggiate.

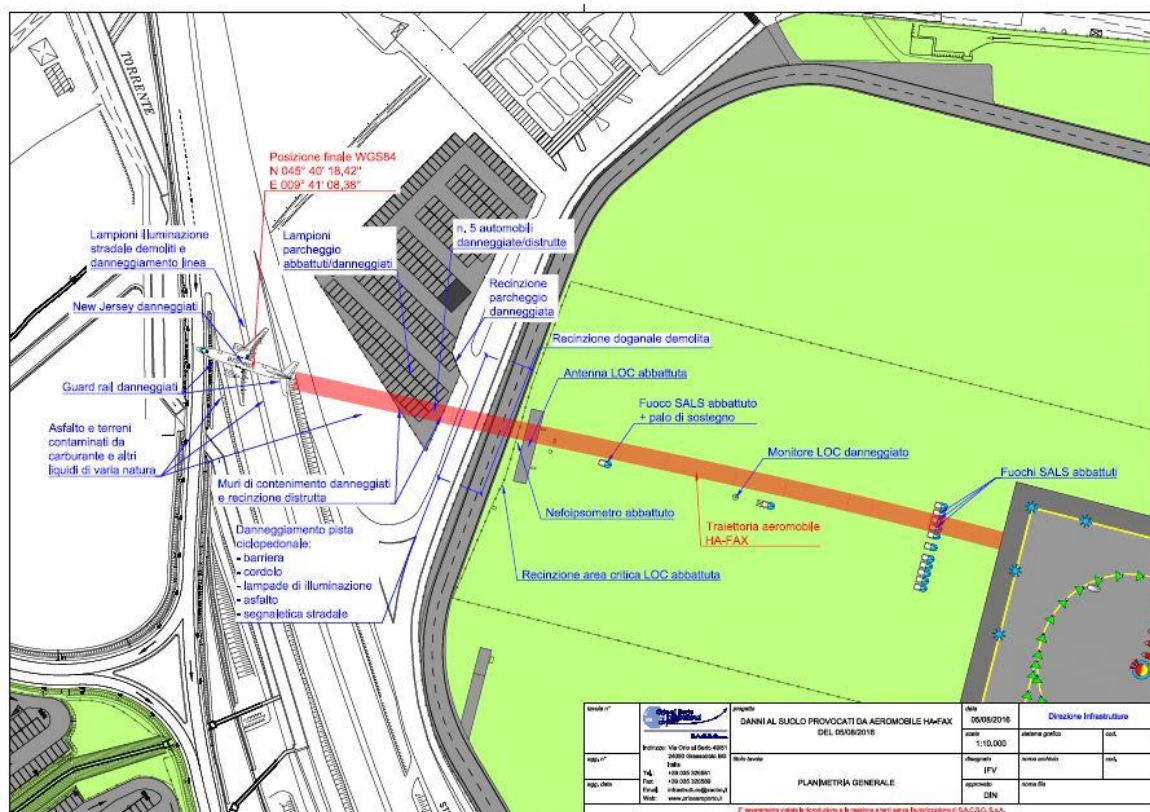


Figura 1: rappresentazione grafica dei danni causati dall'incidente (mappatura prodotta dalla SACBO).

1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE

1.5.1. Equipaggio di condotta

Comandante

Generalità:	maschio, 50 anni di età, nazionalità ungherese.
Licenza:	ATPL (A) in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio:	B-737 300/900, SEP, IR/SE + ME, NVFR, FI (A), CRI/SE (A), IRI (A).
English proficiency level:	livello 4 ICAO in corso di validità.
Controlli periodici:	<i>Proficiency Check</i> /IR B737-300/900 del 29 ottobre 2015.
Controllo medico:	certificato medico di classe prima in corso di validità, con limitazione VNL.
ACE Company Authorization:	autorizzato a svolgere attività di <i>Transit Check</i> su aeromobili B737-3/4/500 (CFM56-3) operati dalla ASL Airlines.
Company Approvals B737:	LTC, CDR, <i>Either Pilot Seat</i> , IFR CAT IIIA (LVTO 125 m, RVR 200 m, DH 50 ft).

Esperienza di volo del comandante: 9787,54h di volo totali, di cui 2254,10h sul tipo B737.

- Ore volate negli ultimi 90 giorni: 79h 30'.
- Ore volate negli ultimi 30 giorni: 32h 59'.
- Ore volate negli ultimi 7 giorni: 15h 16'.
- Ore volate nelle ultime 24 ore: 4h 10'.

Storia professionale del comandante: il comandante aveva iniziato l'attività di volo con licenza commerciale nel 1992. Nel 1999 era stato assunto presso la Farnair Air Transport, dove aveva volato come primo ufficiale sull'aeromobile LET 410. In seguito, aveva lavorato presso la compagnia Malev Hungarian Airlines, dove era diventato comandante nel 2006, volando su Fokker F70/100, CRJ-200 e B737. Dal 2010 era comandante di B737.

Primo ufficiale

Generalità:	maschio, 29 anni di età, nazionalità ungherese.
Licenza:	CPL(A) in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio:	B737-300/900 (COPI), SEP, MEP, IR/SE, IR/ME, NVFR, FI (A), CRI/SE (A).
English proficiency level:	livello 5 ICAO in corso di validità.
Controlli periodici:	<i>Proficiency Check</i> /IR B737-300/900 del 20 febbraio 2016.
Controllo medico:	certificato medico di classe prima in corso di validità.

Esperienza di volo del primo ufficiale: 343h di volo totali, di cui 86h sul tipo B737.

- Ore volate negli ultimi 90 giorni: 86h 47'.
- Ore volate negli ultimi 30 giorni: 53h 41'.
- Ore volate negli ultimi 7 giorni: 14h 16'.
- Ore volate nelle ultime 24 ore: 4h 10'.

Storia professionale del primo ufficiale: il primo ufficiale aveva iniziato l'attività di volo come istruttore nel 2015, anno in cui aveva anche conseguito la licenza di pilota commerciale (CPL, ME/IR). Era stato assunto dalla compagnia ASL Airlines il 21 marzo 2016, dopo aver completato l'addestramento per il *Type Rating* sul B737 (incluso *initial LVO*) nel febbraio 2016, effettuando 60 ore su simulatore di volo FSTD.

Dal 24 maggio 2016 era in addestramento di linea LFUS e, alla data dell'incidente, aveva effettuato 56 voli, per un totale di 86h di volo. Nel periodo dal 24 al 27 maggio 2016 aveva

effettuato la prima settimana di LFUS con il comandante del volo “Eurotrans 7332”, oggetto dell’inchiesta di sicurezza.

Dal programma di impiego della compagnia (figura 2) risulta che l’equipaggio fosse stato impiegato nei quattro giorni precedenti in attività notturna, con serie di tre tratte. L’attività precedente al volo conclusosi con l’incidente comprendeva tre tratte con i seguenti orari:

- 19.37’-20.47’ da Shannon Int. Airport (EINN) a East Midlands Airport Nottingham (EGNX);
- 22.10’-23.30’ da East Midlands Airport Nottingham (EGNX) a Parigi Charles de Gaulle (LFPG);
- 00.35’-02.05’ da Parigi Charles de Gaulle (LFPG) a Bergamo Orio al Serio (LIME).

L’equipaggio avrebbe poi dovuto effettuare due tratte la notte successiva, per poi riposizionarsi nel pomeriggio di sabato per un periodo di riposo.

Act	From	To	Activity	Fct	Flight	A/C	Blk Hrs	Crewmember	Remark
Sat	30.07.2016								
	00:00	23:59	Day OFF						
Sun	31.07.2016								
	00:00	23:59	Day OFF						
Mon	01.08.2016								
	07:00	10:00	POSITIONING		POS				
F	2204	2350	BGY-CDG	F/O	BCS7331	B7374F	1:46		
Tue	02.08.2016								
F	0029	0157	CDG-EMA	F/O	BCS2582	B7374F	1:28		
F	0359	0525	EMA-SNN	F/O	BCS2938	B7374F	1:26		
F	1936	2043	SNN-EMA	F/O	BCS2939	B7374F	1:07		
F	2220	2347	EMA-CDG	F/O	BCS2581	B7374F	1:27		
Wed	03.08.2016								
F	0040	0206	CDG-BGY	F/O	BCS7332	B7374F	1:26		
F	2204	2340	BGY-CDG	F/O	BCS7331	B7374F	1:36		
Thu	04.08.2016								
F	0015	0130	CDG-EMA	F/O	BCS2582	B7374F	1:15		
F	0415	0530	EMA-SNN	F/O	BCS2938	B7374F	1:15		
F	1937	2047	SNN-EMA	F/O	BCS2939	B7374F	1:10		
F	2210	2330	EMA-CDG	F/O	BCS2581	B7374F	1:20		
Fri	05.08.2016								
F	0035	0205	CDG-BGY	F/O	BCS7332	B7374F	1:30		
F	21:55	23:25	BGY-BRU	F/O	BCS307	B7374F	1:30		
Sat	06.08.2016								
F	03:55	05:25	BRU-BGY	F/O	BCS308	B7374F	1:30		
	16:00	20:00	POSITIONING		POS				
Sun	07.08.2016								
	00:00	23:59	Day OFF						
Total for period:				Blk Hrs-	19:46,	Duty Hrs-	49:36		

Figura 2: particolare del programma di impiego settimanale dei piloti.

1.5.2. Passeggeri

Essendo un volo cargo, non erano presenti passeggeri a bordo dell’aeromobile.

1.6. INFORMAZIONI SULL’AEROMOBILE

1.6.1. Informazioni generali

L’aeromobile marche HA-FAX (foto 5) è un Boeing B737-400, modello B737-476.

Le caratteristiche principali del velivolo sono le seguenti:

- lunghezza: 35,22 m;
- apertura alare: 28,88 m;
- altezza: 11,13 m;
- distanza tra gambe di forza del carrello principale: 5,23 m;
- MTOM: 68.038 kg.

Il velivolo è propulso da due turbofan CFM International CFM 56-3 C1.



Foto 5: il B737-400 marche HA-FAX coinvolto nell'incidente.

1.6.2. Informazioni specifiche

Aeromobile

Costruttore:	Boeing.
Modello:	B737-476.
Numero di costruzione:	S/N 24437.
Anno di costruzione:	1991.
Marche di naz. e immatricolazione:	HA-FAX.
Certificato di immatricolazione:	FD/LD/NS/A/4779/2/2015 del 18 dicembre 2015.
Esercente:	ASL Airlines Hungary Kft. (contratto di <i>wet lease</i> con DHL - European Air Transport Leipzig GMBH).
Proprietario:	AFO Aircraft (NZ) Ltd.
Certificato di navigabilità:	n. 35216 del 30 ottobre 2015.
Revisione certificato di navigabilità:	valido fino al 30 ottobre 2016.
Ore totali:	65.332 FH.
Ore da ultima ispezione:	144 ore. In data 25.6.2016: ispezione periodica (250 FH).

Programma di manutenzione previsto: ispezione 500 FH prevista il 28.9.2016.

Motori

Costruttore: CFM International.

Modello: CFM 56-3 C1 (S/N 725904, S/N 857383).

Combustibile

Tipo di combustibile utilizzato: Jet A-1 (F35).

Le informazioni relative alla massa ed al centraggio dell'aeromobile sono riferite all'ultima pesata avvenuta il 13.4.2016 (figura 3).


		DOM-DOI sheets								
		Date: 15.04.2016	Issue 2 Rev 8	A SHEET 1	4					
Mass and Balance Information										
B737-400SF Reg.: HA-FAX		ANCRA 84991-20								
		SN.:24437								
Doc. No	Issue Date	Effective From	Issued By	Contact to						
M&B-HAFAX03	2016.04.13	2016.04.15								
Attention: This information sheet supersedes all previously issued Mass and Balance Information for this aircraft. Preceding M&B Information should be removed and replaced with new ones.										
Max. TAXI mass kg	Max. TAKE-OFF mass kg	Max. LANDING mass kg	Max. ZERO FUEL mass kg	Min. FLYING mass kg						
68265	68038	56245	53070	35380						
Basic Mass Data	Basic empty mass kg	Basic empty index units	Center of Gravity %							
	32552	13,83	-0,62							
Fly Away Kit (FAK) on board	Compartment L 4	FAK mass kg 350	Included in DOM-DOI I							
Dry operating data sheet:										
Crew code	Cockpit crew	Super-num.	Cpt	FO	1st Obs	2nd Obs	Fwd Sprn.	9G Sprn.	With FAK	
									DOM kg	DOI
2 / 0	2	0	1	1					33110	14,25
2 / 1	2	1	1	1			1		33185	13,02
2 / 2	2	2	1	1			2		33260	11,79
2 / 3	2	3	1	1			2	1	33335	10,61
2 / 4	2	4	1	1			2	2	33410	9,43
3 / 0	3	0	1	1	1				33195	12,71
3 / 1	3	1	1	1	1		1		33270	11,48
3 / 2	3	2	1	1	1		2		33345	10,25
3 / 3	3	3	1	1	1		2	1	33420	9,07
4 / 0	4	0	1	1	1	1			33280	11,15
4 / 1	4	1	1	1	1	1	1		33355	9,92
4 / 2	4	2	1	1	1	1	2		33430	8,69

Figura 3: *Mass and Balance Information* dell'aeromobile HA-FAX.

1.6.3. Informazioni supplementari

Le seguenti informazioni relative ai sistemi automatici di autopilota e *autothrottle* (A/T) sono tratte dal FCOM dell'aeromobile B737 e dall'OM della compagnia ASL.

Automatic Flight System.

L'AFS è composto dall'AFDS e dall'A/T. Il FMC fornisce il valore di riferimento dei giri motore (N1) all'A/T e la velocità impostata all'A/T e all'AFDS.

L'AFDS e l'A/T sono controllati tramite l'AFDS *mode control panel* (MCP) e il FMC. Normalmente, l'AFDS e l'A/T sono controllati automaticamente dal FMC per mantenere un sentiero ottimale, sia laterale (LNAV) che verticale (VNAV), durante la salita, la crociera e la discesa.

L'AFDS è un doppio sistema composto da due FCC indipendenti ed un pannello di controllo comune.

Autopilot Disengagement.

L'autopilota si disconnette al verificarsi di una delle seguenti condizioni.

- Premendo il pulsante posto sui volantini di entrambi i piloti.
- Posizionando l'interruttore A/P ENGAGE SWITCH su OFF.
- Premendo l'interruttore Take-off/Go-around (TO/GA) con un A/P in posizione CWS o CMD al di sotto di 2000 piedi RA.
- Premendo l'interruttore Take-off/Go-around (TO/GA) dopo l'atterraggio con due A/P in posizione CMD.
- Attivando l'interruttore del trim sul volante.
- Spostando l'interruttore STAB TRIM AUTOPILOT su CUTOUT.
- Perdita delle rispettive pressioni idrauliche.
- Commutando l'interruttore EFI.
- Avaria del Sistema IRS (destro o sinistro) o illuminazione della luce FAULT.
- Perdita di alimentazione elettrica.

AFS Failure.

L'interruzione dell'alimentazione elettrica può causare la disconnessione dell'AFDS e/o dell'A/T. Il reinserimento è possibile dopo che l'alimentazione sia stata ripristinata.

AFDS Flight Mode Annunciation.

Le modalità di volo indicate sui *display* di entrambi i piloti sono le seguenti:

- *autothrottle*;
- *pitch*;
- *roll*;
- *autopilot status*.

Le modalità selezionate o “*captured*” sono indicate sul *display* (figura 4) con grandi lettere di colore verde. Le modalità “*armed*” sono indicate in lettere più piccole di colore bianco.

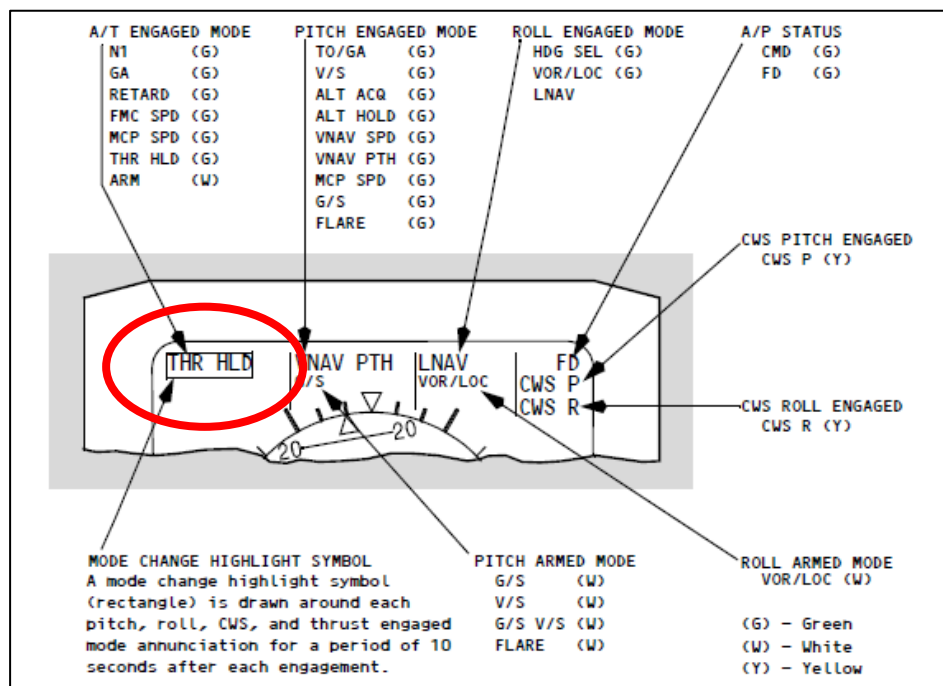


Figura 4: particolare delle indicazioni rappresentate sui *display* dei piloti.

Autothrottle System (A/T).

Il sistema di A/T fornisce potenza in maniera automatica dall'inizio del decollo, in salita, in crociera, in discesa, durante l'avvicinamento, il *go-around* o l'atterraggio.

L'A/T muove le manette di potenza tramite un servomotore indipendente per ogni manetta. Il movimento manuale delle manette di potenza non causa la disconnessione dell'A/T, a meno di un disallineamento tra le due manette superiore ai 10° durante un avvicinamento “*dual channel*” dopo l'armamento della modalità “FLARE”.

A seguito di uno spostamento manuale, l'A/T può riportare le manette nella posizione necessaria per mantenere i parametri impostati, tranne nei casi in cui siano selezionati i modi “THR HLD” e “ARM”.

Autothrottle disengagement.

Il verificarsi di una delle seguenti condizioni provoca la disconnessione dell'A/T.

- Spostare l'interruttore A/T su OFF.
- Premere uno dei due pulsanti "A/T DISENGAGE".
- Viene rilevata un'anomalia dell'A/T.
- Dopo un tempo pari a due secondi dopo il contatto con la pista.
- Quando il disallineamento delle manette di potenza supera i 10° durante un avvicinamento "*dual channel*" dopo l'armamento della modalità "FLARE".

La disconnessione dell'A/T viene segnalata dal segnale rosso "A/T DISENGAGE". Tale segnale non si illumina qualora l'A/T si disconnetta automaticamente dopo l'atterraggio.

L'A/T transita automaticamente da "MCP SPEED" a "RETARD" al passaggio dei 27 piedi RA (figura 5).

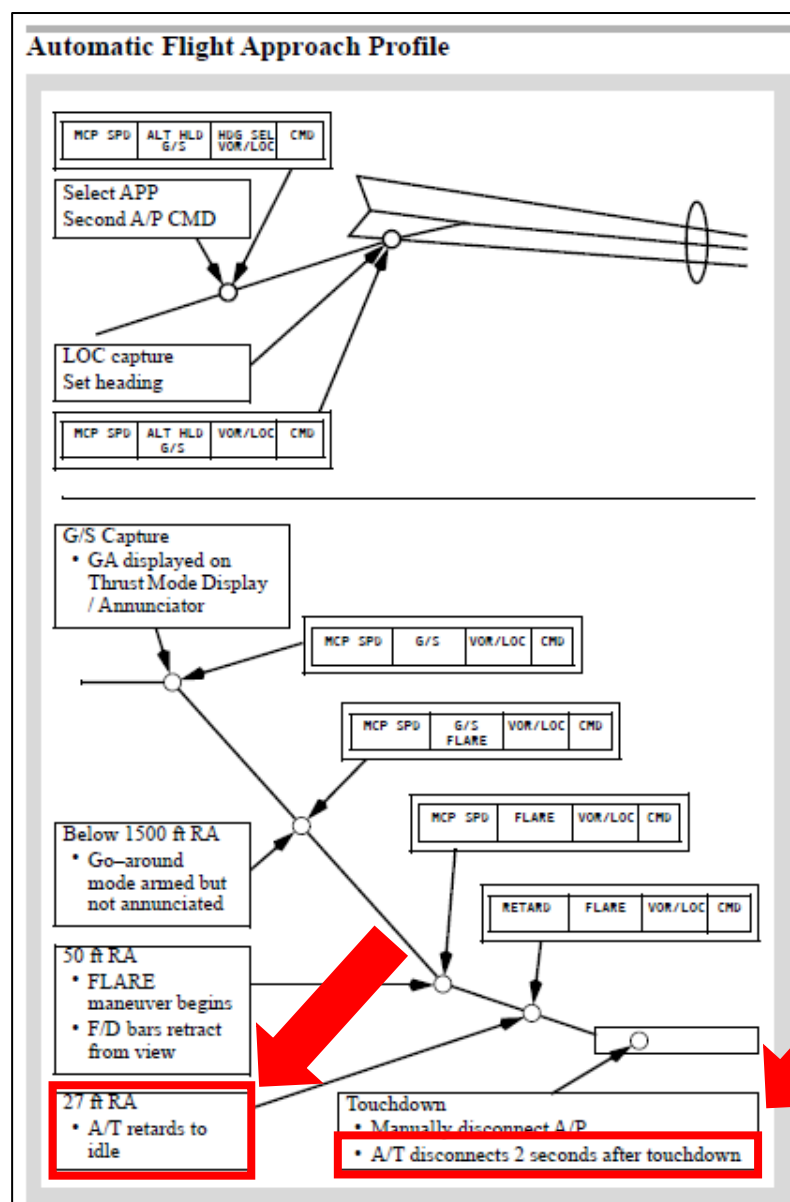


Figura 5: estratto del FCOM dell'aeromobile B737 relativo al profilo di avvicinamento in automazione.

La procedura indicata dal FCOM per l'atterraggio relativa all'avvicinamento ILS prevede quanto segue: «For a single channel approach, disengage the autopilot and disconnect the autothrottle no later than the minimum use height for single autopilot operation. For a dual channel approach disengage the autopilot after touchdown.».

Lo stesso *Manuale* prevede, inoltre, la seguente limitazione: «For single channel operation during approach, the autopilot shall not remain engaged below 50 feet AGL.».

La relativa *checklist* riporta:

«After suitable visual reference is established:

A/P disengage switch Push

Disengage the autopilot in accordance with regulatory requirements.

A/T disengage switch Push

Disengage the autothrottle when disengaging the autopilot».

Di seguito si riporta un estratto dell'OM dell'operatore relativo all'uso dell'automazione, specificatamente per quanto riguarda autopilota e *autothrottle* (figura 6).

2.0.10.2.1 General

Autopilot, Auto throttle, Flight Director are systems to support manual and automatic flights. These are used to improve the flight safety at maximum possible level and enable pilots to maintain the flight environment at best at all phases of flight. Using these systems, the main rule is; maintaining CRM and being ready to switch to manual flight at all times. When engaging or disengaging systems, the other pilot should be informed. The rules, procedures and limits are given in FCOM VOLUMES and AFM.

During training flights, the way the rules and limitations shall be maintained must be decided by the instructor during preflight. During line operations, A/P and A/T should be engaged throughout the flight especially in marginal weather conditions or when operating into an unfamiliar airport. Using A/P and A/T also enables flight crew to pay more attention to ATC communications and to other aircraft, particularly in congested terminal areas and at high-density airports. A/P and A/T should be used during a go-around and missed-approach to reduce workload. FMS lateral navigation should be used to reduce workload and risk of CFIT during go-around if:

- Applicable missed-approach procedure is included in the FMS flight plan; and,
- FMS navigation accuracy has been confirmed. (ANP been followed)

The optimum use of automation enables the flight crew to stay ahead of the aircraft and be prepared for possible contingencies.

2.0.10.2.2 Engaging Automation

2.0.10.2.2.1 Autopilot

Before engaging the AP, make sure that:

The airplane should be in trim, and the F/D commands should be satisfied before autopilot engagement. This prevents unwanted changes from the desired flight path during autopilot engagement.

Autopilot shall be used within the limits prescribed in volumes. Especially in bad weather conditions, it is important and is recommended to engage to be able to reduce workload. If windshear, moderate or severe turbulence is expected, the A/P engagement maybe delayed by the commander's decision.

Even if the A/P is in CMD mode, the PF should always follow the flight closely, and if the correct flight path can't be executed by the A/P, He/She should disengage the A/P and manually fly the aircraft without losing time.

2.0.10.2.2.2 Auto throttle

A/T use is recommended during take-off and climb in either automatic or manual flight. During all other phases of flight, A/T use is recommended only when the A/P is engaged in CMD. In normal conditions other than this, **if the A/P is on, A/T shall be on, if A/P is off, A/T shall be off.** But in conditions where necessary, the commander is the final authority for the use of the system.

2.0.10.2.3 Supervising Automation

Supervising automation is simply "Flying with your eyes", observing cockpit displays and indications to ensure that the aircraft response matches your mode selections and guidance target entries, and that the aircraft attitude, speed and trajectory match your expectations, i.e. enhancing the supervision of automation during capture phases – and crosscheck with raw data, as applicable – enables the early detection of a false capture Do not attempt to analyze or rectify an anomaly by reprogramming the AFS or FMS, until the desired flight path and/or airspeed are restored. **In case of A/P uncommanded disconnection, engage the second AP immediately to reduce PF's workload.** At any time, if the aircraft does not follow the desired flight path and/or airspeed, do not hesitate to revert to a more direct level of automation, i.e.

- Revert to appropriate FMS modes.
- Disconnect A/P and follow FD guidance (if correct).
- Disengage FD, select FPV (as available) and hand fly the aircraft, using raw data or visually (if in VMC), and/or disengage the A/T and control the thrust manually.

Figura 6: estratto dell'*Operational Manual, Part B, Normal Procedures*.

1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE

L'evento ha avuto luogo in condizioni di luminosità notturna, con il sorgere del sole previsto per le ore 04.13', senza luna e cielo coperto. Le condizioni meteorologiche, al momento dell'incidente, erano caratterizzate da attività temporalesca in prossimità dell'aeroporto con piovvaschi di forte intensità (foto 6).



Foto 6: condizioni meteorologiche al momento dell'incidente, riprese dalle telecamere di sorveglianza aeroportuali.

L'equipaggio era in possesso dei bollettini meteo e del cartello di rotta (incluse le previsioni per l'aeroporto di destinazione). La carta significativa delle 19.46' evidenziava la presenza di cumulonembi “*embedded*” a Nord-Ovest dell'aeroporto di destinazione.

Il TAF all'interno del cartello di rotta in possesso dell'equipaggio delle 041700Z e valido dalle ore 18.00' del giorno 04 alle ore 18.00' del giorno 5 agosto riportava: VRB05KT 9999 SCT030 TEMPO 0500/0509 3000 TSRA BKN010 CB.

I bollettini METAR a cavallo dell'ora dell'incidente riportavano quanto segue.

METAR LIME 050120Z 20004KT 9999 FEW050 SCT080 24/15 Q1010.

METAR COR¹ LIME 050150Z 26011G23KT 220V310 9999 VCTS FEW040CB BKN080 23/16 Q1010.

¹ COR: correzione o corretto [dal *Manuale operativo di meteorologia per la navigazione aerea (MO-MET)*, pubblicato dall'ENAV SpA].

METAR LIME 050220Z 34011KT 9999 SHRA TS FEW015 SCT030CB BKN050 18/17 Q1011.

Nelle giornate del 4 e del 5 agosto erano stati emanati alcuni SIGMET relativi a fenomeni atmosferici pericolosi per il volo. In particolare, riportavano temporali “*embedded*” osservati nella FIR di Milano in spostamento verso Est:

2016-08-04 22:30:00 SIGMET 2 VALID 042230/050230 L IMM- L IMM MILANO FIR EMBD TS OBS WI N4702 E01213 - N4649 E01031 - N4621 E00826 - N4547 E00650 - N4507 E00640 - N4423 E00650 - N4345 E00726 - N4512 E00925 - N4543 E01109 - N4702 E01213 TOP FL380 MOV E NC

2016-08-05 02:30:00 SIGMET 1 VALID 050230/050630 L IMM- L IMM MILANO FIR EMBD TS OBS WI N4626 E00921 - N4336 E00805 - N4310 E00944 - N4340 E01030 - N4340 E01158 - N4638 E01302 - N4702 E01208 - N4626 E00921 TOP FL380 MOV E NC

L’ultimo ATIS ascoltato dall’equipaggio dell’HA-FAX durante la discesa verso Bergamo, delle ore 01.59’, riportava informazione “Foxtrot”: «Wind 310 degrees 15 knots, visibility more than 10 kilometres, shower rain, scattered 3000 feet with CB, broken 6000 feet, temperature is 20, dew point 15.».

Una volta stabilizzato sull’ILS, la TWR di Orio al Serio forniva all’HA-FAX il seguente aggiornamento della situazione meteorologica: «Wind 280 degrees 13 knots up to 23 knots. Visibility 4000 meters, heavy shower rain, few 1700 feet, scattered 3000 CB. QNH 1011. Runway is wet.».

L’ultima informazione riferita al vento comunicata dalla TWR all’HA-FAX prima dell’atterraggio riportava: «Wind 310 degrees, 15 knots.».

Le informazioni ATIS, che sono state disseminate in rapida successione, sono state le seguenti: “Foxtrot” delle 01.59’ UTC; “Golf” delle 02.03’ UTC; “Hotel” delle 02.08’ UTC. Tutti i bollettini ATIS riportavano la presenza in atto di intensi piovachi. Differivano principalmente per la direzione di provenienza del vento (sempre comunque dal settore Nord occidentale).

Per eliminare dubbi sulla possibile interferenza di venti in coda, anche momentanei, sono stati raccolti i valori di direzione ed intensità di vento a cavallo dell'evento rilevati dai sistemi anemometrici delle testate pista, con campionatura a 10 secondi (figura 7):

- in testata RWY 28: direzione di provenienza compresa tra 281° e 337° , intensità tra gli 8 nodi e i 23 nodi;
- in testata RWY 10: direzione di provenienza compresa tra 296° e 332° , intensità tra i 13 nodi e i 22 nodi.



Figura 7: direzione ed intensità del vento registrate dagli anemometri posizionati sulle testate pista.

L'attività temporalesca presente nell'area è testimoniata dalla sequenza di immagini relative alle scariche elettriche registrate da *Earth Network*, fornita dall'ENAV SpA (figure 8, 9, 10, 11), da cui si può notare il rapido spostamento del fronte verso l'aeroporto di Orio al Serio.

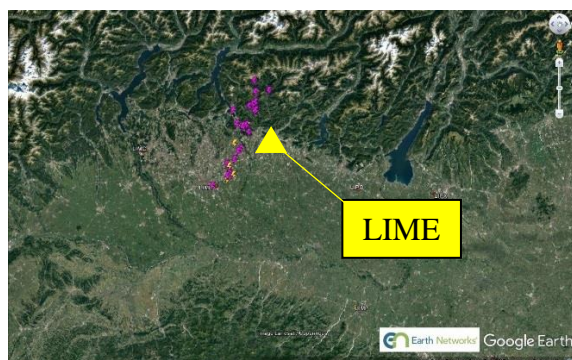


Figura 8: periodo 01.30'-01.40' UTC.

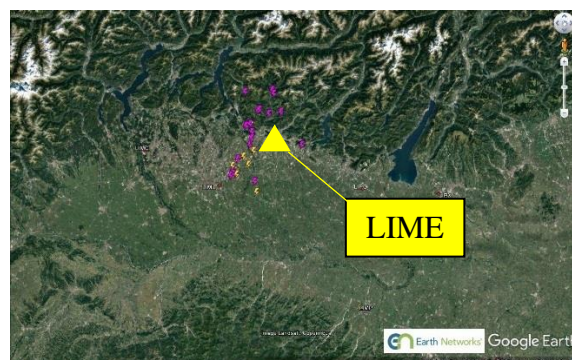


Figura 9: periodo 01.40'-01.50' UTC.

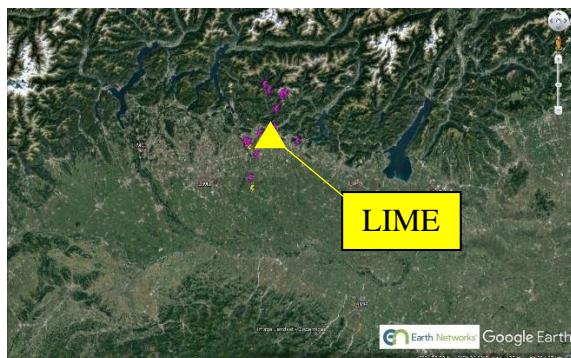


Figura 10: periodo 01.50'-02.00' UTC.

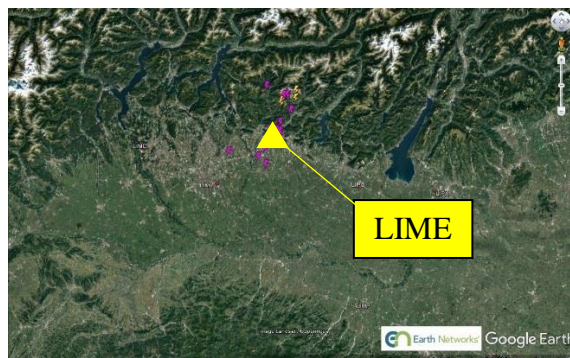


Figura 11: periodo 02.00'-02.10' UTC.

La situazione meteorologica rappresentata dalle immagini radar della stazione di Milano Linate (figure 12 e 13) conferma la presenza di forte instabilità sull'aeroporto di Orio al Serio nel periodo a cavallo dell'incidente.

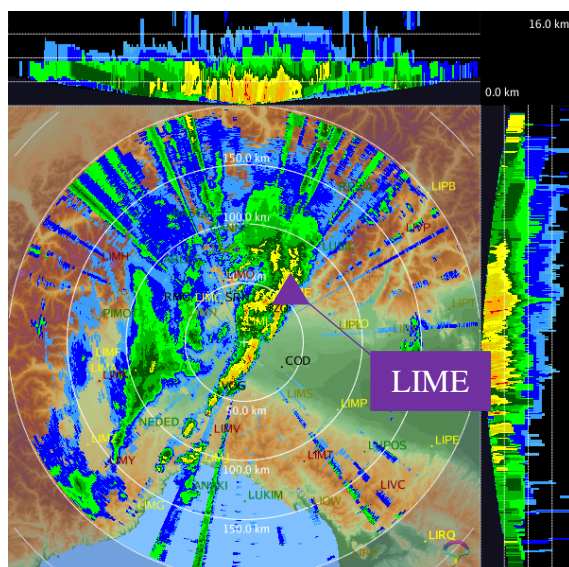


Figura 12: situazione riferita alle 02.00' UTC.

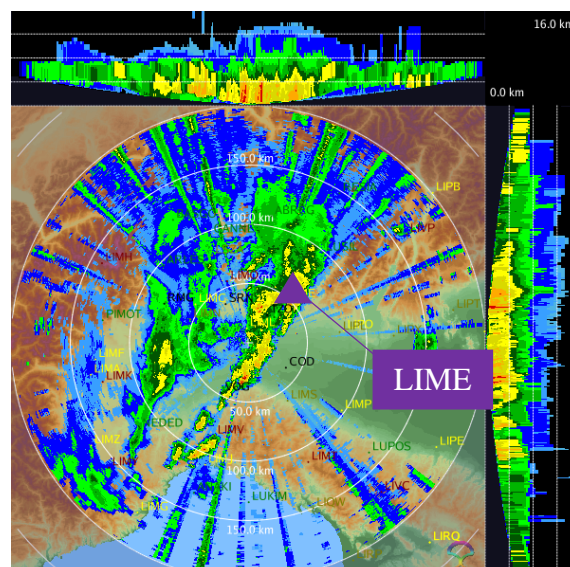


Figura 13: situazione riferita alle 02.10' UTC.

I dati pluviometrici registrati dall'ARPA Lombardia relativi alla quantità di pioggia caduta a cavallo dell'evento riportano: 04.00' LMT, 3,6 mm; 04.10' LMT, 3,6 mm.

Nessuna precipitazione è stata registrata prima delle 04.00' LMT.

1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE

In questo paragrafo sono riportate le informazioni di maggiore interesse relative agli aiuti disponibili per la navigazione aerea e sul relativo stato di efficienza.

1.8.1. Aiuti alla navigazione aerea e all'atterraggio

L'aeromobile proveniente dal settore Nord occidentale era stato autorizzato da Milano ACC a scendere a FL 090 e ad effettuare un ILS-X RWY 28 a Bergamo Orio al Serio (figura 14), procedendo sulla verticale del VOR e allontanandosi da esso per 13 NM prima di virare *inbound* e stabilizzarsi sul *localizer* con una rotta di 284°.

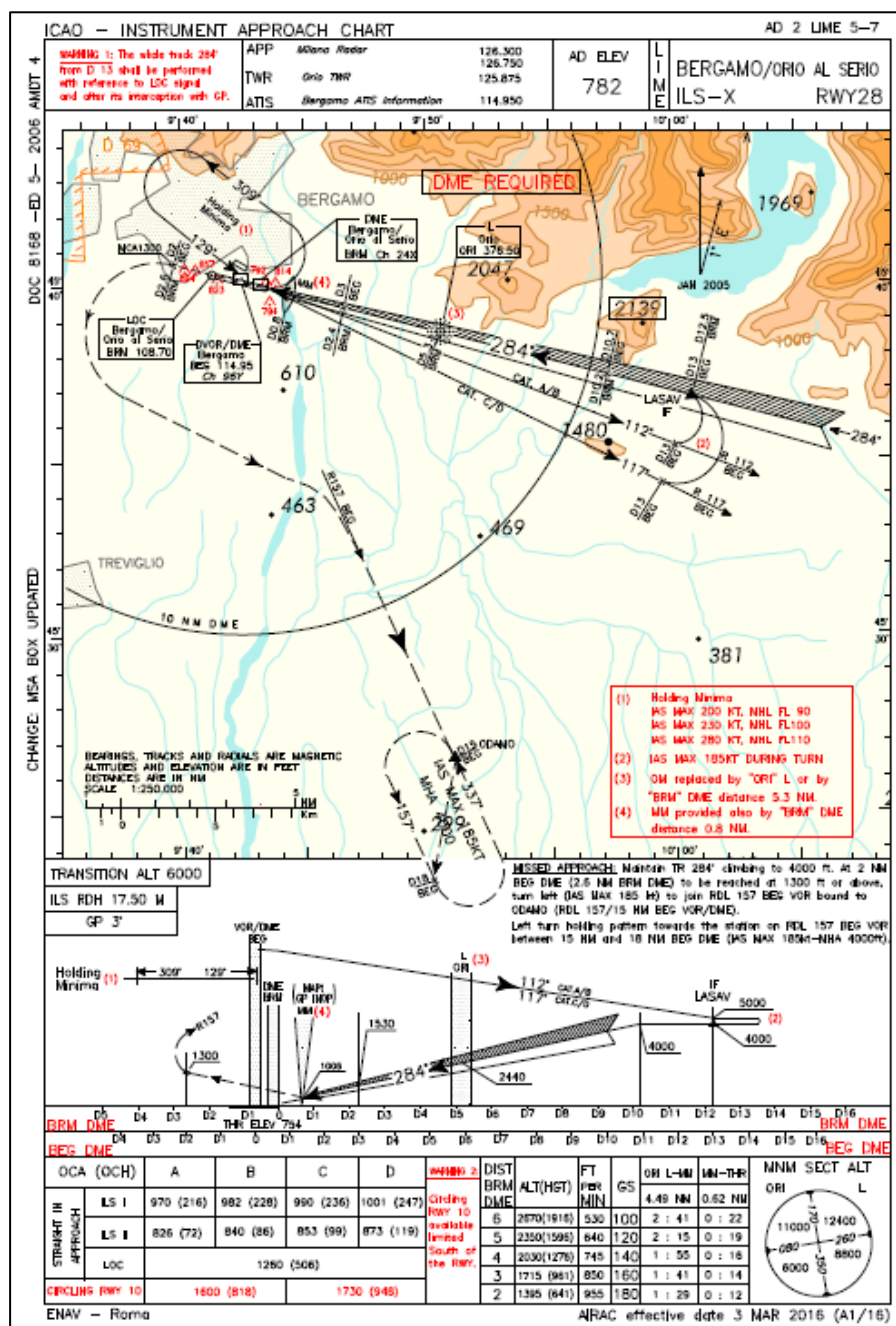


Figura 14: Instrument Approach Chart ILS-X RWY 28 (AIP Italia).

Le radioassistenze di terra, necessarie per il predetto avvicinamento di precisione, risultavano efficienti prima dell'incidente.

In particolare, il VOR/DME con identificativo BEG (114.95/96Y), il DME con identificativo BRM (24X) e l'ILS RWY 28 LOC con identificativo BRM (108.70) non erano soggetti ad alcun NOTAM.

L'aeromobile, uscendo fuori pista, ha impattato e divelto le antenne del localizzatore ILS e danneggiato il sistema di illuminazione SALS.

1.8.2. Sistemi disponibili a bordo

L'aeromobile era equipaggiato con ricevitore VOR/ILS/MKR, DME, radar meteo, radio altimetro e quanto previsto per il volo in IFR. Non risultavano inefficienze di tali sistemi dalla documentazione dell'aeromobile, né sono emerse avarie durante il volo registrate dall'apparato FDR.

1.9. COMUNICAZIONI

In questo paragrafo sono riportate le informazioni di maggiore interesse relative ai mezzi disponibili per le comunicazioni e sul relativo stato di efficienza.

La qualità delle comunicazioni radio è sempre risultata chiara e non si sono registrate difficoltà di ricezione o trasmissione.

1.9.1. Servizio mobile

Non risulta alcuna problematica inerente all'efficienza dei sistemi di comunicazione terra-bordo-terra, in quanto regolarmente utilizzati dall'equipaggio e dagli enti del controllo del traffico aereo fino al momento dell'incidente.

L'HA-FAX, operante il volo con nominativo radio "Eurotrans 7332", una volta *inbound* al VOR di Bergamo, ha contattato il settore di Milano ACC sulle frequenze VHF 125.275, 126.750 e la TWR di Bergamo Orio al Serio sulla frequenza VHF 125.875 fino al momento dell'incidente.

Le comunicazioni radio con i mezzi di soccorso sono risultate efficaci.

1.9.2. Servizio fisso

Le comunicazioni previste dal piano di emergenza aeroportuale sono state effettuate senza rilevare alcuna problematica tecnica del servizio.

1.9.3. Trascrizione delle comunicazioni

Le comunicazioni terra-bordo-terra, oltre ad essere state fornite all'ANSV dall'ENAV SpA, sono state registrate anche dal CVR e sono riportate nel paragrafo 1.11.

Inoltre, sono state acquisite le comunicazioni telefoniche intercorse tra la TWR di Bergamo Orio al Serio, Milano ACC, Vigili del fuoco, Polizia di Stato e gestore aeroportuale (SACBO) per il coordinamento delle azioni di soccorso.

Esse hanno evidenziato che il punto di arresto dell'aeromobile non era visibile dalla TWR a causa delle condizioni meteorologiche insistenti sull'aeroporto al momento dell'incidente. Infatti, il personale della TWR di Bergamo provava a chiamare diverse volte l'Eurotrans 7332 senza ricevere risposta, prima di realizzare l'uscita di pista dell'aeromobile.

Nel frattempo, un secondo aeromobile, con nominativo "White Star 6402", precedentemente autorizzato alla procedura ILS, riportava la perdita del segnale *localizer* e veniva istruito alla procedura di mancato avvicinamento.

La TWR allertava quindi i Vigili del fuoco fornendo i dati dell'aeromobile e la presunta posizione in prossimità della testata RWY 10 (Grid H6/I6).

Nel frattempo, la TWR riceveva una comunicazione del 118, che riportava che un aeromobile era finito in "autostrada".

Successivamente, i Vigili del fuoco verificavano l'effettiva posizione dell'aeromobile e comunicavano un principio di incendio, intervenendo immediatamente.

1.9.4. Tracciati radar

Il sistema radar integrato (MRT) di Milano ACC ha tracciato l'aeromobile fino in prossimità del suolo, secondo la rotta stabilita e la procedura di avvicinamento pubblicata (figura 15).



Figura 15: plottaggio della traccia radar nella fase finale di avvicinamento a Bergamo Orio al Serio.

L'aeroporto di Orio al Serio è dotato di un sistema di sorveglianza per i movimenti di superficie (SMR), che fornisce un ausilio significativo per:

- monitorare che gli aeromobili ed i veicoli sull'area operino in conformità alle autorizzazioni e alle istruzioni rilasciate;
- determinare che la pista sia libera prima di un atterraggio o di un decollo;
- fornire informazioni di traffico essenziale locale su o nelle vicinanze dell'area di manovra.

Tale sistema ha potuto rilevare l'elevata velocità di traslazione dell'aeromobile ed il lungo spazio necessario alla decelerazione durante la corsa di atterraggio.

Nel punto indicato in figura 16 la traccia radar indicava una velocità di 156 nodi.

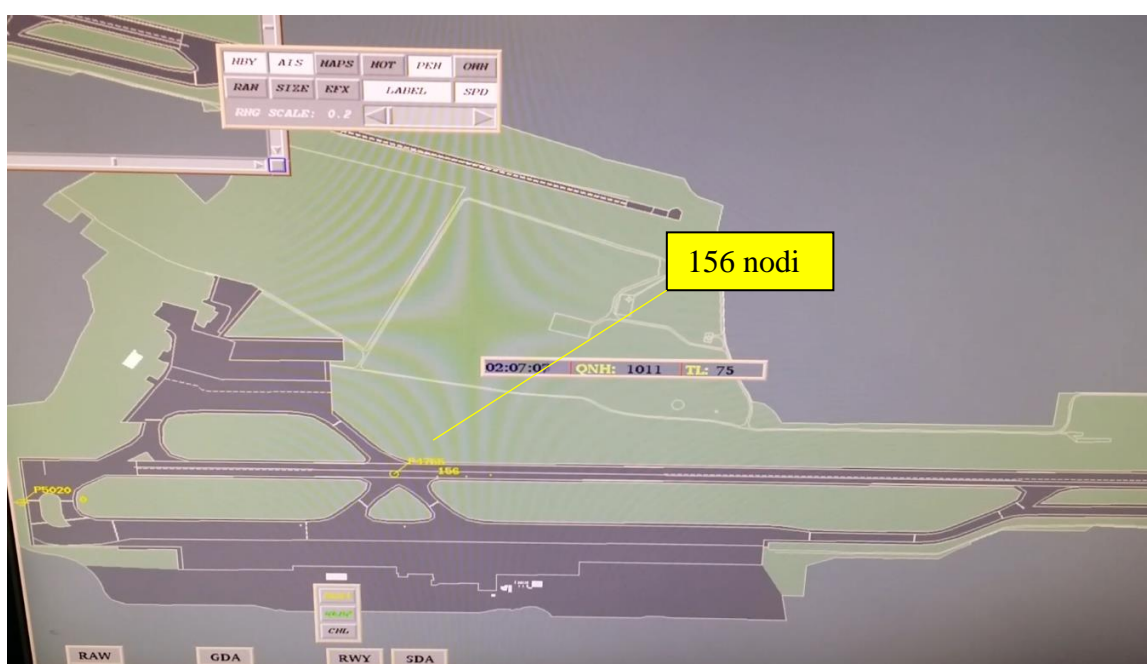


Figura 16: plottaggio della traccia del radar di superficie (SMR) durante la corsa di atterraggio.

1.10. INFORMAZIONI SULL'AEROPORTO

L'aeroporto di Bergamo Orio al Serio (LIME) è ubicato in coordinate N45°40'08" E009°42'01" ed ha una elevazione di 782 piedi.

Esso è dotato di due piste, rispettivamente denominate:

- RWY 10/28, dimensioni 2874 x 45 m, in conglomerato bituminoso;
- RWY 12/30, dimensioni 778 x 18 m, in conglomerato bituminoso.

Relativamente alla RWY 28 si aggiungono le seguenti informazioni:

- LDA 2741 m;
- RESA 150 x 90 m;

posizionate a circa 85 cm dal suolo (figura 18 e foto 7 e 8). È quindi improbabile che esse risultassero sommerse a causa delle seppur intense precipitazioni.

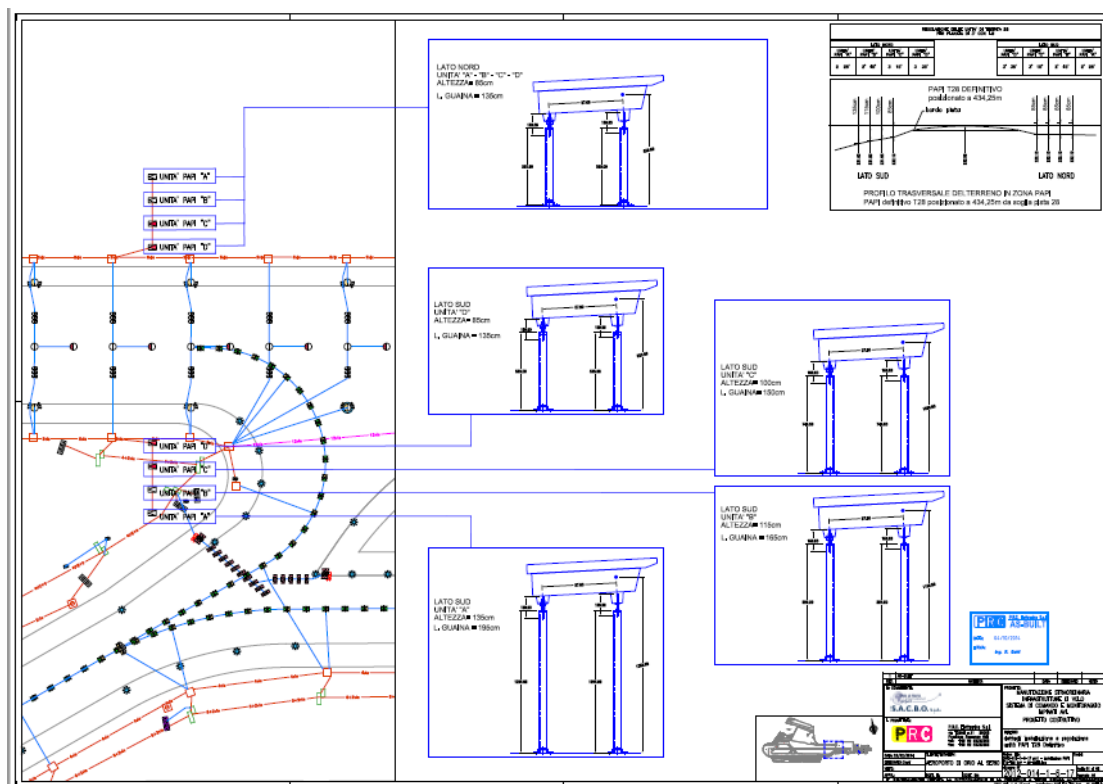


Figura 18: tavola “as built” dell’impianto PAPI in testata RWY 28.



Foto 7 e 8: particolare dell’impianto PAPI in testata RWY 28.

Telecamere di sorveglianza.

L’aeroporto di Orio al Serio è dotato di una serie di telecamere di sorveglianza posizionate in modo da monitorare l’area del parcheggio aeromobili. Le registrazioni a cavallo dell’incidente sono state acquisite dall’ANSV e utilizzate ai fini dell’inchiesta di sicurezza.

Tramite l’analisi correlata delle immagini delle telecamere che hanno registrato il passaggio dell’aeromobile lungo la pista è stato possibile individuare il punto di contatto poco oltre

l'intersezione con le vie di rullaggio "D" e "C", a circa 2000 m dalla testata pista RWY 28 (figura 19).

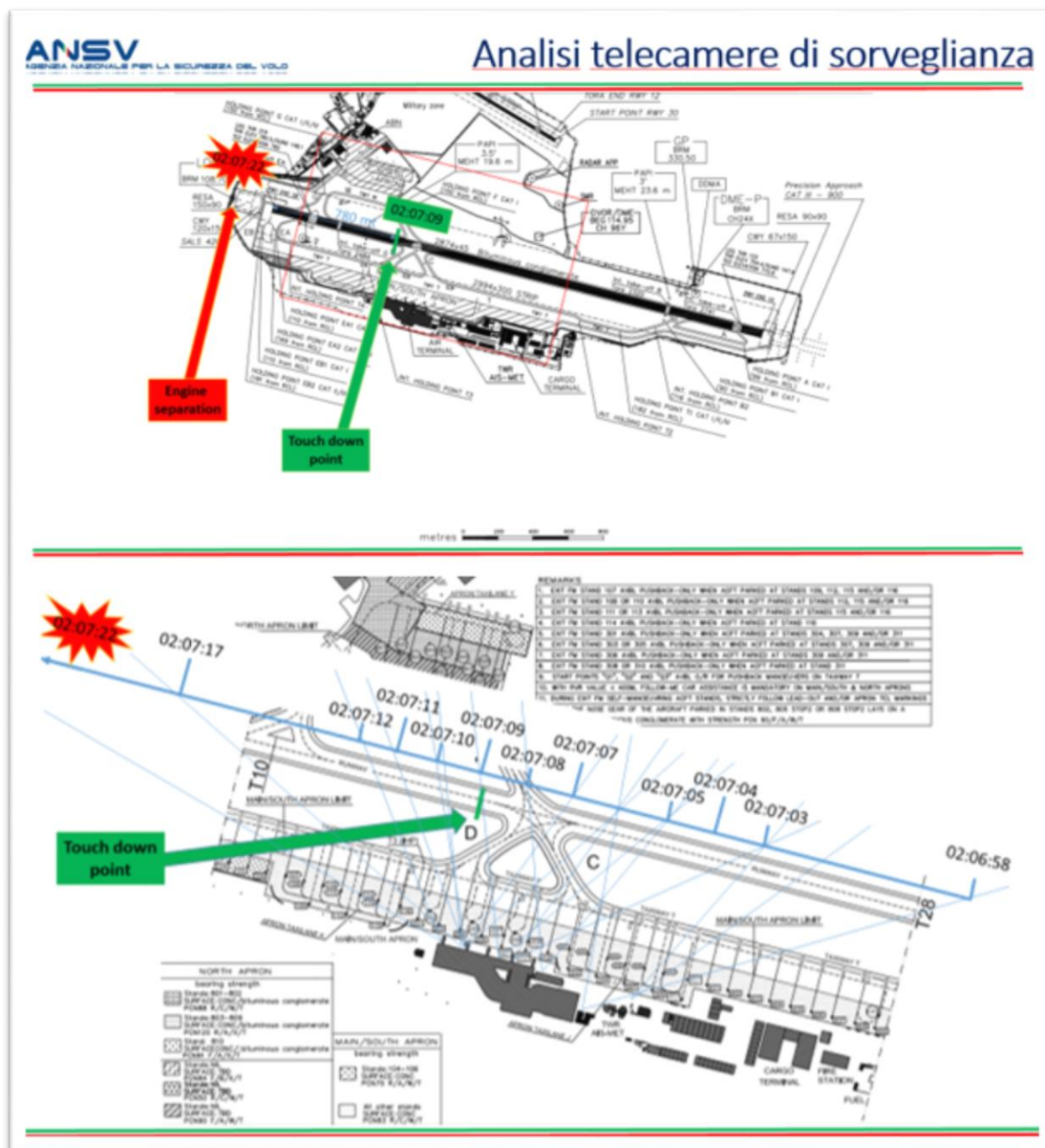


Figura 19: analisi registrazioni telecamere di sorveglianza.

Misurazione dell'aderenza di pista.

Il valore dell'aderenza di pista e il rilievo del contaminante della pista di Bergamo Orio al Serio sono governati rispettivamente dalla PO/10² "Misurazione e diffusione delle informazioni relative ai valori di aderenza della pista" e dalla PO/12 "Misurazione e

² PO: procedura operativa della SACBO.

diffusione delle informazioni relative all'altezza dell'acqua, della neve e della neve mista ad acqua (slush) sulla pista di volo".

Per quanto attiene l'aderenza di pista (PO/10), la stessa viene misurata (figura 20):

- alle due velocità previste (65 e 95 km/h) con cadenza quindicinale/mensile;
- su richiesta in caso di precipitazione particolare che mostri deposito significativo sulla pavimentazione, oppure dalla TWR a seguito di riporto di pista contaminata da parte di un pilota.

Le misurazioni di routine vengono effettuate con sistema auto bagnante che garantisce la presenza dello spessore di acqua pari ad 1 mm sulla superficie della pista.

1 Pressione del pneumatico di prova (KPa)	2 Velocità di esecuzione della prova (Km/h)	3 Spessore del velo d'acqua generato sulla pista (mm)	4 Valore di riferimento per la manutenzione correttiva	5 Valore minimo di riferimento per la dichiarazione per pista "slippery"
210* 700**	65	1.0	0.60	0.50
210* 700**	95	1.0	0.47	0.34

(*) – Volvo Skidmeter BV-11
 (**) - Skoda Octavia ASFT CSME

Figura 20: tabella di riferimento per le misurazioni dell'aderenza di pista (PO/10).

Tale misurazione è applicabile fino a spessore del contaminante di 3 mm, oltre il quale non viene effettuata la misura, ma si rilevano direttamente tipologia e spessore del contaminante. In relazione al rilievo delle condizioni superficiali della pista (PO/12), la misurazione del contaminante viene effettuata con asta graduata direttamente sulla pavimentazione, con misure per ogni terzo di pista, e calcolata la media approssimata in maniera conservativa all'intero inferiore.

La notte dell'incidente non è stata eseguita alcuna misurazione.

I valori medi registrati in data 16 agosto 2017 sono risultati di 0,78 μ alla velocità media di 66 km/h e di 0,74 μ alla velocità media di 95 km/h.

1.11. REGISTRATORI DI VOLO

In questo paragrafo sono riportate le informazioni di maggiore interesse relative agli apparati di registrazione presenti a bordo.

1.11.1. Generalità

L'aeromobile era equipaggiato con un FDR modello Fairchild FA2100, S/N 000187294, P/N 2100.4043-00, SSFDR, 25 HRS.

Il CVR installato sull'aeromobile, anch'esso con supporto di memoria a stato solido, è un modello Honeywell S/N 0354, P/N 980.6020-001, che garantisce la registrazione degli ultimi 30 minuti di volo.

1.11.2. Stato di rinvenimento

Il FDR ed il CVR (foto 9), acquisiti dall'ANSV durante il sopralluogo operativo, sono risultati integri ed in buono stato. I dati sono stati scaricati e decodificati presso i laboratori della stessa ANSV.



Foto 9: FDR e CVR dell'aeromobile B737-400 marche di identificazione HA-FAX.

1.11.3. Dati scaricati

Dal CVR sono state scaricate 4 tracce audio, ciascuna della durata di 30' e della dimensione di 27,7 MB. La qualità dell'audio è risultata buona e non sono state necessarie operazioni di *de-noise*. La traccia relativa alla postazione del comandante è risultata molto debole (è stato poi accertato che la cuffia non era stata indossata dal pilota).

Dal FDR sono stati scaricati 24.580 KB in formato .FDR, i quali sono stati convertiti in unità ingegneristiche, consentendo quindi la decodifica di 412 parametri. L'analisi dei dati è stata effettuata mediante il software Flight Analysis System versione 1.5.0.

I dati salienti, ai fini dell'inchiesta di sicurezza, scaricati dall'FDR, sono concentrati nell'ultima parte del volo. Nella figura 21 è rappresentato il momento in cui si sgancia l'autopilota durante la procedura di avvicinamento ILS (tempo 6.16:21:50), ad una quota di 1651 piedi AGL.

Inizialmente l'AFDS era selezionato in "*single channel approach*", con VOR LOC e G/S ingaggiati, accoppiato all'autopilota "A", con minime deviazioni dal *glideslope* e dal *localizer*.

Il FDR ha registrato la disconnessione dell'autopilota, ma non il motivo della stessa; tuttavia, ha rilevato l'attivazione degli avvisi acustico (udibile anche nel CVR) e luminoso, che ne sono scaturiti; tali avvisi sono stati spenti dopo due secondi dall'equipaggio.

Poco prima della disconnessione dell'autopilota, i modi "*pitch*" e "*roll*" venivano commutati su CWS, con l'autopilota inserito. Ciò comportava la perdita delle indicazioni "G/S" e "VOR/LOC" dal FMA, nella parte superiore del PFD, e delle indicazioni del *flight director*.

Il FDR non registra il motivo di tale commutazione, che potrebbe essere stata causata dalla momentanea perdita dei dati necessari a continuare l'avvicinamento ILS, tra cui:

- perdita del segnale *ILS receiver/TUNE discrete* (inficia sia il LOC sia il G/S);
- *radio altitude* non valida per 2 secondi;
- parametri IRU "NAV" invalidi;
- selezione di "*Rear LOC Antenna*".

L'autopilota veniva quindi re-ingaggiato. Nessun modo di "*pitch*" o "*roll*" veniva selezionato, rimanendo quindi in modalità "CWS", senza le indicazioni del *flight director*.

Dopo 3 secondi veniva registrata una seconda disconnessione dell'autopilota, l'avviso acustico veniva silenziato dopo un secondo.

Dopo circa 8 secondi venivano selezionati i modi VOR/LOC e GS con l'azionamento, da parte dell'equipaggio, del pulsante "APP".

Deviazioni dal *localizer* e dal *glideslope* iniziavano immediatamente dopo la disconnessione dell'autopilota.

Nella figura 21 si possono notare il duplice disinserimento dell'autopilota e la posizione dell'*autothrottle*, che rimarrà inserita in modalità "MCP SPEED" per il prosieguo del volo fino a dopo l'atterraggio (tempo 6.16:24:18).

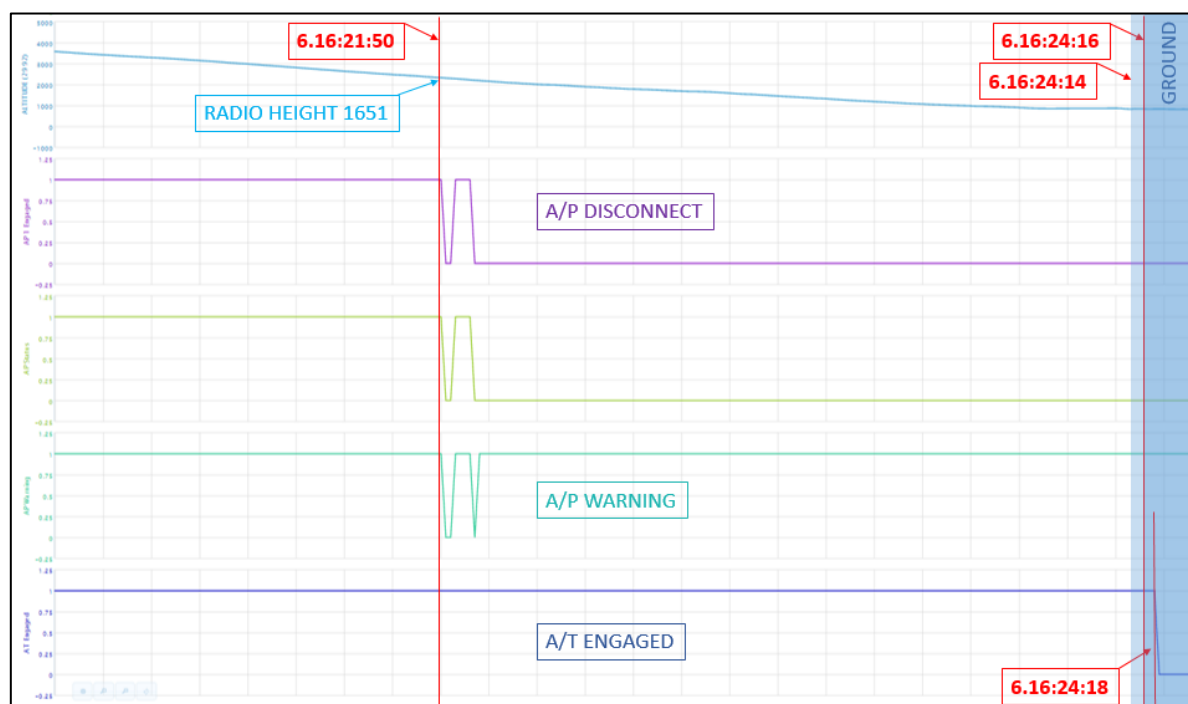


Figura 21: estratto dei dati FDR relativo alla disconnessione dell'autopilota.

Nella figura 22 sono rappresentati i dati di velocità e giri motore (N1) negli ultimi due minuti del volo. Si può notare come nella fase finale della registrazione le variazioni di potenza risultino funzionali al mantenimento di una velocità compresa tra i 140 e i 159 nodi fino al contatto con la pista, per poi diminuire velocemente fino ai 91 nodi dell'ultimo dato riportato dal FDR.

Si nota, inoltre, il duplice contatto con la pista, rispettivamente al tempo 6.16:24:14 ed al tempo 6.16:24:16.

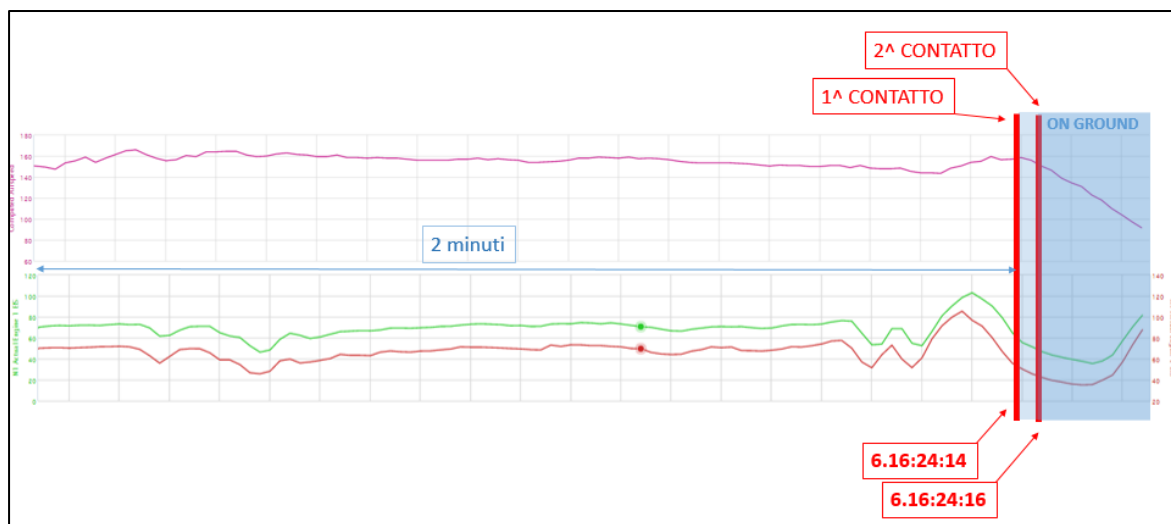


Figura 22: estratto dei dati FDR relativi alla velocità e ai giri motore nella fase finale dell'avvicinamento.

L'analisi dei dati FDR relativi agli ultimi 40 secondi di registrazione (figura 23) evidenziano una discesa costante fino ai 30 piedi ed un periodo prolungato in cui l'aeromobile si è mantenuto tra i 30 ed i 20 piedi (pari a 14 secondi). Una volta a contatto con la pista, si possono notare l'attivazione degli aerofreni (tempo 6.16:24:16), dei freni (tempo 6.16:24:17) e del *thrust reverse* (6.16:24:22), confermato dall'incremento dei giri motore N1.

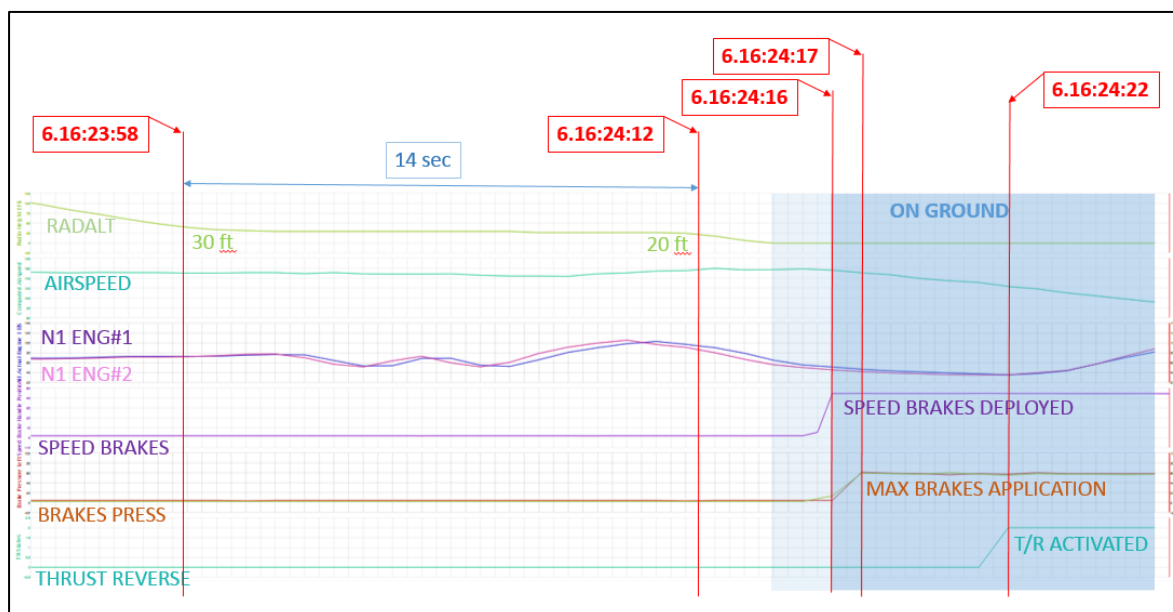


Figura 23: estratto dei dati FDR relativi agli ultimi 40 secondi del volo.

1.11.4. Trascrizione del CVR

La trascrizione delle registrazioni del CVR è avvenuta presso i laboratori dell'ANSV con il supporto dei due rappresentanti accreditati dell'Autorità investigativa ungherese, che hanno

effettuato la traduzione, in inglese, delle comunicazioni in lingua ungherese intercorse tra i due piloti.

Tra i dati registrati dal CVR sono risultati più comprensibili i canali relativi al microfono del primo ufficiale (PM) e alle comunicazioni T/B/T di quest'ultimo (sia in trasmissione che in ricezione). La voce del comandante (PF) è stata registrata tramite il microfono ambientale, creando alcune difficoltà nell'acquisizione e trascrizione; successivamente è stato infatti accertato, come già anticipato, che il comandante non indossava le cuffie.

Si riporta, di seguito, una sintesi delle comunicazioni avvenute in cabina di pilotaggio tra i due piloti, che risulta di particolare importanza ai fini dell'inchiesta di sicurezza.

Al tempo CVR 0:00:18.979 l'equipaggio, in discesa verso il VOR di Bergamo, commentava le condizioni meteorologiche rappresentate sul radar meteo di bordo ed il comandante illustrava i diversi colori presenti sullo schermo, facendo un riferimento alle scariche elettrostatiche udibili sulla frequenza radio. Inoltre, veniva notata e commentata l'attività temporalesca («*lightning*») in lontananza.

Al tempo CVR 0:10:45.500 viene iniziata la "DESCENT CHECKLIST", in cui veniva impostata una VREF di 134 nodi, l'AUTOBRAKE in posizione 2, menzionando l'eventualità di effettuare un avvicinamento CAT II.

Al tempo CVR 0:12:25.157 veniva ascoltato l'ATIS ("E") e commentato il fatto che il vento avesse una direzione variabile con la frase del comandante: «It will shake us».

Al tempo CVR 0:15:36.210, approssimandosi il FL230 a cui erano stati autorizzati dall'ATC, l'equipaggio richiedeva e veniva autorizzato ad effettuare un accostamento a destra, per prua 145°, per evitare formazioni nuvolose e piovvaschi.

Al tempo CVR 0:17:15.314 l'ATC autorizzava l'ulteriore discesa per FL110 ed il primo ufficiale affermava: «It is very serious rain»; poco dopo l'ATC autorizzava la discesa a FL90 e alla procedura di avvicinamento ILS, istruendo l'equipaggio a riportare quando stabilizzati su quest'ultimo.

Durante la discesa l'equipaggio appariva in difficoltà nel mantenere i parametri di velocità.

Al tempo CVR 0:21:55.750 il comandante ordinava l'estensione del carrello di atterraggio.

Al tempo CVR 0:23:11.350 l'ATC comunicava che era in vigore un nuovo ATIS ("Foxtrot"); l'equipaggio richiedeva quindi al controllore il contenuto del messaggio ATIS, per evitare di cambiare frequenza.

Al tempo CVR 0:24:58.675, nel tratto *inbound* della procedura ILS, in discesa per 4000 piedi ed intercettando il *glide path*, il comandante affermava: «Hurry, because the thunderstorm is coming».

Al tempo CVR 0:25:00.050 l'equipaggio riportava all'ATC di essere stabilizzato sull'ILS RWY 28 e veniva istruito al passaggio sulla frequenza della TWR di Bergamo Orio al Serio che, al tempo CVR 0:25:34.180, comunicava l'ultimo bollettino meteorologico e forniva l'autorizzazione all'atterraggio: «Eurotrans 7332, buongiorno. RWY 28, wind 280 degrees 13 knots up to 23 knots. Visibility 4000 meters, heavy shower rain, FEW1700 feet, SCT CB 3000. QNH 1011. Runway is wet. Clear to land.».

Al tempo CVR 0:26:09.460, a circa 9 NM in finale, stabilizzati sull'ILS, il comandante affermava: «Great. We are at 9 NM. I won't do go/around in this weather.»; pochi istanti dopo aggiungeva: «It does not matter, we are carrying on.».

Al tempo CVR 0:27:09.595, attraversando i 2500 piedi, il primo ufficiale comunicava di avere la pista in vista ed il comandante replicava: «It can be visible a little bit, the thunderstorm is not coming over it.».

Al tempo CVR 0:27:43.850 si avvertiva il suono della disconnessione dell'autopilota e, alla richiesta del primo ufficiale di impostare lo *switch* dell'autopilota su OFF, il comandante rispondeva: «Yes, AP is not necessary.».

Al tempo CVR 0:27:49.430 la TWR comunicava che l'ultimo vento proveniva da 310° ed aveva una intensità di 15 nodi.

Al tempo CVR 0:28:11.590 il comandante ordinava di impostare la velocità a 145 nodi e l'AUTOBRAKE sulla posizione 3.

Al tempo CVR 0:28:22.950 il primo ufficiale iniziava i controlli della “LANDING CHECKLIST”.

Nel periodo compreso tra il tempo CVR 0:28:32.730 e il tempo 0:29:07.340, in discesa da 1000 a 500 piedi, si susseguivano comunicazioni concitate del comandante che, in parte, si confondevano a causa del rumore degli scrosci di pioggia: «Wipers right now! I can not see anything.».

Al tempo CVR 0:29:18.000, tra i 400 ed i 300 piedi, il comandante richiedeva l'accensione di tutte le luci e, rivolto al primo ufficiale, diceva: «Look out very carefully.».

Al tempo CVR 0:29:28.867, approssimandosi alle minime per la procedura ILS, il primo ufficiale chiedeva al comandante se avesse la pista in vista ed il comandante rispondeva in maniera negativa.

Al tempo CVR 0:29:31.950, alle minime della procedura ILS, il comandante affermava: «I can see the runway, but I can not see the surface.».

Al tempo CVR 0:29:34.310 il primo ufficiale comunicava che si trovavano sopra il *glide path* e dava indicazioni al comandante di incrementare la discesa.

Al tempo CVR 0:29:45.235, tra i 100 ed i 50 piedi, il primo ufficiale riportava l'acquisizione del *glide slope* e, passando i 50 piedi, chiamava «Pull Up!».

Tra gli avvisi acustici indicanti i 30 ed i 20 piedi passavano circa 14 secondi, dal tempo CVR 0:29:51.169 a 0:30:05.415, durante i quali il comandante chiedeva: «What is happening?»; il primo ufficiale chiamava «Pull up, pull up, pull up!».

Poi, in rapida successione, gli avvisi dei 20 e dei 10 piedi e, al tempo CVR 0:30:07.585, l'esclamazione del comandante: «Brake, brake, brake, No.... thrust reverse!».

Al tempo CVR 0:30:13.255 le comunicazioni venivano interrotte.

1.12. INFORMAZIONI SUL RELITTO E SUL LUOGO DI IMPATTO

In questo paragrafo sono riportate le informazioni acquisite dall'esame del relitto e del luogo dell'evento.

1.12.1. Luogo dell'incidente

L'evento è occorso sull'aeroporto di Bergamo Orio al Serio ed ha interessato la pista di atterraggio, la strada provinciale SP116, una porzione di parcheggio adiacente al sedime aeroportuale e la strada provinciale SP591bis (foto 10).



Foto 10: dettaglio della zona di arresto dell'aeromobile (fotografia aerea fornita dall'Arma dei Carabinieri).

1.12.2. Tracce al suolo e distribuzione dei rottami

Dall'analisi delle tracce al suolo è stato rilevato che l'aeromobile:

- aveva seguito una traiettoria leggermente spostata a destra rispetto all'asse pista;
- dopo aver superato l'area di sicurezza al termine della pista (RESA), aveva divelto le antenne del localizer ILS RWY 28 e la recinzione aeroportuale;
- aveva quindi superato la strada provinciale SP116 e una porzione di parcheggio;
- si era fermato impattando il *new jersey* della strada provinciale SP591bis.

Nella corsa di decelerazione si erano separati dall'aeromobile entrambi i motori (uno di questi, peraltro, aveva dato origine ad un principio di incendio, prontamente spento dai Vigili del fuoco intervenuti sul posto) ed il carrello di atterraggio.

Le impronte lasciate dagli pneumatici sull'asfalto risultavano visibili solo nel tratto finale, oltre il c.d. "pettine" delimitato dalle strisce bianche verticali, in quanto qualsiasi altro segno si confondeva con quelli lasciati dagli aeromobili che normalmente atterrano per RWY 10 (foto 11). Non si sono riscontrate tracce di blocco degli pneumatici, né di fenomeni di *aquaplaning* sulla superficie della pista.



Foto 11: impronte degli pneumatici in testata RWY 10.

Per agevolare il ripristino della viabilità della rete stradale, alcune parti del relitto venivano spostate rispetto alla posizione originaria prima del sopralluogo dell'ANSV; non è stato quindi possibile effettuare la mappatura precisa della posizione di tutti i rottami.

1.12.3. Esame del relitto

L'aeromobile si è arrestato contro il *new jersey* della strada provinciale SP591bis con una prua indicativa di 284°, sostanzialmente in linea con l'asse pista RWY 28 di Orio al Serio.

Fusoliera.

La parte inferiore della fusoliera risultava seriamente danneggiata, con ampi squarci e deformazioni, a causa dello sfregamento con il terreno dopo la separazione dei gruppi carrello e motore e del conseguente impatto contro un *guard-rail* e un *new jersey* (foto 12, 13).



Foto 12: parte sinistra della fusoliera dell'aeromobile.



Foto 13: parte destra della fusoliera dell'aeromobile.

Semiali e relative superfici mobili.

Entrambe le semiali presentavano estesi danneggiamenti dovuti allo sfregamento con il terreno dopo la separazione dei gruppi carrello e motopropulsore ed al conseguente impatto contro un *guard-rail* e un *new jersey*.

Le superfici mobili dell'aeromobile risultavano nelle seguenti posizioni (foto 14):

- i flap erano estesi;
- gli spoiler interni erano rientrati;
- gli spoiler esterni erano parzialmente fuoriusciti.



Foto 14: dettaglio della semiala destra e delle relative superfici mobili.

Impennaggi e relative superfici mobili.

Il timone di profondità presentava estesi danneggiamenti ed il cedimento della parte destra dello stesso (foto 15).

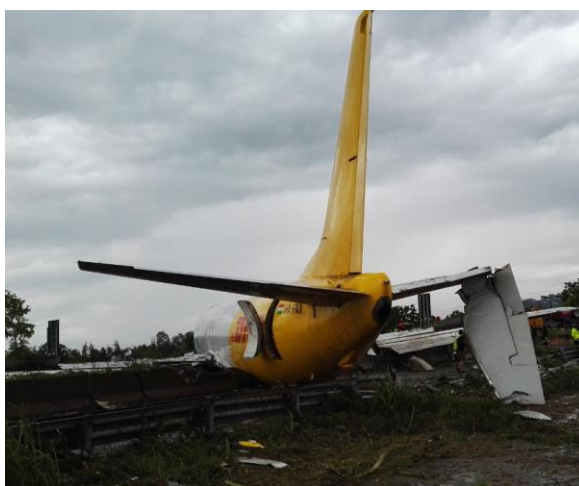


Foto 15: impennaggi di coda e delle relative superfici mobili.

Gruppo motopropulsore.

I motori venivano rinvenuti completamente separati dal corpo principale ed evidenziano danni rotazionali a carico dei FAN di entrambi (foto 16 e 17).



Foto 16 e 17: danneggiamenti subiti dai motori dell'aeromobile.

Gruppo carrello di atterraggio.

Le gambe del carrello d'atterraggio si separavano dall'aeromobile prima dell'arresto finale, sul terrapieno prospiciente il parcheggio. Uno dei quattro pneumatici del carrello principale risultava danneggiato, presumibilmente al momento dell'urto che determinava la rottura dei montanti delle gambe carrello (foto 18 e 19). I battistrada degli altri pneumatici risultavano integri e non presentavano segni di blocco degli pneumatici (affettamento) o di *aquaplaning* per fusione di pneumatico³.

³ *Aquaplaning per fusione di pneumatico*: avviene su pista bagnata quando, a seguito del bloccaggio della ruota, la gomma del copertone si scioglie per fusione e crea una patina lubrificante che annulla l'attrito tra ruota e asfalto. È possibile rendersi conto dell'accaduto osservando il copertone e notando una pellicola rugosa di gomma a forma ellittica fusa ed appiccicata al copertone, segno di un avvenuto processo di liquefazione. Sulla pista si potranno notare tracce di colore biancastro.

Altre tipologie di *aquaplaning* sono le seguenti.



Foto 18 e19: gambe del carrello principale dell'aeromobile.

Non è stato possibile recuperare alcuna evidenza su eventuali anomalie all'impianto frenante, in quanto, durante l'urto, le linee idrauliche venivano danneggiate e l'olio in esse contenuto disperso.

Cabina di pilotaggio e strumentazione di bordo.

La cabina di pilotaggio si presentava integra, con materiale e documentazione di volo sparso alla rinfusa a causa dell'improvvisa decelerazione e dell'evacuazione dell'equipaggio.

Durante il sopralluogo della cabina di pilotaggio si constatavano le seguenti evidenze (foto 20):

- leva degli aerofreni in posizione "ARMED";
- AUTOBRAKE inserito in posizione "3";
- leva dei flap posizionata a 30°;
- manette di potenza di entrambi i motori in posizione avanzata (TOGA);
- leve *thrust reverse* "IN";
- leva motore sinistro in posizione "CUT OFF", leva motore destro in posizione "IDLE";
- leva "T-HANDLE" motore sinistro in posizione "PULLED".

Aquaplaning dinamico: è causato dall'accrescimento di pressione idrodinamica nel punto di contatto tra ruota e pista; tale pressione genera una forza verso l'alto, che solleva la ruota da terra fino anche alla completa separazione (condizione detta di *hydroplaning* dinamico totale). In questo caso la rotazione dello pneumatico diminuisce fino a cessare.

Aquaplaning viscoso: si verifica a velocità inferiori ed è causato da una sottile pellicola d'acqua che la ruota non riesce a penetrare, perdendo parzialmente il contatto con l'asfalto. Questo fenomeno si verifica generalmente quando l'asfalto sia liscio e, soprattutto, nelle zone in cui vi siano tracce di copertone, come ad esempio i punti di contatto.

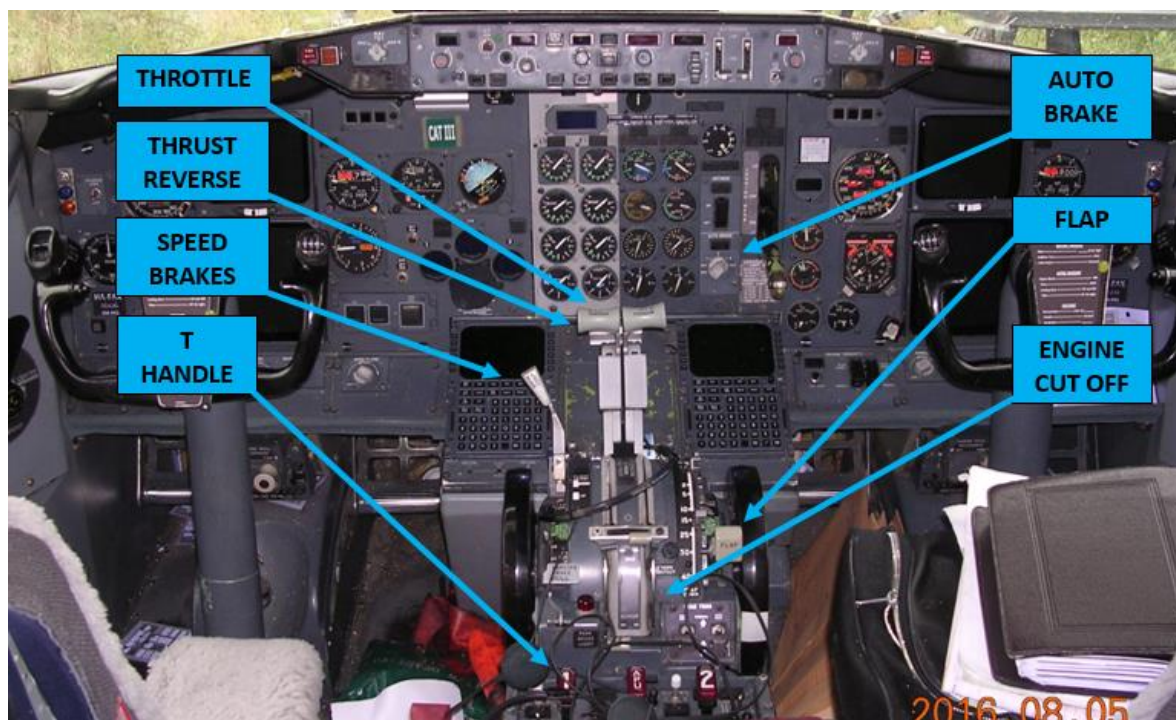


Foto 20: pannello strumenti dell'aeromobile dopo l'incidente.

La velocità di avvicinamento impostata sulla “bug” degli indicatori di velocità di entrambi i piloti era di 150 nodi. Quella a cui si sono bloccati gli strumenti a causa dell'avaria elettrica totale in seguito all'impatto è di poco superiore ai 90 nodi (foto 21), come confermato dall'analisi dei dati FDR.



Foto 21: particolare dell'*airspeed indicator* del comandante.

1.12.4. Dinamica di impatto

La ricostruzione della dinamica di impatto è avvenuta sulla base delle testimonianze, delle tracce sul terreno, della distribuzione dei rottami, dei dati FDR e delle registrazioni SMR e delle telecamere di sorveglianza.

L'aeromobile, dopo aver sorvolato i primi 2000 m di pista ad una quota compresa tra i 30 ed i 20 piedi, ad una velocità media di circa 155 nodi, ha avuto un primo contatto con la superficie della pista all'altezza dell'intersezione con i raccordi "C" e "D", immediatamente seguito dal contatto finale e la conseguente attuazione automatica degli aerofreni e dei freni, a cui è seguita l'azione dei piloti sui freni e sul *thrust reverse*.

L'uscita di pista è avvenuta a circa 109 nodi; la separazione dei motori, che ha causato, tra l'altro, la perdita dell'alimentazione elettrica, è avvenuta a 91 nodi (ultimo dato di velocità registrato dal FDR e coerente con l'indicazione degli anemometri dei due piloti) (figura 24).

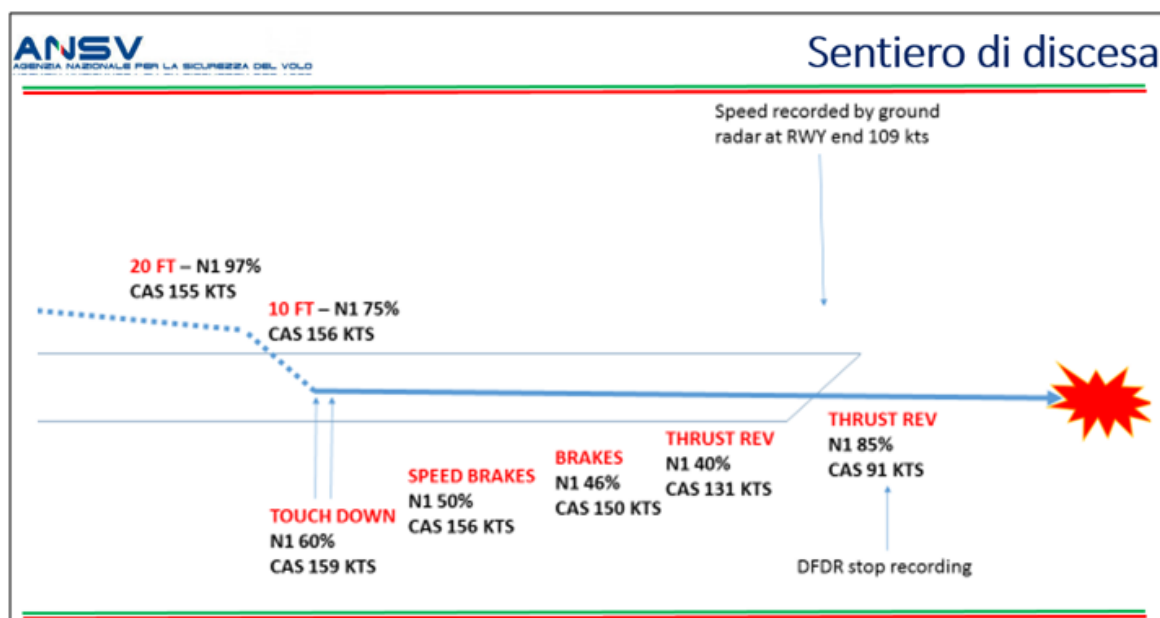


Figura 24: ricostruzione semplificata della dinamica immediatamente precedente all'impatto (non in scala).

La separazione del gruppo carrello e dei motori è avvenuta a seguito dell'interferenza con il muretto che separa il sedime aeroportuale dal parcheggio adiacente e dal terrapieno al limite del parcheggio stesso (foto 22).



Foto 22: ricostruzione della dinamica dell'impatto.

1.12.5. Avarie connesse con l'evento

Dalla documentazione tecnica esaminata e dai dati del FDR non sono emerse evidenze di avarie agli impianti di bordo manifestatesi durante il volo, che possano aver avuto una qualche correlazione con la dinamica dell'evento.

1.13. INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA

Non sono emerse evidenze di natura medica e patologica che possano aver influito sull'accadimento dell'evento.

1.14. INCENDIO

Dalle comunicazioni intercorse tra i Vigili del fuoco e la TWR di Bergamo Orio al Serio subito dopo l'incidente, si evince che un principio di incendio è stato spento nella zona dei rottami dove si trovava uno dei motori separatosi dall'aeromobile. Gli intensi piovvaschi e l'intervento dei Vigili del fuoco hanno evitato la propagazione di incendi post impatto.

1.15. ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA

A seguito dell'incidente, avvenuto alle 02.07' (04.07' LMT), la TWR di Bergamo Orio al serio ha allertato la stazione dei Vigili del fuoco, che ha registrato sul proprio rapporto di intervento i seguenti orari:

- chiamata: 04.08' LMT;
- uscita dalla sede: 04.09' LMT;
- arrivo sul luogo: 04.12' LMT.

Dalle registrazioni delle comunicazioni della TWR risulta che, a causa delle intense precipitazioni, né il personale di TWR né i Vigili del fuoco riuscissero a vedere la posizione dell'aeromobile uscito fuori pista. Il personale in servizio presso la TWR forniva quindi la presunta posizione “*grid*” come da PEA⁴.

Di seguito si riporta un estratto della relazione di intervento dei Vigili del fuoco del Comando provinciale di Bergamo.

«Arrivato in testata 10 via runway mi ritrovavo nel prato erboso prima della perimetrale senza trovare la strumentazione ILS e la recinzione aeroportuale. A circa 150/200 m intravedevo la sagoma dell'aeromobile che alla fine della sua corsa era uscito dal sedime ed era appoggiato a terra e posto perpendicolarmente rispetto alla rete viaria occupando con la carlinga le due carreggiate della SP *ex* SS591 *bis*. Sceso dalla vettura perché i mezzi dovevano uscire dal sedime aeroportuale dai varchi 3 e 4 mentre il Victor 4 invece era già uscito dal sedime dal varco n° 1. Percorrevo a piedi la strisciata dell'aeromobile attraversando il piazzale della ditta di autonoleggio [*omissis*] dove notavo alcune vetture danneggiate dal passaggio dell'aeromobile che nella sua corsa aveva demolito un muretto in cemento armato. Lungo il percorso trovavo pezzi di aeromobile. Nell'aria vi era odore del carburante che si era riversato e mischiato con tanta acqua meteorica, non c'era alcun incendio in atto solo una piccola fiamma che fuoriusciva dal motore staccatosi e vicino al cono di coda, subito spento con il naspo dal personale di Victor 7. Ho scavalcato il New Jersey che divide le due carreggiate della SS 591 *bis* e ho raggiunto la cabina di pilotaggio per contattare i membri dell'equipaggio; il portellone della cabina era socchiuso: all'interno riuscivo a vedere i due piloti in piedi vigili e coscienti. Uno di loro rispondeva alle mie domande facendomi capire che la loro situazione

⁴ PEA, edizione 3.0, data di validità 1.8.2016 “*Norme e procedure per l'assistenza agli aeromobili in emergenza e per il soccorso ad aeromobili in caso di incidente*”.

era sotto controllo e che a bordo c'erano solo due persone (pilota e copilota) e non tre come comunicato da CSS⁵. Dopo alcuni minuti i piloti aprivano completamente il portello armato facendo uscire lo scivolo di emergenza scendendo a terra. Una volta a terra abbiamo chiesto di nuovo quante persone c'erano a bordo confermando la presenza di due persone. Nel frattempo sono giunte sul posto le squadre della sede centrale e l'ambulanza del 118 che ha subito preso in cura i due occupanti visibilmente scossi.».

I Vigili del fuoco provvedevano quindi a verificare che non vi fossero anche automezzi in transito sulle carreggiate coinvolti nell'incidente e facevano allontanare quelli provenienti da Bergamo, che, proprio a causa dell'evento, erano rimasti bloccati. Nel frattempo veniva isolata la zona dell'incidente con nastro delimitatore e date disposizioni per posizionare i mezzi antincendio ai lati dell'aeromobile. Gli stessi Vigili del fuoco procedevano quindi a controllare il carico con un FH-40⁶, con esito negativo; prendevano contatto con il COE; veniva fatto controllare il terreno agricolo antistante la cabina di pilotaggio, dove si rinveniva, in un fossato, il secondo motore.

Dopo aver soccorso i piloti e messo in sicurezza l'area, veniva verificato che non vi fossero ulteriori perdite di carburante, che potessero mettere in pericolo le successive operazioni di recupero dell'aeromobile e dei registratori di volo.

1.16. PROVE E RICERCHE EFFETTUATE

A seguito dello scarico dei dati dal FDR dell'aeromobile, svoltosi presso i laboratori dell'ANSV, il rappresentante accreditato del NTSB avanzava la richiesta di poter analizzare alcuni parametri, per una comparazione, che lo stesso NTSB stava compiendo in collaborazione con la Boeing, tra le effettive distanze di frenata e quelle calcolate nelle tabelle di prestazione relative ad alcuni casi di *overrun*.

L'obiettivo era di calcolare il coefficiente di attrito di frenata della ruota esercitato dall'aeromobile durante l'evento in questione (*tyre-to-ground braking coefficient*), per incrementare i dati in possesso del NTSB relativi alle prestazioni di frenata in condizioni di pista bagnata.

Di seguito si riportano alcuni passi della relazione predisposta dalla Boeing.

⁵ CSS: si tratta del Capo scalo di servizio della Sacbo.

⁶ L'FH-40 è un radiometro multisonda per la rilevazione di contaminazioni ambientali.

«FDR Data Evaluation

Time history plots of the pertinent longitudinal and lateral-directional parameters during the final approach and landing rollout are attached as Figures 1 [25 nella presente relazione] and 2 [26 nella presente relazione], respectively [coerente con quanto estrapolato presso i laboratori ANSV]. Plots of calculated braking coefficient versus ground speed and distance are included as Figures 3 [27 nella presente relazione] and 4 [28 nella presente relazione], respectively. In addition to an evaluation of the recorded parameters, a kinematic consistency (KINCON) analysis was conducted on the provided FDR data. KINCON is used to correct inherent inconsistencies often present in recorded data because of sample rate differences, multiple independent data sources, and the presence of instrumentation biases. The KINCON process uses integrated acceleration data to ensure basic inertial parameters such as altitude, ground speed, and drift angle are compatible and comparable.

The output is a kinematically consistent set of data with acceleration biases removed, allowing calculation of ground track information. [omissis].

Calculated Airplane Braking Coefficient

The airplane braking coefficient (μ_{airplane}) was calculated for the landing and is shown in Figures 1 [25 nella presente relazione], 3 [27 nella presente relazione] and 4 [28 nella presente relazione]. Airplane braking coefficient (μ_{airplane}) is a calculated term defined as the ratio of the deceleration force from the wheel brakes relative to the normal force acting on the wheels. The deceleration force from the wheel brakes is calculated from the total airplane deceleration minus aerodynamic drag and thrust components. The normal force acting on the main gear wheels is essentially weight minus lift. The airplane braking coefficient is an all-inclusive term that incorporates effects due to the runway surface, contaminants, and airplane braking system (e.g., antiskid efficiency, brake wear, tire condition, etc.). Therefore, the μ_{airplane} is not equivalent to the tire-to-ground friction coefficient (μ_{Runway}) that would be measured by an airport ground vehicle.

The μ_{airplane} represents the braking capability of the airplane and only represents the runway surface characteristics when the brake/antiskid system is friction-limited. The brake/antiskid system is friction-limited when the commanded brake pressure is greater than or equal to the brake pressure governed by the antiskid valve. The antiskid system adapts to the runway conditions by sensing an impending skid condition and adjusting the brake pressure to each individual wheel for maximum braking. When not friction-limited, the airplane braking

coefficient represents the level of braking applied. In this case, the brake/antiskid system was friction-limited from full brake application until the end of the data.

The μ_{airplane} calculation method assumes that 1) the recorded airplane longitudinal acceleration data are valid, 2) any aerodynamic, propulsion, flight controls, or gear modelling errors are small, 3) other external forces, including runway slope and drag produced by contaminants are negligible, and 4) there were no braking system anomalies that would have affected the braking action. As loading information was unavailable, a center of gravity (CG) of 25% of the mean aerodynamic chord (MAC) was assumed. The average μ_{airplane} (starting when maximum brake pressure was applied, and ending when the airplane departed the paved surface) was approximately 0.20. It is estimated that the calculated μ_{airplane} has an uncertainty of ± 0.02 .

In addition to the calculation of μ_{airplane} , μ_{runway} was also calculated from the summation of forces and moments about the airplane. The average μ_{runway} during this time was approximately 0.22. These data are shown in Figures 3 [27 nella presente relazione] and 4 [28 nella presente relazione].».

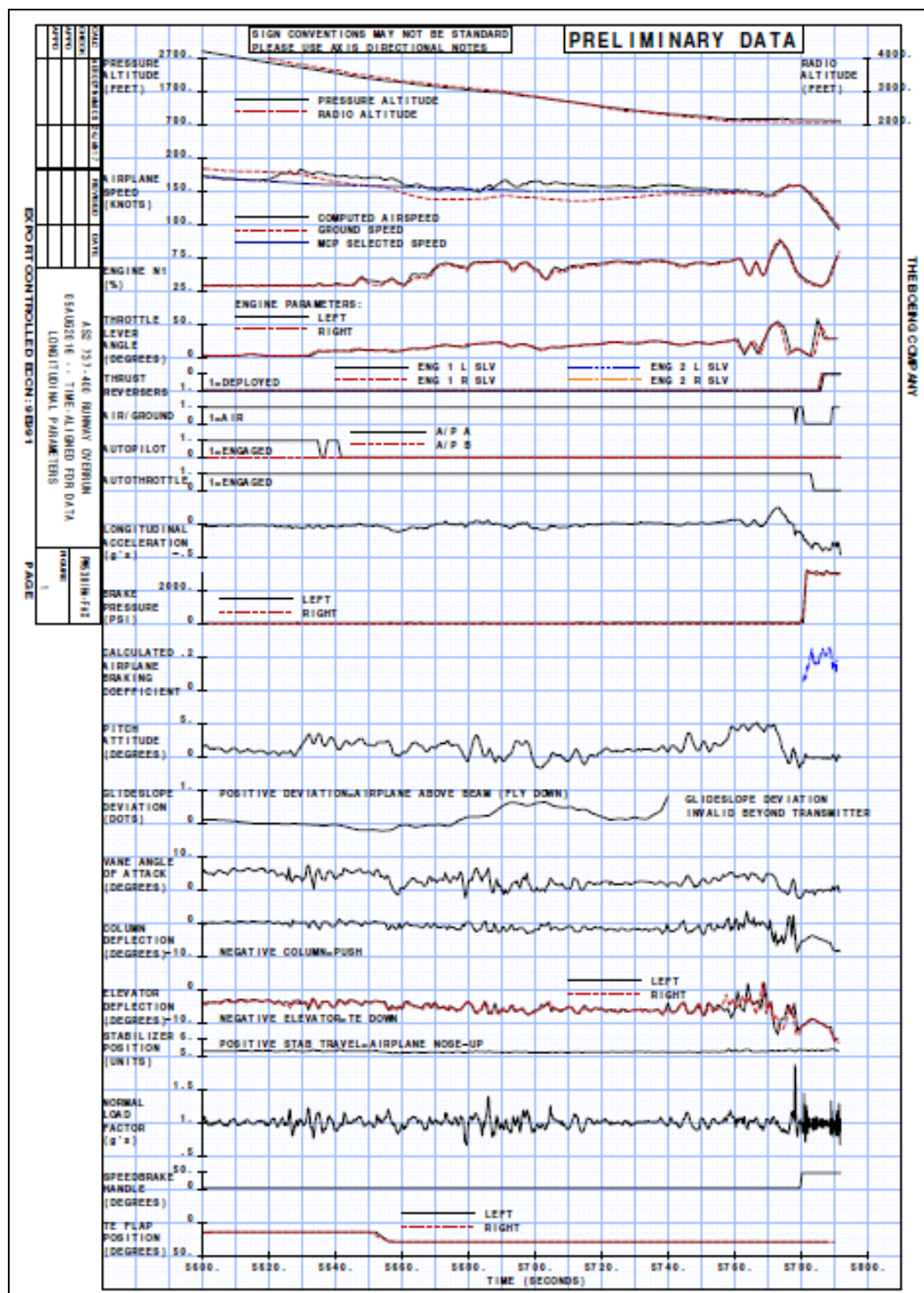


Figura 25: estratto della relazione Boeing, parametri longitudinali di direzione computati.

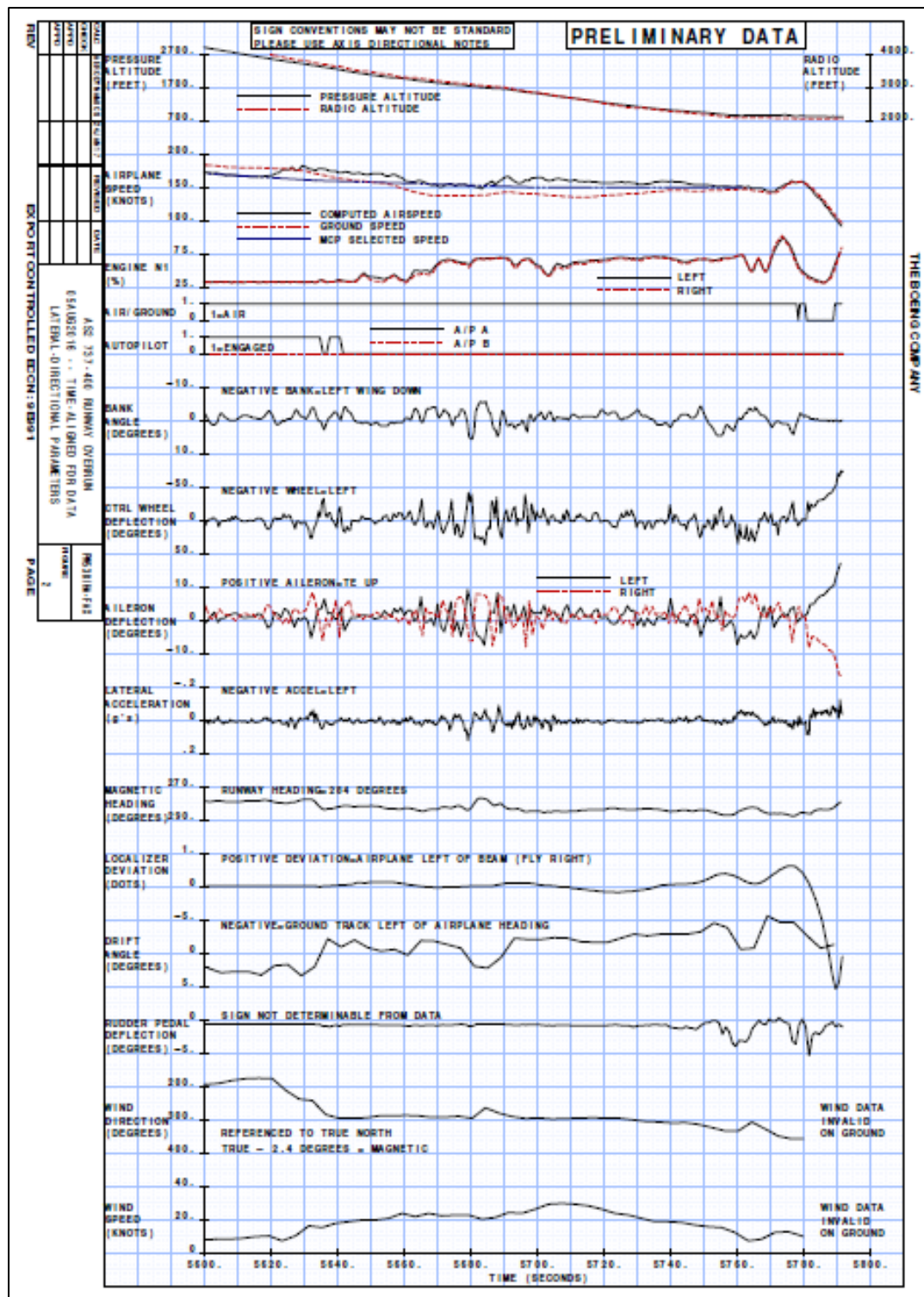


Figura 26: estratto della relazione Boeing, parametri di direzione laterale computati.

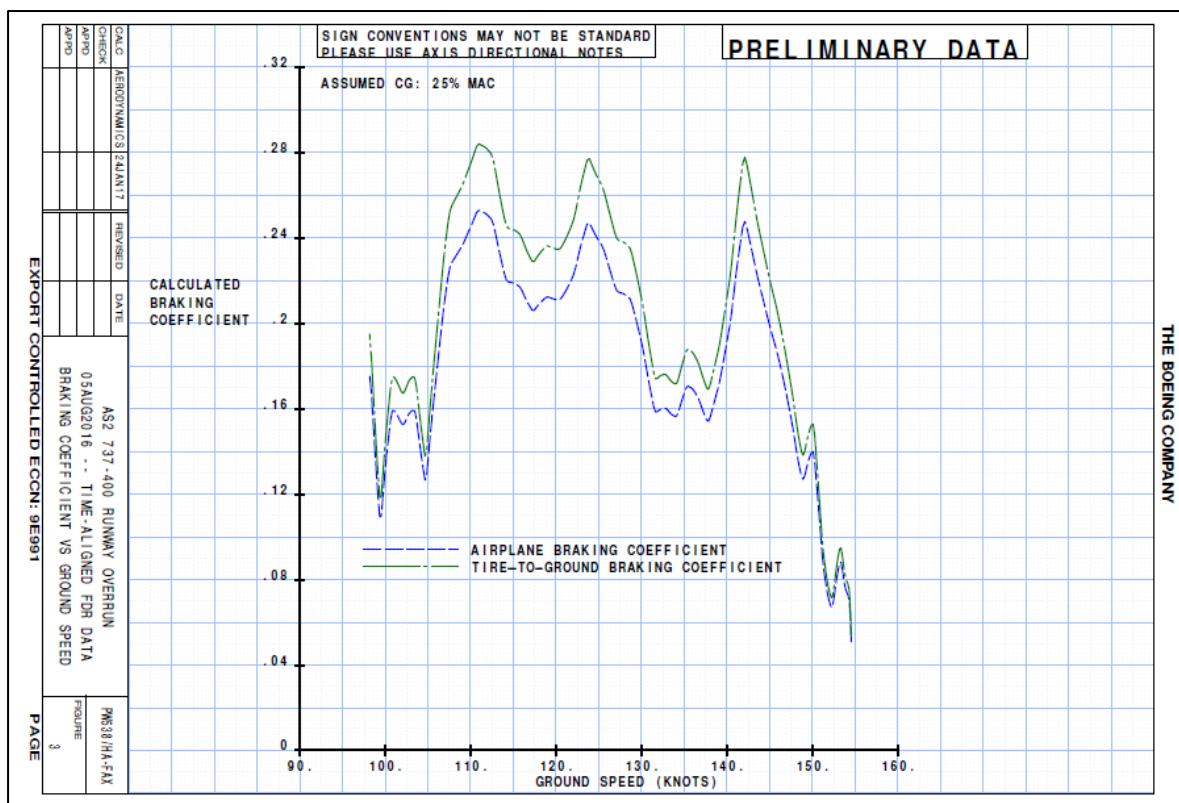


Figura 27: estratto della relazione Boeing, dati di frenata rispetto alla velocità al suolo.

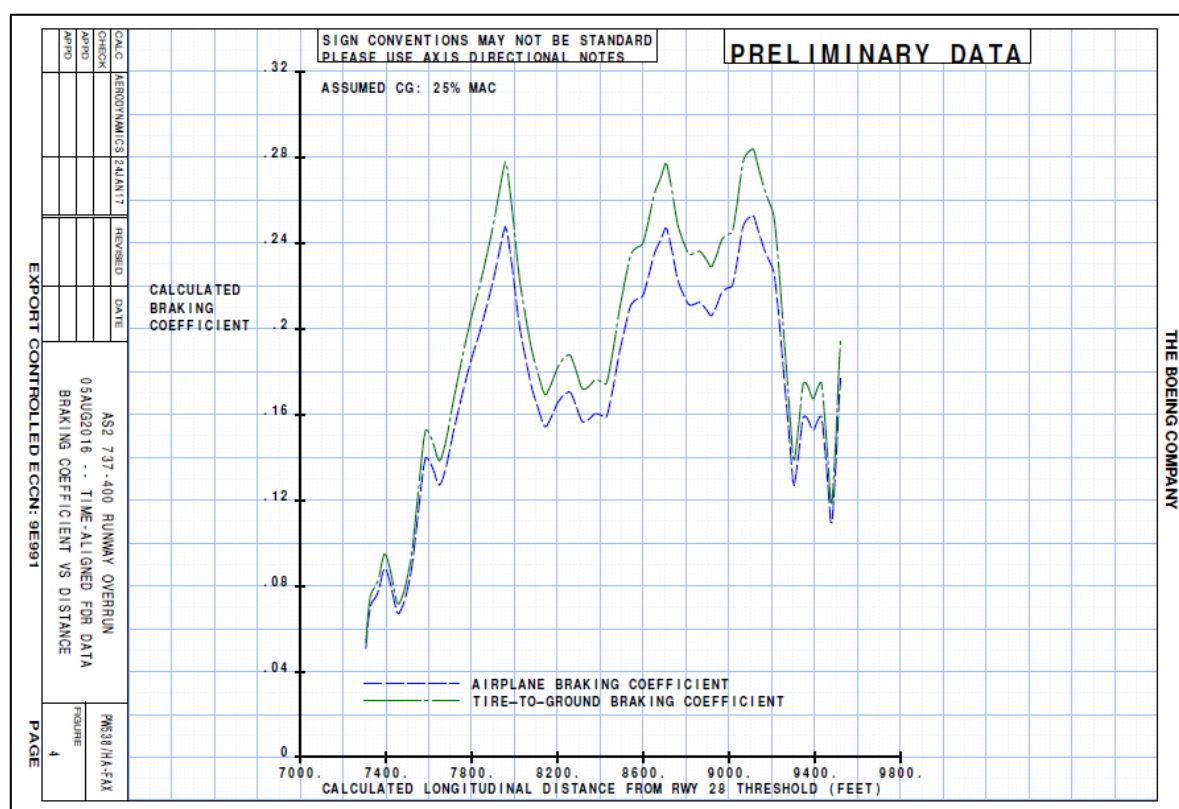


Figura 28: estratto della relazione Boeing, dati di frenata rispetto alla distanza dalla testata RWY 28.

Le conclusioni riportate nella predetta relazione della Boeing sono state le seguenti: «HA-FAX landed approximately 7310 feet beyond the runway threshold and overran the runway. The calculated μ airplane analysis indicates that the average μ airplane during the friction-limited time periods was 0.20, and the average μ runway was 0.22.».

Dall'analisi della Boeing risulta che la *runway friction* sviluppata dall'HA-FAX durante l'azione frenante è risultata in linea con i modelli di pista scanalata (*grooved*) specificati nella regolamentazione FAA 14 §CFR 25.109(d).

Ulteriori calcoli effettuati dal NTSB hanno consentito di comparare il coefficiente di attrito di frenata della ruota con le caratteristiche della pista di Orio al Serio (*grooved*) in condizioni di superficie bagnata (figura 29), da cui risulta l'efficacia dell'azione frenante media nel tratto in cui l'aeromobile è rimasto in pista.

Da notare la riduzione repentina dei valori del coefficiente di attrito alla velocità di circa 108 nodi, che rispecchia il momento in cui l'aeromobile ha abbandonato la superficie asfaltata della pista.

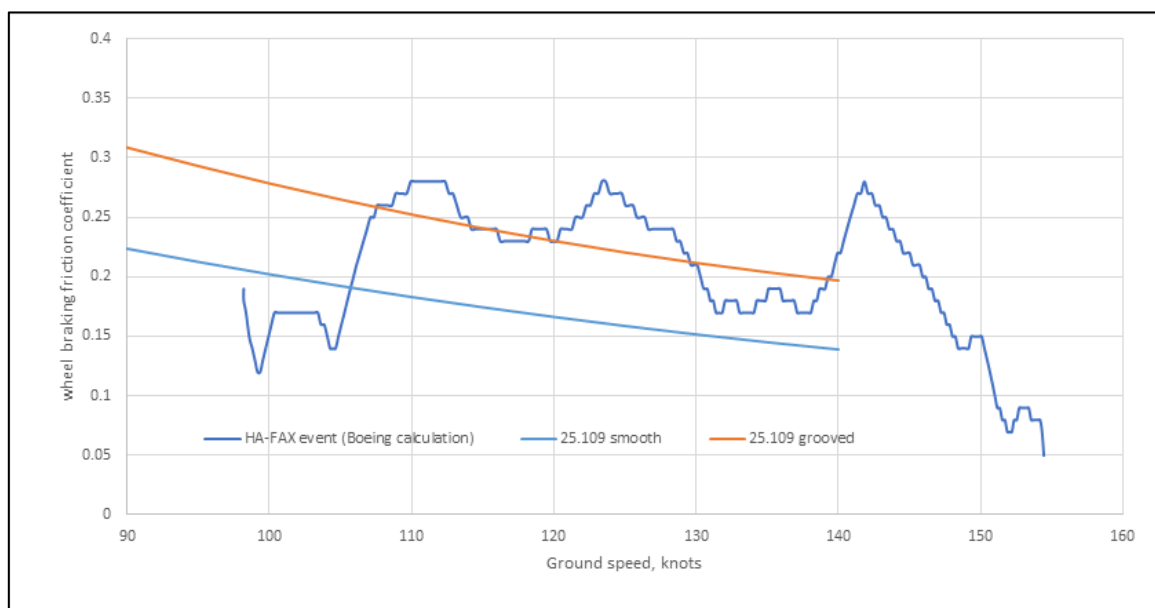


Figura 29: comparazione del coefficiente di attrito di frenata della ruota con le caratteristiche della pista (*grooved*).

1.17. INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI

ASL Airlines Hungary Kft. è una compagnia aerea che fa capo all'ASL Aviation Group ed ha la propria base operativa presso l'aeroporto internazionale di Budapest.

La compagnia è nata nel 1991 come Farnair Hungary Kft.; in passato ha operato con aeromobili Let 410, Fokker 27 Mk500 e Beechcraft 1900. Oggi dispone di una flotta composta da B737 tutto cargo.

Al momento dell'incidente, la compagnia era in possesso di AOC per attività di trasporto aereo di merci e di certificato CAMO.

L'ASL Airlines Hungary Kft ha adottato un OM che è in linea con la normativa UE di interesse e di cui si riportano, di seguito, alcune parti ritenute utili per l'inchiesta, relative, in particolare, a :

- *Flight Time Limitations e Crew Fatigue*;
- *addestramento e qualifiche*;
- *procedure operative*.

Flight Time Limitations e Crew Fatigue.

L'OM prevede una serie di misure atte a monitorare l'attività degli equipaggi e a limitare l'accumulo della fatica operativa.

OPERATIONS MANUAL – PART A – OPERATIONAL CONTROL AND SUPERVISION

2.3.2 Crew Planning

Control of Crew Planning is to be effected by a continuous monitoring of crew duties and limitations, as stipulated in OM-A Part 7 “Flight Time Limitations”, from the initial roster to the completion of the assigned flights under ‘Crew Watch’.

OPERATIONS MANUAL – PART A – CREW HEALTH PRECAUTIONS

6.1 CREW HEALTH PRECAUTIONS

A crewmember shall not perform duties on an airplane if he is in any doubt of being able to accomplish his assigned duties, or if he knows or suspects that he is suffering from fatigue or feels unfit to the extent that the flight may be endangered.

ASL Airlines Hungary Kft. will endeavor to provide schedules that are commercially viable in addition to ensuring proper and sufficient rest⁷ and rest facilities to the crew without undue hardship or fatigue.

It is, however, every crewmembers own responsibility to ensure that he/she has sufficient rest according to the Duty and Rest-time Regulations as laid down in Section 7, before commencing flight duties.

⁷ *Rest*: “periodo di riposo”, un periodo di tempo continuo, non interrotto e definito, successivo o precedente un servizio, durante il quale un membro d'equipaggio è libero da qualsiasi tipo di servizio, *standby* e riserva. (regolamento UE n. 83/2014 della Commissione del 29.1.2014)

6.1.11 Sleep and Rest

Flight safety requires that all crewmembers receive regular and sufficient sleep and are well rested when commencing flight duty. Legal provisions as laid down in OMA Section 7 of this manual prescribe maximum duty and minimum rest times. All crewmembers are expected to utilize their times of rest to relax and to regain their fitness. Therefore, during rest periods all activities shall be avoided which run counter to these purposes.

6.2 FATIGUE

6.2.1 Policy

The Company's overriding policy is that Flight Crew members shall not commence a flight duty or continue a flight duty after an intermediate landing if they are aware that they are fatigued or will be fatigued before their next landing.

6.2.3 Pilot Responsibility

The basic responsibility in fatigue management rests with the individual Flight Crew member who should report for duty in a reasonably rested state. This includes attention to such factors as sleep, personal fitness and health, life style and activities prior to flight. Due allowance for any adverse effects of these factors should be taken into account to ensure that fatigue which would significantly impair operating performance is not encountered during flight duties.

OPERATIONS MANUAL – PART A – FLIGHT TIME LIMITATIONS

7.1 FLIGHT AND DUTY TIME LIMITATIONS AND REST REQUIREMENTS

7.1.1 General

All information about flight and duty time limitations and rest requirements as well as the rules about exceedances of flight duty time limitations and/or reductions of rest periods are established for all flight crew of ASL Airlines Hungary Kft. in compliance with Regulation (EC) 965/2012⁸.

⁸ L'OM della compagnia aveva incorporato anche le modifiche introdotte dal regolamento (UE) n. 83/2014, che, alla ORO.FTL.235 "Periodi di riposo", prevede quanto segue:

«a) Periodo di riposo minimo alla base di servizio

1. Il periodo di riposo minimo consentito prima di intraprendere un periodo di servizio di volo che inizia alla base di servizio deve essere lungo almeno quanto il periodo di servizio precedente, o 12 ore, a seconda di quale è superiore.
2. In deroga al punto 1, si applica il periodo di riposo minimo di cui alla lettera b) se l'operatore fornisce un alloggio adeguato ai membri di equipaggio alla base di servizio.

b) Periodo di riposo minimo fuori dalla base di servizio

All flights are planned as to be completed within the allowable flight duty period⁹, taking into account the time necessary for all pre-flight duties, all subsequent flights, and all post flight duties.

[omissis]

Both, the individual crew member and ASL Airlines Hungary Kft. are responsible for strict observance of these regulations. No crew member shall begin a flight duty period if it is foreseeable that duty time limitations as stated within this OM-A chapter 7 will be violated.

7.1.5 Operator's Responsibilities

ASL Airlines Hungary Kft. shall:

- a) publish duty rosters sufficiently in advance to provide the opportunity for crew members to plan adequate rest;
- b) ensure that flight duty periods are planned in a way that enables crew members to remain sufficiently free from fatigue so that they can operate to a satisfactory level of safety under all circumstances;

[omissis]

- n) establish procedures specifying how the commander shall, in case of special circumstances which could lead to severe fatigue, and after consultation with the crew members concerned, reduce the actual FDP and/or increase the rest period in order to eliminate any detrimental effect on flight safety.

7.1.5.1 Scheduling

(AMC1.ORO.FTL.110)

Scheduling has an important impact on a crew member's ability to sleep and to maintain a proper level of alertness. When developing a workable roster, the operator should strike a fair balance between the commercial needs and the capacity of individual crew members to work

Il periodo di riposo minimo consentito prima di intraprendere un periodo di servizio di volo che inizia fuori dalla base di servizio deve essere lungo almeno quanto il periodo di servizio precedente, o 10 ore, a seconda di quale è maggiore. Il periodo deve includere la possibilità di dormire per 8 ore in aggiunta al tempo impiegato per il viaggio e necessità fisiologiche. [omissis]».

⁹ *Flight duty period*: "periodo di servizio di volo (PSV)", un periodo che inizia quando un membro d'equipaggio è tenuto a presentarsi per il servizio, che può includere una tratta o una serie di tratte, e termina quando l'aeromobile si ferma e vengono spenti i motori, alla fine dell'ultima tratta nella quale il membro d'equipaggio presta servizio come membro d'equipaggio operativo. (regolamento UE n. 83/2014 della Commissione del 29.1.2014)

effectively. Rosters should be developed in such a way that they distribute the amount of work evenly among those that are involved.

Schedules allow for flights to be completed within the maximum permitted flight duty period and flight rosters should take into account the time needed for pre-flight duties, taxiing, the flight-and turn-around times. Other factors to be considered when planning duty periods include:

- the allocation of work patterns which avoid undesirable practices such as alternating day/night duties, alternating eastward-westward or westward-eastward time zone transitions, positioning of crew members so that a serious disruption of established sleep/work patterns occurs;

[*omissis*]

7.1.6 Crew Member's Responsibilities

(ORO.FTL.115)

Crew members shall:

- comply with all flight and duty time limitations (FTL) and rest requirements applicable to their activities;
- make optimum use of the opportunities and facilities for rest provided and plan and use their rest periods properly;
- be present in impeccable condition at designated time and place of the roster;

[*omissis*]

Crew members shall not:

- perform duties on an aircraft when unfit due to fatigue or other similar causes;
- operate an aeroplane if he/she knows that he/she is suffering from or is likely to suffer from fatigue or feels unfit, to the extent that the flight may be endangered;

[*omissis*]

7.1.7 Fatigue Risk Management

(ORO.FTL.120)

ASL Airlines Hungary Kft. maintains a Fatigue Risk Management system as an integral part of its management system. The FRM is described in the Organisation Management Manual (OMM) Chapter 2.1.3¹⁰.

¹⁰ Edizione 2, revisione 4, del 15.2.2016.

7.2.2 Flight Duty Period (FDP)

(ORO.FTL.205), (AMC1 ORO.FTL.205 (f)), (CS FTL.1.205), (GM1 ORO.FTL.205 (b)(1))
[omissis]

7.2.2.1 Basic maximum daily FDP

- The maximum daily FDP without the use of extensions for acclimatized¹¹ crew members shall be in accordance with the following table [figura 30]:

Note: The start time of the FDP in the table refers to the ‘reference time’.

Maximum daily FDP – Acclimatised crew members									
Start of FDP at reference time	1 – 2 Sectors	3 Sectors	4 Sectors	5 Sectors	6 Sectors	7 Sectors	8 Sectors	9 Sectors	10 Sectors
06:00 – 13:29	13:00	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00
13:30 – 13:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00
14:00 – 14:29	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
14:30 – 14:59	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
15:00 – 15:29	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
15:30 – 15:59	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00
16:00 – 16:29	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00
16:30 – 16:59	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00	09:00
17:00 – 04:59	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00
05:00 – 05:14	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
05:15 – 05:29	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
05:30 – 05:44	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
05:45 – 05:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00

Figura 30: tabella relativa al massimo impiego degli equipaggi (da OM dell’operatore).

7.2.2.5 Unforeseen circumstances in flight operations — commander’s discretion

(AMC1 ORO.FTL.205 (f), GM1 ORO.FTL.205 (f)(1)(i))

[omissis]

(2) In case of unforeseen circumstances which could lead to severe fatigue, the commander shall reduce the actual flight duty period and/or increase the rest period in order to eliminate any detrimental effect on flight safety. [figura 31]

[omissis]

¹¹ *Acclimatized*: “acclimatato”, stato in cui l’orologio biologico circadiano di un membro d’equipaggio è sincronizzato con il fuso orario nel quale si trova quest’ultimo. Un membro d’equipaggio viene considerato acclimatato entro una fascia di fuso orario di 2 ore rispetto all’orario locale del suo punto di partenza. [omissis] (regolamento UE n. 83/2014 della Commissione del 29.1.2014)

(6) ASL Airlines Hungary Kft shall implement a non-punitive process for the use of the discretion described under this provision and shall describe it in the operations manual.

FORM SA10 - Fatigue Report		FORM SA10 - Fatigue Report	
ASL Hungary Ltd LHBP Building 72/A		1. Date of occurrence:	2. Location/time:
3. Flight no:	4. Aircraft registration:		
5. Aircraft type:	6. Effect on flight: <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no		
7. Crew members details	8. PF / PNF Pilot Flying <input type="checkbox"/> CDR <input type="checkbox"/> FO		
CDR 3LC: _____	9. Other ASLH Staff		
FO 3LC: _____			
ACM 3LC: _____			
10. Home Base / Commute			
Duration of commute from home to home base			
Duration of commute on days off to home base (if living in alternative accommodation during the duty block)			
11. Sleep History			
In the 24 and 48 hours up to the reported incident please indicate the times that you fell asleep and woke up when taking your main rest periods			
The time you fell asleep:	24h:	48h:	
The time you woke up:	24h:	48h:	
12. Duty details			
Duty day in cycle	1	2	3 5 6 7 8 9 10+
Number of sectors this duty	1	2	3 4
13. How well adjusted you are to LOCAL time at reporting for duty (tick one)			
<input type="checkbox"/> Not adjusted at all			
<input type="checkbox"/> Slightly adjusted			
<input type="checkbox"/> Partially adjusted			
<input type="checkbox"/> Reasonable adjusted			
<input type="checkbox"/> Well adjusted			
<input type="checkbox"/> Almost full adjusted			
<input type="checkbox"/> Fully adjusted			
14. Contributory factors			
Tick all factors that you feel contributed to the event			
<input type="checkbox"/> Hotel Rest	<input type="checkbox"/> Scheduling issue	<input type="checkbox"/> Commute	
<input type="checkbox"/> Home Rest	<input type="checkbox"/> Early start time	<input type="checkbox"/> Health	
<input type="checkbox"/> Insufficient rostered rest time	<input type="checkbox"/> Late finish time	<input type="checkbox"/> Problems sleeping	
<input type="checkbox"/> Roster disruption / change	<input type="checkbox"/> Long duty day	<input type="checkbox"/> Long term / chronic fatigue	
<input type="checkbox"/> Early to late transition	<input type="checkbox"/> Delays	<input type="checkbox"/> Personal issues	
<input type="checkbox"/> Late to early transition	<input type="checkbox"/> Positioning	<input type="checkbox"/> Other	
15. Fatigue indicators			
Tick all factors that you feel contributed to the event			
Cognitive signs		Physical signs	
<input type="checkbox"/> No cognitive signs noted		<input type="checkbox"/> No physical signs noted	
<input type="checkbox"/> Impaired attention		<input type="checkbox"/> Fidgeting	
<input type="checkbox"/> Difficulty concentrating		<input type="checkbox"/> Rubbing eyes	
<input type="checkbox"/> Impaired memory		<input type="checkbox"/> Heavy eyelids	
<input type="checkbox"/> Reduced communication		<input type="checkbox"/> Yawning	
<input type="checkbox"/> Impaired problem solving		<input type="checkbox"/> Staring blankly	
<input type="checkbox"/> Increased risk taking		<input type="checkbox"/> Difficulty keeping eyes open	
<input type="checkbox"/> Impaired situational awareness		<input type="checkbox"/> Head nodding	
<input type="checkbox"/> Accidentally doing the wrong thing (error/omission)		<input type="checkbox"/> Micro sleeps	
<input type="checkbox"/> Failure to anticipate the event or action		<input type="checkbox"/> Other	
<input type="checkbox"/> Other			
16. What happened?			
(Briefly describe the event along with any contributing factors e.g. weather, technical problems, SOPs, airfield facilities)			
17. Why did it happen?			
(Describe the failure that allowed the incident to happen e.g. technical training inadequacy, regulations, crew co-ordination)			
18. How was it fixed?			
(Describe the steps you took, from diagnosing the problem to recovery of the event)			

Figura 31: modulo per la segnalazione di eventi di “crew fatigue”.

7.2.2.7 Night duty¹²

(ORO.FTL.205 (b)(d), CS FTL.1.205), GM1 CS FTL.1.205 (a) (2))

When rostering night duties of more than 10 hours (‘long night duties’), it is critical for the crew member to obtain sufficient sleep before such duties when he/she is adapted to being awake during day time hours at the local time where he/she is acclimatised.

¹² Night duty: “servizio notturno”, un periodo di servizio che sconfina in una porzione qualunque del periodo tra le 02:00 e le 04:59 nel fuso orario al quale il membro d’equipaggio è acclimatato. (regolamento UE n. 83/2014 della Commissione del 29.1.2014)

Il regolamento (UE) n. 83/2014, ORO.FTL.250 “Addestramento per la gestione dell'affaticamento”, prescrive, tra l'altro, quanto segue:

- a) «L'operatore deve fornire un addestramento iniziale e periodico per la gestione dell'affaticamento ai membri d'equipaggio, al personale responsabile della preparazione e della turnazione dell'equipaggio e al personale di gestione interessato.
- b) Tale addestramento deve seguire un programma stabilito dall'operatore e descritto nel manuale delle operazioni. Il programma d'addestramento deve includere le cause e gli effetti possibili dell'affaticamento e le relative contromisure.».

L'OM della compagnia prevede, nella sua *Part D – Training*, un programma addestrativo relativo al “*Fatigue risk management system*” (figura 32).

	OPERATIONS MANUAL – PART D APPENDIX 2			
OPERATIONS MANUAL	Date:15 JUN 2015	Issue 3	Rev 1	189

2.3 FATIGUE RISK MANAGEMENT SYSTEM

This course is designed for:

Flight Crew, Cabin Crew, & Management

Update

This course is updated after any major change in the regulations or if a significant incident or accident occurs under the scope of this subject

Method	CBT, CBT skill test
Sections	2
Questions	25
Duration	24 minutes
Language	English
Initial training	yes
Recurrent training	yes

Content

Fatigue Risk Management System (FRMS) marks the successful collaboration between IATA, IFALPA and ICAO. FRMS is a methodology based on scientific principles that will allow operators to manage the fatigue-related risks.



Figura 32: programma del corso “*Fatigue risk management system*”.

Addestramento e qualifiche.

L'OM della compagnia prescrive quanto segue.

OPERATIONS MANUAL – PART A – QUALIFICATION REQUIREMENTS

5.2.5 Pilot under supervision

Line flying under supervision provides the opportunity for a flight crew member to carry into practice the procedures and techniques he has been made familiar during the ground and flying training of a conversion course. This is accomplished under the supervision of a Training Captain or TRI (E). At the end of the line flying under supervision the respective crewmember will be able to perform a safe and efficient flight conducted within the tasks of his crewmember station. (See OMD Training).

OPERATIONS MANUAL – PART D – TRAINING

2.1.3. Line Flying Under Supervision (ORO.FC.120, ORO.FC.130)

Code: LIFUS

General

Line flying under supervision provides the opportunity for a flight crew member to carry into practice the procedures and techniques he/she has been made familiar with during the ground and flying training of a conversion course. This is accomplished under the supervision of a flight crew member specifically nominated and trained for the task. At the end of line flying under supervision the respective crew member should be able to perform a safe and efficient flight conducted within the tasks of his/her crew member station.

[omissis]

The minimum sectors to be flown under supervision are as follows:

- Co-pilot undertaking first conversion course minimum 50 sectors; (minimum 25 with safety pilot).

[omissis]

Procedure operative.

- *Uso delle cuffie da parte dell'equipaggio.*

L'OM della compagnia prescrive quanto segue.

OPERATIONS MANUAL – PART C – ROUTE AND AERODROMES

3. COMMUNICATION FACILITIES AND NAVIGATION AIDS

3.1.2 Advices to Flight Crew

Operating flight crew is advised to be familiar with the directives as followed:

[omissis]

3. Use headsets, especially during times of high RTF loading.

[omissis]

Proprio in relazione a quanto sopra pare opportuno evidenziare che il *737 CL Flight Crew Training Manual* della Boeing raccomanda l'uso delle cuffie dal decollo al raggiungimento della quota di crociera e dall'inizio della discesa fino all'atterraggio: «Boeing recommends that crews wear headphones or boom microphones/headsets during takeoff until the top of climb, and from the start of descent throughout approach and landing.».

Dell'utilizzo delle cuffie sui velivoli si occupa anche il regolamento UE n. 965/2012, CAT.OP.MPA.215, che prevede quanto segue:

«a) Tutti i membri d'equipaggio di condotta che sono in servizio nella cabina di pilotaggio devono indossare una cuffia dotata di microfono o equivalente. La cuffia deve essere utilizzata come dispositivo primario per le comunicazioni radio con l'ATS:

1) quando l'aeromobile è a terra:

i) nel ricevere via radio l'autorizzazione ATC alla partenza; e

ii) quando i motori sono in moto;

2) quando l'aeromobile è in volo:

i) al di sotto dell'altitudine di transizione; o

ii) 10.000 ft, quali delle due è superiore;

3) ogni qualvolta sia ritenuto necessario dal comandante.

b) Nelle condizioni di cui alla lettera a), il microfono o equivalente deve trovarsi in una posizione tale da permettere il suo utilizzo per le comunicazioni radio a due vie.».

● *Evacuazione di emergenza dell'aeromobile.*

Il *737-400 Flight Crew Operations Manual – ASL Arilines Hungary Kft.* prevede quanto segue: «On revenue flights, the escape slide retention bar (girt bar) must be installed during taxi, takeoff and landing.»¹³. Stabilisce, inoltre, quanto segue: «Emergency evacuation may be accomplished through four entry/service doors and four overwing escape hatches. Flight deck crew members may evacuate the airplane through two sliding flight deck windows.» (figura 33). Quest'ultima figura, tuttavia, come precisato dall'operatore, ancorché contenuta nel FCOM, era però relativa alla versione passeggeri in uso presso il medesimo operatore.

¹³ Il regolamento (UE) n. 965/2012, CAT.OP.MPA.220 - Mezzi di assistenza per l'evacuazione di emergenza, prescrive quanto segue: «L'operatore stabilisce le procedure atte a garantire che i mezzi per l'evacuazione di emergenza, a funzionamento automatico, siano armati prima del rullaggio, del decollo, dell'atterraggio e quando ciò è opportuno e sicuro.».

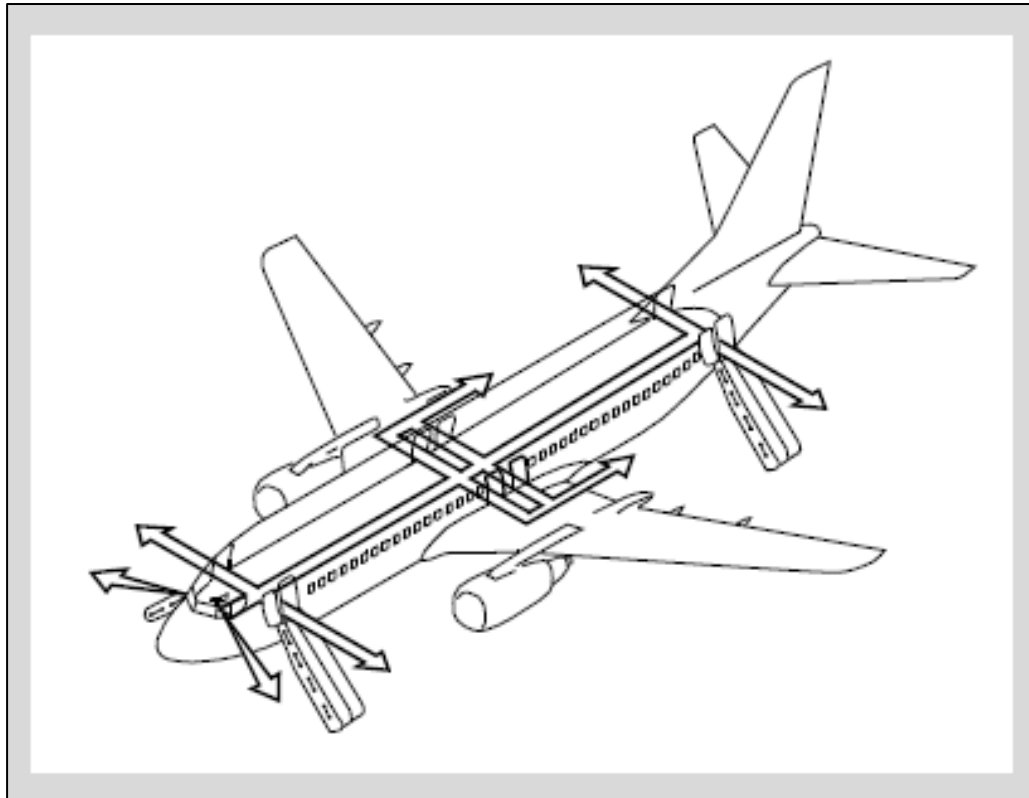


Figura 33: schema uscite di emergenza (B737-400 FCOM – ASL Airlines Hungary Kft.).

L'OM della compagnia prescrive quanto segue.

OPERATIONS MANUAL – PART B – EMERGENCY EVACUATION PROCEDURES

10.1.3.5.1 Inflation of Escape Slides

When using the slides in an emergency, it must be ensured that aircraft is at a complete stop, there is no fire or hazard outside and the Captain has commanded an evacuation. The Girt Bar must be in position and the door “fully” open to allow the slide to fall correctly from the cosmetic cover. The slide should inflate “Automatically” once the door is fully open. Once the door is fully open and the slide has deployed a red manual inflation handle marked ‘Pull’ can be seen. To inflate the slide the red handle is pulled and thrown away, the slide should then inflate within 3-10 seconds. [figure 34 e 35, foto 23, 24 e 25]

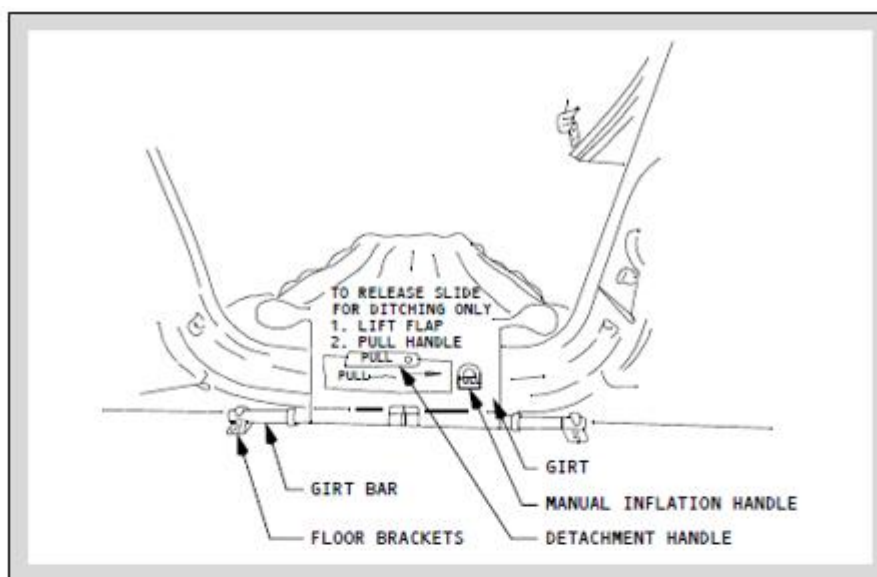


Figura 34 e foto 23: schema dell'*escape slide* (vista interna) e particolare dell'aeromobile incidentato.

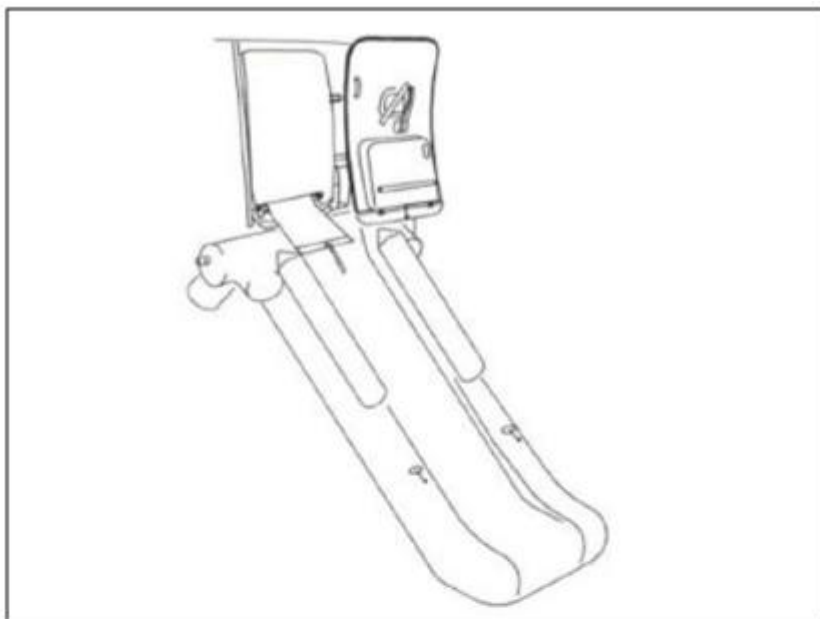


Figura 35 e foto 24: schema dell'*escape slide* (vista esterna) e particolare dell'aeromobile incidentato.



Foto 25: particolare dell'aggancio dell'*escape slide* all'aeromobile.

11.1.4 Unprepared Emergency

All crew must be aware that there is little or no time for preparation, therefore all crew must be ready for the steps to be taken until the evacuation. Operational experience shows that the probability of unexpected emergencies is greater than that of emergencies where flight crew have the time and possibility to take all necessary preliminary action. During an emergency, after the aircraft has come to a complete stop, the time available for evacuation is often limited and always beyond control. [omissis]

Poiché in relazione alla tematica degli “scivoli di emergenza” sono emersi, durante l’inchiesta, dei dubbi e delle incongruenze, l’ANSV ha chiesto chiarimenti ulteriori all’operatore, che ha specificato quanto segue: «in 2016 the company wanted to remove all slides from our freighters, as in our fleet were different configurations, only left, only right, and both sides installed. That’s why in our OM-B during the time of accident was not mentioned to arm the slides as part of before start procedure. After the accident company decided to keep one slide the FWD right one and standardize our fleet.».

1.18. INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

1.18.1. Interviste ai membri dell'equipaggio

In data 28 settembre 2016, presso la sede dell'organismo investigativo ungherese, l'investigatore incaricato dell'ANSV ha effettuato, ad integrazione delle dichiarazioni già raccolte in precedenza, l'audizione dei due piloti che componevano l'equipaggio dell'aeromobile incidentato. Alle audizioni, condotte in lingua inglese, ha partecipato l'investigatore accreditato dall'organismo investigativo ungherese, per garantire, qualora necessario, un supporto nella lingua madre dei piloti.

Comandante

Dall'intervista al comandante dell'aeromobile sono emersi i seguenti elementi.

- Il comandante aveva ottenuto informazioni sulla situazione meteorologica di Bergamo dall'equipaggio che aveva effettuato il volo Bergamo-Parigi. Aveva quindi proceduto a dare disposizioni di imbarcare carburante extra, per avere un maggiore margine di sicurezza.
- Nel tratto *outbound* della procedura, le condizioni meteorologiche non risultavano problematiche. Il comandante (PF) correggeva la quota leggermente più alta rispetto al previsto, anticipando l'estrazione del carrello.
- L'intercettazione del *localizer* e del *glide path* è stata regolare ed il comandante acquisiva visivamente la testata RWY 28 ed il PAPI (con due luci bianche e due rosse).
- Il radar meteo indicava la presenza di attività temporalesca alla fine della pista, per cui, a circa 2000 piedi in finale, il comandante prendeva la decisione di non riattaccare, in quanto, «at that point, analysing the situation, it would have been better to land».
- In discesa sul *glide path*, tra i 2000 ed i 1000 piedi, l'aeromobile entrava in contatto con gli effetti delle forti precipitazioni della cellula temporalesca. L'autopilota ed il *flight director* si disconnettevano ed il comandante continuava l'avvicinamento manualmente.
- In questa fase il comandante riportava la difficoltà a controllare l'aeromobile e a mantenere i riferimenti visivi. Chiedeva quindi al primo ufficiale l'azionamento del *windshield wiper* al massimo e di selezionare l'AUTOBRAKE in posizione 3 e si concentrava nel mantenimento visivo del PAPI.
- Il comandante non si rendeva conto del tempo passato dal superamento della testata pista fino al punto di contatto.

- Una volta a terra, il comandante si rendeva conto di essere atterrato molto lungo vedendo l'approssimarsi delle luci rosse di fine pista e chiedeva al primo ufficiale di operare il *thrust reverse*, mentre lui era impegnato a mantenere la *centerline* e a provare ad arrestare l'aeromobile.
- Il comandante prendeva in considerazione la possibilità di dirigere l'aeromobile verso la zona erbosa a destra della pista, ma, a causa della elevata velocità, decideva di mantenere la direzione dell'asse pista.
- Il comandante sentiva quindi il rumore dell'impatto; dopo l'arresto dell'aeromobile, tutte le luci a bordo si spegnevano.
- Il comandante provava a spostare le *start lever*, ma solo la sinistra era libera, mentre la destra risultava bloccata.

I passaggi seguenti sono relativi alle azioni compiute dall'arresto del velivolo fino all'evacuazione dello stesso.

- Il comandante, notando che non si era sviluppato un incendio dopo l'incidente, decideva di recuperare gli effetti personali e la documentazione dell'aeromobile prima di lasciare il *cockpit*; a questo punto si rendeva però conto di avere dei dolori alla schiena, manifestati anche dall'altro pilota.
- Il comandante decideva, prima di evacuare l'aeromobile, di contattare telefonicamente il proprio *flight dispatch*, la compagnia ed i familiari, al fine di evitare che la notizia appresa dai media potesse preoccuparli.
- Il comandante provava ad aprire la porta lato destro, ma ci riusciva solo con l'aiuto del primo ufficiale. Verificava quindi nuovamente l'assenza di principi di incendio.
- Il comandante coordinava con i Vigili del fuoco, con cui era già in contatto, l'estensione dello scivolo di emergenza, che, secondo quanto dichiarato dal comandante stesso, nei voli cargo non veniva normalmente armato.
- Recuperato il bagaglio, i piloti abbandonavano l'aeromobile e, dopo un paio di minuti, venivano soccorsi dall'*equipe* medica e condotti in ospedale.

Dall'audizione del comandante sono emerse le seguenti ulteriori informazioni.

- Il comandante non indossava le cuffie ed il microfono durante il volo.
- L'equipaggio aveva pianificato un avvicinamento ILS automatico *dual channel* e *autoland*; poi, a causa delle condizioni meteo, aveva optato per non effettuare

l'autoland e quindi utilizzare un *single channel approach* con disconnessione dell'autopilota prima dell'atterraggio manuale.

- La decisione di non riattaccare, comunicata dal comandante a circa 9 NM in finale, era dovuta alla impraticabilità del sentiero di riattaccata a causa delle cellule temporalesche presenti.
- La disconnessione non intenzionale dell'autopilota a causa della turbolenza era già avvenuta occasionalmente in passato e quindi non ha destato preoccupazione nel comandante, che ha proseguito volando manualmente.
- La velocità selezionata durante l'avvicinamento era di 145 nodi; il comandante ricorda, senza però esserne certo, di aver poi incrementato la velocità a 150 nodi;
- Il comandante ha dichiarato: «I was absolutely confident to land, I could make a safe landing. My decision was not to go around due to the bad weather situation.».
- Il comandante, sebbene conscio della carenza di esperienza del primo ufficiale, non considerava che la differenza di esperienza all'interno dell'equipaggio potesse inibire l'assertività dello stesso primo ufficiale, in quanto si conoscevano da tempo, prima ancora dell'assunzione presso la compagnia coinvolta nell'incidente.
- Il comandante ha dichiarato che il livello di stanchezza percepito non differiva da altre occasioni simili in cui aveva volato di notte. Al momento in cui avevano iniziato l'attività si sentiva sufficientemente riposato per gestire il volo.
- Il comandante ha dichiarato di non aver avuto alcuna pressione operativa da parte della compagnia.
- Il comandante non si era mai trovato nella situazione di dover compilare il modulo previsto dalla compagnia per segnalare l'eventualità di eccessiva stanchezza (figura 31).

Primo ufficiale

L'audizione del primo ufficiale ha, in linea di massima, confermato quanto dichiarato dal comandante. Egli ha fornito inoltre le seguenti informazioni.

- Nella fase finale dell'avvicinamento, le precipitazioni erano molto intense e la pista si vedeva a malapena, solamente le luci del bordo pista erano visibili. A questo punto della descrizione degli avvenimenti, il primo ufficiale affermava: «It could have been a good idea to call go around but we had decided earlier not to go around.».

- Rianalizzando la situazione, il primo ufficiale dichiarava che, al momento in cui il comandante aveva detto che non avrebbero riattaccato durante l'avvicinamento, aveva avuto la tentazione di chiedere chiarimenti. Tuttavia, in quel momento, per la stanchezza e la sua posizione di pilota in addestramento, ha reputato di non avere l'esperienza necessaria a valutare appropriatamente la situazione; si è quindi fidato della decisione del comandante.
- Il primo ufficiale aveva in precedenza volato con il comandante durante la prima settimana di addestramento di linea, che aveva considerato molto fruttuosa. Era quindi molto soddisfatto di continuare l'addestramento con lui.
- Il primo ufficiale, alla richiesta dell'ANSV di individuare, in una scala da 1 a 10, il proprio grado di stanchezza, ha affermato che il valore poteva essere stato di 7, poiché era stato soggetto ad una sequenza di voli di addestramento che riteneva come la più pesante tra quelle fino ad allora effettuate. A tal proposito, egli aveva concordato con il comandante la funzione di PM, per diversificare i suoi *task* con comunicazioni, inserimento dati del piano di volo, ecc., in modo da mitigare gli effetti della stanchezza.
- Il primo ufficiale ha dichiarato di aver valutato, con il comandante, la possibilità di evidenziare alla compagnia, tramite il modulo previsto per il monitoraggio della *crew fatigue* (figura 31), la gravosità del ciclo di volo che avevano sostenuto in quel turno.

1.18.2. Approfondimenti sull'argomento “*crew fatigue*”

La fatica colpisce facoltà essenziali come il coordinamento, la percezione, il giudizio e la capacità di pensiero critico. L'accumulo di stanchezza può essere quindi insidioso e il suo riconoscimento dipende dall'individuazione dei sintomi ad essa associati.

Il grado di fatica a cui un individuo è soggetto è variabile e dipende da fattori quali:

- la difficoltà e la durata del volo;
- la forma fisica e lo stato mentale dell'individuo;
- la qualità del riposo nel periodo precedente un servizio di volo;
- la fase del ciclo circadiano (giorno/notte), così come altri fattori non chiaramente identificabili.

I sintomi di stanchezza possono includere:

- fastidio agli occhi;

- difficoltà nella messa a fuoco e nella lettura degli strumenti o testi, soprattutto di notte e con l'illuminazione ridotta;
- ridotta consapevolezza situazionale e funzioni di monitoraggio;
- lentezza della scansione degli strumenti e maggiore tendenza alla fissazione (*fixation*);
- fastidi muscolari e delle giunture;
- irritabilità ed altri sintomi.

La Moebus Aviation Inc.¹⁴, su incarico di EASA, ha condotto uno studio su specifiche aree relative alla regolamentazione EU OPS, *subpart Q*, FTL.

Il *Final Report “Scientific and Medical Evaluation of Flight Time Limitations”*¹⁵, edito il 30 settembre 2008, ha evidenziato numerose criticità prese poi in considerazione in sede di predisposizione del regolamento UE n. 83/2014 (che avrebbe poi modificato il regolamento UE n. 965/2012). In particolare, il predetto regolamento UE n. 83/2014 stabilisce i requisiti tecnici e le procedure amministrative per quanto riguarda le operazioni di volo ai sensi del regolamento (CE) n. 216/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio.

Il citato studio, che a sua volta richiama e rimanda a numerosi lavori scientifici sulla tematica in questione, ha evidenziato, in particolare, alcuni aspetti fondamentali relativi alla fatica negli equipaggi di volo, che vengono richiamati di seguito in quanto ritenuti utili all'inchiesta di sicurezza.

- La fatica tende ad accumularsi in periodi consecutivi di servizio, in particolare per lunghi periodi di servizio o quando la turnazione inizi presto, finisca tardi o si svolga durante la notte, inficiando il normale modello di sonno.
- Durante le ore notturne la fatica tende ad aumentare e la capacità di rimanere vigili diminuisce in maniera più marcata che durante il giorno. Studi scientifici dimostrano che le ore notturne sono particolarmente vulnerabili al grave affaticamento. Gli effetti negativi della privazione del sonno, del tempo trascorso dal momento del riposo e

¹⁴ Nel proprio sito web la Moebus Aviation Inc. si definisce «an Aviation, Aerospace and Space Industry Project and Program, Operations and Management consulting service provider with global experience».

¹⁵ Lo studio in questione è disponibile al seguente indirizzo web: <https://www.easa.europa.eu/document-library/research-projects/tseasa2007op08>. Lo scopo dello studio era di effettuare una valutazione scientifica e medica di alcune delle disposizioni FTL contenute nella normativa EU OPS, *subpart Q*. Alla fine dello studio, Moebus Aviation ha elaborato una relazione, predisposta da un gruppo di esperti indipendenti, che ha risposto a 18 punti oggetto dello studio ed ha evidenziato altri elementi utili a mitigare la fatica ed i suoi effetti sulla sicurezza delle operazioni di volo.

della finestra del ciclo circadiano inferiore (WOCL¹⁶) determinano un grave affaticamento e un incremento del tempo necessario per svolgere un determinato compito.

- Si è appurato che sia l'affaticamento, sia il rischio, si accumulano nel corso di un periodo di servizio e risultano superiori nella fase finale dello stesso. È inoltre scientificamente provato che l'orologio biologico ha un grande impatto sia per la propensione al sonno, sia per la sua durata, per cui la capacità di addormentarsi e la conseguente durata del sonno sono significativamente ridotte durante le ore del giorno.
- È stato appurato che, qualora non siano state raggiunte sufficienti ore di sonno tra un servizio e l'altro, sia la fatica sia il rischio aumentano.
- L'efficacia del periodo di riposo nel dissipare adeguatamente la fatica accumulata nel precedente servizio dipende dalla inclusione dello stesso all'interno del WOCL. Infatti, il riposo effettuato al di fuori di tale periodo risulta generalmente inadeguato.

In particolare, per le operazioni condotte quasi esclusivamente di notte (cargo), lo studio citato rappresenta quanto segue.

- Quando l'attività viene eseguita durante più notti consecutive, è possibile che gli equipaggi possano adattarsi al ciclo circadiano di lavoro/riposo così modificato. Tuttavia, una ricerca condotta su lavoratori che svolgano la loro attività solamente di notte ha evidenziato che, con l'eccezione degli operai delle piattaforme petrolifere, solo una piccola percentuale di lavoratori si adatta sufficientemente da trarne benefici.
- In uno degli studi condotti sull'attività dei voli cargo, i livelli di fatica rilevati nella prima notte sono superiori a quelli rilevati nelle notti successive. Il dato è in contrasto con ciò che è stato rilevato nei voli notturni con passeggeri. Lo studio ha dato come probabile causa la possibilità di avere maggiori periodi di rilassamento in volo nell'attività cargo piuttosto che in quella di trasporto passeggeri.

1.18.3. Approfondimenti sull'argomento "illusioni ottiche"

Uno studio pubblicato da Airbus¹⁷ in merito alle illusioni ottiche ha evidenziato quanto segue.

¹⁶ WOCL: "finestra del ciclo circadiano inferiore", il periodo tra le ore 02:00 e le ore 05:59 nel fuso orario al quale un membro d'equipaggio è acclimatato. (regolamento UE n. 83/2014 della Commissione del 29.1.2014)

¹⁷ Airbus, *Flight Operations Briefing Notes - Human Performance – Visual Illusions Awareness*, 2005, disponibile all'indirizzo web <https://skybrary.aero/bookshelf/books/177.pdf>.

- Le illusioni ottiche derivano dalla assenza o dall'alterazione di riferimenti visivi, che modificano la percezione del pilota relativamente alla posizione rispetto alla soglia pista.
- Le illusioni ottiche influenzano la percezione delle altezze, distanze e/o angoli di incidenza.
- Le illusioni ottiche sono particolarmente critiche nella transizione da IMC con riferimenti strumentali a VMC e riferimenti visivi.
- Le illusioni ottiche influenzano la consapevolezza situazionale (*situation awareness*) relativa alla percezione verticale ed orizzontale dell'equipaggio, specialmente nelle fasi di virata base e avvicinamento finale.
- Le illusioni ottiche inducono l'equipaggio ad effettuare delle correzioni non necessarie che portano l'aeromobile a deviare dal sentiero verticale o laterale desiderato.
- Le illusioni ottiche possono influenzare la decisione su quando e quanto velocemente scendere dalla MDA(H).

I fattori e le condizioni che possono favorire l'insorgenza di illusioni ottiche (con particolare riferimento a quanto di interesse per l'inchiesta di sicurezza relativa all'evento in esame) sono i seguenti.

L'ambiente aeroportuale e la pista.

- “Black hole” *lungo la parte finale del sentiero di avvicinamento.*

In caso di avvicinamento sull'acqua o su una zona poco illuminata, la mancanza di riferimenti visivi sul terreno riduce la capacità dell'equipaggio di percepire la posizione laterale e verticale dell'aeromobile rispetto al sentiero di avvicinamento desiderato.

- *Luci di pista e di avvicinamento.*

L'intensità delle luci, le condizioni di luce diurna o notturna e le condizioni meteorologiche influenzano la percezione di profondità, dando l'illusione di essere più vicini o lontani dal suolo. Nel caso in cui le luci siano solo parzialmente visibili, la sensazione è che la pista sia più lontana e/o con un angolazione diversa rispetto alla realtà.

Le condizioni meteorologiche.

- Generalmente volare in condizioni di pioggia leggera, nebbia, foschia, fumo crea l'illusione di essere più alti della realtà.

- Con pioggia leggera o moderata la pista può apparire sfocata a causa dell'effetto alone della pioggia stessa, aumentando il rischio di non percepire adeguatamente eventuali deviazioni laterali o verticali durante il segmento di avvicinamento a vista.
- La pioggia intensa influenza la percezione della profondità e quindi della distanza. La pioggia sul parabrezza crea una rifrazione che dà l'idea di essere troppo alti, inducendo così una correzione verso il basso.
- Di notte, la pioggia fa apparire più brillanti le luci di avvicinamento, dando la sensazione che la pista sia più vicina della realtà, inducendo quindi una correzione rispetto al sentiero di avvicinamento desiderato (figura 36).
- La pista bagnata incide sulla percezione della profondità, dando l'illusione di essere più lontana, con conseguente possibile ritardo nella manovra di *flare*.



Figura 36: fermo immagine della animazione, creata nei laboratori dell'ANSV, relativa alle fasi finali del volo, che riproduce, di massima, i possibili effetti delle condizioni ambientali sulla percezione dell'equipaggio (rispetto ad una situazione senza precipitazioni in atto).

Le azioni più comuni effettuate dagli equipaggi in risposta a suddette illusioni ottiche sono:

- la modifica inconscia della traiettoria dell'aeromobile per mantenere una percezione costante dei propri riferimenti visivi;

- la naturale tendenza a scendere al di sotto del sentiero di discesa impostato inizialmente (“*ducking under*”);
- la mancata/ritardata correzione del rateo di discesa una volta sotto il sentiero prefissato;
- il mancato riferimento agli strumenti di bordo per supportare la riacquisizione del corretto sentiero di avvicinamento;
- la mancata rilevazione del deterioramento dei riferimenti visivi;
- il mancato monitoraggio degli strumenti di bordo quando entrambi i piloti siano intenti all’identificazione dei riferimenti visivi.

1.19. TECNICHE DI INDAGINE UTILI O EFFICACI

Non pertinente.

CAPITOLO II

ANALISI

2. GENERALITÀ

Di seguito vengono analizzati gli elementi oggettivi acquisiti nel corso dell'inchiesta, descritti nel capitolo precedente.

L'obiettivo dell'analisi consiste nello stabilire un nesso logico tra le evidenze acquisite e le conclusioni.

2.1. QUALIFICHE EQUIPAGGIO DI CONDOTTA

Dall'analisi della documentazione relativa all'equipaggio risulta che entrambi i piloti fossero in possesso dei previsti titoli aeronautici e dei certificati medici per svolgere l'attività di volo programmata.

Si ritiene tuttavia opportuno fare alcune considerazioni in merito.

Il primo ufficiale era in addestramento di linea LFUS e alla data dell'incidente aveva effettuato 56 voli, per un totale di 86h di volo.

Questa tipologia di addestramento consente al pilota di familiarizzare con le procedure e con le tecniche di pilotaggio già assimilate durante l'addestramento precedentemente svolto a terra e in volo. Tale attività viene condotta sotto la supervisione di un *Training Captain* o TRI(E). L'OM della compagnia, nella *Part D* relativa all'addestramento iniziale di un *copilot*, prevedeva, al paragrafo 2.1.3. (*Line Flying Under Supervision*), un minimo di 50 tratte, di cui almeno 25 con *safety pilot*.

L'OM aggiunge, al paragrafo suddetto, nonché al paragrafo 5.2.5, che, al termine dell'addestramento, «the respective crewmember will be able to perform a safe and efficient flight conducted within the tasks of his crewmember station».

È quindi evidente la connotazione addestrativa dei voli condotti dall'equipaggio nel periodo precedente al volo dell'incidente.

L'attività addestrativa comporta sicuramente un impegno superiore rispetto alla normale attività di linea, sia da parte del comandante (che oltre a svolgere la funzione istruzionale deve incrementare il livello di supervisione), sia da parte del pilota in addestramento (che è sottoposto ad elevati stimoli percettivi propri dell'apprendimento).

Le possibili ripercussioni di suddetta attività sull'accumulo della fatica operativa verranno approfondite in un successivo paragrafo dedicato al fattore umano.

2.2. PREPARAZIONE DEL VOLO

Dall'analisi del servizio di volo prestato dall'equipaggio nel periodo che ha preceduto l'incidente non sono emerse difformità con quanto stabilito dalla normativa internazionale e UE in materia di FTL, nonché riportato nella manualistica di compagnia.

L'attività di volo pianificata per la notte dell'incidente (figura 2) prevedeva il decollo da Shannon Int. Airport (EINN) il giorno 4 agosto alle 19.37'; il servizio di volo sarebbe quindi iniziato alle ore 18.37' (in quanto l'equipaggio si trovava già in posizione) e si sarebbe concluso 30 minuti dopo l'atterraggio a Bergamo (LIME), previsto per il giorno 5 agosto alle ore 02.05', ovvero alle ore 02.35', per un totale di 7h 58' di servizio.

La figura 37 tratta dall'OM di compagnia indica la modalità di calcolo del periodo di volo e del servizio di volo in funzione del tempo di volo pianificato.

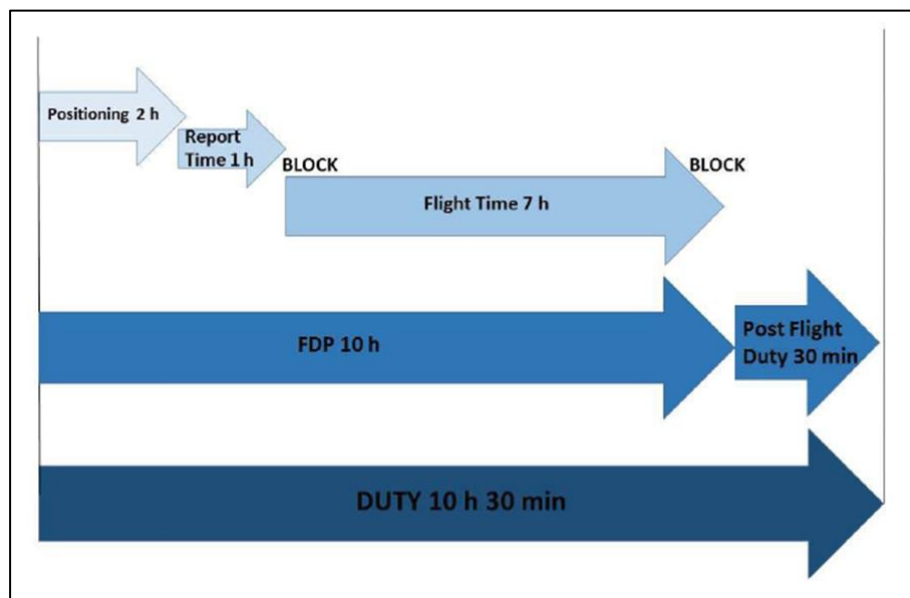


Figura 37: modalità per il computo dell'impiego in servizio di volo (dall'OM dell'operatore).

Il servizio di volo così calcolato risulta in aderenza alla normativa in vigore che, nel caso in esame, prevede un limite di 10h 30' di impiego massimo (figura 38).

Maximum daily FDP – Acclimatised crew members									
Start of FDP at reference time	1 – 2 Sectors	3 Sectors	4 Sectors	5 Sectors	6 Sectors	7 Sectors	8 Sectors	9 Sectors	10 Sectors
06:00 – 13:29	13:00	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00
13:30 – 13:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00
14:00 – 14:29	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
14:30 – 14:59	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
15:00 – 15:29	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
15:30 – 15:59	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00
16:00 – 16:29	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00
16:30 – 16:59	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00	09:00
17:00 – 04:59	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00
05:00 – 05:14	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
05:15 – 05:29	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
05:30 – 05:44	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
05:45 – 05:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00

Figura 38: periodo di servizio di volo massimo giornaliero (regolamento UE n. 83/2014, ORO.FTL.205).

Per quanto riguarda il riposo pre-volo, l'equipaggio era atterrato a Shannon Int. Airport il 4 agosto alle ore 05.30' ed aveva quindi terminato il servizio di volo alle ore 06.30', con un conseguente periodo di riposo di 12h 07', in linea con quanto specificato nella normativa in materia, che prevede, nel caso di attività fuori dalla base di servizio, quanto segue: «Il periodo di riposo minimo consentito prima di intraprendere un periodo di servizio di volo che inizia fuori dalla base di servizio deve essere lungo almeno quanto il periodo di servizio precedente, o 10 ore, a seconda di quale è maggiore. Il periodo deve includere la possibilità di dormire per 8 ore in aggiunta al tempo impiegato per il viaggio e necessità fisiologiche.» (regolamento UE n. 83/2014, ORO.FTL.235).

I due settori precedenti a quello dell'incidente, condotti con lo stesso tipo di aeromobile, ancorché con marche di identificazione diverse (HA-FAU), sono stati i seguenti:

- 19.37'/20.47', da Shannon Int. Airport (EINN) a East Midlands Airport Nottingham (EGNX);
- 22.10'/23.30', da East Midlands Airport Nottingham (EGNX) a Parigi Charles de Gaulle (LFPG).

Dall'analisi della documentazione di bordo e dalle interviste condotte ai piloti risulta che i due voli siano stati regolari e non abbiano evidenziato anomalie o ritardi rispetto a quanto pianificato (foto 26).

ASL AIRWAYS		OPERATION DATA SHEET (ODS)												ASL Airlines Hungary Kft. - H-1185 Budapest, BUD International Airport 72A														
AIRCRAFT TYPE: B737-400SF												AIRCRAFT REGISTRATION: HA-FAU 22856																
REFERENCES				DEPARTURES				ARRIVALS				HOURS / LOGS				CAT	CREW + LOAD				FUEL (LITERS)				FUEL (KG)			
REF	DATE	FLYNR	CCR	FROM	BLK	AIR	TO	LAND	BLK	AIR	H/H	L/D	LOG	D/T	PIR	COPI	PF	SUP	COO (kg)	REQ	ACT	DEP	ARR					
1	06.08.16	2533		SAN	19:38	1947	EMA	20:42	2047			0:55	01						9193	4000	4028	2000	4500					
2	06.08.16	2534		EMA	22:10	2222	EMA	23:17	2330			1:00	01						10096	3500	3530	2100	4500					
Transferred Hours / Landings:												4370 2500 2 9150																
Total Hours / Landings:												4370 2500 2 9150																

Foto 26: estratto dall'ODS del B737 marche HA-FAU.

L'aeromobile marche di identificazione HA-FAX era atterrato all'aeroporto di Parigi Charles de Gaulle alle ore 23.40' provenendo dall'aeroporto di Bergamo Orio al Serio, con un altro equipaggio della compagnia (foto 27). Il previsto cambio velivolo è avvenuto regolarmente e i due equipaggi hanno avuto la possibilità di scambiarsi informazioni in merito alle condizioni meteorologiche in deterioramento presso l'aeroporto italiano.

ASL AIRWAYS		OPERATION DATA SHEET (ODS)												ASL Airlines Hungary Kft. - H-1185 Budapest, BUD International Airport 72A											
AIRCRAFT TYPE: B737-400SF														AIRCRAFT REGISTRATION: HA- FAX 23110											
REFERENCES			DEPARTURES			ARRIVALS			HOURS / LOGS			CAT E/E/B	CREW + LOAD					FUEL (LITERS)		FUEL (ON BOARD)					
REF	DATE	FLYNR	CCR	FROM	BLK	AIR	TO	LAND	BLK	AIR	H		L	LDG	PIR	COPI	PF	SUP	COO (kg)	REQ	ACT	DEP	ARR		
	06.08.16	2533		AOL1900	1908	BGY	1945	1955			1	10													
	06.08.16	2534		BGY2205	2215	EMA	2330	2340			1	15						-	15000	2000	2100	6000	6500		
		7334																	9812	5500	5533	2100	5000		
Transferred Hours / Landings:											6533	1046	2									Note:			
Total Hours / Landings:											6533	1046	2									total fuel			

Foto 27: estratto dell'ODS del B737 marche HA-FAX.

Il comandante, tenuto conto delle previsioni meteorologiche sull'aeroporto di destinazione (disponibili nel *Crew Briefing Information Package*, nonché oggetto di scambio di informazioni con l'equipaggio proveniente da Bergamo), dava disposizioni di imbarcare cautelativamente una quantità superiore di carburante (7200 kg) rispetto al minimo pianificato di 6535kg (MIN BLOCK), tenendo conto che, da piano di volo, l'aeroporto alternato all'atterraggio sarebbe stato Milano Malpensa (LIMC).

Le operazioni di carico dell'aeromobile HA-FAX sono avvenute regolarmente e sono terminate in orario per garantire un decollo dall'aeroporto di Parigi Charles de Gaulle alle ore 00.54', con un ritardo di circa 20' rispetto al pianificato (00.35'), che sarebbe poi stato recuperato durante il volo.

2.3. CONDOTTA DEL VOLO

Gli apparati di navigazione dell'aeromobile, prima della partenza, risultavano efficienti; i dati estratti dal FDR non hanno evidenziato avarie a carico degli stessi nella fase successiva del volo, né nel periodo immediatamente prima dell'incidente.

Il volo si è svolto in maniera regolare dal decollo da Parigi Charles de Gaulle fino all'inizio della discesa per Bergamo, quando l'equipaggio ha ricevuto l'autorizzazione ad effettuare la procedura ILS sorvolando la verticale del VOR in discesa, per poi virare *inbound* ed intercettare il *localizer* ed il *glide slope* dell'ILS.

A circa 9 NM in finale, stabilizzati sull'ILS, con la posizione del fronte temporalesco rappresentata sul radar meteo di bordo in prossimità della pista, il comandante comunicava al primo ufficiale la sua decisione di non riattaccare a causa dell'impraticabilità del sentiero di mancato avvicinamento per via delle cellule temporalesche, come poi chiarito durante l'intervista con il team investigativo ANSV.

A seguito della disconnessione dell'autopilota, avvenuta a circa 1600 piedi AGL sul sentiero di discesa, il comandante (PF) continuava l'avvicinamento manualmente. Entrambi i piloti hanno dichiarato di non essersi resi conto che l'*autothrottle* fosse rimasta inserita durante la prosecuzione dell'avvicinamento e l'atterraggio.

La disconnessione dell'autopilota e del *flight director* potrebbe essere imputabile ad una momentanea perdita dei dati necessari per continuare l'avvicinamento ILS impostato (a causa del maltempo o della turbolenza incontrata). Tuttavia, non si esclude la possibilità che l'autopilota possa essere stato disconnesso dall'equipaggio (benché i piloti, interpellati in merito durante l'intervista, non ricordassero di aver compiuto tale azione) a seguito della transizione in modalità CWS, con la conseguente perdita delle indicazioni del *flight director*. La dinamica ed i tempi di reazione tra la disconnessione dell'autopilota ed il *reset* dell'avviso acustico/luminoso sono infatti tipici di una disconnessione manuale dello stesso (un doppio azionamento in rapida successione dell'interruttore di DISCONNECT posto sul volantino, in cui premendo la prima volta si disconnette l'autopilota e premendo la seconda volta si silenzia l'avviso).

Dall'analisi dei dati FDR gli scostamenti rispetto alla procedura strumentale pubblicata sono iniziati dopo la disconnessione dell'autopilota, ma sono risultati contenuti fino al raggiungimento delle minime (200 piedi AGL), quando si sono rese necessarie correzioni più frequenti ed ampie, spesso su *input* verbale del primo ufficiale (PM), per mantenere il sentiero di discesa indicato dalle luci del PAPI.

La figura 39 sintetizza i dati salienti estratti da FDR e CVR relativi alla fase finale dell'avvicinamento. Si può notare come l'andamento dei giri motore (N1) abbia portato ad una graduale riduzione della velocità verso quella impostata precedentemente, durante la discesa, a 150 nodi (MCP *selected speed*).

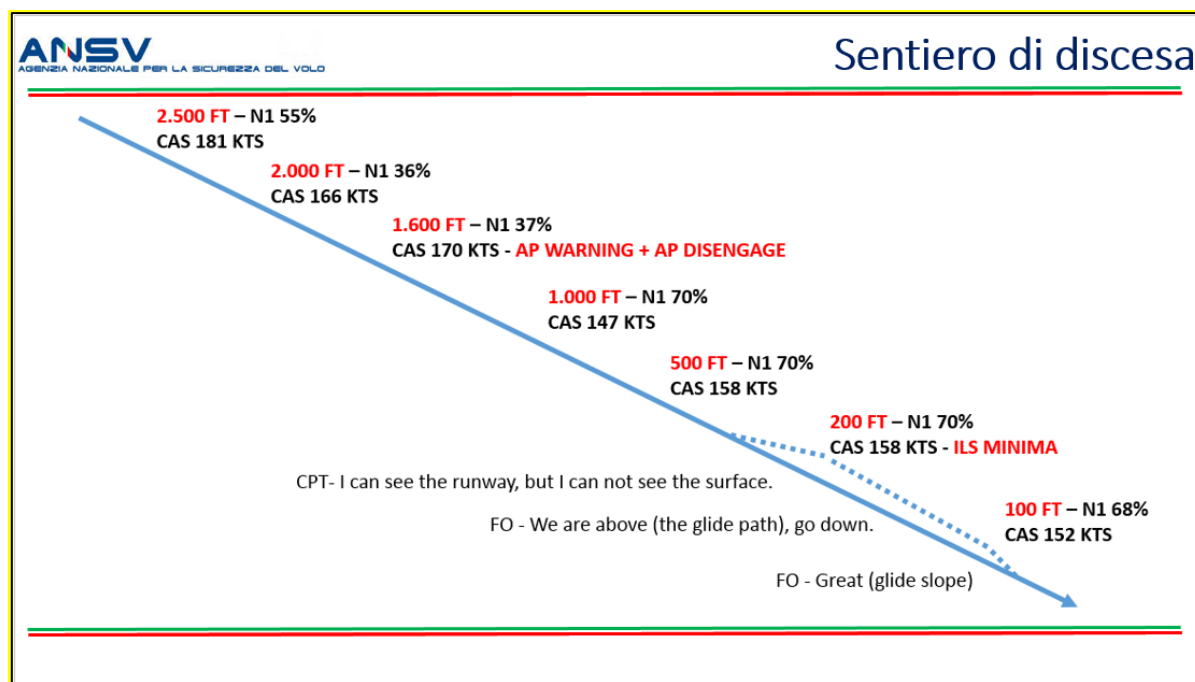


Figura 39: ricostruzione semplificata del sentiero di avvicinamento dell'aeromobile in base alle evidenze acquisite (fase iniziale).

Tale velocità rimarrà praticamente costante o con lievi oscillazioni fino al *touchdown*, con un incremento dei giri motore N1, richiesto dal sistema dell'*autothrottle* (A/T) per mantenere la velocità precedentemente impostata, che raggiungeranno il 97% a 20 piedi.

Il comandante ha dichiarato tuttavia che, pur volando con una mano sul volantino ed una sulle manette di potenza, non si è reso conto dei movimenti delle leve, che, come ricordava, pur se azionate manualmente dal pilota, non portano alla disconnessione dell'A/T. Inoltre, come riportato dal FCOM, a seguito di uno spostamento manuale, l'A/T può riportare le manette nella posizione necessaria per mantenere i parametri impostati, tranne nei casi in cui siano selezionati i modi "THR HLD" e "ARM".

Il tempo intercorso tra il passaggio dei 30 e dei 20 piedi è stato calcolato in 14 secondi, corrispondente a una distanza percorsa dall'aeromobile di circa 1150 m; il *touchdown* è avvenuto dopo ulteriori 4 secondi (figura 40).

In questo lasso di tempo le comunicazioni tra i membri dell'equipaggio sono risultate molto ridotte, presumibilmente per l'attenzione canalizzata nel comportamento inaspettato

dell'aeromobile rispetto ad un normale atterraggio. Il comandante, infatti, chiedeva al primo ufficiale «What is happening?», ottenendo per risposta «Pull up, pull up, pull up!» (traduzione dall'ungherese all'inglese effettuata dai rappresentanti accreditati dell'Autorità investigativa ungherese).

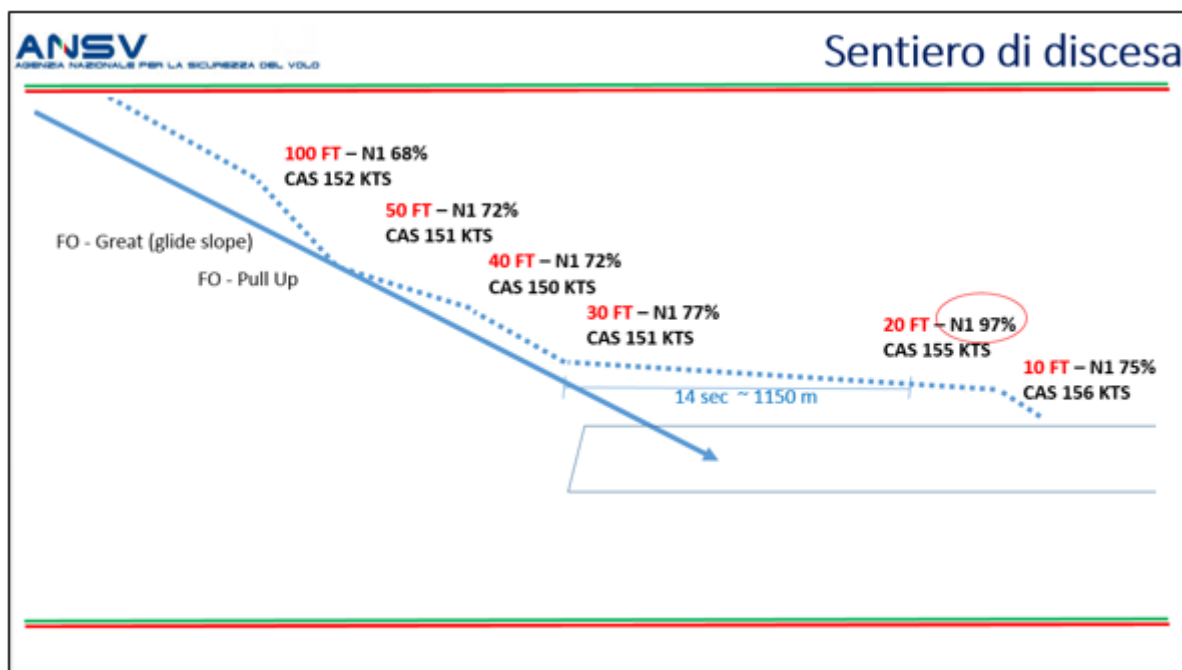


Figura 40: ricostruzione semplificata del sentiero di avvicinamento dell'aeromobile in base alle evidenze acquisite (fase intermedia).

Il tempo totale trascorso dai 30 piedi al *touchdown* è stato di 18 secondi, durante il quale l'aeromobile ha raggiunto la velocità massima di 159 nodi, poco prima di toccare la pista.

Il FDR ha registrato due tocchi consecutivi sulla superficie della pista, a breve distanza l'uno dall'altro, dopo di che si sono attivati in successione gli aerofreni (impostati su ARMED durante la “*before landing checklist*”), i freni (che erano stati selezionati sulla posizione 3 su ordine del comandante poco prima dell'atterraggio) ed il *thrust reverse*, confermato dall'aumento dei giri motore N1.

Secondo la testimonianza del comandante, egli ha preferito, data l'alta velocità a cui l'aeromobile stava ancora procedendo, mantenere la direzione, piuttosto che provare a dirigere l'aeromobile verso il lato destro della pista.

Come è stato in precedenza descritto, l'aeromobile ha quindi lasciato la pista di atterraggio ad una velocità di circa 109 nodi, mentre l'ultima velocità registrata dai sistemi di bordo è stata

di 91 nodi, per poi fermarsi per inerzia e senza possibilità di controllo a circa 520 m oltre la testata (figura 41).

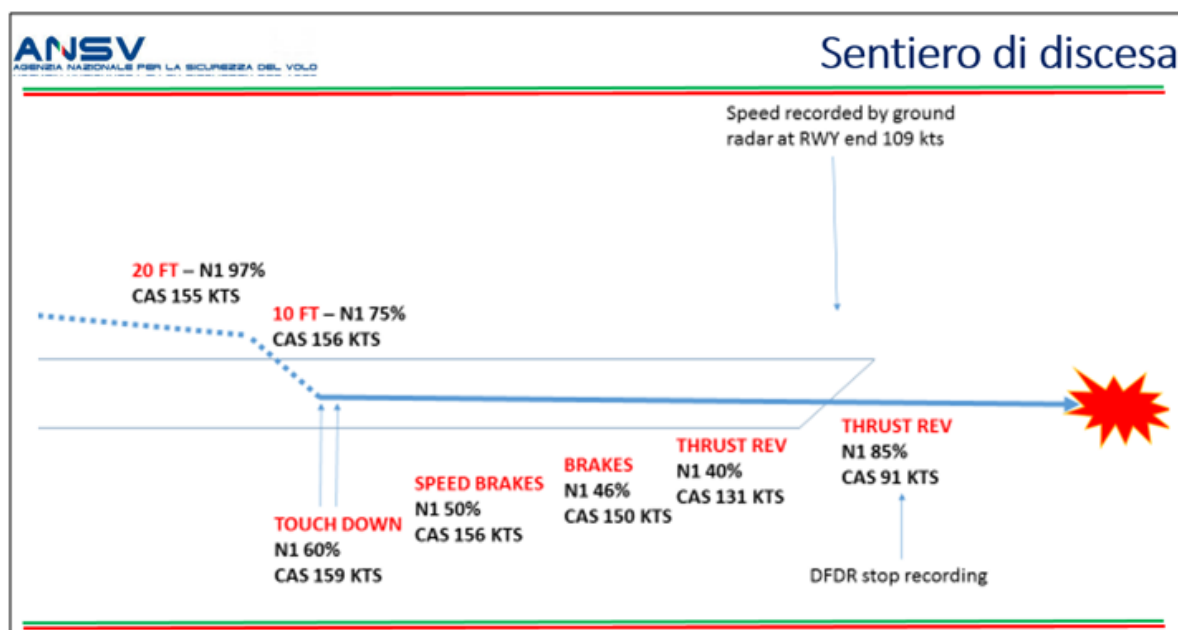


Figura 41: ricostruzione semplificata del sentiero di avvicinamento ed atterraggio dell'aeromobile in base alle evidenze acquisite (fase finale).

Dall'analisi dei dati FDR riportati nella figura 42 è risultato che nell'ultima fase dell'atterraggio il pilota automatico (A/P) fosse disconnesso (come evidenziato precedentemente), e che l'*autothrottle* (A/T) fosse transitata da MCP SPEED a RETARD al passaggio dei 27 piedi RA (evidenza confermata dalla riduzione contestuale di N1), per rimanere in tale modalità fino al suo disinserimento automatico 2 secondi dopo il contatto del carrello con la pista, come previsto dal FCOM.

Le variazioni di N1 avvenute successivamente sono quindi presumibilmente dovute ad una azione da parte dell'equipaggio, con il conseguente incremento della velocità di atterraggio fino alla massima registrata di 159 nodi e del prolungato "galleggiamento" in volo dell'aeromobile.

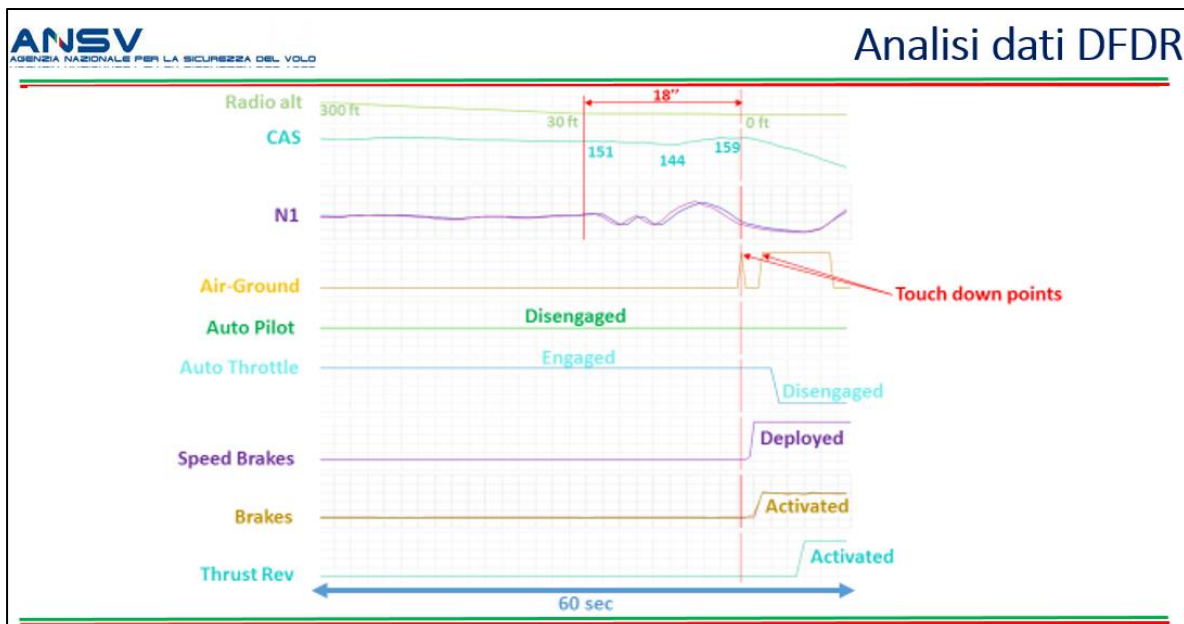


Figura 42: dati FDR relativi agli ultimi 60 secondi dell'avvicinamento ed atterraggio dell'aeromobile.

Dalle evidenze raccolte sul luogo dell'incidente e sul relitto non risultano essersi ingenerate condizioni di *aquaplaning* nel tratto di pista interessato (dall'inizio dell'azione frenante fino al termine della pista di atterraggio). Ciò è coerente con i dati relativi allo studio effettuato dalla Boeing in merito al coefficiente di frenata dell'aeromobile.

Una volta arrestato l'aeromobile, l'equipaggio ha iniziato la procedura di evacuazione, posizionando la leva del motore sinistro su CUT OFF ed azionando la T-Handle (per chiudere i rubinetti tagliafuoco delle linee carburante/idrauliche ai motori e predisporre gli estintori). Tuttavia, effettuando tali azioni per il motore destro, ha riscontrato che la leva di CUT OFF era bloccata, presumibilmente a causa dell'impatto. A questo punto i piloti si sono predisposti per lasciare l'abitacolo, realizzando che entrambi accusavano dolori alla schiena.

Le dichiarazioni in merito a chi e quando abbia armato lo scivolo di emergenza per permettere l'evacuazione dell'aeromobile da parte dell'equipaggio non risultano particolarmente coerenti, probabilmente a causa dello shock post-traumatico subito dall'equipaggio. È però accertato che lo scivolo non fosse stato armato prima del decollo. Si ritiene, tuttavia, che tale azione preventiva avrebbe potuto accelerare ed agevolare il processo di evacuazione dell'aeromobile.

Peraltro, l'abbandono dell'aeromobile da parte dei due piloti è stato ulteriormente ritardato a causa delle loro condizioni fisiche e del loro processo decisionale, che verrà analizzato nel capitolo dedicato allo *human factor*.

L'analisi delle evidenze acquisite durante il sopralluogo effettuato dall'ANSV conferma la dinamica descritta in questo paragrafo, ad esclusione della posizione del gruppo manette di potenza di entrambi i motori, che risultavano in posizione avanzata (Take Off/Go Around - TOGA), con le leve *thrust reverse* "IN". Tale posizione anomala (peraltro non rilevata dal FDR) è plausibilmente dovuta alla tensione dei cavi di controllo del FCU al momento della separazione dei motori dopo l'impatto.

2.4. FATTORE AMBIENTALE

Dall'analisi della dinamica dell'evento risulta evidente l'importanza che ha avuto il fattore ambientale nell'evento in esame, sia da un punto di vista pratico della condotta dell'aeromobile, sia dal punto di vista del processo decisionale dell'equipaggio.

Le dichiarazioni dell'equipaggio e le azioni conservative intraprese prima del volo (imbarcando più carburante) e nella fase di discesa e avvicinamento (vettoramenti per evitare l'attività temporalesca più intensa) confermano che i piloti fossero a conoscenza delle condizioni meteorologiche insistenti sull'aeroporto di destinazione.

L'ultimo ATIS ("Foxtrot"), il cui contenuto, su richiesta dell'equipaggio dell'HA-FAX, veniva comunicato in frequenza dal controllore di Milano ACC al primo contatto radio, riportava una visibilità superiore a 10 km, con presenza di CB e piovvaschi (*shower rain*).

Non si può escludere che una momentanea perdita di consapevolezza situazionale da parte dell'equipaggio in merito allo spostamento verso Sud-Est delle cellule temporalesche possa essere intervenuta nel tratto *outbound* della procedura ILS per la limitazione del radar meteo al settore frontale dell'aeromobile. Superata infatti la verticale del VOR, la procedura prevedeva di allontanarsi da esso su una rotta di 117° per 13 NM, per poi virare *inbound* ed intercettare l'ILS. In questa fase, durata approssimativamente 5 minuti, l'equipaggio non avrebbe potuto mantenere sotto costante controllo lo spostamento del fronte temporalesco sul radar meteo di bordo (figura 42).

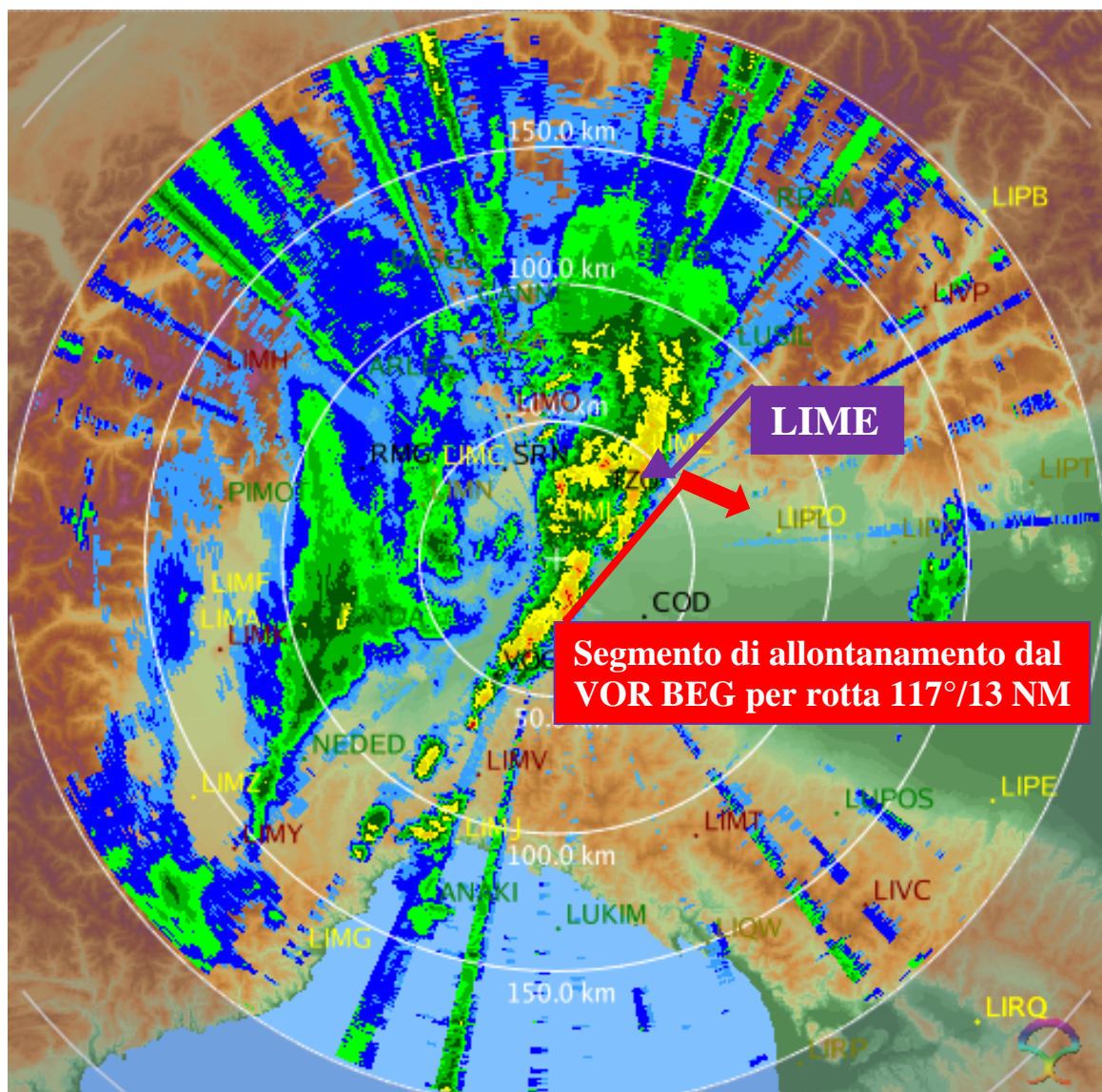


Figura 42: ricostruzione della rotta dell'aeromobile dopo aver superato la verticale del VOR di Bergamo rispetto alla situazione meteorologica delle ore 02.00'.

Una volta terminata la virata di procedura, stabilizzato sull'ILS, l'equipaggio poteva ristabilire la rappresentazione del fronte temporalesco sul radar meteo di bordo. Nel frattempo, Bergamo TWR forniva un aggiornamento della situazione sull'aeroporto, comunicando una variazione nella direzione del vento (sempre con componente frontale), la riduzione della visibilità a 4000 m, l'incremento della gravità delle precipitazioni (*heavy shower rain*), la presenza di CB e la condizione di pista bagnata.

A questo punto l'equipaggio dichiarava di avere la testata pista RWY 28 in vista, mentre la parte terminale poteva essere già interessata dai fenomeni temporaleschi e non era chiaramente visibile.

Durante la fase finale dell'avvicinamento l'aeromobile entrava in un forte piovasco, che costringeva l'equipaggio a utilizzare il tergicristallo nella posizione massima.

È plausibile ipotizzare che in questa fase, cercando di riacquisire/mantenere i riferimenti visivi per l'atterraggio sotto gli effetti della pioggia che ne riduceva la visibilità, l'equipaggio possa essere incorso nelle illusioni ottiche trattate precedentemente.

La pista bagnata, infine, potrebbe aver inciso sulla percezione della profondità, con conseguente possibile imprecisione nella manovra di *flare*. Tale ipotesi è confermata dall'affermazione del comandante «I can see the runway, but I can not see the surface.».

Si esclude, tuttavia, che le luci del sentiero di avvicinamento PAPI possano aver risentito di effetti di rifrazione/riflessione, vista la posizione elevata e la superficie erbosa su cui il sistema è posizionato, come si evince dagli schemi riportati in figura 18 e dalle fotografie 7 e 8.

I dati pluviometrici registrati hanno riportato una quantità di acqua caduta nei 17 minuti prima dell'incidente compresa tra i 5 ed i 7 mm. Questo valore non ha tuttavia inficiato l'azione frenante media del velivolo rispetto alle condizioni della pista, che sono risultate in linea con quanto previsto dalle relative specifiche tecniche (figura 29).

Dall'analisi degli anemometri posti nei tre punti chiave della pista di atterraggio (in prossimità delle due testate e a centro pista), con campionatura dei dati a 10 secondi, la componente del vento durante l'atterraggio è sempre risultata frontale. Si esclude quindi la possibilità che la manovra di *flare* possa avere subito gli effetti negativi di una eventuale raffica di vento in coda.

2.5. FATTORE TECNICO

Durante l'inchiesta non sono emerse evidenze di un possibile malfunzionamento dell'aeromobile o degli impianti di bordo, che possano aver contribuito alla dinamica dell'incidente.

Non si è potuto determinare con certezza la causa della disconnessione non comandata dell'autopilota durante l'avvicinamento strumentale; tuttavia, ciò non pare attribuibile ad una avaria del sistema stesso, bensì agli effetti della turbolenza incontrata o ad una azione involontaria dell'equipaggio.

2.6. FATTORE UMANO

Dall'analisi delle evidenze riscontrate è risultato determinante, nella dinamica dell'incidente, il fattore umano¹⁸.

Dall'ascolto delle registrazioni del CVR e dalle interviste condotte all'equipaggio è emerso quanto segue in termini di CRM dell'equipaggio:

- il contenuto dei dialoghi, gli scambi di battute ed i toni delle voci confermano un ambiente sereno e vigile all'interno della cabina di pilotaggio;
- l'assenza di comunicazioni relative ad avarie o anomalie di funzionamento confermano che l'aeromobile appariva all'equipaggio perfettamente efficiente al volo;
- durante l'avvicinamento, il comandante ha attivamente condotto l'attività addestrativa, spiegando al primo ufficiale nei dettagli la visualizzazione, sul radar meteo, delle cellule temporalesche; non sono emersi atteggiamenti autoritari nei confronti del più giovane primo ufficiale in *line training*;
- il primo ufficiale ha gestito attivamente le comunicazioni con gli enti del controllo del traffico aereo ed ha applicato correttamente le *check-list* previste nella funzione di PM;
- le deviazioni rispetto al sentiero di discesa sono state notificate dal primo ufficiale (PM) al comandante (PF) in maniera puntuale e precisa;
- la decisione di non riattaccare comunicata dal comandante durante l'avvicinamento non è mai stata messa in discussione dal primo ufficiale;
- la decisione di non abbandonare immediatamente l'aeromobile dopo l'incidente non è mai stata messa in discussione dal primo ufficiale.

Dall'analisi delle considerazioni sopra esposte risulta che il CRM durante il volo, in particolare durante l'avvicinamento, sia stato adeguato ad una situazione ritenuta "normale".

Il primo ufficiale ha infatti eseguito le mansioni di PM per cui era stato addestrato, ovvero monitorare i parametri di volo e comunicare eventuali deviazioni al PF. Tuttavia, nel momento in cui si è trovato a dover mettere in discussione le decisioni del comandante, ha evidenziato

¹⁸ Per l'analisi del fattore umano ci si è avvalsi del modello HFACS, per il quale si rimanda al seguente *link*: [https://www.skybrary.aero/index.php/Human_Factors_Analysis_and_Classification_System_\(HFACS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Human_Factors_Analysis_and_Classification_System_(HFACS)).

«The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) was developed by Dr Scott Shappell and Dr Doug Wiegmann. It is a broad human error framework that was originally used by the US Air Force to investigate and analyse human factors aspects of aviation. HFACS is heavily based upon James Reason's swiss cheese model (Reason 1990). The HFACS framework provides a tool to assist in the investigation process and target training and prevention efforts. Investigators are able to systematically identify active and latent failures within an organisation that culminated in an accident. The goal of HFACS is not to attribute blame; it is to understand the underlying causal factors that lead to an accident.» (definizione tratta dal sito SKYbrary).

una palese carenza di assertività come poi ammesso dallo stesso primo ufficiale durante l'audizione: «It could have been a good idea to call go around but we had decided earlier not to go around.». Egli ha dichiarato, infatti, di aver avuto la tentazione di chiedere chiarimenti, ma, in quel momento, per la stanchezza e la sua posizione di pilota in addestramento, aveva reputato di non avere l'esperienza necessaria a valutare appropriatamente la situazione: si è quindi fidato della decisione del comandante.

Tale atteggiamento è spesso dovuto alla differenza di esperienza tra i componenti dell'equipaggio, per cui si viene a creare una sudditanza psicologica del pilota più giovane nei confronti di quello più esperto. Ciò può accadere anche in assenza di un atteggiamento eccessivamente autoritario da parte del comandante, ma semplicemente per il cosiddetto effetto “alone”. Nel caso in oggetto, il comandante conosceva da tempo il primo ufficiale (anche prima dell'assunzione presso la compagnia coinvolta nell'incidente) e non ha mai considerato (come da egli stesso dichiarato) che la differenza di esperienza all'interno dell'equipaggio potesse inibirne in alcun modo l'assertività durante il volo.

Altri aspetti che emergono dall'analisi del fattore umano sono legati alla dinamica percettiva o cognitiva, alla condotta dell'aeromobile ed al complesso processo di “*decision-making*” cui un pilota è sottoposto in ogni fase del volo.

Nell'analisi degli atti non sicuri (*active failure*) possiamo distinguere gli errori dalle violazioni: i primi si caratterizzano per la mancanza di intenzionalità, le seconde consistono in atti compiuti deliberatamente contro le regole.

La decisione del comandante di non indossare le cuffie durante l'avvicinamento costituisce una violazione alla normativa vigente; si ritiene, tuttavia, che tale decisione non abbia avuto alcun ruolo nella dinamica dell'incidente.

La decisione invece di non effettuare una riattaccata, presa dal comandante a circa 9 NM durante l'avvicinamento ILS all'aeroporto di Bergamo Orio al Serio, riveste un'importanza determinante nella catena degli eventi che hanno caratterizzato l'incidente.

Tale decisione è stata generata da una limitata valutazione del rischio associato ad un atterraggio in condizioni meteorologiche avverse e alle conseguenze derivanti dal precludersi la possibilità di effettuare una riattaccata in caso di situazioni impreviste, senza esaminare possibili alternative.

All'inadeguata valutazione del rischio e ad una carente *situation awareness* è da imputare anche la decisione di ritardare l'evacuazione dell'aeromobile dopo l'incidente, al fine di effettuare comunicazioni telefoniche all'operatore e ai propri familiari. Tale situazione, resa

particolarmente pericolosa dalla rottura delle condutture idrauliche e del carburante, è stata sottostimata dall'equipaggio, in presumibile condizione di stress post-traumatico dovuto all'incidente.

Altre *active failure* sono identificabili nelle seguenti.

- Inadeguato mantenimento dei parametri di volo nella fase terminale dell'atterraggio.
- Mancato disinserimento dell'A/T prima dell'atterraggio. Tale mancanza è stata favorita dal disinserimento involontario/accidentale del pilota automatico che ha, di fatto, generato uno scostamento dall'abituale "*pattern*" mentale costituito dallo disconnettere l'A/P e l'A/T simultaneamente (deviazione dalla routine).
- Inadeguata percezione della posizione relativa dell'aeromobile rispetto alla superficie della pista, dovuta, plausibilmente, ad illusioni ottiche favorite dalle forti precipitazioni in atto al momento dell'atterraggio e descritte precedentemente.
- Carente distribuzione dell'attenzione, da parte dell'equipaggio, durante la fase di atterraggio, in cui entrambi i piloti erano intenti ad acquisire i riferimenti visivi esterni (attenzione canalizzata) e non hanno realizzato che l'aeromobile avesse sorvolato la pista ad una velocità elevata per 18 secondi prima del *touchdown*.

Alle *active failure* suddette sono associate alcune condizioni preesistenti (*latent failure*), costituite da "precondizioni per atti non sicuri" (*preconditions for unsafe acts*), che possono aver contribuito al verificarsi dell'incidente. Esse si possono dividere in tre livelli: percezione ambientale, condizione dell'individuo e livello organizzativo/gestionale.

Percezione ambientale.

La rilevanza del fattore ambientale (meteorologico e in condizioni di luce notturna) è stata analizzata precedentemente e si è palesata, dal punto di vista del fattore umano, con la riduzione del campo visivo dei piloti e con gli effetti dovuti alle illusioni ottiche.

Condizione dell'individuo.

A questo livello sono attribuibili le limitazioni cognitive e sensoriali dovute alla stanchezza. Seppure l'attività condotta dall'equipaggio rientrasse all'interno della normativa vigente per quanto riguarda le FTL, dall'analisi della dinamica dell'incidente e dalle risultanze precedentemente esposte risultano plausibili i seguenti sintomi di stanchezza:

- difficoltà nella messa a fuoco e nella lettura degli strumenti (ma anche dell'ambiente circostante), soprattutto di notte e con l'illuminazione ridotta;
- ridotta consapevolezza situazionale e funzioni di monitoraggio;
- lentezza della scansione degli strumenti e maggiore tendenza alla fissazione (*fixation*).

Come è stato evidenziato precedentemente, la fatica colpisce facoltà essenziali come il coordinamento, la percezione, il giudizio e la capacità di pensiero critico, in una forma subdola che rende insidioso il suo riconoscimento. Tra i fattori che favoriscono l'insorgere della fatica, si ricordano i seguenti.

- *La difficoltà e la durata del volo*: sebbene il tempo di volo e il periodo di servizio di volo risultassero rientrare nelle FTL, non si può escludere che la finalità addestrativa abbia comportato un incremento della difficoltà intrinseca in termini di controllo, supervisione e attività di istruzione da parte del comandante, ingenerando un carico di lavoro superiore al normale. Il primo ufficiale è stato, a sua volta, sottoposto ad elevati stimoli percettivi propri del processo di apprendimento in un volo istruzionale.
- *La forma fisica e lo stato mentale dell'individuo*: entrambi i piloti erano in possesso di certificato medico in corso di validità e risultavano, da un punto di vista medico, in condizioni di effettuare l'attività di volo. Per quanto riguarda lo stato mentale, non si può escludere l'ipotesi che l'equipaggio, cosciente delle condizioni meteorologiche in via di deterioramento presso l'aeroporto di Bergamo Orio al Serio (testimoniato dai numerosi riferimenti al maltempo registrati dal CVR e oggetto di conversazione tra i due), non abbia inconsciamente risentito di un senso di preoccupazione, che ha favorito l'accumulo della fatica.
- *La qualità del riposo nel periodo precedente un servizio di volo*: il periodo di riposo tra i due servizi di volo rientrava nei limiti dettati dal FTL. Tuttavia, nonostante il comandante abbia dichiarato che il livello di stanchezza percepito non differisse da altre occasioni simili in cui aveva volato di notte e che, al momento in cui avevano iniziato l'attività, si sentisse sufficientemente riposato per gestire il volo, il primo ufficiale, durante l'audizione, ha ammesso di aver richiesto al comandante di effettuare le mansioni di PM, in quanto si sentiva stanco. Peraltro, nella stessa audizione, alla richiesta dell'ANSV di individuare, in una scala da 1 a 10, il proprio grado di stanchezza, il primo ufficiale aveva affermato che il valore poteva essere di

7, poiché era stato soggetto ad una sequenza di voli di addestramento che riteneva come la più pesante tra quelle fino ad allora effettuate.

- *La fase del ciclo circadiano*: l'orario di atterraggio rientrava nel ciclo circadiano inferiore, ovvero nel periodo in cui le capacità cognitive risultano maggiormente limitate.

Ulteriori *latent failure* sono identificabili nelle seguenti.

- L'eccessiva confidenza del comandante di poter gestire il volo in condizioni meteorologiche in deterioramento («I was absolutely confident to land, I could make a safe landing. My decision was not to go around due to the bad weather situation.»).
- Il desiderio (anche inconscio) di terminare il volo (*get-home-itis*).
- La scarsa assertività del primo ufficiale, già esaminata precedentemente nell'analisi del CRM.

Livello organizzativo/gestionale.

Al livello organizzativo/gestionale può essere ascritta la stesura di un programma di volo riconosciuto particolarmente gravoso secondo la dichiarazione del primo ufficiale, seppure le procedure per il monitoraggio della *crew fatigue* e dei tempi e servizi di volo della compagnia siano risultati in linea con quanto specificato nella normativa vigente.

Non si sono infatti riscontrate deviazioni da parte dell'operatore rispetto a quanto indicato dall'OM ai paragrafi 7.1.5 (*Operator's Responsibilities*) e 7.1.5.1 (*Scheduling*), che altresì contengono specifiche istruzioni in merito alla riduzione dell'effettivo FDP qualora sussistano condizioni di eccessiva stanchezza dei membri dell'equipaggio.

La definizione della effettiva fatica accumulata rimane responsabilità del singolo individuo, come specificato al paragrafo 7.1.6 (*Crew Member's Responsibilities*), che prescrive, tra l'altro, che un membro di equipaggio non debba svolgere mansioni sull'aeromobile qualora sia sottoposto o preveda di essere sottoposto a eccessiva fatica. Al paragrafo 7.2.2.5 (*Unforeseen circumstances in flight operations — commander's discretion*), inoltre, viene data al comandante la possibilità di ridurre l'attività di volo o aumentare i periodi di riposo per eliminare gli effetti negativi sulla sicurezza del volo.

A tal fine, e in ottemperanza al regolamento (UE) n. 83/2014, ORO.FTL.250, la compagnia, oltre ad aver inserito nei propri programmi addestrativi iniziali e periodici una parte dedicata

al FRM, ha messo a disposizione degli equipaggi, dal febbraio 2016, il modulo rappresentato in figura 31 per riportare situazioni di eccessiva fatica operativa.

Tuttavia, pur essendone a conoscenza, nessuno dei due piloti aveva mai compilato il suddetto modulo. La compagnia stessa ha dichiarato di aver ricevuto la prima segnalazione solo dopo l'incidente oggetto di questa inchiesta di sicurezza.

Ciò testimonia la difficoltà del singolo componente dell'equipaggio nel valutare autonomamente il proprio livello di stanchezza in funzione di sensazioni assolutamente soggettive, che risentono di innumerevoli fattori, quali l'esperienza, la capacità di giudizio del proprio stato psicofisico, ecc.

Dall'analisi suddetta emergono alcune criticità nella normativa UE relativa alla fatica operativa, che inducono l'ANSV ad emanare alcune raccomandazioni di sicurezza (si veda Capitolo IV), mirate a modificare la normativa FTL:

- riesaminando le attuali limitazioni relative all'impiego degli equipaggi all'interno del ciclo circadiano inferiore (WOCL);
- integrando la normativa stessa con l'inserimento di coefficienti correttivi per attività peculiari, quali l'addestramento di linea;
- definendo metodologie e procedure che consentano il rilevamento e la misurazione, quanto più sistematici e scientifici, della fatica accumulata nel corso del servizio di volo.

In tale sede pare anche opportuno evidenziare, in relazione alla tematica degli "scivoli di emergenza", che la documentazione disponibile per l'equipaggio (FCOM e OM-B) presentava, alla data dell'incidente, delle incongruità relative alla procedura di armamento.

CAPITOLO III

CONCLUSIONI

3. GENERALITÀ

In questo capitolo sono riportati i fatti accertati nel corso dell'inchiesta e le cause dell'evento.

3.1. EVIDENZE

- I membri dell'equipaggio erano in possesso dei necessari titoli aeronautici e qualificati per l'effettuazione del volo in questione.
- Il primo ufficiale era in addestramento di linea.
- L'aeromobile era adeguatamente equipaggiato per il volo e le manutenzioni erano state effettuate in accordo alla normativa vigente e alle procedure approvate.
- Non sono emerse evidenze che facciano ritenere che, prima dell'evento, si siano verificate avarie alla struttura dell'aeromobile e ai relativi impianti, tali da causare l'incidente.
- L'apparato CVR di bordo ha registrato le conversazioni ed i suoni all'interno della cabina per tutta la durata del volo, senza evidenziare avarie verificatesi durante il volo.
- L'apparato FDR di bordo ha registrato i parametri di volo senza evidenziare avarie verificatesi durante il volo.
- L'equipaggio aveva effettuato due voli notturni prima di quello conclusosi con l'incidente e aveva volato nelle tre notti precedenti.
- L'attività di volo programmata era compatibile con le limitazioni specificate dalla normativa in vigore.
- L'equipaggio era a conoscenza della situazione meteorologica presente sull'aeroporto di destinazione.
- Le condizioni meteorologiche in atto al momento dell'incidente erano caratterizzate da attività temporalesca e piovvaschi.
- Il volo è avvenuto regolarmente fino all'avvicinamento all'aeroporto di destinazione.
- Durante l'avvicinamento il comandante ha preso la decisione preventiva di non effettuare la manovra di riattaccata e la ha comunicata al primo ufficiale.
- L'A/T è rimasta inserita fino a 2'' dopo il *touchdown* e l'equipaggio non ricorda di aver disinserito la stessa attraverso il relativo interruttore/comando.

- L'aeromobile, all'atterraggio, ha sorvolato la pista tra i 30 ed i 20 piedi per 14 secondi, ad una velocità media di circa 150 nodi, ed ha toccato terra oltre i 2/3 della pista.
- L'aeromobile è uscito di pista a velocità elevata (109 nodi), fermandosi 520 m circa dopo la fine della pista, perdendo le gambe carrello ed entrambi i motori nella corsa di decelerazione e arresto.
- Non sono state riscontrate evidenze di avarie al sistema frenante né di *aquaplaning* nella porzione di pista a valle del punto di contatto.
- Prima del volo l'equipaggio non aveva armato lo scivolo di emergenza.
- L'equipaggio non ha iniziato immediatamente le operazioni di evacuazione dell'aeromobile.

3.2. CAUSE

Le cause dell'incidente sono principalmente riconducibili al fattore umano.

In particolare, l'incidente è stato provocato dall'uscita di pista in fase di atterraggio, determinata dalla perdita della *situation awareness* relativa alla posizione dell'aeromobile rispetto alla pista stessa. Tale perdita di *situation awareness* da parte dell'equipaggio ha causato un ritardo nel contatto con la pista, che è avvenuto, a velocità ancora sostenuta, in una posizione troppo avanzata per rendere possibile l'arresto dell'aeromobile entro lo spazio ancora disponibile.

Hanno contribuito alla dinamica dell'evento:

- la decisione preventiva del comandante di non effettuare la procedura di riattaccata (tale decisione riveste un'importanza determinante nella catena degli eventi che hanno caratterizzato l'incidente);
- l'inadeguato mantenimento dei parametri di volo nella fase terminale dell'atterraggio;
- il mancato disinserimento dell'A/T da parte dell'equipaggio prima dell'atterraggio;
- le condizioni di scarsa luminosità e la presenza di cellule temporalesche con forti piovvaschi al momento dell'evento (fattore ambientale), che possono aver contribuito alla perdita della *situation awareness*;
- l'attenzione canalizzata dell'equipaggio nella fase terminale del volo, in cui, entrambi i piloti, erano intenti ad acquisire i riferimenti visivi esterni e non hanno realizzato che l'aeromobile avesse sorvolato la pista ad una velocità elevata per 18 secondi prima del *touchdown*;

- la scarsa assertività del primo ufficiale nel mettere in discussione le decisioni del comandante.

Non si può infine escludere che all'incidente possa aver anche contribuito una condizione di stanchezza e di affaticamento, ancorché non percepita dall'equipaggio, che può aver influito sui processi cognitivi, in particolare del comandante, interferendo sul suo corretto processo di *decision making*.

CAPITOLO IV

RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA

4. RACCOMANDAZIONI

Alla luce delle evidenze raccolte e delle analisi effettuate, l'ANSV ritiene necessario emanare le seguenti raccomandazioni di sicurezza.

4.1. RACCOMANDAZIONE ANSV-6/1678-16/1/A/18

Tipo di raccomandazione: SRUR/SRGC.

Motivazione: l'inchiesta di sicurezza non ha escluso che la fatica operativa possa aver costituito un fattore contributivo dell'incidente. In particolare, ancorché l'attività effettuata dall'equipaggio rientrasse nei limiti imposti dalla normativa FTL (regolamento UE n. 83/2014), non si può escludere che la connotazione addestrativa del volo (*line training*) possa aver accresciuto la quantità di fatica accumulata nei voli precedenti e in quello conclusosi con l'incidente. La citata normativa FTL non prevede alcun coefficiente correttivo per attività aggiuntive svolte dall'equipaggio durante il servizio di volo (ad esempio, addestramento di linea, *line/proficiency check*, ecc.).

Destinataria: EASA.

Testo: l'ANSV raccomanda di valutare la possibilità di introdurre nella normativa FTL un coefficiente di correzione per limitare ulteriormente il servizio di volo, qualora vengano svolte funzioni aggiuntive da parte dell'equipaggio, quali, ad esempio, quelle addestrative.

4.2 RACCOMANDAZIONE ANSV-7/1678-16/2/A/18

Tipo di raccomandazione: SRUR/SRGC

Motivazione: l'inchiesta di sicurezza non ha escluso che la fatica operativa possa aver costituito un fattore contributivo dell'incidente, ancorché l'attività effettuata dall'equipaggio rientrasse nei limiti imposti dalla normativa FTL (regolamento UE n. 83/2014). Dall'inchiesta è emerso che tale normativa non prevede alcuna misurazione oggettiva della fatica accumulata durante il servizio di volo, lasciando conseguentemente al singolo membro dell'equipaggio la responsabilità di valutare il proprio grado di affaticamento.

Destinataria: EASA.

Testo: l'ANSV raccomanda di:

- riesaminare le attuali limitazioni al servizio di volo per l'attività che ricada all'interno del ciclo circadiano inferiore (WOCL);
- valutare la possibilità di introdurre un metodo sistematico e scientifico per la determinazione del grado di affaticamento degli equipaggi;
- valutare la possibilità di introdurre un monitoraggio continuo della fatica durante il periodo del servizio di volo.