



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss transportation safety board STSB

Rapporto finale n. 2398

della Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI

sull'inconveniente grave dell'elicottero
Schweizer Aircraft Corp. 269C, HB-XFQ,

del 7 Febbraio 2017

Ex-aerodromo di Ascona (TI)

Note generali su questo rapporto

Il presente rapporto riporta le conclusioni del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza (SISI), relative alle circostanze e alle cause di questo incidente.

Conformemente all'articolo 3.1 della 12a edizione dell'annesso 13, valida dal 5 novembre 2020, della convenzione relativa all'aviazione civile internazionale (OACI) del 7 dicembre 1944, come pure all'articolo 24 della legge federale sulla navigazione aerea (LNA; SR 748.0) del 21 dicembre 1948 (stato: 1° maggio 2022) l'inchiesta relativa a un infortunio o a un inconveniente grave ha quale unico obiettivo la prevenzione degli infortuni e degli inconvenienti gravi. L'inchiesta non ha per obiettivo la valutazione giuridica delle circostanze e delle cause dell'infortunio o dell'inconveniente grave. Il presente rapporto non intende dunque determinare colpe e/o stabilire responsabilità.

Pertanto, l'utilizzazione del presente rapporto per scopi che esulano dalla prevenzione potrebbe condurre a interpretazioni errate.

La versione in lingua tedesca di questo rapporto è quella originale e dunque quella di riferimento.

Se non diversamente specificato, tutte le informazioni si riferiscono al momento dell'inconveniente grave.

Salvo diversa indicazione, tutti gli orari citati nel presente rapporto sono espressi in ora locale (*Local Time* – LT) valida per il territorio svizzero, che corrispondeva all'ora dell'Europa centrale (CET) al momento dell'inconveniente grave. La relazione tra LT, CET e Tempo Universale Coordinato (*Coordinated Universal Time* – UTC) è la seguente:

LT = CET = UTC + 1 h.

L'istruttore di volo coinvolto lavorava part-time presso il SISI al momento dell'inconveniente grave. Per garantire un'indagine e un'analisi imparziali, esperti delle Forze aeree svizzere (FA) e RUAG Aviation hanno collaborato all'indagine.

Rapporto finale

Tipo di aeromobile	Schweizer Aircraft Corp. 269C	HB-XFQ		
Esercente	Swiss Helicopter AG, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur			
Proprietario	Swiss Helicopter AG, Hartbertstrasse 11, 7000 Chur			
Istruttore di volo	Cittadino svizzero, classe 1984			
Licenza	Licenza di pilota commerciale per elicotteri (<i>Commercial Pilot Licence Helicopter – CPL(H)</i>) secondo l'Agenzia europea per la sicurezza aerea (<i>European Aviation Safety Agency – EASA</i>), rilasciata dall'ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC)			
Esperienza di volo	totale	1613:11 h negli ultimi 90 giorni 27 h		
	Sul tipo coinvolto nell'inconveniente grave	540 h negli ultimi 90 giorni 5:31 h		
Allievo pilota	Cittadino svizzero, classe 1988			
Licenza	Licenza di pilota privato per elicotteri (<i>Private Pilot Licence Helicopter – PPL(H)</i>) secondo l'EASA, rilasciata dall'UFAC			
Esperienza di volo	totale	176:41 h negli ultimi 90 giorni 17:40 h		
	Sul tipo coinvolto nell'inconveniente grave	67:40 h negli ultimi 90 giorni 8:23 h		
Luogo	4,5 km a ovest dell'aerodromo di Locarno (LSZL), Comune di Losone (TI), nei pressi dell'ex-aerodromo di Ascona			
Coordinate	703 100 / 113 600 (<i>Swiss Grid</i> 1903)	Altezza ca. 3500 ft AMSL ¹		
Data e ora	7 Febbraio 2017, ore 11:16			
Tipo di volo	Scuola			
Regole di volo	Regole del volo a vista (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)			
Punto di partenza	Locarno (LSZL)			
Destinazione	Locarno (LSZL)			
Fase di volo	Volo di crociera			
Natura dell'incidente	Atterraggio precauzionale a causa di un problema al motore			
Danni alle persone				
Ferite	Membri dell'equipaggio	Passeggeri	Numero totale di occupanti	Terze persone
Mortali	0	0	0	0
Gravi	0	0	0	0
Leggere	0	0	0	0
Nessuna	2	0	2	Non applicabile
Totale	2	0	2	0
Danni all'aeromobile	Leggermente danneggiato (danni al motore)			
Danni a terzi	Nessuno			

¹ AMSL: *Above Mean Sea Level*, sul livello del mare

1 Fatti

1.1 Svolgimento del volo

1.1.1 Considerazioni generali

La descrizione degli antefatti e dello svolgimento del volo si basa sulle dichiarazioni dell'istruttore di volo e dell'allievo pilota.

1.1.2 Antefatti

La mattina del 7 febbraio 2017, l'istruttore di volo e l'allievo pilota si sono incontrati all'aerodromo di Locarno (LSZL) per due voli di addestramento nell'ambito della formazione avanzata per l'acquisizione dell'abilitazione al volo in montagna (*Mountain – MOU*). Il programma di volo prevedeva avvicinamenti a diversi siti di atterraggio fino ad una quota massima di 2000 m/M. L'equipaggio ha effettuato la consueta preparazione e predisposto l'elicottero per il volo. Il primo volo di addestramento, della durata di circa 1,5 ore, si è svolto senza problemi. Per il secondo volo, l'elicottero è stato nuovamente rifornito di carburante ed è stato effettuato un controllo pre-volo.

1.1.3 Svolgimento del volo

Alle 10:35, l'equipaggio dell'elicottero Schweizer Aircraft Corp. 269C, immatricolato HB-XFQ, è decollato dall'aeroporto di Locarno e ha volato verso diversi punti di atterraggio a nord di Tenero. L'equipaggio ha poi volato in direzione sud-ovest per ulteriori atterraggi nei pressi di Losone. Durante questo sorvolo, quando l'elicottero si trovava a circa 3500 ft AMSL vicino a Losone, l'allievo pilota ha avvertito l'istruttore di un leggero odore di olio. L'istruttore ha notato che l'indicatore della temperatura dell'olio motore segnava il massimo e l'indicatore della pressione dell'olio il minimo. La temperatura della testa dei cilindri indicava valori di funzionamento normali.

L'istruttore decise di effettuare un atterraggio precauzionale presso l'ex-aerodromo di Ascona, nelle immediate vicinanze. Prese il controllo dell'elicottero e iniziò una discesa in autorotazione; il motore funzionava normalmente e senza vibrazioni insolite. Alle 11:16, l'istruttore di volo fece atterrare l'elicottero senza problemi sulla pista dell'ex-aerodromo di Ascona con poca potenza del motore.

1.2 Dati meteorologici

1.2.1 Situazione generale

La Svizzera si trovava in prossimità di un punto di sella nel campo di alta pressione a nord-est e sud-ovest dell'Europa.

1.2.2 Condizioni meteorologiche del luogo e dell'ora dell'inconveniente grave

Il tempo era asciutto, il vento debole. La visibilità era di 50 chilometri. Campi di nubi alte attraversano le Alpi da nord-ovest.

Tempo	asciutto
Nuvole	3/8-4/8 a 12000 ft AAE ² 3/8-4/8 a 17000 ft AAE
Visibilità	10 km o più
Vento	calmo

² AAE: *Above Airport Elevation*, sopra l'elevazione dell'aeroporto

Temperatura / Punto di rugiada	7 °C / 0 °C
Pressione (QNH)	1015 hPa, Pressione ridotta al livello del mare, calcolata utilizzando i valori dell'Atmosfera Standard ICAO ³

1.2.3 Informazioni astronomiche

Condizioni della luce	giorno	
Posizione del sole	Azimut: 158°	Elevazione: 26°

1.3 Informazioni sull'aeromobile

1.3.1 Informazioni sul tipo d'aeromobile

L'elicottero Schweizer Aircraft Corp. 269C è un monomotore multiruolo con tre posti e carrello di atterraggio a pattini. Il rotore principale, completamente articolato, è a tre pale, mentre la compensazione della coppia avviene mediante un rotore anticoppia convenzionale. Il motore a pistoni raffreddato ad aria Textron Lycoming HIO-360-D1A ha quattro cilindri con disposizione boxer e una potenza nominale di 190 CV (equivalente a 142 kW).

1.3.2 Informazioni sul motore

Il motore Textron Lycoming HIO-360-D1A è dotato di spinotti (*piston pin*) che trasmettono la forza dai pistoni alle bielle. Gli spinotti del pistone (cfr. figura 1, ①) possono oscillare lateralmente, cosa che viene impedita dai tappi dello spinotto del pistone montati su entrambi i lati (*piston pin plug*) (②), che hanno facce terminali a forma di calotta. Esse scorrono contro la parete del cilindro del motore. Per il corretto funzionamento del motore, è necessario rispettare un limite di usura per questi tappi. Se il motore viene fatto funzionare con tappi usurati, c'è il rischio di danneggiare il motore.

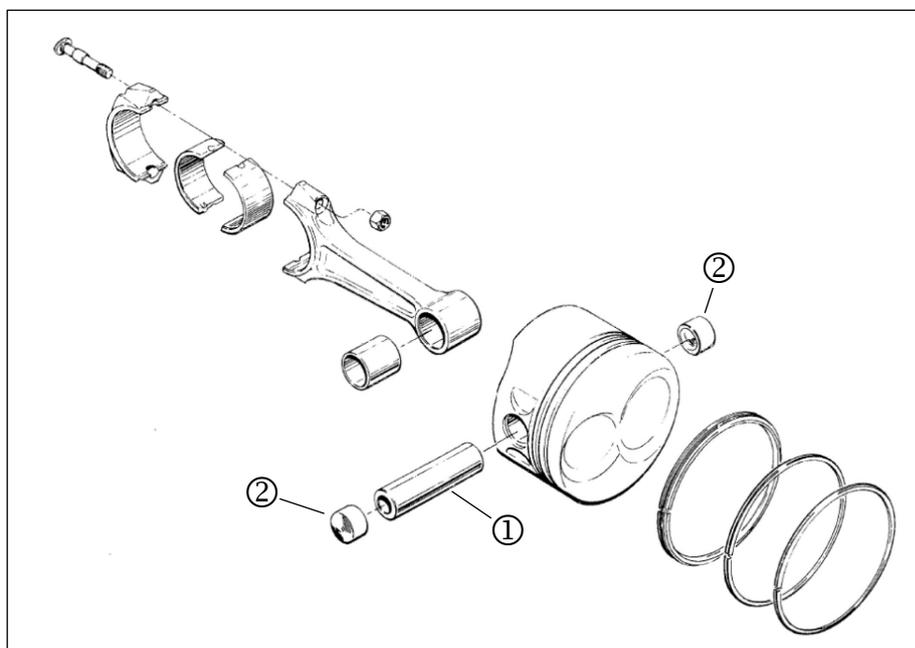


Figura 1: Disposizione dei pistoni, degli spinotti (①), dei tappi degli spinotti (②), e delle bielle (fonte: catalogo ricambi del costruttore del motore)

³ ICAO: *International Civil Aviation Organisation*, Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile

1.3.3 Informazioni sull'HB-XFQ

L'elicottero è stato costruito nel 1994 e al momento dell'incidente aveva 9803:44 ore di funzionamento della cellula e 805:04 ore di funzionamento del motore dopo la sua revisione generale.

L'ultimo intervento di manutenzione è stato documentato il 3 febbraio 2017 con 9801:19 ore di funzionamento, durante un'ispezione di 50 ore. In tale occasione, i due magneti di accensione del motore sono stati sostituiti a causa del numero di ore di funzionamento raggiunto. Da questa ispezione fino all'incidente, l'elicottero ha volato per 2:25 ore.

Gli atti tecnici erano incompleti e la tracciabilità era quindi difficile. Tra l'altro, a parte alcune eccezioni, nei rapporti di lavoro mancavano gli elenchi dei materiali e non venivano documentate se non in poche occasioni le prove motore prima e dopo le manutenzioni.

1.3.4 Informazioni del motore dell'HB-XFQ

Il motore è stato sottoposto a revisione generale nel 2012 presso una ditta di manutenzione, quindi preservato e immagazzinato per circa due anni. Nel marzo 2014, questo motore è stato trasferito alla Swiss Helicopter AG ed è stato installato sull'elicottero Schweizer Aircraft Corp. 269C, registrato come HB-XYL.

Il 10 ottobre 2014, a 276:37 ore di funzionamento, il motore è stato rimosso dall'elicottero HB-XYL a causa di un atterraggio duro ed è stato sottoposto ad uno smontaggio di verifica e riparazione presso un'azienda specializzata. Il motore riparato è stato poi installato sull'elicottero HB-XFQ dello stesso tipo. L'elicottero è stato rimesso in servizio (*Release to Service*) il 28 ottobre 2014.

Tra l'8 aprile e il 4 novembre 2016 sono stati eseguiti importanti lavori di manutenzione sulla cellula dell'elicottero HB-XFQ. Al termine di questo periodo, è stata effettuata un'ispezione di 400 ore sul motore a 753:39 ore di funzionamento. Secondo il Libro di rotta (*Journey Technical Log*), l'elicottero non è stato in funzione dal 25 marzo 2016 al 27 ottobre 2016, cioè per sette mesi. Prima di questo periodo di inattività, il motore non è stato preservato. Nella lettera di servizio (*Service Letter*) n. L180B, il costruttore del motore raccomanda di preservare i motori dopo 30 giorni di inattività per evitare la corrosione all'interno del motore.

1.4 Ispezione dell'elicottero

1.4.1 I primi risultati

Sull'elicottero non sono stati riscontrati danni esterni che possano essere attribuiti all'inconveniente grave. Sono state effettuate le seguenti costatazioni sul motore e sul sistema dell'olio lubrificante:

- L'intero sistema di lubrificazione del motore era fortemente contaminato da limatura di metallo.
- Nella griglia di aspirazione dell'olio (*oil suction screen*) e nella cartuccia del filtro era presente una grande quantità di limatura di metallo. Inoltre, nella griglia di aspirazione dell'olio era presente un pezzo di guarnizione filiforme.
- Le candele dei cilindri 1, 2 e 4 erano pulite e indicavano una buona combustione. Le candele del cilindro n. 3 erano leggermente sporche di fuliggine.
- Il radiatore dell'olio primario era intasato internamente.
- La temperatura della testata veniva misurata per design solo sul cilindro n. 2.

1.4.2 Esame dettagliato del motore

Il motore rimosso dall'elicottero è stato smontato da un'azienda specializzata. È stato determinato quanto segue:

- Gli iniettori di tutti e quattro i cilindri non erano intasati. Gli inserti filettati delle teste dei cilindri n. 1 e n. 3 erano danneggiati.
- Il pistone n. 3 era danneggiato nella zona dello spinotto (cfr. figura 2). Su un lato del pistone, le scanalature tra le fasce elastiche e l'anello raschiaolio fino al foro per l'alloggiamento dello spinotto erano state rotte o erose per una larghezza di circa 3 cm. A questo punto si sono staccate anche parti dell'anello raschiaolio e delle fasce elastiche.
- Nella camera di combustione furono trovati piccoli pezzi dello spinotto del pistone e, nello stesso punto, frammenti delle fasce elastiche in materiale ferroso. Tutti i pezzi rotti e quelli residui avevano una superficie levigata, i bordi delle fasce elastiche rotte erano arrotondati, i pezzi residui del tappo dello spinotto erano parzialmente deformati plasticamente e la perdita di massa era superiore al 50 %.
- Il tappo dello spinotto sul lato opposto mostrava segni di usura dovuti all'attrito con la parete del cilindro in materiale ferroso.
- Lo spinotto del pistone in materiale ferroso è stato spostato lateralmente sfalsato di 10 mm in direzione delle rotture. Ciò è stato possibile dopo che il tappo dello spinotto era stato parzialmente distrutto dall'erosione. Lo spinotto del pistone poté essere spinto fuori dal foro del pistone solo con grande sforzo.
- L'alesaggio dello spinotto presentava danni da erosione, molto pronunciati in alcune aree. Non sono stati riscontrati danni da erosione sullo spinotto del pistone.
- Non è stato possibile misurare i tappi degli spinotti del pistone #3 perché il grado di distruzione era troppo avanzato.
- Il pistone e la parete del cilindro n. 3 presentavano segni di attrito e notevoli danni da calore.
- I tappi degli spinotti dei pistoni #1, #2 e #4 erano tutti usurati conicamente. Dei tappi misurati, solo il tappo posteriore del pistone n. 1 rispettava le specifiche del costruttore per l'usura consentita. Per gli altri cinque tappi degli spinotti, la misurazione ha mostrato valori al di fuori del limite consentito.



Figura 2: Pistone #3 con biella e spinotto. Il massiccio danno da erosione al pistone è evidente.

1.5 Esami metallurgici

1.5.1 Pistone #3

Il materiale del pistone danneggiato è stato analizzato con una spettrometria a emissione ottica (*Atomic Emission Spectroscopy* – AES). In base a questa analisi chimica, il pistone è costituito dalla lega 4032 a base di alluminio, composta da almeno l'80 % di alluminio, dall'11 al 13,5 % di silicio e da altre piccole quantità di componenti legati. Il pistone è stato prodotto mediante stampaggio a caldo.

I componenti realizzati con questa lega sono sottoposti a un trattamento termico che ne aumenta la resistenza. Se utilizzato a temperature superiori di 200 °C, il materiale perde oltre il 50 % della sua resistenza.

Le piccole particelle, come le microschezzie di questa lega, hanno componenti di silicio molto duri, che hanno un effetto molto abrasivo. Tali particelle sono state trovate nel foro dello spinotto del pistone e all'interno dell'alesaggio del tappo dello spinotto ancora in sede. Secondo un'analisi della superficie, i danni al pistone nella zona dell'alesaggio dello spinotto e delle fascie elastiche rotte sono stati causati dall'effetto abrasivo di queste particelle dure. La superficie era fortemente usurata e presentava una struttura erosiva-abrasiva, indicando cause tribologiche⁴.

La durezza Vickers HV0,5 è stata misurata in nove punti diversi del pistone tagliato centralmente. In tutti i punti di misura, i valori erano compresi tra 62,3 e 76,7. Secondo la norma, il valore target HV0,5 della lega 4032 dovrebbe essere almeno 115. Il materiale corrispondeva chimicamente alle specifiche del produttore, ma la durezza o la resistenza erano insufficienti.

⁴ Tribologia: relazione tra attrito, usura e lubrificazione

1.5.2 Tappi degli spinotti del pistone

Secondo l'analisi dell'AES, il materiale dei tappi degli spinotti corrispondeva alla lega di bronzo-alluminio C95200 e quindi alle specifiche del costruttore. I pezzi residui dei tappi dello spinotto distrutto, rinvenuti nell'area delle scanalature del pistone, erano deformati plasticamente e abrasivi. Nell'area delle fasce elastiche rotte, sono state trovate piccole inclusioni di bronzo alluminato nella superficie del pistone. Dalla natura delle inclusioni, si può concludere che esse sono state "lavorate" nella superficie e provengono dal tappo dello spinotto distrutto.

1.5.3 Frammenti delle fasce elastiche del pistone

Nel caso dei frammenti di fasce elastiche analizzati con microfractografia, non è stato possibile effettuare un'analisi completa della frattura a causa di danni secondari. Le superfici di rottura esaminate non hanno mostrato componenti di rottura a fatica. Ciò significa che le rotture erano probabilmente spontanee. Questo risultato si spiega anche con il fatto che i pezzi avevano superfici di frattura levigate (simili a quelle di una slitta).

2 **Analisi**

2.1 **Aspetti tecnici**

Durante il volo di addestramento si sono verificati problemi al motore, che l'equipaggio ha notato a causa dell'elevata temperatura dell'olio e della bassa pressione dell'olio. I risultati dell'indagine dimostrano che i problemi al motore sono stati causati da un danno al pistone n. 3. Inoltre, dimostrano che questo danno è il risultato di un danneggiamento pre-esistente avvenuto per un lungo periodo di tempo. Questi danni pregressi sono spesso riconoscibili nel corso dei usuali lavori di manutenzione (cfr. capitolo 2.2).

Il danno pregresso del pistone #3 consisteva in microscopiche schegge di materiale costituito da silicio e ossido di alluminio nella zona del tappo dello spinotto; erano il risultato di corrosione, che può verificarsi durante fermi prolungati di sette mesi come nel caso in oggetto.

La miscelazione di queste particelle di materiale con l'olio lubrificante creava un deposito abrasivo che provocava un aumento dell'attrito e della temperatura tra il pistone e la parete del cilindro. Di conseguenza, il giorno dell'incidente si è verificata un'erosione accelerata in quest'area, che alla fine ha portato all'inceppamento dello spinotto del pistone, al distacco delle scanalature e degli anelli di tenuta del pistone ed alla distruzione del tappo dello spinotto.

L'insufficiente durezza o resistenza del pistone #3 riscontrata nell'indagine può essere attribuita all'aumento della temperatura di esercizio. Alle alte temperature, la resistenza della lega di alluminio diminuisce a causa di un cambiamento strutturale.

2.2 **Manutenzione**

I danni pregressi, come nel caso del pistone #3, possono essere generalmente prevenuti, individuati e riparati con misure di manutenzione preventiva. Tra le misure di manutenzione, vanno menzionate le prove di compressione dei cilindri e le analisi dell'olio lubrificante. Nel caso in esame, nessuna di queste misure è stata adottata.

La migliore misura preventiva è il funzionamento regolare del motore o la sua preservazione durante i periodi di inattività più lunghi. In questo caso, il motore è rimasto fermo per sette mesi senza essere preservato.

La guarnizione filiforme nella griglia di aspirazione, trovata nell'indagine, indica che questa griglia non è stata smontata, controllata e pulita da quando il motore è stato riparato nell'ottobre 2014.

2.3 **Aspetti umani e operativi**

La seguente analisi è stata preparata per imparzialità da un investigatore di incidenti aerei delle Forze aeree svizzere (FA):

"L'istruttore di volo e l'allievo pilota non erano a conoscenza di alcuna limitazione tecnica prima del volo. Durante l'ispezione giornaliera e il controllo pre-volo non sono state riscontrate anomalie.

La prima parte del volo di addestramento è stata completata senza problemi e in linea con le aspettative in termini di prestazioni del motore.

Anche la seconda parte del volo di addestramento si è svolta inizialmente senza anomalie. Per l'istruttore di volo e l'allievo pilota, l'incipiente calo della pressione dell'olio non è stato percepito. Gli strumenti del motore sono stati controllati in

volo stazionario (Hover Check), in volo di salita (Climb Check) e in volo di avvicinamento (Check for Approach).

Dopo la comparsa dell'odore di olio, unito alla mancanza di pressione dell'olio e ad una temperatura dell'olio troppo elevata, la rapida decisione dell'istruttore di volo di avviare immediatamente un atterraggio precauzionale era logica. Allo stesso modo, l'istruttore ha stabilito le priorità in modo corretto, prendendo il controllo ed entrando una condizione autorotativa.

La scelta dell'ex-aerodromo di Ascona è stata sensata per la mancanza di alternative nelle vicinanze e per evitare il volo di ritorno a Locarno sul lago. La scelta della traiettoria di volo e l'esecuzione dell'atterraggio precauzionale sono stati eseguiti in consapevole sicurezza."

3 Conclusioni

3.1 Risultati

3.1.1 Aspetti tecnici

- Il pistone n. 3 era gravemente danneggiato, soprattutto nella zona dello spionotto.
- Il danno al pistone n. 3 era dovuto a un pre-danneggiamento causato dalla corrosione.
- Non sono state seguite le raccomandazioni del costruttore del motore per la manutenzione o la preservazione.

3.1.2 Svolgimento del volo

- Prima dell'incidente, l'equipaggio aveva già effettuato diversi avvicinamenti di addestramento a siti di atterraggio al di sotto dei 2000 m/M.
- Durante il volo di crociera verso un altro sito di atterraggio, l'equipaggio ha notato un leggero odore di olio.
- L'indicatore della temperatura dell'olio motore mostrava il valore massimo e quello della pressione dell'olio il valore minimo.
- L'istruttore di volo decise immediatamente di effettuare un atterraggio precauzionale presso l'ex-aerodromo di Ascona, nelle immediate vicinanze.

3.1.3 Condizioni quadro

- Le condizioni meteorologiche erano buone e non hanno influito sul verificarsi dell'inconveniente grave.

3.2 Cause

Per raggiungere il suo scopo di prevenzione, un'autorità investigativa sulla sicurezza deve commentare i rischi e i pericoli che hanno avuto un impatto nell'incidente in esame e che dovrebbero essere evitati in futuro. In questo senso, i termini e le frasi utilizzati di seguito devono essere intesi esclusivamente in un'ottica di prevenzione. La determinazione delle cause e dei fattori contribuenti non implica quindi in alcun modo l'attribuzione di colpe o la determinazione di responsabilità amministrative, civili o penali.

L'inconveniente grave, che ha comportato un atterraggio precauzionale a causa di problemi al motore, è stato causato da danni pregressi al motore dovuti alla corrosione non rimasti scoperti durante la manutenzione.

- 4 Raccomandazioni di sicurezza, avvisi di sicurezza e misure adottate dopo l'inconveniente grave**
- 4.1 Raccomandazioni di sicurezza**
Nessuna
- 4.2 Avvisi di sicurezza**
Nessuno
- 4.3 Misure adottate in seguito all'inconveniente grave**
Nessuna

Il presente rapporto finale è stato approvato dalla Commissione del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI (art. 10 lett. h dell'Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisti nei trasporti del 17 dicembre 2014).

Berna, 13 giugno 2023

Ufficio svizzero d'inchiesta sulla sicurezza