

# **L'ALIANTE**

D'Angelo Cristina

M53001321

# Indice

<i>Introduzione</i> .....	3
1. Breve storia .....	4
2. Libratori e veleggiatori.....	7
2.1 Le classi sportive .....	8
3. Tecniche di volo a vela .....	9
3.1 Volo di pendio .....	9
3.2 Volo in onda .....	10
3.3 Volo in termica .....	10
4. Decollo .....	14
4.1 I motoalianti.....	14
5. Variazioni delle caratteristiche aerodinamiche per presenza di insetti sul bordo d'attacco delle ali .....	16

## Introduzione

L'aliante è un'aerodina senza motore, con superfici alari fisse. La legislazione ufficiale italiana definisce alianti *i velivoli più pesanti dell'aria, sprovvisti di qualsiasi organo monopropulsore*. Alcuni alianti, noti come motoalianti, sono utilizzati per il volo libero ma hanno dei motori che possono, in alcuni casi, essere utilizzati per il decollo o per estendere il volo.

Gli alianti sono caratterizzati da allungamenti alari notevolmente elevati, specialmente nei veleggiatori, e da fusoliere con forme tali da massimizzare l'efficienza aerodinamica.

Oggi giorno gli alianti sono impiegati per lo più per voli sportivi e come velivoli da addestramento, ma in passato sono stati impiegati anche per scopi militari.

Il volo effettuato con aliante viene comunemente definito *volo a vela*, tecnica di volo per la quale non è necessaria la presenza di un motore.

Nel presente elaborato ci si pone l'obiettivo di analizzare gli aspetti salienti del volo in aliante, con particolare attenzione al volo in termica. Sono inoltre stati riportati i principali risultati emersi da studi effettuati sulle variazioni delle caratteristiche aerodinamiche del velivolo causate dalla presenza di insetti sul bordo d'attacco delle ali.

## 1. Breve storia

Sin dai primordi della storia dell'aeronautica gli alianti sono stati oggetto di studio di alcuni dei maggiori pionieri del volo; è tuttavia chiaro che le macchine con le quali sono stati tentati i primi esperimenti di volo, sebbene vengano definite alianti, non hanno nulla in comune con l'attuale concetto di aliante.

Si pensi ad esempio ad Otto Lilienthal, pioniere dell'aviazione tedesca, spesso soprannominato Glider King (*Re degli alianti*) nella letteratura inglese. Lilienthal è stato infatti il primo uomo ad effettuare ripetutamente voli in aliante con successo. Nel 1891, presso la Windmühlenberg (Montagna dei mulini a vento) a Potsdam, ebbe luogo il primo esperimento di volo in pubblico. Da quel momento in poi gli innovativi test di Lilienthal divennero famosi in tutto il mondo.

Lilienthal effettuò il primo volo di successo con l'aliante *Derwitzer*, così chiamato in quanto fu testato per la prima volta a Derwitz, a Brandeburgo. In Figura 1.1 è riportata una foto di tale aliante.



*Figura 1.1 – Aliante Derwitzer*

Durante la sua breve carriera Lilienthal progettò numerosi monoplani, aerodine con superfici alari battenti (ornitotteri) e due biplani. I suoi alianti erano progettati in modo da distribuire il peso il più uniformemente possibile, al fine di assicurare un volo stabile. Lilienthal riusciva a manovrare le sue aerodine spostando il suo corpo e quindi variando la posizione del baricentro del velivolo, in modo simile ai moderni deltaplani.

Lilienthal effettuò la sua ricerca di base studiando il volo degli uccelli; egli dimostrò che oggetti più pesanti dell'aria sono in grado di volare senza che vi sia alcun movimento dinamico delle ali, ponendo le basi per il lavoro ed il successo dei Fratelli Wright che, alcuni anni dopo, costruirono e fecero volare il primo aereo motorizzato (1902).

I fratelli Wright furono in grado di fornire il contributo definitivo per la risoluzione del problema della manovrabilità: grazie ad una serie di studi effettuati sul volo degli uccelli compresero che il controllo laterale per la stabilità del velivolo avviene mediante svergolamento delle estremità alari. Secondo l'opinione di alcuni studiosi, il più importante contributo che i fratelli Wright hanno fornito

per il successivo sviluppo delle scienze aeronautiche consiste proprio nell'invenzione di un efficace sistema di controllo dei velivoli sui tre assi.

In seguito al 1902 il volo senza motore rimase praticamente ignorato, finché nel 1920 vennero organizzate le prime gare di volo a vela presso Wasserkuppe; tali eventi segnarono l'inizio della diffusione di questo sport, che culminò nel 1937 nella prima manifestazione internazionale che si tenne in Germania. In Italia la prima gara di volo con alianti venne organizzata nel 1924 sulle pendici del monte Sisemol (Asiago). Fu proprio qui che il 14 ottobre 1924 il tedesco Martens stabilì il record mondiale di distanza con un volo di 20 km e della durata di 18 minuti.

Durante la Seconda Guerra Mondiale gli alianti, grazie alla loro silenziosità, furono adoperati per operazioni di sbarco aereo, per trasporto di armi, uomini e rifornimenti. Al termine della guerra l'attività volovelistica fu ripresa in tutto il mondo a scopo puramente sportivo e, ad oggi, numerose sono le competizioni nazionali ed internazionali frequentemente disputate.

I primi alianti erano principalmente costruiti in legno con fissaggi in metallo; i moderni alianti sono caratterizzati dall'impiego di materiali come fibra di carbonio, fibra di vetro, GRP (glass reinforced plastic) e Kevlar. Tali materiali hanno consentito lo sviluppo di macchine più leggere ed efficienti. Il primo aliante costruito per lo più con fibra di vetro è lo Akaflieg Stuttgart FS-24 Phönix, che volò per la prima volta nel 1957.



*Figura 1.2 – Aliante Akaflieg Stuttgart FS-24 Phönix*

Lo sviluppo di nuovi materiali ha consentito di migliorare notevolmente le performance e l'aerodinamica degli alianti.

L'aliante più grande mai costruito è il *Flugtechnik & Leichtbau Eta* (Figura 1.3), con 30 metri di apertura alare e massima efficienza aerodinamica superiore a 70. Uno degli alianti più leggeri, mediante il quale è addirittura possibile decollare "a piedi", è lo *SWIFT Light* (Figura 1.4) della società belga Aeriane.



*Figura 1.3 - Flugtechnik & Leichtbau eta*



*Figura 1.4 - SWIFT Light*

Essendo l'efficienza aerodinamica un fattore di fondamentale importanza per la determinazione delle performance di un aliante, spesso gli alianti hanno delle caratteristiche aerodinamiche che possono difficilmente essere ritrovate in altre categorie di velivoli.

Le ali dei moderni alianti da gara sono caratterizzate da profili laminari a bassa resistenza; dopo aver conferito la giusta forma ai profili alari con enorme accuratezza, i profili vengono scrupolosamente lucidati mediante l'impiego di un gel coat.

L'azienda austriaca Laminar Aerotec ha progettato e realizzato dei dispositivi che hanno la funzione di pulire il bordo d'attacco delle ali dagli insetti che vi si possono depositare. Si tratta di dispositivi molto simili ai tergicristalli delle automobili.

Tali dispositivi consentono di ripulire le ali degli alianti durante il volo ed evitare quindi che la presenza di insetti sul bordo d'attacco possa perturbare il flusso di aria che lambisce i profili alari. Il funzionamento di questi dispositivi consiste in uno scorrimento avanti e indietro lungo il bordo d'attacco dell'ala; i bug wipers possono essere azionati e gestiti grazie all'impiego di piccoli motori elettrici, oppure possono essere messi in movimento a causa della forza aerodinamica agente sulle ali. Uno dei più grandi vantaggi di questi dispositivi consiste nel fatto che sono in grado di adattarsi autonomamente alla forma del bordo d'attacco, potendo quindi essere utilizzati su svariati modelli di alianti.

In Figura 1.5 è riportata una foto del BWS Flexi putzer posizionato sul bordo d'attacco dell'ala di un aliante in volo.



*Figura 1.5 – BWS Flexi putzer*

## **2. Libratori e veleggiatori**

Convenzionalmente è possibile classificare gli alianti in due grandi classi: alianti libratori e alianti veleggiatori.

Gli alianti libratori eseguono sempre il volo lungo traiettorie discendenti, essendo cioè adeguati solo per volo librato; tale categoria di alianti aveva soltanto impieghi militari e non è poi stata più impiegata con il diffondersi dell'elicottero, che è risultato un mezzo più idoneo a dare la necessaria mobilità aerea tattica.

Gli alianti veleggiatori possono innalzarsi anche a notevole altezza, effettuando un volo veleggiato in presenza di correnti atmosferiche ascendenti di diversa natura, come descritto nel successivo paragrafo; per le sue ottime caratteristiche aerodinamiche, sempre più perfezionate con il progredire della tecnica e della sperimentazione, l'aliante veleggiatore si è rivelato adatto al volo di lunga durata.

Per avere un'idea delle caratteristiche di queste due categorie di alianti si consideri che, approssimativamente, i libratori hanno in genere una minima velocità di discesa superiore a 2 m/s ed un'efficienza massima di circa 10; i veleggiatori hanno solitamente una minima velocità di discesa minore di 1 m/s ed un'efficienza massima superiore a 20.

Si comprende però che, in particolari condizioni atmosferiche, un libratore può fare anche un volo veleggiato, quando cioè la velocità ascendente della corrente è maggiore della minima velocità di discesa del velivolo; viceversa, in mancanza di ascendenze un veleggiatore potrà solo fare un volo librato.

In ogni modo, anche un aliante con elevate caratteristiche aerodinamiche non può che fare un volo librato rispetto all'aria in cui si muove, ma farà un volo veleggiato rispetto alla superficie terrestre; le variazioni di quota dell'aliante dipendono dal risultante dei due moti relativi, tra l'aliante e l'aria e tra l'aria e la superficie terrestre.

## **2.1 Le classi sportive**

Come affermato in precedenza, l'aliante viene oggi considerato per lo più come un mezzo per il volo sportivo; sono state definite cinque classi sportive di alianti, in funzione delle limitazioni costruttive imposte:

- *Classe libera*: non presenta alcuna regola particolare;
- *Classe 15*: l'unica limitazione imposta è nell'apertura alare, fissata a 15 m; è consentito l'impiego di flaps e la presenza di water ballast;
- *Classe 18*: categoria del tutto simile alla Classe 15, fatta eccezione per l'apertura alare, fissata a 18 m;
- *Classe standard*: la massima apertura alare consentita è di 15 m, è proibito l'impiego di qualsiasi sistema che determini una variazione della geometria del profilo alare, fatta eccezione per gli alettoni; è ammessa la presenza di water ballast, che può essere scaricata in volo;
- *Classe club*: tale categoria si limita a fornire delle indicazioni di massima delle caratteristiche dell'aliante, il quale dovrebbe consentire un volo sicuro ed un sicuro atterraggio su terreni normali. L'abitacolo deve avere una buona visibilità in tutte le direzioni; non è ammessa la zavorra d'acqua.



### 3. Tecniche di volo a vela

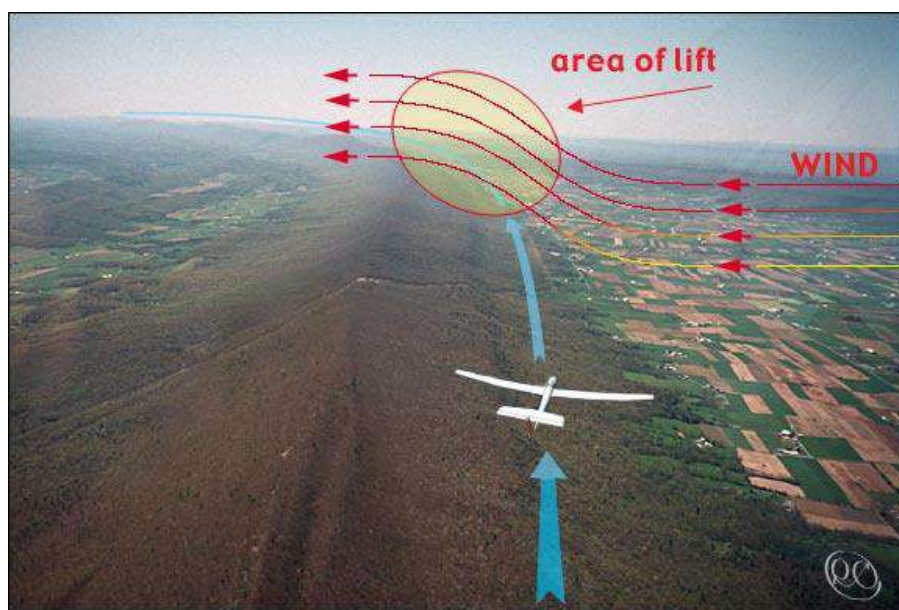
L'aliante, per le sue peculiarità, è un velivolo che necessita di particolari condizioni meteorologiche per poter volare. In particolare, esistono tre diverse tecniche di volo, legate a tre differenti condizioni meteorologiche ed ambientali:

- Volo di pendio
- Volo in onda
- Volo in termica

#### 3.1 Volo di pendio

Questa tecnica di volo era per lo più utilizzata ai primordi del volo a vela, in quanto all'epoca si ignorava l'esistenza delle termiche e, conseguentemente, i piloti rimanevano in aria grazie al vento che risaliva i versanti delle colline; principale limite del volo di pendio consiste proprio nel fatto che può essere svolto solo in una fascia molto stretta creata dal vento sui pendii delle colline. Inoltre, il volo di pendio può essere praticato solo in quei luoghi dove sono presenti catene lineari di montagne lunghe centinaia di chilometri e disposte trasversalmente ai venti predominanti; un esempio è rappresentato dalla catena degli Appalachi (USA).

Il volo di pendio è reso possibile dal sollevamento orografico dovuto alla presenza di una catena montuosa ortogonale alla direzione di incidenza del vento, fenomeno che avviene quando una massa d'aria viene forzata a spostarsi da una minore elevazione ad una maggiore a causa della particolare conformazione orografica del terreno. In prossimità della vetta si genera una corrente d'aria ascensionale che l'aliante può sfruttare volando lungo la cresta della catena montuosa, mantenendosi a bassa quota sulle cime.



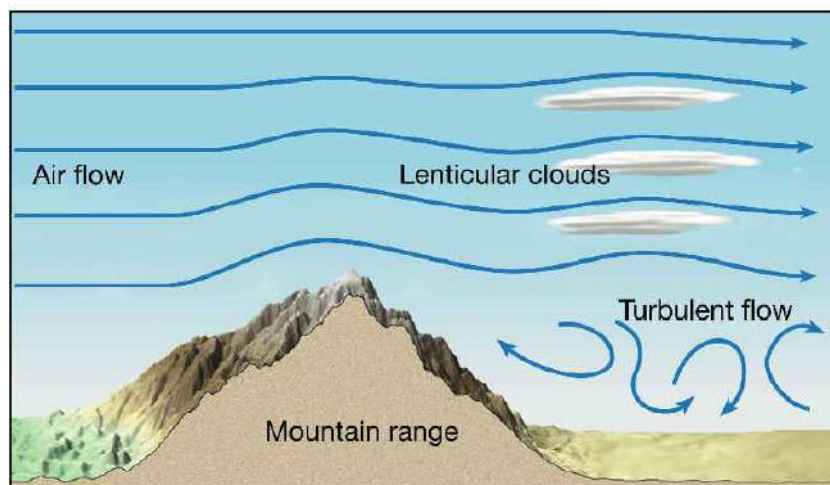
*Figura 3.1 – Volo di pendio*

### 3.2 Volo in onda

Il volo in onda è una tecnica di volo che sfrutta un sistema di onde atmosferiche che si possono generare quando una massa d'aria di notevoli proporzioni, muovendosi ad una certa velocità, incontra una catena montuosa posta trasversalmente al suo movimento. Infatti, tale tecnica di volo a vela sfrutta il passaggio del vento su una catena montuosa, che in alcune condizioni tende ad assumere un movimento ondulatorio nella parte sottovento.

Tali sistemi ondulatori vengono sfruttati dai piloti di volo a vela per raggiungere quote elevate, anche oltre i 1500 metri, seguendo il profilo dell'onda stessa.

La presenza dell'onda è identificata da una nube caratteristica e molto particolare detta nube lenticolare, avente una particolare forma e costituita essenzialmente da aghi di ghiaccio. Si forma ad alta quota e rappresenta la parte visibile dell'onda (o apice dell'onda) in cui l'umidità dell'aria si congela, diventando quindi visibile.



*Figura 3.2 - Volo in onda*

Il record di quota in alianti supera i 14.000 metri, ed è stato raggiunto proprio in condizioni di volo in onda.

### 3.3 Volo in termica

Il volo in termica sfrutta il moto ascensionale di masse d'aria in seguito al loro riscaldamento, quando l'aria dai bassi strati a contatto con il suolo più caldo si solleva verso gli strati più freddi sovrastanti.

Le termiche sono il risultato di un riscaldamento non uniforme della superficie terrestre, che si traduce nella formazione di colonne o bolle d'aria calda che salgono fin quando l'aria non si sia riscaldata alla temperatura dell'aria circostante.

Per poter spiegare in modo più approfondito il fenomeno è prima necessario introdurre il concetto di “gradiente termico dell'aria” e di “gradiente adiabatico dell'aria”, in relazione alla quota.

Il gradiente termico dell'aria è definito come la variazione di temperatura dell'aria con la quota; tale fenomeno è influenzato da diversi fattori, tra cui l'insolazione, le caratteristiche del suolo, l'umidità, la stagione, etc. Tipicamente tale gradiente è elevato durante le ore più calde del giorno e nelle stagioni più calde.

Il gradiente adiabatico dell'aria rappresenta invece la diminuzione di temperatura che una massa d'aria subisce man mano che sale.

Analizzando il comportamento dell'aria negli strati bassi dell'atmosfera si evince che quando una massa d'aria a contatto con il suolo inizia un moto ascensionale per un qualsiasi motivo, ad esempio per effetto termico o anche per effetto dinamico del vento contro un ostacolo, inizia ad espandere e quindi a raffreddarsi, seguendo la legge del gradiente adiabatico.

Se in una specifica zona il gradiente termico dell'aria è maggiore del gradiente adiabatico, allora la massa d'aria presente in quella zona tenderà a salire; se l'aria che la circonda si trova a temperatura più bassa, allora l'aria che si trova nella zona a temperatura più elevata continuerà a salire ulteriormente, assumendo velocità sempre maggiori. In questo caso si dice che l'aria è instabile.

Se invece il gradiente adiabatico è maggiore del gradiente atmosferico, allora non vi sarà alcun moto ascensionale di aria. In questo caso l'aria è definita stabile.

Le termiche sono quindi delle masse di aria dotate di moto ascensionale e, in virtù di quanto detto in precedenza, in atmosfera stabile non possono esservi termiche. Effetto secondario è che man mano che l'aria sale e si raffredda tende a trattenere una quantità sempre minore di vapore acqueo; ne consegue che il vapore si separa sotto forma di nubi cumuliformi, che consentono dunque di individuare la presenza di una termica.

La termica inizia con una piccola massa d'aria che, a causa delle disuniformità del terreno, si trova ad essere più calda dell'aria circostante. Tale massa comincia dunque a salire, mentre in basso viene richiamata altra aria, che prende il posto di quella preesistente, si riscalda e poi sale anch'essa. Tale fenomeno dura fin quando non si ristabilisce l'equilibrio.



*Figura 3.3 - Volo in termica*

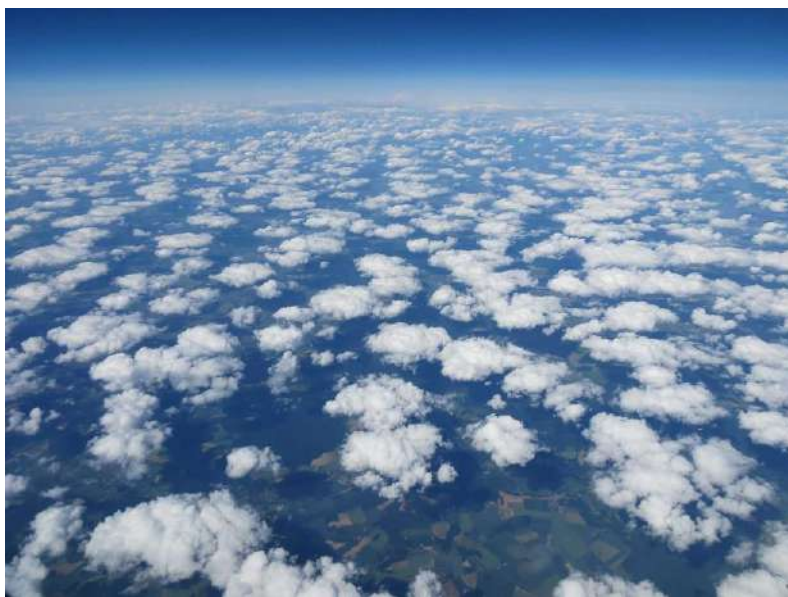
Le termiche assumono generalmente una forma di cono rovesciato, sono larghe in media da 100 a 400 metri, e possono arrivare fino a 3000 metri di quota.

Per poter effettuare volo in termica il pilota deve essere in grado di individuare le termiche e di poter planare tra una termica ed un'altra, dove potrà spirare fin dove la termica lo consente. Infatti, nonostante il termine “volo a vela” possa far ritenere diversamente, il vento ha un ruolo secondario nel volo in alianti.

L'aliante porta all'estremo la ricerca ed il concetto di efficienza aerodinamica, che permette all'ala di sostenere il mezzo generando portanza, e nello stesso tempo di opporre la minor resistenza possibile alla penetrazione nell'aria. A differenza degli altri velivoli però, non disponendo di un motore, l'aliante effettua sempre un volo planato.

Sul volo in alianti è possibile fare la seguente osservazione: l'aliante sale scendendo. Segue un semplice esempio che consente di spiegare tale affermazione. Si consideri un aliante in volo a 100 km/h che, per semplicità, perde un metro di quota ogni secondo. Nelle termiche l'aria sale normalmente con una velocità compresa tra 1 m/s e 7 m/s; questo significa che se il pilota riesce a volare all'interno di una termica di 4 m/s, l'aliante continuerà a scendere rispetto all'aria di 1 m/s, ma salirà rispetto al suolo di 3 m/s, guadagnando rapidamente quota.

Il pilota di volo a vela deve avere una buona conoscenza dei fenomeni meteorologici, al fine di poter anche essere in grado di valutare la conformazione del suolo e di capire su quali punti sarà più probabile trovare una termica. Inoltre, in presenza di umidità atmosferica, alla sommità delle termiche si formano spesso delle nuvole, i cumuli, che consentono di individuare con una certa facilità le zone d'aria ascendente.



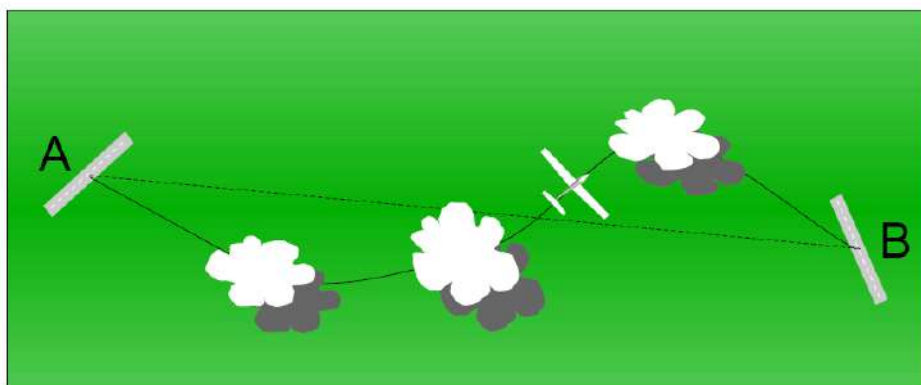
*Figura 3.4 – Cumulus humilis, detti anche “cumuli di bel tempo”*

Ovviamente, non disponendo di un motore, il pilota deve sempre valutare attentamente, in base alla quota di cui dispone, se può o meno arrivare in un certo luogo. Dovrà quindi sempre muoversi con prudenza, valutando esattamente la probabilità di incontrare nuove termiche per guadagnare ulteriore

quota, e valutando la direzione e l'intensità del vento, specialmente se quest'ultimo spira in direzione opposta alla direzione desiderata. La planata effettuata per spostarsi da una termica ad un'altra viene chiamata traversone.

La planata che si effettua per passare da un punto ad un altro di una rotta prestabilita, non è un semplice volo rettilineo. Il pilota infatti cercherà quella che viene chiamata rotta energetica, ovvero una rotta lungo la quale, in base alle sue valutazioni, potrà trovare ulteriori zone ascendenti (cioè ulteriori termiche) o, volando lungo i costoni di una montagna.

Volando in questo modo sarà in grado di spostarsi da un punto ad un altro, anche se non in linea retta, senza perdere quota, o con una perdita di quota ridotta. L'immagine seguente esemplifica questo tipo di volo: un aliante per andare dal punto A al punto B non seguirà la rotta teorica tratteggiata, ma una rotta reale che lo porti a sfruttare le termiche individuate sotto i cumuli



*Figura 3.5 - Rotta energetica*

Se il pilota dovesse sbagliare le sue valutazioni o non trovasse ulteriori termiche, se non riuscisse ad arrivare fino ad un aeroporto, allora sarebbe necessario individuare un prato pianeggiante della lunghezza sufficiente per effettuare un atterraggio. Si parla in questo caso di “atterraggio fuori campo”, ovvero al di fuori dall'aeroporto. Si tratta di una eventualità che il pilota che decide di compiere un percorso abbastanza lungo deve sempre tenere in considerazione. Quando vola e vede che la sua quota inizia a diminuire, deve sempre tenere d'occhio le zone sotto di lui, per individuare una zona adatta all'atterraggio.

Se il volo avviene in zone di montagna è bene che il pilota, durante la pianificazione del volo, impari scrupolosamente la posizione delle zone in cui è possibile atterrare, poiché in montagna tali zone sono estremamente ridotte.

Essendo l'aliante un aeromobile soggetto alle regole del volo a vista (VFR), potrà volare solo da mezz'ora prima dell'alba a mezz'ora dopo il tramonto. Di notte, comunque, non essendoci il sole a scaldare il suolo, le termiche non si formano, rendendo il volo di durata praticamente impossibile.

È inoltre possibile osservare che sul mare, essendoci una temperatura uniforme, non è possibile la formazione delle termiche. Perché queste si generino, infatti, è necessario che alcune zone del suolo abbiano temperature maggiori rispetto ad altre; per questo motivo non è possibile volare sul mare in aliante. Può accadere che alianti arrivati a quote molto elevate siano in grado di attraversare tratti di mare più o meno ampi in planata, per ricominciare il volo in termica sull'altra sponda.



## 4. Decollo

Non essendo gli alianti dotati di motori è necessario ricorrere a particolari sistemi per il decollo, tra cui si ricordano il traino con aeroplano e il traino da verricello.

Nella maggior parte dei casi si utilizza un aereo a motore dotato di gancio nella coda, al quale l'aliante può attaccarsi attraverso un cavo di circa 50 metri di lunghezza, fissato sul muso dell'aliante o sotto la fusoliera, davanti al carrello. Quando il pilota dell'aliante reputa di essere ad una quota sufficiente per proseguire il volo da solo, con un apposito pomello si sgancerà dall'aereo di traino, al quale resta attaccato il cavo, ed inizierà la sua performance.



*Figura 4.1 – Traino aereo*

In altri casi è possibile utilizzare un verricello: si fissa l'aliante ad un cavo molto lungo, anche due chilometri, che viene avvolto velocemente da un verricello. A questo punto l'aliante si comporterà più o meno come un aquilone, guadagnando quota. Si tratta di un sistema più economico del traino, ma che difficilmente consente di raggiungere quote superiori ai 300-400 metri, quote alle quali è più difficile agganciare una termica per iniziare a salire.

Per gli alianti più leggeri e in particolari condizioni meteorologiche è possibile utilizzare altre tecniche di lancio, tra cui il lancio con cavo elastico, il traino con automobile e il lancio da pendio.

Sono inoltre stati realizzati alianti dotati di motore, i cosiddetti “motoalianti”.

### 4.1 I motoalianti

Il motoaliante è un aliante a motore; si tratta di un velivolo particolarmente curato dal punto di vista aerodinamico, con un'apertura alare ed un allungamento alare particolarmente elevati. Può essere utilizzato sia dai piloti di volo a vela che dai piloti di volo a motore che abbiano ottenuto la necessaria abilitazione.

In particolare, è possibile distinguere tra motoalianti a motore fisso e motoalianti ad elica retrattile.

I motoalianti a motore fisso hanno il motore posto sul muso della fusoliera; solo il volovelista possiede una licenza che gli consente di spegnere il motore in volo ed usare il motoaliante come un aliante, pur con performance minori. Questa possibilità è infatti inibita al pilota di volo a motore.

Il motoalante ad elica retrattile è un aliante nel quale il motore viene alloggiato nella fusoliera, dietro al pilota. Questo motore viene estratto insieme all'elica pieghevole durante la fase di decollo, così da non dover dipendere da un aereo di traino, e talvolta viene utilizzato anche in volo per evitare un atterraggio fuori campo.

In Figura 4.2 è riportata la foto di un aliante Apis 2, esempio di motoalante ad elica retrattile.



*Figura 4.2 – Apis 2 in decollo, motoalante a motore retrattile*

## **5. Variazioni delle caratteristiche aerodinamiche per presenza di insetti sul bordo d'attacco delle ali**

Per gli alianti da competizione molto comune è l'impiego di profili laminari ad alta efficienza; i profili di questa categoria sono estremamente sensibili alla contaminazione della superficie dovuta alla presenza di insetti, acqua e ghiaccio.

Affinché i profili laminari lavorino nella regione di bassa resistenza, la cosiddetta “sacca laminare”, è necessario che lo strato limite resti laminare in una estesa regione della corda alare. Qualsiasi irregolarità o protuberanza della superficie determina la transizione dello strato limite da laminare a turbolento nella zona immediatamente a valle dell'irregolarità. Se l'estensione della zona di strato limite turbolento diventa notevole, la resistenza del profilo incrementa, con conseguente diminuzione dell'efficienza aerodinamica.

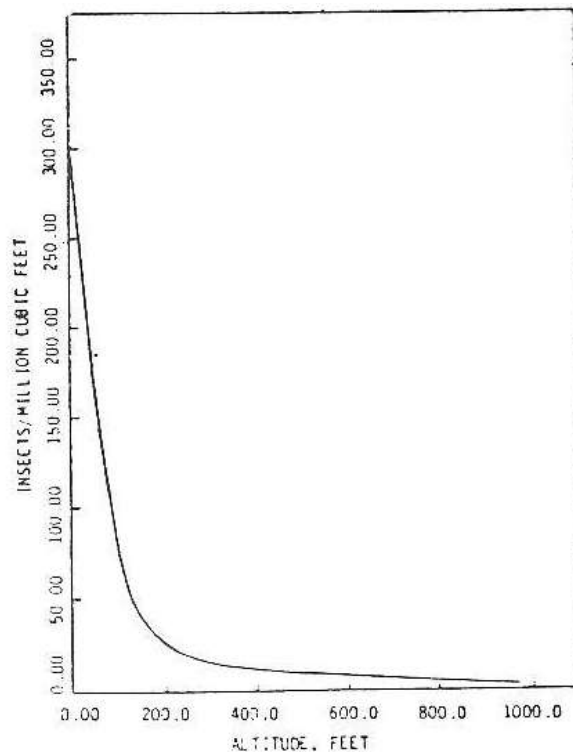
I due principali meccanismi di contaminazione che interessano gli alianti riguardano l'accumulo di insetti sulle superfici alari e la presenza di acqua dovuta alla pioggia.

Il decadimento delle performance aerodinamiche di un aliante causato dalla presenza di insetti sul bordo d'attacco delle ali è stato ed è uno dei maggiori problemi specialmente per gli alianti da competizione. Infatti, la presenza di insetti sulla superficie alare può anticipare la transizione dello strato limite da laminare a turbolento, incrementando conseguentemente la resistenza aerodinamica del velivolo.

L'entità della contaminazione del bordo d'attacco dipende principalmente dalla densità della popolazione di insetti che impatta l'ala; tale parametro è funzione di fattori meteorologici ed entomologici.

Tipicamente la densità di insetti tende a diminuire rapidamente all'aumentare della quota, come mostrato nel lavoro sulla contaminazione da insetti di Coleman; in Figura 5.1 viene mostrato l'andamento della variazione della densità di insetti al variare della quota.





*Figura 5.1- variazione della densità di insetti al variare della quota*

Attraverso studi condotti sulla distribuzione delle popolazioni di insetti è stato possibile notare che la densità di insetti è particolarmente elevata in termica in quanto gli insetti vengono convetti dalla superficie terrestre verso l'alto, attraverso un percorso circolare all'interno della termica stessa. Ne consegue dunque che rispetto alle altre classi di aerodine gli alianti vanno maggiormente incontro al problema di contaminazione da insetti, dal momento che passano la gran parte del tempo in termica.

Quando un insetto impatta contro un componente del velivolo vi sarà un accumulo di debris di insetti solo se la velocità di impatto è sufficientemente elevata. Coleman ha verificato sperimentalmente che il valore minimo della velocità di impatto affinché si generi un accumulo di insetti sui componenti del velivolo dipende strettamente dal tipo di insetto; in particolare, tale valore varia tra i 10 m/s per gli afidi ed i 20 m/s per i Mormonella, con un valor medio di circa 11 m/s.

La zona di accumulo di insetti è tipicamente limitata alla regione prossima alla linea di ristagno, zona in cui gli insetti aderiscono alle superfici sostanzialmente intatti.

Verso il bordo d'uscita dei profili il residuo di insetti consiste per lo più in depositi superficiali la cui densità diminuisce man mano che ci si sposta verso il bordo d'uscita.

Boermans e Selan hanno condotto degli studi nel Nederland, effettuando misure delle distribuzioni degli insetti impattati contro la superficie alare; i risultati hanno evidenziato che il 55% degli accumuli di insetti si concentrano fino circa al 2.5% della corda alare, mentre il 35% di questi si concentra nella zona compresa entro l'1% della corda.

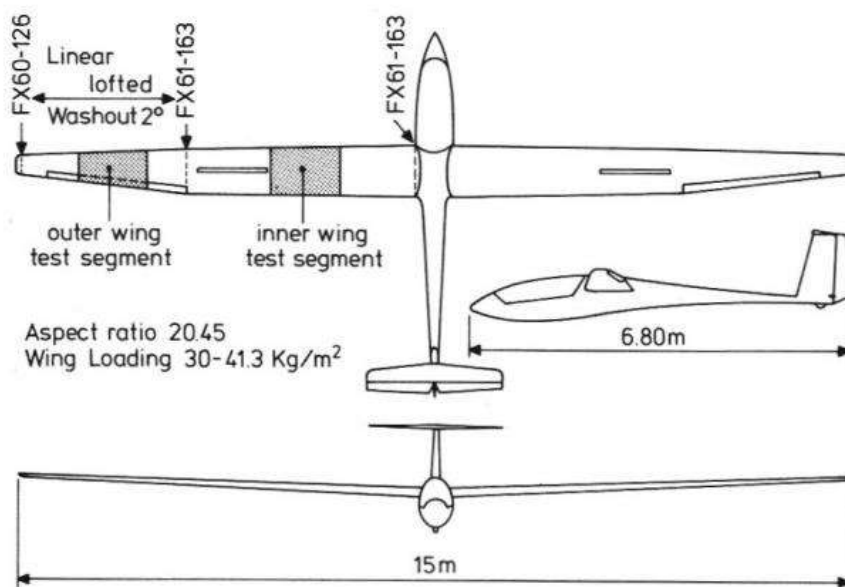
È stato inoltre visto che per alianti della Classe Standard gli insetti erano uniformemente distribuiti sul dorso e sul ventre dell'ala; per gli alianti dotati di flap, viceversa, è stato possibile notare che gli accumuli di insetti tendono a formarsi maggiormente sul dorso dell'ala.

Boermans e Selan hanno condotto lo studio della distribuzione di accumuli di insetti in galleria del vento sull'aliante AS-W 19B. Le misure effettuate hanno mostrato un incremento di resistenza del 20% ed una riduzione dell'ampiezza della sacca laminare per angoli d'attacco superiori ai 5°; le variazioni di portanza dovute ad accumuli di insetti sulla superficie alare non sono invece risultate significative.

Per piccoli angoli d'attacco i risultati sperimentali non mostrano un notevole incremento di resistenza; infatti, in prossimità del punto di ristagno anteriore la presenza di insetti non determina la transizione dello strato limite da laminare a turbolento.

Per popolazioni di insetti massivi caratterizzate da bassa densità è stato visto sperimentalmente che profili di minore spessore sono meno interessati dalla contaminazione di insetti; inoltre, per popolazioni di insetti ad alta densità i profili caratterizzati da spessore maggiore risentono in minor misura della contaminazione di insetti.

Gli esperimenti che hanno condotto a tali conclusioni sono stati effettuati dall'università di Delft posizionando in due diverse sezioni dell'ala dell'aliante AS-W 19B dei fogli adesivi di poliestere opacizzato, al fine di facilitare la visibilità degli insetti sull'ala. In Figura 5.2 è rappresentato l'aliante ASW-19B, con relativa forma in pianta e indicazione delle posizioni delle strisce adesive.



*Figura 5.2 - Posizioni delle strisce adesive sull'ala dell'aliante ASW-19B*

Come è possibile notare dalla figura, le strisce adesive sono state posizionate in modo tale da ricoprire l'intera superficie alare nella zona di interesse. Sono stati eseguiti dei voli di prova a Venlo, in Olanda, in seguito ai quali le strisce adesive con residui di insetti sono state opportunamente rimosse dalla superficie alare, al fine di essere poi utilizzate per effettuare delle simulazioni in galleria del vento.

Oltre ad effettuare le misurazioni in galleria del vento in configurazione di ala pulita e in presenza delle strisce adesive descritte in precedenza, è stata simulata anche una distribuzione di insetti "artificiale", costituita da file di piccoli riquadri di nastro adesivo poste sul bordo d'attacco dell'ala.

Le misurazioni effettuate in galleria del vento hanno consentito di ottenere la polare di resistenza e la curva di portanza dell'ala, come mostrato in Figura 5.3.

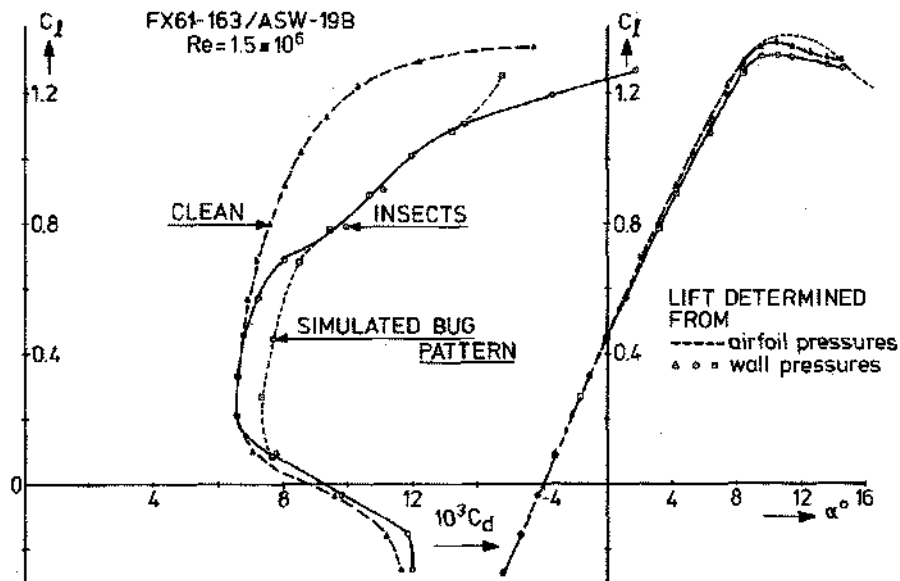


Figura 5.3 – Curva di portanza e polare del profilo

È possibile notare che per valori del coefficiente di portanza superiori a circa 0.8 la polare di resistenza per ala con distribuzione artificiale di insetti coincide con la polare di resistenza relativa alla reale distribuzione di insetti, mentre per valori di  $C_l$  inferiori a circa 0.8 le differenze tra le due curve sono notevoli. Non si notano invece notevoli differenze per la curva di portanza.

Risulta quindi evidente la necessità di mantenere il bordo d'attacco delle ali di un aliante quanto più possibile pulito, al fine di limitare l'incremento di resistenza in corrispondenza di elevati valori del coefficiente di portanza.

## **BIBLIOGRAFIA**

Stelio Frati, *L'aliante*, Milano, Ulrico Hoepli, 1946

L.M.M. Boermans, H.J.W. Selen, *On the design of some airfoils for sailplane applications*, 1981

F. Stoppini, *Volo a vela*, 2008

A. Bellomo, *Elementi basici di meteorologia generale*, 2014

## **SITOGRAFIA**

Pirker and Storka, [www.storka.at](http://www.storka.at)

[www.mugellogliding.aero](http://www.mugellogliding.aero)

[www.bfgc.co.uk](http://www.bfgc.co.uk)

[www.gliding.world](http://www.gliding.world)