

ACCADEMIA DI VOLO
ITALIANA
SCUOLA DI VOLO VDS/VM



ITIS 'A. VOLTA' ALESSANDRIA

MATERIALI E SICUREZZA VOLO

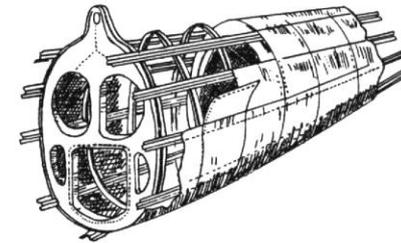


Fig. 170
Fusoliera a guscio in metallo per
apparecchio da caccia (Dewoitine)

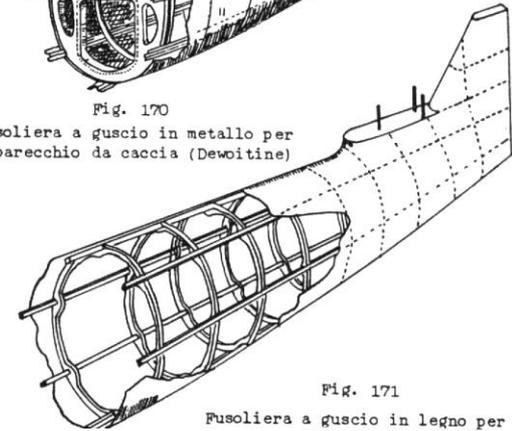
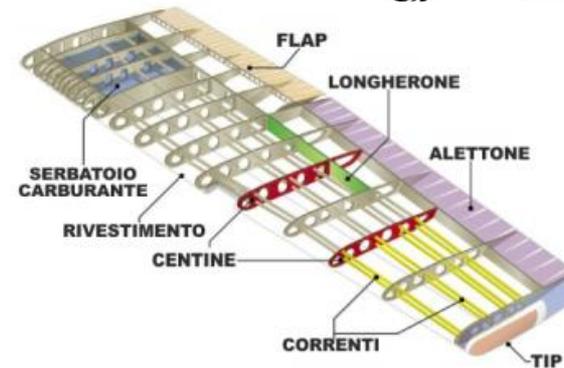
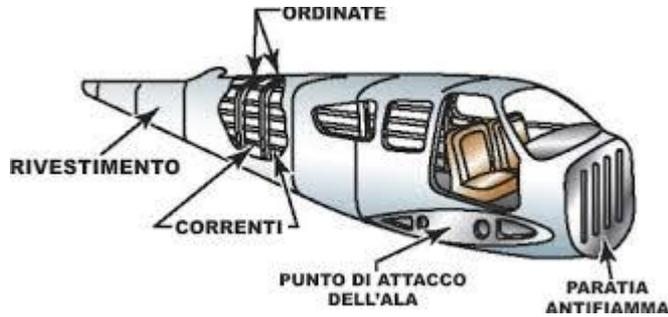
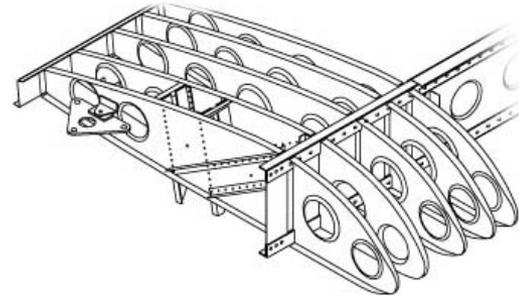


Fig. 171
Fusoliera a guscio in legno per
investimento in compensato)



Materiali

- I materiali utilizzati per la costruzione di velivoli sono essenzialmente:
 - Legno
 - Alluminio
 - Acciaio
 - Composito (fibra di carbonio o fibra di vetro)
- La scelta dei materiali da impiegare ed il loro dimensionamento dipendono dal tipo di sollecitazione che le strutture con essi realizzate devono sopportare
- I materiali devono comunque essere per “Impiego Aeronautico” che garantisce che le caratteristiche siano NOTE ed OMOGENEE



Caratteristiche dei Materiali

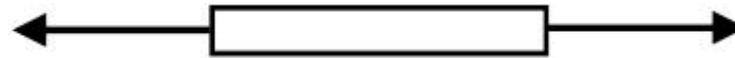
- Legno
 - Ottime caratteristiche meccaniche ed assenza del fenomeno di fatica
 - Necessità di trattamenti protettivi e di incollaggi “a regola d’arte”
- Alluminio
 - Ottime caratteristiche meccaniche e leggerezza
 - Soggetto alla fatica e difficilmente saldabile
- Acciaio
 - Estremamente resistente a tutti i tipi di sollecitazioni
 - Soggetto alla fatica e piuttosto pesante
- Composito
 - Molto leggero e resistente
 - Non soggetto alla fatica
 - Costoso e difficile da riparare
 - Le caratteristiche variano con la temperatura



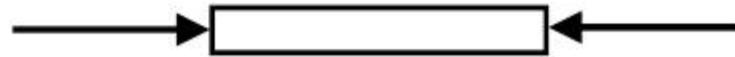
Le sollecitazioni

- Le sollecitazioni a cui sono sottoposte le varie parti della struttura di un aereo sono riconducibili ad una o più fra le seguenti:

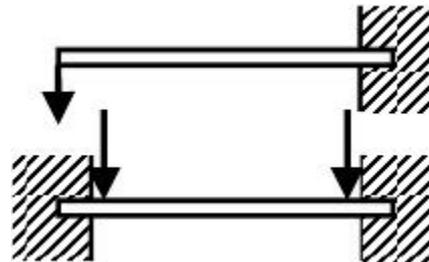
- Trazione



- Compressione

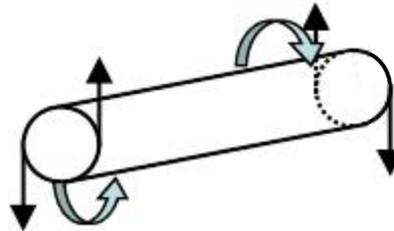


- Flessione



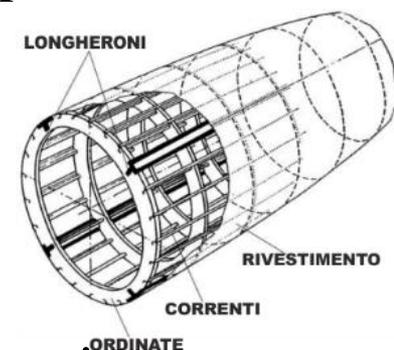
- Taglio

- Torsione



Tecniche Costruttive

- Le strutture degli aerei sono costruite in modo da garantire allo stesso tempo leggerezza e robustezza
- La tecnica costruttiva che permette di ottenere questo risultato si basa sull'utilizzo di strutture reticolari rivestite
- Il rivestimento, può a sua volta essere, “collaborante”, cioè partecipare all'assorbimento delle sollecitazioni
- Esempi di strutture reticolari sono:
 - Il traliccio di tubi di acciaio del castello motore
 - Le ordinate ed i longheroni della fusoliera
 - Le centine ed i longheroni delle semiali
- A seconda del tipo di materiale impiegato, le varie parti possono essere unite per incollaggio, saldatura, rivettatura o tramite bulloneria aeronautica certificata



La Bulloneria Aeronautica

- Tutta la bulloneria utilizzata per la costruzione (ma anche a seguito di operazioni di manutenzione) deve essere di tipo aeronautico
- I bulloni devono essere avvitati rispettandone la coppia di serraggio prevista dal costruttore e bloccati per impedirne lo svitamento tramite:

- Coppiglie
- Filo di frenatura
- Dadi autobloccanti

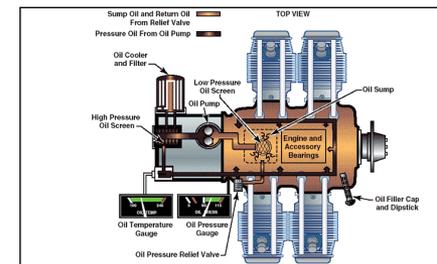
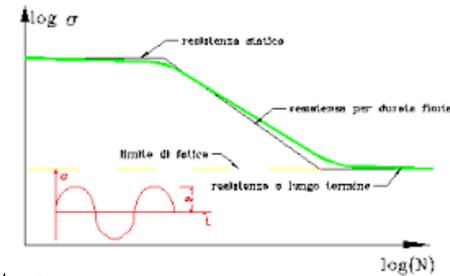


- Nel caso di dadi autobloccanti è importante che essi siano “testimoniati” per poter verificare, durante l’ispezione pre-volo che non si siano allentati



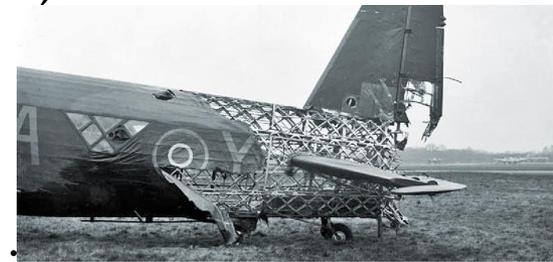
Limiti operativi

- Qualunque struttura aeronautica, di qualunque materiale sia stata costruita, viene dimensionata per resistere a determinati sforzi limite, al superamento dei quali la struttura prima si deforma permanentemente, poi cede
- Questi sforzi limite sono calcolati dal progettista ed il pilota deve comprenderli e rispettarli per garantire l'integrità dell'aereo e la sicurezza del volo
- Analogamente, per i motori esistono condizioni di impiego normali che se non rispettate portano al rapido deterioramento del motore aumentando la probabilità di una avaria.



Limiti Strutturali

- I limiti operativi da rispettare per preservare le strutture dell'aereo o garantirne le prestazioni sono indicati nel manuale di volo e comprendono:
 - Peso minimo e massimo al decollo / di progetto
 - Limiti longitudinale e laterale del baricentro
 - Fattore di carico limite positivo e negativo in manovra
 - Fattore di carico limite (o max velocità verticale) in atterraggio)
 - Velocità limite di manovra
 - Velocità limite in turbolenza
 - Velocità limite con flap estesi e/o carrello estesi
 - Velocità da non superare (V_{NE} = Never Exceed)
 - Velocità di progetto in affondata (V_D = Dive)



Limiti dell'impianto motore

- I limiti operativi da rispettare per preservare l'impianto motore sono indicati nel manuale di volo o nel manuale del motore e comprendono:
 - Regime di rotazione massimo al decollo (limitato in tempo)
 - Regime di rotazione massimo continuo
 - Regime di rotazione minimo continuo
 - Pressione olio massima e minima
 - Temperatura olio massima e minima
 - Temperatura acqua o delle teste cilindri massima e minima
 - Caratteristiche del carburante, del lubrificante e del liquido di raffreddamento da utilizzare
 - Quota e temperatura minima e massima di funzionamento

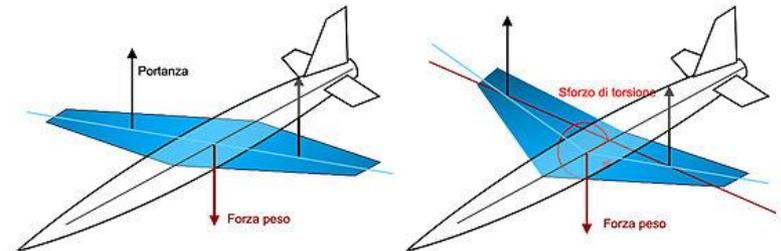


Carico Alare

- Il carico alare è il rapporto fra peso del velivolo e superficie alare
- In pratica esprime quanto peso viene sostenuto da ciascuna unità di superficie dell'ala
- Maggiore è il carico alare, meglio l'aereo sopporterà la turbolenza ma maggiori saranno le sollecitazioni che la struttura delle ali e della cellula dovranno sopportare
- All'aumentare del carico alare, a parità di altre condizioni, inoltre, aumenta anche la velocità di stallo
- Al diminuire del carico alare (es: dopo aver consumato il carburante o volando da soli), diminuisce la velocità di stallo e, di conseguenza, diminuisce anche la velocità da mantenere in turbolenza

Sollecitazioni del mezzo

- Le sollecitazioni a cui sono sottoposte le strutture del velivolo sono un complesso insieme di carichi che possono essere anche combinati. Ad es:
 - Ali: flessione e torsione
 - Albero motore: torsione e trazione
 - Pale dell'elica: flessione e trazione
 - Bullone di collegamento carrello fusoliera: taglio
- Qualunque manovra che comporta il superamento dei limiti fissati dal costruttore nel manuale di volo comporta il superamento del carico per la parte del velivolo che è più debole o che, in quella particolare manovra è più sollecitata



Sollecitazioni del mezzo

- Il dimensionamento delle strutture è una operazione complessa a livello di progettazione
- In caso di operazioni di manutenzione non si deve mai utilizzare materiale di caratteristiche, dimensioni e forme diverse da quanto prescritto dal costruttore del velivolo
- Alcune parti strutturali, ad esempio, possono essere state dimensionate per agire come “fusibili”, cioè per cedere preventivamente prima di provocare danni maggiori al resto del velivolo (es: i carrelli)
- Ricordare sempre che la struttura di un aereo è come una catena: regge tanto quanto il suo anello più debole



Limiti di peso e baricentro

- Il mancato rispetto del peso massimo al decollo comporta un aumento del carico alare con il conseguente aumento della sollecitazione della struttura dell'ala e dei montanti
- Il superamento del peso aumenta anche la sollecitazione subita dal carrello sia in decollo sia, soprattutto, in atterraggio
- Le prestazioni del velivolo risultano ridotte. Le corse di decollo ed atterraggio si allungano. Il rateo di salita si riduce. La velocità massima diminuisce ed il consumo aumenta
- Il superamento dei limiti longitudinali del baricentro influisce sulla stabilità intorno all'asse trasversale e può rendere il volo molto pericoloso

Superamento del fattore di carico

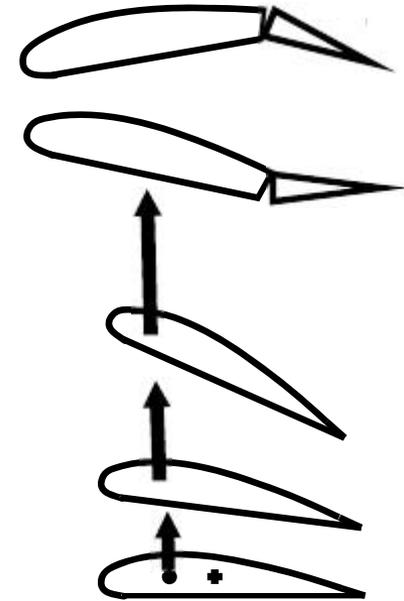
- Il superamento del fattore di carico limite in manovra comporta il superamento delle sollecitazioni per cui la struttura del velivolo è stata dimensionata (equivale ad un aumento di peso pari al fattore di carico sopportato)
- La struttura delle ali, i montanti, lo stabilizzatore, la fusoliera subiscono deformazioni che possono diventare permanenti o causare cedimenti risultanti nella caduta incontrollabile del velivolo
- Il superamento del fattore di carico in atterraggio provoca la deformazione permanente del carrello o, in casi estremi, il suo cedimento

Superamento di V_a , V_{NO} , V_{LE} , V_{FE}

- Il superamento della V_a o della V_{NO} in condizioni di turbolenza può causare deformazioni e cedimenti strutturali perché impedisce alle ali di stallare al raggiungimento del fattore di carico limite
- Il superamento della V_{FE} può causare danneggiamenti anche gravi ai flap ed alle strutture alari a cui sono fissati
- Il superamento della V_{LE} per velivoli con carrello retrattile può causare deformazioni permanenti al carrello compromettendone la corretta retrazione/estensione e la robustezza in atterraggio

Superamento della VNE

- Il superamento della velocità limite di progetto (V_{NE}) è molto pericolosa per l'insorgere di tre diversi fenomeni aeroelastici che portano rapidamente alla distruzione del velivolo:
- Inversione degli alettoni: la spinta verso il basso genera una torsione della struttura alare che fa diminuire l'AoA dove si abbassa l'alettone e lo fa aumentare dall'altra parte
- Divergenza: la risultante aerodinamica essendo applicata ad una certa distanza dall'asse intorno a cui l'ala si torce, ad alta velocità genera un momento torcente che piega l'ala aumentando l'AoA e generando un aumento di torsione divergente fino al cedimento della struttura
- Flutter: è una condizione di risonanza che causa l'innescarsi di un battimento sulla struttura delle ali che, genera una turbolenza che a sua volta interagisce con la vibrazione strutturale continuando ad amplificarsi fino al cedimento della struttura



Limiti Motore

- Il mancato rispetto del regime di rotazione massimo può causare surriscaldamento del motore e grippaggio o rottura delle bielle
- Il mancato riscaldamento del motore prima del decollo può causare grippaggio
- L'utilizzo di carburante non idoneo può causare danneggiamenti a pistoni, alle valvole ed alle candele
- Il superamento della temperatura massima dell'acqua genera usura della guarnizione della testata e perdita di compressione
- Il superamento della quota massima di funzionamento può causare lo spegnimento improvviso

Limiti operativi e fatica

- Il superamento ripetuto di limiti operativi anche se di poco causa un affaticamento delle strutture e degli organi meccanici
- Una struttura soggetta a continuo abuso dall'utilizzatore, pur sembrando perfettamente efficiente, può nascondere pericolose insidie
- La fatica dei componenti metallici è un fenomeno molto insidioso in quanto non prevedibile od ispezionabile facilmente
- Tutte le strutture in metallo e gli organi meccanici hanno dei limiti di vita definiti dal costruttore che sono validi solo se il velivolo viene adoperato all'interno dei suoi limiti operativi
- Una struttura "affaticata" può cedere all'improvviso anche effettuando una manovra normale

La Sicurezza VoLo

- Si possono raggruppare sotto il generico concetto di sicurezza volo:
 - I processi organizzativi
 - I comportamenti
 - Le norme
 - Le procedure
- Servono a prevenire il verificarsi di eventi di pericolo o di incidenti prima, durante e dopo l'effettuazione della attività di volo
- **Esistono piloti incoscienti e piloti anziani ma non esistono piloti incoscienti anziani!**



La Sicurezza nel VDS

- Il VDS è regolamentato da norme e procedure molto semplici
- La sicurezza di volo è pertanto demandata quasi esclusivamente al pilota che rimane sempre l'unico responsabile della sicurezza del velivolo e dei suoi occupanti
- Per tutti i piloti in generale e per i piloti VDS in particolare è di vitale importanza l'uso del buon senso e la capacità di prendere decisioni in tempi rapidi ed in situazioni dove potrebbe non risultare ovvia la necessità di fare una scelta
- **Un bravo pilota utilizza la sua superiore capacità di giudizio per non trovarsi in situazioni in cui dover usare la sua superiore capacità di pilotaggio!**



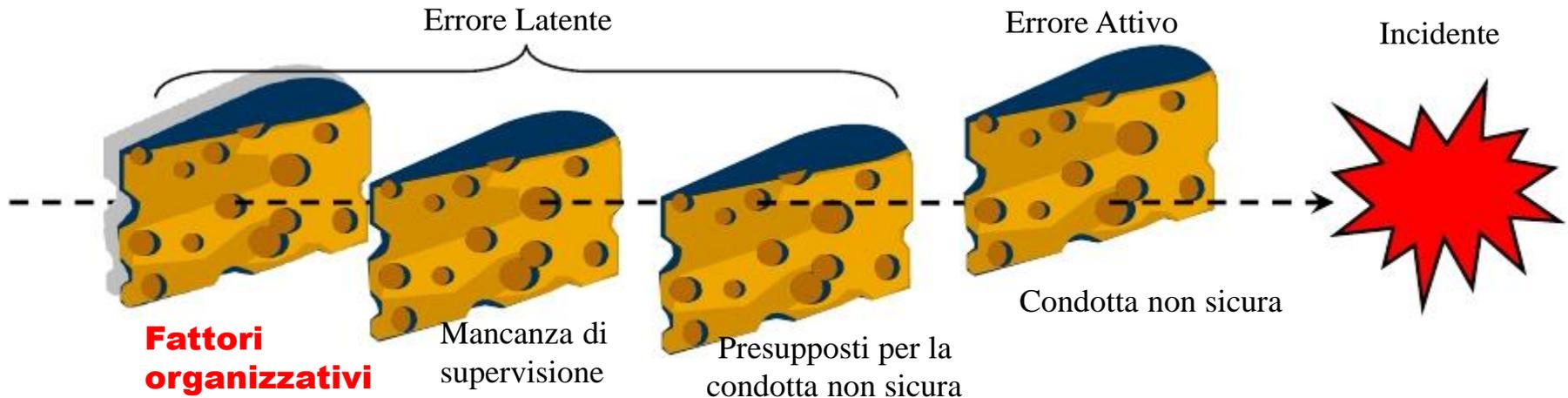
Il Fattore Umano

- 80% degli incidenti aerei sono imputabili all'errore umano durante la condotta del volo o durante le operazioni di manutenzione effettuate prima di esso
- Più del 88% degli errori umani è dovuto ad una scarsa Situation Awareness o consapevolezza della situazione
- L'analisi degli incidenti è importantissima per aumentare la consapevolezza della situazione.
- In ogni incidente c'è sempre una lezione: bisogna trovarla e farla diventare parte del proprio bagaglio di esperienza
- In ambito VDS il fattore umano è determinante perché il pilota è anche responsabile della manutenzione del proprio aereo



Il Modello “Swiss Cheese”

- Modella l'errore umano scomponendolo in quattro livelli
- Ciascun livello viene rappresentato come una fetta di formaggio svizzero
- In ciascun livello esistono delle “difese” che, se messe in pratica, prevenendo l'incidente
- I fori del formaggio sono i fallimenti delle difese.
- Se tutte le difese falliscono, i fori risultano tutti allineati ed esiste una traiettoria per l'errore che porta dritto fino all'incidente
- Ciascuna difesa, da sola, avrebbe potuto interrompere la traiettoria prevenendo l'incidente

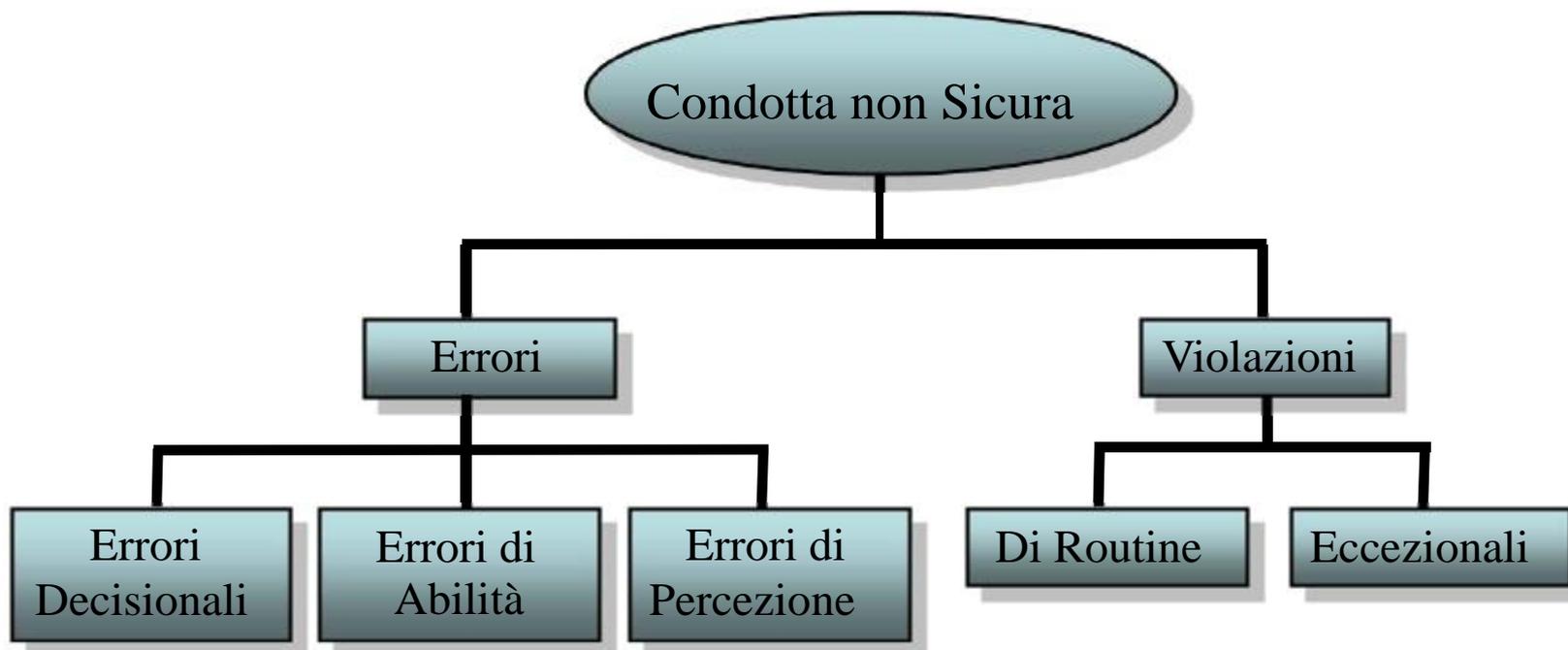


Un esempio pratico

- Incidente causato da esaurimento del carburante mentre l'aereo sorvolava un terreno non idoneo ad un atterraggio di emergenza
- **Fattori Organizzativi**
- Mancanza di supervisione
- Presupposti per la condotta non sicura
- La condotta non sicura
- La fretta di partire suggerisce di non rabboccare il carburante
- Viene controllato il meteo lungo la rotta ma non la direzione ed intensità del vento
- Il GPS non è operativo ma il pilota conosce bene la rotta che, però, prevede un lungo tratto sul mare, senza punti di riferimento
- Il pilota non si rende conto che il vento contrario è molto intenso e l'autonomia non è sufficiente a raggiungere la destinazione ma decide di proseguire il volo

La condotta non sicura

- E' l'ultimo anello della catena perché coinvolge l'errore del pilota ed è l'anello su cui si concentrano maggiormente le investigazioni a seguito di incidenti



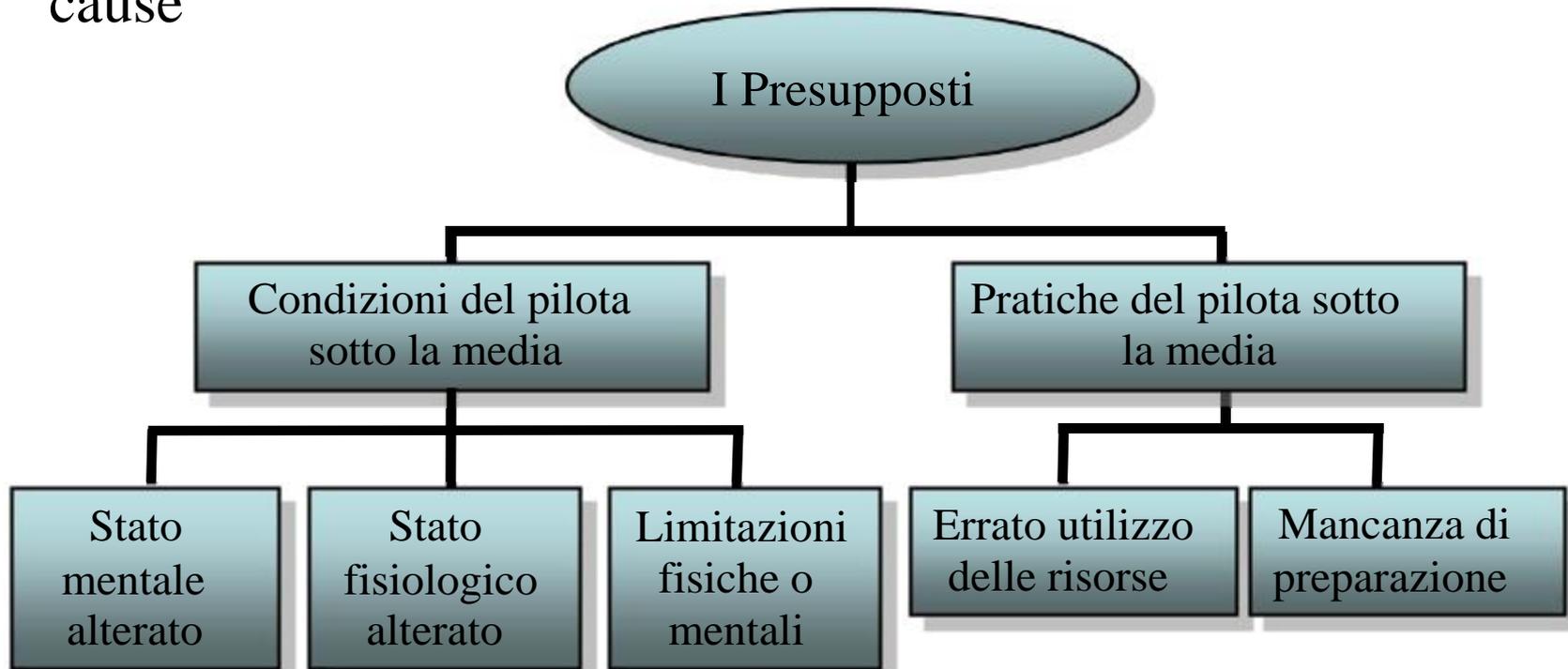
Errori e Violazioni

- Saltare step di procedura
- Scarsa tecnica di pilotaggio
- Sovracontrollo
- Mancato avvistamento traffico
- Mancata estensione flap
- Decisione
 - Errata diagnosi di un'emergenza
 - Errata risposta ad una emergenza
 - Applicazione di una procedura errata
- Percezione
 - Valutazione errata di alt./dist./vel.
 - Disorientamento spaziale
 - Illusione ottica
- Volò in condizioni IMC
- Esecuzione di manovre vietate
- Esecuzione di un volo per cui non si è addestrati/qualificati
- Mancato rispetto del circuito di traffico
- Mancato rispetto delle precedenza



I presupposti

- Focalizzarsi solo sull'errore/violazione finale del pilota è come preoccuparsi di curare la febbre senza indagarne le cause



Pratiche e Condizioni

- Stato Mentale
 - Distrazione
 - Affaticamento mentale
 - Compiacenza
 - “Ritornite”
 - Fretta
- Stato Fisiologico
 - Malattia
 - Affaticamento fisico
 - Incapacitamento fisico
- Limitazioni fisiche/mentali
 - Limitazioni di vista
 - Tempi di reazione rallentati
 - Attitudine o capacità incompatibili



- Mancanza di un back up
- Preparazione
- Violazione dei requisiti di riposo prima del volo
- Violazione del requisito “bottle to throttle”
- Sopravvalutazione di se stessi

Supervisione ed organizzazione

- La supervisione e l'organizzazione sono anch'esse parte fondamentale della catena di prevenzione degli incidenti
- In ambito VDS, poi, sono aspetti estremamente delicati dato che il pilota organizza l'attività di volo e la supervisiona oltre ad eseguirla fisicamente
- Questo processo che è intrinsecamente debole per un ovvio "conflitto di interessi" deve essere comunque effettuato con cura perché è, spesso, l'origine principale degli incidenti che avvengono in ambito VDS
- Andare in volo senza correggere un difetto o pianificare un volo quando non si dovrebbe sono alcuni esempi tipici e molto frequenti che si vedono nei campi di volo

Situation Awareness

- La “Consapevolezza della Situazione” è il processo ciclico che permette al pilota di sapere sempre cosa sta avvenendo intorno a lui e per mezzo di:
 - La percezione degli elementi rilevanti (il pilota non deve mai usare attenzione focalizzata ma distribuita)
 - Il loro riconoscimento (l’esperienza è fondamentale per una buona situation awareness)
 - La corretta valutazione degli elementi (per mettere in un corretto ordine di priorità le informazioni percepite)
 - La rappresentazione delle conseguenze (per anticipare i possibili effetti futuri dell’evolvere della situazione)
 - La decisione su quali azioni mettere in atto (l’esperienza e l’addestramento giocano un ruolo fondamentale)
 - L’esecuzione dell’azione (la pratica aviatoria e l’allenamento nel pilotaggio)

La Percezione

- E' l'operazione con cui prendiamo contatto con la situazione utilizzando una molteplicità di sensazioni
- La percezione è alla base della situation awareness perché innesca il processo decisionale che porta all'azione
- E' fondamentale, pertanto, evitare tutti quei comportamenti che influiscono negativamente sulla percezione (mancanza di sonno, assunzione di droghe od alcool, volo in condizioni di salute non perfette ecc.)
- E' altrettanto fondamentale mantenere un'attenzione divisa che consenta di svolgere i task "meccanici" del pilotaggio rimanendo sensibili agli stimoli esterni (es: presenza di traffico, deterioramento del meteo, vibrazioni anomale ecc.)

Processi Decisionali

- La capacità di prendere decisioni si apprende con l'addestramento ed è fondamentale per poter condurre l'aereo in sicurezza
- L'esecuzione di un volo, dal rullaggio, al decollo e fino all'atterraggio è un susseguirsi di decisioni più o meno complesse ed importanti.
- Alla base del processo di decisione del pilota c'è sempre un processo ciclico così articolato:



Norme Comportamentali

- Mantenere sempre la calma in ogni situazione, prima del volo e durante il volo
- Ricordare che il volo comincia alla messa in moto e termina con lo spegnimento del motore al parcheggio
- Evitare di volare se si è sotto pressione, stanchi, si ha fretta o si è preoccupati per qualcosa
- Rispettare sempre le procedure facendo ricorso a liste di controllo (checklist) per evitare dimenticanze sia durante l'ispezione pre-volo che durante l'esecuzione del volo
- Mantenere sempre la consapevolezza dei limiti dell'aereo e, soprattutto, dei propri limiti e delle proprie capacità
- **Il decollo è facoltativo, l'atterraggio è obbligatorio!**

La lista controlli

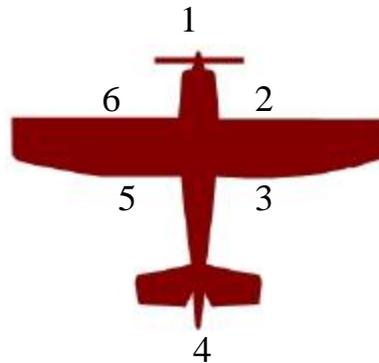
- La lista controlli è una garanzia di sicurezza contro gli errori più comuni: le dimenticanze
- E' bene avere una lista controlli suddivisa per fasi che comprenda tutte le operazioni che devono essere eseguite prima, durante e dopo il volo
- E' bene anche preparare una lista che riporti i limiti operativi del pilota acquisiti sulla base della esperienza maturata (lunghezza di pista minima da cui sono in grado di decollare/atterrare, massimo vento al traverso o turbolenza che so gestire, livello di conoscenza dell'aereo ecc)
- La lista dei limiti operativi ci aiuta a sapere se il volo pianificato rientra nelle nostre capacità o meno

L'ispezione pre-volo

- Deve essere effettuata prima di ogni volo anche dopo aver volato se, prima di decollare nuovamente, l'aereo è rimasto incustodito
- L'ispezione va effettuata seguendo le indicazioni del manuale di volo in maniera ordinata e ripetitiva
- Bisogna seguire sempre una lista controlli che prevede un "walk around" del velivolo suddiviso in stazioni di controllo
- Prestare particolare attenzione alla rimozione di tutte le coperture e di tutti i tappi di protezione che devono essere dotati dell'apposita bandierina rossa

REMOVE BEFORE FLIGHT

1. Controllo elica, vano motore, livelli, carrello
2. Bordo d'attacco ala dx, carrello principale dx
3. Bordo d'uscita ala dx, alettoni, flap
4. Impennaggio, timone, stabilizzatore
5. Bordo d'uscita ala sx, alettoni, flap
6. Bordo d'attacco ala sx, carrello principale sx



La manutenzione

- Il pilota è responsabile della manutenzione del proprio velivolo
- Questa responsabilità non comporta necessariamente l'esecuzione della manutenzione anzi, se non si è qualificati è bene non effettuare interventi sul velivolo
- Il pilota deve però rispettare gli scadenziari fissati dal costruttore del velivolo, del motore e degli eventuali accessori (es: paracadute balistico)
- Le scadenze ispettive possono essere calendariali o orarie
- Per rispettare le scadenze orarie è importante riportare sul libretto del mezzo tutte le ore di volo eseguite
- Per tenere traccia di eventuali malfunzionamenti minori, la cui eliminazione è differibile è opportuno annotare anche questi insieme alle circostanze in cui si sono manifestati

Psicofisiologia del volo

- Il volo rimane per l'uomo una situazione innaturale
- Il nostro apparato sensoriale è stato “progettato” per farci muovere sulla terra
- L'addestramento e l'esperienza compensano questa innaturalità rendendo possibile a chiunque di imparare a pilotare un aeroplano in sicurezza
- Situazioni di stress fisico, fisiologico o psicologico derivanti da situazioni di pericolo o da un eccesso di carico di lavoro (es: volo in condizioni meteo avverse, situazioni di emergenza, perdita della posizione) possono far riemergere la innaturalità del volo facendo insorgere il panico e incapacitando il pilota

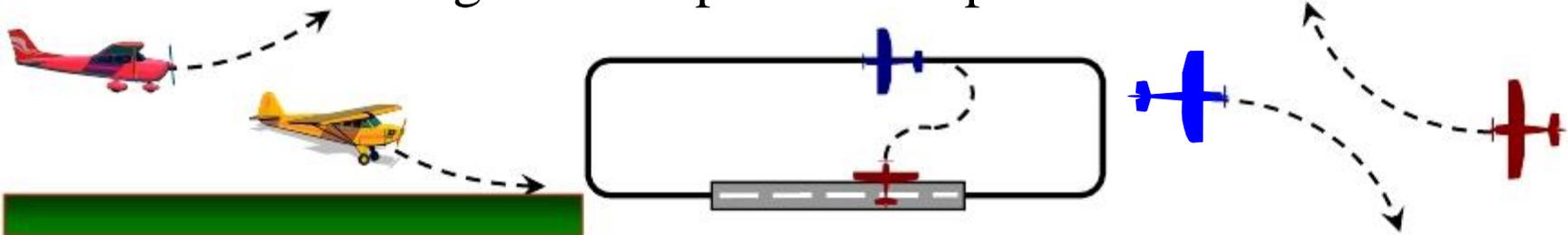
Sicurezza delle manovre

- Verificare di conoscere come deve essere effettuata la manovra
- Verificare se la manovra rientra nei limiti dell'aereo e nella capacità del pilota
- Controllare i parametri (quota, velocità, fattore di carico) da rispettare
- Controllare che non ci siano altri traffici la cui traiettoria di volo possa interferire con la nostra manovra.
- Durante l'esecuzione di un circuito, prima di ogni virata, guardare bene a DX ed a SX soprattutto se si vola con una ala bassa perché, dopo aver inclinato le ali, non sarà più possibile osservare il lato esterno della virata

Precedenze



- Gli apparecchi per il VDS devono dare la precedenza a:
 - Tutti gli aeromobili AG
 - Gli apparecchi VDS privi di motore
- In circuito la precedenza va data all'aereo VDS che proviene da destra
- In atterraggio ha la precedenza chi è più basso
- Se due aerei volano su traiettorie convergenti entrambi devono effettuare una virata di scampo a destra
- L'aereo che esegue un sorpasso ha la precedenza



Manovre Vietate

- Volo in formazione
- Manovre acrobatiche compresa la vite
- Non sono considerate manovre acrobatiche:
 - Gli stalli (eccetto la scampanata)
 - L'otto lento
 - La candela
 - La virata con angolo di bank $< 60^\circ$
- Il sorpasso a sinistra, sopra o sotto
- Sul manuale di volo e sul manuale operativo del motore posso essere indicate anche altre manovre vietate (es: volo rovescio) perché non compatibili con il progetto del velivolo o della struttura



Volo in condizioni meteo pericolose

- Gli apparecchi per il VDS sono progettati per il volo secondo le regole VFR (Visual Flight Rules)
- Il volo in condizioni meteo con visibilità orizzontale minore di 1,5 km e/o senza contatto visivo con il terreno o di notte oltre ad essere vietato è molto pericoloso
- Senza addestramento specifico ed adeguata strumentazione a bordo, il volo in scarsa visibilità porta inevitabilmente al disorientamento spaziale ed alla perdita di controllo
- Anche il vento forte, la turbolenza ed i temporali (che contengono tutti i pericoli possibili per il volo) devono essere evitati perché possono provocare cedimenti strutturali
- Attenzione che la pericolosità delle condizioni meteo dipende anche dal tipo di aereo e dalla preparazione del pilota (es: 10 km/h di raffiche al traverso possono essere pericolose per un pilota inesperto)



**GRAZIE
DELL'ATTENZIONE E
BUONA GIORNATA**

