

RELAZIONE D'INCHIESTA

INCIDENTE
occorso all'aeromobile
AS350 B2 marche I-AMVE,
Punta Ciatagnera, nei pressi di Sestriere,
19 aprile 2003

INDICE

INDICE	I
OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA.....	III
GLOSSARIO	IV
PREMESSA.....	V
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.....	2
1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE	3
1.5.1. Equipaggio di condotta	3
1.6. INFORMAZIONI SULL’AEROMOBILE.....	3
1.6.1. Informazioni generali.....	3
1.6.2. Informazioni specifiche.....	4
1.6.3. Informazioni supplementari	6
1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE	7
1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE	7
1.9. COMUNICAZIONI.....	7
1.10. INFORMAZIONI SULL’ELISUPERFICIE	7
1.11. REGISTRATORI DI VOLO	9
1.12. INFORMAZIONI SUL RELITTO E SUL LUOGO DI IMPATTO	9
1.12.1. Luogo dell’incidente	9
1.12.2. Tracce al suolo, distribuzione dei rottami, esame del relitto	9
1.13. INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA	15
1.14. INCENDIO	15
1.15. ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA	15
1.16. PROVE E RICERCHE EFFETTUATE	16
1.17. INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI.....	39
1.18. INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI.....	42
CAPITOLO II – ANALISI.....	44
2. GENERALITÀ	44

2.1.	FATTORE TECNICO	44
2.2.	FATTORE UMANO	47
2.3.	FATTORE ORGANIZZATIVO.....	57
CAPITOLO III – CONCLUSIONI.....		58
3.	GENERALITÀ	58
3.1.	EVIDENZE.....	58
3.2.	CAUSE.....	59
CAPITOLO IV – RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA		60
4.	RACCOMANDAZIONI.....	60

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, comma 2, regolamento UE n. 996/2010).

N.B. L'incidente oggetto della presente relazione d'inchiesta è occorso in data precedente l'entrata in vigore del regolamento UE n. 996/2010. Alla relativa inchiesta (già denominata "tecnica") è stata conseguentemente applicata la normativa previgente il citato regolamento UE n. 996/2010.

GLOSSARIO

- AD:** Airworthiness Directive, direttiva di aeronavigabilità.
- ANSV:** Agenzia nazionale per la sicurezza del volo.
- AOC:** Air Operator Certificate, certificato di operatore aereo (COA).
- ASB:** Alert Service Bulletin.
- BEA:** Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation civile, Autorità investigativa francese per la sicurezza dell'aviazione civile.
- CIT:** certificato di idoneità tecnica.
- COA:** certificato di operatore aereo, vedi anche AOC.
- COD. NAV.:** codice della navigazione.
- CVR:** Cockpit Voice Recorder, registratore delle comunicazioni, delle voci e dei rumori in cabina di pilotaggio.
- DCA:** Direzione circoscrizione aeroportuale.
- DGAC:** Direzione generale dell'aviazione civile.
- DOC:** documento.
- EASA:** European Aviation Safety Agency, Agenzia europea per la sicurezza aerea.
- ENAC:** Ente nazionale per l'aviazione civile.
- FDR:** Flight Data Recorder, registratore analogico di dati di volo.
- FT:** foot (piede), unità di misura, 1 ft = 0,3048 metri.
- IFR:** Instrument Flight Rules, regole del volo strumentale.
- JAA:** Joint Aviation Authorities.
- JAR:** Joint Aviation Requirements, disposizioni tecniche emanate dalle JAA.
- KT:** knot (nodo), unità di misura, miglio nautico (1852 metri) per ora.
- MOPSC:** Maximum Operational Passenger Seating Configuration.
- MSB:** Mandatory Service Bulletin.
- MTOM:** Maximum Take Off Mass, massa massima al decollo.
- P/N:** Part Number.
- QTB:** quaderno tecnico di bordo.
- RG:** revisione generale.
- RPM:** giri al minuto.
- SB:** Service Bulletin.
- SEM:** Scanning Electron Microscope.
- SHP:** Shaft Horse Power.
- S/N:** Serial Number.
- UTC:** Universal Time Coordinated, orario universale coordinato.
- VFR:** Visual Flight Rules, regole del volo a vista.

PREMESSA

L'incidente è occorso il 19 aprile 2003, intorno alle ore 09.00' UTC (11.00' locali), in località Punta Ciatagnera, nei pressi di Sestriere (TO), ed ha interessato l'aeromobile tipo AS350 B2 marche di identificazione I-AMVE.

L'elicottero, con a bordo un pilota e sei passeggeri, era impegnato in attività di eliski, con decollo dalla elisuperficie di Sestriere.

Nel corso di uno dei voli con destinazione Punta Ciatagnera si verificava l'incidente, nel quale perdevano la vita il pilota e cinque dei sei passeggeri a bordo.

L'unico passeggero rimasto in vita è stato prontamente soccorso il giorno stesso dell'evento, mentre il recupero delle salme è avvenuto 3 giorni dopo. I resti dell'elicottero sono stati recuperati circa un mese e mezzo dopo l'evento e trasportati in un hangar dell'aeroporto di Torino Caselle.

La normativa vigente alla data dell'evento non consentiva all'ANSV di avere, in pendenza di una indagine giudiziaria (come nel caso di specie), un immediato ed incondizionato accesso alle evidenze, né consentiva di definire, di concerto con l'autorità giudiziaria, le modalità di effettuazione degli accertamenti tecnici. Conseguentemente, l'ANSV, relativamente alle evidenze acquisite, ha dovuto basarsi essenzialmente sui documenti che le sono stati forniti dall'autorità giudiziaria. A taluni accertamenti disposti dall'autorità giudiziaria è stata comunque data all'ANSV la possibilità di presenziare.

L'ANSV ha provveduto ad inviare la notifica di apertura inchiesta, in accordo all'Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale, al BEA (autorità investigativa dello Stato di progettazione e costruzione dell'elicottero e del relativo propulsore). Il BEA ha provveduto ad accreditare un proprio rappresentante nell'inchiesta condotta dall'ANSV.

Il significativo ritardo nella pubblicazione della presente relazione è purtroppo riconducibile, da un lato, alla problematica sopra richiamata e alla cessazione dal servizio dei vari investigatori, che, nel tempo, si sono avvicendati nel ruolo di investigatori incaricati (cioè di coordinatori dell'inchiesta), dall'altro, alla nota forte criticità di organico in cui versa l'area investigativa dell'ANSV.

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

Il giorno 19 aprile 2003, l'elicottero AS350 B2 marche I-AMVE era in servizio di eliski con base sull'elisuperficie del Sestriere (TO). Due gruppi di appassionati dello sci fuori pista, insieme alle rispettive guide alpine, avevano prenotato l'elicottero per essere trasportati sui siti delle discese prescelte. In particolare, l'accordo prevedeva il trasferimento del primo gruppo sulla cima prescelta, il rientro del mezzo presso l'elisuperficie per il trasporto del secondo gruppo sulla Punta Ciatagnera, infine il recupero del primo gruppo, dopo l'attività sciistica.

Il primo gruppo di sciatori era decollato dall'elisuperficie del Sestriere alle ore 07.00'. Dopo un volo di circa 10 minuti, il gruppo aveva raggiunto la località prescelta ed aveva fissato l'orario dell'appuntamento per il successivo prelievo, dopo la discesa. L'elicottero era quindi rientrato al Sestriere ed aveva prelevato il secondo gruppo intorno alle ore 08.00'; durante tale volo di trasporto erano quindi presenti a bordo il pilota e sei passeggeri, tra cui la guida.

A conclusione della discesa, gli sciatori del primo gruppo e la loro guida dapprima aspettavano invano l'elicottero sul luogo convenuto per il prelievo, poi la guida telefonava al coadiutore, che avrebbe dovuto trovarsi presso l'elisuperficie base del Sestriere e, non ricevendo risposta, lanciava l'allarme.

Alle ore 12.00' circa il relitto dell'elicottero veniva individuato su di un costone montuoso a Sud-Ovest della Punta Ciatagnera in un punto di coordinate geografiche 44° 53' 24''N, 6° 53' 52''E alla quota di circa 2850 m (figura 1).

L'unico passeggero rimasto in vita veniva salvato il giorno stesso dai soccorritori, mentre il recupero delle salme, a causa delle proibitive condizioni sia meteorologiche che orografiche, avveniva dopo tre giorni. Le operazioni di recupero dei corpi venivano condotte dalla squadra di soccorso alpino dei Carabinieri della Compagnia di Susa (TO), dalla squadra di soccorso alpino della tenenza Guardia di finanza Bardonecchia (TO), dalla squadra SAF

(speleo alpino fluviale) dei Vigili del fuoco di Torino e dal soccorso alpino 118. Il personale addetto veniva calato sul luogo della sciagura con verricelli, a mezzo di elicotteri.

I resti dell'aeromobile venivano recuperati circa un mese e mezzo dopo l'evento e trasferiti in un hangar dell'aeroporto di Torino Caselle.



Figura 1: luogo dell'incidente (su supporto Google Earth).

1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE

Lesioni	Equipaggio	Passeggeri	Totale persone a bordo	Altri
Mortali	1	5		
Gravi		1		
Lievi				non applicabile
Nessuna				non applicabile
Totali	1	6	7	

1.3. DANNI RIPORTATI DALL'AEROMOBILE

Nell'incidente l'elicottero è andato completamente distrutto.

1.4. ALTRI DANNI

Non risultano danni a terzi in superficie.

1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE

1.5.1. Equipaggio di condotta

Pilota

Generalità:	maschio, 32 anni di età, nazionalità italiana.
Licenza:	licenza di pilota commerciale di elicottero in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio:	NH300, NH500, AB206, AS350, lavoro in montagna, IFR, lancio paracadutisti, radiotelefonìa in lingua inglese.
Controllo medico:	prima classe in corso di validità.
Esperienza di volo del pilota:	ore di volo totali ¹ 2358h.
Ore di volo mese gennaio 2003:	20h 21'.
Ore di volo mese febbraio 2003:	21h 25'.
Ore di volo mese marzo 2003:	25h 33'.
Ore di volo mese aprile 2003:	11h 29' (fino al giorno 14).

1.6. INFORMAZIONI SULL'AEROMOBILE

1.6.1. Informazioni generali

L'AS350 B2 è un elicottero monomotore di classe leggera, costruito dalla Aérospatiale oggi Airbus Helicopters. È equipaggiato con una unica turbina di progettazione e costruzione Turbomeca, oggi Safran Helicopter Engines, denominata Arriel 1D1, capace di sviluppare, a livello del mare, una potenza massima di 732 shp.

L'elicottero ha un rotore tripala, con rotore stabilizzatore di coppia bipala. È capace di trasportare 5 passeggeri, oltre il pilota, nella versione standard, oppure 6 passeggeri, sempre oltre il pilota, nella versione “*high density*”. Ha un carrello tipo pattino alto. È lungo 12,94 m dall'estremità del rotore principale alla punta della deriva di coda. La sua altezza dal suolo alla testa del rotore principale è di 3,34 m. Ha una MTOM di 2250 kg.

¹ Libretto di volo del pilota aggiornato al mese di febbraio 2003.

1.6.2. Informazioni specifiche

Aeromobile

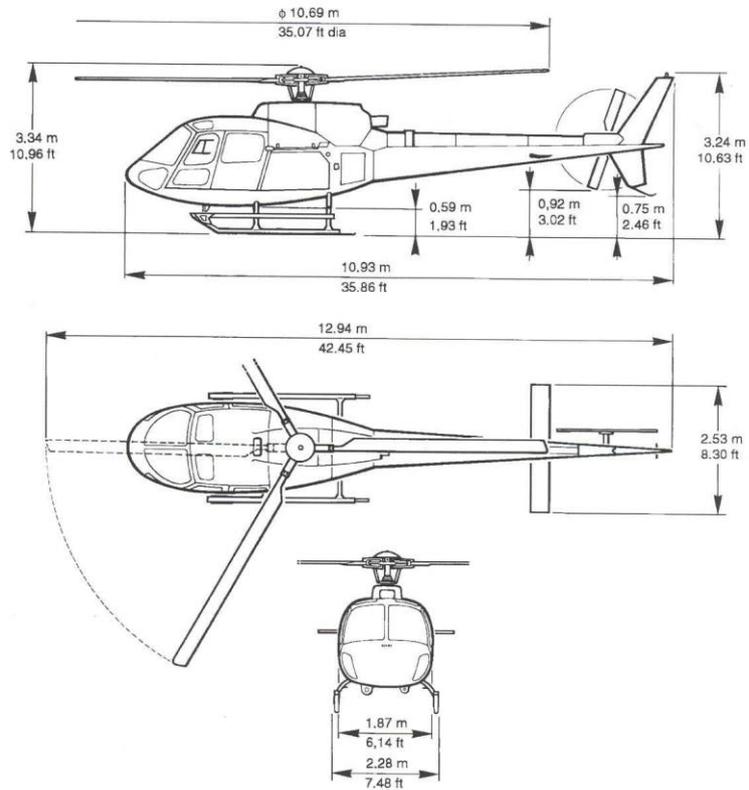
Costruttore:	Aérospatiale (poi Airbus Helicopters).
Modello:	AS350 B2.
Numero di costruzione:	2640.
Anno di costruzione:	1992.
Marche di naz. e immatricolazione:	I-AMVE.
Esercente e proprietario:	Air Service Center srl.
Certificato di navigabilità:	in corso di validità.
Ore totali:	4612h 58'.

Motore

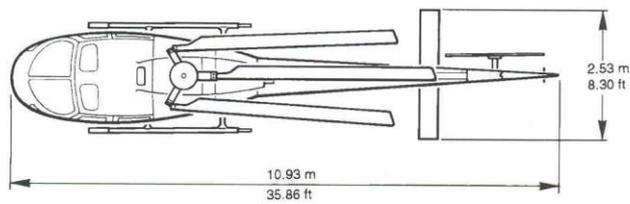
Costruttore:	Turbomeca.
Modello:	Arriel 1D1.
Numero di serie:	9224.
Anno di costruzione:	1992.
Ore totali:	4612h 58'; 10.199 avviamenti totali.
Ore da ultima revisione generale	1612h 58'.

Nella comunicazione di aviosuperficie non segnalata la Air Service Center dichiarava che per le missioni del 19 aprile l'elicottero I-AMVE era allestito in modo da avere una autonomia oraria di 3 ore.

Main dimensions



Dimensions with blades folded



*The data set forth in this document are general in nature and for information purposes only.
For performance data and operating limitations, reference must be made to the approved flight manual and all appropriate documents.*

350 B2 02.101.02 E

5

This document is the property of EUROCOPTER : no part of it shall be reproduced or transmitted without the express prior written authorization of EUROCOPTER and its contents shall not be disclosed. © EUROCOPTER

Figura 2: dimensioni dell'AS350 B2.

1.6.3. Informazioni supplementari

Manutenzione motore

In questo paragrafo sono elencati e brevemente descritti i principali interventi manutentivi eseguiti sul solo turbomotore. I dati riportati sono stati tratti dal libretto motore n. 12995 rilasciato il 25.6.1992 dall'ENAC Direzione territoriale di Milano.

- Dopo le ispezioni delle 100h effettuate in date 15.3.2000, 25.5.2000, 26.6.2000, 4.8.2000, 27.8.2000, una ispezione delle 500h eseguita il 18.4.2000 e due sostituzioni di olio eseguite in date 23.5.2000 e 16.10.2000, il 7.11.2000 l' esercente ha effettuato lo sbarco motore (a 951h 16' dalla revisione) e lo ha inviato presso la ditta di manutenzione, con richiesta di esecuzione della pulizia del cuscinetto posteriore e di applicazione del SB A292-72-0263 aggiornamento 1 (cfr. par. 1.16. Ricerche documentali effettuate), in ordine ai controlli sul modulo M03 del 2° stadio turbina. I risultati evidenziavano una traslazione delle palette pari a 0,33 mm (minore della massima ammessa, pari a 0,4 mm).
- Il 13.11.2000, Helicopters Italia ha effettuato gli interventi manutentivi richiesti, li ha certificati sul libretto motore ed ha restituito il motore all' esercente.
- Il 9.2.2001, l' esercente ha imbarcato il motore, in quel momento con 951h 16' da RG, sull'elicottero I-AMVE ed ha registrato sul libretto motore i controlli delle 100h, 300h e 1000h.
- Il 13.7.2001, a 1051h dalla revisione, l' esercente ha eseguito l' ispezione delle 100h, ma non quella delle 1000h, verosimilmente perché registrata con cadenza anticipata il 4.2.2001.
- Il 17.8.2001, a 1148h da RG, viene registrata l' ispezione 100h.
- Il 29.8.2001, a 1186h da RG, viene sostituita una valvola di drenaggio.
- Il 30.11.2001, a 1243h, viene registrata l' ispezione 100h e 300h.
- Il 28.6.2002, a 1338h dalla revisione e a 2901,05 cicli, l' esercente ha registrato come eseguiti i controlli delle 30h, 50h, 100h, 150h, 200h, 500h, 750h.

Da libretto di manutenzione non risulta l' esecuzione di altre manutenzioni, nonostante dal QTB sia stato possibile ricavare che al momento dell' incidente il motore avesse 1612h.

1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE

La stazione meteo più vicina all'incidente è quella presente a Torino Caselle, a circa 67 km. Le condizioni meteo registrate nella fascia oraria in cui si è verificato l'incidente erano le seguenti:

LIMF (Torino Caselle) 191100Z 191221 04008KT 8000 SCT030 BKN080 BECMG 1215 4000 RA BKN020 OVC070=

LIMF 191400Z 191524 07013KT 7000 SCT025 BKN060 BECMG 1618 3000 RA BR BKN020 BKN050=

Dalle dichiarazioni di un abitante del luogo, del passeggero superstite, di uno dei discesisti che era stato portato in quota con il primo volo di trasferimento dell'I-AMVE e dei dipendenti dell'ufficio della Polizia municipale del Comune di Cesana Torinese si evince che le condizioni meteorologiche fossero buone in tutto il tratto della rotta percorsa dall'elicottero, come pure nella zona nella quale si è verificato l'incidente. Nell'area in cui è precipitato l'elicottero vi era una lieve copertura, dovuta a venti provenienti dal settore francese (Ovest-Nord/Ovest), che si è rapidamente intensificata dopo l'incidente.

1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE

Non pertinente, in quanto il volo è stato condotto secondo le regole VFR, senza il supporto di radioassistenze.

1.9. COMUNICAZIONI

Non risulta che il pilota abbia contattato enti di controllo del traffico aereo.

1.10. INFORMAZIONI SULL'ELISUPERFICIE

Alla data dell'incidente era in vigore il dm Trasporti 10.3.1988 (Modificazione al decreto ministeriale 27 dicembre 1971 recante norme di attuazione della legge 2 aprile 1968, n. 518, concernente la liberalizzazione dell'uso delle aree di atterraggio).

Ai sensi dell'art. 1 del citato decreto ministeriale, per *aviosuperficie* si intende un'area idonea alla partenza ed all'approdo di aeromobili, che non appartenga al demanio aeronautico di cui all'art. 692 del cod. nav. e su cui non insista un aeroporto privato di cui all'art. 704 del cod. nav.; per *elisuperficie* si intende un'aviosuperficie destinata all'uso esclusivo degli elicotteri.

«Durante l'attività di volo con elicotteri su aviosuperfici non munite di segnaletica sarà cura dell'esercente provvedere che l'aviosuperficie sia mantenuta sgombra dall'eventuale presenza di persone, mezzi, ecc., che sia indicata la direzione del vento e che l'elicottero sia assistito nelle manovre di decollo e approdo.» (art. 16 dm 10.3.1988)².

L'attività principale dell'elicottero I-AMVE, che aveva base al Sestriere, era di trasportare, a pagamento, comitive di sciatori, insieme a guide alpine locali, fino ai margini di zone innevate di alta montagna, per l'attività sciistica fuori pista: quindi consisteva in attività di trasporto pubblico passeggeri.

Per quanto concerne l'area impiegata per lo sbarco/imbarco degli sciatori, dalle evidenze raccolte risulta quanto segue.

- Non esisteva una elisuperficie segnalata di arrivo per sbarcare gli sciatori, ma solo alcune abituali zone di atterraggio, indicate, di volta in volta, dalle guide alpine, che erano, peraltro, le figure organizzatrici dell'attività sciistica, che si occupavano dell'apertura del portellone dell'elicottero, dello sbarco dei passeggeri e della preparazione dell'attività "fuori pista".
- Le zone di atterraggio, poste nel territorio di Sauze di Cesana, erano al di fuori delle aree montane dotate di piste ed erano posizionate in modo che gli appassionati potessero effettuare le discese fuori pista con l'assistenza delle guide.
- Ai sensi dell'art. 11 del dm Trasporti 10.3.1988 «nel caso di impiego elicotteri, lo sbarco e l'imbarco di persone deve avvenire con il carrello poggiato stabilmente a terra ed il rotore o i rotori completamente fermi. Il rotore o i rotori possono essere in movimento, con il passo delle pale del rotore al minimo, qualora, durante le fasi di imbarco e sbarco, sia presente personale addetto all'assistenza dei passeggeri». Nelle citate zone non era presente personale addetto all'assistenza degli sciatori, cosicché le persone potevano essere sbarcate solo dopo lo spegnimento del motore e l'arresto del rotore.
- L'area per la discesa sciatori veniva, perciò, utilizzata come una elisuperficie non segnalata, ma non era rispondente né ai requisiti tecnico/operativi previsti dal dm Trasporti 10.3.1988, né era mai stata notificata la sua apertura dalla società esercente l'aeromobile, come invece era avvenuto per l'elisuperficie base del Sestriere.

² La norma citata, valida all'epoca, oggi è superata dal dm Infrastrutture e trasporti dell'1 febbraio 2006.

1.11. REGISTRATORI DI VOLO

La normativa vigente in materia non prevede l'installazione a bordo dell'aeromobile in questione di apparati di registrazione dei parametri di volo (FDR) e delle voci/suoni in cabina di pilotaggio (CVR). Non erano presenti a bordo altri apparati in grado di registrare.

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'area dell'incidente è caratterizzata da una morfologia montagnosa molto ripida, con costoni con pendenza media di circa 40°, in una zona soggetta a slavine e valanghe, ad una quota di circa 2850 m sul livello del mare.

1.12.2. Tracce al suolo, distribuzione dei rottami, esame del relitto

L'ANSV è stata informata dell'evento il giorno stesso dell'incidente. Il primo sopralluogo, aereo e locale, è stato effettuato dai soccorritori, giunti sul posto circa 3 ore dopo l'incidente, per portare in salvo l'unico passeggero ancora in vita. A causa delle proibitive condizioni atmosferiche, è stato effettuato un secondo sopralluogo aereo, 3 giorni dopo l'evento, con un elicottero dei Vigili del fuoco. Il medesimo giorno è stato effettuato il recupero dei corpi delle 6 vittime. Solo successivamente (14.5.2003) è stato possibile effettuare una ricognizione sul posto e, in una terza fase (28.5.2003), il relitto è stato smontato e trasportato in un hangar dell'aeroporto di Torino Caselle.

Nel corso delle varie ricognizioni si è proceduto a constatare la disposizione dei rottami del relitto ed il loro stato.

L'elicottero ha impattato un costone a Sud/Ovest della Punta Ciatagnera, alla quota di circa 2850 m con pendenza di circa 40°, ed i rottami sono stati individuati in un punto di coordinate geografiche 44° 53' 24''N, 6° 53' 52''E.

Il relitto, osservato dall'alto, appariva diviso in due parti principali:

- il rotore di coda e la parte posteriore della trave di coda (quest'ultima spezzata all'altezza dei pianetti orizzontali) erano conficcati nella neve, con la sola pinna dorsale affiorante, a circa 50 m dalla parete rocciosa, pressoché verticale;

- la parte anteriore dell'elicottero (cabina, rotore principale e restante parte della trave di coda, ancora unita alla cabina) si trovava circa 150 m più in basso rispetto agli altri rottami.

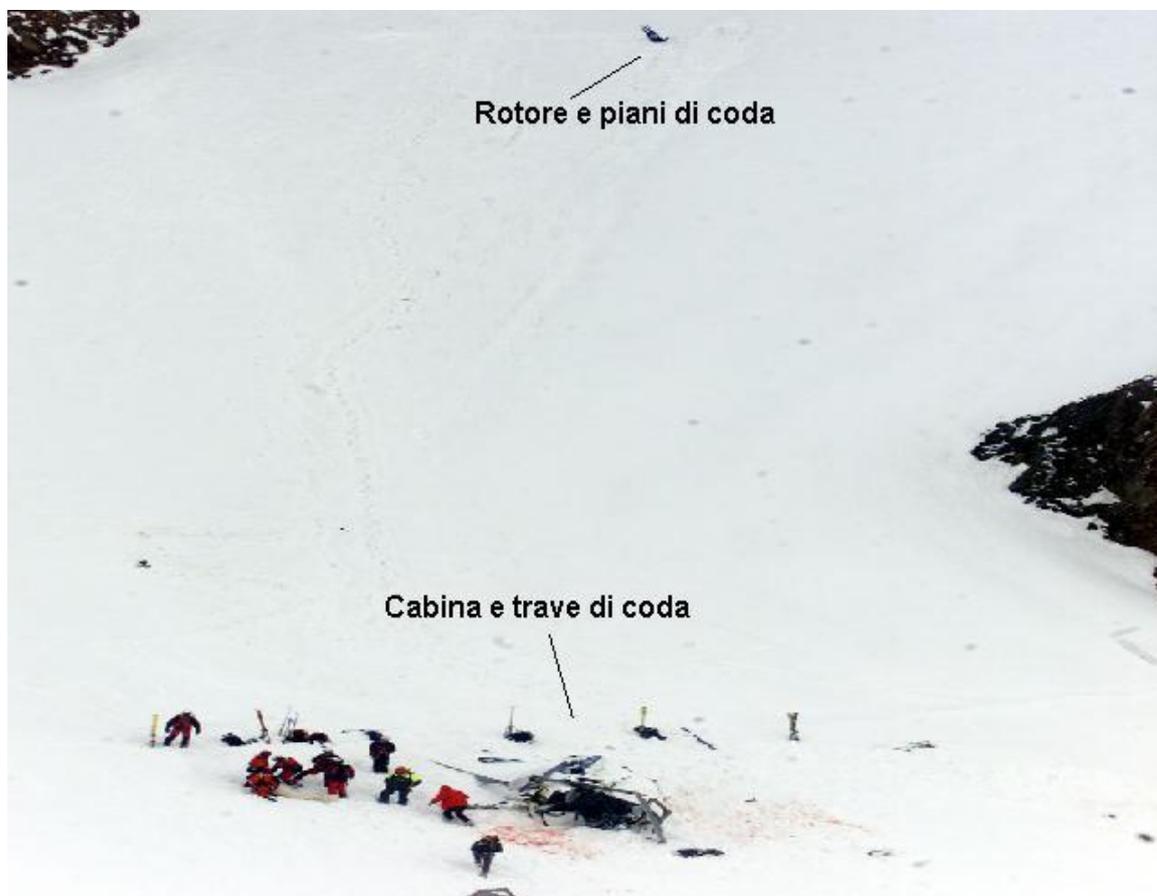


Foto 1: relitto e disposizione dei rottami.

Nei pressi del gruppo piani di coda e rotore di coda veniva rinvenuto anche un pattino del carrello ed il cestone porta sci (*Hely-Utility basket*).

I corpi di due delle persone decedute (uno dei quali di sesso femminile) sono stati trovati in prossimità del punto di primo impatto, nelle vicinanze dei resti del rotore di coda; il passeggero ferito è stato trovato tra il punto di primo impatto e la posizione finale di arresto della parte anteriore dell'elicottero; il corpo di un'altra persona deceduta è stato trovato a valle del passeggero ferito; i corpi delle altre tre persone decedute (pilota e i due passeggeri sul sedile doppio anteriore) sono stati trovati nell'area di arresto della parte anteriore dell'elicottero. Da tali informazioni è stato possibile dedurre la disposizione dei passeggeri a bordo.

In occasione del secondo sopralluogo aereo (al quale ha partecipato anche l'ANSV), nonostante fossero trascorsi tre giorni dall'incidente, era chiaramente visibile dall'alto un'impronta estesa, sul manto nevoso, in tutto compatibile con il profilo in pianta dell'elicottero, posta sulla balza montuosa anteriore allo strapiombo del costone. Sulla neve del costone era, inoltre, presente un solco, chiaramente generato dai rottami dell'elicottero (posti al termine dello stesso), durante il loro scivolamento (foto 2); la scia dei rottami dell'aeromobile aveva andamento Sud/Ovest ed era posizionata al di là di una sella della Punta Ciatagnera.

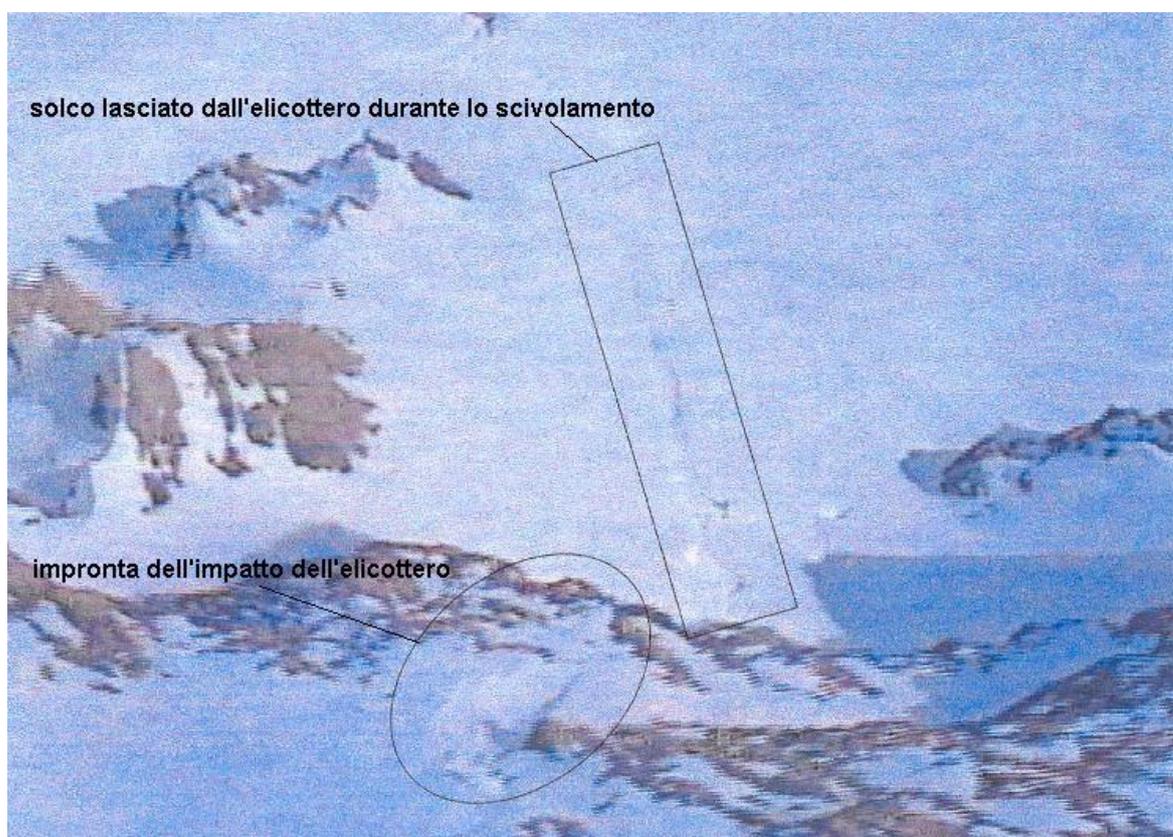


Foto 2: impronte presenti sul manto nevoso.

Le frequenti slavine dei giorni successivi all'incidente ed un lieve aumento della temperatura avevano trascinato il corpo fusoliera verso valle, per circa 250 m oltre il punto in cui era stato rinvenuto durante il primo sopralluogo aereo; durante il trascinamento, il moncone della trave di coda si era distaccato dal corpo della struttura e si era posizionato oltre il relitto della cabina, lasciando dietro di sé una scia di rottami.

A seguito del trascinamento causato dalle slavine, il relitto si era fermato su della neve instabile, a circa 50 m da un gradone, alla cui base si trovava il moncone della trave di coda, già distaccato dal corpo fusoliera.

La struttura cellula era completamente mancante della parte superiore della cabina di pilotaggio, dei trasparenti di cabina e di ambedue le porte anteriori. Il sedile del pilota era collassato e lo schienale staccato dal resto del sedile.

I comandi di volo erano nelle rispettive sedi, anche se deformati.

Il gruppo manette motore, freno motore e leva di chiusura del carburante erano nelle rispettive posizioni di normale assetto operativo in volo (foto 3).

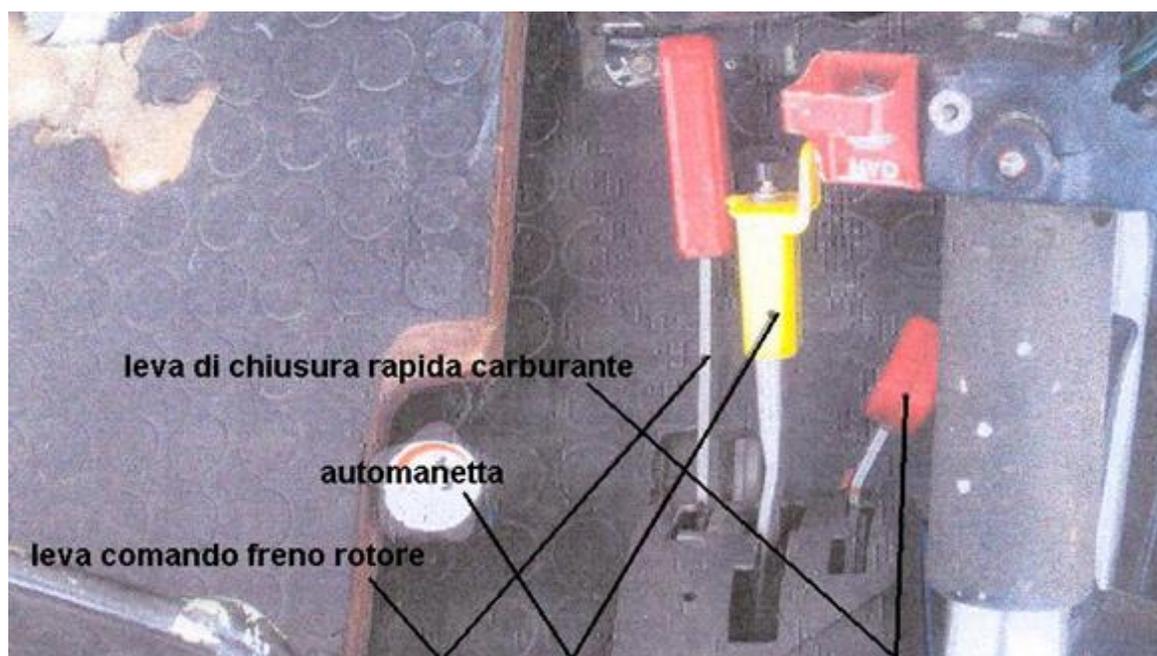


Foto 3: leve dei comandi.

Il pattino di coda mostrava segni di impatto al suolo.

La deriva ed il rotore di coda, separati dal resto della trave di coda, mostravano i segni della recisione da parte di una delle pale del rotore principale.

Il 28.5.2003, il relitto dell'elicottero è stato smontato sul posto da personale specializzato e abilitato ad operare sullo specifico modello; tutte le parti sono state trasportate, con un elicottero dei Vigili del fuoco, prima al Sestriere, poi in un hangar dell'aeroporto di Torino Caselle, ove si è proceduto alla ricomposizione del relitto, al fine di trarre indicazioni utili alla ricostruzione della dinamica dell'incidente.

Il gruppo deriva e rotore di coda appariva pressoché integro; il terminale dell'albero di trasmissione del moto al rotore di coda ed il terminale dell'asta comando variazione del passo del rotore di coda risultavano tranciati.

La trave di coda presentava deformazioni per schiacciamento e flessione verso l'alto, poste essenzialmente nella parte terminale, all'altezza della scatola del rotore di coda.

La ricomposizione dell'ultimo tratto della trave di coda ha evidenziato con chiarezza il collasso del rivestimento esterno per instabilità flessionale della struttura, con evidente incurvamento verso l'alto.

I pattini del carrello presentavano deformazioni per urto e strisciamento ed il pattino di coda, fissato alla deriva inferiore, mostrava anch'esso segni di impatto. Gli sci posteriori antiaffondamento apparivano deformati per compressione.

Il bordo d'attacco della pala principale gialla mostrava, in prossimità dell'estremità, delle impronte ravvicinate, perfettamente compatibili con la forma dell'asta comando passo del rotore di coda e con quella del relativo albero di trasmissione del moto alla scatola a 90°. Tali segni testimoniano la presenza di rotazione del rotore principale al momento del contatto sopra descritto.

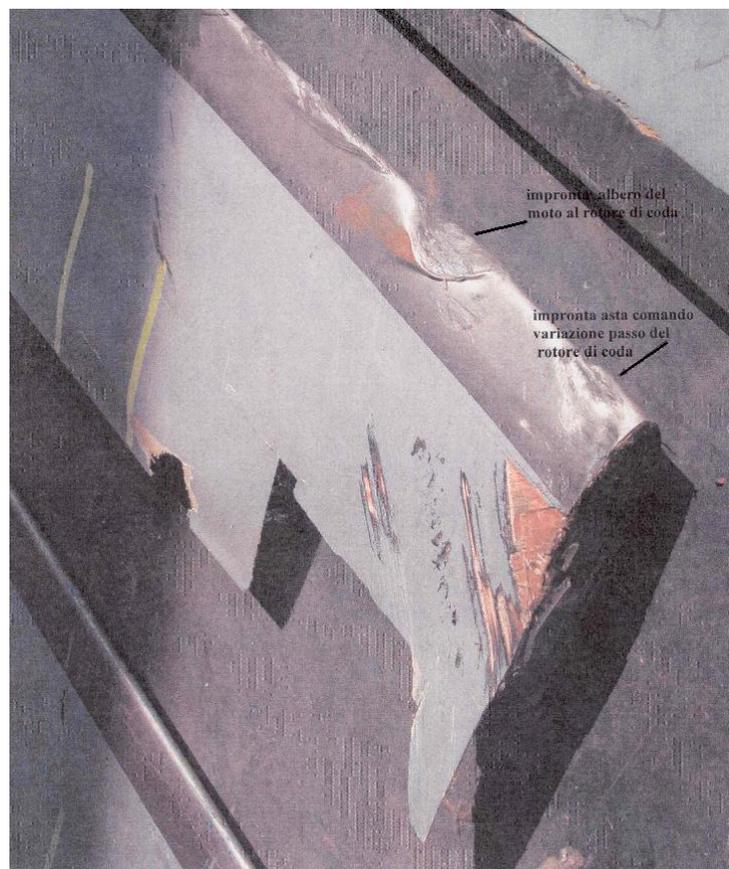


Foto 4: impronte sul bordo d'attacco della pala principale gialla.

È stata verificata, con esito positivo, la libertà di rotazione dei gruppi dinamici rotanti; la pompa idraulica era in sede, con la cinghia montata.

L'indice del torsionometro del pannello strumenti segnalava un valore coerente con una potenza del motore nulla al momento dell'impatto (foto 5).



Foto 5: torsionometro (sulla sinistra).

1.13. INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA

I soccorritori, giunti sul posto alle ore 12.00' circa, hanno rinvenuto i corpi di due passeggeri e l'unico sopravvissuto, ferito, in prossimità del rotore di coda ed i corpi degli altri due passeggeri vicino ai resti della cellula, ma fuori dall'abitacolo; il pilota era ancora seduto e imbragato al posto di pilotaggio, il corpo della guida era in posizione intermedia, tra il rotore di coda e la fusoliera.

Gli esami autoptici eseguiti sui corpi delle vittime hanno evidenziato due tipi di lesioni:

- lesioni tipiche per precipitazione dall'alto, riscontrate sui corpi ritrovati più a monte, localizzati dai soccorritori ad una quindicina di metri circa dal rotore di coda, sia sul lato sinistro che destro;
- lesioni tipiche per sollecitazioni da decelerazioni sul piano verticale ed orizzontale, riscontrate sui corpi dei due passeggeri rinvenuti in prossimità della cabina e sul corpo del pilota.

L'unico passeggero sopravvissuto, affetto da politrauma, veniva soccorso in stato di incoscienza e ricoverato in ospedale.

1.14. INCENDIO

Non sono state rilevate tracce di incendio sull'aeromobile.

1.15. ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA

La salma del pilota è stata rinvenuta ancora imbragata, contrariamente ai passeggeri. Data la brevità del volo, è verosimile infatti che nessuno di loro avesse le cinture allacciate: stante l'alta dinamica dell'impatto al suolo, tale aspetto non ha comunque realisticamente influenzato la sopravvivenza degli occupanti all'impatto.

Le operazioni di ricerca e soccorso sono state attivate allorquando la guida che aveva accompagnato il gruppo di sciatori trasportati in precedenza dall'I-AMVE non aveva visto l'elicottero tornare a recuperarli.

Le operazioni di ricerca e soccorso sono state rese particolarmente complesse dalle proibitive condizioni atmosferiche presenti sul luogo dell'incidente.

Uno dei soccorritori, giunto sul luogo dell'incidente il giorno stesso dell'evento, non poteva essere recuperato a causa del sopraggiungere di una tempesta di neve. Egli, pertanto, trascorreva la notte in quota, opportunamente attrezzato, equipaggiato ed addestrato,

venendo recuperato il giorno successivo, in buone condizioni, da squadre del soccorso alpino.

1.16. PROVE E RICERCHE EFFETTUATE

Allo scopo di raccogliere elementi utili ai fini della conduzione dell'inchiesta di sicurezza, l'ANSV ha provveduto ad acquisire quanto di seguito specificato:

- copia della documentazione tecnico-amministrativa;
- copia della documentazione manutentiva dell'aeromobile;
- copia dei bollettini tecnici emessi dalla Turbomeca, in ordine alla manutenzione del turbomotore mod. Arriel 1D1;
- copia degli atti dell'autorità giudiziaria sugli accertamenti tecnici condotti su disposizione della medesima autorità giudiziaria.

Di seguito viene riportata una sintesi dell'attività d'indagine sul turbomotore Turbomeca Arriel 1D1 S/N 9224, montato sull'elicottero oggetto dell'incidente.

Analisi tecniche svolte presso la Helicopters Italia

In data 17.6.2003, a Trento, presso la Helicopters Italia, manutentrice dell'elicottero I-AMVE, si procedeva alle operazioni di smontaggio del motore (schema in figura 3).

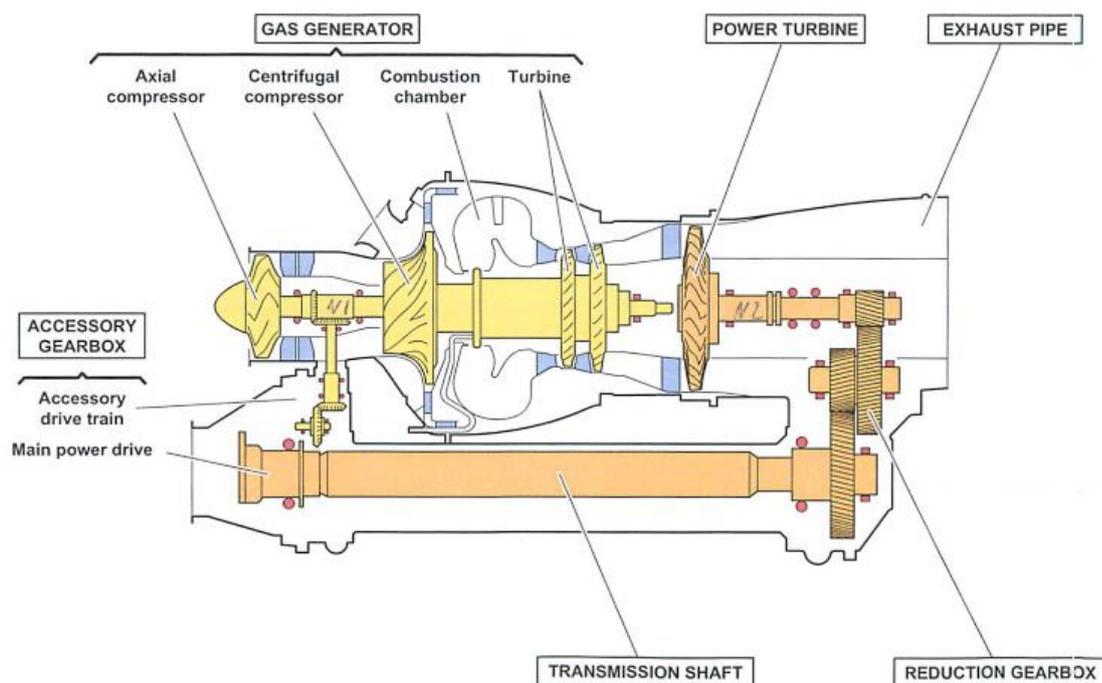


Figura 3: schema motore Arriel 1.

Ad una prima vista esterna veniva osservata l'esistenza di impatti nella zona anteriore e posteriore, con deformazione del condotto di scarico della sezione di potenza e perforazione del cono di scarico dall'interno verso l'esterno. Si rilevava anche una limitata possibilità di rotazione della turbina libera e della generatrice di gas/compressore.

Il *chip detector general* del circuito di lubrificazione di recupero olio motore, posizionato prima del radiatore, presentava tracce di metallo, tali da determinare, come provato con un tester, la chiusura del circuito che deve far accendere la luce spia in cabina. Il *chip* del ritorno del cuscinetto posteriore si presentava con un notevole accumulo di particelle metalliche.

La separazione dei moduli 3 e 4 presentava delle difficoltà, in quanto bloccati; si osservavano comunque ampie rotture sulla circonferenza esterna ed in particolare sul diffusore di raccordo tra generatore di gas e turbina di potenza.

Dopo la rimozione del diffusore di raccordo tra la generatrice di gas e la turbina di potenza rimaneva esposto il secondo stadio disco della generatrice di gas, che presentava sulle palette un danno rilevante, concentrato in un settore di circa 40 gradi, una paletta mancante per rottura alla radice e quattro danneggiate (di cui una rotta al 50%).

A mezzo di un endoscopio, seguendo le istruzioni del *Manuale di manutenzione Turbomeca*, si rilevava che molte palette rotoriche presentavano discontinuità sul bordo d'attacco e tutte presentavano spruzzi di materiale.

Procedendo nel disassemblaggio del propulsore si riscontrava che il primo distributore turbina presentava ondulazione, rotture ed uno stato complessivo indice di esposizione ad elevate temperature. La camera di combustione si trovava invece in condizioni normali.

Lo statore del secondo stadio risultava pesantemente danneggiato per via termica, con un grosso squarcio sull'anello esterno lato bordo d'uscita in posizione ore 6; il rotore del secondo stadio presentava esposizione a temperature elevate di 8 palette consecutive, successive a 5 palette fratturate, di cui l'ultima in corrispondenza della radice.

Lo statore del primo stadio presentava varie fratture sui bordi di entrata, mentre sui bordi di uscita tutte le palette erano interessate da forti bruciature e rotture, soprattutto sul lato convesso. L'anello esterno (lato anteriore) risultava fortemente distorto.

Il disco primo stadio rotore presentava palette con strisciamento periferico su un settore di circa 180 gradi, con erosione sulle superfici dinamiche e depositi di materiale.



Foto 6: deformazione parte anteriore motore.



Foto 7: deformazioni cono scarico.



Foto 8: secondo stadio turbina, palette fratturate.



Foto 9: secondo stadio turbina, palette danneggiate.



Foto 10: particolare della superficie di rottura.



Foto 11: dettaglio dello squarcio nello statore turbina secondo stadio.

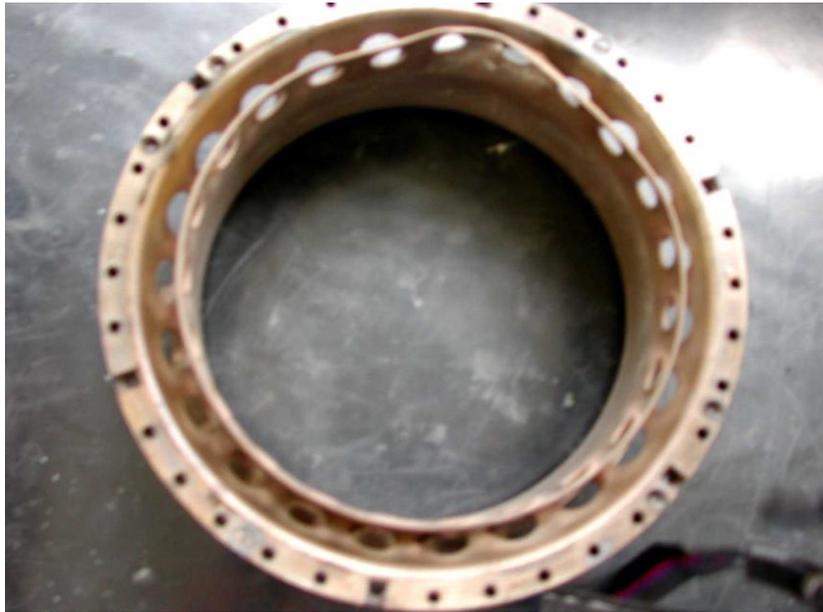


Foto 12: 2° stadio turbina, deformazioni anello blindatura.

Analisi tecniche svolte presso la Fiat Avio

In data 8 luglio 2003, a Pomigliano d'Arco, presso la Fiat Avio SpA (successivamente ridenominata Avio SpA), si procedeva alla identificazione e classificazione dei componenti del motore, agli smontaggi successivi, alla misurazione della posizione relativa alle palette secondo stadio rotore generatrice di gas rispetto al disco e alla individuazione di componenti da sottoporre a successive indagini.

- Controllo visivo dell'assieme disco-palette del 1° stadio della turbina: le palette presentavano forte usura alle estremità ed erano bloccate nelle loro sedi, con i fermi (*locking pin*) piegati.
- Smontaggio ed identificazione delle palette rotoriche, svolti con l'ausilio di personale della Turbomeca. Veniva rinvenuta una consistente quantità di materiale terroso negli innesti "a pino" dell'accoppiamento disco-palette, circa 6,4 g a fronte dei 4 g massimi ammessi³.
- Esame visivo dell'assieme disco-palette del 2° stadio generatore di gas: le palette n. 19-20-21 risultavano danneggiate a varie altezze sul profilo aerodinamico, mentre la palette n. 22 era rotta in corrispondenza della radice. Tutte le palette erano traslate assialmente nella loro sede, sul disco. I fermi delle palette n. 2, 20, 23 risultavano rotti, quelli di molte altre palette deformati.

³ Service Bulletin Alert A292720230 edizione 16.10.1998 aggiornata al 2/2001.

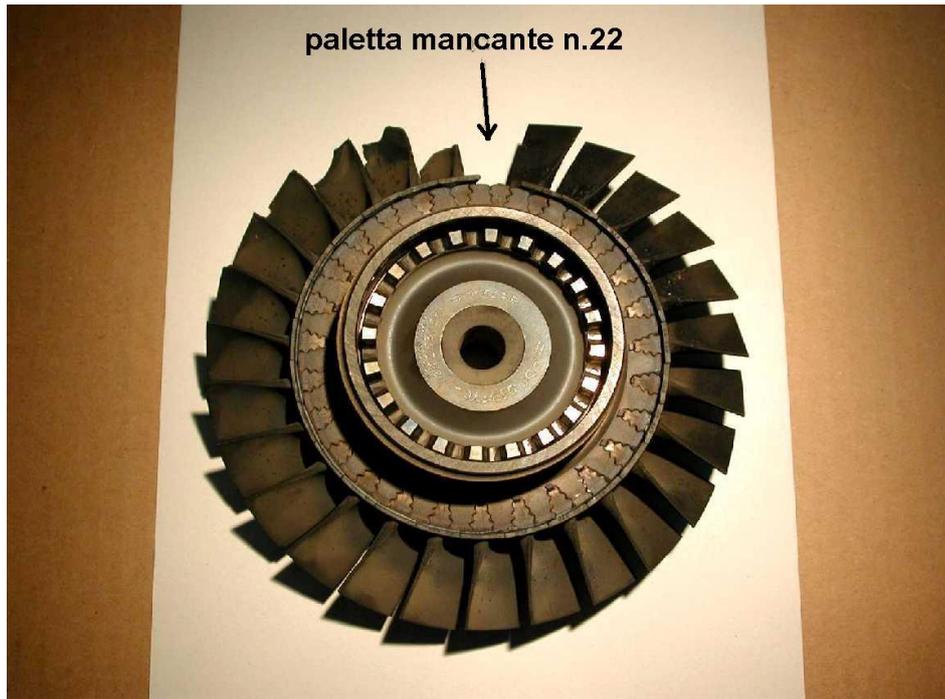


Foto 13: rotore turbina 2° stadio.

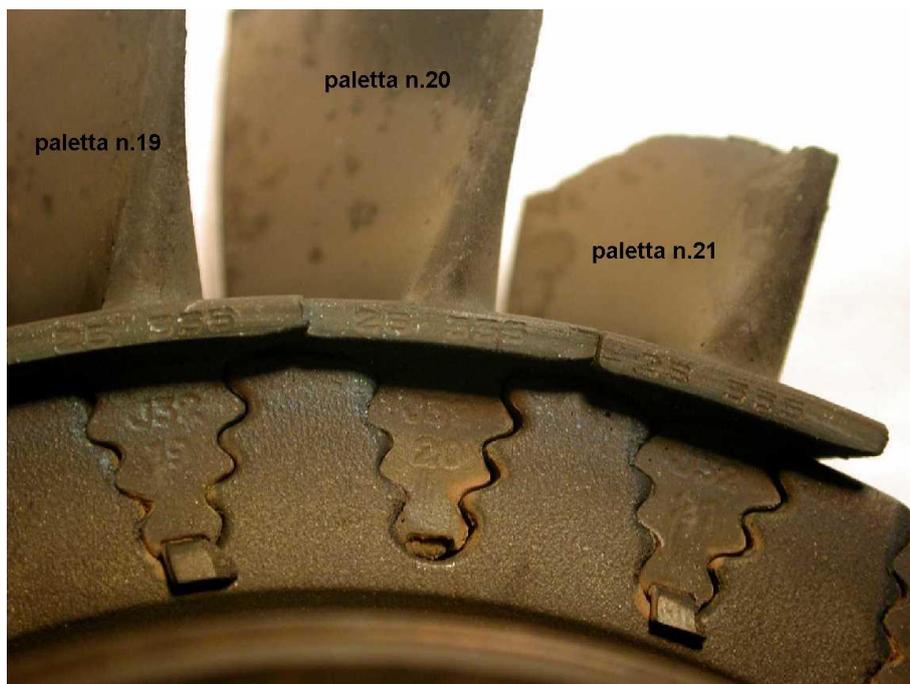


Foto 14: palette 19-20-21 e rispettivi fermi.



Foto 15: paletta 22 mancante.

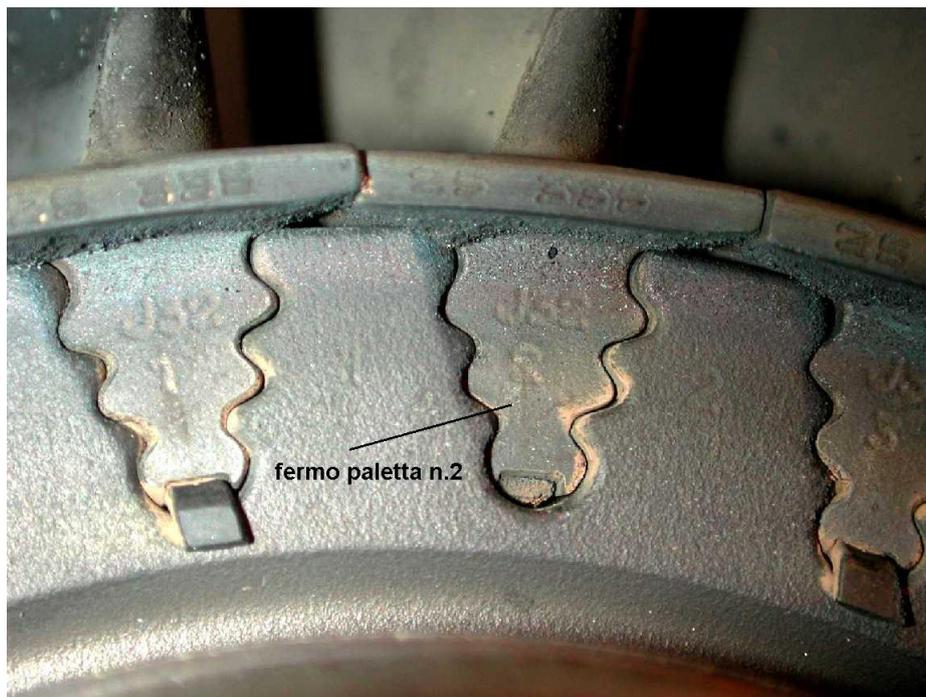


Foto 16: paletta 2, fermo rotto.



Foto 17: paletta 20, fermo rotto.



Foto 18: paletta 23, fermo rotto.

- Misurazione dello spostamento assiale delle palette del 2° stadio turbina generatrice di gas (svolta presso la sala metrologica della ditta Fiat Avio) a seguito della quale la paletta rotorica n. 23 è risultata spostata posteriormente in senso assiale di 1,38 mm.
- Smontaggio di 15 palette rotoriche del 2° stadio turbina generatrice di gas (numerate da 1 a 3 e da 16 a 27), svolto con l'ausilio di personale della Turbomeca, mentre le rimanenti 12 palette (numerate da 4 a 15) venivano, volutamente, lasciate in posizione, per successivi confronti. Anche in questo caso si rilevava la presenza di materiale terroso negli innesti a pino disco-paletta. La paletta n. 23 si presentava con il fermo rotto e sulla faccia posteriore della radice era presente un solco, profondo circa 0,5 mm.

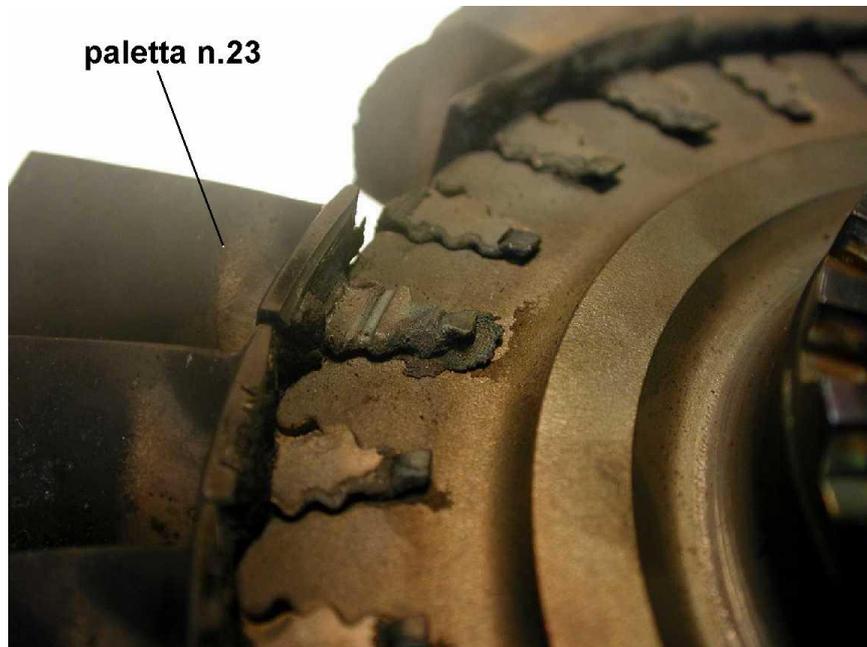


Foto 19: paletta 23 con rispettivo fermo.

- Esame metrologico del tirante posteriore della turbina “*Tie Bolt*”, per la misura della deformazione longitudinale (distorsione dell’asse): sono stati presi in considerazione tre punti di misura (indicati in figura 4), ottenendo i risultati riportati nella seguente tabella.

	deformazione [mm]
A	2,057
B	1,165
C	2,508

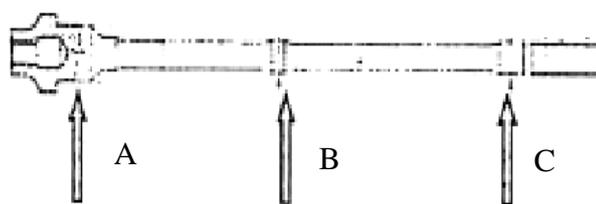


Figura 4: schema *tie-bolt*, punti di misura.

È stato inoltre constatato che il tirante presentava una colorazione blu-violacea molto marcata nella zona centrale e pressoché assente alle estremità, ragione per la quale sono state, poi, eseguite specifiche analisi microstrutturali e prove di durezza.

Analisi tecniche svolte presso il Centro sperimentale di volo (AM)

A partire dal 9 luglio 2003 sono stati condotti ulteriori accertamenti presso il Centro sperimentale di volo dell’Aeronautica militare. In particolare, sono stati eseguiti alcuni accertamenti tecnici non ripetibili volti a verificare la tipologia delle rotture rinvenute sulle palette del 2° stadio della turbina generatrice di gas (modulo M03) e sui relativi fermi. Sono stati, inoltre, svolti accertamenti metallografici e chimici dei frammenti rinvenuti, delle particelle raccolte dai *chip detector* e dai filtri, misure di durezza ed analisi dei campioni di combustibile e di olio lubrificante.

Di seguito vengono riportate le indagini effettuate e sintetizzate le principali conclusioni.

➤ *Analisi delle rotture rinvenute sui fermi delle palette del 2° stadio rotore della turbina (2, 20, 23)*

La morfologia delle rotture dei tre fermi presentano le medesime caratteristiche. La seguente documentazione fotografica si riferisce al fermo della paletta n. 2.

La rottura è localizzata in corrispondenza della piegatura anteriore del fermo ed interessa tutta la sezione del particolare (foto 20).

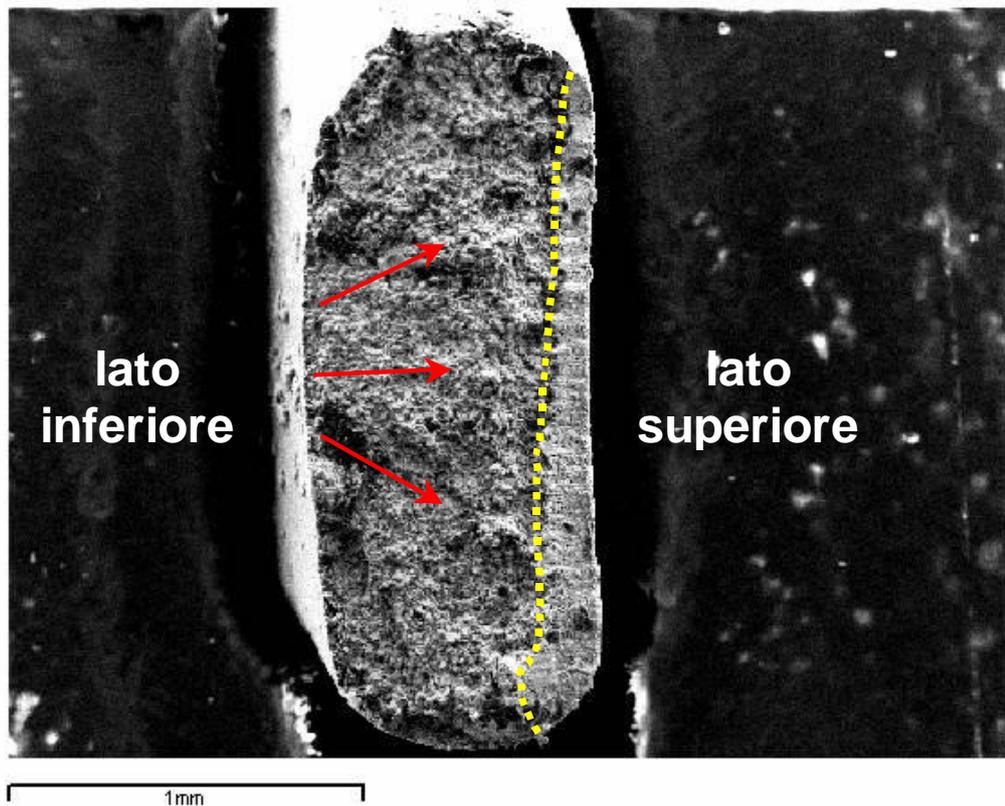
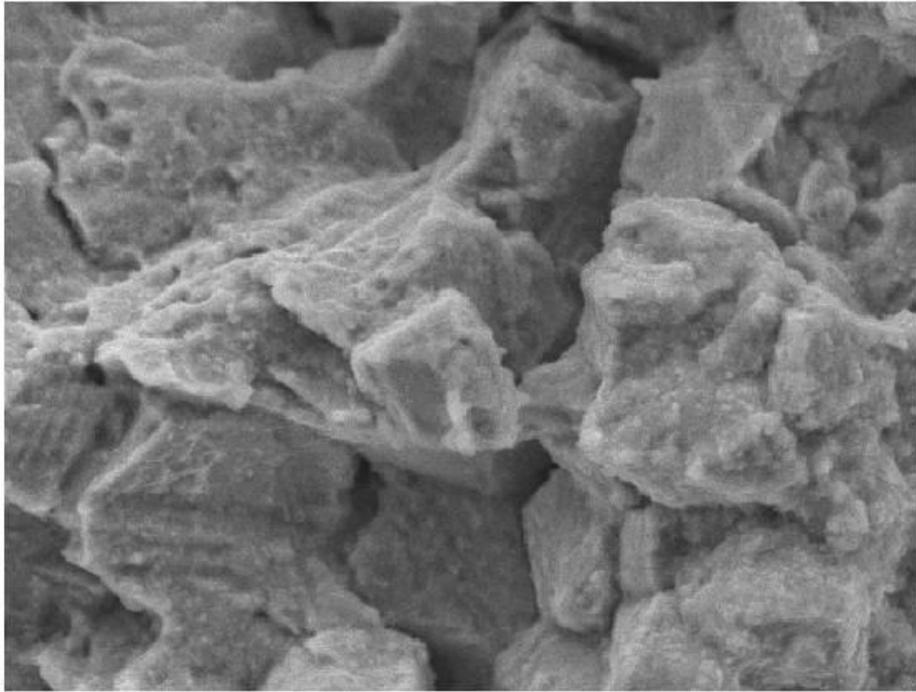


Foto 20: immagine SEM della superficie di rottura fermo paletta 2.

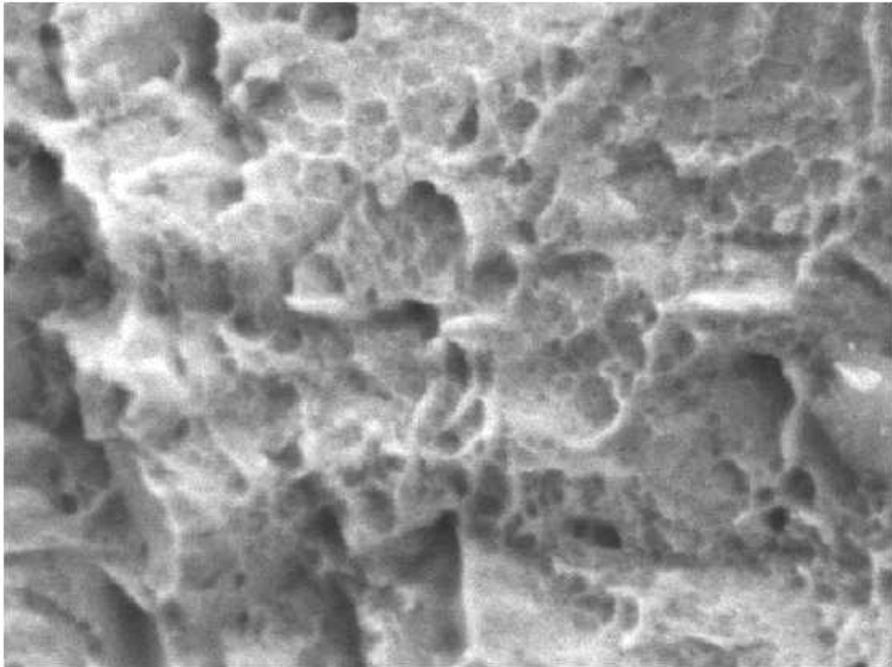
La superficie di rottura presenta due zone: una interessa quasi tutta la sezione del fermo, è a grana grossa, di colore nerastro con morfologia di rottura intergranulare (foto 21); i segni di propagazione (freccie rosse in foto 20) indicano che la rottura è iniziata dal lato inferiore. L'altra zona interessa una piccola parte della sezione superiore, è di aspetto lucido, con spalmature e microbuche da sovraccarico (foto 22).

Inoltre, da una sezione longitudinale del fermo, si evidenziano alcune cricche secondarie, prossime alla sezione di rottura (freccie in foto 23).



30µm

Foto 21: immagine SEM della superficie di rottura fermo paletta 2, zona intergranulare.



30µm

Foto 22: immagine SEM della superficie di rottura fermo paletta 2, zona di sovraccarico.

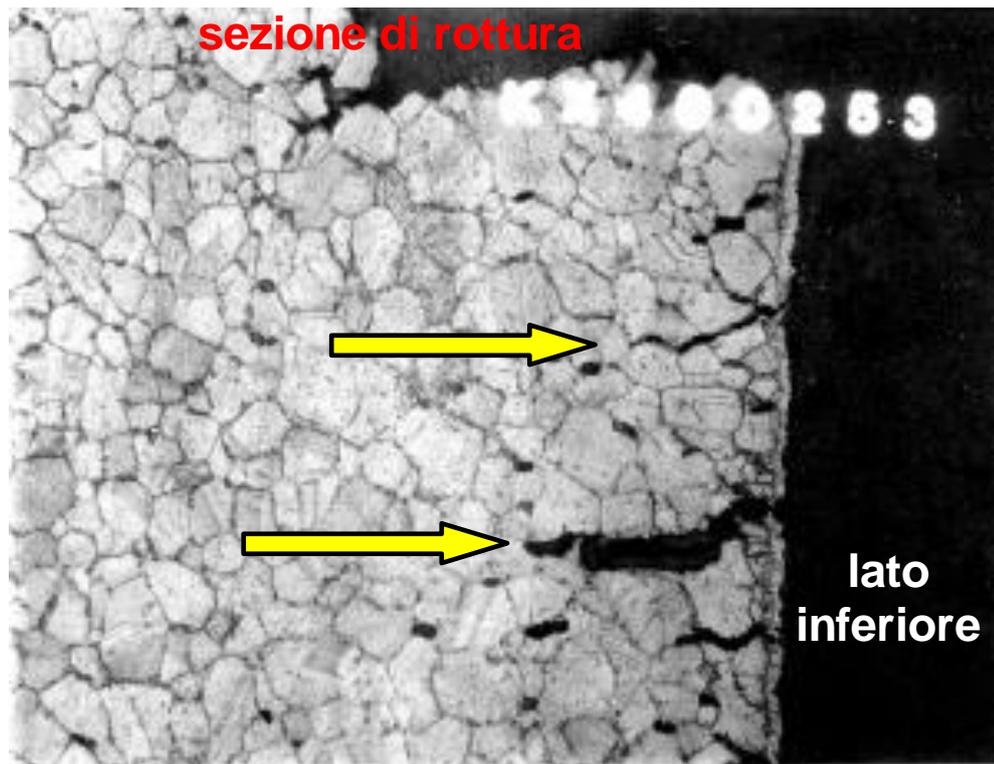


Foto 23: metallografia del fermo paletta 2, cricche secondarie.

➤ *Analisi delle rotture rinvenute sullo statore 1° stadio*

Lo statore è costituito da una lega a base cobalto del tipo Haynes 188. Erano presenti rotture radiali in corrispondenza dei fori delle flange, con ovalizzazione degli stessi in direzione perpendicolare alle cricche; inoltre, vi erano rotture e deformazioni plastiche sulle palette statoriche. Tali danneggiamenti indicano l'avvenuta azione di una coppia che ha provocato la rotazione relativa tra l'anello interno e quello esterno dello statore, dovuta, verosimilmente, al grippaggio ed all'interferenza tra l'albero motore e lo schermo termico. Questa ipotesi è avvalorata dalla presenza di segni d'interferenza sulla superficie interna dello schermo. Era presente, inoltre, una cricca sullo spigolo dell'anello esterno, avente caratteristiche morfologiche tipiche di una rottura per fatica, innescata da un processo di corrosione intergranulare.

➤ *Analisi della paletta rotorica n. 22 del 2° stadio rotore turbina*

La paletta n. 22 è costituita da una lega a base di Nichel del tipo Inconel 100; le caratteristiche microstrutturali e di durezza sono simili a quelle riscontrate su una paletta integra del medesimo stadio. Essa presentava una rottura sotto al basamento, estesa per tutta la sezione alla radice (foto 24). La rottura era progressiva e si era propagata a partire da più punti di innesco, posti nella parte laterale destra, in

prossimità dello spigolo della radice, sul lato svasatura. La superficie di rottura presentava la tipica morfologia della rottura per fatica ad alto numero di cicli, con una zona di propagazione stabile estesa per circa il 4% della lunghezza (zona A foto 25 e foto 26) ed una successiva zona di propagazione instabile, estesa per circa l'8% (zona B foto 25 e foto 27); sulla restante parte di superficie erano presenti soltanto segni di rottura per sovraccarico (zona C foto 25 e foto 28). Nella zona d'inesco non sono stati rilevati difetti microstrutturali o discontinuità morfologiche, che, agendo da concentratori di sollecitazione, possano aver provocato un innesco precoce del fenomeno progressivo; deve ritenersi pertanto che la rottura sia stata provocata dal superamento del limite di fatica del materiale. Inoltre, era presente un'ossidazione termica molto pronunciata nella zona d'inesco (foto 29), poi decrescente progressivamente lungo la direttrice di propagazione, sino a ridursi ad una leggera alterazione nella zona di schianto. Questa tipologia di ossidazione è indice di un processo che ha agito per lungo tempo nella zona d'inesco, mentre nella regione di propagazione il tempo d'esposizione è diventato progressivamente decrescente, lungo le direttrici di crescita della cricca di fatica. La vistosa differenza riscontrata sul grado di ossidazione termica nelle zone d'inesco e di schianto consente di affermare che il complesso dei fenomeni ossidazione/fatica ha avuto una durata molto maggiore del tempo di mero collasso del turbomotore. Il tempo intercorso fra la nucleazione della cricca di fatica e la rottura della paletta è stato superiore a quello intercorso tra il manifestarsi dell'avaria e l'arresto del motore. In definitiva, il fenomeno della fatica si è instaurato sensibilmente prima della rottura della paletta n. 22 ed il sopravvenire del collasso ha provocato soltanto una leggera alterazione termica nella zona di schianto.

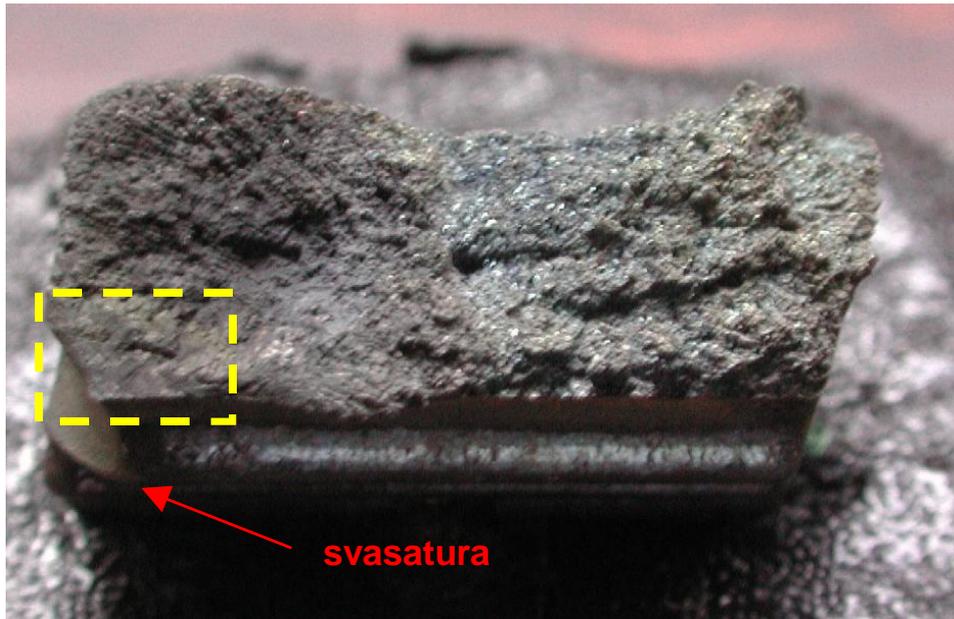


Foto 24: paletta 22, superficie di rottura.

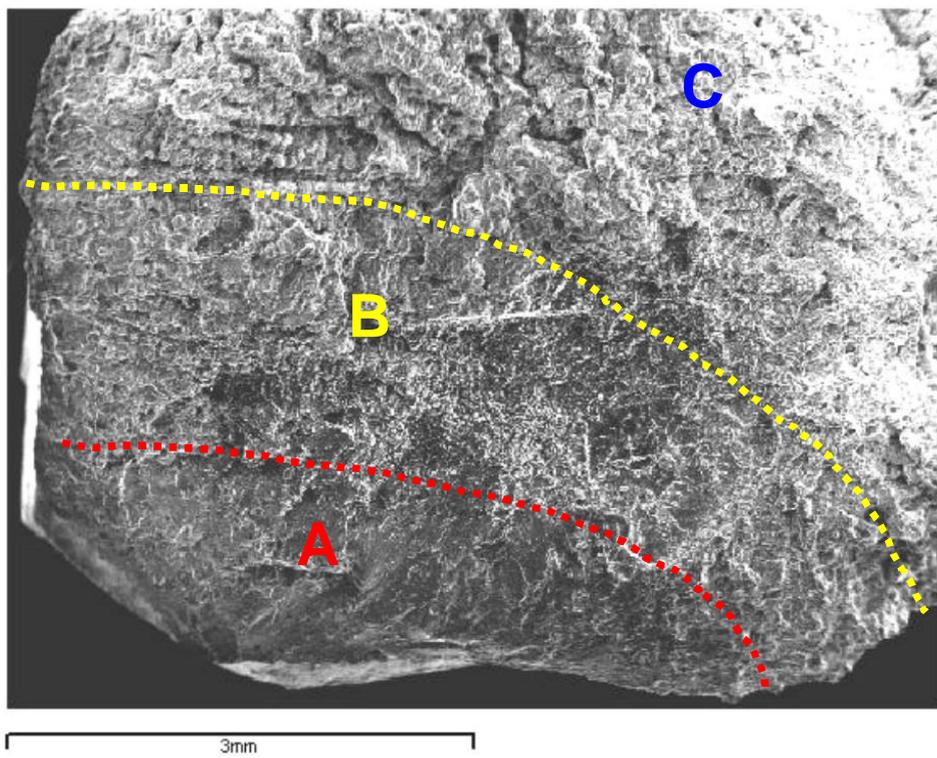


Foto 25: paletta 22, superficie di rottura osservato mediante microscopio elettronico.

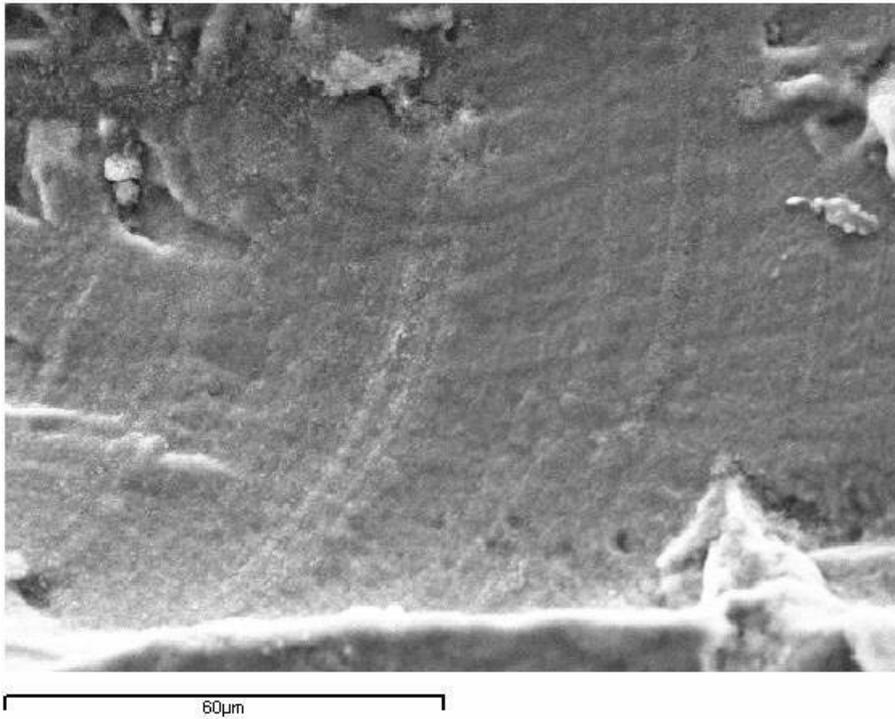


Foto 26: morfologia di avanzamento della rottura per fatica.

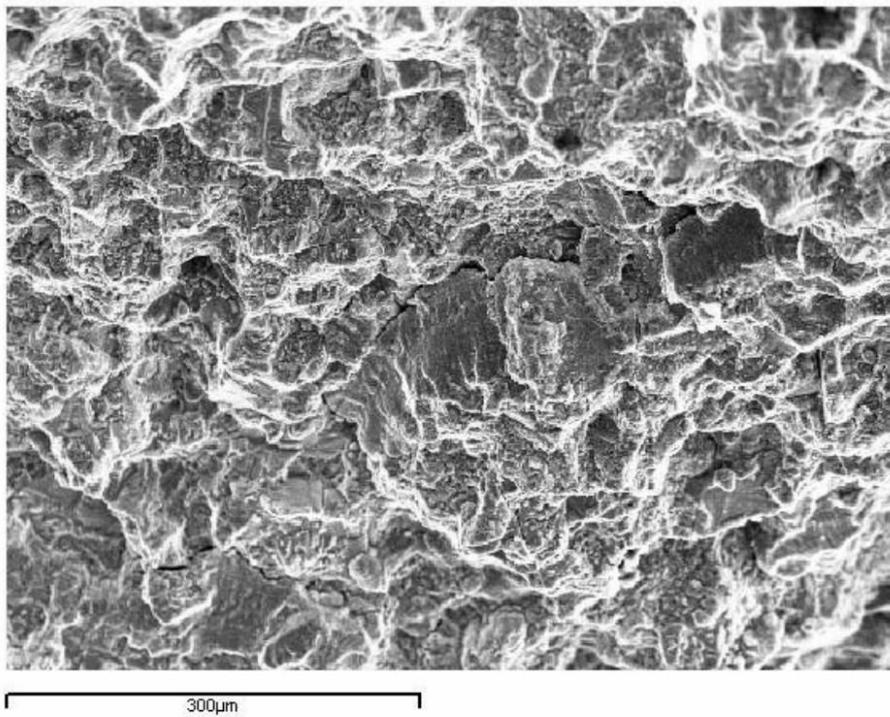
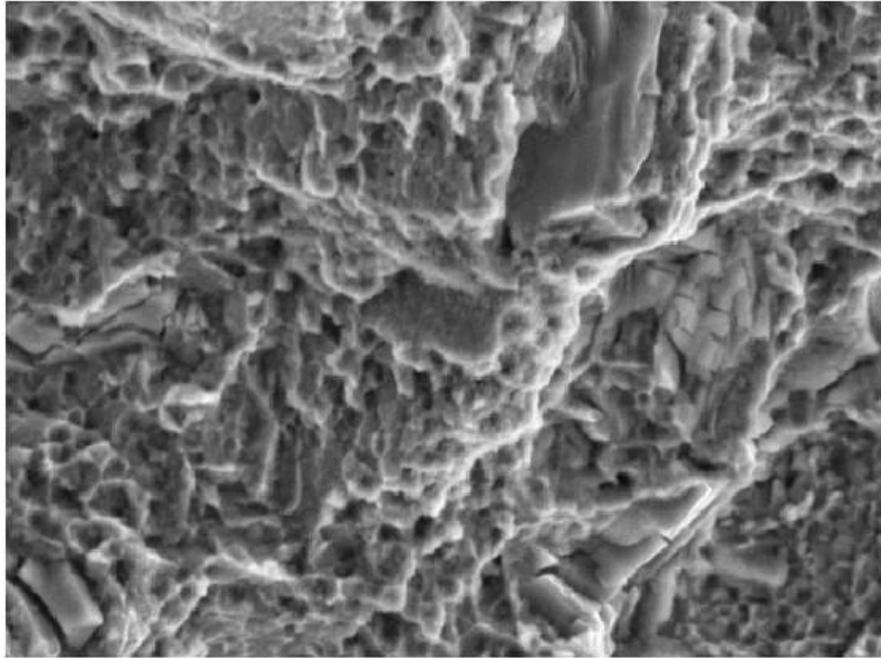
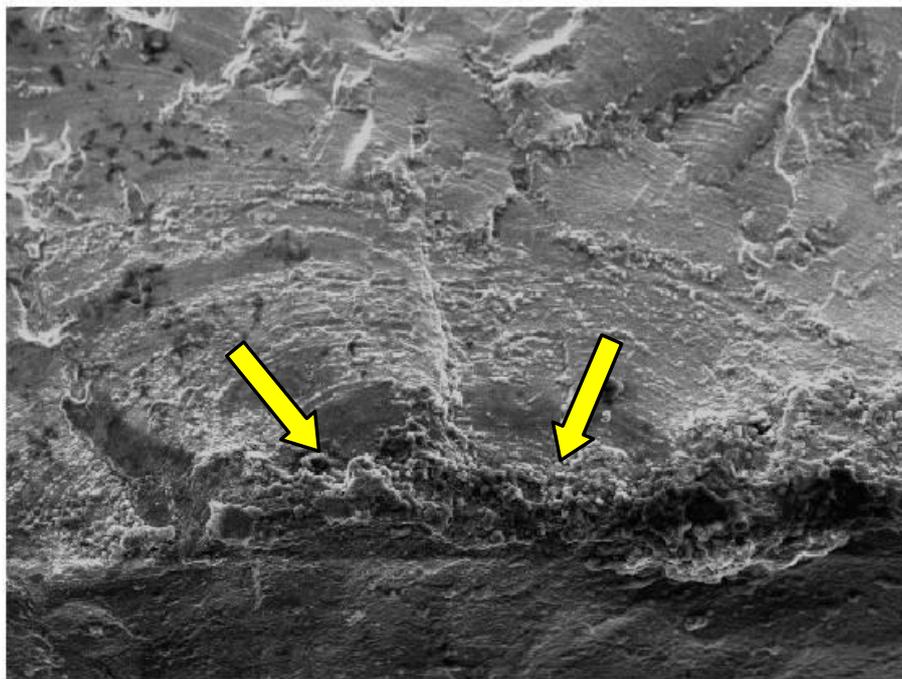


Foto 27: propagazione instabile.



40µm

Foto 28: microbuche da sovraccarico.



400µm

Foto 29: zona di innesco.

➤ *Analisi delle palette rotoriche n. 19-20-21 del 2° stadio turbina*

Le rotture riscontrate su tali palette erano posizionate in corrispondenza degli apici delle stesse e sono da attribuire interamente al sovraccarico dovuto all'interferenza con i frammenti della paletta n. 22, oppure con gli anelli esterni di contenimento. Durante l'avaria del turbomotore, a causa delle interferenze tra le parti statiche e le parti rotanti, si è verificata l'ablazione dell'albero e la proiezione di materiale fuso, poi depositatosi sulla radice delle palette rotoriche. È stata pertanto misurata la distanza tra la faccia posteriore della radice delle palette e il limite interno del deposito su due palette campione, scelte tra quelle che avevano subito la massima e la minima traslazione. Tale misura, infatti, consente di risalire alla posizione che le palette avevano prima dell'incidente. Le misure effettuate sulle palette n. 16 e n. 23, risultate in ottimo accordo con quelle già eseguite dalla Fiat Avio, hanno confermato che, durante l'avaria del turbomotore, era già presente uno spostamento differenziale delle palette, di circa un millimetro (0,8 mm, si ricordi che le misure eseguite presso la Fiat Avio avevano fornito il valore di 1,38 mm).

➤ *Analisi rotture sullo statore 2° stadio*

La lacerazione sull'anello esterno dello statore 2° stadio presentava delle evidenti slabbrature rivolte verso l'esterno, che interessavano un arco di circonferenza sotteso da una corda di circa 14 cm, in corrispondenza di otto palette. Tale lacerazione è, con tutta probabilità, dovuta proprio alla rottura delle palette rotoriche del 2° stadio.

➤ *Prove di durezza sull'albero posteriore*

Le misure di durezza sull'albero posteriore hanno evidenziato, nella zona danneggiata, un valore medio di durezza di tre punti Rockwell C inferiore rispetto a quello ottenuto nella zona non danneggiata.

➤ *Analisi del campione di combustibile*

Le analisi chimiche sul campione di carburante prelevato dall'aeromobile hanno accertato una composizione costituita essenzialmente da idrocarburi saturi, tipica dei cheroseni di utilizzo aeronautico, con frazioni naftalenica ed aromatica presenti in concentrazione molto bassa rispetto a quella tipica di un combustibile avio grado Jet-A-1. Non è stata rilevata la presenza di additivo antighiaccio, né di prodotti petroliferi a più alto peso molecolare, rispetto a quelli previsti, evidenza che permette di escludere una contaminazione da olio lubrificante del motore.

➤ *Analisi del campione di olio lubrificante*

L'analisi ha evidenziato che il campione è costituito da una base sintetica tipica degli oli sintetici, con presenza di additivi antiossidanti ed antiusura, in concentrazione tale da poter escludere l'insorgenza di fenomeni ossidativi, di natura sia termica che meccanica. È stata altresì esclusa la contaminazione da combustibile e fluido idraulico.

➤ *Analisi del tirante posteriore "Tie Bolt"*

Sono stati effettuati esami visivi al microscopio metallografico ed esami microstrutturali della zona blu-violacea e di quella non alterata cromaticamente, al fine di individuare eventuali alterazioni strutturali indotte da surriscaldamento. Tali indagini, unitamente a prove di durezza, eseguite sia al cuore che alla profondità di 80 micron dalla superficie, hanno consentito di escludere alterazioni strutturali apprezzabili nella zona surriscaldata, rispetto a quella non alterata cromaticamente.

Osservazione ed analisi della paletta n. 23

L'ispezione visiva e le misure svolte sulla paletta rotorica n. 23 del 2° stadio della turbina generatrice di gas hanno permesso di accertare le seguenti anomalie:

- rottura del fermo in corrispondenza della piegatura anteriore;
- spostamento assiale posteriore pari a 1,38 mm;
- presenza di un solco, ampio circa 1,5 mm e profondo circa 0,5 mm, sulla faccia posteriore della radice, distante circa 4,8 mm dal basamento; tale danno è presente solo sulla paletta n. 23;
- abrasioni e spalmature sul fianco del basamento rivolto verso la paletta n. 22; il danneggiamento più esteso è lungo circa 3 mm ed ha origine a circa 1 mm dallo spigolo posteriore.

C'è da considerare, inoltre, che la maggioranza delle palette rotoriche del 2° stadio turbina, compresa la n. 23, presenta usura da strisciamento, più marcata verso lo spigolo interno, sul lato posteriore del basamento.

Il solco riscontrato sulla radice della paletta n. 23 può originarsi unicamente a seguito di una traslazione della paletta verso il retro motore. La traslazione della paletta, a sua volta, può avvenire solo se la stessa sia svincolata dal proprio fermo, che, in effetti, è stato trovato rotto sulla piegatura inferiore. Le abrasioni e le spalmature rinvenute sul fianco del basamento della paletta, nella parte rivolta verso la paletta n. 22, dimostrano l'avvenuto contatto tra i

basamenti delle due palette, consentito dalla parziale fuoriuscita dalla propria sede della palette n. 23 (a causa della rottura del fermo).

Ricerche documentali effettuate

Durante l'inchiesta è stata analizzata la documentazione relativa alle istruzioni tecniche emanate dalla Turbomeca, in ordine al sistema di bloccaggio delle palette rotoriche del turbopropulsore Arriel mod. 1D1 e ai valori degli spostamenti ammessi delle palette della turbina 2° stadio generatrice di gas (modulo M03), al fine di riscontrare e valutare eventuali carenze nelle disposizioni manutentive.

Sono, di seguito, illustrati, in ordine cronologico, i bollettini tecnici emessi dalla casa costruttrice del motore.

- Alert Letter n. 1920/99/ARRIEL/50 del 19.11.1999 “*Perdita di potenza o spegnimento non comandato in volo dovuto alla perdita di una palette della turbina o di una interpala del generatore di gas 2° stadio turbina*”, valido per tutte le varianti dell'Arriel 1: sono dichiarate delle anomalie al sistema di bloccaggio delle palette, riscontrate su 7 motori, a partire dal 1998. In particolare, viene dichiarato che le prime conclusioni delle investigazioni effettuate dalla casa costruttrice mostrano che i danneggiamenti sono conseguenza di anormali condizioni di funzionamento nell'ambiente del disco turbina secondo stadio e/o di utilizzazioni eccedenti le limitazioni del motore. Viene inoltre asserito che la perdita di una palette o di una interpala (cioè di una porzione di disco compresa tra la sede di due palette contigue) è il risultato ultimo di un processo di degradazione complessa, che si sviluppa nell'arco di varie centinaia di ore di funzionamento del motore.
- ASB n. A292-72-0263 del 14.6.2000 ed. básica “*Ispezione del generatore di gas 2° stadio pale turbina*”, valido per i motori 1D e 1D1, applicabilità “obbligatorio” (*mandatory*): definisce esplicitamente lo spostamento delle palette come una condizione che può compromettere la sicurezza del volo, in quanto può provocare danneggiamenti al motore e lo spegnimento in volo.

Le istruzioni tecniche impongono il seguente programma di interventi.

- Il limite di revisione del modulo M03 di cui fa parte il rotore 2° stadio è di 3000h. Successivamente, il controllo sul modulo M03, per motori operati per più di 1200h dopo *overhaul* (oppure manutenzione pesante, riparazione) o dopo 3500 cicli, deve avvenire alla 500 ore successiva.

- Smontaggio del modulo M03 e controlli per verifica diretta.
- Ispezione diretta dello stato dei fermi (*locking pin*) con ausilio ottico (lente d'ingrandimento).
- Misurazione diretta della traslazione delle palette (traslazione massima pari a 0,4 mm).
- Misurazione diretta della libertà di movimento delle palette.

Il suddetto ASB è stato revisionato altre tre volte prima della data dell'incidente.

Nel dettaglio:

- ASB n. A 292-72-0263, aggiornamento n. 1 del 13.09.2000;
- ASB n. A 292-72-0263, aggiornamento n. 2 del 16.07.2001;
- ASB n. A 292-72-0263, aggiornamento n. 3 del 29.07.2002.

L'ultima registrazione presente sul libretto motore, in data 28.6.2002, riporta che il motore aveva 1338 ore e 2901,05 cicli da RG. In tale data aveva eseguito nello stesso intervento le ispezioni 30h, 50h, 100h, 150h, 200h, 500h, 750h e la sostituzione olio motore. In quella data era applicabile l'aggiornamento 2 dell'ASB n. A292-72-0263, che manteneva la scadenza del controllo alla prima 500h effettuata a seguito del raggiungimento delle 1200 ore di funzionamento. Dunque il controllo del M03, in virtù della versione 2 dell'ASB, sarebbe dovuto avvenire in quella sede, a 1338 ore, perché in quel momento è stata effettuata la prima 500h a seguito del raggiungimento delle 1200h (si veda, di seguito, un estratto dell'ASB in argomento).

ARRIEL 1**Application: Mandatory****Subject: Inspection of gas generator 2nd stage turbine blades.**

The technical information contained in this document has been approved under the Authority of JAA Design Organization Approval No. F.JA.05" on 16.07.2001 (Ref. FA 2001/056)

1. Planning information**A. Effectivity****(1) Validity**

- **ARRIEL 1 D - 1 D1.**

(2) Application**(a) Definition of the application for engines in service**

Mandatory: Incorporation of the Alert Service Bulletin is required to eliminate a condition which can affect flight safety. The incorporation required can be immediate or adapted to a scheduled program.

(b) Conditions of the application for engines in service**(b.1) Application at the operator's**

At next 500 hour inspection if module M03 was operated more than 1 200 hours or 3 500 cycles since last deep maintenance intervention, repair, overhaul or new.

(b.2) Application in a TURBOMECA approved Repair Center

At first return to an approved Repair Center whatever the reason for return if module M03 was operated more than 1 200 hours or 3 500 cycles since last deep maintenance intervention, repair, overhaul or new **and** at first return whatever the module operating hours if access to the turbine is possible.

Di tale controllo, che avrebbe dovuto dare luogo a registrazione obbligatoria, non vi è alcuna traccia nel libretto motore e la Turbomeca non ha ricevuto il report previsto dall'ASB (da compilare ed inviare alla ditta a valle degli esiti dell'ispezione).

1.17. INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI

La Air Service Center srl, esercente l'elicottero marche I-AMVE, era in possesso del CIT per lo svolgimento di attività trasporto pubblico passeggeri, trasporto pubblico merci, lavoro aereo e scuola ed era abilitata ad operare con i modelli di elicottero Eurocopter serie AS350, Agusta A109 C, Hughes Hel. 369 e Schweizer Aircraft 269.

In virtù di un contratto stipulato con la Sestrieres SpA in data 25.11.2002 e valevole nel periodo 30.11.2002–30.4.2003, la Air Service Center srl aveva posizionato, in località Sestriere, il proprio elicottero marche I-AMVE (sostituibile immediatamente con un altro in caso di avaria), da utilizzare per: soccorso e trasporto infortunati su barella omologata; trasporto personale tecnico per manutenzione impianti di risalita; lavori al gancio baricentrico. Il servizio doveva essere garantito tutti i giorni, dalle effemeridi del mattino a quelle della sera, condizioni meteorologiche permettendo. Il contratto prevedeva, inoltre, che la società assicurasse la presenza costante al Sestriere di un pilota e di un tecnico, entrambi in possesso di buona conoscenza topografica del comprensorio sciistico "Vialattea" gestito dalla Sestrieres SpA e che gli stessi garantissero la propria reperibilità (per radio o per telefono).

La Air Service Center srl avrebbe potuto svolgere autonomamente altri servizi, all'interno dello stesso comprensorio sciistico (quali elitaxi, eliturismo, eliski e lavori aerei in genere), da interrompere immediatamente nel caso di richiesta dell'aeromobile da parte della Sestrieres SpA. L'incidente dell'I-AMVE è occorso proprio nell'ambito dell'esercizio di una delle attività elencate nella testé citata clausola contrattuale (eliski).

Il medesimo contratto precisava che l'espletamento di tutte le pratiche per l'apertura della elisuperficie e l'osservanza di tutte le procedure di decollo, atterraggio e sicurezza sarebbero stati a carico della Air Service Center.

Sempre sotto il profilo della organizzazione pare inoltre opportuno richiamare in questa sede la normativa vigente al tempo dell'incidente e di diretto interesse per il caso in esame (in particolare il *Doc Ministero dei trasporti-DGAC 41/23100/M3 "Norme operative per l'esercizio degli aeromobili in servizio di trasporto pubblico"*, di seguito citato solo come Doc. 41/23100/M3), al fine della successiva analisi:

- «L'impiego di aeromobili monomotori è consentito solo in condizioni meteorologiche di volo a vista ed in aree geografiche che consentano, in caso di avaria al gruppo motopropulsore, un sicuro atterraggio di emergenza.» (Doc. 41/23100/M3, capitolo 3, paragrafo 2);

- «L' esercente è responsabile della corretta pianificazione e del regolare esercizio delle operazioni di volo in relazione all'impiego degli aeromobili sugli aeroporti e lungo le rotte tenuto conto del grado specifico di addestramento degli equipaggi di condotta, delle caratteristiche operative di impiego degli aeromobili e della disponibilità dei servizi di assistenza al volo» (Doc. 41/23100/M3, capitolo 3, paragrafo 4);
- «Il Manuale di Rotta deve essere una raccolta di tutte le informazioni che l' esercente ritiene necessarie per l' appropriata condotta delle operazioni di volo lungo le rotte che intende seguire. Deve contenere almeno una raccolta delle informazioni, anche in forma cartografica, relative all'organizzazione degli spazi aerei, alle procedure di volo, agli impianti per le comunicazioni e per la navigazione, alle procedure d'allarme e soccorso nonché di tutte le altre informazioni che possono essere necessarie alla preparazione e alla effettuazione del volo (aree, aeroporti, STAR, SID, ecc.)» (Doc. 41/23100/M3, capitolo 16, paragrafo 5).

Durante l'inchiesta non è stato rinvenuto il citato *Manuale di rotta*.

Alla data in cui viene redatta la presente relazione le normative valide e disponibili nel 2003, trattate per lo svolgimento dell'inchiesta, sono state superate da normative più recenti.

L'eliski è un servizio ampiamente diffuso nelle vicinanze dei rilievi montuosi italiani, specialmente l'arco alpino, in località vicine a quelle ove si è verificato l'incidente o similari per caratteristiche orografiche.

Gli elicotteri utilizzati sono spesso monomotore, anche della medesima tipologia di quello trattato nella presente relazione. Vengono offerte dietro compenso varie possibilità per raggiungere mediante elicottero diverse mete sciistiche.

Alla data della presente relazione la principale fonte normativa per le operazioni aeree è rappresentata dal regolamento UE n. 965/2012 della Commissione, che stabilisce norme dettagliate relative alle operazioni commerciali di trasporto aereo effettuate con aeromobili ed elicotteri. Esso prevede che l'effettuazione dell'attività di trasporto passeggeri possa essere condotta con elicotteri monomotore (*performance class 3*) da un operatore aeronautico in possesso di un AOC rilasciato dall'autorità aeronautica nazionale. Il rilascio di tale attestazione avviene dietro verifica di una serie di requisiti, tra cui il seguente:

CAT.OP.MPA.137 Routes and areas of operation — helicopters

The operator shall ensure that:

- (a) for helicopters operated in performance class 3, surfaces are available that permit a safe forced landing to be executed, except when the helicopter has an approval to operate in accordance with CAT.POL.H.420;

Si deduce che sostanzialmente sussiste, a tutt'oggi, il requisito per chi opera con monomotori di dover fornire evidenza delle rotte praticate, al fine di poterne verificare l'idoneità in termini di esistenza di superfici lungo il tragitto ove poter operare atterraggi di emergenza.

Il citato regolamento UE prevede, altresì, la possibilità di operare in *performance class 3* al di fuori di un'area congestionata in ambiente ostile (ad esempio, dove non può essere garantita la riuscita di un atterraggio forzato) per gli elicotteri dotati di motore a turbina con un numero di passeggeri non superiore a 6 (MOPSC, escluso l'equipaggio di condotta) secondo i dettami della seguente disposizione.

CAT.POL.H.420 Helicopter operations over a hostile environment located outside a congested area

- (a) Operations over a non-congested hostile environment without a safe forced landing capability with turbine-powered helicopters with an MOPSC of six or less shall only be conducted if the operator has been granted an approval by the competent authority, following a safety risk assessment performed by the operator. Before such operations take place in another Member State, the operator shall obtain an endorsement from the competent authority of that State.
- (b) To obtain and maintain such approval the operator shall:
 - (1) only conduct these operations in the areas and under the conditions specified in the approval;
 - (2) not conduct these operations under a HEMS approval;
 - (3) substantiate that helicopter limitations, or other justifiable considerations, preclude the use of the appropriate performance criteria; and
 - (4) be approved in accordance with CAT.POL.H.305(b).

CAT.POL.H.305 Operations without an assured safe forced landing capability

- (a) Operations without an assured safe forced landing capability during the take-off and landing phases shall only be conducted if the operator has been granted an approval by the competent authority.
- (b) To obtain and maintain such approval the operator shall:
 - (1) conduct a risk assessment, specifying:
 - (i) the type of helicopter, and
 - (ii) the type of operations;
 - (2) implement the following set of conditions:
 - (i) attain and maintain the helicopter/engine modification standard defined by the manufacturer;
 - (ii) conduct the preventive maintenance actions recommended by the helicopter or engine manufacturer;
 - (iii) include take-off and landing procedures in the operations manual, where they do not already exist in the AFM;
 - (iv) specify training for flight crew; and
 - (v) provide a system for reporting to the manufacturer loss of power, engine shutdown or engine failure events;and
 - (3) implement a usage monitoring system (UMS).

Pertanto, le operazioni condotte con monomotore a turbina (come quello oggetto della presente relazione di inchiesta) in aree impervie, prive della continua possibilità di effettuare un atterraggio di emergenza, oggi possono essere condotte previo rilascio di un apposito permesso, per il quale l'operatore deve fornire evidenza di essere aderente ai dettami sopra riportati del regolamento UE n. 965/2012, CAT.POL.H.305.

1.18. INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

Testimonianze

L'unico passeggero sopravvissuto ha fornito informazioni utili all'inchiesta. In particolare, egli ha precisato di trovarsi seduto sui sedili posteriori dell'elicottero e di aver avuto, durante il volo, il sole sostanzialmente frontale, anche se leggermente spostato a sinistra. Inoltre, con l'ausilio di una carta geografica, ha fatto la ricostruzione del tragitto percorso dal decollo al luogo dell'incidente (figura 5).

Ha inoltre ricostruito gli ultimi attimi prima dell'incidente, precisando che una volta arrivati sul punto di "scollinamento", che era prossimo all'area di sbarco dei passeggeri, in cabina si udiva il suono intermittente di un avvisatore acustico, a seguito del quale il pilota urlava che c'era una emergenza e che era necessario saltar fuori dall'elicottero.

A seguito dell'urlo, la guida alpina presente a bordo apriva immediatamente il portellone scorrevole dell'elicottero, a fianco del quale era seduta, mentre l'elicottero iniziava a precipitare.

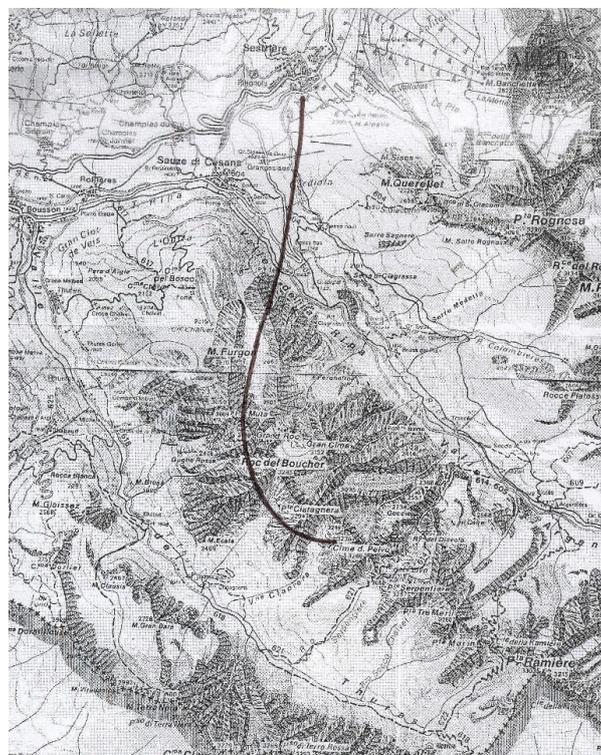


Figura 5: ricostruzione della traiettoria dell'I-AMVE.

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. FATTORE TECNICO

Aspetti manutentivi

Il 13.11.2000 (a 951h 16'), Helicopters Italia provvedeva all'applicazione dell'ASB n. A292-72-0263 (aggiornamento 1, in vigore al momento) e trasmetteva a Turbomeca i risultati dei controlli effettuati sul motore S/N 9224 dell'elicottero I-AMVE, su cui era installato il modulo M03 S/N 9212. I risultati evidenziavano una traslazione delle palette pari a 0,33 mm (minore della massima ammessa, pari a 0,4 mm). Helicopters Italia dava, pertanto, esito favorevole alla navigabilità e riammetteva il modulo S/N 9212 al montaggio sul motore S/N 9224, per il successivo servizio di volo.

Al momento dell'incidente, il turbomotore dell'I-AMVE aveva accumulato ulteriori 661h di volo (rispetto al 13.11.2000) e non aveva subito ulteriori controlli sul modulo M03, nonostante la sussistenza del bollettino n. A292-72-0263. Nel dettaglio, il bollettino in parola, nel suo aggiornamento 2, sarebbe stato da applicare all'ispezione 1338 ore effettuata il 28.6.2002, nella quale erano stati accorpati diversi controlli, tra cui l'ispezione 500h successiva al raggiungimento delle 1200 e per la quale risultava dovuta la verifica del modulo M03. Dato che a 951 ore la traslazione delle palette era risultata poco al di sotto del limite accettabile, è estremamente probabile che il controllo ripetuto alla tempistica prevista avrebbe comportato interventi manutentivi volti alla risoluzione del problema della eccessiva traslazione delle palette. Questo avrebbe verosimilmente evitato l'incidente, visto che le analisi tecniche sui danneggiamenti hanno individuato nella improvvisa perdita di potenza del turbomotore la causa che ha innescato l'incidente stesso.

Alla data in cui la presente relazione viene redatta, la documentazione tecnica che tratta il suddetto controllo è l'EASA AD 2012-0143, emessa in data 1 agosto 2012, che prevede quanto riportato nella seguente tabella.

Table 1.a: 2 nd Stage Turbine Inspection Requirements				
Once the 2 nd stage turbine has accumulated 1 200 EFH or 3 500 cycles since new or since inspection in a repair centre:				
Configuration	Condition	Action	Compliance Time	Repetitive Interval (Not to Exceed)
ARRIEL 1B, ARRIEL 1D, ARRIEL 1D1	If no check has been previously done or if the blades have been in operation for more than 100 EFH since a check according to relevant MSB ⁽¹⁾	Do a check of the relative position of the 2 nd stage turbine blades, in accordance with MSB A292 72 0807 Version E, Par. 2B(1)(a)&(b) or 2B(2)(a)	Within 50 EFH	150 EFH, until installation of an inspected pre-TU347 turbine fitted with new blades
	If the blades have been in operation for less than 100 EFH since a check done according to relevant MSB ⁽¹⁾		Within 150 EFH since the last check	
ARRIEL 1S1	If no check has been previously done or if the blades have been in operation for more than 100 EFH since a check according to relevant MSB ⁽²⁾	Do a check of the relative position of the 2 nd stage turbine blades, in accordance with MSB A292 72 0810 Version C, Par. 2B(1)(a)&(b) or 2B(2)(a),(b)&(c)	Within 50 EFH	150 EFH, until installation of an inspected pre-TU347 turbine fitted with new blades
	If the blades have been in operation for less than 100 EFH since a check done according to relevant MSB ⁽²⁾		Within 150 EFH since the last check	

Notes:

⁽¹⁾&⁽²⁾: Refer to Table 1.b

Table 1.b: Acceptability of checks performed in accordance with previous and latest MSBs			
Note	Variant	Previous MSBs	Latest MSBs
⁽¹⁾	ARRIEL 1B	MSB A292 72 0263 (Initial Issue to Update 5), or MSB A292 72 0807 (Version A to Version D)	MSB A292 72 0807 Version E
⁽¹⁾	ARRIEL 1D, ARRIEL 1D1	MSB A292 72 0263 (Initial Issue to Update 5), or MSB A292 72 0808 (Initial Issue to Update 1), or MSB A292 72 0809 (Version A to Version D)	
⁽²⁾	ARRIEL 1S1	MSB A292 72 0263 (Initial Issue to Update 5), or MSB A292 72 0810 (Version A to Version B)	MSB A292 72 0810 Version C

Si rileva che lo scadenziario proposto è diventato più conservativo e, comunque, non consentirebbe in alcun modo di cumulare 661 ore di funzionamento senza che lo spostamento delle palette dello stadio M03 fosse controllato.

Inoltre, la metodologia del controllo dello spostamento longitudinale delle palette 2° stadio turbina ed i limiti di accettazione (dettagliati nel MSB A292 72 0807 Version E) non sono variati sostanzialmente da quelli previsti nelle versioni originali dell'ASB 292-72-0263 applicabili all'epoca dell'incidente. La variazione maggiore è costituita dall'introduzione di un *tool* specifico di misurazione dello spostamento assiale, che comunque era già stato

inserito nell'aggiornamento 3 del 29.7.2002, precedente all'incidente e, dunque, indipendentemente dal verificarsi dello stesso.

Analisi tecniche

Le analisi frattografiche condotte sul motore hanno permesso di acquisire i seguenti elementi:

- 1) rottura a carattere intergranulare dei fermi delle palette del 2° stadio della turbina di potenza n. 2, 20 e 23;
- 2) traslazione all'indietro di 1,38 mm della paletta n. 23;
- 3) fenomeno di fatica sulla paletta n. 22;
- 4) rottura per sovraccarico delle palette adiacenti, n. 19, 20 e 21;
- 5) squarcio sull'anello esterno dello statore 2° stadio turbina;
- 6) deformazioni sull'anello di blindatura;
- 7) deformazione del tirante posteriore “*Tie Bolt*” e presenza di frammenti metallici rinvenuti sul motore.

È verosimile porre i suddetti elementi in relazione tra loro nel modo seguente: la rottura dei fermi ha consentito alle relative palette, in particolare alla 23, di scorrere nella direzione posteriore del motore. La traslazione della 23 ha posto questa ultima in contatto con la 22. L'azione del contatto sotto il carico del normale funzionamento ha verosimilmente indotto un fenomeno di concentrazione delle sollecitazioni, che ha portato all'instaurarsi del fenomeno di fatica riscontrato. Il cedimento della paletta è avvenuto allorché la sezione resistente non è stata più sufficiente a reggere i normali carichi di funzionamento. La separazione della paletta 22 ha, a sua volta, comportato uno sbilanciamento del disco rotorico e la rottura delle altre palette adiacenti 19, 20, 21. La proiezione di frammenti ha generato lo squarcio sull'anello esterno dello statore 2° stadio turbina. Tale danneggiamento ha comportato l'istantanea perdita di potenza del propulsore.

I fermi delle palette appaiono quindi essere i componenti che verosimilmente hanno innescato la sequenza di eventi. È stata stabilita la natura intergranulare della parte iniziale delle superfici di rottura rinvenute su di essi. Tale morfologia, in parti che lavorano ad alta temperatura, è spesso associabile a rotture progressive governate da fenomeni di *creep*, scorrimento viscoso a caldo: è una forma di degradazione della resistenza del materiale, prevalentemente dovuta ad una esposizione a temperature di lavoro eccessivamente elevate concomitante a stress meccanici. Un livello di temperatura più elevato del normale si

raggiunge, ad esempio, se il motore operi in ambiente polveroso. Nell'indagine è stato riscontrato un quantitativo di terreno all'interno del motore superiore al massimo ammissibile.

È da evidenziare che l'effetto della rottura di un fermo è quello di una aumentata possibilità di scorrimento delle palette. Come discusso al paragrafo precedente, tale eventualità, considerata effettivamente critica, era nota e tenuta sotto controllo dall'applicazione dell'ASB A292-72-0263 nelle sue varie edizioni.

2.2. FATTORE UMANO

Il pilota era in possesso dei prescritti titoli aeronautici per la effettuazione del volo conclusosi con l'incidente. Egli aveva al suo attivo una significativa attività di volo (oltre 2300h di volo). Elementi di criticità correlabili al fattore umano si ravvedono nelle modalità di carico dell'aeromobile e nella pianificazione del volo. Di seguito vengono trattati tali aspetti.

Peso e centraggio

Nella comunicazione di aviosuperficie non segnalata la Air Service Center dichiarava che per le missioni del 19 aprile l'elicottero I-AMVE era allestito in modo da avere una autonomia oraria di 3 ore. La tratta elisuperficie Sestriere-Punta Ciatagnera aveva una durata di circa 10'. L'incidente è avvenuto al termine della terza tratta del giorno, quindi dopo circa 30' di volo. L'elisuperficie Sestriere è a circa 2000 m di altitudine, mentre il luogo dell'incidente è a circa 3000 m. Dunque è ragionevole assumere che il consumo orario medio per le tratte del 19 aprile sia quello corrispondente ad un utilizzo medio a 2500 m (figura 6), circa 120 kg/h. Da ciò si ricava che tre ore di autonomia corrispondono a 360 kg di carburante e che in 30' di volo siano stati consumati circa 60 kg. Al momento dell'incidente l'I-AMVE imbarcava quindi presumibilmente 300 kg di carburante.

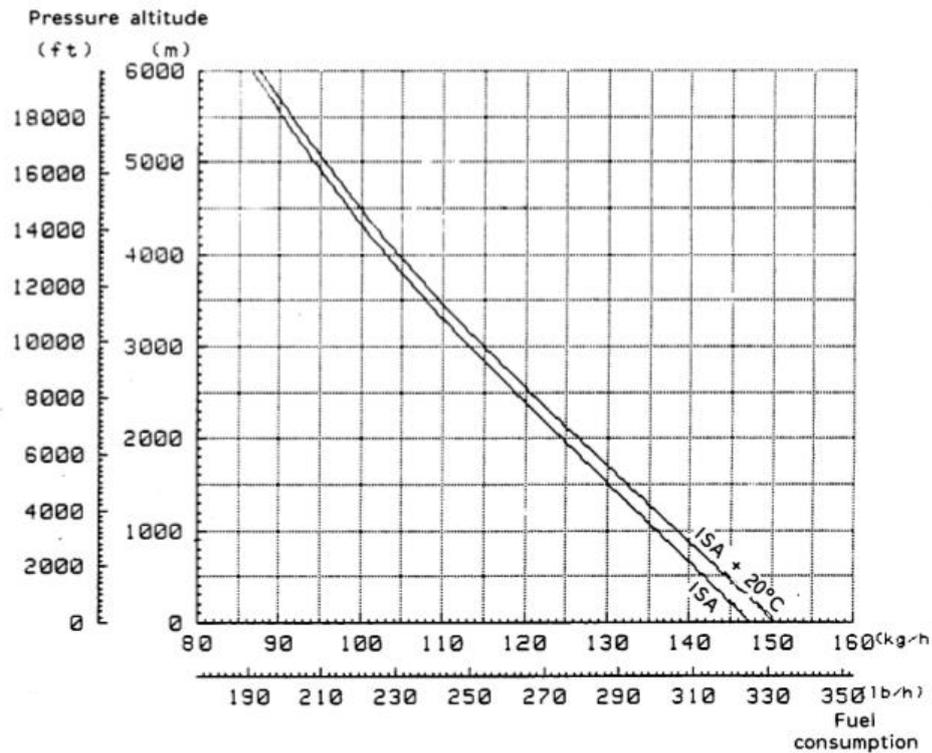


Figura 6: consumo orario AS350 B2.

A bordo dell'I-AMVE c'erano un pilota e 6 passeggeri. Tra questi una donna. Non si conoscono i pesi esatti degli occupanti. La JAR-OPS 3 allora in vigore avrebbe stabilito di considerare come masse standard da adottare le seguenti:

- 85 kg per il pilota, inclusivi di eventuale bagaglio;
- 90 kg per i passeggeri di sesso maschile;
- 72 kg per i passeggeri di sesso femminile.

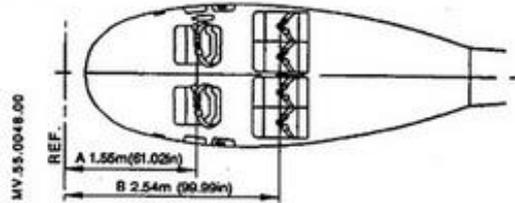
Al fine di essere conservativi nelle valutazioni, si trascurerà il peso dell'equipaggiamento dei passeggeri, sicuramente presente e rilevante, in quanto si trattava di sciatori.

Il peso a vuoto dell'AS350 B2 I-AMVE equipaggiato risultava pari a 1274 kg con un momento di 4465,37 kg m.

La determinazione dei momenti viene effettuata sulla base della procedura presente alla sezione 6.1 del *Flight Manual* (figura 7).

4.2 Loading Data

4.2.1 Crew and Passengers



METRIC UNITS		
WEIGHT kg	MOMENT : m.kg	
	(A)	(B)
60	93	152
80	124	203
100	155	254
120	186	305
140	219	356
160	248	406
180	279	457
200	310	508
220	341	559
240		610
260		660
280		711
300		762
320		812

Figura 7: determinazione dei momenti di equipaggio e passeggeri.

Si ricava, dunque, per il pilota e per 4 dei 6 passeggeri in cabina la seguente tabella.

	Peso [kg]	Momento [kg m]
Pilota	85	131,75
Passeggeri sedili posteriori (3 uomini + 1 donna)	342	868,68

La posizione di seduta della donna si deduce dalla disposizione dei cadaveri e del ferito riscontrata sul luogo dell'incidente (paragrafo 1.12.2.).

La configurazione *high density* richiede che al posto del sedile copilota vi sia un sedile doppio per due passeggeri. Il *Flight Manual* dell'AS350 B2 contiene specifiche indicazioni sul centraggio dell'elicottero in tale configurazione, nel supplemento operativo 21.

Determination of C.G. limits

Forward two-place seat	350 A 82.2046 350 A 82.2047	350 A 82.2128 350 A 82.2129
Weight	10.1 kg - 22.27 lb	11.4 kg - 25.22 lb
Moment	17.2 mkg - 1490 inlb	19.4 mkg - 1688 inlb

Front passenger distance : 1.70 m - 66.93 in.

Figura 8: determinazione del CG in configurazione *high density*.

La quota di peso e momento indotta dal sedile era già compresa nella pesata a vuoto dell'elicottero equipaggiato. Dunque, relativamente ai passeggeri su doppio sedile anteriore si ottiene utilizzando la distanza prevista di 1,7 m:

	Peso [kg]	Momento [kg m]
Passeggeri (2 uomini)	180	306

Si evidenzia che il massimo valore ammesso dal *Manuale* è comunque di 154 kg.

- The total weight of the two passengers on the forward two-place seat shall not exceed 154 Kg (339 lb).

Inoltre, nella versione del *Manuale* ad oggi applicabile “*shall*” è sostituito con “*must*”. Ciò sottolinea ulteriormente l'importanza del rispetto di tale limite.

In merito al peso e momento del carburante valgono le indicazioni della figura 9.

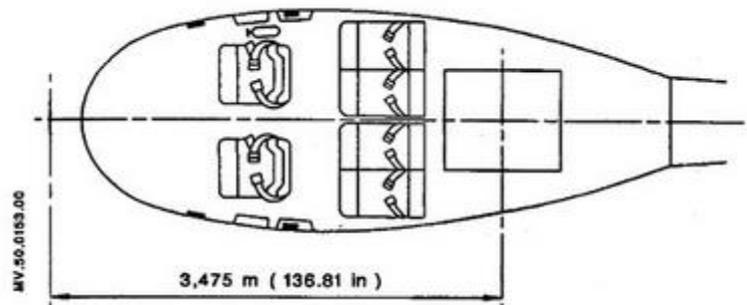


Figura 9: valutazione dei momenti per quantità di carburante.

Per 300 kg di carburante si ricava dunque un momento di 1042,5 kg m.

L'I-AMVE era equipaggiato con un cesto porta-sci laterale (*Hely Utility Basket*) il cui peso⁴ è di 29,5 kg con una distanza longitudinale di 3,422 m. Ciò porta ad un momento risultante di 100,95 kg m.

Nei casi in cui si preveda un utilizzo frequente in configurazioni tali da portare al limite il centraggio longitudinale, è previsto di poter installare delle masse nel tronco di coda, tali da poter bilanciare l'elicottero⁵. Nell'ipotesi più conservativa in cui fosse stato applicato il valore massimo di masse di bilanciamento si otterrebbe un peso aggiuntivo di 20,8 kg corrispondente ad un momento aggiuntivo di 209,65 kg m.

Complessivamente i pesi e momenti sono riassunti di seguito.

	Peso [kg]	Momento [kg m]
Peso a vuoto equipaggiato	1274	4465,37
Passeggeri su sedile doppio	180	306
Pilota	85	131,75
Passeggeri su sedile posteriore (3 uomini, 1 donna)	342	868,68
Carburante	300	1042,5
<i>Ballast</i> (masse bilanciamento)	20,8	209,65
<i>Heli Utility Basket</i>	29,5	100,95
Totali	2231,3	7124,9

La conseguente posizione del CG stimata è: $7124,9 \text{ kg m} / 2231,3 \text{ kg} = 3,19 \text{ m}$.

Tale valore di CG risulta fuori della posizione di centraggio longitudinale, con baricentro spostato anteriormente (ovale in figura 10).

Nei limiti delle ipotesi effettuate si ritiene tale stima attendibile e conservativa rispetto alla situazione reale, infatti:

- è ragionevole immaginare che le variazioni dei pesi degli occupanti, rispetto alla media ipotizzata, non siano sostanziali;
- è ragionevole ipotizzare che gli occupanti fossero pesantemente equipaggiati;
- è ragionevole ritenere che l'elicottero non avesse incorporato la modifica con il numero massimo di masse aggiuntive;

⁴ FMS D350-607 *Heli Utility Basket Eurocopter AS 350 models*.

⁵ AMM 08-10-00, 3-1 *Weighing – Helicopter Weighing*.

- se l'elicottero avesse imbarcato un quantitativo inferiore di carburante, il centraggio dello stesso sarebbe stato ulteriormente fuori limite;
- con un valore superiore di carburante, l'elicottero sarebbe stato sopra la MTOM; è verosimile che con il carburante utile per tre ore di autonomia la massa al decollo fosse superiore alla consentita. Infatti, già nell'ipotesi dei 360 kg di carburante alla partenza la massa sarebbe stata di 2291 kg, superiore dunque alla MTOM di 2250 kg.

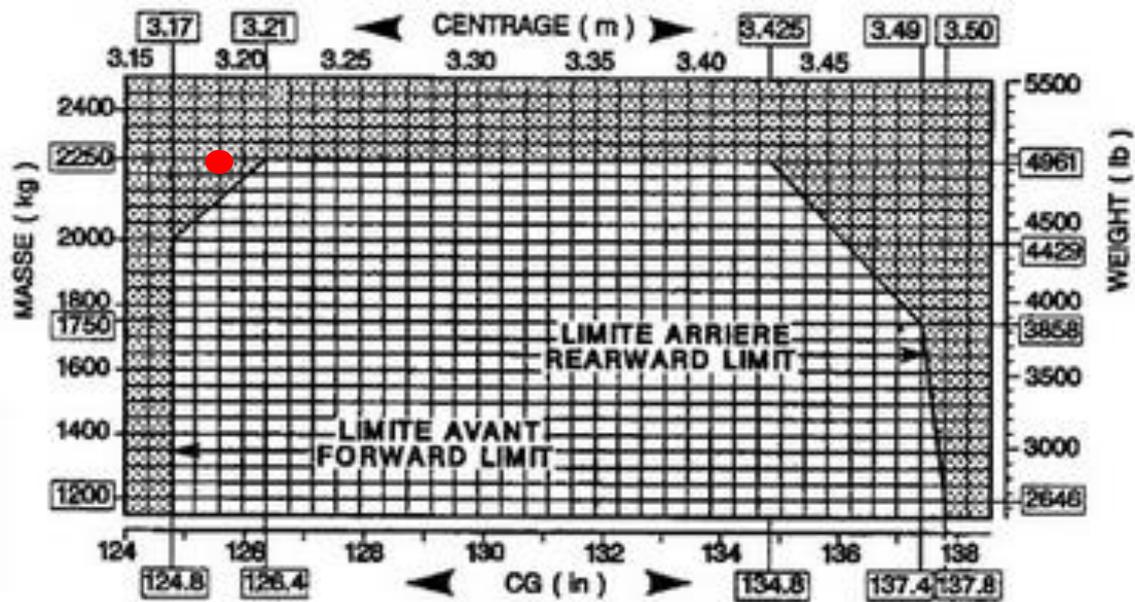


Figura 10: centraggio stimato al momento dell'incidente in ovale rosso.

Pianificazione del volo e condotta del volo

Il passeggero superstite ha dichiarato di aver sentito, una volta che l'elicottero era giunto al punto cosiddetto di "scollinamento" (prossimo all'area di sbarco dei passeggeri per l'inizio dell'attività di sci fuori pista), un segnale d'allarme intermittente. A seguito di ciò il pilota aveva urlato di saltare giù dall'elicottero e la guida, seduta accanto al portellone scorrevole di sinistra, lo aveva aperto immediatamente, mentre l'elicottero aveva iniziato a precipitare.

Sul tipo di elicottero in discussione gli *aural warning* sono di 3 tipi (figura 11):

- Giri rotore bassi (<360 RPM) – suono continuo, indice di una avaria motore;
- Giri rotore alti (>410 RPM) – suono intermittente;
- Giri nel *range* normale → possibile avaria idraulica.

Nel caso di specie, le indagini hanno appurato che si è verificata l'avaria del motore. È dunque verosimile che il rotore abbia avuto modo di perdere giri ed il suono continuo indicasse, per l'appunto, l'avaria motore (figura 12). Assumendo come valida tale ipotesi, il testimone avrebbe riportato la memoria di un suono intermittente, benché si fosse realizzato uno segnale continuo.

Una ulteriore ipotesi è che il suono fosse effettivamente intermittente per un repentino avviamento dell'autorotazione, che può aver indotto un veloce innalzamento dei giri.

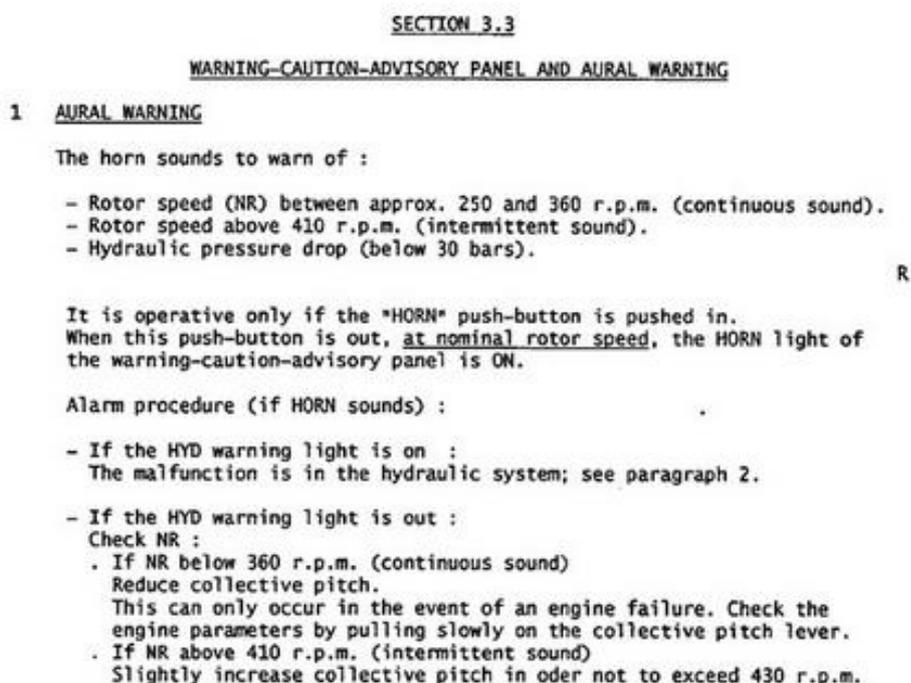


Figura 11: attivazione degli *aural warning*.

3 ENGINE FAILURE

3.1 Flame-out in Flight

The symptoms of an engine failure are as follows :

- . Jerk in the yaw axis (only in high-power flight).
 - . Drop in rotor speed (aural warning sounds below 360 rpm).
 - . Torque at zero.
 - . Ng falling off to zero :
 - . Generator warning light illuminates.
 - . Engine oil pressure drop warning light illuminates.
- In the event of an engine failure in flight, carry out autorotation transition procedure (see paragraph 2).

Figura 12: sintomi dell'avaria motore in volo.

Ad ogni modo è ragionevole ritenere che il pilota, al riconoscimento dei sintomi dell'avaria motore, abbia innescato la manovra di autorotazione (procedura riportata in figura 13). Sulle pale del rotore sono stati trovati segni di rotazione che risultano coerenti con questa tesi. Il comando carburante è stato rinvenuto in condizione normali di volo. Questo ultimo aspetto, pur rappresentando una discrepanza rispetto alla procedura, non sembra aver contribuito attivamente all'incidente, in quanto la scala temporale sulla quale si è sviluppato l'evento potrebbe non aver consentito di attuare questo passo della procedura.

L'autorotazione, infatti, può portare ad attutire l'impatto energetico col suolo, fino anche a produrre un atterraggio senza conseguenze, qualora sia eseguita correttamente e qualora all'inizio della manovre il pilota si trovi all'esterno della *avoidance zone* (figura 14).

2 AUTOROTATION LANDING

2.1 Autorotation Landing Procedure following Engine Failure

- Set low collective pitch.
- Monitor and control rotor r.p.m.
- Establish approximately 65 knots (120 km/hr) airspeed.
- Move the fuel flow control to the shutdown position.
- According to the cause of loss of the engine:
 - .Re-light the engine (see paragraph 3.2 of this Section).
 - .Otherwise : close the fuel shut-off valve
 - switch off : the booster pump
 - generator
 - alternator (if installed)
 - electrical power master "ALL-OFF" switch (if smell of burning).
- .Manoeuvre to head the helicopter into the wind in final approach.
- .At a height of approximately 65 ft (20 m) above the ground, flare to a nose-up attitude.
- At height 20-25 ft (6-8 m) and at constant attitude, gradually apply collective pitch to reduce the sink-rate.
- Resume level attitude before touch-down, and cancel any side-slip tendency.
- Gently reduce collective pitch after touch-down.

NOTE : IT IS POSSIBLE THAT THE TAIL SKID MAY TOUCH THE GROUND FIRST.

Figura 13: procedura di autorotazione.

L'*avoidance zone* varia in estensione in funzione del peso, della quota, e della temperatura esterna.

Considerando che:

- l'elicottero aveva appena superato la vetta di circa 3000 m, pari a 9842 piedi;
- la temperatura registrata quel giorno a Torino Caselle alla quota di circa 300 m era di 12 °C (in ipotesi di aria tipo la temperatura esterna a circa 3000 m sarebbe stata di circa -5,5 °C);
- la massa dell'elicottero è stata stimata essere prossima alla MTOM di 2250 kg;
- la presenza dell'*utility basket* influisce negativamente sulle prestazioni in autorotazione, nel dettaglio, il supplemento relativo a tale accessorio specifica quanto segue:

AUTORATION

Rate of descent may be increased by up to 100 FPM

- al momento in cui si è verificato l'avvio del segnale acustico riportato dal testimone l'elicottero era prossimo al punto di atterraggio, pertanto era verosimilmente in una fase di bassa velocità;
- la testimonianza riporta l'urlo dato dal pilota di saltare giù: tale circostanza non è realisticamente compatibile con quote e velocità elevate che avrebbero comunque comportato il decesso degli occupanti;

è verosimile ritenere che al momento dell'avaria motore l'elicottero si trovasse all'interno o in stretta prossimità dell'*avoidance zone* realizzata dall'insieme dei suddetti fattori. Dunque, è altamente probabile che le condizioni fossero tali da non consentire l'instaurarsi di una efficace manovra di autorotazione.

Tali valutazioni portano a ritenere che non sia stata eseguita una adeguata opera di pianificazione del volo in termini di tratta da seguire, quote, velocità da mantenere in relazione al verificarsi di possibili avarie. Ciò è ulteriormente supportato dall'osservazione dell'intera tratta seguita dall'elicottero, così come ricostruita dal testimone. Questa, infatti, non avrebbe consentito in ogni suo punto di effettuare un atterraggio di emergenza, così come previsto dal Doc. 41/23100/M3, capitolo 3, paragrafo 2.

2.3. FATTORE ORGANIZZATIVO

Sia l'elisuperficie del Sestriere sia l'area per lo sbarco degli sciatori non erano rispondenti ai requisiti tecnico/operativi previsti dal dm Trasporti 10.3.1988. Questo tuttavia non ha influito direttamente sul verificarsi dell'incidente.

Dalle evidenze acquisite risulterebbero disattese alcune disposizioni del *Doc Ministero dei trasporti-DGAC 41/23100/M3 "Norme operative per l'esercizio degli aeromobili in servizio di trasporto pubblico"*, in particolare per quanto concerne:

- l'impiego di elicotteri monomotore in aree geografiche che consentano, in caso di avaria al gruppo motopropulsore, un sicuro atterraggio di emergenza: l'I-AMVE è stato impiegato in un ambiente ostile, che difficilmente avrebbe consentito un sicuro atterraggio di emergenza stante la configurazione orografica del territorio sorvolato nell'ultima fase del volo;
- l'esistenza del *Manuale di rotta*, predisposto dall'esercente dell'I-AMVE, che non è stato rinvenuto: tale *Manuale* avrebbe dovuto contenere le rotte da seguire, definite in modo tale, in aderenza al precedente punto, da assicurare l'esistenza lungo le stesse di aree sicure dove atterrare nel caso di una emergenza in volo.

Le suddette evidenze, oltre a far emergere una carenza rispetto al puro soddisfacimento dei requisiti normativi, portano a ritenere che non fosse stata adeguatamente valutata l'importanza di seguire rotte specifiche (con velocità e quote connesse), che potessero mitigare il rischio nel caso di una avaria al motore, lasciando ai singoli piloti la decisione di come eseguire le operazioni.

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

- L'incidente è occorso durante lo svolgimento di attività di eliski in una zona montuosa, in località Punta Ciatagnera, ad una quota di 2850 m.
- L'impatto dell'elicottero è avvenuto in zona impervia, lungo una parete rocciosa con forte pendenza.
- A seguito dell'impatto l'elicottero si è diviso in due parti principali; a monte, la pinna dorsale, il rotore di coda e la parte posteriore del trave di coda, separato all'altezza dei pianetti; a valle, la parte anteriore, con la parte iniziale del trave di coda.
- L'indice del torsiometro presente nel pannello strumenti segnalava che la potenza del motore era nulla al momento dell'impatto.
- Non sono state riscontrare tracce di incendio.
- Il volo si era svolto di giorno, con buone condizioni meteorologiche.
- Il pilota era in possesso dei titoli aeronautici previsti ed aveva al proprio attivo una significativa attività di volo.
- L'unica persona sopravvissuta all'incidente ha riportato che, in seguito all'attivazione di un avviso acustico intermittente, il pilota urlava che c'era una emergenza e che era necessario saltar fuori dall'elicottero.
- L'analisi del turbomotore ha evidenziato la presenza di danneggiamenti precedenti al momento dell'incidente (fermo paletta 23 con rottura di natura intergranulare e paletta 22 con rottura per fenomeno di fatica) strettamente correlabili alla fenomenologia di traslazione eccessiva delle palette, che l'ASB n. A292-72-0263 nei suoi vari aggiornamenti mirava a tenere sotto controllo al fine di prevenire possibili spegnimenti in volo.
- Il motore Turbomeca Arriel 1D, S/N 9224, non era stato controllato in accordo all'ASB n. A292-72-0263, aggiornamento n. 2. Questo sarebbe stato da applicare all'ispezione 1338 ore effettuata il 28.6.2002, nella quale erano stati accorpati diversi controlli, tra cui l'ispezione

500h successiva al raggiungimento delle 1200 e per la quale risultava dovuta la verifica del modulo M03 per lo spostamento longitudinale delle palette del 2° stadio della turbina generatrice di gas.

- La tratta seguita dall'elicottero, così come ricostruita dal testimone, non avrebbe consentito, su tutto il percorso di volo, di effettuare un atterraggio di emergenza così come previsto dal Doc. 41/23100/M3, capitolo 3, paragrafo 2.
- L'operatore non disponeva del *Manuale di rotta* previsto dal Doc. 41/23100/M3, capitolo 16, paragrafo 5.

3.2. CAUSE

L'incidente è stato innescato da una improvvisa perdita di potenza del turbomotore. La condizione di avaria verificatasi è riconducibile alla mancata applicazione delle prescrizioni dell'ASB n. A292-72-0263, aggiornamento 2. Queste ultime avrebbero infatti verosimilmente consentito di individuare il difetto nell'ambito del controllo, se questo fosse stato applicato coerentemente agli scadenziari previsti.

I dati a disposizione portano inoltre a ritenere che il mancato rispetto delle procedure di peso e centraggio e la pianificazione del volo non appropriata abbiano ragionevolmente contribuito al verificarsi dell'incidente nel momento in cui si è manifestata l'avaria. Infatti, in un contesto orografico ostile, le condizioni di velocità e quota in cui l'elicottero si è venuto verosimilmente a trovare hanno portato ad una situazione probabilmente non gestibile da parte del pilota, anche mediante la manovra di autorotazione.

L'esercente avrebbe dovuto stabilire nel *Manuale di rotta* le rotte da seguire. L'assenza di tale documento porterebbe a ritenere che questo aspetto non fosse stato attentamente valutato, lasciando ai singoli la decisione di come eseguire le operazioni. Tale mancanza e la decisione di condurre le operazioni con elicotteri monomotore in un contesto impervio hanno rappresentato la condizione di rischio su cui si è sviluppato l'incidente.

CAPITOLO IV

RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA

4. RACCOMANDAZIONI

Nel corso dell'inchiesta l'ANSV ha emanato, a fini di prevenzione, due messaggi di allerta (sostanzialmente delle raccomandazioni di sicurezza), rispettivamente in data 24.4.2003 e 3.2.2004, che sono stati recepiti dall'ENAC.

Alla luce dei provvedimenti già adottati dall'EASA, l'ANSV non ritiene necessario emanare raccomandazioni di sicurezza ulteriori.