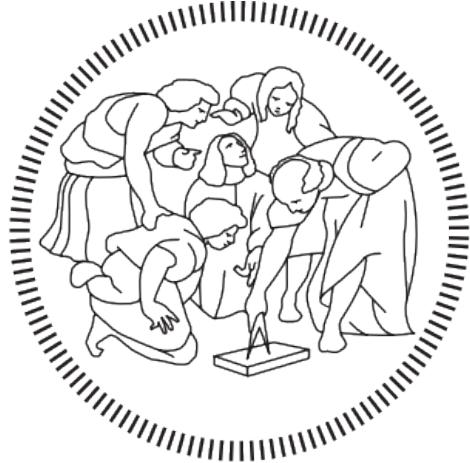


Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale



Crossair CRX 3597 - AVRO 146-RJ100

24 Novembre 2001

Corso di Sicurezza del Trasporto Aereo a.a. 2021/22
Relazione di analisi retrospettiva d'incidente aereo

Gruppo 1

Giulia Ghirardini
Sandra Giulia Fodor
Luca Galbiati
Emanuele Gallo
Francesco Gardiol

Giugno 2022

Obiettivi

Il presente report ha lo scopo di definire ed analizzare gli eventi e fattori che il 24 novembre 2001 hanno causato lo schianto al suolo del velivolo AVRO 146 RJ 100 perfettamente controllato (CFIT) della Crossair nella fase di atterraggio all'aeroporto di Zurigo.

Questa relazione si propone, quindi, di effettuare un'analisi retrospettiva di un incedente aereo reale, esulando da voler dare giudizi e commenti sull'accaduto, ma limitandosi a una semplice analisi dei fatti.

Modelli e metodi utilizzati

L’analisi dell’occorrenza verrà articolata in diverse fasi. Verranno fornite, in primo luogo, le informazioni relative alla storia del volo (Capitolo 1) in cui ci si occupa della descrizione delle vicende del volo e delle conseguenze del caso studio. Successivamente, si esamina il contesto organizzativo della vicenda, come ad esempio le strutture aeroportuali coinvolte, il tipo di aereo, la casa costruttrice e l’ente di controllo del traffico aereo. In particolare, però, ai fini dell’analisi non verrà trattato l’aeroporto di Berlino, dove viene effettuato il decollo, ma solo l’aeroporto di Zurigo, poiché al momento dell’incidente il volo CRX 3597 vi aveva già stabilito il contatto. Il Capitolo 3 stilerà, in maniera più approfondita, tutte le informazioni che serviranno poi per articolare la sequenza di macro-eventi che ci porteranno direttamente all’analisi vera e propria sviluppata nel Capitolo 4.

Nel capitolo sopra citato, verrà proposta, in primo luogo, una sequenza logico-analitica dell’occorrenza, in cui verrà dichiarata la divisione in eventi (quattro) dell’occorrenza su cui si baserà poi la ricerca delle cause. Per avere un quadro generale sullo sviluppo e delle cause degli eventi si procederà con la tassonomia ADREP, in cui verrà definito il tipo di incidente e le varie cause di errore per ogni evento. Successivamente si passerà all’analisi ISAAC per la ricerca delle cause, affinché si valutino gli errori umani e guasti tecnici, elementi contestuali e causali che possono avere implicazioni nello sviluppo degli eventi. Qualora il contributo umano nelle vicende dell’occorrenza fosse di entità rilevante verrà introdotta un’analisi CREAM. Infine, verranno introdotte le analisi tramite HFACS per definire a che livello avvengono errori, ed ARM-ERC per specificare la gravità degli errori e a quale grado di conseguenze possano portare. Per tutti i tipi di analisi sopra elencate non verranno esaminati tutti gli eventi, ma solo quelli che sono adatti per quel tipo di approccio.

Indice

Obiettivi	II
Modelli e metodi utilizzati	III
1 Storia del volo	1
1.1 Occorrenza	1
1.2 Specifiche del volo	1
1.3 Condizioni del velivolo prima dell'incidente	2
1.4 Equipaggio	3
1.4.1 Comandante	3
1.4.2 Primo ufficiale	7
2 Contesto organizzativo	9
2.1 Strutture aeroportuali coinvolte	9
2.1.1 Posizione	10
2.1.2 Operatività della struttura al momento dell'incidente	11
2.1.3 Condizioni meteo	11
2.2 British aerospace, BAe	13
2.2.1 AVRO 146-RJ100	13
2.3 Crossair	14
2.4 Ente di controllo del traffico aereo dell'aeroporto	15
3 Investigazioni	16
3.1 Danni e lesioni	16
3.2 Sequenza eventi	17
3.2.1 Preparazione del volo	17
3.2.2 Volo da Berlino-Tegel a Zurigo	18
3.2.3 Sequenza dei macro-eventi	22
4 Classificazione e ricerca cause primarie	23
4.1 Sequenza logico-analitica dell'occorrenza	23
4.2 Analisi ADREP	24
4.2.1 Occorrenza	25

4.2.2	Evento 1	25
4.2.3	Evento 2	26
4.2.4	Evento 3	29
4.2.5	Evento 4	29
4.3	Analisi ISAAC	30
4.3.1	Evento 2	31
4.3.2	Evento 4	32
4.4	Analisi CREAM	33
4.4.1	Evento 2: discesa sotto la MDA	34
4.4.2	Evento 4: richiamata fallita	35
4.5	Analisi HFACS	37
4.5.1	Evento 1	38
4.5.2	Evento 2	41
4.6	Analisi ARMS-ERC	43
4.6.1	Evento 1	45
4.6.2	Evento 2	45
4.6.3	Evento 3	46
4.6.4	Evento 4	47
5	Considerazioni e Sviluppo Raccomandazioni	48
5.1	Considerazioni	48
5.2	Raccomandazioni	49
6	Fonti	50
6.1	Bibliografia	50
6.2	Sitografia	50

Capitolo 1

Storia del volo

1.1 Occorrenza

Il 24 novembre 2001 alle 20:01 UTC l'aeromobile AVRO 146 RJ 100, registrato come L'HB-IXM della compagnia aerea Crossair decollava nell'oscurità dalla pista 26L dell'aeroporto di Berlin-Tegel come volo di linea CRX 3597 per Zurigo. Alle 20:58:50 UTC, dopo un volo senza incidenti, l'aereo riceveva l'autorizzazione per un approccio standard VOR/DME 28 all'aeroporto di Zurigo.

Davanti all'aereo coinvolto nell'incidente, un Embraer EMB 145, volo CRX 3891, atterrava sulla pista 28 dell'aeroporto di Zurigo. L'equipaggio informava la torre di controllo che le condizioni di visibilità erano minime, date le condizioni meteo che impedivano l'avvistamento della pista da più di 3 chilometri.

Alle 21:05:21 UTC il volo CRX 3597 riportava la frequenza di controllo dell'aeroporto. Quando l'aereo raggiungeva l'altitudine minima di discesa (MDA) di 2390 piedi QNH alle 21:06:10, il comandante comunicava al copilota di avere un certo contatto visivo con il suolo e ha continuato la discesa.

Alle 21:06:36 UTC l'aereo si scontrava con le cime degli alberi e successivamente si schiantava contro il terreno, prendendo fuoco all'impatto perdevano la vita ventuno passeggeri e tre membri dell'equipaggio; sette passeggeri e due membri dell'equipaggio sopravvivevano all'incidente.

1.2 Specifiche del volo

Il volo CXR 3597 decolla alle 20:01 UTC del 24 Novembre 2001 con 21 minuti di ritardo rispetto alla partenza programmata. A bordo vi erano 5 membri dell'equipaggio, 28 passeggeri, rispetto ai 49 aspettati, e 23 furono i bagagli trasportati con check-in completato. Non erano previsti scali nella tratta da Berlino-Tegel verso Zurigo. L'accident è avvenuto nei pressi di Geissbühl comune di Bassersdorf ZH alle 21:07 UTC del 24 Novembre del 2001. Al momento dell'occorrenza l'equipaggio di cabina era formato da un pilota con 19555:29 ore di volo, un copilota con 490 ore di volo e 3 assistenti di volo.

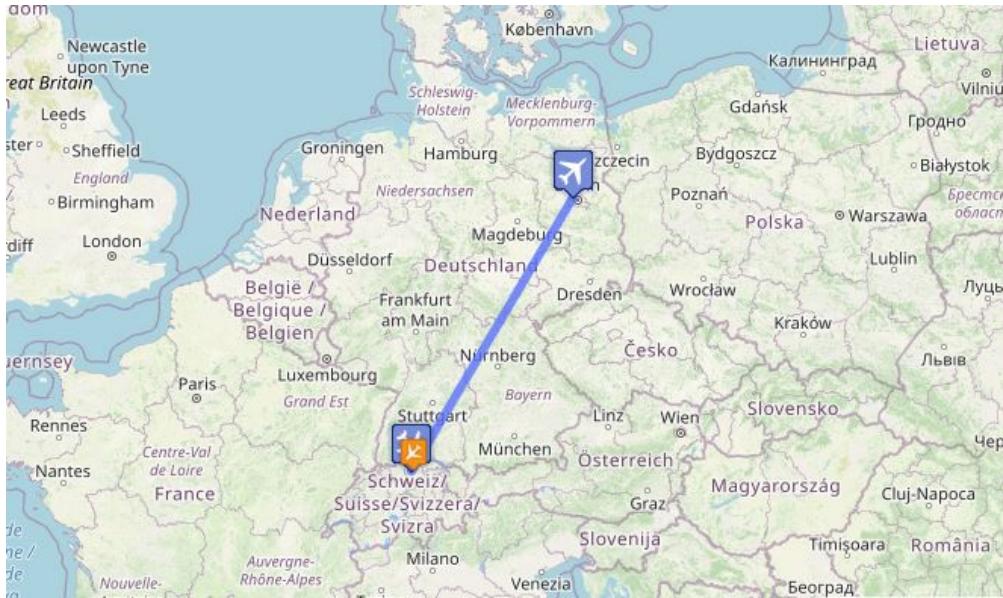


Figura 1.1: Itinerario (in azzurro) e luogo dell’impatto (in arancione)

1.3 Condizioni del velivolo prima dell’incidente

Dal relitto è stato accertato che era stato installato l’indicatore dell’olio per il motore 1 capovolto. L’inchiesta ha mostrato che l’ultimo documentato il lavoro svolto su questo indicatore è stato il 6 ottobre 2001. Nel periodo fino all’incidente, non ci sono prove che qualcuno si sia lamentato dell’errata installazione dello strumento. Per il resto, non sono state rilevate altre anomalie o installazioni errate.



Figura 1.2: Indicatore dell’olio, foto scattata sul luogo dell’impatto

1.4 Equipaggio

1.4.1 Comandante

Il comandante Hans Ulrich Lutz, nato nel 1944, al momento dell'incidente era il Pilot Flying. Aveva accumulato un monte ore di volo giornaliero pari a 13:37 h, dal momento che aveva svolto voli come istruttore presso la scuola di volo Horizon Swiss Flight Academy. Era in possesso di:

- ATPL (A) (Air Transport Pilot's Licence), valida fino al 02.05.2006
- Radiotelephony International RTI (VFR/IFR)
- Night flying NIT (A)
- Instrument flight rules IFR (A)
- Single engine piston aircraft SE piston
- Motor glider TMG
- Multi-engine piston aircraft ME piston
- Type rating AVRO RJ/BAe 146 PIC
- Type rating Saab 340 PIC
- Flight instructor FI (A)
- Instrument flight instructor IRI (A)
- SE piston, CAT I, valida fino al 11.02.2002
- ME piston, CAT I, valida fino al 11.02.2002
- AVRO RJ/BAe 146 PIC, CAT III, valida fino al 28.05.2002
- Saab 340 PIC, CAT II, valida fino al 11.02.2002
- Aerobatics extension ACR (A)

E aveva accumulato un monte ore totale di 19555:29 h, di cui 19441:31 h su aerei a motore e 19341:08 h come comandante. Inoltre, aveva volato 287:13 h sul modello che pilotava la sera dell'incidente.

Tuttavia, la sua carriera non era stata eccellente, anzi:

Training

A 17 anni si sottopone all'addestramento piloti preliminare, ma non supera l'esame. Successivamente viene rifiutato per altre 3 volte, fra il 1963 e il 1965, per mancanza di titoli di studio. Ottiene la licenza come pilota di alianti nel 1963 e l'anno successivo la licenza di pilota privato. Fra il 1966 e il 1967 ottiene la qualifica di istruttore su velivoli a motore per l'addestramento di piloti privati. In questi anni acquisisce sempre più esperienza nel volo a vista.

L'addestramento al volo strumentale iniziò nel 1966, ma l'abilitazione non fu concessa fino al 10 luglio 1969, dal momento che fu bocciato più volte agli esami teorici complementari e all'esame pratico tra il 1967 e il 1969. Gli esperti dell'Ufficio federale dell'aviazione si sono lamentati in particolare di inadeguata comprensione e uso scorretto dei sistemi di navigazione. Di fatti la valutazione strumentale è stata "average". Valutazioni simili o inferiori furono ottenute in tutti gli esami cui il comandante si sottopose da qui in avanti.

A seguito dell'ottenimento dell'abilitazione al volo strumentale, il comandante divenne istruttore di volo strumentale e prese ad addestrare piloti al di fuori della struttura organizzativa della Crossair, fino al giorno dell'incidente. Il 28 gennaio 1979 il comandante fece domanda per il posto di pilota con Crossair e in primavera intraprende un corso di conversione SA 226 TC Metroliner II usato da Crossair in quel momento. Il 5 aprile 1979, con un'esperienza di volo totale di 4490 ore di volo, ha superato l'esame di abilitazione al tipo con valutazione "below average-average". Dal 15 giugno 1979 al 31 agosto 1979 il comandante ha lavorato come pilota freelance e dal 1° settembre 1979 al 31 maggio 1982 è stato impiegato a tempo pieno da Crossair; non è stata recuperata alcuna documentazione riguardo alla sua assunzione. Nella primavera del 1981 il comandante convertì la sua licenza dall'aereo SA 226 TC Metroliner II al SA 227 AC Metroliner III. Era impiegato dalla compagnia come comandante, istruttore di volo, pilota di rotta ed esperto. Le prestazioni di volo del comandante furono valutate da Crossair come "above average".

Dal 1 giugno 1982 al 31 maggio 1991 il comandante ha lavorato con sette contratti di libero professionista per Crossair. Il 12 agosto 1987 il comandante otteneva l'abilitazione per pilotare il velivolo Saab 340. Dal 1 giugno 1991 al 31 dicembre 1993 era impiegato all'83% dalla compagnia aerea. Dal 1 gennaio 1994 fino al momento dell'incidente, il comandante stava lavorando al 100% per Crossair. Dall'11 settembre 1981 aveva anche un contratto di lavoro part-time con la scuola di volo Horizon Swiss Flight Academy come istruttore di volo.

Successivamente, tenta per ben due volte la conversione al velivolo MD 80, senza successo, per via di difficoltà ad adattarsi ad un velivolo dalla strumentazione relativamente complessa come l'MD 80. Nel primo caso il training viene soppresso per contingenze temporali (le difficoltà del comandante stavano allungando troppo l'addestramento), nel secondo gli istruttori valutano il comandante come non idoneo e lo riqualificano per il Saab 340.

Nel 2000, in concomitanza con il rinnovamento della flotta da parte della Crossair e la conseguente definitiva messa a terra del Saab 340, ormai troppo obsoleto, il comandante prova nuovamente a ottenere l'abilitazione al pilotaggio dell'MD 80, ma la compagnia decide che è più conveniente ottenere l'abilitazione ad un altro tipo di velivolo, dal momento che non c'è in quel momento necessità di piloti di MD 80. Il 6 maggio 2001 il comandante

inizia la conversione al tipo di aeromobile Avro RJ 85/100 e verso la fine dell'anno ottiene l'abilitazione a pilotare velivoli di questo tipo.

Incidenti particolari

Come ha mostrato l'indagine, vari incidenti si sono verificati durante la carriera del comandante, tra il 1967 e il momento dell'incidente. Solo i più rilevanti sono trattati di seguito; si sono verificati durante il suo impiego con la compagnia Crossair e alcuni sono divenuti noti solo dopo l'incidente del CRX 3597.

- **Retrazione involontaria del carrello di atterraggio a terra** Il 21 febbraio 1990 il comandante, in qualità di istruttore, svolgeva un addestramento di sistema su un Saab 340 con copilota a bordo del velivolo. La sessione di training si concentrava sulla procedura per rimediare a un errore di retrazione del carrello di atterraggio. Il comandante era del parere che a terra, con il carrello di atterraggio sotto carico, la funzione del meccanismo di retrazione veniva interrotto, come succede su velivoli più piccoli. Tuttavia, il dispositivo di sicurezza del Saab 340 impediva solo il funzionamento della leva del carrello di atterraggio. Il comandante ha premuto il pulsante di rilascio del blocco, che ha scavalcato il dispositivo di sicurezza e il copilota ha portato la leva di controllo del carrello in posizione di ritiro. Contrariamente a quanto ipotizzato dal comandante, le pompe idrauliche iniziavano a funzionare e il processo di retrazione non poteva essere interrotto. L'aereo impattava a terra con conseguente perdita totale del velivolo. Il comandante riportava una ferita alla testa, mentre le persone a bordo e intorno all'aereo rimanevano illesi. L'incidente fu indagato dalla compagnia aerea e il comandante successivamente non venne più impiegato come istruttore. Questo evento non ebbe ulteriori effetti sulla sua carriera.
- **Route check interrotto** Il 25 giugno 1991 il comandante stava effettuando un route check durante il quale non rispettava un'istruzione di velocità del controllo del traffico aereo per diversi minuti. Ciò faceva sì che il velivolo volasse nella turbolenza di scia di un Boeing 747 durante l'approccio finale. Il controllo dell'avvicinamento e il controllo finale erano stati dimenticati e al momento dell'atterraggio l'assistente di cabina era ancora in piedi nel corridoio della cabina passeggeri. L'esaminatore valutava la comprensione del comandante come inadeguata e interrompeva l'esame.
- **Cessazione dell'attività come training captain** Alla fine del 1991 il comandante veniva sollevato dall'attività di line training captain, perché la sua prestazione risultava inadeguata.
- **Avvicinamento strumentale notturno a Lugano** Secondo la dichiarazione del copilota coinvolto, nel dicembre 1995 il comandante stava effettuando un avvicinamento all'aeroporto di Lugano come pilota in volo, di notte e in condizioni di volo strumentale. Poco prima che il Saab 340 raggiungesse il waypoint PINIK a quota 7000 ft QNH, il velivolo era configurato correttamente per l'atterraggio. Per la discesa, il comandante utilizzava la modalità di velocità verticale dell'autopilota e selezionava una

velocità di discesa di 4000 ft/min. Poiché per questo genere di avvicinamento vengono solitamente utilizzate velocità di discesa inferiori a 2000 ft/min, il copilota chiedeva il motivo dell'aumento della velocità di discesa. Il comandante spiegava che si poteva attuare la procedura in questo modo. Durante la discesa, che continuò invariata fino a un'altitudine radar di 300 piedi RA sopra il lago, la velocità del velivolo aumentava da 135 a più di 200 KIAS. L'aereo ha poi volato alla quota di 300 ft RA in direzione Lugano fino a quando la pista non è finalmente apparsa e l'aereo è stato in grado di atterrare. L'avviso di velocità eccessiva e il sistema di avviso di prossimità al suolo (GPWS) erano stati disattivati prima della discesa. Questo incidente è diventato noto solo dopo l'incidente del 24 novembre 2001. Voli di ricostruzione nel simulatore hanno mostrato che era possibile eseguire l'approccio nel modo descritto.

- **Errore di navigazione durante un volo turistico privato** La compagnia aerea Crossair offriva ai suoi dipendenti la possibilità di noleggiare aerei commerciali per voli privati. Il modo in cui venivano effettuati tali voli panoramici, di solito secondo le regole del volo a vista, era stabilito nel manuale delle operazioni. Il comandante aveva effettuato molti voli panoramici sopra le Alpi in un Saab 340 noleggiato. Il 21 marzo 1999, insieme a un copilota e un inserviente di cabina, il comandante effettuava un volo privato con 30 passeggeri a bordo della Saab 340 HB-AKI. In programma c'era un volo panoramico da Zurigo con atterraggio intermedio a Sion e poi un volo di ritorno per Zurigo. A Zurigo il cielo era quasi coperto, mentre le condizioni meteorologiche nella regione alpina erano buone. Sul volo di andata per Sion, volo Crossair numero CRX 4718, il comandante era il pilota in volo. La partenza da Zurigo è avvenuta in regime di volo strumentale, per passare poi al volo a vista. Trascorso un lasso di tempo che secondo il comandante corrispondeva alla durata del volo fino a Sion, il velivolo iniziava una discesa in direzione di un aeroporto individuato a vista dal comandante stesso. Questo era in realtà l'aerodromo di Aosta (situato a circa 50 km a sud di Sion). Nessuna discussione sull'approccio e venivano trattati solo i punti più importanti della checklist, intuitivamente e in un ordine indefinito. Il copilota ha provato più volte a stabilire un contatto con il controllo dell'aerodromo di Sion, cosa impossibile a causa della distanza. Il comandante non reagiva agli interventi del copilota. Venivano effettuate diverse virate discendenti sopra l'aerodromo di Aosta e l'avvicinamento è avvenuto senza contatto radio. Quando l'aereo stava effettuando l'avvicinamento finale, i passeggeri si accorgevano dai segnali stradali che erano in Italia. Il comandante abortiva quindi l'atterraggio e proseguiva verso Sion.

L'errore di navigazione venne spiegato ai passeggeri dal comandante, ma la compagnia aerea non fu informata e ne venne a conoscenza solo dopo l'incidente del CRX 3597. Non vi è alcuna indicazione che la salute dell'equipaggio venne compromessa.

Comportamento lavorativo e gestionale

Secondo le dichiarazioni di diversi copiloti, il comandante occasionalmente assumeva il completo controllo del velivolo come pilota in volo (operazione one-man) e non sempre rendeva i

copiloti partecipi delle procedure operative e nel processo decisionale. È anche documentato che considerava sua prerogativa l'assicurarsi di atterrare in perfetto orario, soprattutto al termine della giornata. Dalla documentazione del corso di conversione e dalle dichiarazioni dei testimoni, risulta evidente che il comandante avesse un comportamento spiccatamente difensivo in relazione a sistemi tecnici complessi e presentava spesso difficoltà nel comprenderne il funzionamento. Il comportamento abituale del comandante è stato descritto come molto tranquillo. I copiloti occasionalmente percepivano un calo della loro autorità durante la cooperazione, che attribuivano prevalentemente al fatto di dover lavorare con un comandante molto più esperto di loro.

Conclusioni

Analizzando quindi la storia personale del comandante emerge uno scenario critico: benché fosse in possesso dei requisiti minimi per volare, la sua carriera non ne faceva un pilota valido, sulla cui esperienza era corretto fare affidamento.

1.4.2 Primo ufficiale

Il primo ufficiale Stefan Lohorer, nato nel 1976, al momento dell'incidente era il Pilot Non-Flying. Il 24 novembre 2001 aveva accumulato un monte ore di volo pari a 4:47 h. Era in possesso di:

- CPL (A) (Commercial Pilot's Licence), valida fino al 06.07.2005
- Radiotelephony International RTI (VFR/IFR)
- Night flying NIT (A)
- Instrument flight rules IFR (A)
- Single engine piston aircraft SE piston
- Multi-engine piston aircraft ME piston
- Type rating AVRO RJ/BAe 146 COPI
- SE piston, CAT I, valida fino al 12.05.2002
- ME piston, CAT I, valida fino al 12.05.2002
- AVRO RJ/Bae 146 COPI, CAT III, valida fino al 31.03.2002

E aveva accumulato un monte ore totale di 490:06 h, tutte su aerei a motore, di cui 81:55 h come comandante. Inoltre, aveva volato 348:20 h sul modello che pilotava la sera dell'incidente.

Training

Nel 1999, due anni dopo essersi diplomato, inizia l'addestramento come pilota da trasporto aereo presso la Horizon Swiss Flight Academy e l'anno successivo ottiene la licenza di pilota commerciale. La documentazione e le dichiarazioni dei compagni di corso dimostrano che il copilota era stato istruito in approcci non di precisione ed è quindi lecito assumere che conoscesse i riferimenti visivi che sono necessari per poter volare al di sotto della quota minima di discesa (MDA). Il 9 luglio dello stesso anno fa domanda presso la Crossair per diventare pilota della compagnia. Fin dai primi test psicoattitudinali, nelle valutazioni degli esaminatori si fa sempre presente come il candidato aveva la tendenza a subordinarsi.

Il referto psicodiagnostico di un centro di test e valutazione esterno descrive il copilota come vivace ma non aggressivo, sensibile, benevolo e disposto a cedere al fine di mantenere armonia sul posto di lavoro. È stato riscontrato un bisogno di sviluppo in termini di fiducia in sé stessi e maturità personale. Salvo minori difficoltà riguardo l'attitudine al volo, emerse durante alcune prove al simulatore, il copilota viene giudicato idoneo ed è quindi assunto, con l'obbligo di effettuare altri test al simulatore per correggere i difetti precedentemente evidenziati. Al momento dell'incidente comunque il suo profilo rispettava gli standard imposti dalla compagnia per quanto riguarda i copiloti neo-assunti.

Dopo essere entrato a far parte della Crossair, il copilota viene sottoposto ad un corso di crew cooperation, nell'ambito del crew resource management. Successivamente ottiene l'abilitazione a volare su velivoli Avro RJ 85/100.

Capitolo 2

Contesto organizzativo

2.1 Strutture aeroportuali coinvolte

Il volo CRX3597, decollato dall'aeroporto di Berlin-Tegel la sera del 24 novembre 2001, era diretto all'aeroporto di Zurigo. Ai fini dell'analisi il presente report si concentrerà solo sull'aeroporto di destinazione, nei pressi del quale è avvenuto l'incidente.

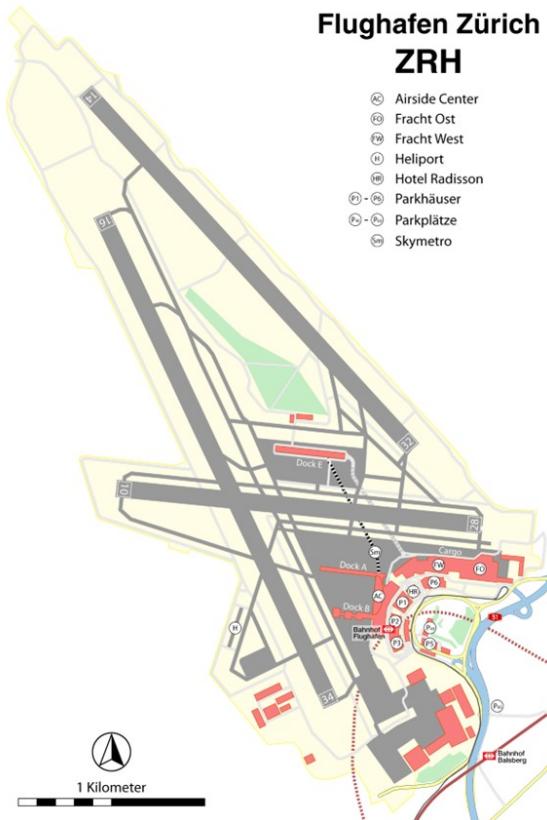


Figura 2.1: Mappa dell'aeroporto di Zurigo

2.1.1 Posizione

Situato nel nord-est della Svizzera, è il suo principale aeroporto e uno fra i più importanti in Europa. È circondato da colline che non facilitano l'approccio alle piste in fase di atterraggio. In particolare, si incontrano rilievi in fase di discesa sulle piste 28, 10, 32 e 34.

Piste	Dimensioni	Quota della soglia delle piste
16/34	3700 × 60 m	1390/1386ft AMSL
14/32	3300 × 60 m	1402/1402ft AMSL
10/28	2500 × 60 m	1391/1416ft AMSL

Alcuni di questi non erano correttamente segnalati sulle tabelle e sulle carte fornite all'equipaggio, che pertanto non poteva avere una corretta immagine del terreno nel momento in cui tentava l'approccio VOR/DME alla pista 28.

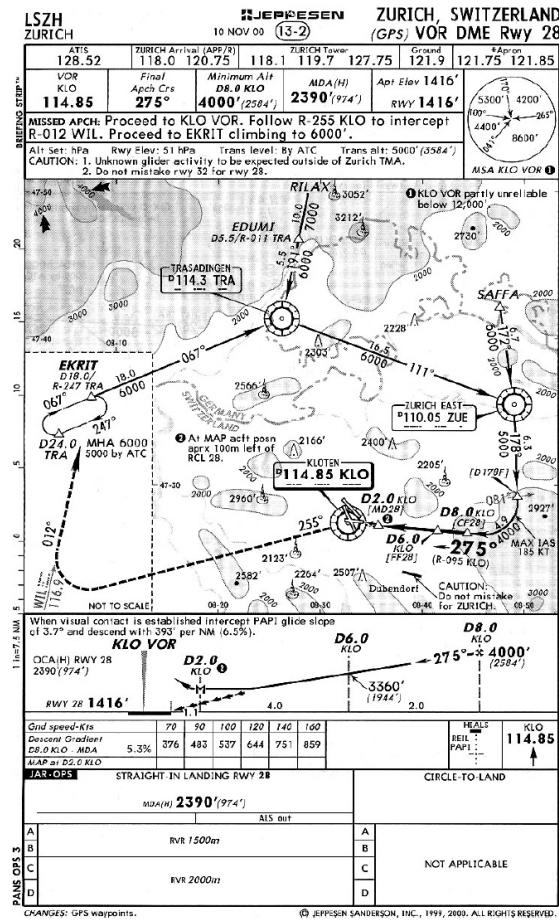


Figura 2.2: Mappa delle procedure d'atterraggio con segnalazione di ostacoli

2.1.2 Operatività della struttura al momento dell'incidente

Pista 14 chiusa per via della legge (sarebbe interessante recuperare il testo della legge).

Al momento dell'incidente erano in corso lavori nella zona interna al triangolo dato dalle piste 10/28 e 16/34. All'epoca, solo le piste 14 e 16 erano dotate di un sistema di atterraggio strumentale (ILS), che ne garantiva l'operatività in categoria CAT III e rendeva possibile un approccio di precisione. Al contrario, la pista 28 permetteva solo approcci non precisi, dal momento che era equipaggiata con un sistema VOR/DME basato sul radiofaro nella località di Kloten (VOR/DME KLO), in prossimità dell'aeroporto. Unitamente al sistema ILS, le piste 14 e 16 erano provviste di un sistema di Minimum Safe Altitude Warning (MSAW), che avverte (con allarmi acustici e visivi) i controllori di volo qualora un velivolo volasse sotto una quota limite stabilita in modo da evitare gli ostacoli. Anche in questo caso la pista 28 ne era sprovvista.

Le condizioni operative dell'aeroporto erano fortemente influenzate dalle procedure di abbattimento del rumore messe in atto dall'ente aeroportuale di Zurigo. Inoltre, il 19 ottobre 2001, era stato stipulato un accordo fra le autorità svizzere e quelle tedesche: dalle 22.00 LT alle 06.00 LT la pista 14 sarebbe stata chiusa al fine di evitare il passaggio di velivoli (e il conseguente rumore) sopra il territorio tedesco.

2.1.3 Condizioni meteo

Al momento dell'incidente le condizioni meteorologiche non erano ottimali: al di sotto di FL 80 erano presenti nuvole compatte fino alla base, distribuite non uniformemente nell'area sopra l'aeroporto. Scenario quindi complesso, ma che rispettava i requisiti minimi per un approccio VOR/DME.

Infatti, già due velivoli, rispettivamente i voli CRX 3797 e CRX 3891, erano riusciti a completare con successo simile procedura di approccio alla pista 28. In particolare, il volo CRX 3891 aveva comunicato all'ATC di avere avuto contatto visivo con la pista a 2.2 nm dalla stessa, in assetto orizzontale alla MDA (Minimum Descent Altitude). Di conseguenza il pilota del volo CRX 3597 era consapevole della fattibilità dell'approccio e aveva un riferimento riguardo alla visibilità.

Di seguito lo schema di utilizzo delle piste in osservanza delle procedure sopra elencate e delle condizioni del vento:

Time (LT)/Wind conditions	Runway directions specified for use	Restrictions/comments
05:30 – 06:00 h	<i>Landing:</i> standard VOR/DME approach on runway 28 <i>Take-off:</i> none	Minimums acc. to AIP. If minimums not achieved, runway 16 or 14 could be used for landing.
06:00 – 07:00 h	<i>Landing:</i> runway 16 for all aircraft <i>Take-off:</i> runway 34 for jet aircraft runway 28 for propeller aircraft	Between 06:30 and 07:00 four jet aircraft take-offs were permitted on runway 28.
07:00 – 22:00 h	<i>Landing:</i> runway 14 for all aircraft	
07:00 – 21:00 h	<i>Take-off:</i> runway 28 for all aircraft	Take-off on runway 16 possible, if take-off on runway 28 is impossible because of performance limitations
07:00 – 08:30 h 09:45 – 13:00 h 18:30 – 21:00 h	Take-off: runway 16 allowed for all aircraft	Possibility for increasing capacity
After 21:00 h	<i>Take-off:</i> runway 34 for jet aircraft <i>Take-off:</i> runway 28 for propeller aircraft only	
After 22:00 h	<i>Landing:</i> standard VOR/DME approach on runway 28 For aircraft of the category heavy including B757, runway 16 could be used	Minimums acc. to AIP. If minimums not achieved, runway 16 or 14 could be used for landing.
West wind condition	<i>Take-off:</i> runway 32 <i>Landing:</i> runway 28	
‘Bisenlage’: north/northeast wind condition	<i>Take-off:</i> runway 10 <i>Landing:</i> runway 14	Take-off on runway 16 possible, if take-off on runway 10 is impossible because of performance limitations

2.2 British aerospace, BAe

British Aerospace plc (BAe) è il più grande appaltatore della difesa in Europa, oltre ad essere una delle principali società aerospaziali. Le operazioni di difesa dell'azienda includono aerei militari, missili, armi leggere e munizioni, navi da guerra e sistemi di comando di combattimento. Nel settore aerospaziale, BAe detiene una partecipazione del 20% in Airbus Industrie, il consorzio europeo per la produzione di aerei, fornisce una varietà di servizi e produce varie apparecchiature. BAe, il più grande esportatore del Regno Unito, genera oltre l'80% dei suoi ricavi all'estero.

BAE Systems nasce (1999) dalla fusione di British Aerospace (BAe) con Marconi Electronic Systems. BAe, a sua volta, risale alla fusione (1977, con altre due società) di British Aircraft Corporation (BAC) e Hawker Siddeley Aviation, entrambe nazionalizzate un anno prima a causa di situazioni finanziarie non redditizie. Attraverso i suoi antecedenti BAe, BAE Systems porta l'eredità di circa 20 aziende aeronautiche britanniche (ad es. Bristol, Avro, Gloster, De Havilland, Supermarine), molte risalenti ai primi decenni di volo. Negli anni '60 e all'inizio degli anni '70, BAC e Hawker Siddeley hanno prodotto ciascuno velivoli significativi. Nel 1979 la British Aerospace si unì al consorzio per la produzione di aerei di linea Airbus Industrie e all'inizio degli anni '80 fu privatizzata.



Figura 2.3: British Aerospace, BAe

2.2.1 AVRO 146-RJ100

Il BAe 146 è un aereo commerciale di linea regionale a corto raggio medie dimensioni, prodotto fino al 2002. Viene spesso chiamato anche Avro 146 anche se questo termine non è ufficiale, e soprannominato Jumbolino. L'aereo ha capacità di decollo e atterraggio corto (STOL) e un funzionamento molto silenzioso; è stato commercializzato con il nome Whisperjet. Ha quattro motori turbofan a ingranaggi montati su piloni sotto le ali montate sulla fusoliera, e ha un carrello di atterraggio triciclo retrattile. Avendo alette e spoiler estremamente grandi e un grande freno ad aria compressa montato nella coda, l'aereo non ha bisogno di una spinta inversa all'atterraggio. Vede un ampio utilizzo negli aeroporti di piccole città. Nel suo ruolo principale funge da jet regionale, aereo di linea a corto raggio o aereo di linea. La versione per il trasporto merci ha la denominazione "QT" ("trafficante tranquillo"). Con 387 aeromobili prodotti, l'Avro RJ/BAe 146 è il programma di aerei di linea civili britannici di maggior successo.



Figura 2.4: BAe 146 / AVRO RJ 100

2.3 Crossair

La Crossair AG nacque nel 1978 dall'impresa di aerotaxi Business Flyers Basel AG fondata da Moritz Suter, ex pilota di Swissair. Pur possedendo inizialmente solo tre licenze per voli di linea, Crossair divenne una delle più importanti compagnie aeree regionali in ambito europeo (oltre 100 destinazioni nel 2001). Nel 1982 Crossair diede avvio alla collaborazione con Swissair, che nel 1988 acquisì una partecipazione finanziaria nell'impresa e nel 1991 divenne azionista di maggioranza (71% del capitale azionario nel 1996). Nel 2001 gli istituti bancari Unione di banche svizzere (UBS) e Credit Suisse Group rilevarono dalla Swissair sull'orlo del fallimento il pacchetto azionario Crossair. La nuova Crossair, grazie a un'iniezione di capitali superiore a quattro miliardi di frs. da parte della Confederazione, dei cantoni e di privati del settore industriale e bancario, subentrò alla Swissair, di cui rilevò parte della flotta e dei diritti di volo. La struttura organizzativa aumentò in poco tempo di dimensioni e, con questo, crebbe anche la richiesta di personale, manifestando una carenza di personale e piloti in particolare. Dal 2002 il nome ufficiale dell'azienda è Swiss International Air Lines.



Figura 2.5: Crossair, oggi Swissair

2.4 Ente di controllo del traffico aereo dell'aeroporto

La sera del 24 novembre 2001, secondo quanto indicato dalle procedure, quattro posizioni di lavoro avrebbero dovuto essere occupate rispettivamente nel controllo di avvicinamento e nel controllo aeroporto. Di fatto però, il controllo di avvicinamento aveva solo una posizione di lavoro occupata e l'unità di controllo dell'aeroporto due.

Infatti, dopo che erano atterrati i voli CRX 3797 e CRX 3891, il supervisore non aveva ritenuto necessario mantenere al completo la squadra della torre di controllo, riducendo il personale a solo due ATCO. Egli stesso cedeva la sua posizione e si allontanava poco dopo le 21.03 UTC, anziché attendere le 22.00 UTC, come volevano le procedure. L'ATCO cui aveva ceduto il controllo, non era formato come supervisore e aveva solo un'esperienza limitata in questa attività.

Date le condizioni meteo difficili, un supervisore addestrato avrebbe potuto decidere di cambiare nuovamente pista per garantire un atterraggio con ILS. Per tale motivo era necessaria la presenza di un supervisore qualificato.

Capitolo 3

Investigazioni

3.1 Danni e lesioni

Per quanto riguarda i danni alle persone si riportano i seguenti dati:

Lesioni	Equipaggio	Passeggeri	Altri
Fatali	3	21	...
Severe	1	4	...
Minori/nulle	1	3	...

L'impatto e il seguente incendio intenso ha distrutto la cabina di pilotaggio, la parte frontale e centrale della fusoliera, e una larga porzione di entrambe le semiali. Solo la poppa della fusoliera, a cui sono state sottratti completamente l'equilibratore e il timone, non è stata coinvolta nell'incendio. Scostando l'attenzione dal solo velivolo, gli unici altri danni che si rilevano sono non permanenti alla vegetazione circostante il luogo dell'impatto, che è successivamente rifiorita.



Figura 3.1: Danni riportati in coda



Figura 3.2: Danni riportati in testa

3.2 Sequenza eventi

3.2.1 Preparazione del volo

Prima dell'incidente fatale, il velivolo HB-IXM viene usato il 24 novembre 2001 per un volo CRX 3596 da Zurigo a Berlino-Tegel, dove atterra alle 19:25 UTC. Il personale di volo sarebbe stato lo stesso del volo CRX 3597. Dopo l'atterraggio a Berlino, il velivolo raggiunge la rampa passeggeri numero 11 alle 19:30 UTC, 40 minuti dopo il tempo stimato di arrivo. Non c'è bisogno di rifornimento in quanto il velivolo ha ancora 5650 kg di carburante a bordo. Per il volo di ritorno, secondo la pianificazione del volo, sono necessari minimo 4893 kg di carburante.

Durante il tempo in pista viene pulita la cabina dei passeggeri. Durante questo periodo, il comandante lascia il velivolo per portare a termine un esame di routine esterno. C'è una breve conversazione tra lui e l'agente di rampa, secondo il quale il pilota aveva un comportamento nella norma. In particolare, non ha notato nessun segnale di stress. Il copilota rimane in cabina di pilotaggio.

Sono stati registrati per il volo CRX 3597 28 passeggeri e 23 bagagli. Secondo le prenotazioni sarebbero dovuti essere presenti 49 passeggeri, ma 21 non arrivarono. I passeggeri vengono imbarcati tra le 19:40 UTC e le 19:45 UTC.

3.2.2 Volo da Berlino-Tegel a Zurigo

Il pilota è Hans Ulrich Lutz, mentre il copilota è Stefan Lohorer. Il copilota, tra tutte le altre cose, è anche responsabile delle comunicazioni radio con il controllore del traffico aereo. Tutte le conversazioni tra le varie unità del controllo del traffico aereo e l'equipaggio del CRX 3597 sono tenute in inglese, mentre quelle tra l'equipaggio in tedesco. Non ci sono stati segni di incomprensione tra i due piloti, né tra l'equipaggio e i controllori a terra.

Alle 19:48 UTC l'equipaggio in cabina chiede di poter accendere. Nel processo confermano la ricezione del messaggio “GOLF” dell’ATIS. L’ATS informa i piloti che il messaggio dell’ATIS “INDIA” era valida e gli dà l’autorizzazione ad accendere i motori. Viene assegnato il codice trasponder 3105 insieme all’autorizzazione SID “Magdeburg 4L”. Alle 19:50 UTC, 10 minuti dopo il tempo previsto di partenza, viene ritirata la rampa dei passeggeri numero 11 e due minuti dopo CRX 3597 viene spinto indietro.

Alle 19:56 UTC l'aereo viene spostato nella posizione di attesa per la pista di decollo 26L. Dopo aver ricevuto l'autorizzazione di allinearsi con la pista di decollo 26L, le barre di arresto continuano a rimanere accese. L'equipaggio si lamenta e si sposta sulla pista solo dopo che lo stop delle barre si interrompe. Alle 20:01 UTC CRX 3597 decolla e si stabilizza al FL 160. Né le conversazioni radio né l'andamento del volo avevano dato alcun segnale in questa prima fase. Le registrazioni delle voci nella cabina di pilotaggio iniziano dalle 20:36 UTC. In quel momento l'aereo sta volando a FL 270 nell'area radar di Rhein. Tra le 20:36:48 e le 20:37:23 UTC il copilota legge il report del decollo dall'aeroporto di Zurigo.

Alle 20:40 UTC l'aereo è autorizzato alla discesa a FL 240. Alle 20:42 UTC è autorizzato a scendere a FL 160. In questa fase, il comandante spiega al copilota l'approccio da utilizzare. Il fulcro della conversazione riguarda il sistema di atterraggio strumentale sulla pista 14 (ILS 14) a Zurigo-Kloten come da procedure standard. Alle 20:43:44 UTC, durante il briefing di approccio, il copilota sposta l'attenzione del pilota sul fatto che la velocità è troppo alta: “Credo che la nostra velocità si stia avvicinando al rosso”. Il comandante risponde: “Sì sì sì, mi è sfuggito, scusa. Ora la diminuisco, hmm”. Il comandante lascia il copilota a gestire il set up della navigazione: “Le impostazioni di navigazione le lascio a te. Quelle finali dovrebbero essere il doppio dell'atterraggio strumentale (ILS)”.

Tra le 20:20 UTC e le 20:36 UTC il personale riceve il messaggio “KILO” dall’ATIS, che prevede un atterraggio strumentale sulla pista 14. Alle 20:40:10 UTC l’ATIS cambia il codice con “LIMA”, il quale contiene un cambiamento di pista dalla 14 alla 28, con un approccio standard VOR/DME. Dalle 20:44:56 UTC l’ATIS trasmette il messaggio “MIKE” e include un update cronologico del report della pista comparato con “LIMA”. Questo report non contiene cambiamenti significativi rispetto al precedente.

Alle 20:44:38 UTC CRX 3597 entra in contatto con il radar dell’ATC di Zurigo e continua la sua discesa fino a FL 160. L'equipaggio viene avvisato di ridurre la velocità a 240 KIAS e poi di scendere a FL 130. Successivamente, alle 20:47:56 UTC avviene un trasferimento al settore Zurigo Arrivi Est. All'inizio il copilota conferma la ricezione del messaggio “KILO” dell’ATIS. Il controllore del traffico aereo non ha informato l'equipaggio che nel frattempo era entrato in vigore il messaggio “MIKE”. Lui informa CRX 3597 sul fatto che sarebbe

previsto un approccio standard VOR/DME per la pista 28. Alle 20:48:39 il comandante dice: "Oh, ***** , anche quello, bene, ok".

Alle 20:50:00 UTC entra in vigore il messaggio "NOVEMBER" dell'ATIS. Tra gli altri cambiamenti la visibilità era migliorata a 3500 m e il limite massimo diminuito a 5-7 / 8 a 1500ft AAL. Questi cambiamenti non vengono comunicati all'equipaggio dal controllore del traffico aereo del settore est degli arrivi di Zurigo.

Poco dopo, CRX 3597 viene informato di volare al punto di passaggio RILAX per rimanere in attesa. Mentre volano attraverso il percorso di attesa, tra le 20:51:56 UTC e le 20:52:52 UTC il comandante tiene un briefing sull'atterraggio standard VOR/DME sulla pista 28:"Sei familiare con l'atterraggio 28?". Il copilota:"Sì, l'ho fatto un paio di volte". Il comandante continua: "Si passa da Trasadingen, Zurigo Est 6000 ft, poi giù a 5000, poi gira verso Kloten radiale 275". Il copilota conferma:"Sì" e il comandante spiega:"Gira intorno a Chlote radiale Due Fufefuffzg intercetta Zero Uno Due da Willisau procedi con EKRIT sali a 6000 piedi sotto APA. Se avessimo dovuto fare un allineamento da soli avremmo 5000 dopo Zurigo Est, poi scendere giù fino a 4000. Se svoltiamo al pun..punto sei miglia, sei miglia e mezzo, svoltiamo a sinistra e poi scendiamo in accordo con il profilo: lasciamo 4000 a 8 miglia e a 6 miglia 3360 e il nuovo minimo è 2390 con 300 sul radioaltimetro.(Procedura Crossair: il radioaltimetro è settato su 300 ft RA per un avvicinamento non preciso.) Gira intorno via Kloten radiale 255, intercetta 012 da Willisau procedi a salita EKRIT a 6000 sull'APA". Il copilota conferma la procedura. Le impostazioni della navigazione strumentale vengono discussi come segue:" Impostazioni di navigazione: due volte Kloten per l'avvicinamento. Fino allora te ne occupi tu".

Alle 20:53:42 UTC CRX 3597 viene istruito per svoltare a destra con direzione 180°. Due minuti dopo, le seguenti istruzioni sono date dal controllo del traffico: "CRX 3597, segui ZUE VOR radiale 125 in entrata". Il copilota rilegge le sue istruzioni come segue:" Intercettato in entrata to ZUE, radiale 152, CRX 3597". Il controllore del traffico aereo risponde:" No, radiale 125". Il copilota conferma:"125, CRX 3597". Questa istruzione dà origine a stupore nell'equipaggio. Poi il comandante interpreta l'istruzione "radiale 125" come la pista 125. Non c'è nessun dubbio da parte del controllore.

Alle 20:57:18 UTC viene data l'approvazione per una discesa a 6000 ft QNH. Il comandante dice che ha impostato QNH a 1024 hPa sul suo altimetro principale. Come parte del check dell'avvicinamento l'equipaggio legge l'altimetro tramite controllo incrociato. Il copilota aggiunge:"Gruppo carburante... a posto. Rimangono 3200 kg di carburante".

Alle 20:58:50 UTC l'aereo riceve l'approvazione per una discesa standard VOR/DME 28. Dopo che la Sezione Arrivi di Zurigo ha istruito il volo CRX 3597ai ridurre la velocità a 180 nodi alle 21:03:01 UTC, avviene la consegna all'ADC 1 controllo traffico aereo. In questa fase HB-IXM sta scendendo tra 5000 e 4000 ft QNH e sta girando a destra per volare nella configurazione di atterraggio sulla pista a 275° VOR/DME KLO. La posizione del velivolo al tempo della consegna alla torre di Zurigo è approssimativamente di 11 NM a est dell'aeroporto. Durante la svolta a destra il comandante menziona al copilota che ha contatto visuale con il terreno.

Alle 21:03:29 un Embraer EMB 145, numero di volo CRX 3891, atterra sulla pista 28

e trasmette le seguenti informazioni alla torre di Zurigo alle 21:04:31: "Sì, giusto per informazione, il meteo all..per la pista 28 è piuttosto scarso; quindi abbiamo visto la pista a circa 2.2 miglia di distanza". L'aereo è il primo quella sera ad eseguire la manovra standard VOR/DME 28. Queste informazioni sul meteo non vengono trasmesse all'aereo seguente dall'ATC. Come provano le registrazioni della cabina di pilotaggio dal 21:05:23 UTC a 21:06:25, il comandante dell'aereo prossimo all'incidente era a conoscenza di questo report del CRX 3891. Alle 21:04:23 UTC il copilota dice: "Ci stiamo avvicinando a 8 miglia, quindi possiamo lasciare 4000."

Il comandante risponde alle 21:04:27 UTC: "Sì, bene, siamo stabili.. imposta 6000 per favore, riattaccata altitudine.. verticale, scusa... verticale... mila." Il copilota dà conferma al comandante per impostare un'altitudine di riattaccata di 6000 ft sul pannello di controllo. Alle 21:04:36 UTC l'aereo lascia l'altitudine di 4000 ft QN. In quel momento la velocità è di 160 nodi e adotta inizialmente un rateo di discesa di 1000 ft/min, che viene aumentato a 1200 ft/min. Questo rateo di discesa non viene cambiato fino a poco prima dell'impatto con gli ostacoli. Alle 21:05:21 UTC l'equipaggio di volo del CRX 3597 riporta al ADC 1: "Torre, buonasera, CRX 3597, stabilito VOR/DME pista 28". In quel momento l'aereo è ad un'altitudine di 3240 ft QNH e a una distanza DME di 6 NM da VOR/DME KLO. Subito dopo, l'equipaggio completa il check finale e si prepara all'atterraggio.

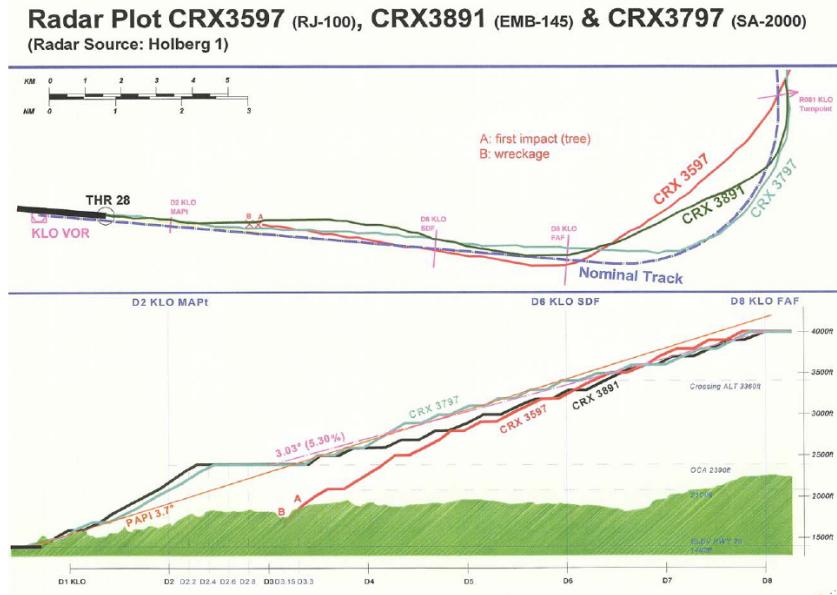


Figura 3.3: Rappresentazione delle traiettorie seguite dal CRX 3597 e dagli aerei precedenti

Mentre il velivolo si avvicina all'altitudine minima di discesa per l'atterraggio, il comandante menziona alle 21:05:55 UTC che lui ha contatto visivo con il terreno: "2400, abbiamo contatto con il suolo". Il copilota risponde: "Sì". Alle 21:05:59 UTC il comandante sostiene: "Qualcuno dice che lui ha visto tardi il terreno qui... avvicinamento all'altitudine minima di discesa... qui noi abbiamo un po' di contatto con il terreno". Alle 21:06:10 il velivolo raggiunge la MDA di 2390 ft QNH e il comandante dice: "2400 , il minimo... ho contatto

visivo con il terreno... stiamo continuando al momento..." La discesa continua allo stesso modo sotto la MDA. Alle 21:06:22 UTC la voce del GPWS annuncia una lettura dell'altimetro di 500 ft rispetto al suolo. Immediatamente il capitano dichiara: "*****, aveva detto due miglia, lui vede la pista". Alle 21:06:31 UTC il comandante menziona che ha raggiunto i 2000 ft. Inoltre, un secondo dopo, la voce dà il messaggio di "minimo" GPWS, dovuto al radioaltimetro leggendo a 300 ft. Alle 21:06:32 UTC ADC 1 dà al volo CRX 3597 il permesso di atterrare. Durante la conversazione radio il comandante dice piano: "...facciamo una riattaccata?". Alle 21:06:34 UTC il comandante guida una riattaccata e un segnale acustico indica che il pilota automatico è stato disattivato. Qualche frazione di secondo dopo allo stesso modo il copilota esprime l'intenzione di una riattaccata. Le registrazioni provano che l'equipaggio spinge i livelli di potenza verso la posizione di take off e i RPM dei motori aumentano. Un secondo dopo, il CVR inizia a registrare i suoni dell'impatto. Dopo tempo dopo anche il sistema di registrazione si rompe.

Le prime tracce dell'impatto dell'aereo HB-IMX sono all'altezza di 1854 ft AMSL in cima a un albero. HB-IXM si schianta approssimativamente 200 m più giù a un'elevazione di 1690 ft AMSL. L'aereo prende fuoco durante questa ultima fase.

Quando il controllore dell'aerodromo ha autorizzato l'atterraggio, ancora non poteva vedere l'aereo sullo schermo. Dopo aver dato l'autorizzazione al CRX 3597 senza averne ricevuto conferma, lui ha assunto che i piloti fossero molto impegnati in questa fase del volo.

Dopo questa trasmissione il controllore ADC era impegnato con altri compiti. Aveva però notato che il velivolo non era visibile sullo schermo quindi inizia a cercare in che luogo si trova CRX 3597 insieme al controllore a terra. Alle 21:10:32 UTC, 4 minuti dopo aver concesso l'autorizzazione per atterrare, attiva il livello più alto di allarme.

I primi veicoli dei vigili del fuoco provenienti dall'aeroporto di Zurigo arrivano al luogo dell'incidente alle 21:22 UTC insieme al servizio di soccorso medico.

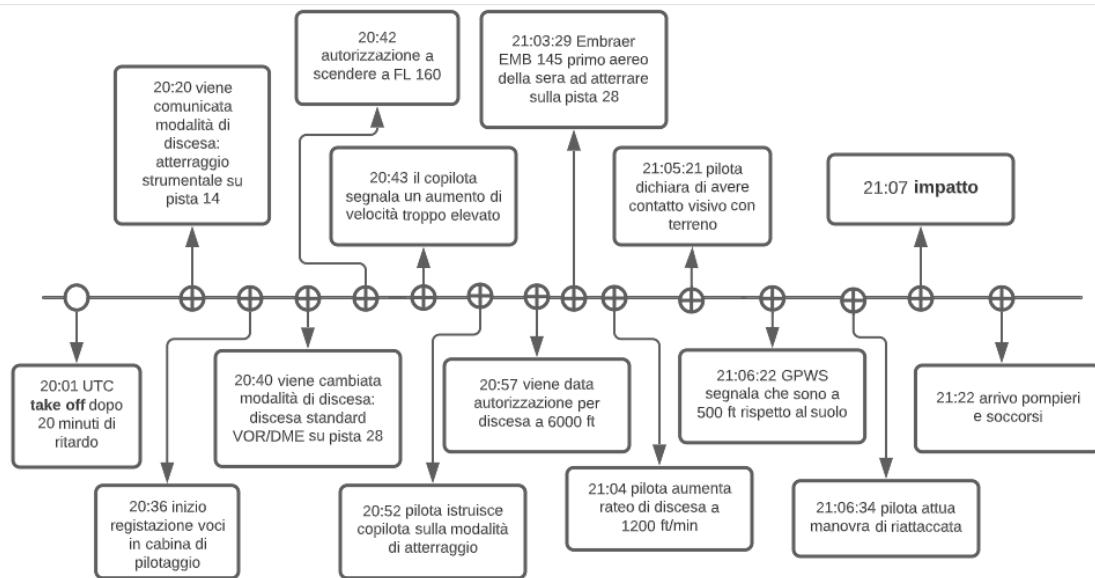


Figura 3.4: Event Time Line (ETL)

3.2.3 Sequenza dei macro-eventi

Per l'analisi retrospettiva ci focalizzeremo sugli eventi che hanno portato agli errori, riportiamo una Event Time Line ridotta su cui baseremo il caso studio (cfr. § 4.1).

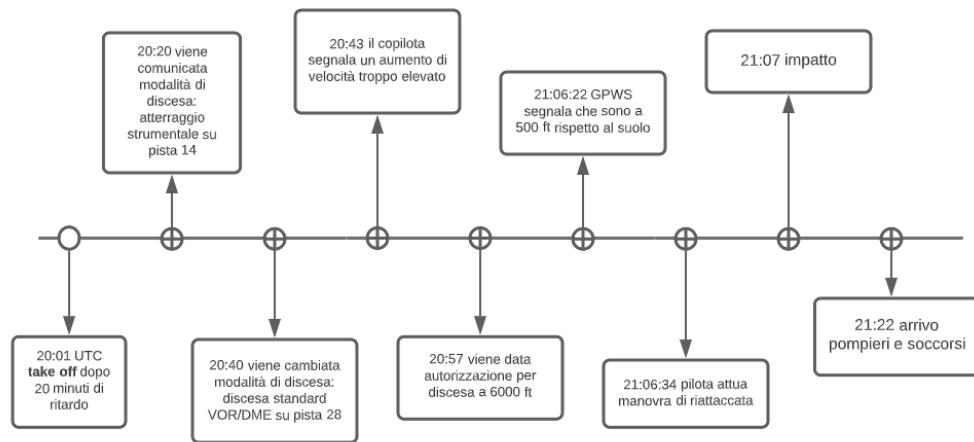


Figura 3.5: Sequenza degli eventi che hanno portato ad errori durante il volo

Capitolo 4

Classificazione e ricerca cause primarie

4.1 Sequenza logico-analitica dell'occorrenza

La sequenza degli eventi rappresentata nella Figura 3.4, può essere riassunta in quattro macro-eventi su cui fonderemo la nostra analisi. Gli eventi in questione sono rappresentati nella time-line di “errore” e sono i seguenti:

1. **Evento 1:** cambio di pista. Su questo evento effettueremo le seguenti analisi retrospettive: ADREP, HFACS, ARMS-ERC
2. **Evento 2:** discesa sotto la Minimum Descent Altitude (MDA). Su questo evento effettueremo le seguenti analisi retrospettive: ADREP, CREAM, HFACS, ARMS-ERC, ISAAC.
3. **Evento 3:** attivazione del Ground Proximity Warning System (GPWS). Su questo evento effettueremo le seguenti analisi retrospettive: ADREP, ISAAC, ARMS-ERC.
4. **Evento 4:** fallimento della manovra di richiamata e conseguente schianto sulla collina. Su questo evento effettueremo le seguenti analisi retrospettive: ADREP, CREAM.

Ciascuna di queste macro-fasi è caratterizzata da un evento scatenante e contiene uno o più eventi conseguenza. Inoltre, ciascun evento può essere caratterizzato in senso positivo o negativo rispetto alla risoluzione dell'occorrenza. La sintesi di questa classificazione da origine ad una ETL (Event Time Line) rappresentativa dell'evoluzione logico-analitica dell'occorrenza (Figura 3.5).

4.2 Analisi ADREP

ADREP è una tassonomia ICAO, valida quindi a livello internazionale, che ha permesso di creare un database comune in cui compaiono tutti i report che le varie organizzazioni ricevono, catalogati secondo le stesse regole e bene o male nello stesso modo. Creando questo database e mantenendolo aggiornato si dispone di un'enorme quantità di dati da utilizzare a fini statistici per analisi di rischio. La tassonomia si basa su una serie di tabelle in cui compaiono codici associati a descrizioni di eventi, fasi di volo, cause e conseguenze, organizzazioni e persone coinvolte nel mondo aeronautico, sistemi e componenti del velivolo, condizioni meteo, procedure (aeroportuali, di volo, di manutenzione...) ecc.... il report di un'occorrenza può quindi essere tradotto in una serie di codici, che permettono di inserirlo nel database, annullando ogni possibilità di errata interpretazione futura, uniformandolo agli altri.

Lo schema da seguire è prestabilito:

1. Classificazione dell'occorrenza, in base alla gravità e alla tipologia
2. Classificazione dei singoli eventi, che avviene attraverso codici che
 - (a) Identificano l'evento e la fase del volo in cui avviene
 - (b) Aggiungono "Descriptive Factors" che descrivono cosa è successo
 - (c) Aggiungono "Explanatory Factors" che chiariscono le cause dell'evento in esame
 - (d) Evidenziano le figure professionali/organizzazioni coinvolte

Ai vari "Descriptive" ed "Explanatory Factors" sono associabili altri codici che rimandano ai cosiddetti "Modifier": singole parole o brevi locuzioni che permettono di rendere più semplice l'interpretazione.

Le tabelle sono "vive" nel senso che vengono continuamente aggiornate, aggiungendo codici per ogni nuova compagnia, aeroporto, tipo di velivolo o componente e così via. Esse inoltre sono integrate con i codici ATA, codifica utilizzata da costruttori e manutentori per identificare le varie componenti.

La tassonomia ADREP è molto utile ed efficace ma ha i suoi limiti: in primo luogo è molto facile "inquinare" il database con delle analisi inaccurate, derivanti da un'errata interpretazione del report iniziale; in secondo luogo, è comunque difficile, se non impossibile, ottenere uniformità a livello internazionale; dal momento che gli enti che si occupano di safety sono formati diversamente in base a ciò che hanno dovuto affrontare negli anni precedenti. Inoltre, necessita comunque di una buona conoscenza di quello che è il dominio aeronautico.

4.2.1 Occorrenza

Occorrenza		
Class	100	Accident
Category	3	Controlled flight into terrain

Figura 4.1: Classificazione ADREP dell'occorrenza

4.2.2 Evento 1

Nel Descriptive Factor 1.1 si identifica e motiva l'evento in relazione ad una procedura prestabilita. Evidenziano le ripercussioni che il cambio pista ha avuto in termini di tipologia di approccio. Nel Descriptive Factor 1.3 compaiono due codici, dal momento che è il modo consueto con il quale si indica il tipo di approccio, poichè i sistemi di navigazione VOR e DME sono utilizzati in coppia. Non è stato ritenuto necessario integrare con degli Explanatory Factors, dal momento che è la procedura stessa il motivo per cui l'evento si è verificato.

Evento 1		
Phase	010000 010400 010404	Powered aircraft En-route Normal descent
Type	4000000 4070000 4070300	Air navigation services related event Event affecting air traffic management operations Closure of runway
Descriptive Factor 1.1		
Subject	23000000 23010000 23011000	Air traffic management procedure Airways/route procedure Noise abatement procedure
Modifier	-	-
Descriptive Factor 1.2		
Subject	12000000 12110000 12111000	Aircraft operation Aircraft operational mode Instrument approach (no instrument landing system)
Modifier	7310	Required
Descriptive Factor 1.3		
Subject	28000000 28010000 28011300/28011400	ATC facilities Radio navaids VOR/DME
Modifier	9380	Used

Figura 4.2: Classificazione ADREP dell'evento 1

4.2.3 Evento 2

Per quanto riguarda il Descriptive Factor 2.1 non è stato ritenuto necessario integrare con Explanatory Factors, dal momento che la violazione è abbastanza "self-explanatory".

Evento 2

Descriptive Factor 2.1		
Phase	010000	Powered aircraft
	010400	En-route
	010404	Normal descent
Type	2000000	Operation of the aircraft related event
	2020000	Flight crew interaction with air navigation service-related event
	2020800	Flight crew deviation from applicable ATM procedure
	2020801	Deviation from minimum safe altitude en-route
Descriptive Factor 2.2		
Subject	12000000	Aircraft operation
	12240000	Flight crew's aircraft handling
	12240300	Flight crew's control of the aircraft's altitude
	12240301	Minimum descent altitude
Modifier	9480	Violated
Descriptive Factor 2.2		
Subject	12000000	Aircraft operation
	12210000	Flight crew's perception/judgement
	12210400	Flight crew's distance judgement
Modifier	700	Careless

Figura 4.3: Classificazione ADREP dell'evento 2

Abbiamo qui una serie di Explanatory Factors legati alla figura del comandante e alle sue inadempienze.

Explanatory Factor 2.2.1.0

Subject	103000000	Psychological limitations
	103010000	Action or lack of action
	103010400	Psychological action-procedure violation
Persons	10000	Flight crew
	10101	Pilot

Explanatory Factor 2.2.1.1

Subject	103000000	Psychological limitations
	103030000	Psychological action-information processing/decision making
	103030600	Psychological—assumption incorrect
Persons	10000	Flight crew
	10101	Pilot

Explanatory Factor 2.2.1.2

Subject	103000000	Psychological limitations
	103090000	Personality and attitude factors
	103090300	Lack of or excessive confidence problems
	103090302	Self-confidence problems
Persons	10000	Flight crew
	10101	Pilot
Modifier	1820	Excessive

Figura 4.4: Classificazione ADREP dell’evento 2, informazioni relative al pilota

Il copilota tende a subordinarsi e a fare affidamento all’esperienza del comandante, venendo meno al suo ruolo e introducendo difatto una dipendenza completa, che rimuove una barriera deputata a bloccare eventuali errori umani.

Explanatory Factor 2.2.2

Subject	103000000	Psychological limitations
	103040000	Psychological-attention, perception and monitoring
	103040300	Psychological-monitoring
	103040305	Psychological-monitoring a person
Persons	10000	Flight crew
	10101	Co-pilot
Modifier	6060	Not performed

Figura 4.5: Classificazione ADREP dell’evento 2, informazioni relative al co-pilota

Explanatory Factor 2.2.3		
Subject	300000000	Liveware (human) – hardware/software interface
	306000000	Operational material
	306010000	Workplace manuals, checklists, and charts
	306014000	Maps or charts or use of maps/charts
Persons	20000	Organization
	20500	Aerodrome personnel
	20501	Aerodrome management
Modifier	3260	Inaccurate

Figura 4.6: Classificazione ADREP dell’evento 2, informazioni relative alle carte per le procedure di atterraggio

Viene meno una barriera molto efficace: l’ATC non ha idea della quota reale del velivolo e non può avvisare i piloti nel momento in cui scendono al di sotto della quota minima, non essendo presente il sistema MSAW.

Inoltre, la presenza del MSAW era prevista per legge e il sistema era stato pertanto installato sulle piste 14 e 16, ma l’ente aeroportuale non aveva ottemperato completamente all’obbligo, lasciando le altre piste sprovviste del warning.

Descriptive Factor 2.3		
Subject	24000000	Air traffic management's provision of service
	24010000	Air traffic control provision of service
	24010600	Air traffic control provision of warnings
	24010603	Air traffic control provision of minimum safe altitude warning system warning
Modifier	6060	Not performed
Explanatory Factor 2.3.1		
Subject	300000000	Liveware (human) – hardware/software interface
	305000000	Automatic defences/warnings
	305020000	Air traffic control alarm/alerts
	305020200	Minimum safe altitude warning system
Persons	20000	Organization
	20500	Aerodrome personnel
	20599	Unknown
Modifier	4780	Missing

Figura 4.7: Classificazione ADREP dell’evento 2, informazioni relative alle carte per le procedure di atterraggio

4.2.4 Evento 3

L'attivazione del GPWS è un evento che va a interrompere quella che è la normale sequenza di volo. Interviene come ultima barriera fornita dal velivolo per avvisare i piloti.

Evento 3		
Phase	010000 010400 010404	Powered aircraft En-route Normal descent
Type	2000000 2010000 2011100 2011103	Operation of the aircraft related event Aircraft handling related event Warning system triggered Genuine ground proximity warning system warning GPWS
Descriptive Factor 3.1		
Subject	11340000 11344400	Navigation system (ATA code: 3400) Ground proximity warning system/terrain avoidance warning system (ATA Code:3444)
Modifier	130	Activated

Figura 4.8: Classificazione ADREP dell'evento 3

4.2.5 Evento 4

Il velivolo non riesce a raggiungere una quota tale da impedire lo schianto, che volando ben al di sotto del sentiero di discesa è inevitabile.

Evento 4		
Phase	010000 010400 010404	Powered aircraft En-route Normal descent
Type	2000000 2010000 2010100 2010101	Operation of the aircraft related event Aircraft handling related event Aircraft altitude related event Altitude bust
Descriptive Factor 4.1		
Subject	12000000 12110000 12111100	Aircraft operation Aircraft operation mode Low flying
Modifier	-	-

Figura 4.9: Classificazione ADREP dell'evento 4

4.3 Analisi ISAAC

L'acronimo ISAAC significa Integrated Systemic Approach for Accident Causation, cioè approccio sistematico integrato per l'analisi di cause degli eventi costituenti gli incidenti. Si è scelto tale metodo proprio per la sua peculiare completezza, che si manifesta nell'analisi congiunta di fattori umani e guasti tecnici, cosa che permette di costruire un quadro generale e completo del singolo evento. Inizialmente, cioè nell'interpretazione di Carpignano e Piccini del 1999, ISAAC era un semplice metodo di descrizione di fattori umani e guasti tecnici relativi alle cause di incidente, salvo poi, usufruendo del Modello Organizzativo della Fallible Machine di Reason, ampliarsi.

Dal suddetto modello ISAAC mutua la distinzione tra errori latenti e attivi. Gli errori latenti sono gli errori commessi ad alto livello in un'organizzazione, cioè in condizioni remote o distanti dal processo attivo di controllo. Ovviamente per la loro costituzione tali errori sono difficili da scoprire in prima analisi. Invece, gli errori attivi sono quegli errori che sono direttamente commessi dagli operatori di linea, cioè dagli attori primari del processo di controllo. Quest'ultimi errori sono immediatamente visualizzabili e riconoscibili. Sempre dal Modello della Fallible Machine di Reason ISAAC eredita anche la teoria del formaggio svizzero, che focalizza la propria attenzione sul visualizzare l'avvenimento di un evento come una serie di fallimenti a diversi livelli. Secondo il modello dell'Integrated Systemic Approach for Accident Causation gli errori si possono ulteriormente classificare in:

- **Slips:** associati a mancanze di attenzione o percezione e risultano in azioni osservabili non appropriate.
- **Lapses:** eventi cognitivi che manifestano una mancanza momentanea di memoria
- **Mistakes:** errori commessi con alto grado di coscienza, cioè che coinvolgono processi che dipendono da informazioni percepite, dalla pianificazione, dal giudizio e dalla formulazione di intenzioni.
- **Violations:** deviazioni dalle pratiche operative, da standards e regole di sicurezza non con obiettivo sovversivo nei confronti dell'organizzazione. In funzione di tali considerazioni si sviluppa l'analisi degli eventi 2 e 3, proprio in quanto essi coinvolgono più concuse di diversa natura, le quali devono essere debitamente analizzate.

4.3.1 Evento 2

Per il secondo evento, discesa sotto la MDA(Minimum Descent Altitude), si è scelto di utilizzare la metodologia ISAAC in modo da far risaltare la quantità e il tipo di errori umani presenti che hanno portato all'incidente. L'errore attivo risulta essere compiuto dal pilota ed è stato classificato come violazione perché è sceso troppo vicino al terreno nonostante il segnale di GPWS, e dunque non ha rispettato una regola di sicurezza. Il pilota, con la sua esperienza ventennale per Crossair, era molto sicuro delle sue capacità, e probabilmente per questo motivo il copilota, con meno di 500 ore di volo, non aveva cercato di fermarlo. L'errore latente consiste nel fatto di aver dichiarato contatto visivo solamente parziale con il terreno. In quel momento loro si trovavano a 4 miglia nautiche dalla pista. L'aereo precedente, che era il primo ad atterrare sulla pista 28 quella sera, aveva iniziato a vedere la pista solo a 2.2 miglia nautiche di distanza, questo a causa della presenza di una collina.

Questo evento che ha portato all'incidente è dovuto a un errore latente del processo organizzativo. Il pilota non aveva infatti una carriera eccellente e, se non fosse stato per la carenza di personale, Crossair l'avrebbe rimosso dal servizio.

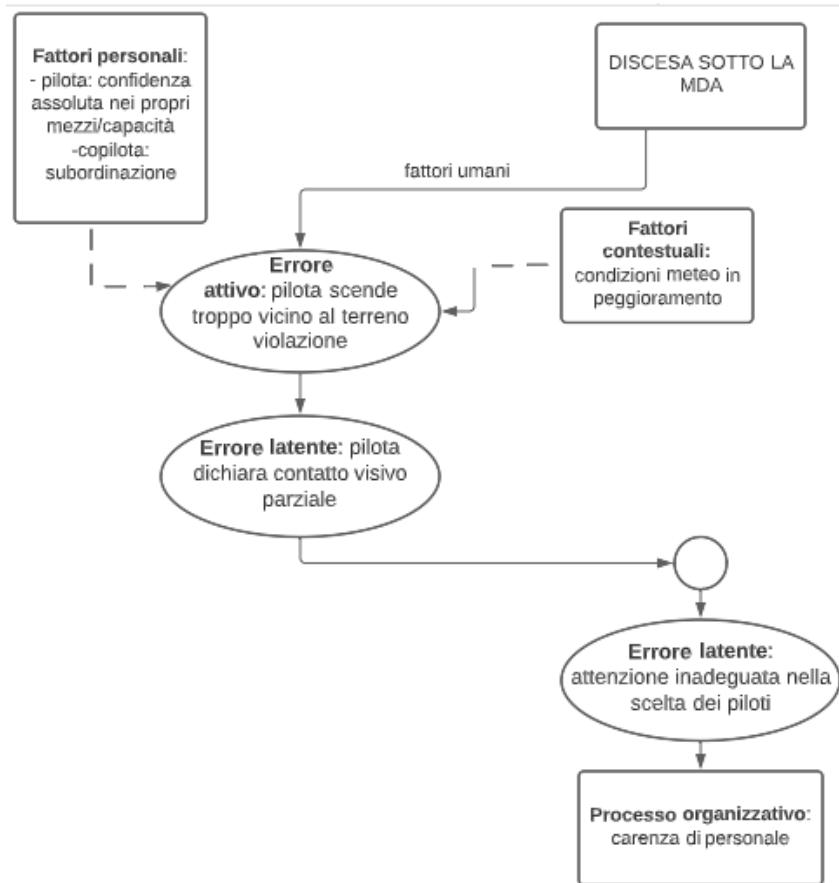


Figura 4.10: Diagramma ISAAC per evento 2: discesa sotto l'MDA

4.3.2 Evento 4

Il quarto evento riguarda il fallimento della manovra di richiamata. L'errore principale consiste nell'avere diminuito la quota senza vedere la pista. Quando il pilota si accorge di essere troppo vicino al terreno ma di non vedere ancora le luci, si preoccupa e propone una manovra di richiamata, supportata dal copilota. Il ritardo nell'attuazione della manovra ha portato a generare una potenza dei motori insufficiente ad oltrepassare la collina conto cui stavano per schiantarsi. Oltre al maltempo che non migliorava, nelle indagini si è scoperto che la collina non era presente sulle carte di navigazione che si trovavano in cabina.

Questo evento è dovuto ad un errore latente del processo organizzativo. La manovra di richiamata è fallita perché il pilota non ha rispettato gli standard di sicurezza e ha preferito basarsi sulla sua esperienza piuttosto che sugli strumenti di bordo. Il pilota, che aveva avuto altri incidenti durante la sua carriera, non sarebbe più dovuto risultare idoneo ma a causa di carenza di personale continuava a volare.

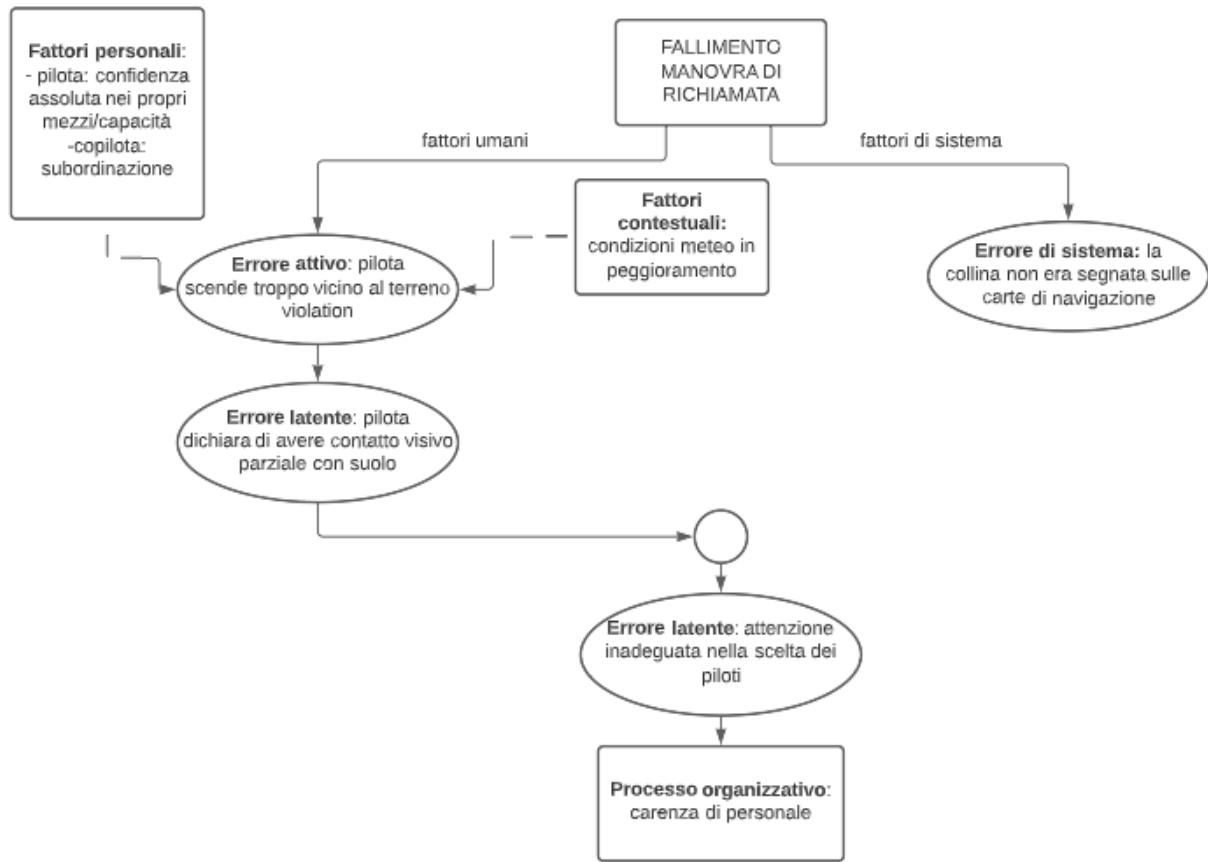


Figura 4.11: Diagramma ISAAC per evento 4: richiamata fallita

4.4 Analisi CREAM

La tassonomia CREAM o Cognitive Reliability and Error Analysis Method risale al 1998 per merito di Hollnager. Essa è strettamente connessa al metodo COCOM ed è specificatamente improntata a riconoscere e classificare gli errori umani, senza occuparsi dei guasti di carattere sistematico. In particolare, il CREAM mutua dal COCOM la sequenza logica tra le quattro funzioni cognitive:

- **Percezione:** fase cognitiva legata al contenuto delle informazioni trasferite all'uomo attraverso i normali recettori sensoriali, vale a dire: vista, udito, gusto, tatto ed olfatto.
- **Interpretazione:** funzione cognitiva legata all'elaborazione di informazioni percepite, attraverso il confronto tra i segni/sintomi provenienti e rilevati dall'ambiente, con quanto già acquisito e conosciuto.
- **Pianificazione:** fase cognitiva relativa allo sviluppo di un piano per il controllo o azione da svolgere.
- **Esecuzione:** attuazione della decisione, che può assumere la forma di risposta manuale, azione di controllo o inizio del processo cognitivo.

Parte visiva fondamentale del CREAM è il diagramma di flusso, utile per una più immediata comprensione dell'evento. Nello sviluppo del suddetto diagramma si deve seguire una serie di regole di rappresentazione:

- *Ellisse:* una causa esterna deve essere racchiusa all'interno di un'ellisse.
- *Rettangolo con angoli vivi:* tale figura geometrica è designata solo per cause interne innescanti.
- *Rettangolo con angoli smussati:* utilizzato per una causa interna conseguenziale.
- *Tratteggiato:* la singola forma geometrica, qualunque essa sia, va tratteggiata, qualora essa contenga delle funzioni cognitive compiute in maniera esatta e osservanza pedissequa delle norme. In tali spazi delimitati da linea tratteggiata non va riportata la causa dell'errore, in quanto l'errore non vi è, bensì l'azione corretta vera e propria.

A causa delle peculiari caratteristiche del CREAM si è deciso di analizzare tramite tale tassonomia gli eventi 2 e 4, gli unici associati e/o riconducibili a errori umani.

4.4.1 Evento 2: discesa sotto la MDA

Per quanto riguarda l'evento 2 si noti che si è scelto di affibbiarne l'errore alla funzione cognitiva dell'interpretazione. Infatti, in tale evento il misfatto è relativo all'elaborazione di informazioni provenienti dall'esterno. Tra quest'ultime si annoverano le segnalazioni, screditate dal pilota del volo CRX 3597 in esame, relative ad una relativa bassa visibilità del terreno anche a distanza ravvicinata dalla pista per condizioni meteo, che, dunque, conseguono in incorretto riconoscimento dello stato di volo del velivolo. L'errore, ovviamente, si propaga anche in altre fasi cognitive. Difatti, alla pianificazione si può ricondurre l'errore fondamentale dell'evento 2, ovvero la discesa prematura al di sotto della MDA, ossia Minimum Descent Altitude. Mentre, relativo all'esecuzione vi è il soggiogamento del co-pilota all'autorità del pilota. In funzione delle precedenti osservazioni, si sviluppa la tabella del CREAM relativa all'evento:

ESECUZIONE	Effetto generale		
	Effetto specifico	Cattura cognitiva	Soggiogamento psicologico del copilota da parte del pilota più esperto
	Causa generica	Scelta errata di alternativa	
	Causa specifica		
PIANIFICAZIONE	Effetto generale	Scelta errata di alternativa	Discesa prematura
	Effetto specifico	Effetti collaterali non considerati	Eventuale presenza di elementi sulla traiettoria del volo
	Causa generica	Incorretto/incompleto riconoscimento di stato	
	Causa specifica	Tempo improprio	Discesa prematura
INTERPRETAZIONE	Effetto generale	Incorretto/incompleto riconoscimento di stato	Mal identificazione dello stato del velivolo
	Effetto specifico	Ricostruzione non corretta	Il pilota crede di avere abbastanza contatto visivo con il terreno
	Causa generica		
	Causa specifica	Errore di deduzione	Diffidenza del pilota nei confronti dei piloti del volo CRX 3891

Si sviluppa, quindi, il diagramma di flusso del CREAM relativo all'evento 2 in ossequio delle regole imposte e dalle considerazioni relative al caso, inserendo anche le azioni eseguite correttamente.

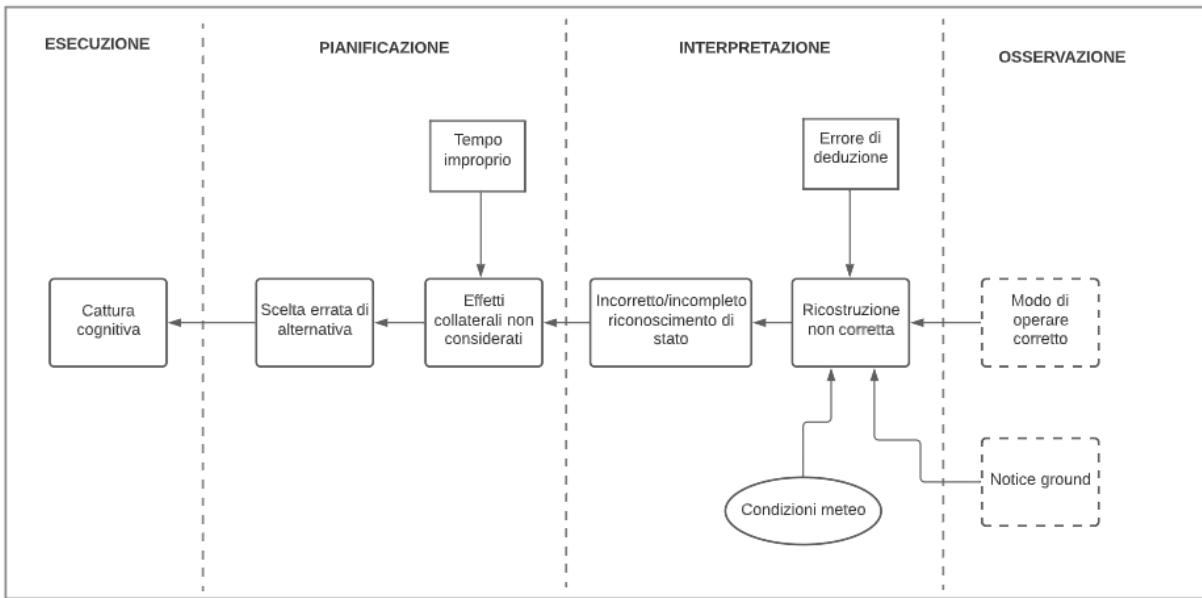


Figura 4.12: Diagramma CREAM per evento 2

4.4.2 Evento 4: richiamata fallita

Relativamente all'evento 4 si è scelto di far terminare il processo cognitivo alla fase della pianificazione, poiché l'errore consiste nella scelta temporale dell'intervento nell'attuazione del piano di volo. Si evidenzia come l'errore non consista tanto nella specifica azione commessa, poiché essa per le condizioni di volo risultava indiscutibilmente legittima, quanto nel tardivo intervento, che se anticipato anche di poco avrebbe permesso il salvataggio dell'aeromobile e, cosa più importante, delle persone a bordo. si sviluppa la tabella CREAM dell'evento sopra citato:

ESECUZIONE	Effetto generale	Azione fuori tempo	
	Effetto specifico	Ritardo	Il pilota comanda la richiamata troppo tardi
	Causa generica	Scelta errata di alternativa	
	Causa specifica		
PIANIFICAZIONE	Effetto generale	Scelta errata di alternativa	Richiamata tardiva. Quindi, la scelta "errata" si riferisce al termine temporale e non all'azione in sé.
	Effetto specifico	Scelta limitata	Il velivolo era molto vicino al terreno a velocità sostenuta
	Causa generica	Incorretto/incompleto riconoscimento di stato	Mal identificazione dello stato di volo del velivolo da parte dei piloti
	Causa specifica	Tempo improprio	Il pilota comanda la richiamata troppo tardi

Si sviluppa, quindi, il diagramma di flusso del CREAM dell'evento 4 in ossequio delle regole imposte, inserendo anche le azioni eseguite correttamente.

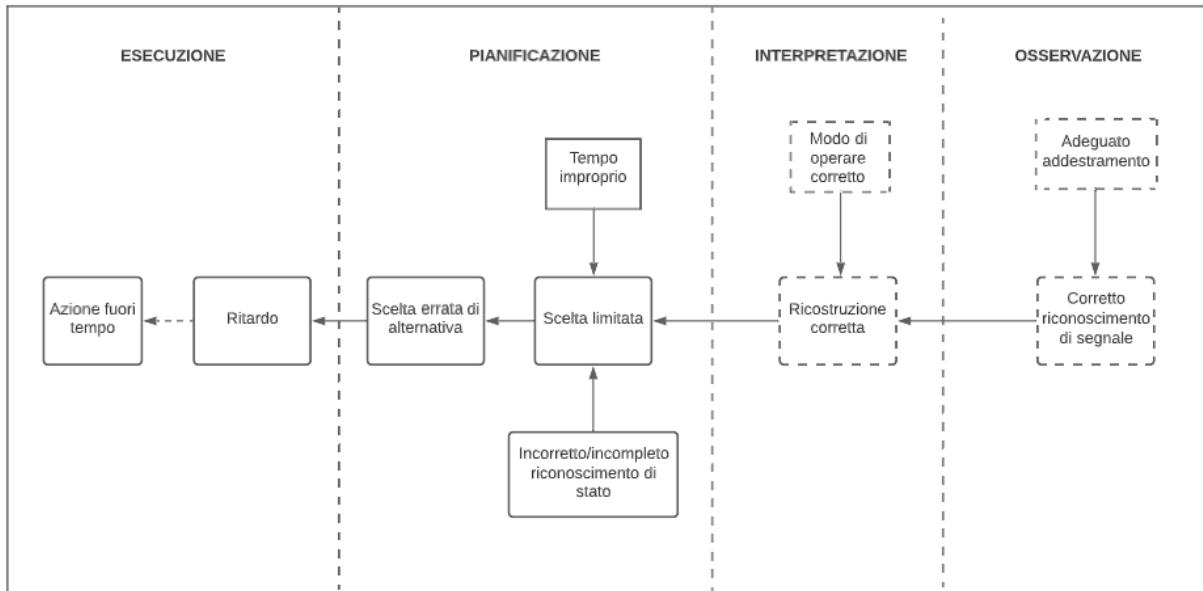


Figura 4.13: Diagramma CREAM per evento 4

4.5 Analisi HFACS

HFACS (“Human Factor Analysis and Classification System”) è in origine nato per l’aviazione militare e ha lo scopo di analizzare le lacune di una struttura attraverso l’errore umano. In tale tassonomia ci si focalizza su errori latenti ed errori attivi. Questa tassonomia è particolarmente d’aiuto per l’analista per tro-varre gli elementi “patogeni” oltre che gli errori evidenti. Si basa sul modello di uomo di Fallible Machine (FM) e su quello del “formaggio svizzero” (Reason, 1990). L’errore umano viene visto come un mancato raggiungimento dell’obiettivo a seguito di azioni pianificate e senza eventi esterni imprevisti.

Tra i vantaggi di HFACS si elencano: la focalizzazione su errori umani; l’ampio raggio delle considerazioni; la classificazione corretta e completa sul comportamento umano; la possibilità di implementare i guasti meccanici con altri metodi, quindi, la compatibilità con altre tipologie di analisi, che risulta decisamente utile per studiare i casi complessi. Tra gli svantaggi, invece, non si ometta la necessità di conoscere il modello di Reason in maniera profonda e il fatto che, a prescindere da compatibilità o meno della tassonomia, HFACS sia limitato solo a errori umani. Tale tassonomia, inoltre, richiede un’elevata conoscenza del dominio in cui la si utilizza e vi è carenza di analisi dinamica del sistema, cioè considerato nella sua evoluzione volubile. Si riporti lo schema di partenza per l’analisi condotta tramite HFACS:

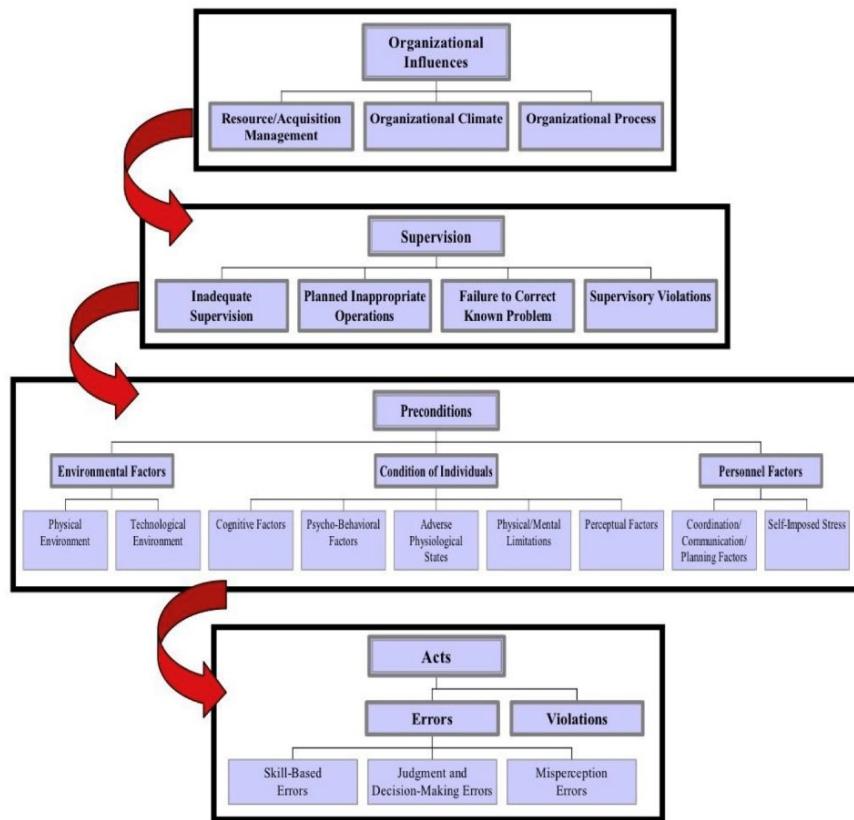


Figura 4.14: Rappresentazione della gerarchia HFACS

Come si evince dallo schema, il punto di partenza dell’analisi sono gli “acts” (o azioni errate). Se tra gli acts non si trova la causa dell’errore, allora si sale a “preconditions” (o precondizioni) e così via, passando per “Supervision” (o supervisione) e fino ad arrivare a “Organizational influences” (o influenze relative all’organizzazione). Le frecce rosse indicano come le cause d’errore ad alti piani in seno ad un’organizzazione o processo si riflettano sulle sfere sottostanti, sfociando, di fatto, in atti errati. Focalizzando l’attenzione sul meglio definire i singoli step, si ricava che:

- **Acts**: errori e/o violazioni
- **Preconditions**: condizioni a monte che hanno permesso il verificarsi dell’errore
- **Supervision**: cause derivanti da livelli decisionali intermedi (i supervisori alle operazioni). Si risale così agli errori latenti dei manager di primo livello.
- **Organizational influences**: cause derivanti dai livelli decisionali più alti, ad esempio, decisioni erronee da parte del top-management.

Risulta, dunque, logica la scelta di analizzare tramite HFACS gli eventi 1 e 2, che per la loro peculiarità di essere errori di natura umana si prestano bene alla descrizione tramite la suddetta tassonomia.

4.5.1 Evento 1

L’errore individuato per l’evento 1 si annida nella scelta della torre di controllo di far proseguire l’atterraggio verso la pista 28 (sprovvista di MSAW) nonostante le scarse condizioni meteo, per di più in peggioramento. Per quanto riguarda sia gli “ACTS” che la “SUPERVISION” troviamo un errore di “risk assessment”, dovuto proprio alla mancanza della torre di controllo di valutare correttamente il rischio che un “Non-Precision Approach” in tali condizioni meteo sulla pista 28 avrebbe potuto comportare. C’è comunque da dire che sia il pilota che il co-pilota erano familiari con tale approccio e che per tanto la scelta della torre di controllo può essere giustificabile. Non ci siamo tuttavia sentiti di escludere dall’analisi dell’incidente questo evento perché, sebbene comprensibile, esso può essere visto come una delle cause dell’incidente. Probabilmente infatti se la torre avesse deciso di far proseguire il velivolo verso un atterraggio sulla pista 14, anziché sulla 28, l’incidente sarebbe potuto essere evitato, proprio grazie ai più avanzati sistemi di sicurezza situati su tale pista.

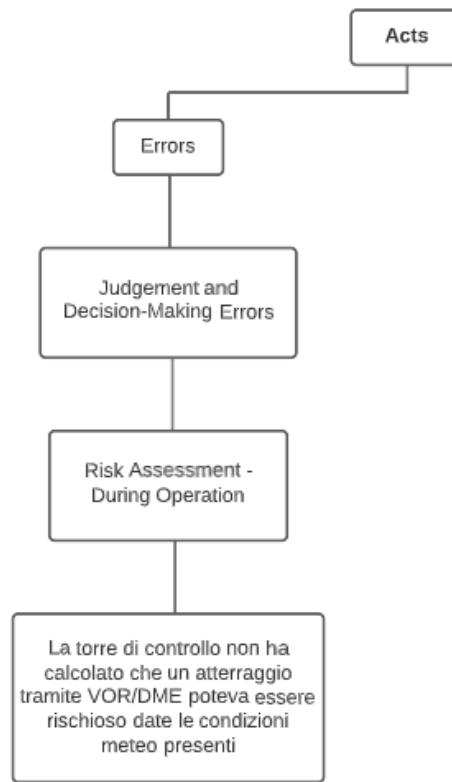


Figura 4.15: Acts - HFACS per evento 1

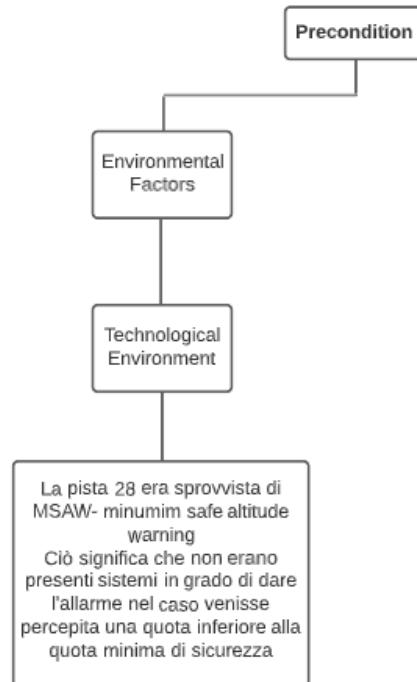


Figura 4.16: Precondition - HFACS per evento 1

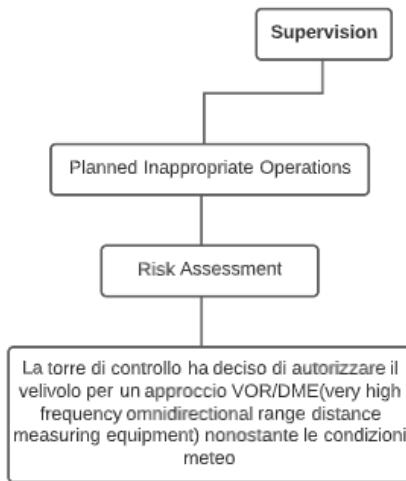


Figura 4.17: Supervision - HFACS per evento 1

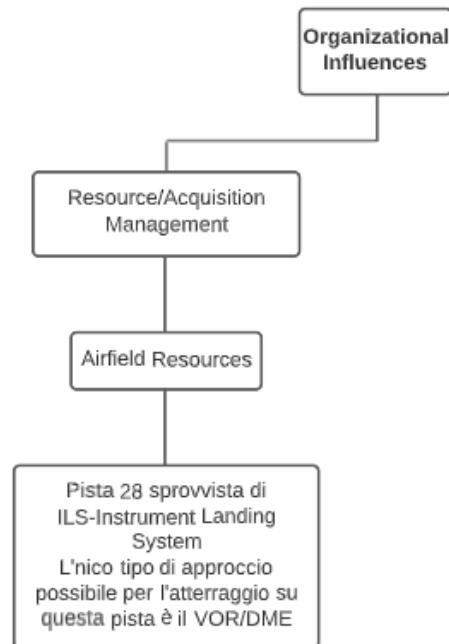


Figura 4.18: Organizational Influences - HFACS per evento 1

4.5.2 Evento 2

L'errore individuato per l'evento 2 è senza ombra di dubbio il più grave di tutti, poiché si tratta infatti della scelta consapevole del pilota di proseguire la discesa al di sotto della MDA. Stiamo quindi parlando di una vera e propria violazione delle norme, come possiamo vedere dagli "ACTS" sotto alla voce "violations". L'errore è stato anche dovuto ad una "percezione errata" del pilota ("misperception"), poiché come si può osservare dalle conversazioni registrate in cabina egli ha preso la sua scelta pensando di avere diretto contatto visivo con il terreno. E' poi da osservare anche una mancanza di supervisione dato che, come si può evincere alla voce "SUPERVISION", il co-pilota ha deciso di non opporsi alla scelta errata del pilota di portare il velivolo al di sotto della MDA.

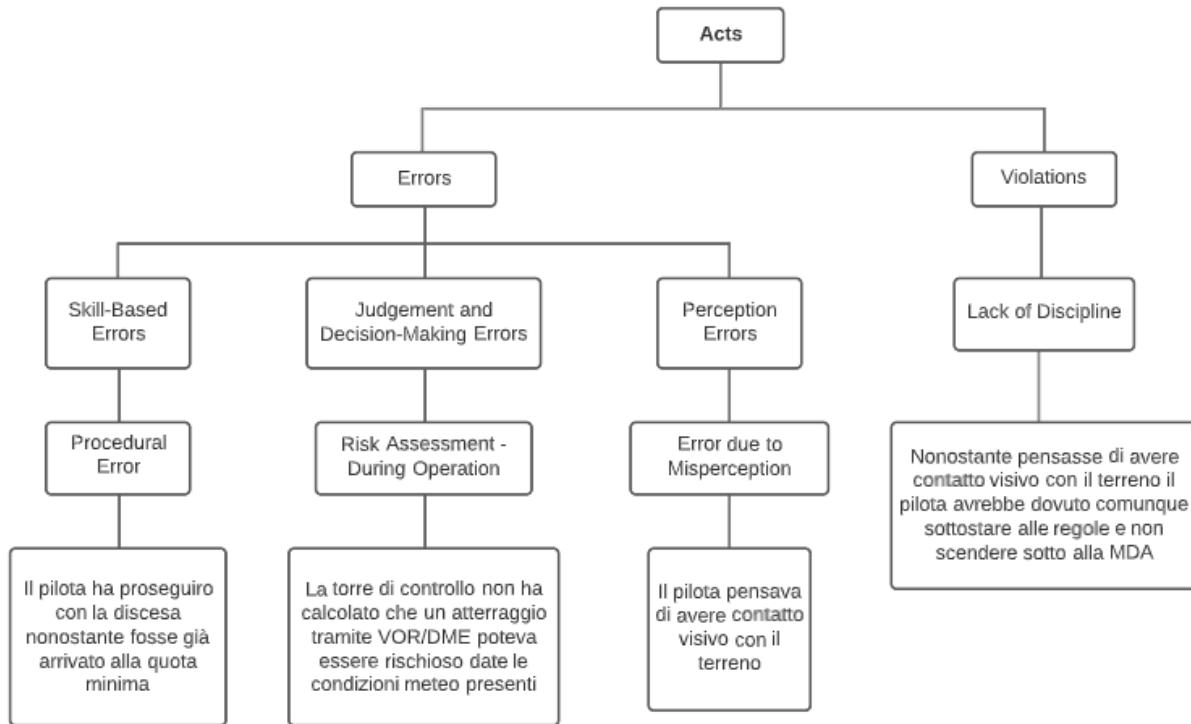


Figura 4.19: Acts - HFACS per evento 2

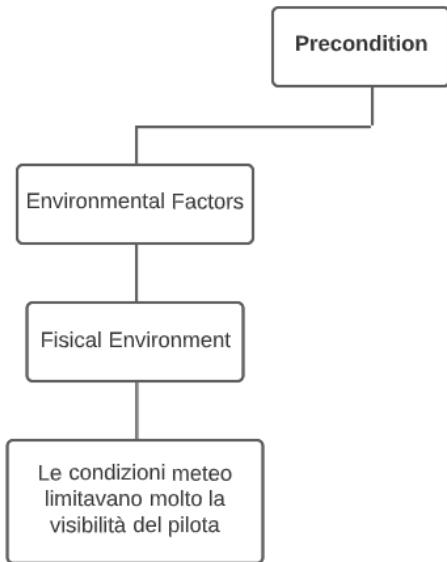


Figura 4.20: Precondition - HFACS per evento 2

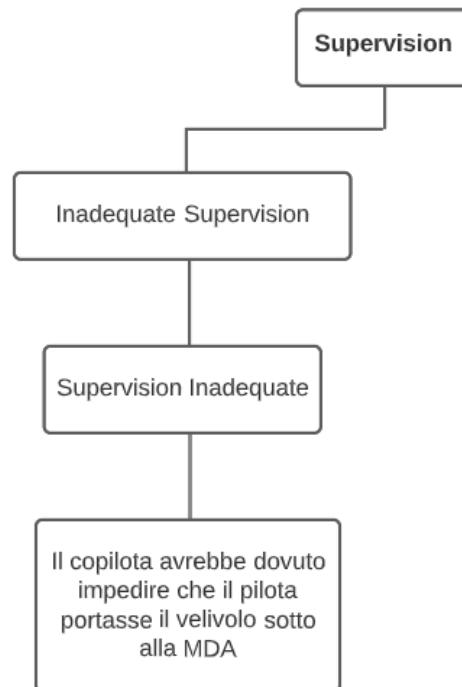


Figura 4.21: Supervision - HFACS per evento 2

4.6 Analisi ARMS-ERC

ARMS (o “Aviation Risk Management Solution”) è tra le metodologie più diffuse a livello europeo per l’analisi dei rischi operativi. Tale metodologia è composta da due moduli: ERC o (“Event Risk Classification”) e SIRA (o “Safety Issue Risk Assessment”). Il capillare utilizzo di tale metodologia è dovuto alla riduzione di soggettività imputabile tradizionalmente all’ “expert judgment” tramite un complesso di regole appositamente studiate. Nella serie di eventi che si stanno analizzando, conviene utilizzare unicamente il primo modulo dell’ARMS, cioè l’ERC, poiché ciò permette di avere una panoramica generale riguardo l’evento e le possibili barriere contro un possibile outcome grave. Tale processo di classificazione del rischio si articola essenzialmente attorno alla risposta a due domande precise:

1. Se questo evento fosse evoluto in un incidente o inconveniente grave, quale sarebbe stato il risultato più credibile?
2. Quale avrebbe potuto essere l’efficacia delle barriere restanti fra questo evento e l’ipotetico incidente più credibile?

In maniera estremamente riduttiva si può dire che l’obiettivo dell’ERC è identificare l’incidente più facilmente realizzabile e studiarne le probabilità di realizzazione attraverso l’opposizione delle barriere restanti, le quali sono valutate non solo in funzione del numero ma anche dell’efficacia intrinseca a loro associata.

Per rispondere alla prima domanda si distinguono quattro tipologie di outcome:

- **Accident o Catastrophic Incident:** occorrenza in cui si verifica almeno una delle seguenti: plurime morti; il velivolo possiede dei sostanziali danni o cedimenti strutturali, che richiedono un intervento manutentivo di alto livello o sostituzioni di porzioni d’aereo; il velivolo risulta completamente inaccessibile o mancante.
- **Major Incident:** incidente che ha coinvolto circostanze tali da farlo potenzialmente evolvere in un accident. Ad esempio: incendi, danni ai motori, problemi di controllo e stabilità del volo, 1 o 2 morti, molteplici gravi incidenti e danni maggiori al velivolo, danni maggiori al velivolo.
- **Minor Incident:** incidente che ha coinvolto circostanze tali da farlo potenzialmente evolvere in un accident o major incident, se la situazione non fosse stata appositamente arginata dal funzionamento delle barriere.
- **Occurrence with no safety effect:** occorrenza con nessuna minaccia dal punto di vista della sicurezza. Praticamente si inserisce in tale categoria qualsiasi evento che non sarebbe potuta sfociare in alcun modo in un accident.

Per rispondere alla seconda domanda, invece, ci si riferisce a tale classificazione sull’efficacia delle barriere rimanenti:

- **Effective:** se il margine di sicurezza rimanente risulta essere efficace, cioè consistente in parecchie buone barriere.
- **Limited:** se il margine di sicurezza rimanente è limitata. Praticamente si inserisce in questa tabella una qualsiasi situazione di difficile controllo, che, però, permette ancora un margine di sicurezza considerevole.
- **Minimal:** se le barriere esistono, ma la loro efficacia è giudicata minima.
- **Non effective:** se l'unica cosa che separa l'evento dall'incidente più credibile è il caso o un'abilità eccezionale.

Incrociando le risposte a tali domande nel grafico fornito per la metodologia (vedasi immagine successiva), si ottiene un valore di indice di rischio.

Effective	Limited	Minimal	Non effective	
50	102	502	2500	Catastrofico
10	21	101	500	Maggiore
2	4	20	100	Minore
1				Trascurabile

Figura 4.22: Matrice per tassonomia ARMS-ERC

Al crescere del valore di rischio la necessità di analizzare le conseguenze diventa via via più urgente. In particolare, l'indice di rischio potrebbe ricadere in 3 macro-aree:

- *Rossa:* suggerisce un'analisi e una conseguente azione immediata.
- *Giallo:* suggerisce un ulteriore valutazione di rischio.
- *Verde:* suggerisce un uso di tale evento per il miglioramento continuo dell'informazione.

Relativamente al caso in analisi si può dire che i quattro macro-eventi hanno portato ad un evento catastrofico, ma si cerca di decontestualizzare i singoli eventi dal filone principale, così come auspicabile per tale metodologia.

4.6.1 Evento 1

Per rispondere alla prima domanda si consideri che il cambio pista, per quanto evento consuetudinario, è in questo caso da valutare come un “minor incident”, perché richiede un cambio di approccio da ILS a VOR/DME, cosa che potrebbe implicare delle complicanze. Anche se tali complicanze si verificassero, vi sarebbero tutta una serie di barriere (tra cui barriere aeroportuali, addestramento, protocolli di sicurezza e strumentazione di volo) la cui efficacia è da considerare di minimo impatto. In conclusione, il valore dell’indice di rischio è 4, dunque, ciò suggerisce di utilizzare tale evento per il miglioramento continuo dell’informazione.

Effective	Limited	Minimal	Non effective	
50	102	502	2500	Catastrofico
10	21	101	500	Maggiore
2	+	20	100	Minore
	1			Trascurabile

Figura 4.23: Classificazione ARMS-ERC per evento 1

4.6.2 Evento 2

Per rispondere alla prima domanda si valuti che la discesa al di sotto della Minimum Descent Altitude può comportare un major incident, cioè tale che la sua evoluzione in accident è bloccata dalle barriere presenti. Tra queste si elenchino: MSAW (o “Minimum Safety Altitude Warning”), cioè l’avviso della torre di controllo (che, però, è mancante), esperienze e bravura del pilota, GPWS e barriere aeroportuali. Si noti che, nonostante le molteplici ed effettive barriere presenti in questo caso, si vuole comunque porre l’attenzione sulla considerevole gravità dell’incidente. Dunque, ragionevolmente si stima l’indice di rischio come pari a 502, cioè tale da farlo ricadere nella zona in cui si veicola l’immediata necessità di analisi e provvedimenti.

Effective	Limited	Minimal	Non effective	
50	102	502	2500	Catastrofico
10	21	101	500	Maggiore
2	4	20	100	Minore
		1		Trascurabile

Figura 4.24: Classificazione ARMS-ERC per evento 2

4.6.3 Evento 3

L’attivazione del GPWS o Ground Proximity Warning System implica ovviamente la vicinanza dell’aeromobile al terreno. Poiché, affinché si attivi il GPWS, devono essere fallite tutta una serie di barriere prima di essa, si noti che la portata dell’evento è potenzialmente catastrofica, ovvero potrebbe dar luogo all’impatto del velivolo con il suolo con conseguente distruzione del velivolo e molte morti. In aggiunta, come già accennato, rimangono poche barriere tra tale evento e l’outcome più credibile: l’esperienza e la preparazione del pilota e i protocolli di sicurezza aeroportuale. In funzione di quanto detto, l’efficacia delle barriere è valutata come minimal. Riportando le considerazioni appena discusse sulla tabella, si ottiene un indice di rischio pari a 502, che richiede un pronto intervento di messa a norma.

Effective	Limited	Minimal	Non effective	
50	102	502	2500	Catastrofico
10	21	101	500	Maggiore
2	4	20	100	Minore
		1		Trascurabile

Figura 4.25: Classificazione ARMS-ERC per evento 3

4.6.4 Evento 4

In risposta alla prima domanda necessaria per condurre l'analisi tramite ARMS-ERC si consideri che il fallimento della richiamata, cioè l'evento 4, è di portata indubbiamente catastrofica. Infatti, potrebbe senza dubbio far seguire lo schianto con il suolo del velivolo, ivi, la distruzione del velivolo con molteplici morti e feriti. A peggiorare la situazione di pericolo vi è l'assenza di barriera, poiché, di fatto, le uniche evenienze in grado di salvare il velivolo sono abilità eccezionali del pilota e puro caso. Sfruttando la tabella dell'ARMS-ERC si ottiene l'indice di rischio pari a 2500.

Effective	Limited	Minimal	Non effective	
50	102	502	2500	Catastrofico
10	21	101	500	Maggiore
2	4	20	100	Minore
1				Trascurabile

Figura 4.26: Classificazione ARMS-ERC per evento 4

Capitolo 5

Considerazioni e Sviluppo Raccomandazioni

5.1 Considerazioni

Dall’analisi della dinamica dell’incidente emergono chiaramente le responsabilità dell’equipaggio. L’inadeguatezza del pilota, troppo confidente nelle proprie capacità, ha portato a commettere una serie di errori:

- Errata percezione della distanza effettiva tra l’aeromobile e il terreno;
- Discesa non giustificabile sotto la MDA (o “Minimum Descent Altitude”);
- Eccessiva imposizione della convinzione sul copilota;
- Cattiva gestione della sequenza di azioni da compiere;

Inoltre, si segnala la totale dipendenza del copilota dalle indicazioni fornite dal comandante. Ciò non fa altro che mettere in luce evidenti problemi di gestione del rapporto tra colleghi per entrambi i piloti.

A loro volta, gli errori commessi dai piloti sono da ricondurre ad errori latenti a livello organizzativo all’interno della compagnia aerea Crossair, in particolare, al processo di selezione del personale, non sufficientemente scrupoloso, e al training, il quale è lacunoso sotto alcuni punti di vista come il crew management.

Anche l’ente aeroportuale possiede delle responsabilità per l’accaduto:

- All’equipaggio erano state fornite delle carte di navigazione errate;
- Mancanza di un adeguato numero di personale addetto al controllo del traffico aereo;
- Mancato adeguamento della struttura agli standard di sicurezza (mancanza ILS e MSAW, ad esclusione delle piste 14 e 16)

5.2 Raccomandazioni

Il seguente testo ha lo scopo di esplicitare raccomandazioni che in futuro possono evitare disastri di questo tipo.

Si raccomanda alla compagnia aerea una maggior severità nella scelta e nella verifica periodica di adeguatezza del personale, che deve possedere non solo abilità legate al controllo del velivolo, ma anche alla gestione dei rapporti e delle risorse umane. Si consiglia, in aggiunta, di migliorare il training con la finalità di evitare violazioni simili a quelle commesse dal pilota.

È fondamentale che l'ente aeroportuale garantisca l'ammodernamento delle strutture secondo i termini previsti dalla legge, in modo da assicurare gli standard di sicurezza.

È necessario un maggior controllo del rispetto delle norme e delle procedure a livello organizzativo, che può essere garantito solo da enti nazionali o internazionali.

L'analisi ERC evidenzia inoltre una serie di situazioni in cui è richiesto un intervento più o meno incisivo al fine di garantire standard di sicurezza adeguati (cfr. § Paragrafo 4.6).

Capitolo 6

Fonti

6.1 Bibliografia

P.C.Cacciabue, I.Oddone, I.Rizzolo. Sicurezza del Trasporto Aereo. Springer-Verlag Italia, 2009.

Final Report No. 1793 by the Aircraft Accident Investigation Bureau

6.2 Sitografia

<https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20011124-0>

<https://skybrary.aero/accidents-and-incidents/rj1h-vicinity-zurich-switzerland-2001>

https://it.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_di_Zurigo

Episodio "Schianto sulla collina" de "Indagini ad alta quota"

<https://www.referenceforbusiness.com/history2/5/British-Aerospace-plc.html>

<https://www.britannica.com/summary/BAE-Systems>

<https://hls-dhs-dss.ch/it/articles/041832/2004-03-11/>

<https://skybrary.aero/aircraft/b461>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Crossair>

https://en.wikipedia.org/wiki/Crossair_Flight_3597

https://it.wikipedia.org/wiki/British_Aerospace_BAe_146

https://it.wikipedia.org/wiki/British_Aerospace