



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 Investigation Board STSB

Rapporto finale n. 2437

del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI

riguardo all'incidente dell'elicottero
Airbus Helicopters AS 350 B3e, immatri-
colato come HB-ZVY,

del 13 luglio 2022

Matenc, Faido (TI)

Note generali su questo rapporto

L'unico scopo di un'indagine su un incidente aereo o un inconveniente grave è la prevenzione di incidenti o inconvenienti gravi. L'inchiesta di sicurezza e il presente rapporto non hanno espressamente lo scopo di determinare colpe o responsabilità.¹

Se questo rapporto viene utilizzato per scopi diversi dalla prevenzione degli infortuni, si deve tenere in debito conto questo fatto.

La versione italiana di questo rapporto è l'originale e quindi fa fede.

Se non diversamente specificato, tutti i dati si riferiscono al momento dell'incidente.

Salvo diversa indicazione, tutti gli orari citati nel presente rapporto sono espressi nell'ora solare (*Local Time* - LT) valida per il territorio svizzero al momento dell'incidente. La relazione tra LT, CET e *Tempo Universale Coordinato* (UTC) è la seguente:

LT = CET = UTC + 2 h

¹ L'articolo 3.1 della tredicesima edizione dell'allegato 13, valida dal 5 novembre 2020, della Convenzione sull'aviazione civile internazionale del 7 dicembre 1944, entrata in vigore per la Svizzera il 4 aprile 1947, stato al 27 novembre 2025 (RS 0.748.0).

Articolo 24 della Legge federale sull'aviazione del 21 dicembre 1948, stato al 1° gennaio 2026 (LFG, RS 748.0).

Articolo 1, cpv. 1 del Regolamento (UE) n. 996/2010 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 ottobre 2010, sulle inchieste e la prevenzione di incidenti e inconvenienti nel settore dell'aviazione civile e che abroga la direttiva 94/56/CE, entrato in vigore per la Svizzera il 1° febbraio 2012 su decisione del Comitato misto della Confederazione svizzera e dell'Unione europea (UE) e basato sull'Accordo del 21 giugno 1999 tra la Svizzera e l'UE sul trasporto aereo (Accordo sul trasporto aereo).

Articolo 2 cpv. 1 Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisi nei trasporti (OIET) del 17 dicembre 2014, aggiornata al 1° gennaio 2025 (OIET, SR 742.161).

Sintesi

Tipo di aeromobile	Airbus Helicopters AS 350 B3e	immatricolato come HB-ZVY
Esercente	Tarmac Aviation SA, Via Aeroporto, 6982 Agno	
Proprietario	European Helicopter Holding SA, Via Aeroporto, 6982 Agno	

Pilota	Cittadino svizzero, classe 1990		
Licenza	Licenza di pilota professionale di elicottero (<i>Commercial Pilot Licence – (H)</i>), secondo le regole dell'agenzia dell'unione europea per la sicurezza aerea AESA (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), emessa dall'ufficio federale dell'aviazione civile UFAC		

Ore di volo	totale	3'158:00 h	negli ultimi 90 giorni	233:00 h
	sul tipo coinvolto	3'023:00 h	negli ultimi 90 giorni	233:00 h

Posizione	Matenc, Comune di Faido (TI)		
Coordinate	707225 / 148674 (<i>Reticolo svizzero 1903</i>)	Altezza	1406 m/M
	N 46° 28' 50" / E 008° 50' 06" (WGS ² 84)		
Data e ora	13 luglio 2022, ore 14:00 locali		

Tipo di operazione	Lavoro aereo
Regole di volo	Regole del volo a vista (<i>Visual Flight Rules - VFR</i>)
Partenza	Matenc, Comune di Faido (TI)
Destinazione	Matenc, Comune di Faido (TI)
Fase di volo	Aggancio del carico esterno
Tipologia di avvenimento	Scarica elettrica attraverso la fune di trasporto

Lesioni personali

Lesioni	Membri dell'equipaggio	Passeggeri	Numero totale di occupanti	Terze parti
Mortali	0	0	0	0
Gravi	1	0	0	0
Leggere	0	0	0	0
Nessuna	1	0	1	Non applicabile
Totale	2	0	1	0

Danni all'aeromobile Nessuno

Danni a terzi Nessuno

² WGS: *World Geodetic System*, sistema di riferimento geodetico: lo standard WGS 84 è stato adottato per l'aviazione con una risoluzione dell'*Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile (ICAO)* nel 1989.

1 Fatti

1.1 Antefatti e svolgimento del volo

1.1.1 Generale

Per la seguente descrizione degli antefatti e dello svolgimento del volo sono state utilizzate informazioni tratte da documenti esistenti e dichiarazioni di persone che potevano fornire riscontri rilevanti. Il volo era una missione di lavoro aereo con carico esterno. L'incidente è stato segnalato dal gestore dell'elettrodotto all'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte (ESTI), che a sua volta ha informato il SISI in data 19 dicembre 2022. L'incidente è stato annunciato dall'operatore all'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) tramite la piattaforma ECCAIRS³ in data 14 luglio 2022, ma non direttamente al SISI⁴.

1.1.2 Antefatti

L'esecuzione dei lavori di esbosco sul cantiere in oggetto era pianificata per il primo pomeriggio. Giunto nei pressi del cantiere, il pilota è atterrato, ha spento l'elicottero e partecipato al briefing con tutto il personale impiegato ed i collaboratori di Swisgrid. Durante lo stesso era stata visionata la documentazione del cantiere, dalla quale era emerso che la linea si trovava sotto tensione. Sulla scorta di una precedente ricognizione in volo ed in seguito al citato briefing, il pilota decise di utilizzare una fune di trasporto del legname di 38 metri, in quanto i tronchi da esboscare si trovavano ad una distanza di oltre 20 metri dal conduttore più esterno.

La fune di trasporto è stata agganciata al gancio primario dell'elicottero ed era composta da diversi elementi. La parte portante era un intreccio di diverse fibre sintetiche, ricoperta da una guaina che contiene i cavi elettrici per l'apertura a distanza del gancio secondario, che si trovava all'estremità inferiore ed era incorporato in un telaio protettivo di acciaio.

L'assistente di volo rimasto in seguito ferito (TSOP⁵ A), dopo aver lavorato presso un altro cantiere il mattino, si era recato verso le 12:30 con il furgone aziendale in località Matenc per i lavori preparatori. Unitamente al collaboratore del gestore di rete elettrica, ha provveduto a misurare la distanza di 20 metri dai conduttori⁶ e, dopo l'arrivo dell'elicottero con gli altri due TSOP B e C, ha partecipato al briefing.

In tale frangente, aveva preso atto della presenza della tensione sulla linea.

In seguito, egli si era recato a piedi presso il punto di carico ed ha avvisato il pilota tramite radio circa la sua prontezza.

1.1.3 Svolgimento del volo, oggetto dell'incidente

Il pilota, dopo aver ricevuto la conferma di prontezza dei 3 TSOP, si è levato in volo e ha proceduto con cautela al primo avvicinamento al luogo di carico, tenendo presente l'influenza della termica proveniente da sud e dalla valle, osservando in particolare di non scendere al disotto della distanza minima di 20 metri dai conduttori (cfr. Figura 1).

³ ECCAIRS: *European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems*. si tratta della piattaforma del Centro di coordinamento europeo per i sistemi di raccolta delle segnalazioni di incidenti e inconvenienti nell'aviazione.

⁴ La procedura di notifica di un evento è consultabile [sul sito del SISI](#) e nel capitolo 7 del Manuale VFR dell'AIP Svizzera.

⁵ TSOP - *Task Specialist Operator*: Assistente di volo impiegato presso l'operatore.

⁶ La distanza venne misurata tramite un apposito strumento che tiene conto dell'inclinazione e il collaboratore del gestore di rete segnò dei riferimenti al suolo e sui tronchi.

Dopo aver constatato di trovarsi con l'elicottero ad una distanza dai conduttori percepita come fastidiosa, e senza vedere riferimenti disegnati sul terreno, il pilota ha chiesto al TSOP presso il punto di scarico di predisporre una fune di trasporto di 50 metri per la seconda rotazione.

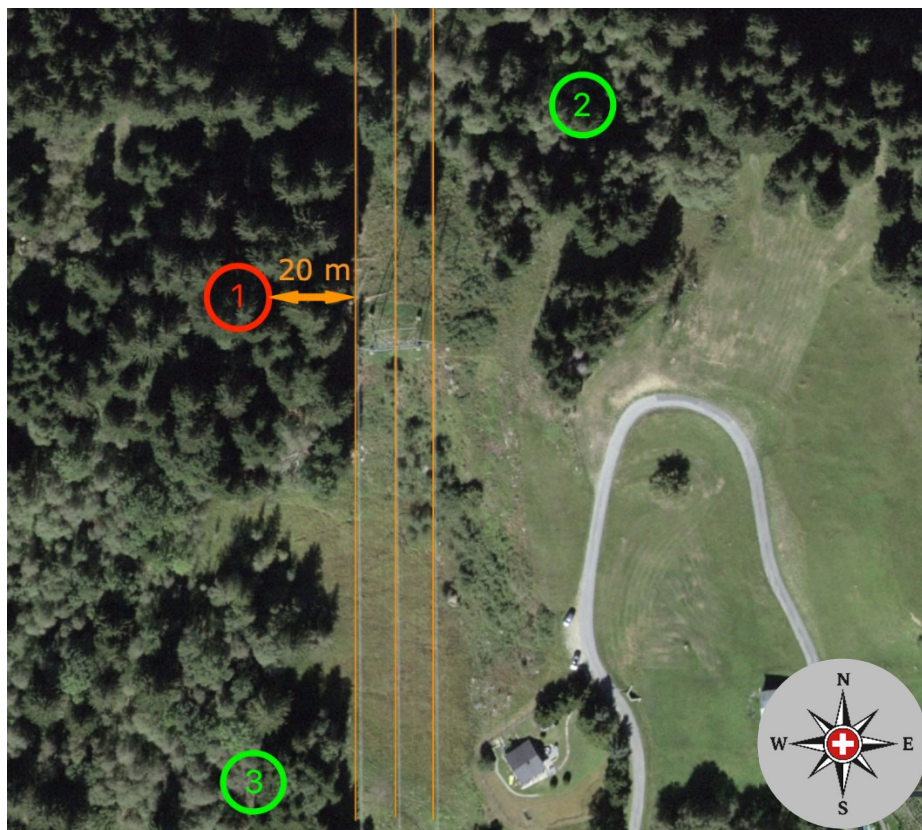


Figura 1: Settore di impiego dello TSOP A (1) e degli altri luoghi di carico (2-3). I conduttori sotto tensione sono evidenziati in arancio. Origine: Ufficio federale di topografia Swisstopo, elaborata dal SISI.

In fase di avvicinamento per l'aggancio del primo carico, il pilota ha seguito le indicazioni dategli dallo TSOP A e ha osservato che lo stesso stava tirando a sé il gancio con l'apposito rampino di messa a terra.

In tale frangente, il pilota ha constatato il rumore di una scarica statica sulla frequenza FM e ha osservato che lo TSOP A stava tenendo premuto il tasto di trasmissione della radio senza comunicazione, rendendosi conto che qualcosa non stava funzionando come al solito.

Secondo lo TSOP A, a seguito del contatto del rampino con il gancio secondario si è manifestato un evidente rumore di scarica elettrica. Egli non si ricorda se avesse o meno rilasciato il rampino prima di prendere in mano il gancio. Quando è avvenuto il contatto tra la mano e il gancio, le dita della mano protette dai guanti, si sono contratte attorno alla parte metallica del gancio, impedendone il rilascio volontario.

Il pilota, accortosi della situazione, ha prontamente sollevato il gancio e lo TSOP A di circa 1 metro, vedendolo in seguito rilasciare il gancio e cadere a terra.

La missione è stata immediatamente interrotta e l'elicottero è stato riposizionato presso la piazza di scarico, dove allo stesso tempo era giunto a piedi anche lo TSOP A.

Lo TSOP A indicava di essere rimasto intontito per qualche minuto a seguito di una forte scossa elettrica e lamentava un battito cardiaco diverso dal solito, descritto da lui stesso come “batticuore”.

Il pilota si è accertato in merito allo stato di salute dello TSOP A che palesava un importante stato di stanchezza unitamente alla presenza di un forte senso di sete. Lo stesso TSOP A ha tuttavia ritenuto sul momento che la sua capacità lavorativa non fosse stata compromessa dall'incidente.

Vista la situazione venutasi a creare, il pilota ha deciso di interrompere il lavoro su questo cantiere. Tutta la squadra dell'operatore aereo è stata inviata a svolgere una nuova missione, di circa 90 minuti, presso un altro cantiere situato nelle vicinanze di Faido.

Al termine di tale compito, lo TSOP A ha riportato verso le ore 16:00 il furgone in sede presso l'aeroporto cantonale di Locarno Magadino (LSZL) ed ha terminato la sua attività lavorativa, dicendo ad un suo collega di sentirsi stanco, lamentando in particolare un dolore ad un braccio. Giunto al domicilio, a seguito del persistere dei sintomi, ha deciso di recarsi all'ospedale, dove è stato visitato e ricoverato sotto sorveglianza per due giorni.

1.2 Indicazioni sulle persone

1.2.1 Pilota

Il pilota coinvolto nell'incidente era impiegato a tempo pieno presso la Elicitino-Tarmac SA ed esercitava anche la funzione di responsabile della sicurezza per la medesima ditta (*safety manager*).

1.2.2 Assistenti di volo

Per la missione in oggetto erano stati previsti tre TSOP (A-B-C), con i compiti di aggancio del legname in due specifiche zone di carico e rispettivamente di rifornimento del carburante.

Tutti e tre erano impiegati a tempo pieno presso la Elicitino-Tarmac SA da diversi anni e avevano conseguito le certificazioni interne all'azienda previste per tale attività.

1.3 Indicazioni sull'aeromobile

1.3.1 In generale

Immatricolazione	HB-ZVY
Tipo di elicottero	Airbus Helicopters AS 350 B3e
Caratteristiche	Elicottero monomotore multiruolo a sei posti e carrello di atterraggio a pattini. Rotore principale a tre pale, sistema anticoppia convenzionale con rotore di coda. Sistema di controllo ridondante completamente digitale del motore (<i>Full Authority Digital Engine Control – FADEC</i>)
Costruttore	Airbus Helicopters
Anno di Costruzione	2020

Massa massima ammissibile al decollo	Senza carico esterno:	2250 Kg
	Con carico esterno:	2800 Kg
Limitazioni o difetti noti	Nessun difetto/limitazione iscritto agli atti o noto al momento dell'incidente.	

1.3.2 Equipaggiamento dell'elicottero

1.3.2.1 Modifiche specifiche per il lavoro aereo

L'elicottero era stato appositamente modificato per l'impiego di lavoro aereo. Nello specifico era stato dotato di una botola-finestra sul lato destro del pavimento, che permette al pilota una visione diretta del carico secondo una tecnica di volo denominata riferimenti verticali (*vertical reference*). Inoltre, era dotato di un telaio con specchi che permettono la visione indiretta del carico sospeso.

Per le comunicazioni con il personale a terra, oltre alle due radio-ricetrasmittenti in banda aeronautica AM per le comunicazioni con gli enti del controllo del traffico aereo, l'elicottero era stato dotato di una radio-ricetrasmittente in banda FM.

Le radio ricetrasmittenti erano collegate al pannello di gestione degli apparecchi di comunicazione, attraverso il quale il pilota può selezionare fino a 3 canali di ascolto contemporanei e fino a 2 di trasmissione.

1.3.2.2 Materiale di lavoro aereo impiegato

In configurazione per il trasporto o esbosco di legname (*Helicopter Logging*), il gancio baricentrico (primario) dell'elicottero viene munito di una fune di trasporto che alla sua estremità inferiore è dotata di un gancio secondario comandato a distanza dal pilota (cfr. Figura 2).

La fune di trasporto al momento dell'incidente era di tipo sintetico a tripla anima in Kevlar®⁷ con un rivestimento di protezione in poliuretano. Per la trasmissione dei comandi elettrici all'interno della guaina esterna in Dyneema®⁸ e poliestere ad alta tenacità vengono integrati sei conduttori di rame isolati con sezione di 1 mm² ciascuno. Ad eccezione dei cavi elettrici all'interno della fune di trasporto, i materiali impiegati sono isolanti dal punto di vista elettrico.

Il gancio secondario è dotato di un meccanismo a ginocchiera (*over-the-knee mechanism*) che permette di bloccare il gancio in posizione chiusa e sotto sforzo. L'apertura comandata dal pilota avviene tramite un segnale elettrico a un solenoide (elettrocalamita) che sblocca il meccanismo. La tensione elettrica necessaria per l'attivazione dell'elettrocalamita è di 28 VDC⁹ con una corrente fino a 14 A. Trattandosi di un circuito in corrente continua, il potenziale di 0 V viene ottenuto mediante una connessione alla massa dell'elicottero.

Lo TSOP A era equipaggiato di un cosiddetto rampino per afferrare il gancio secondario. Si tratta di un'asta metallica ricurva, dotata di un manico in materiale isolante, con una catena che tocca il suolo. Questo attrezzo dovrebbe permettere la scarica a terra dell'elettricità statica accumulata durante il volo (cfr. Figura 3).

⁷ Kevlar® è una fibra aramidica para-aramide sviluppata da DuPont nel 1965. È un materiale sintetico ad alta resistenza meccanica e termica, molto leggero ed estremamente robusto.

⁸ Dyneema® è una fibra in polietilene ad altissimo peso molecolare (UHMWPE) sviluppata da DSM (Paesi Bassi). È conosciuta come la fibra più resistente al mondo in rapporto al peso.

⁹ VDC – Volt Direct Current: Volt in Corrente continua

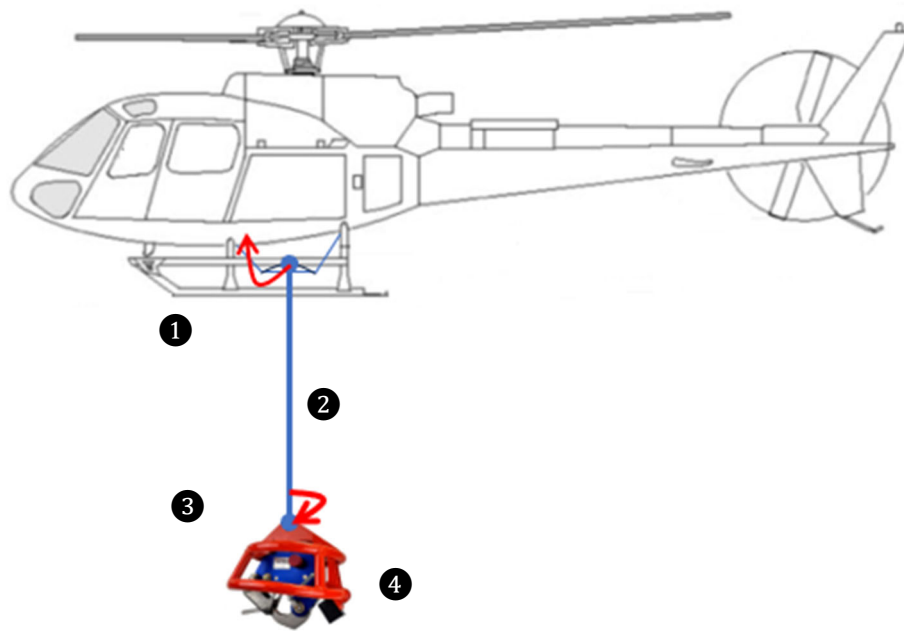


Figura 2: Schema non in scala della configurazione di lavoro aereo per l'esbosco di legname. ① Connessione elettrica tra fune di trasporto e elicottero; ② Fune di trasporto con al suo interno i cavi di comando per l'apertura a distanza del gancio secondario; ③ Connessione elettrica tra fune di trasporto e gancio secondario; ④ Gancio secondario dotato di telaio metallico di protezione.

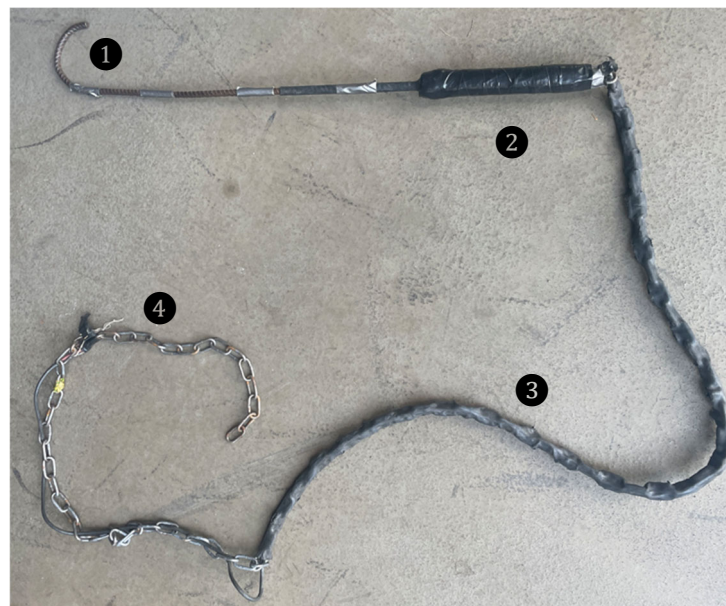


Figura 3: Rampino utilizzato nella fase iniziale di aggancio del gancio secondario da parte dello TSOP. ① Parte metallica ricurva; ② Manico ricoperto di materiale isolante; ③ Catena metallica di messa a terra ricoperta di una camicia isolante; ④ Catena metallica di messa a terra non isolata.

1.3.2.3 Apparecchi di registrazione di dati

L'elicottero era dotato dei seguenti apparecchi, che erano in grado di registrare dei dati di volo: telecamera in cabina, registrante il pannello strumenti e parte della visuale anteriore come pure i dati di posizione e assetto; registratore dei parametri del motore (*Engine Data Recorder* – EDR). In ragione del tempo intercorso tra l'incidente e il momento della segnalazione dello stesso al SISI, i dati non erano più disponibili.

1.4 Dati meteorologici

1.4.1 Condizioni meteorologiche generali

Distribuzione piatta della pressione sulle Alpi, sul margine orientale di un cuneo di alta pressione.

1.4.2 Condizioni meteorologiche al momento e presso il luogo dell'incidente

Le seguenti informazioni relative alle condizioni meteorologiche al momento e nel luogo dell'incidente si basano sulle misurazioni effettuate dalle stazioni circostanti e sulle immagini delle webcam.

Secondo queste informazioni, il tempo era asciutto con termica blu e deboli correnti ascensionali di valle. Termica blu¹⁰ sul versante soleggiato.

Tempo e nuvole	Singoli cumuli sopra il rilievo (<< 1/8) con base al di sopra di 2500 m/M	
Vista	Più di 10 km	
Vento	Nella valle circa 10 kt a salire In quota 3 kt da 160°	
Temperatura e punto di rugiada	20 °C / 10 °C	
Pressione dell'aria	QNH ¹¹ LSZA: 1024 hPa	
Pericoli	Temperature elevate nelle pianure (altezza di densità)	

1.4.3 Dati astronomici

Posizione del sole	Azimut 188°	Altezza 65°
Condizioni di illuminazione	Giorno	

1.5 Indicazioni sul luogo dell'incidente, l'impatto e il relitto

1.5.1 Indicazioni sul luogo dell'incidente

La località Matenc è situata in Valle Leventina, sul lato est della Valle, a circa 1 km ad est dell'abitato di Rossura.

L'ambiente alpino è caratterizzato da una folta copertura boschiva composta principalmente da alberi ad alto fusto.

Il monte Matenc, situato a 1406 m/M, è raggiungibile tramite una strada carrozzabile.

¹⁰ Termica senza condensazione, ovvero senza formazione di cumuli in aria secca

¹¹ Pressione ridotta al livello del mare, calcolata utilizzando i valori dell'atmosfera standard ICAO

1.5.2 Tracciato dell'elettrodotto da 380 kV

L'elettrodotto TR 1510 di Swissgrid collega le centrali di Mettlen (LU) e Lavorgo (TI) attraverso il passo del Lucomagno. Il traliccio a portale no. 9213, alto circa 45 metri, ha una forma a cavalletto, con i conduttori delle tre fasi posizionati alla stessa quota. Le funi di guardia, che svolgono funzione di protezione dai fulmini, sono posizionate sulle cime dei tralicci.

Secondo Swissgrid, al momento dell'incidente non sono state rilevate delle anomalie nelle registrazioni dei dispositivi di protezione.

1.6 Aspetti medici

1.6.1 Effetti della corrente elettrica sul corpo umano

Quando un individuo si trova in prossimità di un oggetto il cui potenziale è stato innalzato a seguito di un accumulo di elettricità statica o perché avvicinato ad una linea ad alta tensione, la differenza di potenziale fra la persona e la struttura può essere abbastanza alta da superare la rigidità dielettrica dell'aria. Si viene pertanto a formare una scarica che entrerà nel corpo della vittima anche in assenza di contatto fisico (arco elettrico).

Altri fattori che influenzano la formazione ed il percorso di questi archi esterni sono la presenza di oggetti metallici sul corpo o l'umidità dell'aria.

I gravi effetti fisiopatologici indotti dalla corrente elettrica possono variare in funzione del valore della tensione sul corpo umano, che può essere di tipo continuo o alternato, differenziandosi anche in base alla frequenza. Le principali conseguenze sono la contrazione involontaria dei muscoli, arresto respiratorio, disturbi del ritmo cardiaco ed ustioni ai tessuti.

Il passaggio della corrente elettrica all'interno del corpo umano può generare conseguenze dannose per il sistema cardiocircolatorio e significativi danni a carico dei centri nervosi fino a veri e propri stati di shock che possono condurre in taluni casi alla morte anche non immediata.

I sintomi riscontrati dallo TSOP A a seguito dell'incidente, rientrano pienamente in quelli conosciuti dopo l'esposizione a una scarica di corrente. Il tempo di esposizione relativamente corto ha evitato l'insorgere di conseguenze potenzialmente durature, è comunque stato sufficiente per rendere necessari un ricovero in ospedale di alcuni giorni e un'inabilità completa al lavoro di una dozzina di giorni.

1.7 Informazioni sulle organizzazioni coinvolte

1.7.1 Imprese ed enti coinvolti

1.7.1.1 Gestore di rete elettrica

Swissgrid, con sede ad Aarau e Prilly, è il gestore della rete di trasporto energetico svizzera. Si occupa dell'esercizio dell'intera rete ad altissima tensione, lunga complessivamente 6700 Km.

Swissgrid ha definito delle specifiche aree di pericolo per il lavoro aereo, derivate da quelle per le operazioni con gru, che sono poi state riprese anche dai gestori delle reti elettriche di trasporto a livello cantonale e regionale.

Il 24 marzo 2022 Swissgrid ha emanato una direttiva aggiornata¹², relativa ai voli di elicottero nelle vicinanze degli elettrodotti ad altissima tensione, che definisce l'area di pericolo entro una distanza di 20 m dai conduttori (cfr. Figura 4).

¹² Disponibile sul sito <https://www.swissgrid.ch/content/dam/swissgrid/operation/transmission-grid/behaviour-near-lines/merkblatt-aerial-work-it.pdf>

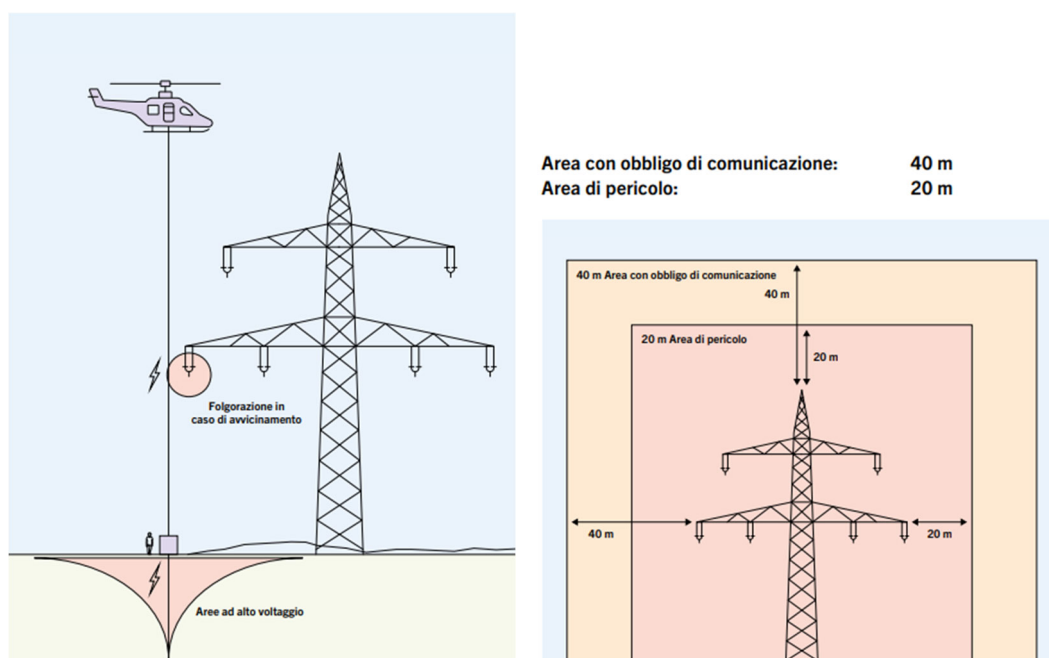


Figura 4: Immagini tratte dal documento “Voli in elicottero vicino a linee elettriche ad altissima tensione” del gestore di rete Swissgrid e che descrivono il pericolo di folgorazione dovuto a un possibile passaggio di corrente, rispettivamente le aree con obbligo di comunicazione (40 m) e le aree di pericolo (20 m).

Per quanto attiene l'elettrodotto in oggetto, Swissgrid ha fra i propri compiti quello di garantire la sicurezza della linea tramite l'asportazione della vegetazione che potrebbe entrare in contatto con i conduttori.

1.7.1.2 Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI

L'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte è l'autorità di sorveglianza e di controllo degli impianti elettrici.

L'ESTI provvede affinché tali impianti vengano pianificati, costruiti e sottoposti ad adeguata manutenzione, in modo sicuro e nel rispetto dell'ambiente, in particolare assicurando la sicurezza per persone, animali e cose.

Le ordinanze e prescrizioni a livello federale relative ai lavori in prossimità di impianti a corrente forte escludono, al momento della pubblicazione di questo rapporto, l'applicabilità ai lavori svolti mediante l'elicottero.

1.7.1.3 Ufficio federale dell'aviazione civile UFAC

L'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) è l'autorità competente in materia di aviazione civile e di strategia e politica aeronautica in Svizzera. Provvede affinché in Svizzera l'aviazione civile mantenga uno standard di sicurezza elevato e persegua uno sviluppo sostenibile.

L'UFAC, tra gli altri compiti, si occupa anche degli ostacoli alla navigazione aerea, di cui gli elettrodotti fanno parte. Nel caso di un elettrodotto soggetto ad obbligo di autorizzazione, l'UFAC verifica se esso può essere costruito senza compromettere la sicurezza del traffico aereo e decide quali sono le misure di sicurezza necessarie, ad esempio la marcatura e/o la segnalazione luminosa.

1.7.1.4 Impresa di trasporto aereo

L'impresa svolge regolarmente operazioni specializzate di lavoro aereo di tutti i tipi.

L'impresa dispone delle autorizzazioni necessarie per lo svolgimento di operazioni aeree commerciali (*Air Operator Certificate – AOC*), operazioni specializzate di lavoro aereo (*Specialized Operation – SPO*) e dispone inoltre delle certificazioni per il mantenimento dell'aeronavigabilità (*Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*) e di manutenzione (*Part 145 Maintenance Organisation*).

Le certificazioni e la dimensione della ditta richiedono l'implementazione di sistemi di sorveglianza della conformità (*Compliance Monitoring*) e della sicurezza (*Safety Management System – SMS*).

1.7.2 Gestione del rischio sul cantiere

I diversi attori presenti sul cantiere avevano predisposto dei piani di sicurezza relativi alla propria specifica attività.

Durante il rapporto di coordinazione avvenuto sul posto fra il pilota, i TSOP ed il collaboratore Swissgrid, sono state discusse le prescrizioni di sicurezza e le distanze al suolo sono state misurate prima dell'inizio delle operazioni di volo. I partecipanti al briefing sono stati resi attenti al fatto che la linea era sotto tensione.

1.8 Informazioni supplementari

1.8.1 Fenomeno della carica elettrostatica su un elicottero

E' noto che, a dipendenza delle caratteristiche elettriche di tutti i materiali coinvolti, un corpo che si muove all'interno di un fluido, oppure si trova immerso in un fluido in movimento, è sottoposto al trasferimento di cariche elettriche a livello atomico.

Nel caso degli elicotteri in particolare, vi sono degli effetti triboelettrici che comportano il trasferimento di elettroni dall'aria alle pale del rotore e alla cellula. Siccome la quantità di carica negativa accumulabile è proporzionale alla superficie, più un elicottero è grande, maggiore sarà il potenziale elettrostatico che può essere immagazzinato. Inoltre, quando l'aria contiene altri corpuscoli in sospensione (sabbia, umidità), questo effetto è aumentato.

Fintanto che l'elicottero si trova in volo, distante dal suolo, l'energia statica viene parzialmente scaricata nell'aria circostante attraverso le parti appuntite della cellula quali impennaggi, bordi d'uscita, e tramite appositi dissipatori. Quando l'elicottero si trova al suolo, la stessa viene scaricata attraverso i punti di contatto.

1.8.2 Effetti della ionizzazione dell'aria

E' altresì noto che in condizioni particolari l'aria si può ionizzare, ciò che può favorire la creazione di un circuito di corrente capacitivo attraverso l'aria tra un conduttore elettrico e un corpo collegato a terra anche ad una certa distanza.

Aria ionizzata può insorgere ad esempio nelle vicinanze di un temporale, come pure aumenta anche nei pressi degli elettrodotti ad alta tensione che trasportano corrente.

Nelle immediate vicinanze di un elettrodotto possono anche insorgere altri effetti indesiderati quali il disturbo di apparati elettronici, ad esempio le radio ricetrasmettenti, oppure la perdita di capacità psicomotoria da parte di persone esposte direttamente alle scariche.

Quando l'elicottero, oppure la fune di trasporto si avvicinano al suolo, una volta raggiunta la distanza alla quale la corrente effettua il "salto", la corrente segue il percorso di minor resistenza e si scarica verso terra, con potenziali che possono raggiungere un ordine di grandezza di decine di migliaia di volt (cfr. Figura 5).

Uno studio commissionato dal SISI a seguito di questo incidente, relativo alla stima del potenziale passaggio di corrente, ha portato alla determinazione delle conclusioni elencate di seguito¹³:

[...]

La corrente corporea¹⁴ calcolata è conforme alla norma IEC (*International Electrotechnical Commission*) 60479-1 per distanze comprese tra 15 e 25 m tra l'elicottero e il cavo conduttore e una durata di esposizione superiore a 5 secondi nella zona AC-3, per i dettagli si veda l'allegato A. In questa zona viene superato il «limite di rilascio» e le contrazioni muscolari provocate dalla corrente possono trattenere una persona al gancio secondario o alla fune di carico fissata all'elicottero. Di norma non v'è da attendersi danni organici, ma la gravità delle possibili conseguenze aumenta con la durata dell'esposizione. La percezione dipende dal fatto che si presenti o meno un'isolazione al contatto durante la scarica. La carica elettrica prima del contatto può saltare alcuni centimetri.

Dovrebbe essere possibile effettuare una verifica metrologica della corrente corporea, purché vengano prese le necessarie misure di sicurezza.

Nel quadro del presente studio non è possibile fornire indicazioni generali sulla distanza minima da rispettare durante i lavori con elicotteri in prossimità di linee ad alta tensione in esercizio: la capacità tra il cavo conduttore e l'elicottero dipende dal tipo di elicottero e molti altri fattori che possono influire, come ad esempio la resistenza di transizione al suolo, non sono stati considerati nel calcolo.

Possibili misure per evitare il ripetersi di incidenti simili in futuro potrebbero essere:

- Fune di carico in materiale non conduttivo;
- Messa a terra della fune di carico prima dell'inizio dei lavori, ad esempio con il dispositivo *Helicopter hook-up and static electric discharge device di Corbin* [8], tuttavia problematico in caso di terreno roccioso.
- Indumenti protettivi per il personale a terra: i guanti isolanti sarebbero di scarsa utilità data l'elevata tensione capacitiva dell'elicottero. Sarebbero invece necessari indumenti conduttivi, simili alla tuta a maglia conduttiva del Technorama.

[...]

¹³ Traduzione effettuata dal documento originale in tedesco

¹⁴ Corrente che attraversa il corpo umano quando questo viene sottoposto a una differenza di potenziale elettrico

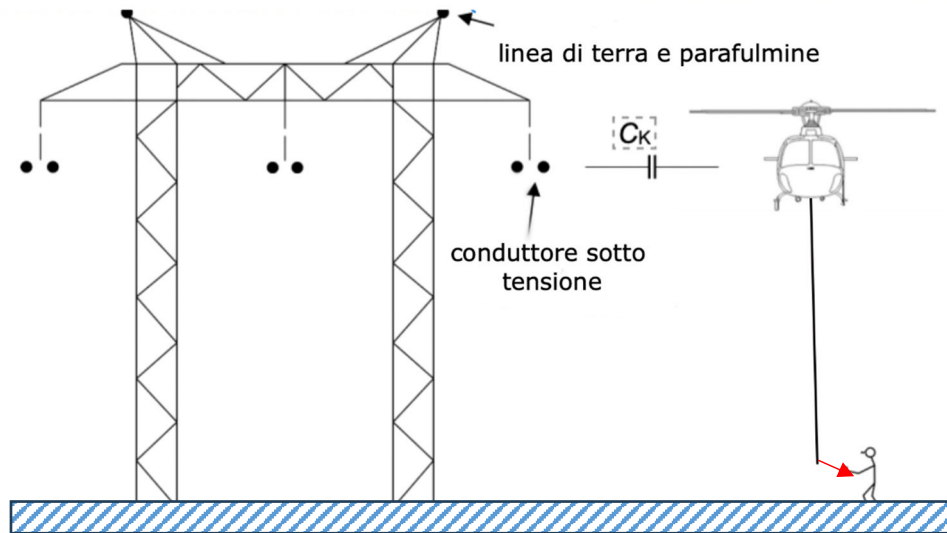


Figura 5: Schizzo non in scala con il traliccio a portale, elicottero e TSOP A. Il Simbolo " C_K " indica il circuito capacitivo che si crea tra l'aria ionizzata e l'elicottero, permettendo il passaggio di una corrente di spostamento capacitiva. Fonte: Commissione di studio per le questioni relative all'alta tensione, elaborata dal SISl.

2 Analisi

2.1 Aspetti tecnici

Non ci sono indicazioni di difetti tecnici preesistenti che possano aver causato o contribuito all'insorgere dell'incidente.

2.2 Aspetti umani e operativi

I tronchi da trasportare si trovavano ad una distanza lineare di circa 20 m dal conduttore esterno dell'elettrodotto, stabilita mediante una misura sul terreno obliquo da parte del collaboratore del gestore di rete. La misura obliqua è stata effettuata con un apposito strumento che compensa la riduzione della distanza laterale per motivi geometrici dovuti alla pendenza del pendio.

L'elicottero si trovava ad una quota simile o leggermente superiore ai conduttori dell'elettrodotto, ad una distanza laterale stimata tra i 15 m (estremità delle pale del rotore) e i 20 m (funi di trasporto). Queste distanze corrispondono al limite dell'area di pericolo della direttiva emanata dal gestore dell'elettrodotto per quanto riguarda la fune di trasporto, mentre se si considerano le pale dell'elicottero, queste risultano ridotte.

E' possibile che la massa d'aria ionizzata che avvolgeva l'elettrodotto sotto tensione, a causa delle condizioni atmosferiche locali, si sia spostata verso l'elicottero, aumentando in modo importante il flusso di corrente stesso. Sembra inoltre plausibile che l'apporto di aria ionizzata sia continuato per qualche tempo. Una volta che il gancio secondario è entrato in contatto con il rampino di messa a terra, l'assistente di volo TSOP A ha percepito il passaggio di una corrente più forte del solito. Nel frattempo, si era formato un circuito elettrico capacitivo che non si è interrotto quando egli ha tentato di afferrare il gancio. La corrente si è in seguito scaricata attraverso il suo corpo causando una parziale perdita di conoscenza temporanea. Il fatto che l'assistente di volo sia rimasto momentaneamente intontito, e abbia in seguito sviluppato ulteriori sintomi, è indice che il livello della scarica elettrica sia stata per un breve momento di livello AC-3 tendente alla zona AC-4 (cfr. Allegato A). L'azione di sollevamento da terra iniziata dal pilota ha provocato l'interruzione dello scarico della corrente attraverso il corpo, che quindi si è rilassato e ha permesso il rilascio del gancio.

Alla luce di questo incidente, è necessario chiedersi se le distanze minime per le operazioni aeree stabilite dagli esercenti degli elettrodotti sotto tensione siano sufficienti. La rappresentazione delle aree di pericolo sulle pubblicazioni delle disposizioni emanate dai gestori di rete elettrica risulta poco chiara e soggetta ad interpretazioni. La distanza dall'elettrodotto applicata nel caso in oggetto è ritenuta dal SISI quale effetto contributivo all'insorgere dell'incidente.

Al di là dei problemi tecnici come la perdita temporanea dell'uso di equipaggiamenti di bordo, quali le radio ricetrasmittenti o altri apparati sensibili alle scariche statiche, occorre analizzare approfonditamente la possibile messa in pericolo del personale al suolo.

Data l'esigenza di non interrompere l'esercizio degli elettrodotti durante i lavori di manutenzione degli stessi mediante gli elicotteri, le conoscenze degli effetti avversi dovrebbero essere approfondite mediante degli studi mirati che tengano in considerazione gli aeromobili e gli apparecchi impiegati, i materiali di trasporto, la distanza dagli elettrodotti, le condizioni meteorologiche e i dispositivi personali di protezione del personale al suolo. Il SISI ritiene che nel caso concreto questi fattori e gli effetti avversi combinati tra di loro siano contributivi all'insorgere dell'incidente. In termini generali la mancanza di conoscenze sufficienti di questi aspetti in relazione alle operazioni con elicotteri rappresenta un deficit di sicurezza sistemico. Il SISI emette di conseguenza due raccomandazioni e due avvisi di sicurezza (cfr. capitolo 4).

3 Conclusioni

3.1 Risultati

3.1.1 Aspetti tecnici

- L'elicottero era certificato ed è stato utilizzato secondo le Regole del volo a vista (*Visual Flight Rules - VFR*).
- Al momento dell'incidente, sia la massa che il baricentro dell'aeromobile erano entro i limiti consentiti dall'*Aircraft Flight Manual (AFM)*.
- L'indagine non ha rivelato alcuna prova di difetti tecnici preesistenti che avrebbero potuto causare o influire sul decorso dell'incidente.

3.1.2 Equipaggio

- Il pilota deteneva le licenze, le qualificazioni e l'esperienza necessari per l'esecuzione del compito.
- I 3 TSOP erano in possesso delle relative qualificazioni ed avevano l'esperienza necessaria allo svolgimento della missione.

3.1.3 Svolgimento dell'incidente

- L'elicottero stava effettuando l'avvicinamento per l'aggancio del primo carico di legname nei pressi dell'elettrodotto.
- L'assistente di volo ha toccato il gancio secondario con il rampino per la messa a terra e ha sentito una scarica elettrica più forte del normale.
- In seguito, nell'atto di afferrare il gancio secondario con la mano, l'assistente di volo ha subito una serie di scariche di corrente che ne hanno provocato la parziale perdita temporanea di coscienza. Le scariche si sono interrotte al momento in cui il pilota ha sollevato di ca. 1 m l'elicottero, staccando l'assistente di volo da terra e interrompendo il circuito.
- Dopo l'incidente, l'assistente di volo lamentava sete e tachicardia, ma ha deciso di proseguire il lavoro nel pomeriggio.
- Alla sera del giorno dell'incidente ha dovuto essere ricoverato in ospedale per alcuni giorni a seguito del persistere dei sintomi della scarica.

3.1.4 Condizioni quadro

- L'elettrodotto si trovava sotto tensione, con il conduttore ad una distanza laterale stimata di circa 15 m rispetto al disco del rotore.
- Il tempo era secco, con termiche provenienti dalla valle.

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'incidente è stato causato dallo scarico di corrente capacitiva attraverso il corpo di un assistente di volo al momento della presa in mano del gancio secondario nell'ambito di lavori di esbosco con elicottero nelle vicinanze di un elettrodotto sotto tensione.

I seguenti fattori hanno, in concomitanza tra loro, probabilmente contribuito al verificarsi dell'incidente:

- La mancata disattivazione della linea ad alta tensione durante lo svolgimento dei lavori di esbosco con l'elicottero.
- Una distanza dall'elettrodotto sotto tensione troppo esigua.

L'indagine ha individuato i seguenti fattori di rischio sistemici, che sebbene non abbiano influenzato direttamente il verificarsi e l'andamento dell'incidente, rappresentano comunque un rischio per la sicurezza (*factors to risk*):

- La mancanza di sufficienti conoscenze in relazione alle operazioni con elicotteri nei pressi degli elettrodotti sotto tensione, in particolare per quanto riguarda gli effetti elettrici.

4 Raccomandazioni di sicurezza, avvisi di sicurezza e misure adottate dopo l'incidente

4.1 Raccomandazioni di sicurezza

Secondo le basi giuridiche internazionali¹⁵ e nazionali¹⁶, tutte le raccomandazioni di sicurezza sono indirizzate all'autorità di vigilanza dello Stato competente. In Svizzera, si tratta dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) o dell'Agenzia sovranazionale dell'Unione europea *per la sicurezza aerea* (EASA). L'autorità di vigilanza competente deve decidere in che misura attuare queste raccomandazioni. Tuttavia, ogni ente, ogni azienda e ogni individuo è invitato a impegnarsi per migliorare la sicurezza aerea in linea con le raccomandazioni di sicurezza emesse.

Il SISI pubblica le risposte dell'ufficio federale competente o delle autorità di vigilanza estere sul sito www.sust.admin.ch, fornendo così una panoramica dello stato attuale di attuazione della relativa raccomandazione di sicurezza.

4.1.1 Operazioni aeree nelle vicinanze di elettrodotti ad alta tensione sotto tensione

4.1.1.1 Deficit di sicurezza

Durante un volo di trasporto nelle vicinanze di un elettrodotto ad alta tensione, un assistente di volo è stato raggiunto da una scarica elettrica tale da richiederne l'ospedalizzazione.

Gli effetti delle scariche elettriche in caso di operazioni aeree non sono contemplati nelle normative federali di riferimento e non vennero considerati dal gestore di rete elettrica nell'allestimento dell'analisi dei rischi.

4.1.1.2 Raccomandazione di sicurezza n. 608

L'Ufficio federale dell'aviazione civile UFAC in collaborazione con l'ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI e con gli esercenti degli elettrodotti, dovrebbe analizzare in modo approfondito gli effetti elettrici che possono intervenire durante le operazioni di volo nei pressi degli elettrodotti sotto tensione ed emanare le corrispondenti direttive atte a mitigare questo rischio.

4.1.1.3 Raccomandazione di sicurezza n. 609

L'Ufficio federale dell'aviazione civile UFAC in collaborazione con l'ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI e con gli esercenti degli elettrodotti, dovrebbero valutare l'opportunità di eseguire i lavori aerei in prossimità degli elettrodotti unicamente quando questi non sono sotto tensione, fino all'ottenimento di conoscenze che permettano di valutare adeguatamente le necessarie misure di protezione.

¹⁵ Allegato 13 dell'*Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile* (ICAO) e articolo 17 del Regolamento (UE) n. 996/2010 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 ottobre 2010, sulle inchieste e la prevenzione di incidenti e inconvenienti nel settore dell'aviazione civile e che abroga la direttiva 94/56/CE.

¹⁶ Articolo 48 dell'Ordinanza sulle indagini di sicurezza sugli incidenti di trasporto (OJET) del 17 dicembre 2014, aggiornata al 1° gennaio 2025 (OJET, RS 742.161).

4.2 Avvisi di sicurezza

Il SISI può pubblicare informazioni generali pertinenti sotto forma di avvisi di sicurezza¹⁷, se una raccomandazione di sicurezza ai sensi del Regolamento (UE) n. 996/2010 non sembra appropriata, non è formalmente possibile o se si può prevedere un impatto maggiore attraverso la forma più libera di un avviso di sicurezza.

4.2.1 Operazioni aeree nelle vicinanze di elettrodotti ad alta tensione sotto tensione

4.2.1.1 Deficit di sicurezza

Durante un volo di trasporto nelle vicinanze di un elettrodotto ad alta tensione, un assistente di volo è stato raggiunto da una scarica elettrica tale da richiederne l'ospedalizzazione.

4.2.1.2 Avviso di sicurezza n. 70

Destinatari: operatori aerei ed esercenti di elettrodotti

I destinatari dell'avviso di sicurezza, oltre a quanto emanato tramite le raccomandazioni di sicurezza N°599 e N°600, nonché l'avviso di sicurezza N°63 ([Rapporto finale del SISI 2427](#)), dovrebbero evitare di svolgere operazioni di lavoro aereo nelle immediate vicinanze di elettrodotti ad alta tensione in esercizio fintanto che le disposizioni in materia non vengano aggiornate e completate.

4.2.1.3 Avviso di sicurezza n. 71

Destinatari: esercenti di elettrodotti

I destinatari dell'avviso di sicurezza dovrebbero aggiornare le disposizioni in materia sui lavori in prossimità degli elettrodotti includendo il pericolo generato da una possibile scarica elettrica attraverso l'elicottero.

4.3 Misure adottate a seguito dell'incidente

Le misure note al SISI sono elencate di seguito senza commenti.

L'impresa di trasporto aereo ha comunicato al SISI le seguenti misure intraprese a seguito dell'incidente:

Rafforzamento della formazione specifica

- Integrazione nei corsi periodici di un modulo dedicato ai fenomeni elettrostatici generati da elicotteri in prossimità di linee AT.
- Aggiornamenti regolari rivolti ai TSOP sul comportamento dei materiali non conduttivi e sugli effetti di trasferimento di carica.

Procedure di coordinamento con i gestori della rete

- Richiesta di protocolli più chiari e standardizzati per la disattivazione o neutralizzazione preventiva delle linee in aree di lavoro boschivo.
- Introduzione di checklist condivise pilota-TSOP in presenza di infrastrutture elettriche.

¹⁷ Articolo 56 dell'Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisi nei trasporti del 17 dicembre 2014, aggiornata al 1° gennaio 2025 (OIET, RS 742.161).

Miglioramento documentale interno

- Revisione delle procedure operative standard (*Standard Operating Procedures* – SOP) relative alle distanze operative minime in prossimità di elettrodotti.
- Aggiornamento dei materiali safety interni con schemi e grafici comparabili alle immagini tecniche del rapporto finale.

Il presente rapporto finale è stato approvato dalla Commissione del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI (art. 10 lett. h Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisti nei trasporti (OIET) del 17 dicembre 2014, stato al 1° gennaio 2025).

Berna, 21 aprile 2026

Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza

Allegato A

Anhang A: Auszug aus der IEC 60479-1: Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte

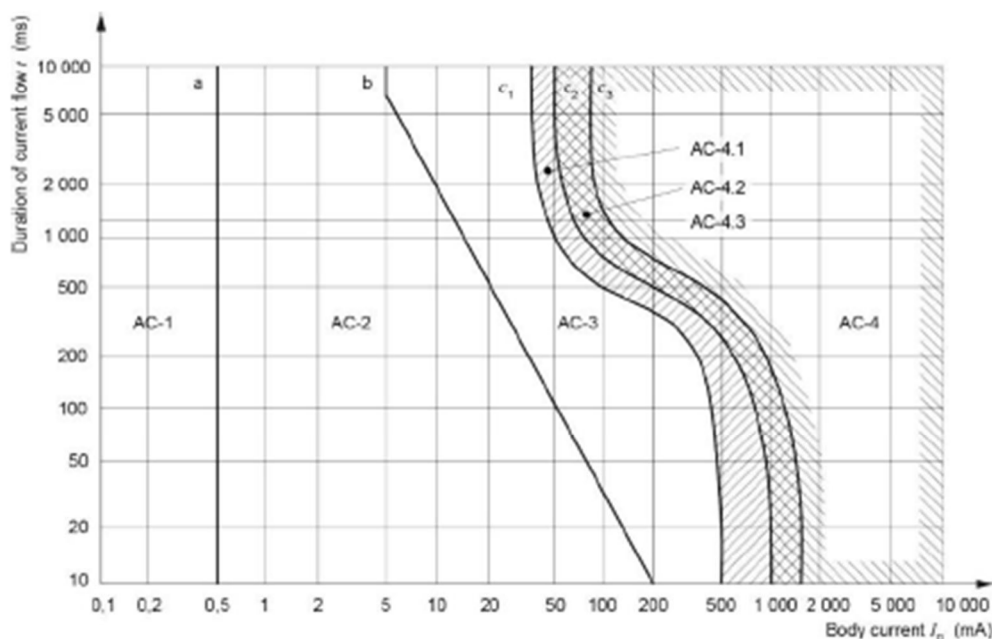


Abbildung 5 Konventionelle Zeit/Stromstärke-Bereiche mit Wirkungen von Wechselströmen (15 Hz bis 100 Hz) auf Personen bei einem Stromweg von der linken Hand zu den Füßen (entnommen der IEC 60479-1 [4], Bild 20)

Tabelle 3 Übersetzung der Tabelle 11 aus IEC60479-1: Zeit/Stromstärke-Bereiche für Wechselstrom von 15 Hz bis 100 Hz

Bereich	Bereichsgrenzen	Physiologische Wirkung
AC-1	bis zu 0,5 mA Grenzlinie a	Wahrnehmung möglich, aber im Allgemeinen keine Schreckreaktion.
AC-2	über 0,5 mA bis Grenzlinie b	Wahrnehmung und unwillkürliche Muskelkontraktionen wahrscheinlich, aber im Allgemeinen keine schädlichen physiologischen Wirkungen.
AC-3	Grenzlinie b bis Grenzlinie c ₁	Starke unwillkürliche Muskelkontraktionen. Schwierigkeiten beim Atmen. Reversible Störungen der Herzfunktion. Immobilisierung (Muskelverkrampfung) kann auftreten. Wirkungen zunehmend mit Stromstärke und Durchströmungsdauer. Im Allgemeinen ist kein organischer Schaden zu erwarten.
AC-4	über der Grenzlinie c ₁	Es können pathophysiologische Wirkungen auftreten wie Herzstillstand, Atemstillstand und Verbrennungen oder andere Zellschäden. Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern ansteigend mit Stromstärke und Durchströmungsdauer.