
Aquiloni da Trazione
Disegnarli e farli Volare

Disclaimer: Tutto quanto è scritto in questo libro, comprese le figure, ove non specificatamente dichiarato, è Copyright dell'autore.

È vietata la riproduzione del documento o di parti di esso, con qualsiasi mezzo, non preventivamente autorizzata dall'autore.

Attenzione:

Lo sport dell'aquilonismo e degli aquiloni da trazione in particolare, è potenzialmente pericoloso. Può comportare incidenti gravi, e purtroppo, anche mortali.

Utilizzate tutte le precauzioni di sicurezza per voi e per chi vi circonda.

L'autore non si assume nessuna responsabilità per qualsiasi danno diretto e indiretto causato da azioni in qualche modo riconducibili a quanto scritto nel libro.

Ringraziamenti:

un ringraziamento particolare va a Peter Thomas per aver sviluppato il programma Foilmaker, che rappresenta oggi il software più sofisticato per la progettazione di aquiloni da trazione.

E poi grazie a tutti coloro che, condividendo le proprie esperienze sulla Rete, mi hanno permesso di sapere tutto quello che so su questo argomento.

A Nonna che mia insegnato i segreti del cucito.

Introduzione

Ho scritto questo documento per lasciare traccia dell'esperienza accumulata dalla crescente comunità di kitebuilders che risiede su internet.

Molto di quanto è contenuto in questo libro proviene dalla mia personale esperienza e dalla mia interpretazione di quanto si dice sui forum e le mailing-list, che frequento a riguardo.

Non vuole essere né una Bibbia, né tantomeno un Vangelo da seguire alla lettera, voglio solo raccontare quello che oggi penso su come si fanno certi aquiloni da trazione.

Dato che la maggior parte della letteratura reperibile in rete è in Inglese, volutamente utilizzerò, dove possibile, i termini tecnici in questa lingua, in modo da acquistare una certa familiarità con il linguaggio comune che si usa nei forum.

Per quanto voglia trattare l'argomento con la massima semplicità, darò per scontata una minima conoscenza dell'argomento aquiloni in generale; termini come: "finestra del vento", "briglie", cavi di comando, ecc., devono essere perfettamente chiari; per il resto farò del mio meglio per spiegarlo.

Darò per scontate anche delle nozioni basilari di fisica e geometria vettoriale, non vorrei spiegare anche la forza di gravità....

Attenzione però, costruire un aquilone è una cosa impegnativa, sia moralmente che economicamente. Il fallimento è sempre dietro l'angolo e se non vi sentite in grado di reggere il confronto, comprate la vostra attrezzatura bella e fatta, risparmierete tempo e denaro senza perdere comunque le vostre soddisfazioni, perché in fin dei conti, il bello di un aquilone è farlo volare !

Questo non vuol dire che sia inutile proseguire nella lettura, sapere come funzionano, come sono progettati e realizzati ci permette di scegliere con competenza, di tirare fuori il meglio da ogni vela che ci capiterà di utilizzare.

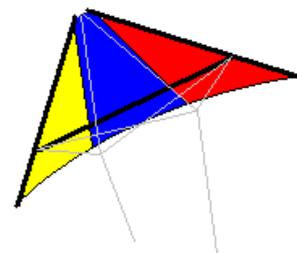
Capitolo 1 – Come è fatto un aquilone da trazione

Tipologie

Ci sono diversi tipo di aquiloni, statici, pilotabili, con armature rigide o gonfiabili, senza armature, per il sollevamento di oggetti o da combattimento... Ciò di cui andremo a parlare più avanti sono gli aquiloni da trazione, pilotabili a due, tre o quattro cavi in special modo parleremo di quelli senza armatura più comunemente detti **foil**.

Aquiloni con armatura rigida

Un classico esempio di questo genere di vele è rappresentato dallo “Speedwing” (Cfr. Stunt Kites I & II). A prima vista sembrerebbe un semplice acrobatico, ma facendoci un volo di prova si capisce subito la potenza di questo aquilone. Sulla rete si trovano diversi progetti e soluzioni per questo genere di ali. Hanno vantaggi e svantaggi, comunque non sono vele che possono raggiungere grosse dimensioni, per ovvie ragioni strutturali.



Pro: sono molto facili da costruire, non hanno più di dieci cuciture da fare, e tre briglie da regolare; sono “stackable” cioè funzionano bene anche in treni di due, tre, quattro o più (se si riesce a farli volare!) per cui, con più ali uguali si possono rinvigorire giornate tranquille e nei giorni ventosi si può volare in compagnia.

Contro: L’armatura di per se pesa molto, per cui difficilmente li potremo usare con divertimento in condizioni di vento marginale. Inoltre le stecche di carbonio di un certo spessore (devono comunque resistere alla trazione) costano un bel po’ e, comunque, si rompono con una certa facilità.

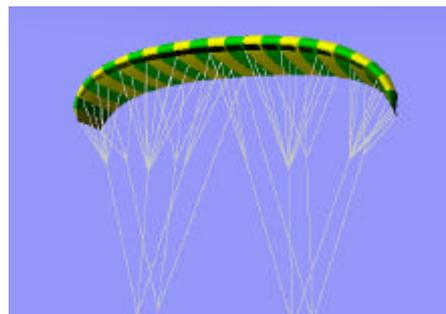
Anche di piccole dimensioni sono un reale pericolo per chiunque si trovi sulla sua traiettoria e quindi poco adatto luoghi affollati.

In dimensioni relativamente piccole rappresentano un ottimo compromesso tra costi e risultati.

Se vogliamo un aquilone acrobatico, ma che “tiri” un po’ , oppure se siamo alla prima esperienza dietro la macchina da cucire e vogliamo qualcosa che vada bene al primo volo; questa potrebbe essere una scelta interessante.

Foil

Oppure detti “ram-air inflatable”, assomigliano in tutto e per tutto alle vele da parapendio, per la loro struttura cellulare, ricorda i materassini gonfiabili a mare. La forma è mantenuta dall'aria che entra da particolari aperture sulla prua e da un sistema più o meno complesso di briglie. In seguito approfondiremo ogni particolare di queste ali.



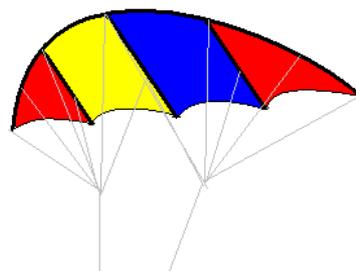
Pro: hanno un altissima efficienza aerodinamica, poiché rappresentano un profilo alare completo. Sono molto leggeri e quindi adatti anche a venti leggerissimi. Non hanno particolari vincoli dimensionali o strutturali, virtualmente possiamo farlo delle dimensioni o della forma che vogliamo. Sono praticamente indistruttibili, a meno che non lo facciamo schiantare a tutta velocità contro un albero, un foil, con un poco di attenzione, ci dura una vita.

Contro: Sono molto difficili da progettare e realizzare. Richiedono una quantità enorme di cuciture e di tela (circa 3 volte la superficie utile). Per progettare una vela del genere sono necessari: almeno qualche fondamento di aerodinamica, un programma di CAD tridimensionale e un poco di esperienza. È molto facile sbagliare, la differenza tra una cosa che va bene e una che non va affatto è spesso questione di millimetri.

In condizioni di vento molto forte e rafficato, alcuni progetti mantengono con difficoltà la forma, per cui subiscono improvvisi collassi ed altrettanto improvvise riprese di potenza che possono renderlo incontrollabile.

Ibridi

Come dice il nome sono una via di mezzo. Sono vele a profilo alare, assomigliano molto ai foil ma affidano la loro forma ad una struttura più o meno rigida fatta di stecche o tubolari gonfiabili. In genere rappresentano solo il contorno superiore di un profilo alare per cui sono un po' meno efficienti degli equivalenti ram-air.



Pro: Sono più semplici da realizzare, meno cuciture, meno tela e meno briglie, specialmente se in versione sled (V.).

Mantengono meglio la forma, soprattutto in condizioni di vento forte e rafficato grazie alla struttura più rigida rispetto ai foil; inoltre, per lo stesso motivo, possono raggiungere maggiori velocità di punta.

Contro: Sono un po' meno efficienti di un equivalente foil ed inoltre sono più pesanti, per cui necessitano di qualche nodo in più di vento per

iniziare a volare. Sono relativamente fragili, a causa dell'armatura che non può essere troppo robusta per ovvie ragioni di peso.

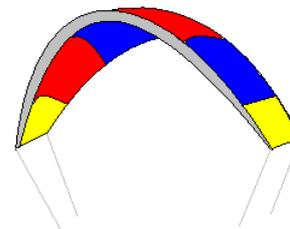
Sled

Non rappresentano una vera e propria famiglia, come quelle già descritte, ma, più precisamente sono foil o ibridi che hanno una forma particolare: la vista frontale è un arco di cerchio.

Il vantaggio principale è che questa forma è mantenuta da due sole briglie alle estremità e dalla pressione aerodinamica all'interno del semicerchio.

Nonostante questa forma non sia la più efficiente in assoluto, presenta degli indiscussi vantaggi: primo fra tutti l'assenza di briglie che limita la possibilità ai cavi di intrecciarsi fra loro o impigliare parti della vela.

Ultimamente sono diventati molto famosi per la loro particolare attitudine al kitesurf.



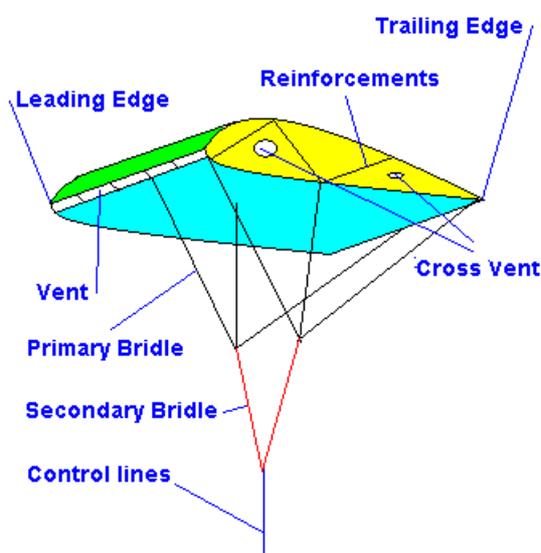
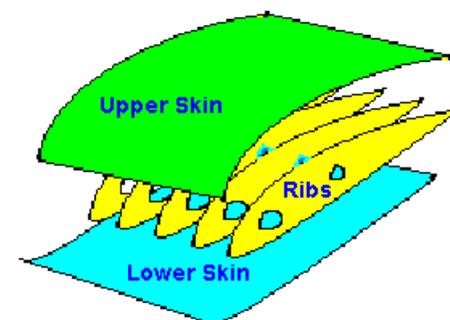
Caratteristiche principali di un aquilone di tipo foil

Vediamo di seguito quali sono le componenti principali del nostro aquilone.

Centine (Ribs)

Sono la struttura portante della vela che, meccanicamente, funziona come una trave scatolata. Servono a mantenere il profilo aerodinamico della vela e ne costituiscono la struttura longitudinale.

Lo spazio compreso tra due profili contigui è chiamato comunemente **Cella**, al fine di mantenere uniforme la pressione dell'aria all'interno delle celle, le centine hanno dei fori di travaso (**Cross vent**). Al fine di distribuire lo sforzo su tutto il profilo, degli appositi **rinforzi** sono cuciti in corrispondenza degli attacchi per le briglie.



Estradosso ed intradosso (Upper & Lower skin)

Sono rispettivamente la superficie superiore ed inferiore dell'aquilone. Per rispettare meglio la forma tridimensionale della vela, attualmente sono realizzati cella per cella con dei tagli opportunamente calcolati (**shaped skin**), invece che essere dei semplici rettangoli di tessuto grandi quanto tutto l'aquilone. Le singole strisce che compongono le superfici, prendendo in prestito un termine marinaresco, vengono comunemente chiamati **ferzi**.

Fori di ingresso aria (Vent)

Affinché l'aquilone rimanga gonfio durante il volo, nel bordo di entrata sono praticati dei fori, spesso queste aperture sono realizzate lasciando un certo spazio tra estradosso ed intradosso. Possono essere protetti da una garza, per evitare di riempire le celle con sabbia, rami e sporcizia varia.

Spesso, per rendere questi aquiloni stagni, o per migliorarne il gonfiaggio, sia sui fori di ingresso che in quelli di travaso vengono installate delle particolari valvole in tessuto che lasciano fluire l'aria solo in un senso.

Briglie (Bridle)

Per trasferire la potenza dalla superficie dell'aquilone ai cavi di controllo e viceversa i comandi si usa un reticolo di cavi chiamati briglie. Generalmente sono distribuite su due ordini **Primarie** e **Secondarie**, possono avere configurazioni diverse, adattate all'utilizzo a due o quattro cavi.

Materiali

Il materiale usato per la costruzione di questi aquiloni è un tessuto di Nylon o Poliestere più comunemente conosciuto come **Spinnaker** o **Rip-stop**. Ne esistono diverse versioni dalle prestazioni e dai costi diversi, i più comuni sono:

Carrington: Nylon, generalmente pesa 42 g/m², la caratteristica principale è quella di avere una delle due superfici spalmata di un polimero che lo rende impermeabile all'aria ed all'acqua. Ha il difetto che a contatto con l'acqua, la superficie non spalmata, tende ad imbibirsi, appesantendo la vela.

Chickara: ha le stesse caratteristiche del Carrington, con la differenza che entrambi le superfici sono rese impermeabili. È il tessuto più adatto per aquiloni che possono venire a contatto con l'acqua, con un ottimo rapporto qualità/prezzo.

Icarex: poliestere, esiste in due grammature, 38 e 42 g/m². È un tessuto di lusso, molto più rigido del nylon, assolutamente impermeabile ed idrorepellente, ha lo svantaggio di costare molto, praticamente il doppio degli altri ed è più difficile da cucire perché molto scivoloso. Ha la capacità di aderire perfettamente su una superficie liscia, come un altro pezzo di tessuto, e di rimanerci "incollato" grazie alla carica elettrostatica che accumula; questa caratteristica lo rende particolarmente indicato per la costruzione delle valvole di non ritorno sia sui fori di ingresso che sui travasi.

Capitolo 2 – Cenni di aerodinamica

In questo capitolo cercheremo di capire perché un aquilone vola, e perché, quando si progetta una vela, si fanno certe scelte piuttosto che altre.

Non scenderò troppo nei dettagli di questo argomento, non è nello scopo del libro, è importante però cogliere tutti quegli aspetti che caratterizzano il nostro progetto, lasciando ad ognuno gli spunti per approfondire i paragrafi che seguono.

Perché l'aquilone vola ?

Semplice! Perché c'è vento!

Sembrerà banale ma è proprio così, il fatto che l'aria si muove intorno all'aquilone basta a generare una spinta e farlo decollare.

Da secoli si studia il volo, i cinesi facevano volare i propri aquiloni migliaia di anni fa, lo stesso Leonardo da Vinci aveva tentato di costruire le sue macchine volanti, ma è solo con l'avvento dei moderni sistemi di ricerca matematica che si sono scoperte e leggi che regolano questo fenomeno.

Ormai i modelli matematici, in un modo o nell'altro, ricostruiscono ogni fenomeno che ci circonda, con un certo livello di approssimazione e affidabilità, ma non sempre le previsioni sono azzeccate, basta pensare a quelle meteorologiche !

In seguito, capiremo perché l'aquilone “tira” di più quanto più corre, che differenza c'è tra una vela e un'altra, ecc.

Portanza

Tutti quanti abbiamo fatto il banale esperimento di mettere la mano fuori dal finestrino della macchina e provato che inclinando il palmo di qualche grado rispetto alla direzione del moto si sente una spinta che ci fa alzare o abbassare il braccio. Questa spinta si chiama appunto **portanza** (Lift).

Tre sono le leggi che ne regolano il comportamento, e portano ognuna il nome di chi le ha scoperte:

- 1) La terza legge di **Newton**
- 2) L'effetto **Coanda**
- 3) Il principio di **Bernoulli**

Prima di entrare nel dettaglio facciamo un premessa: indipendentemente da come ci appaiono nella realtà i due attori in gioco, cioè il vento e l'aquilone, la cosa che conta è come si muovono uno rispetto all'altro. Per questo motivo, per semplificare le cose, consideriamo la vela come se stesse ferma e fosse investita direttamente da un flusso uniforme di aria.

Newton

Dopo aver preso la mela in testa ed aver scoperto la legge di gravità ha teorizzato quello che viene chiamato “principio della causa e dell'effetto”

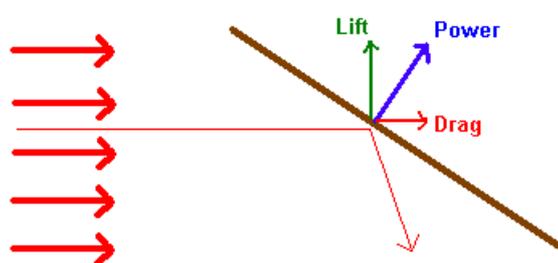
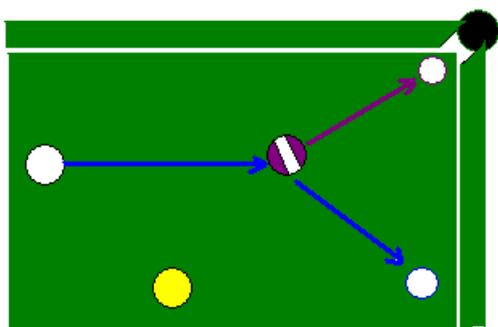
oppure “azione e reazione”; cioè: ad ogni azione applicata ad un corpo corrisponde una reazione uguale e contraria.

E che c'entrano gli aquiloni?

Ogni molecola d'aria che colpisce la vela con un certo angolo la superficie dell'ala viene deviata verso il basso (azione), in un certo qual modo rimbalza e genera una forza che devia l'aquilone verso l'alto (reazione).

Per capire bene questo principio osserviamo bene due bocce da biliardo che si scontrano: la prima, quella in movimento, urta la seconda, e viene deviata in una direzione, l'altra riceve una spinta nell'altra direzione e inizia a muoversi.

Per cui maggiore sarà l'angolo di incidenza (e quindi la deviazione) maggiore sarà la portanza. (fino a 45° , in teoria)



Coanda

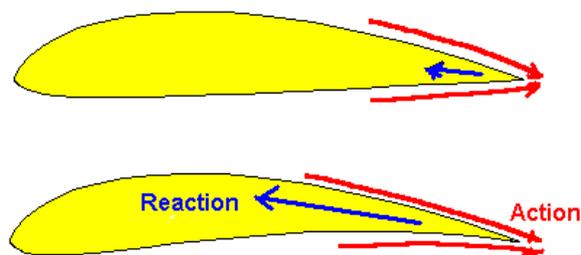
Molti dei suoi studi si basano sul principio della conservazione della quantità di moto e quindi sulla legge di Newton di cui abbiamo già parlato. Le sue scoperte si basano sull'osservazione del flusso intorno al profilo.

Nei discorsi fatti fino a questo punto non abbiamo mai pensato a cosa succede al flusso di aria quando esce dal profilo, si è sempre pensato che questo si ricomponga più o meno uniformemente nella stessa direzione da cui proveniva prima di incontrare la vela.

Non è così. Se osserviamo la figura, il flusso dell'aria che scorre lungo il profilo, viene proiettato lungo la tangente del profilo stesso vicino al bordo di uscita. Secondo la legge di Newton di cui sopra, se deviamo l'aria in una direzione avremo una forza che spinge la nostra vela nel senso opposto.

Cioè se noi costringiamo l'aria ad uscire verso il basso ne risulterà un spinta verso l'alto.

In un profilo convesso, questo effetto dovuto alla superficie superiore viene compensato dallo stesso effetto dovuto alla superficie inferiore, compensazione che diminuisce con l'aumentare dell'incidenza.



In un profilo concavo, invece, la direzione in cui viene spinto il flusso d'aria dalla superficie inferiore concorre a deviare il flusso verso il basso.

Abbiamo definito un altro aspetto che ci farà capire meglio la nostra vela:

A parità di condizioni, un profilo concavo genera più portanza di uno convesso.

Per questo motivo gli aerei usano slats e flaps in fase di atterraggio, per avere, tra l'altro, un profilo concavo e, quindi, maggiore portanza a basse velocità.

La portanza dipende principalmente dalla capacità dell'ala di deviare il flusso perpendicolarmente al piano di volo.

Anche se in realtà le cose sono più complesse (V. teorie sulla circolazione, boundary layer, ecc.), semplicemente guardando la figura di sopra notiamo che il maggior contributo viene dato dalla superficie superiore, per questo motivo, gli aerei portano i motori, i serbatoi e a volte anche i missili, sotto le ali. Proprio perché i disturbi che queste appendici portano all'aerodinamica dell'ala, influenzino il meno possibile la portanza.

È facile scoprire che, cambiando l'incidenza del profilo, cambia direzione della spinta che il profilo riceve.

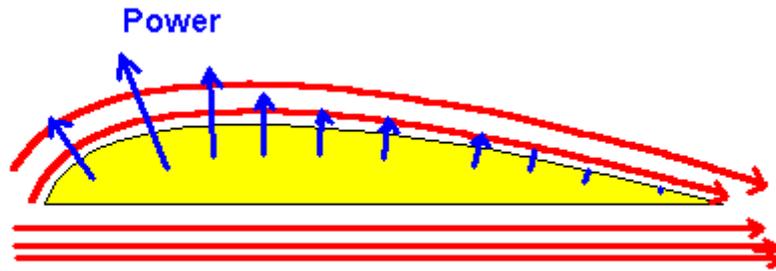
Bernoulli

Il principio di Bernoulli è anche chiamato "principio della conservazione dell'energia". Per semplificare al massimo questa legge diremo che, in un certo qual modo, per un dato fluido, la somma di temperatura, pressione e velocità è costante. In realtà la formula è ben più complicata ma per noi va bene così.

Ciò vuol dire che se aumentiamo una grandezza le altre diminuiscono in proporzione. Manteniamo per ora costante anche la temperatura e vediamo che succede.

Osserviamo il comportamento del flusso d'aria che investe un profilo alare:

- 1) prima di raggiungere il profilo, le particelle di aria si muovono parallele secondo la direzione del vento e tutte alla stessa velocità.
- 2) Quando incontrano la vela, alcune di esse sono costrette a correre lungo il profilo percorrendo un percorso più lungo (V. fig.) rispetto a quelle che invece procedono lungo il percorso rettilineo.
- 3) Per poter ristabilire il flusso uniforme a fine profilo queste particelle devono perciò aumentare la loro velocità.
- 4) Secondo Bernoulli, affinché questo avvenga, la pressione deve diminuire lungo il profilo.



Abbiamo notato, perciò che se il nostro profilo viene investito da una corrente d'aria subisce una depressione, una specie di risucchio nella sua parte più curva, e tanto maggiore sarà la curvatura tanto maggiore sarà questa forza. Se consideriamo un profilo simmetrico, cioè con uguale curvatura su entrambi i lati, queste due forze sono uguali e contrarie e non sortiranno nessun effetto sulla nostra vela come una nave con il timone al centro, procede diritta (non è proprio così, ma per noi va benissimo).

Se, invece, ci troviamo di fronte ad un profilo asimmetrico, cioè con una superficie più curva dell'altra notiamo che esiste una differenza di pressione, che tende ad aspirare la vela verso l'alto.

A questo punto possiamo dire che un profilo asimmetrico, investito da un flusso d'aria viene risucchiato piuttosto che spinto nella direzione della curvatura maggiore e, tanto maggiore è lo spessore del profilo, maggiore sarà la sua portanza.

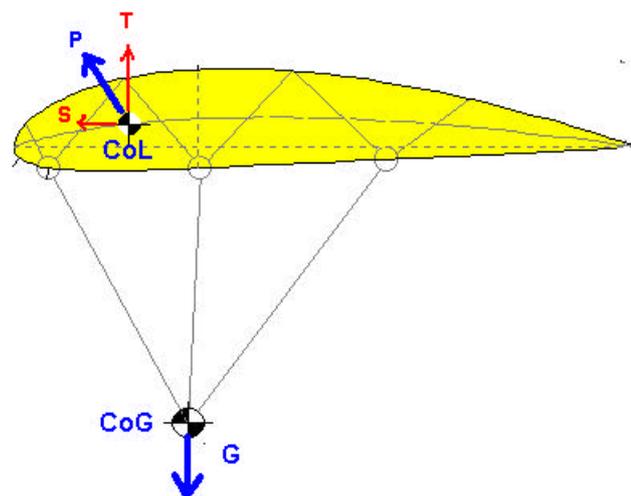
Spesso si tende a sopravvalutare questa legge, indicandola come la causa principale della portanza, questo non è vero.

Primo, perché uno dei presupposti affinché il principio sia verificato, i filetti fluidi dovrebbero ricongiungersi alla fine dell'ala, e questo non è vero.

Secondo, perché la spinta, generata a causa della variazione di pressione sulla superficie dell'ala, è piccola rispetto a quanto causato dagli altri due effetti che ho già descritto. È comunque importantissimo sapere come agiscono le pressioni sulle superfici alari, perché questo influenza drasticamente il comportamento dell'ala al variare della velocità.

Spinta

Finora abbiamo parlato di portanza in modo generale, come quella forza che tiene la vela in aria, ma in realtà, facendo volare un aquilone, ci rendiamo conto che gli effetti di questa forza sono due e ben distinti. Uno diretto lungo la direzione dei cavi e che chiameremo **trazione - T**, ed uno che spinge l'aquilone verso avanti e che chiameremo **spinta - S**.



Questo perché la direzione del vettore portanza non è perpendicolare al profilo, ma diretta leggermente in avanti.

Nella figura al lato possiamo osservare questo fenomeno.

Possiamo anche osservare che ad ognuna di queste componenti si oppone una forza ben specifica: alla trazione si oppone direttamente il nostro peso tramite i cavi di controllo, mentre alla spinta si oppone la resistenza aerodinamica.

Questo ci permette di capire che, quando la portanza è massima, l'aquilone accelera, perché la spinta è maggiore della resistenza, mentre man mano che ci avviciniamo al bordo della finestra rallenta, perché la spinta diminuisce e le forze tendono ad equilibrarsi.

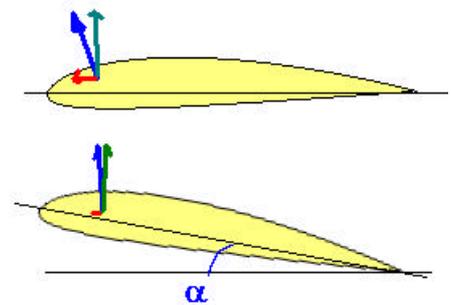
In tutto questo gioco di forze non abbiamo ancora inserito il peso dell'aquilone, che può essere determinante in condizioni di vento leggero, trascurabile in condizioni di vento più forte. È facile intuire che in una situazione in cui la vela ci trascina via, anche 2 kg di tessuto e cavi sono poca cosa contro i nostri 70 kg, ma quando teniamo i cavi con un dito, a anche 20 grammi possono far volare o meno il nostro aquilone.

Come possiamo vedere dalla figura al lato, l'entità della spinta, varia in funzione dell'angolo d'incidenza, ed è **proporzionalmente più grande tanto minore è l'angolo di incidenza**.

Questo vuol dire, che aumentando l'angolo, aumenta sì la portanza, ma si riduce la quota che partecipa al moto dell'aquilone. Che però non vuol dire che diminuisce in valore assoluto !

(Es. il 10% di una portanza di 100kg vale il doppio del 50% di una di 10kg)

Nel nostro caso le differenze sono molto più sottili, ed è su questo campo che si misura tutto il mondo dei costruttori.



Resistenza

Rimaniamo con il braccio fuori dal finestrino, oltre la spinta verso l'alto notiamo che dobbiamo fare un certo sforzo a mantenere il braccio orizzontale. Cioè la nostra mano incontra una certa resistenza all'avanzamento.

Anche qui abbiamo diversi motivi che dipendono dalle grandezze in gioco e con le quali dobbiamo confrontarci nel nostro progetto di aquilone.

Resistenza all'avanzamento

Il profilo deve fare uno sforzo per spostare le particelle d'aria sopra e sotto e passarci dentro, ovviamente l'energia necessaria per questo lavoro la prende a scapito della propulsione. Tanta più aria deve spostare, tanta più energia dovrà "sprecare", per cui la resistenza è direttamente proporzionale alla proiezione della vela nel senso del moto. Per fare un esempio pratico: proviamo a piantare qualche chiodo in un pezzo di legno, è facile

sperimentare che tanto più il chiodo è grande tanto più è difficile da infiggere.

Dopo questo semplice esperimento possiamo affermare che:

La resistenza è direttamente proporzionale allo spessore del profilo.

Notiamo, inoltre che la proiezione nel senso del moto aumenta all'aumentare dell'incidenza perciò **la resistenza è anche direttamente proporzionale all'angolo d'attacco.**

Quest'ultima affermazione è supportata anche dalla legge di Newton che abbiamo visto per la portanza: in realtà la spinta generata dalle particelle d'aria non è orientata direttamente verso l'alto, ma più o meno perpendicolare al piano incidente, se togliamo la componente utile di portanza, rimane una componente nella direzione del moto ma con verso contrario... resistenza.

E facile scoprire che la capacità di un profilo di penetrare nell'aria è determinata anche dalla sua forma, in particolar modo dalla forma della punta.

Proviamo a piantare un chiodo senza punta... rispetto ad uno affilato... la differenza si vede, eccome!

La resistenza è funzione del tipo di profilo, principalmente della forma della parte anteriore.

Attrito

Anche se ci sono teorie per cui esiste uno strato limite per cui l'attrito è aria - aria e non aria – superficie ecc... Ci basta sapere che esiste e che la rugosità della superficie e la natura del materiale in qualche modo influenzano il volo dell'ala e soprattutto la distribuzione delle velocità lungo il profilo.

I programmi di calcolo tengono in particolare considerazione lo spessore di questo strato limite (boundary layer) che, la fisica ci insegna, è strettamente legato alla pressione esercitata sul profilo.

In generale possiamo farci poco; i materiali di costruzione sono quelli che troviamo sul mercato, non possiamo inventare nulla di diverso.

Per contro, non ci metteremo ad analizzare numericamente le caratteristiche di un profilo, non è nello scopo di questo libro; sappiamo però che laddove la pressione è più alta avremo un attrito maggiore, e uno strato limite più sottile, e viceversa nelle zone di minore pressione. Per questo avremo cura di alcuni particolari nella costruzione.

Resistenze passive

Per resistenze passive intendiamo tutti quei fenomeni che, pur non rappresentando delle forze dirette contro l'avanzamento, tendono a diminuire la potenza utile a generata dall'ala.

Fino ad ora abbiamo considerato il flusso d'aria intorno all'ala come se fosse uniforme, liscio; che il nostro profilo fosse perfettamente rigido e infinito, cioè che gli stessi fenomeni fossero identici per tutta la larghezza dell'ala.

Inutile dire che sarebbe troppo facile.

Prima di tutto il flusso non è così perfettamente laminare, cioè non percorre tutto il profilo dalla punta alla coda, ma esiste un punto in cui questo si distacca generando vortici (V. fig. 4).

Per capire questo fenomeno ci aiuta Bernoulli: abbiamo visto che l'aria passando dal bordo di entrata e andando verso il bordo di uscita aumenta la propria velocità a scapito della pressione, trasferendo energia da una grandezza all'altra, poi rallenta recuperando pressione. Le osservazioni alla galleria del vento ci dicono che il processo è più "facile" all'andata, piuttosto che al ritorno, cioè la transizione può essere più repentina nel bordo d'ingresso; ed è per questo che i profili hanno il loro massimo spessore abbastanza avanti.

A questo punto si è scoperto che, se il recupero di pressione avviene troppo repentinamente, cioè si costringe il flusso a ripristinare la propria velocità senza avere il tempo di recuperare pressione, questo tende ad allungare il suo percorso in tutti i modi, nel nostro caso generando vortici, e quindi abbandonando il flusso laminare lungo la vela.

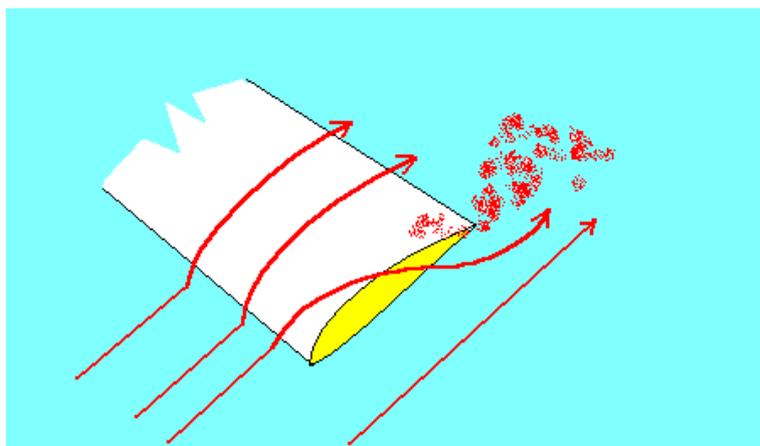
La variabile che regola questo fenomeno è ancora una volta la forma del profilo, ma questa volta è la parte che va dal punto di massimo spessore in poi. Per cui **data un certa velocità esistono profili che hanno punti di distacco differenti.**



Se noi avessimo considerato la depressione sull'estradosso, l'unica causa della portanza, questa situazione sembrerebbe favorevole, perché riusciremmo a mantenere bassa la pressione su di una porzione di profilo maggiore, in realtà i distacchi del flusso dal profilo generano una resistenza significativa, perché annullano, almeno parzialmente l'effetto Coanda (V. Figg.) che, dimensionalmente, è molto più grande.

Altri distacchi possono essere generati, o meglio, aiutati da qualsiasi discontinuità della superficie del profilo (cuciture, rinforzi, protuberanze..ecc). Per questo motivo, preferiremo mantenere i risvolti delle cuciture sull'intradosso.

Tip drag: con questo termine si definiscono le resistenze passive generate all'estremità dell'ala. A tutti ci è capitato di vedere durante una gara di Formula 1, soprattutto sotto la pioggia, che, ad alte velocità, appaiono due vortici alle estremità degli alettoni posteriori. Questo genere di vortice esiste sempre, soprattutto se l'ala finisce in modo tronco, non si vede, ma esiste.



I filetti fluidi che scorrono sull'ala sono costretti da questa a percorrere il percorso più lungo, non hanno scelta; per contro quelli che si trovano in prossimità della fine non hanno vincoli fisici e quindi tenteranno a tutti i costi, nel momento che hanno abbastanza energia, di scavalcare l'ala e ricongiungersi con il resto del flusso. A questo punto si genera una zona di turbolenza a valle delle estremità, la quale è tanto più intensa quanto maggiore è la velocità e quanto più è improvviso il passaggio tra il flusso che passa sull'ala e quello che procede indisturbato. La generazione di queste turbolenze sottrae anch'essa energia dal flusso.

Abbiamo stabilito un altro parametro importante: un'ala con le ali tronche offre maggiore resistenza di una con ali rastremate.

Stallo

Fino ad ora abbiamo capito che la nostra ala funziona grazie ad un flusso più o meno laminare che scorre sulle sue superfici; abbiamo visto che nonostante un certo grado di turbolenza il profilo funziona lo stesso. Abbiamo visto che aumentando velocità, spessore, incidenza aumentano in proporzione portanza e resistenza, vortici ecc... Per ottenere i nostri obiettivi possiamo stressare queste grandezze, le turbolenze aumenteranno, i distacchi saranno sempre più frequenti e interesseranno una parte più grande dell'ala fino al punto che tutti i filetti si distaccano è l'ala non porta più, la proporzione tra portanza e resistenza diminuisce drammaticamente a favore della resistenza e l'aquilone cade; questo punto si chiama stallo.

Tra l'altro per recuperare il volo normale, l'ala ha bisogno di condizioni decisamente migliori di quelle che hanno determinato lo stallo. (Lo sa bene un windsurfista quanta forza ci vuole per recuperare da uno spin-out)

L'esperienza ci insegna che ci sono alcuni profili che stallano più facilmente di altri, e ci sono altri, invece, che recuperano meglio.

Comunque sia, dobbiamo evitare a tutti i costi di arrivare a questa situazione, proprio perché riuscire a ripristinare le condizioni per il volo normale è spesso impossibile prima che l'aquilone sia caduto a terra.

Un'altra situazione di stallo, la più frequente, si manifesta al top della finestra, soprattutto con ali particolarmente veloci e pesanti come gli ibridi gonfiabili. Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, man mano che ci si avvicina al bordo della finestra, la spinta diminuisce e l'aquilone rallenta, questo perché la resistenza è maggiore della spinta (se fossero uguali, la vela si muoverebbe di moto uniforme); rallentando, diminuisce anche la resistenza, questo sistema dissipa energia finché si trova in una situazione di equilibrio ad aquilone fermo.

In questo gioco di forze conta molto anche il peso dell'aquilone, cioè la sua "inerzia", per semplificare le cose, diciamo che la differenza spinta-resistenza tende a frenare l'aquilone, ma deve essere abbastanza grande da farlo prima che questi abbia raggiunto lo zenith, altrimenti l'aquilone esce dalla finestra del vento, cioè da quella zona di cielo in cui è capace di volare, e cade.

Per ovviare a questo inconveniente, le strade sono tre:

- 1) alleggerire la vela, è ovvio che oltre un certo limite non si può andare;
- 2) (soluzione per vela facile) creare una vela un po' meno efficiente, tale che la resistenza sia sempre abbastanza alta da evitare che arrivi troppo veloce a bordo finestra e che l'azione frenante sia più efficace possibile;
- 3) (soluzione per vela ad alte prestazioni) spingere al massimo l'efficienza, il pilota si troverà poi ad agire manualmente, tramite opportuni dispositivi (freni, depower, ecc.) per frenare l'ala e mantenere una posizione neutra, alla minima distrazione... vela giù: solo per kiter esperti.

Conclusioni

Abbiamo visto che i fenomeni, che interessano un'ala investita da un fluido come l'aria, sono molteplici, i principi che ne regolano il funzionamento sono complessi e spesso contrastanti. La scelta dei parametri di progetto è il risultato di una serie di compromessi che non sempre sono di facile comprensione anzi, in molti casi l'esperienza ci dice che la soluzione più razionale non è quella migliore.

Già Leonardo da Vinci aveva capito che in fluidodinamica i calcoli non sono tutto: "Nel parlar de l'acque guarda prima all'esperienza e poi alla ragione". Anche oggi, nonostante i sistemi di calcolo abbiano raggiunto sofisticazioni incredibili, nessun computer è riuscito a sostituire del tutto la galleria del vento o la vasca navale.

Questo ci fa capire quanto sia importante, per noi poveri mortali che non possiamo permetterci una galleria del vento in casa, conoscere le esperienze di tutti coloro che operano e progettano aquiloni come noi. L'esperienza sul campo di centinaia di aquilonisti è più preziosa di qualsiasi programma di calcolo fosse anche il più potente e sofisticato del mondo.

Anche in Formula1 dove le risorse sono pressoché infinite, gli alettoni vengono calcolati, provati in galleria del vento, ricalcolati e studiati, ma nulla riesce a sostituire la prova in pista del collaudatore o del pilota. È così, non possiamo farci nulla, la natura non è così razionale.

È il risultato di tanti compromessi dove man mano che ci si evolve si favorisce l'uno o l'altro parametro, spesso fattori esterni ci aiutano, come materiali, allora possiamo modificare le cose e migliorare ancora. Non si parte mai da zero, si prende quanto già esiste, si modifica, si migliora; anche per questo motivo non esiste la vela migliore del mondo, esiste solo quella che più si adatta alle nostre esigenze, quella che va veloce anche se tira poco, perché ci piace così oppure che va lenta ma tira come un trattore perché ci piace in quest'altro modo.

Prima di affrontare un progetto occorre stabilire con cura le caratteristiche di volo.

Capitolo 3 – Caratteristiche aerodinamiche

Andiamo a definire ora quali sono le grandezze che caratterizzano il nostro aquilone e, confrontandole con lavoro che dovrà compiere e le condizioni in cui dovrà volare, capiremo quali saranno i compromessi a cui dovremo cedere per ottenere ciò che vogliamo.

Reynolds

In aerodinamica si guarda ai profili alari come a delle entità senza dimensioni assolute, cioè non si parla di un profilo lungo un metro e spesso 30 cm con coordinate X e Y espresse secondo una unità di misura fissa. L'unità di misura è la lunghezza della corda, tutto il resto è una percentuale di questa. Ciò vuol dire che i fenomeni che si manifestano intorno ad un'ala sono in qualche modo indipendenti dalle dimensioni a patto che si rendano compatibili con il calcolo anche le caratteristiche del fluido che interessa la nostra ala. A questo ci ha pensato un altro studioso: **Reynolds**, il quale ha inventato una formula che tiene conto della velocità, viscosità e massa del fluido, oltre alla dimensione del profilo; il risultato di questa formula è un numero adimensionale che ci permetterà di capire in quali condizioni il nostro profilo funziona meglio.

Il numero di Reynolds (**Re**) è direttamente proporzionale alla velocità del fluido, alla sua densità ed alla dimensione dell'ala, è invece inversamente proporzionale alla viscosità. Cioè tanto più è alto il numero Re tanto più critiche sono le condizioni a cui sottoponiamo il sistema: +velocità +massa - viscosità. Se ci imbattiamo in programmi di calcolo per i profili alari avremo spesso a che fare con questa grandezza.

Per avere un'idea dei valori che può assumere questo numero, per aquiloni normali varia da 200.000 a circa 1.000.000.

Profilo

È facile capire che il cuore del sistema è qui; portanza, resistenza, stallo, tutto dipende, o quasi, dal profilo che daremo alla vela. Nulla conta, in questa fase, come la scelta del giusto profilo.

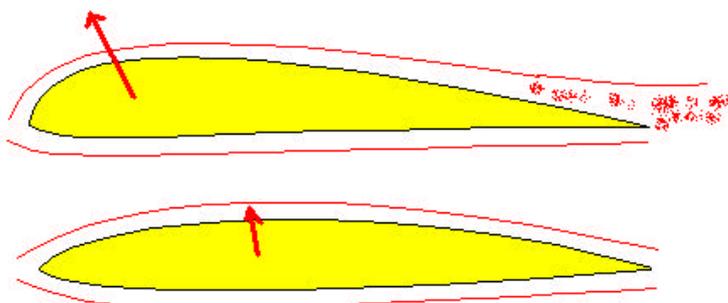
Vediamo ora quali sono le caratteristiche principali di un profilo alare ed in che modo condizioneranno le nostre scelte:

Spessore

Due sono le grandezza che lo caratterizzano: entità e posizione.

Abbiamo già visto che un profilo più spesso ha più portanza e più resistenza, abbiamo anche visto che tanto più brusca è la curvatura, tanto più è facile innescare distacchi di fluido. Come entità l'esperienza ci insegna che i profili adatti agli aquiloni sono abbastanza spessi, normalmente compresi tra il 15 ed il 20% della corda in funzione del fatto che vogliamo una vela più o meno veloce o potente.

Nella figura seguente possiamo osservare che la posizione del punto di massimo spessore influenza sia la direzione del vettore portanza sia il punto di distacco del fluido. Un profilo molto “avanti” è molto efficiente, mantiene una discreta potenza anche con angoli di incidenza minimi (bolina) per contro, è un profilo abbastanza critico e stalla più facilmente.



Perciò come criterio generale:

Vela veloce o grande (corda lunga): profilo più dolce.

Vela lenta o piccola (corda corta): profilo più efficiente.

Vela facile: profilo dolce.

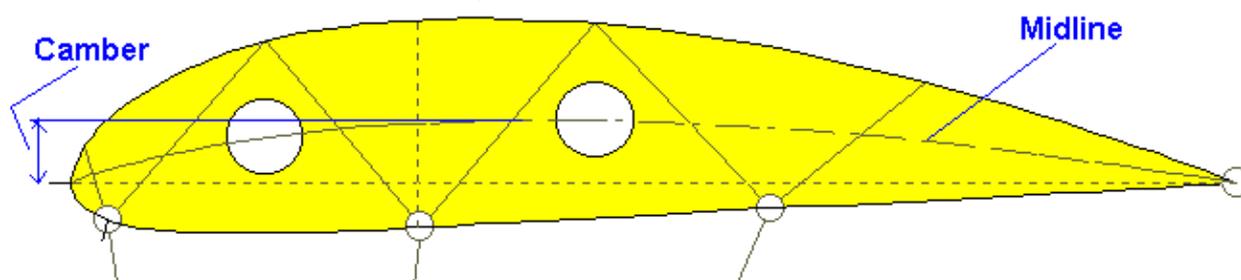
Normalmente, per le estremità delle ali, si usano profili più sottili e veloci. Questo perché data la ridotta estensione e l'inclinazione di questa porzione, il contributo di portanza è minimo mentre la resistenza è pari al resto, inoltre, a parità di condizioni, durante una curva, l'estremità percorre un percorso più lungo, quindi a maggiore velocità.

È il caso di notare, inoltre, che vele con profili più spessi sono anche più rigide, (maggiore momento d'inerzia delle superfici), ne possiamo tenere conto in fase di valutazione del numero di elementi longitudinali e della brigliatura

Curvatura (Camber)

Se uniamo tutti i punti mediani delle coordinate Y otteniamo una curva che sarà orientata verso la superficie a curvatura maggiore, e tanto meno sarà simmetrico il nostro profilo, tanto più questa curva sarà pronunciata.

In generale questa curva da sola ci dà meglio l'idea di quanto sia “spinto” un determinato profilo piuttosto che guardandone l'outline.



Con questa linea abbiamo un'idea di quanto il flusso viene deviato verso il basso, cioè quanto funziona, per questo profilo, l'effetto Coanda.

Possiamo considerarlo come un indice di dissimmetria del profilo.

Il punto di massima distanza dall'asse X ci dà l'entità della curvatura, chiamata più comunemente camber.

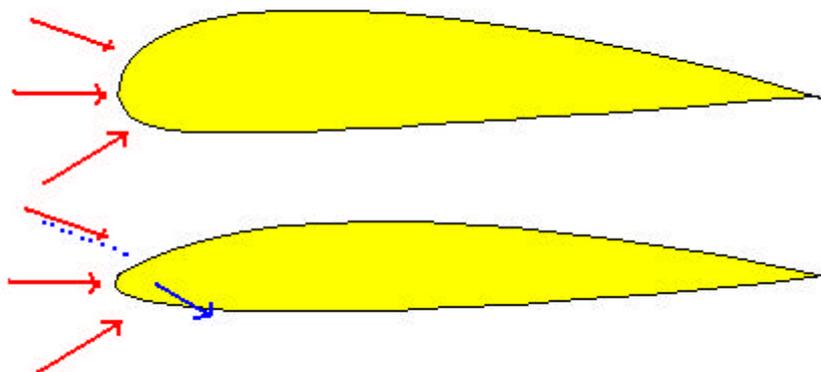
Maggiore è il camber, più un profilo è cosiddetto "portante", cioè è capace di sviluppare portanza a pari condizioni.

La posizione del punto di massima curvatura, a grandi linee ci dice quanto il profilo è boliniero, cioè: entro certi limiti, un camber avanzato è sinonimo di una vela che risale meglio il vento.

Per contro curvature esagerate, o troppo "avanti" rendono il profilo meno stabile, quindi più propenso a distacchi del fluido e, in ultima analisi allo stallo.

Bordo d'entrata (Leading edge)

Il bordo d'entrata è, appunto, la parte anteriore del profilo. Come abbiamo già visto, il bordo "appuntito" permette di ridurre sensibilmente la resistenza all'avanzamento. Per contro ha il difetto di essere molto instabile, anche una minima variazione dell'angolo di incidenza tende a rovinare gli equilibri aerodinamici in questa zona.



Un profilo dal naso arrotondato, invece, al cambiare dell'angolo, mostra una forma più o meno uguale, quindi anche in condizioni particolarmente rafficate mantiene un comportamento più o meno uniforme. Soprattutto non collassa improvvisamente a bordo finestra, come accade, invece, con vele particolarmente performanti.

Bordo d'uscita (Trailing edge)

Il bordo d'uscita determina, in massima parte, la posizione del centro di spinta (Center of Lift - CoL). Il centro di spinta è il punto ideale dove si applicano tutte le forze aerodinamiche che agiscono sul profilo. È molto importante conoscerne la posizione, perché ci permetterà di centrare perfettamente le briglie del nostro aquilone; dato che queste determinano la posizione del baricentro (Center of Gravity - CoG).

Se noi consideriamo il peso dell'aquilone trascurabile rispetto al nostro, è facile capire che il baricentro del sistema siamo noi, e che la forza di gravità, il vincolo, corre lungo la direzione dei cavi.

Il disallineamento tra CoL e CoG crea un momento (leva) la cui forza è pari alla componente verticale della portanza ed il braccio è pari al disallineamento stesso.

L'interazione tra CoG e CoL determina l'assetto dell'ala, che può essere: **cabrato**, se tende a tirare su il naso, **picchiato** se, viceversa, tende a tirarlo giù; **neutro** se perfettamente centrato. In realtà dipende dalle forze che agiscono sulla coda (V. Coanda) che la spingono verso l'alto o viceversa.

La posizione del centro di spinta per un profilo "normale" è, generalmente dietro al 25% della corda; un po' più avanti del punto di massimo camber.

Ci sono profili, però che hanno il CoL molto più avanti, come i Flexifoil, tanto che si tengono con una briglia sola sulla punta.

Andiamo ora ad analizzare le diverse possibilità che ci si presentano:

Profili convessi: dato che per questi profili l'effetto Coanda è limitato, presentano grafici più lineari al variare dei parametri di volo (Re, AoA ecc.)

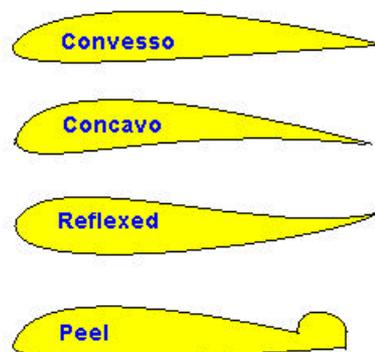
Profili concavi: questo genere di ali ha invece un effetto picchiante molto accentuato, essendo particolarmente portanti. Data la loro struttura sottile, necessitano di un adeguato supporto nella parte poppiera, questo effetto tende ad aumentare con l'incidenza e la velocità del fluido.

Se vogliamo usare un profilo convesso o, comunque, con un'asimmetria verticale molto pronunciata, è opportuno mantenere il bordo d'entrata piuttosto arrotondato, data la tendenza di questi profili ad abbassare il naso e collassare sotto la spinta del vento.

In genere, però su ali a profilo completo (foil) non si usano profili particolarmente concavi, data la loro scarsa rigidità strutturale, in genere si aumenta il camber agendo solo sul profilo dell'estradosso.

Profili compensati o inversi (rispettivamente **Reflexed** e **Reversed**): al fine di creare un'ala particolarmente stabile sono stati inventati questi profili con la coda all'insù. Qui l'effetto propulsivo dovuto alla curvatura è stato usato al rovescio, cioè per cabrare leggermente l'ala. La caratteristica fondamentale di questo effetto è che la variazione è tanto più accentuata quanto più ci si discosta da un angolo di attacco d'equilibrio. Per cui anche in caso di disturbi nella direzione del flusso, questo tipo di profili tendono a ritornare automaticamente ad un assetto neutrale, per questo sono chiamati anche autostabilizzanti.

L'esempio più evidente si ha con il profilo del "Peel" (Pat. Peter Lynn kites) dove il bordo d'uscita ha un vero e proprio rigonfiamento, per cui se l'ala dovesse raggiungere un AoA troppo piccolo, la resistenza indotta tende

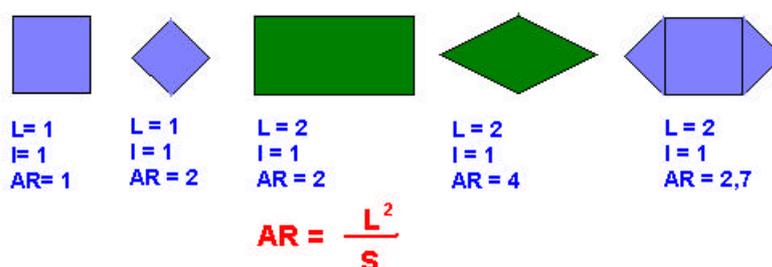


automaticamente a portare la coda verso il basso e quindi a ristabilire la condizione d'equilibrio.

Questo genere di profili, in genere, non soffre dei problemi di stallo al top della finestra.

Rapporto d'allungamento (Aspect Ratio)

Si chiama anche rapporto di forma. È un numero che esprime quanto una vela è più larga che lunga. In effetti ci sono scuole di pensiero differenti per cui l'AR è solo il rapporto tra larghezza e lunghezza L/l, in realtà ciò è valido solo per vele rettangolari. L'esperienza ci insegna che a parità di dimensioni, vele con forme diverse (ellissoidali, romboidali, triangolari..), hanno comportamenti diversi. La formula che meglio rappresenta questa grandezza è L^2/S , dove L è la larghezza e S è la superficie dell'aquilone, notiamo appunto che per vele rettangolari equivale a L/l.



Nella figura di sopra possiamo vedere che nonostante abbiano misure uguali, due ali di forma diversa hanno AR diversi, soprattutto conta l'orientamento della forma rispetto alla direzione del moto.

A parità di superficie una vela più allungata utilizza un profilo più corto, che vuol dire numeri di Reynolds più piccoli, e quindi minore resistenza e maggiore velocità, che in certi casi si traduce anche in maggiore portanza, o comunque, in un migliore rapporto portanza/resistenza. Questo effetto è tanto più sensibile quanto più il Re di progetto è piccolo; cioè portare il Re da 4.000.000 a 3.000.000 non cambia molto ma portarlo da 40.000 a 30.000 cambia moltissimo. **Cioè i maggiori benefici di un alto AR si hanno con venti deboli.**

Per contro spingere verso ali molto allungate comporta diversi problemi:

- 1) da un punto di vista strettamente meccanico l'ala è meno rigida, cioè mantiene la sua forma con difficoltà. È quasi banale sperimentarlo: per esempio prendiamo una tavoletta di legno alta 1 cm e ritagliamone un pezzetto 10x10, poi dalla stessa ne ritagliamo un altro 100x1, la superficie è la stessa, anche la quantità di materiale è la stessa, solo che la prima riusciremo a fletterla con le nostre mani, forse, di un mm l'altra di almeno 20cm.
- 2) Noi ragioniamo sempre in condizioni di flusso ideali, ma sappiamo benissimo che la realtà è ben diversa. Il vento non è un elemento a velocità e direzione costante anzi, queste fluttuazioni avvengono in ambiti spaziali definiti, insomma... ci sono le raffiche! Allora tanto più allarghiamo la nostra ala, tanto più aumentiamo la possibilità che una estremità si trovi

a volare in condizioni diverse dall'altra, inducendo la vela a compiere una curva. Con la larghezza aumentano anche le leve con cui queste forze disturbano il volo rettilineo, peggiorando la situazione. Per questo si dice che **una vela ad alto AR è più nervosa**.

- 3) È più nervosa anche in virtù del fatto che durante una curva la semiala esterna, percorrendo un percorso più lungo, genera più portanza, cosa che costringe ad applicare più forza al cavo esterno. Un aquilonista inesperto è indotto ad esagerare, quindi avrà più difficoltà a mantenere un volo "regolare".
- 4) La vela più efficiente accelera molto più bruscamente di quanto non faccia una con più basso AR, quindi, in certe condizioni può essere difficile prevederne il comportamento ed agire di conseguenza. Solo un aquilonista esperto riesce a capire in anticipo cosa sta per succedere e modulare esattamente la forza da applicare sui singoli comandi.
- 5) Infine, una vela più larga ha bisogno di più spazio per girare, per cui soprattutto con vele grandi è meglio non abusare in questa dimensione, a patto, comunque, di allungare conseguentemente i cavi di controllo.

Angolo d'attacco (Angle of Attack – AoA)

Parlando della legge di Newton abbiamo visto che, per poter volare, un'ala deve incontrare il flusso d'aria con un angolo compreso tra 0 e 90 gradi, con un massimo di portanza intorno ai 45 gradi; poi ci siamo accorti, che per fare sì che questo si muova verso avanti, è necessario che quest'angolo sia molto piccolo, quasi negativo...

Se però facciamo volare un aquilone, noteremo che quando passa al centro della finestra del vento forma, con il vento un angolo di circa 90 gradi e non solo continua a volare anche se non dovrebbe, ma è proprio quella la posizione di massima potenza.... Ummm ?! Che c'è che non va?...

Fino ad ora non ho mai parlato direttamente di vento, ma di flusso, in realtà l'aquilone incontra la risultante tra il vento reale e quello generato dal proprio movimento. Proprio come il nostro famoso braccio quando esce dal finestrino della macchina per fare l'esperimento della portanza. In assenza di vento al nostra mano viene investita da un flusso di aria che va alla stessa velocità della macchina, in realtà è il braccio che si muove.

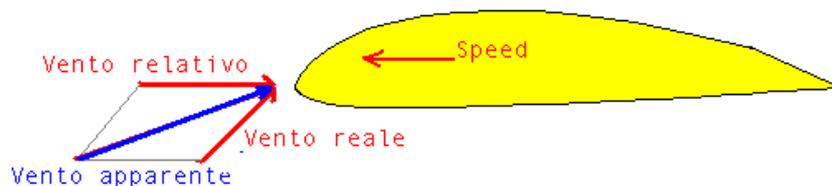
Come regola generale definiremo:

Vento reale: il vento che spira al suolo e che possiamo facilmente misurare con un anemometro.

Vento relativo: il vento che investe l'aquilone per il solo fatto che questi si muove nell'aria, direzione e l'intensità sono uguali al vettore velocità, ma di verso opposto. È facile sperimentarlo, basta fare un passeggiata in bicicletta in un giorno senza vento: e lo stesso vento che ci arriva direttamente in faccia.

Vento apparente: è la risultante dei vettori sopra descritti, ed è quello che si può misurare mettendo uno strumento direttamente sulla vela. È il vento che

incontriamo correndo in una giornata ventosa, possiamo osservare che ci viene da una direzione più frontale rispetto a quando stiamo fermi.



Le caratteristiche del flusso che investirà il nostro aquilone sono proprio dettate dal vettore del vento apparente.

Spesso alcuni aquiloni, soprattutto se ad alte prestazioni, stentano a decollare di poppa, proprio perché l'incidenza con il vento reale (l'unico al decollo) è troppo alta, mantenendo comunque un'ottima trazione anche nei passaggi radenti.

Come possiamo facilmente intuire il vento apparente varia sensibilmente sia d'intensità che direzione al variare della posizione del kite nella finestra del vento, sia dalla capacità di quest'ultimo di accelerare sotto la spinta del vento reale.

Nel linguaggio comune la definizione di angolo d'attacco non è sempre chiara ed in genere si riferisce all'incidenza del profilo rispetto alla direzione del moto, per questo raramente ci si riferisce in termini assoluti.

Comunque, vediamo le definizioni più comuni:

In termini di calcolo aerodinamico puro, e quindi quando vogliamo vedere gli effetti del flusso sul profilo (flusso laminare, distribuzione delle pressioni, ecc.) definiremo l'AoA come l'angolo tra il piano orizzontale (di calcolo) del profilo e il flusso dell'aria (vento apparente); comunque per evitare confusioni parleremo sempre solo di incidenza con il flusso.

In termini strutturali, cioè in ambito di progettazione vera e propria, sarà l'angolo tra il piano perpendicolare alla direzione di cavi ed il piano di calcolo dei profili; o meglio, tra la direzione del moto e la direzione dell'asse X del profilo preso in considerazione.

Forma dell'ala

Se ci è capitato di veder volare un foil o un parapendio, avremo sicuramente notato che la proiezione frontale ha una curvatura più o meno accentuata (Canopy curve).

Questa curvatura serve a dare stabilità direzionale al nostro aquilone.

Quando la vela percorre una curva, o viene investita da una raffica, acquista una certa inerzia, non solo nel senso del moto, ma anche perpendicolarmente ad esso, nel senso della curva. Una vela totalmente piatta reagisce passivamente a questa accelerazione, traslando lateralmente nella finestra del vento. Pensiamo ad un'automobile sul ghiaccio con le gomme lisce, finché la strada è dritta va tutto bene (o quasi), ma come tentiamo di impostare una curva...

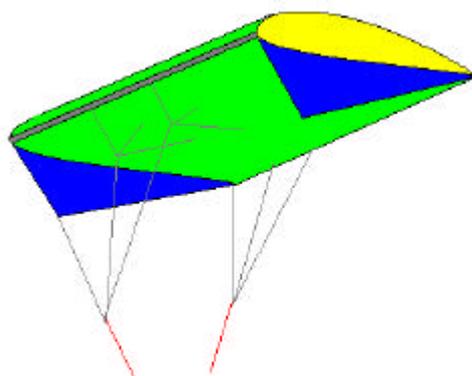
Questi movimenti rendono particolarmente difficile ed imprevedibile il controllo, in quanto l'aquilone può facilmente “scivolare” in una zona indesiderata della finestra. Per ovviare a questo inconveniente bisogna creare una sorta di binario aerodinamico, un sistema che garantisca una certa tenuta laterale.

Come per l'automobile, in cui la tenuta di strada è garantita dalla resistenza che offrono i pneumatici ai movimenti laterali, nell'aquilone la stabilità direzionale è garantita dalle superfici verticali che offrono resistenza al movimento di deriva.

La superficie proiettata lateralmente ci può fornire un'indicazione comparativa sulla stabilità direzionale di una vela rispetto ad un'altra; in senso assoluto è difficile misurare queste cose, in quanto non dipende da una sola grandezza, ma dall'interazione di diversi fattori: profilo, incidenza ecc...

La curvatura delle superfici non è l'unico modo di mantenere una buona stabilità direzionale, in aquiloni più semplici si può ovviare con delle vere e proprie superfici verticali (derive - winglets).

Nella figura a fianco è schematizzato il sistema più semplice, e composto da un semplice triangolo o trapezio di tela che sostituisce le briglie all'estremità dei un aquilone piano, ovviamente esistono sistemi più complessi ed efficienti, come alcune appendici aerodinamiche gonfiabili, ma sicuramente aumentano la difficoltà del progetto, piuttosto che semplificarla.



Velocità

Fino ad ora abbiamo considerato la velocità dell'aquilone come una conseguenza di alcune scelte progettuali e non come un vero e proprio parametro di riferimento. Non è sempre così.

Non sempre una vela veloce è la vela ideale, anzi, in determinate situazioni può essere controproducente; tutto dipende dalla sua destinazione d'uso.

Certo è che una vela veloce è più difficile da manovrare di una più lenta, soprattutto per dei principianti.

Ma vediamo in dettaglio quando e perché dobbiamo riflettere su questo aspetto:

Da fermo/body dragging: è il modo più semplice di utilizzare un aquilone da trazione, in genere sulla spiaggia o in acqua si manovra l'aquilone e se c'è abbastanza vento ci si fa trascinare.

In questo caso la velocità non è molto importante, l'unico parametro da considerare è la nostra abilità di manovra; normalmente, quando ci si è abituati, una vela veloce è più

divertente ma può essere rischioso far provare l'emozione ad un amico principiante (si salvi chi può!).

Jumping: è il passo successivo, corri da una parte, l'aquilone dall'altra e via, quanto più in alto si può!

Anche qui la velocità non è importante, contano molto di più altri fattori come la stabilità, il recupero dallo stallo ecc..

Kitesurf: questo è il caso in cui una vela troppo veloce può dare noia, e vediamo perché: per avere una trazione costante, il surfista deve mantenere il più possibile l'ala al centro della finestra, e per fare ciò senza agire troppo sui comandi ha bisogno che questa si muova più o meno alla sua velocità. Considerando che, indipendentemente dal vento, un kitesurfer difficilmente supera i 20-25 nodi, in questo caso, possiamo dedicare i nostri sforzi a migliorare la potenza e la manovrabilità.

Per queste vele prediligeremo profili piuttosto "grassi", con il bordo d'entrata molto arrotondato ed un angolo d'attacco importante, soprattutto alle estremità; un AR non troppo spinto e una curvatura abbastanza pronunciata. Queste regole valgono a meno di fare vele molto grandi per vento leggerissimo, allora la cosa cambia, perché, per far planare il nostro surfista, dovremo andare ben più veloci del vento reale ed allora questo sarà il nostro progetto più difficile.

Buggy: Correre con i buggy è un'esperienza emozionante, perché a differenza degli altri sport, l'attrito con il terreno è minimo e si possono raggiungere velocità ragguardevoli, soprattutto su superfici particolarmente lisce e dure come il ghiaccio.

Nella maggior parte dei casi, a meno delle bufere, si viaggerà a velocità superiori o prossime a quella del vento reale, allora il nostro target sarà correre il più possibile, cercando di preferire la spinta alla trazione, questo ci permetterà di risalire meglio il vento, e non essere catapultati fuori dal sellino alla prima raffica.

L/D Ratio

Analizzando il profilo di un'ala abbiamo visto che, variando i parametri di forma e di incidenza, cambiano anche portanza e resistenza. Chiameremo queste due forze con il loro nome inglese: rispettivamente **Lift** e **Drag**.

Abbiamo visto che, in genere, facendone aumentare una, inevitabilmente aumenta anche l'altra; abbiamo visto però che le leggi che ne regolano il funzionamento sono diverse e, soprattutto, non sono lineari.

Per cui avremo che, al variare di questi parametri, la proporzione tra Portanza e Resistenza sarà diversa, cioè l'efficienza del profilo sarà diversa e la chiameremo appunto **Lift to Drag Ratio (L/D)**.

Tanto più grande sarà il nostro L/D tanto minore sarà l'energia "sprecata" (Drag) per una data portanza (Lift).

Aquiloni da trazione – Disegnarli e farli volare

Dato per scontato che il rapporto L/D reale lo scopriremo solo dopo aver provato in campo il nostro prototipo, andiamo a vedere dove e come intervenire sul nostro progetto per mantenere alta l'efficienza dell'ala.

In realtà diremo che la resistenza globale dell'aquilone può essere scomposta in due: la resistenza propria del profilo **D** e la somma delle resistenze indotte da tutto il resto **d** (forma dell'ala, briglie, alettoni...), quindi la nostra formula diventa **L/(D+d)**.

L e **D** sono in qualche modo calcolabili, **d** invece no; però sapendo da cosa dipende, possiamo in qualche misura ridurla, non sappiamo di quanto in valore assoluto, ma sicuramente di più o di meno che se facessimo scelte diverse.

Consideriamo pure che, come regola generale, più aumentiamo la resistenza, in valore assoluto, minore sarà la velocità di punta dell'aquilone, indipendentemente dalla portanza.

La tabella di seguito riassume alcune delle considerazioni già fatte nei vari paragrafi che precedono; la tabella che segue si legge in questo modo:

All'aumentare di <Parametro>, aumenta (+) o diminuisce (-) L, D o d.

Parametro	L	D	d	Note
Spessore profilo	+	+		I programmi di calcolo ci forniscono un grafico di L/D per un determinato profilo a un determinato Re, in funzione di AoA
Camber	+	+/-		Aumentando il camber a parità di spessore, non necessariamente aumenta la resistenza, ma il profilo diventa più critico.
AoA	+	+		Vale quanto detto per lo spessore.
Briglie			+	Diminuire il numero di briglie oltre un certo limite può comportare distorsioni della vela che ne compromettono l'efficienza.
Estremità rastremate			-	Si riducono i vortici un punta d'ala.
AR	+	-	-	Normalmente aumentare l'AR migliora le caratteristiche dell'ala, ma non è una regola fissa.

Inutile dire che **d** è inversamente proporzionale a quanto accurata sarà la costruzione del nostro aquilone.

Capitolo 4 – Disegnare il primo aquilone

Premessa

Grazie al genio di Peter Thomas, oggi è difficile pensare di progettare una vela da trazione senza l'ausilio di Foilmaker, per quanto possibile mi sforzerò di limitare i riferimenti diretti al programma, rimandando al manuale specifico la spiegazione dei parametri, finestre ecc.

È possibile disegnare una vela anche con un programma di CAD tridimensionale, ma richiede una notevole padronanza del mezzo, comunque ognuno è libero di fare come vuole, come si trova meglio.

Comunque mi limiterò ad aquiloni di tipo foil perché mi consentono una trattazione completa di tutti gli argomenti, e perché, nonostante siano più difficili da costruire, garantiscono risultati più sicuri e prevedibili.

Nel capitolo precedente, abbiamo visto quali sono le gli elementi che caratterizzano questo tipo di aquiloni e in che modo ne influenzano il volo. Ora dobbiamo cominciare a mettere in pratica tutto quello che abbiamo imparato fino ad ora.

Determinare le caratteristiche principali

È arrivato il momento delle decisioni importanti; anche nel caso volessimo comprarne uno già fatto, o utilizzare il progetto di qualcun altro, è fondamentale capire cosa vogliamo.

Dimensioni

È il nostro primo aquilone, dobbiamo considerarlo a tutti gli effetti un prototipo, un esperimento, per cui facciamo abbastanza piccolo e limitiamo i danni in caso di fallimento totale (non succederà, ma entriamo nell'ordine di idee che possa succedere, è importante).

Facciamolo però abbastanza grande affinché, una volta finito, ci dia grandi soddisfazioni e le esperienze siano poi portabili su vele di altre dimensioni: **superficie circa 3 m²**; per cui serviranno circa 8-9 m² di tela

Deve essere abbastanza facile, per cui non eccederemo con l'AR, almeno in questa prima esperienza: **AR max 3,5**.

Con una formuletta facile facile, sappiamo, all'incirca, quanto sarà largo il nostro kite:

$$L = \sqrt{S * AR} = \sqrt{3m^2 * 3,5} = 3,2m$$

Non esageriamo con il numero di celle, altrimenti sarà pesante e difficile da cucire, 18-20 sono più che abbastanza, per questa misura.

Per vele più grandi, ne servirà un numero maggiore; come regola empirica, la larghezza delle celle non dovrà mai superare lo spessore del profilo. Per questo motivo si preferisce usare una spaziatura proporzionale alla corda, e di conseguenza allo spessore del profilo.

Prestazioni

La vela dovrà essere facile, e abbastanza potente, vogliamo giocarci, non farci le gare, dobbiamo imparare a regolare le briglie, a farci trascinare sulla spiaggia, abbozzare qualche salto, magari servirà a convincere un nostro amico ad avvicinarsi a questo meraviglioso sport.

Sceglieremo un profilo collaudato, di spessore importante, con un massimo non troppo avanti e con la punta abbastanza arrotondata.

Manterremo un AoA mediamente alto, soprattutto verso le punte, così eviteremo che stalli allo zenit.

Lo utilizzeremo principalmente da fermi, ne per fare buggy tantomeno per fare kitesurf, perciò non daremo particolare importanza alla velocità.

Sarà a due cavi; possiamo tenerci in tasca l'opzione per trasformarlo a quattro, non è poi la fine del mondo.

La scelta del profilo

È la cosa più difficile; da questa scelta dipende circa la metà della riuscita del nostro progetto.

Qui, piccole modifiche fanno la differenza tra un'ottima vela ed una mediocre. Finché non sappiamo esattamente come modificarne i punti, affidiamoci ad un profilo collaudato, a quanto si usa normalmente tra i costruttori che conosciamo e che sappiamo che funziona.

Nella Rete si trovano facilmente le coordinate di un numero infinito di profili aerodinamici, per gli usi più disparati dagli aeromodelli, agli alettoni dei missili cruise, in genere sono rappresentate da un file di testo dove sono elencate le coordinate dei punti principali.

Esistono diversi formati la cui differenza è, di solito, il modo in cui sono ordinate le coppie di valori X e Y; esistono comunque dei semplici programmi di conversione da un formato all'altro.

Tutti i formati, comunque, prevedono coordinate in valore relativo con 4-6 cifre significative, cioè hanno valori compresi tra 0 e 1 e sono relativi alla lunghezza della corda.

Per esempio: la coordinata 0,2300 0,0100 vuol dire che presa un ala di un metro di lunghezza il suo profilo a 230 mm dalla punta misura 10 mm al disopra dell'asse X.

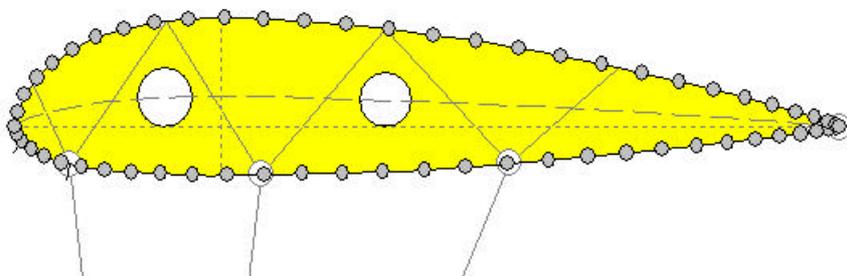
Foilmaker ci propone un archivio di oltre 1200 profili; più o meno tutti quelli raccolti nel sito della ["Università dell'Illinois - Urbana Champaign"](http://amber.aae.uiuc.edu/~m-selig/ads.html) (<http://amber.aae.uiuc.edu/~m-selig/ads.html>). La maggior parte di questi non sono utili ai nostri scopi, esiste anche una lista ristretta messa a punto da Chris Brent il cui sito è oggi fuori uso.

Per quanto riguarda l'analisi dei profili, in appendice 1 troviamo un elenco di siti che potranno aiutarci in questa direzione, sia con spiegazioni più dettagliate di quanto non possa fare io, sia con il software necessario a fare questo genere di calcoli.

Prendiamo per questo nostro progetto il profilo **PW103** che ci permette di progettare un aquilone abbastanza facile da condurre, con accelerazioni dolci, mantenendo allo stesso tempo ottime doti di performance.

Il profilo apparirà come in figura.

Il suo spessore massimo di progetto è intorno al 17% della corda, ma si può aumentare fino a circa il 18,5%; per spessori maggiori



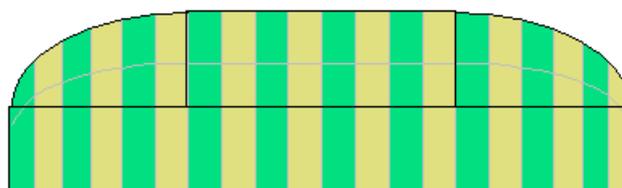
è meglio cambiare profilo, oppure spostare leggermente indietro il punto di massimo spessore. (Sconsiglierei caldamente queste operazioni al primo progetto!).

Abbiamo visto, nel capitolo precedente, che per ridurre le resistenze passive è meglio avere ali rastremate, siamo davanti alla scelta, se mettere o meno un profilo di chiusura all'estremità dell'ala. Questa scelta dipende molto dalla forma dell'ala e dallo spessore dei profili più esterni, a meno che non si costruisca un'ala pressoché rettangolare e con profili esterni spessi, è meglio chiudere senza profilo, cioè cucendo direttamente estradosso e intradosso, lungo la linea di contorno.

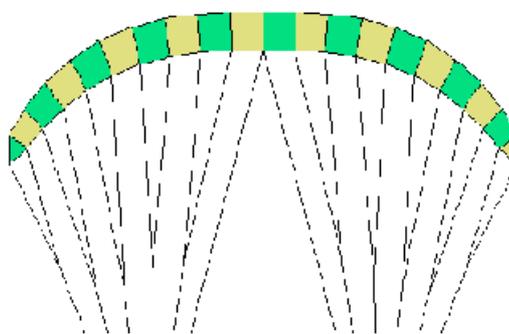
Questa scelta ci avvantaggerà notevolmente anche in fase di costruzione, nella fase cruciale di chiusura della vela; ne parleremo più dettagliatamente nel capitolo sulla costruzione.

Forma della vela (Outline & Canopy curve)

Parliamo prima di tutto della vista in pianta (Outline): se vogliamo semplificare al massimo le cose possiamo fare una vela rettangolare, sarà più facile da cucire, sicuramente perderemo in performance, ma in un paio di pomeriggi avremo la nostra vela.



Se non possiamo usare strumenti di calcolo e disegno sofisticati, è una scelta quasi obbligata, disegniamo un unico profilo, lo ritagliamo N volte, poi ci cuciamo sopra due rettangoli ed il gioco è fatto; in fin dei conti si facevano così fino a qualche anno fa.



Possiamo però andare avanti senza tanti sforzi, basta avere gli strumenti adatti; possiamo rastremare le ali, in modo di ridurre al minimo le resistenze

passive, possiamo fare i bordi curvi in modo da evitare variazioni troppo brusche che possono indurre vortici o distacchi in situazioni critiche.

Le ultime mode in fatto di outline nel parapendio sono per un bordo di uscita pressoché rettilineo ed una rastrematura piuttosto pronunciata; questo per ottenere il massimo dall'utilizzo dei freni, in applicazioni a quattro cavi.

Noi possiamo seguire queste indicazioni oppure essere più creativi, non ci sono regole d'oro. L'unica attenzione che dovremmo avere, sempre perché è il primo aquilone, è di non arrivare all'estremità con profili troppo piccoli, perché poi sarebbero difficili da cucire, soprattutto se utilizziamo una spaziatura tra le celle proporzionale alla corda.

Per quanto riguarda la curvatura (Canopy curve) sappiamo che tanto più è pronunciata, tanto più il nostro aquilone avrà stabilità direzionale e sarà rigido. Per un aquilone totalmente brigliato non è necessario esagerare: una proiezione trasversale del 10-15% della superficie dell'ala è già una misura importante; ricordiamoci che aumentando la curvatura diminuisce la superficie utile alla trazione.

È preferibile mantenere una curva uniforme (arco di ellisse) piuttosto che avere un centro piatto ed estremità molto curve, nonostante possa sembrare una soluzione più efficiente, va gestita con un'attenta scelta dei profili.

Briglie

Abbiamo appena visto che, oltre a trasferire la trazione dalla superficie dell'aquilone ai cavi di controllo, e viceversa i comandi, le briglie concorrono in maniera significativa al mantenimento della forma generale della vela.

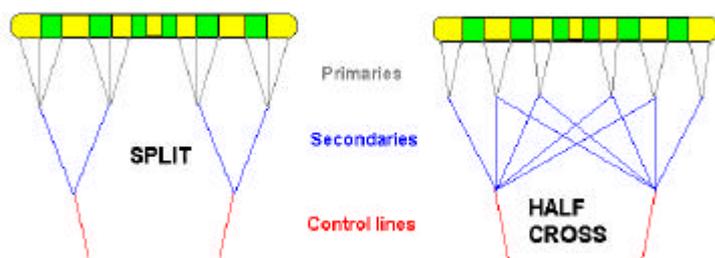
Primarie e secondarie

Normalmente, per questo tipo di aquiloni, si utilizzano due ordini di briglie, appunto: primarie e secondarie.

Le briglie primarie sono quelle direttamente agganciate all'intradosso, sono, di solito tre o quattro, legate agli appositi rinforzi cuciti sul profilo, e riunite in un punto (Primary Tow Point – **PTP**).

Ad ogni PTP corrisponde almeno una briglia secondaria che va a riunirsi nel punto di attacco dei cavi di comando (Secondary Tow Point – **STP**)

Le briglie, primarie e secondarie, possono essere organizzate secondo diverse configurazioni, le più usate sono due: **Split** e **Half Cross**.



La configurazione Split prevede che tutti i PTP di una semiala siano collegati ad un unico punto di trazione tramite le briglie secondarie.

Nella configurazione Half Cross invece, i PTP centrali sono collegati ad entrambi i cavi di controllo tramite due diverse briglie secondarie.

Queste di sopra sono le configurazioni più diffuse, oltre che facilmente calcolabili tramite Foilmaker.

Sicuramente esistono anche soluzioni alternative, miste o con diversi ordini di brigliatura, alcuni costruttori prevedono anche l'utilizzo di briglie mobili che cambiano la loro lunghezza in funzione della trazione esercitata sui cavi di controllo; interessante, ma ormai superato, il sistema utilizzato sullo Sputnik (Cfr. Stunt Kites II), nel quale le briglie secondarie sono sostituite da un unico cordino disposto secondo un arco di parabola.

Entrambi le configurazioni proposte comportano vantaggi e svantaggi:

Split: Pro - minor numero di briglie e quindi minor resistenza indotta e minor costo del materiale, maggiore sicurezza (lasciando un cavo la vela si distende al vento); contro – minore stabilità dimensionale e perdita di potenza nelle curve.

Half-Cross: Pro – maggiore stabilità e maggior potenza nelle curve; contro – maggior numero di briglie, minore sicurezza.

Freni

Nell'utilizzo a tre o quattro cavi, solitamente, le briglie collegate al bordo di uscita del profilo sono riunite in uno o due cavi di comando distinti.

Questi cavi permettono di piegare, verso il basso, l'ultimo quarto dei profili, creando una sorta di alettone mobile, permettendo un controllo più sofisticato dell'ala.

Tirando opportunamente i freni, è possibile rallentare la vela fino a farla fermare in un punto qualsiasi della finestra del vento (3-4 cavi); in alcuni casi, è possibile mandare l'aquilone anche a marcia indietro, anche se mantenere il moto rettilineo è da veri esperti.

Inoltre tirandone uno solo (4 cavi) è possibile effettuare delle curve senza distorcere eccessivamente la vela, e quindi, senza perdere potenza.

La soluzione a tre cavi è spesso usata se per comandare l'aquilone si utilizza una barra di controllo, in questo caso il cavo centrale viene utilizzato come una sorta di depower, oltre che come cavo di sicurezza, in quanto lasciando la barra, l'aquilone, senza supporto, si dispone come una bandiera agganciata per il suo bordo d'uscita.

L'utilizzo dei freni è praticamente tassativo se si costruiscono aquiloni ad alta performance, soprattutto se usati ai limiti di vento previsti per la loro taglia.

Lunghezza

Va da se che tanto più lunghe sono le briglie, tanto più materiale dovremo utilizzare (ca. 40 - 50 cm in più per ogni cm di distanza in più dall'aquilone).

Inoltre, aumentare la brigliatura, significa aumentare la resistenza totale all'avanzamento.

Per contro, accorciare oltre un certo limite comporta degli effetti collaterali non trascurabili: primo fra tutti, la possibilità che si creino delle pieghe sul tessuto e l'aquilone non riesca a mantenere la forma.

Addentriamoci nello specifico e cerchiamo di capire perché: prendiamo una parte del nostro aquilone, compresa tra due sole briglie; la forza di trazione **G** che abbiamo visto agire lungo il cavo di comando, si divide in due componenti lungo le direttrici delle briglie; chiameremo queste due componenti rispettivamente **G1** e **G2**. Con qualche semplice calcolo trigonometrico possiamo notare che l'intensità di queste due componenti, per angoli **a** maggiori di 60° , è addirittura più grande della stessa forza **G**.

L'azione di queste forze è equilibrata sull'asse verticale dalla portanza che agisce in quella zona, mentre le componenti orizzontali (**T1** e **T2**) sono equilibrate dalla pressione interna alla cella (**P**).

Se osserviamo bene la figura, notiamo che, per ridurre la forza di compressione tra i due punti d'attacco, dobbiamo diminuire l'angolo **a** tra le due briglie. Per fare questo, dato che i punti d'attacco sono praticamente fissi, l'unica cosa è allungare le briglie.

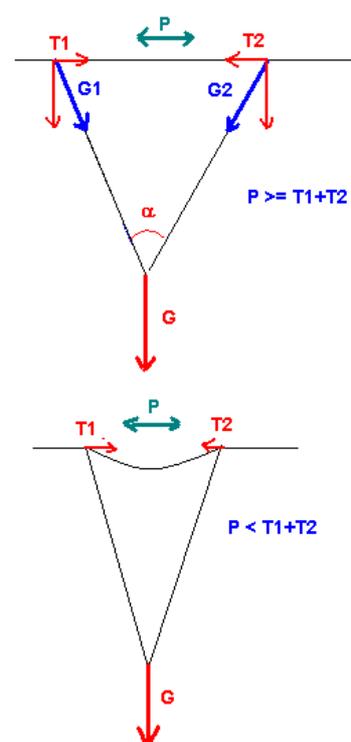
Come regola empirica, è ragionevole mantenere la lunghezza delle briglie primarie tra 3 e 5 volte la distanza massima tra due punti di attacco contigui sullo stesso profilo. ($Y_{prim} = 60\% - 100\%$ della lunghezza della corda)

Mentre per le briglie secondarie, è meglio aumentare un poco, perché agendo nel senso della larghezza la proporzione è diversa e in questa direzione l'ala è meno supportata.

La posizione del punto d'attacco dei cavi di comando influenza le caratteristiche dell'aquilone, e la capacità di quest'ultimo di mantenere la forma del canopy.

Nello specifico, la distanza tra loro influenza la sensibilità ai comandi, cioè, tanto più distanti sono gli attacchi, tanto più grandi dovranno essere i movimenti da fare con le braccia, per cui l'aquilone è meno sensibile, ma più preciso.

Se abbiamo progettato la curvatura della vela come un arco di ellisse, tanto più le briglie secondarie finiscono vicino ai fuochi, tanto minori saranno le tensioni che tendono a deformare la vela.



Numero

Ogni profilo è adatto a supportare un ordine di briglie primarie, però abbiamo visto che un numero di troppo elevato di tiranti può compromettere, almeno in parte, l'efficienza della nostra vela.

Con l'avvento dei computer e la possibilità di avere superfici modellate secondo una curvatura specifica, si è assistito ad una notevole riduzione delle tensioni nel senso della larghezza, questo ha dato a possibilità di ridurre il numero di briglie, in quanto non concorrono più mantenere la forma, ma, solo, a trasferire la potenza dalla vela ai cavi.

Normalmente, le vele progettate con la tecnica "shaped skin", possono essere tranquillamente supportate con una serie di primarie ogni due profili.

Al fine di ridurre le distorsioni a centro vela nelle curve, con una configurazione Split, è bene utilizzare un numero di celle pari.

Stessa cosa per le secondarie, se posizioniamo opportunamente i punti di attacco dei cavi principali, possiamo far corrispondere una secondaria ogni due file di primarie, oppure se abbastanza lunghe, ogni tre.

Nel capitolo sulle tecniche avanzate, troviamo come ridurre ulteriormente il numero di briglie necessarie per supportare la vela, ma al costo di complicarne notevolmente la costruzione.

Angolo d'attacco (AoA)

L'angolo d'attacco, di un determinato profilo, è determinato dalla proiezione orizzontale della distanza **L** tra il centro di spinta ed il punto in cui si uniscono le briglie primarie (**PTP**). È difficile spiegarlo a parole, la figura al lato ci potrà aiutare molto.

Come abbiamo già visto parlando delle caratteristiche del profilo, la distanza orizzontale tra **CoL** e **CoG**, determina un momento che tende a far ruotare il l'ala.

Il punto di equilibrio è raggiunto quando la trazione **T** e il nostro peso sommato a quello dell'aquilone **G** si trovano allineati lungo la direttrice dei cavi.

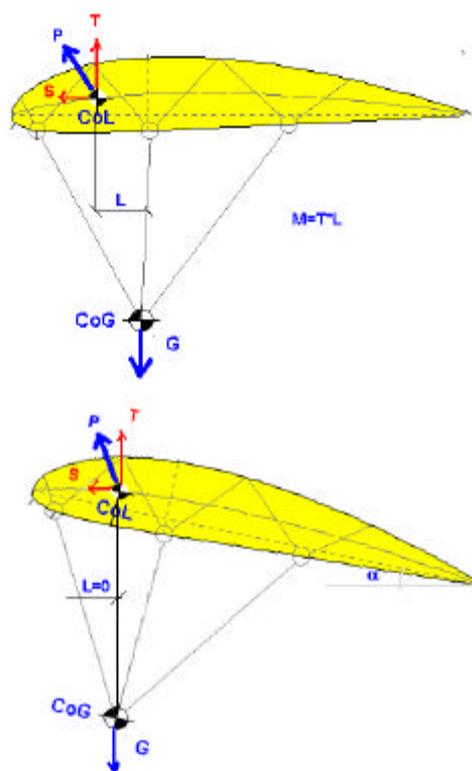
Questa rotazione determina l'angolo d'attacco **a** teorico o di progetto al top della finestra; in realtà l'angolo vero lo sapremo solo dopo aver costruito e fatto volare l'aquilone, perché in questo gioco entrano altri fattori:

- 1) Come abbiamo già visto al variare del vento e quindi di **T** varia l'importanza del peso dell'aquilone rispetto al nostro e quindi, con venti molto leggeri, la posizione di **G** non è allineato con il punto di riunione delle briglie primarie.
- 2) La posizione di equilibrio a bordo finestra dipende dall'equilibrio tra la spinta **S** e la risultante delle resistenze **D**, che abbiamo visto essere non lineare al variare del vento e dipendere da tanti fattori difficilmente calcolabili a progetto. Per cui la direzione di **G** lungo i cavi può non essere perfettamente verticale, anzi sicuramente non lo è.
- 3) Ricordiamoci che l'incidenza reale con il vento varia all'interno della finestra del vento, e sarà sempre maggiore dell'angolo di progetto.

L'AoA di progetto ci serve: primo come punto di partenza; secondo per confrontare il progetto con altri di caratteristiche simili, al fine di trovare qual è il compromesso migliore.

Quando andremo sul campo di volo a provare il nostro prototipo, sapremo che per modificare l'AoA del nostro aquilone dovremo agire sulla lunghezza delle briglie primarie, in modo da spostare il PTP più avanti o più indietro, rispettivamente, per aumentare o diminuire l'Angolo d'attacco. Notiamo che, anche allungando o accorciando queste briglie, l'angolo cambia, ma in maniera molto meno significativa.

Per profili "normali", cioè con un centro di spinta intorno al 25-30% della corda è sufficiente mantenere il PTP tra il 18 ed il 20% della corda; il che vuol dire un angolo d'attacco negativo.



Tanto più utilizziamo profili asimmetrici, tanto minore potrà essere quest'angolo. Anche spingendoci nel calcolo numerico e nell'analisi delle caratteristiche dei profili, vediamo che i profili asimmetrici mantengono una certa portanza anche per piccoli angoli negativi.

In linea generale, l'angolo ideale è quello che riesce a generare la potenza sufficiente a mantenere la vela al top della finestra, e niente più.

Questo fa' sì che, all'interno della finestra, abbiamo sempre a disposizione la massima spinta, soprattutto nella fase di decollo, che è la più critica.

Per spiegare meglio questo concetto, riprendiamo l'esempio fatto all'inizio, sulla legge di Newton; prendiamo una vela piatta e usiamo angoli elevati, così da rendere più evidente il fenomeno.

La portanza è più o meno perpendicolare al profilo e, come abbiamo detto, può essere scomposta in due componenti, una (drag) che è sempre equilibrata dalla tensione sui cavi, l'altra che spinge l'aquilone a muoversi.

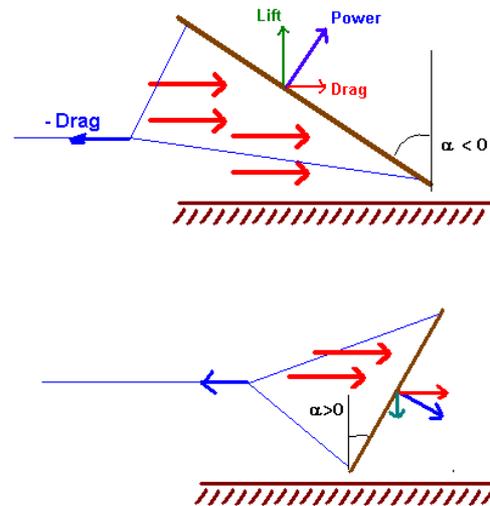
Vediamo che, se $\alpha > 0$ la spinta tende a schiacciare l'aquilone verso il basso. Per questo motivo è quasi impossibile far decollare un aquilone piatto (es. una losanga statica) da terra, ma va lanciato direttamente nel vento.

Per le vele a profilo alare, le cose cambiano, perché si riesce a sfruttarne la capacità di deviare il flusso, ma il principio non cambia, tanto più è grande α , tanto più avrà difficoltà a decollare di poppa, ma avrà un comportamento più uniforme lungo tutta la finestra del vento.

È buona norma, per i primi voli, portarsi dietro delle tabelle di brigliatura alternative, per avere subito un riferimento sulle modifiche da apportare (Es. 17%, 20%, 22%, 23%)

L'angolo d'attacco non è costante per tutta la larghezza del profilo, o meglio, è bene che non lo sia. Normalmente, si usa dare alle estremità un angolo maggiore rispetto alla zona centrale, questa pratica, aumenta un poco la resistenza all'avanzamento, ma comporta una serie di vantaggi:

- 1) come abbiamo già visto, un moderato aumento di resistenza previene lo stallo a bordo finestra.
- 2) Mantiene la zona centrale, quella più importante, in condizioni di volo ottimali.
- 3) Distribuire questa resistenza alle estremità contribuisce ad una migliore stabilità direzionale (maggiore momento delle forze di rotazione)
- 4) Le estremità sono le parti che lavorano in condizioni aerodinamiche più critiche, quindi soggette a stallare più facilmente. In una curva a piena velocità, l'estremità esterna raggiunge la massima velocità raggiungibile



dall'aquilone, mentre quella interna potrebbe essere ferma o addirittura volare all'indietro.

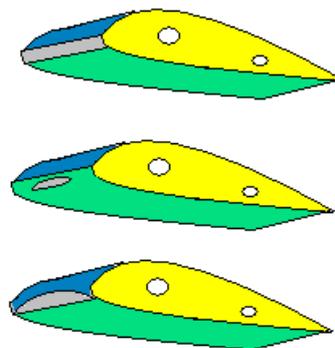
- 5) Un maggiore angolo di attacco ci garantisce che anche sotto raffica, l'incidenza reale con il flusso del vento rimanga entro valori che permettano il volo.
- 6) Come abbiamo visto, le briglie tendono a chiudere la vela, avere le estremità che "tirano" verso l'esterno contribuisce a mantenere la forma dell'aquilone.

Fori di gonfiaggio, travaso e valvole relative

Come abbiamo già visto questi aquiloni mantengono la loro forma grazie alla pressione interna generata dal vento che entra da apposite aperture sul bordo di entrata (Vent); mentre la pressione viene mantenuta equilibrata all'interno dell'ala grazie ad opportuni fori di travaso (Cross vent). Tutti questi fori possono essere più o meno muniti di valvola di non ritorno; nel nostro progetto cercheremo di utilizzare la soluzione più semplice, ma vediamo nel dettaglio quali sono le soluzioni comunemente adottate.

Vent

Queste aperture debbono essere abbastanza grandi da permettere un gonfiaggio adeguato ma tali da non compromettere le caratteristiche strutturali ed aerodinamiche della vela. Nella figura a fianco vediamo schematizzati i tre tipi più comuni di aperture frontali: rettangolari, oblunghe e a mezzaluna.



Il primo è il più semplice ed il più usato, basta lasciare un po' di spazio tra intradosso ed estradosso ed il gioco è fatto. Possiamo inserire o meno una garza a protezione dello spazio aperto.

Dobbiamo prendere in considerazione, però, alcuni aspetti: se non la mettiamo, il nostro aquilone perderà un po' della sua forma, perché, al centro, ogni cella tenderà ad aprirsi. Inoltre dovremo comunque rinforzare la zona con un adeguato nastrino di dacron per evitare di strappare tutto al primo crash. Io preferisco mettere sempre la retina, è un poco più difficile da cucire, ma il risultato vale sicuramente lo sforzo.

La scelta tra gli altri due tipi di apertura dipende quasi esclusivamente dal tipo di valvola che si intende montare a valle.

Per poter mantenere l'aquilone sempre gonfio e quindi, nella sua forma migliore, dobbiamo posizionare l'apertura nel punto in cui la pressione dell'aria è massima e quindi, dove la velocità è minima (Cfr. Bernoulli). Questo punto è chiamato **stagnation point**, e corrisponde esattamente al punto in cui il flusso si separa per seguire le due superfici del profilo. Al variare dell'angolo d'incidenza, la posizione dello stagnation point varia, mediamente, tra lo 0% e il 5% della lunghezza della corda.

Finché l'aquilone si muove in linea retta, tutte le celle incontrano il flusso allo stesso modo e quindi, ricevono una pressione di gonfiaggio adeguata alla velocità. Questo non avviene quando si effettua una curva, la velocità del flusso diminuisce dalla cella più esterna verso quella più interna, causando così una differenza di pressione che viene compensata dall'aria che defluisce attraverso i fori di travaso. Se la curva è abbastanza ampia, il sistema funziona perfettamente, ma se la curva è molto stretta, tale che l'aquilone riesce a girare molto vicino al suo asse mediano, l'estremità interna tende ad assumere un moto retrogrado, trasformando il foro di entrata in foro di uscita e facendo sgonfiare la semiala interna. Questo può portare al collasso completo dell'aquilone.

Per questo motivo, normalmente si usa mantenere chiuse le 4-5 celle più estreme, con delle valvole sui fori di travaso del profilo che si affaccia sulla prima cella aperta.

La crescente domanda di vele destinate ad un utilizzo acquatico, ha portato l'utilizzo estremo delle celle chiuse, al fine di ridurre le possibili vie di ingresso all'acqua. Questi aquiloni hanno al massimo 5-6 celle aperte. Lo svantaggio principale di una scelta di questo tipo è che la velocità di gonfiaggio è drasticamente ridotta, per cui vanno pregonfiati prima del decollo; necessitano di una costruzione accurata con le cuciture sigillate e valvole di non ritorno sui fori di gonfiaggio.

Il vantaggio principale è che, in caso di caduta, l'aquilone mantiene, all'interno, una pressione leggermente superiore a quella atmosferica, impedendo all'acqua di penetrarvi dentro.

Vent valves

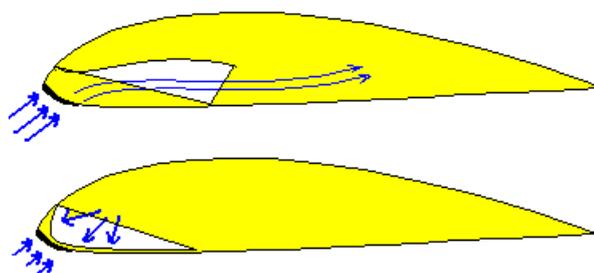
Ma perché mettiamo queste valvole ?

Perché vogliamo ridurre al minimo le vie di comunicazione con l'esterno ed evitare in tutti i modi che la vela si sgonfi. L'ideale sarebbe fare una vela a completa tenuta d'aria e gonfiarla come un palloncino, ma sarebbe troppo complicato, allora abbiamo bisogno di reintegrare continuamente l'aria che esce dai fori delle cuciture. Questi sistemi permettono all'aria di fluire agevolmente solo in un senso, richiudendo il passaggio quando la pressione esterna non riesce più a mantenerlo aperto.

Le valvole che si montano sulle aperture di gonfiaggio sono principalmente di due tipi: a saracinesca e tubolari.

Il disegno a lato ci mostra lo schema di funzionamento delle valvole a saracinesca.

Un pezzo di tela di forma trapezoidale viene cucito sopra la presa d'aria e talvolta lungo i profili adiacenti, in modo da avere il lato posteriore libero.



L'aria entra facilmente sollevando la membrana, ma quando la pressione esterna diminuisce, questa si abbassa di nuovo impedendo all'aria di uscire. Di solito questo tipo di valvola si utilizza con aperture rettangolari o a mezzaluna, che comprendono tutta la larghezza della cella.

Le valvole tubolari, di solito sono più piccole della larghezza della cella e si montano su aperture che possono avere forme diverse: circolari, ovali, a mezzaluna, ecc.

Anche qui, il funzionamento è sempre uguale, l'aria fluisce agevolmente dal tubo, ma nel momento in cui tenta di uscire, il tubo si restringe impedendone

il passaggio.

Le valvole tubolari necessitano di un qualche sistema che impedisca al tubo di fuoriuscire dal foro.

Normalmente si mette una garza fermata con un velcro, in modo da poterla aprire manualmente, sia per sgonfiare l'aquilone a fine giornata,

sia per la piccola manutenzione.

Se utilizzeremo questi sistemi, dobbiamo ricordare che, come l'aria, qualsiasi cosa riesce ad entrare nell'aquilone avrà grosse difficoltà ad uscirne. Per questo motivo è bene lasciare una o più celle apribili sul bordo d'uscita.

Nel capitolo sulla costruzione vedremo come realizzare semplicemente un'apertura posteriore di sgonfiaggio e pulizia.

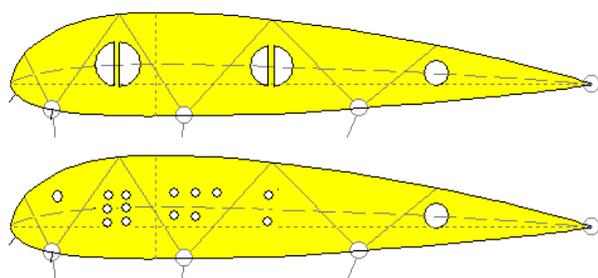
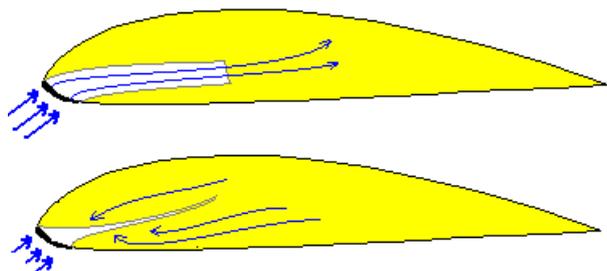
Cross Vent

Sui fori di travaso abbiamo già parlato molto, mettiamo a fuoco solo alcuni particolari costruttivi.

I fori dovranno essere praticati su tutti i profili, a meno delle estremità se adottiamo la soluzione con ali tronche.

Dovranno essere di dimensione adeguata, tale da permettere un rapido deflusso dell'aria da una cella all'altra. Dato che le centine sorreggono tutto il

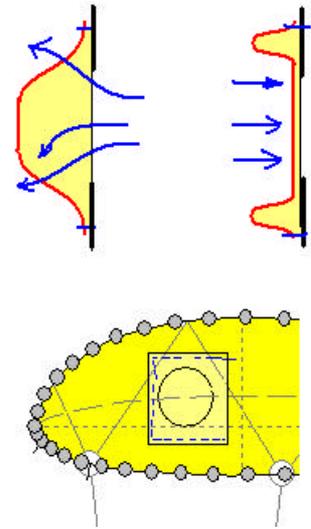
carico strutturale dell'aquilone, non dovranno essere nemmeno troppo grandi, per non ridurne la resistenza. Diverse sono le soluzioni possibili, la figura al lato propone un paio dei metodi utilizzati per non indebolire troppo la struttura portante.



Pocket valves

Le valvole che si montano sui fori di travaso sono di tipo molto più semplice, sia per questioni di spazio a valle del foro, sia perché abbiamo a disposizione una superficie piana su cui agire.

Sono chiamate comunemente valvole a tasca, perché il loro aspetto finito sembra proprio quello della tasca di una giacca. Sono costituite da un trapezio di tela cucito sui tre lati corti intorno al foro di travaso, il lasco ottenuto dal lato lungo permetterà all'aria di entrare facendo una curva verso poppa. Qualora dovesse crearsi una differenza di pressione a monte della valvola, questa aspira anche il tessuto che chiude così il foro.



Considerazioni sugli sled

La crescente diffusione del kitesurf ha portato alla ricerca di vele sempre più adatte all'utilizzo in acqua, galleggianti e facilmente rilanciabili.

Dopo numerosi esperimenti, ci si è orientati sempre di più verso l'utilizzo di aquiloni molto curvi, con una forte stabilità direzionale e un basso numero di briglie, a volte ridotte a due semplici agganci per i cavi di controllo.

La prima cosa che salta all'occhio, è l'altissimo AR che queste vele hanno quando sono distese, in genere superiore a 5; ma non dobbiamo farci prendere dal panico perché vista la curvatura pronunciata, le dimensioni in volo sono ben diverse, la superficie proiettata è circa 3/4 di quella totale, mentre la larghezza proiettata è molto vicina ad essere la metà di quella totale. Risolvendo un semplice sistema di equazioni, possiamo facilmente calcolare, con le proporzioni sopra riportate, che per un aquilone con AR 6 di progetto, le dimensioni proiettate riportano ad un valore di circa 4.

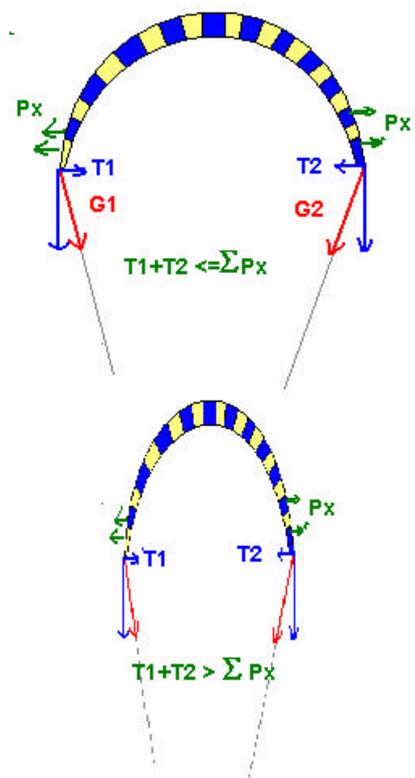
Profili e AoA

Disegnare questo tipo di vele è molto difficile, perché la forma dell'ala è mantenuta grazie all'equilibrio delle spinte aerodinamiche, e non "forzato" da una serie di tiranti distribuiti sulla superficie della vela. Questo ci costringe ad avere una forza abbastanza grande che spinge verso le estremità, ed un profilo abbastanza stabile, in modo da forzarne continuamente l'apertura.

Come vediamo dalla figura, se la tensione verso l'interno (**T1** e **T2**) generata dalle briglie è maggiore della somma delle componenti orizzontali della portanza, l'aquilone tende a chiudersi. Questo squilibrio, in genere accade quando si percorre una curva, e una delle due estremità rallenta, diminuendo, conseguentemente la portanza; allora l'aquilone si chiude sulla semiala interna. Può avvenire anche in presenza di una raffica che altera improvvisamente l'angolo d'incidenza di una singola estremità.

È importante prevedere, alle estremità, angoli di incidenza molto elevati (>10-12°) ed eventualmente profili di tipo reflexed in modo da contrastare eventuali chiusure.

Gli ultimi esperimenti in questo campo, suggeriscono un cambiamento, tra centro ed estremità, non troppo graduale, solo le versioni di Foilmaker superiori alla 1.6 permettono questo tipo di calcolo.



Forma dell'ala

Se per un aquilone tradizionale la forma della vela influenza in minima parte il comportamento del kite, negli sled rappresenta uno dei veri e propri punti nodali della progettazione.

Come vediamo dalla figura al lato, la vela può ruotare intorno all'asse che congiunge le uniche due briglie principali; con l'unico vincolo dato dall'eventuale tensione sui cavi posteriori.

La posizione di equilibrio, a "freni" mollati, si ottiene quando la risultante di tutti i vettori di portanza è allineata con i cavi principali. Il punto di applicazione di questa risultante (CoP – Center of Pressure) dipende essenzialmente dalla posizione reciproca di tutti i profili e dal momento generato da ognuno di essi.

Una soluzione analitica di questo problema è possibile, ma richiede un complesso calcolo vettoriale che, tra l'altro, non può tenere conto delle deformazioni e delle condizioni di volo.

Questo è uno dei casi in cui l'affinamento deve arrivare, attraverso una serie di prototipi, dagli atleti sul campo, mentre l'analisi numerica da' solo dei suggerimenti.

Se, comunque, ci vogliamo avventurare nel magico mondo degli sled, dobbiamo cercare a tutti i costi di mantenere le briglie principali leggermente avanti al CoP.

Questo ci permette di avere una vela che tendenzialmente diminuisce il proprio AoA (depowering) e mantiene una leggera tensione sui cavi posteriori che contribuisce a mantenere la forma della vela.

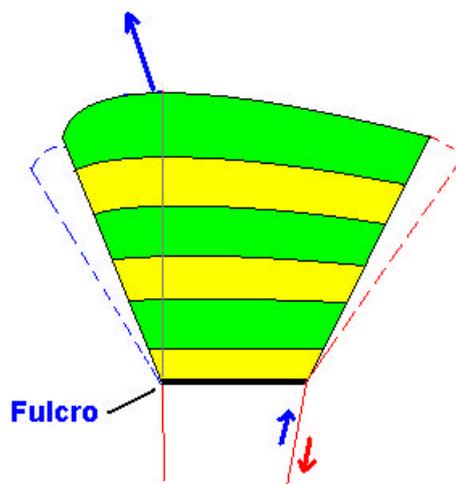
Qualora la vela dovesse confermare una tendenza eccessiva a ruotare i avanti, si può facilmente ridurre portando indietro il punto di carico delle briglie principali.

È fondamentale progettare la vela con un sistema che ci fornisca le dime per i pannelli in modo che possano adattarsi perfettamente alla forma tridimensionale della vela (shaped skin), altrimenti le tensioni provocate dalla forte curvatura delle superfici comprometterebbero tutti i nostri buoni propositi. Inoltre, ci permette di mantenere la forma tronco – conica, necessaria, affinché tutti i profili possano mantenere la giusta incidenza con il flusso d'aria.

Cavi di controllo

Soprattutto se si tratta di un prototipo, la scelta a 4 cavi è quasi obbligata.

Primo, perché si sfrutta a pieno la prerogativa, di queste ali, di poter modificare l'angolo d'attacco in volo agendo sui cavi posteriori. Secondo,



perché si può capire quanta tensione è necessaria per mantenere in forma l'aquilone, e capire dove intervenire per ogni eventuale modifica al progetto.

Briglie Sled

Come abbiamo visto per gli aquiloni tradizionali, le briglie non possono essere agganciate direttamente sul tessuto, ma necessitano di rinforzi atti a distribuire il carico lungo la struttura della vela. Questa considerazione prende maggiore forza nel caso degli sled, in cui le uniche due briglie si dividono il carico di tutta la vela.

I rinforzi, in questo caso non sono cuciti sui profili, ma lungo tutta la superficie superiore ed inferiore, da un'estremità all'altra. Normalmente si utilizza un cavetto di resistenza pari, o superiore a quella che avranno i cavi di comando (> 150-200 kg) oppure una striscia di dacron o mylar di pari resistenza.

Disegnare le linee di rinforzo principali non è cosa facile, perché deve percorrere la via più breve da un'estremità all'altra, per non indurre ulteriori stress, o deformazioni alle superfici.

Per quanto riguarda i cavi posteriori, invece, è sufficiente inserire il rinforzo nell'orlatura del bordo di uscita, non è molto ortodosso, ma funziona lo stesso.

Mettere insieme i dati del progetto

Adesso ci saremo fatti un'idea più precisa di quello che sarà il nostro aquilone, è arrivato il momento di prendere le decisioni e metterle su carta.

Per ogni buon progetto è di fondamentale importanza tenere traccia di tutte le considerazioni, i ragionamenti e le conclusioni a cui siamo arrivati. Domani saranno un bene prezioso per noi e per tutti coloro con cui vorremo dividere questa esperienza.

Prima di tutto, diamogli un nome, sembrerà stupido, ma ci permetterà di mantenere ordine nelle nostre idee, i file, le carte, e poi, in fondo è una nostra creatura e merita un nome. Allora via con la fantasia ! Pippo, Pluto, Tex, Winner, El Toro, Larry, Joe, Mario,... vanno tutti bene per un buon progetto.

In Appendice troviamo una serie di moduli da compilare, sono tarati su Foilmaker, ma può essere un ottimo spunto per crearne altri che ci piacciono di più, saranno le prime pagine di un raccoglitore che, con nostro stupore conterrà più di quanto immaginiamo oggi.

Prima di tutto compiliamo una specie di specifica tecnica, con le caratteristiche generali, la destinazione d'uso e le caratteristiche di volo.

Solo dopo cominceremo a tradurre in numeri il nostro progetto, ci verrà la voglia di analizzare i profili che abbiamo scelto come alternative, teniamoci i grafici significativi, e annotiamoci qualche considerazione, magari evidenziando le curve con il pennarello.

Solo quando tutti i parametri sono a posto, approcciamo al disegno, sicuramente vedere il progetto in 3D ci sorprenderà, ma ci darà anche lo spunto per qualche nuova riflessione, allora modifichiamo qualche dato, ma, nei limiti del possibile annotiamo le cose significative, i suggerimenti che ci sono arrivati dagli amici, tutto quanto pensiamo possa essere importante.

Io, nei primi progetti, non l'ho fatto e oggi me ne pento amaramente.

Quando il progetto è definitivo, salviamo tutti i file su un dischetto, stampiamo il disegno a grandezza naturale, e mettiamolo nel contenitore. Questo è il nostro prezioso progetto.

Stampiamo un'altra copia del disegno che useremo per costruire l'aquilone, è meglio averne due copie, perché quella di lavoro tenderà a rovinarsi; comunque non è necessario, se vogliamo risparmiare tempo e carta, usiamo pure il master, ma trattiamolo con cura, è l'assicurazione sulla vita del nostro lavoro.

Capitolo 5 – Costruire il primo aquilone

Disegnare, ritagliare e mettere insieme tutti i pezzi

Indipendentemente dal sistema che abbiamo adottato per progettare il nostro aquilone ci troveremo di fronte ad un certo numero di pagine disegnate. A questo punto l'ordine e la precisione sono un obbligo, dovremo sembrarci quasi maniacali, ogni foglio deve essere opportunamente contrassegnato e ordinato, è facile scambiare un pezzo con un altro, e una volta ritagliata la stoffa, il danno è fatto.

Mai cedere alla fretta, per nessun motivo, ogni errore ci farà perdere molto più tempo di quanto possiamo guadagnarne sbrigandoci a tutti i costi.

Se abbiamo un'area della casa da dedicare interamente al nostro progetto siamo veramente fortunati, ma la maggior parte di noi no lo è, e spesso dobbiamo adattare il tavolo della cucina o del salone ad area taglio e cucito. In questo caso è fondamentale, alla fine di ogni sessione di lavoro riporre ogni cosa esattamente come la vogliamo evitando che qualcun altro si prenda l'onere di mettere "a posto", potremmo pentircene più tardi.

Se non disponiamo di un plotter di grandi dimensioni la stampa su fogli A4 è una scelta obbligata e dovremo procedere all'assemblaggio di un volume di almeno 200 fogli.

Da questo punto in poi il nostro progetto comincerà a prendere forma, ad occupare spazio, dovremo dedicargli una zona apposita, sia per lavorare che per riporre le cose.

Una volta uniti tutti i vari fogli, dovremo riportare il disegno dalla carta alla stoffa, poi ritagliare i pezzi ed infine cucirli. Io personalmente preferisco fare tutto in quattro sessioni di lavoro differenti, cioè, prima unisco tutti i fogli, poi disegno tutti i pezzi, poi li ritaglio ed infine li cucio assieme. Come vedremo in seguito, le tecniche possibili per affrontare le quattro fasi della costruzione sono diverse, e tutte altrettanto valide; alcune ci permettono di accorciare i tempi in alcuni passaggi, altre garantiscono un migliore precisione, ma nessun passaggio è obbligatorio è bene che ognuno adatti queste procedure alle proprie capacità e al proprio modo di lavorare.

L'assemblaggio del disegno

Se abbiamo usato Foilmaker, ogni foglio avrà le indicazioni per unirli con gli altri fino a formare ogni singolo componente, se usiamo sistemi diversi, dovremmo farlo manualmente ma il prosieguo è uguale per tutti.

I singoli fogli riportano sugli angoli e sui bordi degli speciali marker per l'allineamento e la sovrapposizione.

Per migliorarne la visibilità in trasparenza ho preso l'abitudine di ripassarli con una penna nera, l'ideale sarebbe avere a disposizione un tavolo di vetro, meglio se retroilluminato.

Solitamente parto a sovrapporre da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto, fermando i fogli uno sull'altro con un pezzo di nastro adesivo trasparente lungo il bordo.

Preferisco il nastro perché non danneggia il disegno, se si commette un errore, non bisogna tentare di staccarlo, ma si taglia con un taglierino e poi, una volta riallineati i fogli, si ricomincia daccapo con un altro pezzo di nastro.

Usare la colla permette una libertà iniziale maggiore, ma una volta asciutta non perdona, e soprattutto non ci permetterà di riscomporre il disegno per metterlo da parte, nel contenitore del progetto. Un altro problema della colla è che la carta umida tende ad allungarsi nel senso della fibra, cosa che può deformare sensibilmente il disegno nei punti di unione.

Una volta ricomposto il puzzle è ora di riportare il disegno sulla tela, sprestando meno materiale possibile.

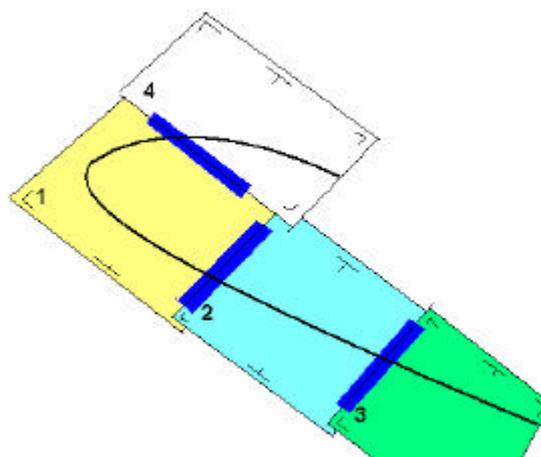
Riportare il disegno

Se abbiamo abbastanza spazio (Es. sul pavimento del salone), possiamo affiancare tutti i disegni appena assemblati e cercare di ottimizzare i tagli in funzione del materiale che abbiamo a disposizione. Possiamo anche intraprendere una via diversa, che può dare risultati peggiori, ma senza sbagliare di tanto: si comincia a ritagliare dai pezzi più grandi proseguendo verso quelli più piccoli, utilizzando gli avanzi per realizzare questi ultimi.

Questo è il momento per acquistare la tela, perché solo adesso abbiamo un'idea precisa di quanto materiale ci serve, colore per colore. Le realizzazioni multicolore, di solito, comportano più sprechi, ma non è una regola.

Ricordiamoci di calcolare un poco di tela in più per realizzare la sacca dove riporre la vela finita.

Per disegnare e numerare i pezzi utilizzeremo una matita molto morbida, almeno 2B, appuntita, ma non troppo, per non rovinare il tessuto; qualsiasi altra penna o pennarello darà risultati veramente scadenti, provare per



credere, inoltre se l'aquilone dovesse bagnarsi, la penna potrebbe stingere, macchiando il tessuto.

Quando posizioneremo le dime sul tessuto è di fondamentale importanza tenere conto dell'orientamento delle fibre che dovranno essere sempre allineate con le linee di maggior sforzo.

Se usiamo tele di tipo Carrington o comunque impermeabilizzato da un solo lato, accertiamoci che questo una volta cucito rimanga all'esterno. Per capire qual è il lato giusto basta fare un puntino con un pennarello su entrambi i lati del tessuto, da una parte il tessuto assorbe l'inchiostro ed il puntino diventerà più grande e sfrangiato che non dalla parte impermeabile.

Seam allowance

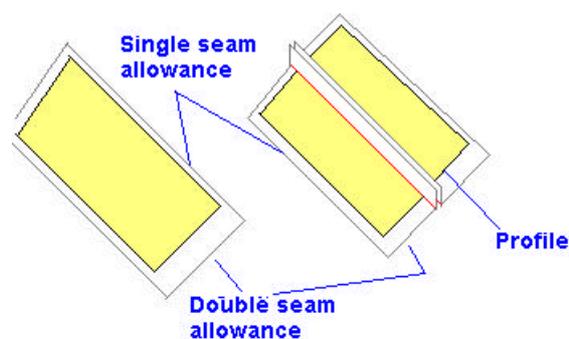
Indipendentemente dal sistema adottato per progettare i vari componenti, prima di passare al taglio dobbiamo prevedere, esternamente al disegno vero e proprio uno spazio per le cuciture (seam allowance). Cioè dovremo lasciare un po' di tela intorno, tale che ci permetta di cucire, seguendolo, con il filo, esattamente il perimetro del componente.

Foilmaker lo calcola automaticamente e lo riporta nelle stampe, ma se progettiamo con un altro sistema dovremo farlo manualmente.

La grandezza di questo spazio sarà in funzione del tipo di cucitura che dovremo fare, e della tecnica che useremo per eseguirla, normalmente si usano da 5

a 7 mm per le cuciture singole e da 12 a 18 mm per quelle ribadite.

Nei paragrafi seguenti approfondiremo le tecniche usate per realizzare le cuciture.



Trasferire il disegno

In quanto a come trasferire il disegno sulla tela, le tecniche principali sono due: una con delle dime rigide da usare come righello, l'altra per ricalco. Entrambi sono altrettanto valide ed hanno lati positivi e negativi, alcune volte è quasi una scelta obbligate, altre no; anche in questo caso è il buon senso che ci guiderà nella scelta.

La tecnica delle **dime** consiste nell'incollare ogni singolo disegno su di un cartoncino rigido, dopo di che, con un taglierino affilato, si ritaglia la dima lungo il perimetro più esterno (seam allowance), a mano libera o con l'aiuto di un curvilinee.

Vantaggi:

- permette di eseguire pezzi uguali in serie, ritagliando direttamente il contorno, senza bisogno di ridisegnarlo ogni volta;
- assicura una certa precisione nel taglio, soprattutto se a caldo;
- permette di eseguire i tagli su ogni tipo e colore di tessuto;

Svantaggi:

- non permette di disegnare con precisione le linee di cucitura per cui ci dovremo affidare ad una guida sulla macchina da cucire;
- durante l'incollaggio del disegno sul cartoncino, la carta può deformarsi compromettendo la precisione del lavoro;
- non si possono disegnare con precisione le linee interne (es. rinforzi, travasi, ecc..)
- una volta finito tutto, il progetto è inutilizzabile in forma cartacea, ma restano le forme per farne un altro uguale con poco sforzo.

Il **ricalco** ci riporta indietro nel tempo, ai nostri primi tentativi con la matita e i pastelli, il metodo è sempre lo stesso, fissiamo con del nastro di carta il disegno sul nostro tavolo di taglio, ci poggiamo sopra il tessuto, lo fissiamo con il nastro o con delle puntine, e ricalchiamo a matita tutti i contorni del disegno. Se usiamo le puntine, queste dovranno essere posizionate fuori dal profilo ma abbastanza vicine da non rovinare il tessuto circostante, utile per qualche altro pezzo.

Vantaggi:

- avremo a disposizione le linee da seguire per la cucitura;
- si possono disegnare con precisione le linee interne (es. rinforzi, travasi, ecc..)
- il progetto cartaceo rimane intatto e potremo archivarlo in un comodo contenitore per documenti, invece che una serie di profili rigidi a grandezza naturale.

Svantaggi:

- bisogna ricalcare il disegno su tutti i pezzi da tagliare;
- il taglio, qualsiasi tecnica adottiamo, dovrà essere fatto a mano libera e con una certa attenzione;
- è praticabile solo su tessuti con un certo grado di trasparenza come gli spinnaker di colore chiaro, è impraticabile su dacron e mylar colorato.

Non siamo obbligati ad usare integralmente l'uno o l'altro metodo, personalmente preferisco ricalcare quanto possibile, perché sono abituato a cucire seguendo le linee del disegno, utilizzando la guida solo per i tessuti più scuri, ma ognuno può seguire la via che ritiene migliore.

Non ci spaventiamo a disegnare o ritagliare a mano libera, con la paura di commettere errori, con un poco di esercizio si raggiungono risultati strabilianti.

Qualche considerazione sui materiali

Tutti i materiali utilizzati per costruire aquiloni mostrano una trama piuttosto evidente, fatta di piccoli quadratini di rinforzo (rip-stop). È importante allineare i lati di questi quadratini con le linee di maggiore tensione della vela, normalmente in senso longitudinale e verticale.

Per la realizzazione delle centine, si utilizza quasi sempre lo spinnaker bianco, per tre motivi:

Uno tecnico: è più facile ricalcare tutti gli elementi all'interno del profilo, cioè le linee di rinforzo e gli attacchi per le briglie, la posizione dei fori di travaso, le linee di cucitura delle valvole, ecc.

Uno estetico: il colore dei profili traspare comunque dai fori di ingresso dell'aria, questo crea degli antiestetici dei punti di discontinuità con il colore delle superfici esterne; un profilo bianco riflette il colore degli elementi contigui, mascherando questo effetto.

Uno economico: spesso si trovano confezioni stock di questo prodotto a prezzi più bassi, allora perché spendere soldi per una cosa che non si vede? Come abbiamo già detto in precedenza le valvole le realizzeremo in Icarex, anch'esse di colore chiaro o bianco, per non creare sbalzi di colore, interessante è la tecnica di costruire delle valvole tubolari utilizzando dei profilattici, nei paragrafi successivi vedremo come farle.

Tecniche di taglio

Il modo in cui taglieremo i singoli pezzi appena disegnati dipende in buona parte da come saranno ad assemblati e cuciti. Dipende anche dagli attrezzi che abbiamo a disposizione e quanto siamo precisi nell'utilizzarli.

Una volta finito di ritagliare tutti i componenti, ci ritroveremo con una certa quantità di avanzi, non si butta niente, ogni piccolo pezzetto di spinnaker può essere riutilizzato per allenarci con la macchina da cucire, per riparare uno strappo, o più semplicemente per realizzare un piccolo segnamento.

Con gli avanzi dell'ultimo aquilone, ho realizzato ben due statici per bambini, con tanto di coda e fronzoli vari.

Il tavolo di taglio

Se fino ad ora abbiamo potuto sfruttare tranquillamente il tavolo della cucina o del salone, ora, se non vogliamo incorrere in uno sfratto esecutivo da parte di coloro con cui conviviamo, abbiamo bisogno di una superficie dedicata.

Sì, perché cominceremo ad armeggiare con puntine da disegno, taglierini, lamette, che male si conciliano col mobilio quotidiano.

Per realizzare il "tagliere" avremo bisogno di una tavoletta di multistrato spessa almeno 15mm, lunga quanto il pezzo più lungo che dovremo realizzare, meglio qualche cm in più, e larga il doppio del pezzo più largo.

È preferibile che sia di legno morbido e poco resinoso, il più economico pioppo è perfetto; avremo cura che almeno una delle due superfici sia il più possibile liscia ed esente da nodi e imperfezioni.

Taglio a freddo

È la via più semplice e meno dispendiosa, possiamo utilizzare delle comuni forbici o un taglierino affilato, può essere fatta sia a mano libera che seguendo le dime rigide.

Presenta solo uno svantaggio importante: il bordo di taglio non è sigillato e può sfilacciarsi se sottoposto a tensioni eccessive. Per questo motivo, tutte i

bordi esterni devono essere realizzati con cuciture doppie e ribadite e gli spazi di cucitura dovranno essere abbastanza generosi.

Personalmente utilizzo un bisturi chirurgico, che oltre ad essere più affilato di qualsiasi altro coltello sul mercato, ha il vantaggio di tagliare bene lungo tutta la lama e non solo in punta, di solito basta una sola passata per fare tutto il taglio senza sforzo.

Se utilizziamo le forbici per ritagliare un pezzo, il profilo risulterà sicuramente meno preciso, ma non è un gran problema, assicuriamoci di aver riportato bene le linee di cucitura e quando lo andremo ad assemblare, facciamo affidamento solo a quelle e non alla guida della macchina, che segue fedelmente il bordo.

Taglio a caldo

È il modo più preciso e professionale per realizzare qualsiasi vela, il coltello, mentre esegue il taglio, fonde la testa dei fili che si uniscono tra loro, evitando che il tessuto si sfilacci.

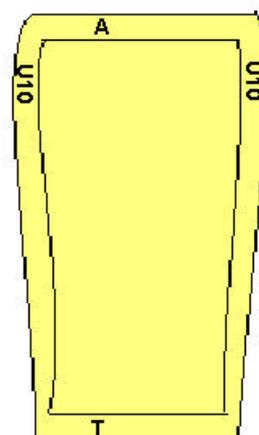
I moderni sistemi industriali utilizzano particolari plotter a laser che tagliano perfettamente ogni singolo pezzo, ma noi poveri mortali possiamo costruirci un attrezzo altrettanto efficace ma decisamente più economico.

Il metodo più comune per realizzare un taglierino a caldo è quello di affilare la punta di un saldatore da elettronica a bassa temperatura. L'elemento critico è proprio la temperatura della punta, perché il Nylon fonde a circa 70° e se utilizziamo temperature molto più alte allarghiamo il taglio in maniera proporzionale alla velocità con cui viene eseguito, cosa che lo renderebbe molto impreciso. Ottimi, anche se costosi, sono i saldatori a temperatura regolabile, ci permettono di adattare la temperatura alla nostra velocità di taglio: a velocità maggiore deve corrispondere una temperatura maggiore.

Quando si esegue un taglio con questo utensile, bisogna mantenere una velocità il più possibile costante. Basta una leggera pressione, meno del taglierino normale, poiché la lama taglia anche grazie al calore e poi, siccome non è d'acciaio, è bene non stressare troppo l'affilatura che, altrimenti, si rovinerebbe presto.

IMPORTANTE: appena ritagliato un pezzo, annotare con delle lettere o simboli il nome ed il verso. Io utilizzo lo spazio per le cuciture per scrivere tutto, cosicché una volta finito l'aquilone non si vede nulla. L'ordine deve essere ferreo, una volta tagliati i pezzi sembreranno tutti uguali e cucire una cosa per un'altra può avere conseguenze catastrofiche.

Gli unici pezzi che non ritaglio preventivamente sono le coperture in garza per i fori, per un motivo molto semplice: è quasi impossibile scrivere su questo materiale. Allora preferisco tagliarle sul momento, poco prima di metterle in opera stando attentissimo a non



invertire il verso.

Il mio metodo è abbastanza semplice e può valere a titolo di esempio ma ognuno può fare come vuole, basta farlo.

Tutti gli appunti sono scritti nella faccia interna del pezzo, cioè come se fossero letti dal centro dell'aquilone verso l'esterno, utilizzando una numerazione dall'esternità verso il centro. Io uso sigle del genere: U1d, U2d, U3,... per l'estradosso e L1s, L2s,... per l'intradosso, A per il bordo d'ingresso e T per quello d'uscita indicando se fa parte dell'ala destra o sinistra; seguendo uno schema come in figura.

Tecniche di cucitura

Se siamo alla prima esperienza dietro la macchina da cucire, forse stiamo per fare il passo più lungo della gamba, realizzare un foil richiede una certa dimestichezza con ago e filo, ma non disperiamo; possiamo fare un po' di esercizio con gli avanzi e poi se utilizzeremo le sequenze di montaggio indicate in seguito, prima di arrivare ai punti difficili avremo già collezionato diversi metri di "esperienza".

Imparare ad usare la macchina non è difficile, fare delle buone cuciture è tutta un'altra storia, facendo un aquilone di questo tipo ci troveremo a cucire diversi strati di materiale tra loro che tenderanno a scivolare uno sull'altro in tutte le direzioni e dovremo lottare tenacemente per andare dritti, dovremo seguire curvature che metterebbero in crisi anche un sarto esperto perciò prima di affrontare la costruzione dell'aquilone alleniamoci un po'.

Prima di tutto prendiamo degli avanzi di stoffa, pezzetti che possono sembrarci inutili, e tracciamoci sopra una riga dritta, sovrapponiamoli e seguendo le tecniche descritte nel seguito del capitolo proviamo a cucire lungo la linea. Finita la cucitura il tessuto non deve presentare curve o pieghe significative deve rimanere bello steso così com'era prima, con la cucitura in mezzo e le righe che avevamo tracciato perfettamente allineate.

Ci servirà anche a regolare la tensione le filo, la velocità di cucitura, il modo di guidare il tessuto, a fare un bel po' di esperienza.

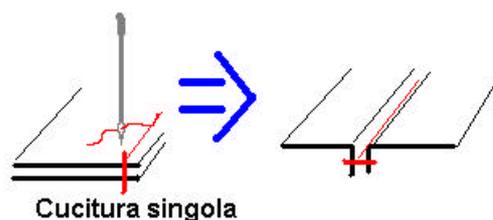
Quando ci sentiamo abbastanza sicuri del nostro lavoro procediamo a realizzare il sacchetto per i cavi che è descritto in fondo al capitolo, di per sé non è necessario, o si potrebbe semplificare, ma racchiude in sé molte delle difficoltà che incontreremo in seguito nel realizzare l'aquilone.

Consideriamolo come una specie di esame, una prova del 9 per sapere se ce la faremo al primo colpo e avremo realizzato il primo lavoretto utile che non metteremo via insieme a tutti gli scarti.

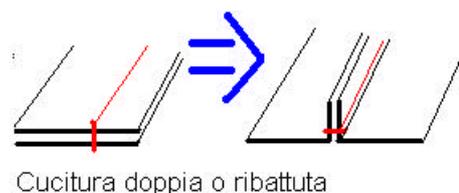
Definizioni

Abbiamo già parlato di cuciture affrontando diversi argomenti, ma finora non abbiamo descritto esattamente di cosa stiamo parlando, di seguito vedremo quali sono le tipologie più comuni.

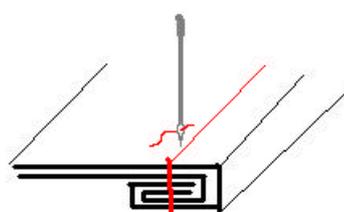
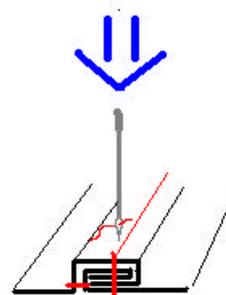
Cucitura singola: è quella più semplice realizzata per unire due pezzi di stoffa lungo una linea, solitamente si sovrappongono i pezzi lungo il bordo da cucire e si fa' una passata ad una certa distanza da bordo stesso, si apre tutto ed il gioco è fatto.



Cucitura ribadita: è quella che percorre il lato esterno dei jeans può essere singola o doppia, ha il vantaggio che oltre a unire la stoffa, ne rifinisce perfettamente i bordi, evitando che si sfilaccino.



Per realizzare queste cuciture dobbiamo ripiegare il bordo su se stesso fino a nascondere le estremità, facendo poi, sopra un passaggio con la macchina. Normalmente si usa fare quella doppia perché si utilizza la prima passata (singola) per fermare il tessuto e poi fare in tutta tranquillità il passaggio di rifinitura.



Orlatura Semplice

Orlatura: in sartoria, si tratta di una semplice rifinitura, nella costruzione degli aquiloni assume particolare importanza, in quanto conferisce ai bordi anche una certa resistenza meccanica. È obbligatoria quando si taglia un tessuto a freddo, e serve ad evitare che il tessuto, sotto l'azione del vento, si sfilacci.

Per migliorarne la resistenza meccanica, spesso, si inserisce un cavetto nel bordino che si viene a creare.

Zig-Zag: In genere è utilizzata per applicare toppe o disegni sopra un tessuto piano, ma può essere utilizzata per qualsiasi altro scopo, ha il vantaggio di essere molto robusta, perché i punti, così distanziati, stressano meno il tessuto, e agendo su una superficie molto più ampia, favorisce l'attrito tra gli strati.

È utilizzata quasi per tutte le cuciture quando i pezzi sono fissati con la colla o il nastro biadesivo (V. tecnica del velaio), perché permette di utilizzare al meglio l'incollaggio. In questi casi, la maggior parte del lavoro strettamente meccanico è sostenuto dall'adesivo, la cucitura è utilizzata per mantenere premuti gli strati di tessuto.

Minicorso di cucito

Il modo migliore per imparare è quello di farsi insegnare, non ci sono dubbi; mettersi accanto a qualcuno esperto vale molto di più che giornate intere passate a fare tentativi.

Il manuale d'uso, allegato alla macchina per cucire, ci darà spiegazioni decisamente migliori e dettagliate rispetto alle quattro righe che seguono, per tutti coloro che non hanno a disposizione queste informazioni, spero che questo capitolo possa tornare utile.

La sequenza che segue è abbastanza indipendente dalla macchina che abbiamo a disposizione, solo qualche dettaglio specifico dovrà essere scoperto con un po' di pratica.

- Preparare la spoletta. Consiste nell'arrotolare il filo sopra un rocchetto che si trova nel vano sotto l'ago.

Le macchine più comuni, hanno un meccanismo di sblocco del volano; serve ad evitare che l'ago continui a fare su e giù mentre si fa' questa operazione; un supporto mobile per la spoletta che, per attrito con il volano stesso può essere azionato direttamente dal motore della macchina.

Arrotolare il filo senza fare nodi, fermarlo esclusivamente servendosi del forellino al lato della spoletta.

- Inserire la spoletta nell'apposito alloggiamento sotto l'ago, di solito bisogna passare il filo sotto una piccola molla. Richiudere lo sportellino e bloccare il volano.
- Inserire il rocchetto con il resto del filo sul supporto apposito e, seguendo il percorso indicato sulla macchina, arrivare all'ago e infilare il filo, lasciando almeno 5-6 cm di filo libero oltre l'ago.
- Alzare il piedino e portarci sotto il filo libero.
- Abbassare manualmente l'ago, facendo un giro completo del volano. L'ago dovrebbe agganciare il filo della spoletta e portarlo fuori. Se questo non accade, la spoletta non è sistemata bene, riposizionare il filo nella molla e ripetere l'operazione.
- Distendere entrambi i fili sotto il piedino, tirandone fuori almeno 5-6 cm.
- Posizionare la tela sotto l'ago e abbassare il piedino a fermare tutto.
- Abbassare manualmente l'ago, facendo mezzo giro di volano.
- Iniziare a cucire, prima spingendo leggermente la tela, e poi tirando dalla parte opposta. Il movimento della stoffa deve avvenire esclusivamente grazie al sistema di trazione della macchina, l'azione manuale deve servire solo a mantenere la tela distesa e nella giusta direzione, assecondando il movimento del piedino.

Per eseguire un **angolo netto**:

- procedere fino al vertice, rallentando in prossimità.
- Assicurarsi che l'ago sia abbassato fino in fondo.
- Alzare il piedino.
- Ruotare la stoffa nella nuova direzione.

- Abbassare il piedino.
- Proseguire nella nuova direzione.

Per chiudere la cucitura:

- Arrivati in fondo eseguire un paio di punti tenendo premuto il tasto “reverse”, ripassando sulla cucitura.
- Alzare ago e piedino.
- Tirare fuori la stoffa, portandosi dietro almeno una decina di cm di filo.
- Tagliare entrambi i fili a circa 5 cm o più dalla cucitura.
- Tirare dolcemente uno dei due fili in modo da portare fuori il punto inferiore.
- Aiutandosi con un oggetto appuntito (ago o forbicine) tirare fuori il filo, in modo da averli entrambi dallo stesso lato.
- Annodare i fili tra loro e tagliare gli eccessi.

Le macchine moderne hanno piedini speciali, fatti apposta per tessuti scivolosi o per cucire esattamente al centro il cavetto di rinforzo sulle centine. In ogni caso la parte più difficile è mantenere gli strati allineati, soprattutto se sono più di due, è proprio nel metodo di tenere assieme il tessuto che si differenziano le varie tecniche che troviamo di seguito.

La tecnica del velaio

È la tecnica più sicura e precisa anche se più dispendiosa in termini economici e di peso. Consiste nell'incollare i pezzi tra loro, tramite un nastro biadesivo apposito, prima che questi siano cuciti. Una volta incollati, i pezzi non si muoveranno più permettendo un'agevole cucitura lungo il bordo del nastro. Più o meno tutte le vele da barca e windsurf sono fatte così.

Come abbiamo già visto, con questa tecnica, i risultati migliori si ottengono utilizzando cuciture di tipo zigzag, perché stressano meno il tessuto e migliorano la tenuta degli strati comprimendo la striscia incollata.

Vantaggi: le cuciture sono più facili e precise, soprattutto in corrispondenza di forti curvature come il bordo d'attacco. La costruzione risulta molto più robusta e impermeabile, sia all'aria che all'acqua, è praticamente obbligatorio per aquiloni da kitesurf.

Svantaggi: il nastro appesantisce l'aquilone, e costa. Smontare un pezzo cucito male è un'impresa non facile, perché staccare il nastro può deformare il tessuto.

La colla tende a rimanere appiccicata all'ago, per cui richiede frequenti pulizie che altrimenti comprometterebbero le cuciture successive.

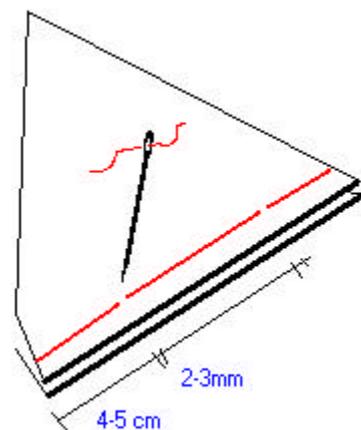
In sostituzione del biadesivo, si può facilmente usare una colla per contatto, tipo quella che usano i calzolari, ma attenzione perché una volta uniti i ferzi, questi non si staccano più. In compenso non sporca l'ago.

La tecnica del sarto

È quella che mi piace di più, sono cresciuto sulle ginocchia di mia nonna mentre imbastiva i vestiti per tutta la famiglia, così mi ha insegnato a fare gli abitini per Big Jim e così continuo con gli aquiloni.

Si tratta di fare un passaggio iniziale a mano, con un filo di cotone apposito, poco resistente, facendo dei punti molto lunghi nei pezzi rettilinei, e un poco più ravvicinati in quelli curvi, equivale mettere degli spilli, ma senza ritrovarseli sotto l'ago quando si fa' la cucitura definitiva.

I punti devono essere realizzati in modo particolare, affinché il filo ci serva come guida e possa essere rimosso con facilità a fine cucitura. I punti saranno molto lunghi dal lato superiore, dove ripasseremo a macchina e molto piccoli dal lato opposto, così da realizzare quasi una riga continua. Quando ripasseremo a macchina seguiremo fedelmente il percorso del filo, tramite la scanalatura centrale del piedino. Se ci sono le linee di cucitura, assicuriamoci che il filo sia perfettamente sovrapposto. Non importa se in qualche punto l'imbastitura viene cucita insieme al resto, il filo si potrà sfilare abbastanza facilmente appena finito.



Vantaggi: una volta presa dimestichezza con l'ago a mano è molto veloce assemblare i pezzi, e potremo visualizzare preventivamente come sarà il lavoro finito.

Si recupera facilmente da qualsiasi errore di montaggio, senza danneggiare eccessivamente il materiale, basta sfilare l'imbastitura e rimarranno solo pochi forellini che, eventualmente, potremo otturare con una goccia di colla cianoacrilica.

Non aggiungeremo materiale alla cucitura a risparmio di peso e denaro.

L'ago sarà sempre pulito senza dover rimuovere colla in eccesso.

Svantaggi: l'assemblaggio non è così fermo come con il biadesivo, per cui è richiesta una maggiore attenzione nell'esecuzione dei passaggi a macchina.

Le cuciture non sono impermeabili e quindi poco adatte ad una vela per uso marino.

Materiali

Per le nostre costruzioni utilizzeremo rigorosamente filo in poliestere, possiamo scegliere quello più sottile per tutte le cuciture, e magari uno un poco più spesso per alcuni rinforzi.

In commercio si trovano diverse confezioni, dalla più piccola che incorpora circa 100 m di filo fino a bobine di diversi chilometri, per cucire una vela di medie dimensioni ne bastano poco più di 200 m.

Se l'aquilone sarà colorato dovremo prestare una certa attenzione anche al colore dei fili, a quale infileremo nell'ago e quale sarà nella spoletta che compariranno, solo nelle cuciture ribadite, rispettivamente sopra e sotto la cucitura.

La macchina potrà essere la più semplice possibile, si può cucire una vela solo con cuciture diritte, ma la possibilità di poter realizzare anche lo zig-zag è preferibile soprattutto se a tre punti. Le macchine professionali garantiscono una trazione del tessuto molto più precisa e scorrevole, oltre ad una precisione maggiore nella distanza tra i punti, ma ad un costo che non sempre ne vale la pena. Alcune marche forniscono dei piedini speciali per la cucitura di tessuti scivolosi come lo spinnaker, e questo potrebbe essere un particolare da non sottovalutare perché ci può far risparmiare un bel po' di tempo.

Se in famiglia non possediamo una macchina e dovremo procedere ad un acquisto dedicato, la nostra attenzione dovrà essere focalizzata esclusivamente sul sistema di trazione e non sulla complessità dei punti che si possono realizzare; meglio una macchina professionale che fa solo punti dritti, come quelle usate dalle camiciaie, piuttosto che una cosa amatoriale computerizzata che ricama pure le iniziali sui fazzoletti, ma che ci farà dannare ogni volta che ci mettiamo sotto un pezzo di spinnaker.

Anche la portatilità può essere un fattore determinante, e solo lo spazio che potremo dedicargli farà la differenza, purtroppo non si può cambiare casa per coltivare un hobby.

È bene avere una superficie di appoggio abbastanza grande intorno alla macchina, per ospitare tutta la vela, ed evita che il peso del tessuto appeso da un lato ci porti fuori linea nelle cuciture finali.

New tech

Come già detto ognuno usa il metodo che più gli piace oppure come si trova meglio, leggendo il manuale di Foilmaker realizzato da Daniel Gagnon, ho scoperto un nuovo metodo per assemblare i pezzi con più di due strati.

Si basa sull'utilizzo di una guida per cucito, quindi la possibilità di utilizzare questo metodo è legata alla disponibilità o meno che la nostra macchina ha di montare questo attrezzo.

La sequenza da seguire è la seguente, e potrà essere adattata in funzione del tipo di cucitura o della possibilità della macchina di spostare l'ago orizzontalmente.

- Montare a destra la guida. Alla misura del seam allowance di progetto (Es. 7mm)
- Spostare l'ago verso destra di 2mm (riduco lo spazio a 5mm).
- Cucire due strati tenendoli accostati alla guida (Es. Top & Lower skin)
- Spostare l'ago al centro (riporto la cucitura a 7mm)
- Cucire il terzo strato insieme agli altri due, ormai fissati definitivamente (Es. il profilo)

Il vantaggio di questa tecnica è che lo strato inferiore, dove agisce il piedino trattore, non scivola via, costringendoci a continue correzioni per mantenere il perfetto allineamento, il prezzo da pagare per questa comodità è di fare due volte ogni cucitura.

Questo non vuol dire che ci si mette il doppio del tempo, sono sicuro che dopo qualche passaggio, la maggiore sicurezza ci permetterà di andare anche più veloci piuttosto che con cuciture singole.

Realizzare una semplice bustina per i cavi

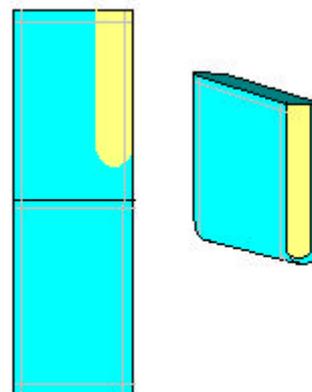
In appendice troviamo le dimensioni per realizzare il progettino, che potrà essere facilmente adattato alle nostre maniglie avvolgicavo.

Per prima cosa disegniamo sopra un foglio di carta, a grandezza reale, il pannello centrale, quello laterale ed il coperchio, rispettando le proporzioni indicate nello specchietto in basso.

Ritagliamo due pezzi uguali per il i pannelli centrali e due per quelli laterali.

Iniziamo la costruzione seguendo le istruzioni che seguono:

- Sovrapporre i due pannelli centrali, tenendo il lato impermeabilizzato all'esterno;
- Eseguire il primo passaggio a macchina lungo il lato corto.
- Aprire i due pezzi di tessuto come se fosse un rettangolo unico.
- Ripiegare su se stesso due volte ed effettuare il secondo passaggio come indicato per la cucitura doppia ribadita.
- Sovrapporre il pannello laterale a quello centrale, con il lato impermeabilizzato all'interno, fissare il lato lungo del pannello centrale sul perimetro di quello laterale, secondo una delle tecniche descritte in precedenza ed unirli con una cucitura singola.
- Fare lo stesso dall'altro lato, mantenendo sempre la cucitura all'esterno.
- Orlare con una cucitura semplice tre lati del coperchio, lasciando libero uno dei lati lunghi.
- Allineare il lato lungo del coperchio, rimasto libero, con quello corto di uno dei due pannelli centrali. Tenendo il coperchio all'interno della bustina, con i bordi ribaditi verso l'altro pannello. Fissarlo e rifinire tutto il bordo della bustina con una orlatura semplice, inglobando anche il coperchio.
- Rovesciare il sacchetto.
- A questo punto non ci resta che cucire i pezzetti di velcro nella giusta posizione e il lavoro è fatto.



Ora abbiamo imparato a fare tutte e tre le cuciture principali descritte nel capitolo, abbiamo imparato a fare le curve intorno ai profili, gli orli e le cuciture ad angolo retto. Solo se ci sembra tutto perfetto, possiamo passare al montaggio dell'aquilone vero e proprio, è meglio smontare tutto e ricominciare daccapo adesso, a costo zero, piuttosto che ritrovarsi con un aquilone che non ci piace.

Mettere i rinforzi e gli attacchi delle briglie sui profili

A questo punto dovremmo aver ritagliato almeno i profili alari che costituiranno la struttura portante dell'aquilone; ognuno di essi avrà disegnati i fori di travaso, e su quelli che supportano le briglie i rispettivi attacchi e rinforzi.

A seconda delle nostre preferenze e del tipo di costruzione che andremo a fare, abbiamo due possibilità di rinforzo: in cavo ed in tessuto.

Il **rinforzo in cavo** si ottiene cucendo lungo le linee di maggior sforzo, un cavetto in dacron o dyneema di resistenza adeguata.

Io preferisco utilizzare un cavo di dacron con carico di rottura di almeno 50kg; perché essendo leggermente

elastico, non stressa eccessivamente il profilo e la cucitura con cui è realizzato; costa molto meno del Dyneema e, a parità di resistenza, è molto più spesso e facile da cucire.

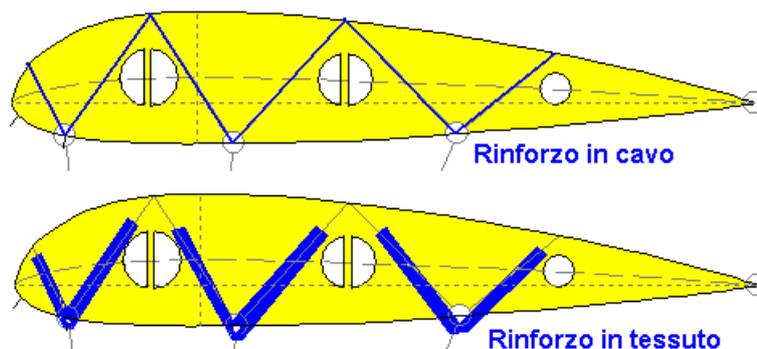
Per cucire bene questi rinforzi è necessario un poco di allenamento, che potremo fare su qualche avanzo di materiale; un buon aiuto ci può arrivare dal piedino della macchina, ne esistono, alcuni appositi con la scanalatura centrale, che ci permette di seguire fedelmente il percorso del filo.

L'esecuzione di questa cucitura non richiede un fissaggio iniziale e può essere eseguita a mano libera:

- si inizia dalla prua del profilo, posizionando la tela sotto la macchina, poi si distende il cavo sulla linea di rinforzo, in modo che sporga oltre la linea di cucitura del profilo;
- sullo spazio esterno del profilo, un paio di mm fuori dalla linea di cucitura, si abbassa il piedino e si fa calare l'ago manualmente passando il cavo ed il tessuto;
- si danno un paio di punti a bassa velocità, anche manualmente ruotando il volano della macchina, in modo da fissare bene il cavo sulla tela;
- si prosegue a velocità normale fino al primo angolo;
- lasciando l'ago abbassato, infilato nel cavo e nel tessuto, si solleva il piedino, si ruota il profilo in direzione della nuova cucitura;
- si riabbassa il piedino e si prosegue a velocità normale, ripetendo gli angoli in questo modo fino alla fine del rinforzo.

Questo genere di rinforzi è il più classico, ed in fin dei conti, il più semplice e rapido, ma poco si adatta ad aquiloni stagni, perché, come vedremo in seguito, per agganciare le briglie dovremo forare l'intradosso.

Per mantenere stagna la vela dovremo ricorrere a **rinforzi in tessuto**. Questi vanno preparati prima e montati sul profilo all'atto della cucitura sull'intradosso.



Questi possono essere realizzate con una fettuccia di dacron da 1 cm piegata a metà, oppure, per vele destinate a vento medio debole, ottenute con gli avanzi di spinnaker.

Con lo spi, si ritagliano strisce di circa 15-20mm di larghezza, si ripiegano in tre e si fissa il tutto con uno zigzag nel senso della lunghezza.

Dalle fettucce così ottenute si prendono spezzoni da 7-10 cm in modo da coprire una singola "V" per ogni attacco. Ogni attacco sarà cucito con un passaggio semplice diritto al centro della fettuccia.

Costruire le valvole

Sempre lavorando sui profili portanti, possiamo ora ritagliare i fori di travaso e costruire le valvole, se le abbiamo previste. E poi passeremo a quelle sulle aperture di gonfiaggio.

Valvole a tasca

Come abbiamo visto nel capitolo sulla progettazione, le valvole a tasca non sono altro che un trapezio di tela cucito intorno ai fori di travaso. Al fine di prevenire l'intrusione di sporcizia nelle celle chiuse è bene sempre mettere una garza dalla parte d'ingresso dell'aria.

Utilizzando fori circolari le dimensioni del trapezio isoscele saranno:

base minore e altezza = diametro del foro + 4-5 mm;

base maggiore = 1,5 volte base minore.

A queste dimensioni va aggiunto un adeguato spazio per le cuciture che potrà essere ridotto a 3-4 mm se le valvole sono tagliate a caldo, altrimenti dovremo orlarne almeno il lato d'uscita; cosa che renderà la valvola un po' più rigida e meno efficiente.

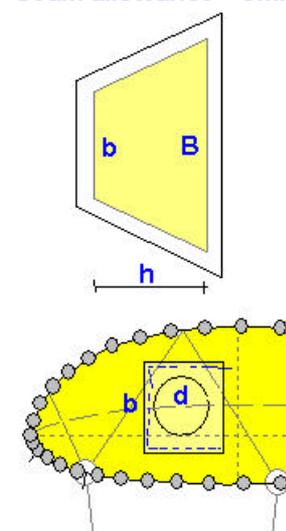
L'assemblaggio delle valvole è abbastanza semplice e può essere eseguito a mano libera senza particolari fissaggi, soprattutto utilizzando una procedura simile alla seguente:

- ritagliare un quadratino di garza con lato pari alla base minore della valvola;
- cucire il lato poppiero della garza sul profilo;
- ribaltare il profilo e cucire la valvola lungo i tre lati corti, compresa la garza dall'altro lato, lasciando eventuali orlature all'esterno.

Valvole a saracinesca

Queste valvole vanno tagliate insieme alle superfici esterne e cucite sull'estradosso insieme alla garza di copertura del foro.

$$\begin{aligned} b &= d + 5\text{mm} \\ h &= b \\ B &= 1,5 b \\ \text{Seam allowance} &= 5\text{mm} \end{aligned}$$

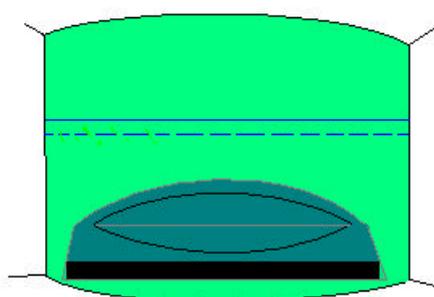
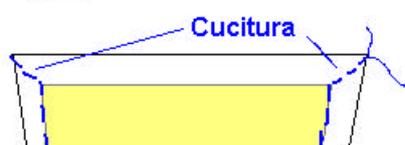
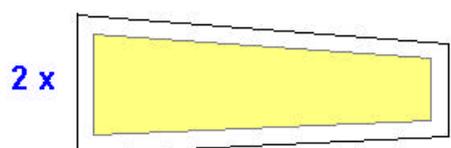


Se queste valvole prevedono un fissaggio anche sul profilo, l'assemblaggio diventa complicato, e modifica sostanzialmente tutta la procedura per cucire insieme profili, superfici e garza di protezione.

Anche in questo caso il taglio a caldo è da preferire, è comunque possibile orlare il bordo d'uscita; il risvolto deve comunque rimanere esterno alla superficie di chiusura della valvola.

Valvole a tubo in tessuto

Anche se rappresentano l'ultima moda in fatto di aquiloni stagni, sono la via più semplice e sicura per realizzare delle valvole d'ingresso aria.



Valvola finita

Premesso che la forma del foro d'ingresso può essere qualsiasi, almeno per i primi progetti è meglio orientarsi verso forme oblunghe, a forma di asola.

Per facilitarne il montaggio, è bene ritagliare un pezzo di spinnaker come se fosse la retina di protezione per un vent rettangolare a tutta cella, ma molto più grande; montarci sopra la valvola e poi cucire tutto secondo le istruzioni per questo tipo di ingressi.

Per prima cosa realizziamo il tubo tagliando due trapezi isosceli, la cui altezza non sarà superiore ad un terzo della lunghezza della corda dei profili adiacenti alla cella. La base maggiore è uguale alla metà della circonferenza del foro più lo spazio per le cuciture, la base minore è uguale a $\frac{4}{5}$ della base maggiore più lo spazio per le cuciture.

La cucitura dovrà essere fatta secondo lo schema in figura, in modo da poter ripiegare il bordo

d'ingresso sulla circonferenza del foro.

Ritagliamo la retina di chiusura che sarà della stessa forma dell'apertura più lo spazio per cucirla se la manteniamo chiusa, altrimenti dovremo aggiungerci lo spazio per il velcro.

Le procedure di costruzione sono diverse se si considerano le valvole chiuse od apribili.

Valvole chiuse:

- disegnare l'apertura sullo spinnaker senza tagliarla;
- fissare nell'ordine spinnaker, retina, valvola;
- cucire con punti zigzag, se si usa il nastro adesivo, diritti negli altri casi;
- ritagliare con un taglierino il foro sullo spinnaker, vicino alla cucitura, facendo molta attenzione alla retina;
- se si usa un taglierino a caldo (consigliato), si può interporre tra retina e spinnaker un pezzetto di carta velina che a fine operazioni potremo rimuovere strappandolo lungo le cuciture.

Valvole apribili:

- preparare la retina con il velcro cucito sopra (lato soffice);
- cucire l'altro velcro sullo spinnaker (lato uncinato);
- tagliare l'apertura sullo spinnaker;
- infilare la valvola nella feritoia e cucire il lato inferiore;
- fissare la retina e cucire tutto, completando il lato superiore della valvola.

È preferibile usare sempre valvole apribili, poiché quando l'aquilone è a riposo, il tubo può arrotolarsi creando problemi di gonfiaggio, aprendo il velcro ed utilizzando una stecca di plastica si può facilmente rimettere il tubo nella giusta posizione e facilitare il pregonfiaggio, soprattutto con venti molto deboli.

Valvole a tubo in lattice

Se si riesce a superare il blocco psicologico di utilizzare dei profilattici, per un uso diverso da quello per cui sono stati prodotti, questa è una soluzione interessante, tra l'altro usata da alcune case per la produzione in serie.

La copertura in garza deve essere in qualche modo apribile, perché il lattice, con il sole può deteriorarsi, ed è quindi necessario creare un accesso per la manutenzione ordinaria o per sostituire il tubo.

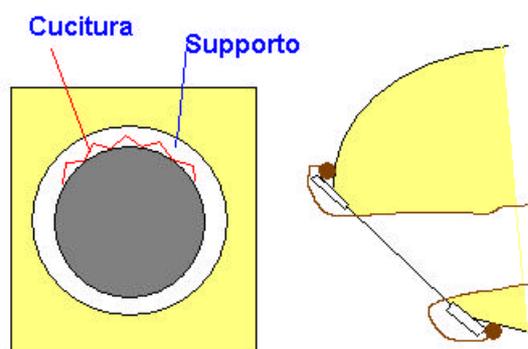
Si tratta semplicemente di cucire un adeguato supporto a collare, intorno ad un foro calibrato per il tubo. La figura al lato ne rappresenta molto schematicamente il montaggio.

La retina di chiusura potrà essere a tutta cella, come nella figura al lato, soluzione perseguibile, tra l'altro anche per le valvole in tessuto.

Come materiale per costruire il supporto si può utilizzare qualsiasi plastica rigida, che permetta di essere cucita, per esempio la plastica trasparente con cui sono realizzati i blister rigidi.

L'ideale è utilizzare un foglio di nylon o pvc dello spessore di circa mezzo mm, in commercio nei migliori negozi di materie plastiche.

Il problema principale di queste valvole è la loro dimensione fissa, e quindi non sempre adatta a tutti gli aquiloni, per vele molto grandi, bisogna prevedere un certo numero di aperture, per mantenere un gonfiaggio adeguato.



Realizzare un'apertura di scarico e pulizia

Come abbiamo già visto, quando un aquilone è completamente chiuso, c'è la possibilità che entri acqua o sporcizia, tirarla fuori da dove è entrata spesso è impossibile. Anche sgonfiare la vela per riporla nel sacco può essere un problema se l'abbiamo costruita come si deve.

Per questo motivo, di solito si mette una specie di tasca sul bordo d'uscita, che una volta aperta, ci mette direttamente in comunicazione con l'interno del kite.

Realizzarla non è affatto difficile, facendo riferimento alla figura al lato e seguendo la procedura che segue potremo capire meglio come funziona.

- Ritagliare due rettangoli di tessuto larghi quanto la cella che dovremo aprire, più il necessario spazio per le cuciture.
- Cucire i rettangoli, rispettivamente su intradosso ed estradosso, prima che questi vengano assemblati con il resto della vela.
- Posizionare e cucire le chiusure in velcro.
- Assemblare l'aquilone come descritto in seguito.

Quando dovremo chiudere il bordo d'uscita, procederemo come per una vela normale, ma, una volta arrivati alla valvola, faremo il giro dei pezzi di tessuto che abbiamo installato precedentemente.

Costruire la vela

A questo punto possiamo finalmente veder crescere il nostro aquilone, ogni cucitura darà una aspetto sempre più definitivo al nostro lavoro, la parte più dura sta per arrivare.

Non ci spaventiamo di smontare una cucitura che non ci soddisfa, tagliamo i fili, rimontiamo tutto e ricominciamo daccapo, altrimenti il rimorso di non averlo fatto ci perseguiterà tutte le volte che lo facciamo volare.

Ogni volta che smontiamo una cucitura dovremo otturare tutti i forellini lasciati dal vecchio filo con una strisciolina di spinnaker adesivo, contribuirà a mantenere gonfio l'aquilone; è obbligatorio per vele ad utilizzo marino.

Guardando l'aquilone di fronte, inizieremo la costruzione da sinistra verso destra, in modo da avere l'aquilone sotto il braccio della macchina nelle cuciture più facili ed all'esterno per quelle più difficili.

Possiamo ordinare i pezzi in modo da seguire uno schema come quello in figura.

Seguiremo passo passo le procedure che seguono con le dovute eccezioni che ogni volta saranno specificate.

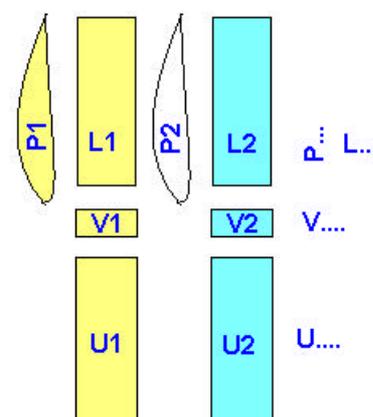
Per migliorare l'allenamento con la macchina, prima di affrontare la parte difficile possiamo unire, cella per cella, intradosso, vent ed estradosso, ottenendo così una striscia unica per ogni cella.

Per vent intendo qualsiasi cosa andrà al posto del foro di ingresso dell'aria, sia essa la retina di protezione per le aperture a tutta cella, lo spinnaker per le celle chiuse, oppure il supporto per le valvole che abbiamo costruito in precedenza.

Per aquiloni senza profilo alle estremità saltare al punto **f** e scalare di uno la numerazione dei profili (Es. P2=P1)

IMPORTANTE: non cucire ancora i bordi d'uscita uno sull'altro !

a) Allineare il bordo inferiore del primo profilo (Es. P1) con bordo esterno del primo pezzo di intradosso (Es. L1). Fissare, mantenendo a contatto i lati impermeabili di entrambi i componenti. Se si utilizzano attacchi per le



briglie in tessuto, questi vanno inseriti nella giusta posizione tra profilo ed intradosso.

- b) Cucire con un passaggio semplice partendo dall'attacco del vent sull'intradosso verso il bordo d'uscita. Se si utilizzano rinforzi in tessuto passare con uno zigzag abbastanza stretto il passaggio sull'attacco.
- c) Cucire i rinforzi dell'attacco per le briglie sul profilo (solo se in tessuto).
- d) Portare i pezzi uniti sulla destra della macchina e fissare vent ed estradosso lungo il bordo superiore del profilo.
- e) Cucire con un passaggio semplice sovrapponendo un paio di mm sulla vecchia cucitura, sempre partendo dal bordo d'attacco verso quello d'uscita.
- f) Posizionare e fissare i seguenti strati, dall'alto verso il basso, in quest'ordine: intradosso della cella successiva (Es. L2), intradosso della cella in costruzione (Es. L1) e profilo successivo (Es. P2) Se si utilizzano attacchi per le briglie in tessuto, questi vanno inseriti nella giusta posizione tra i due intradossi.
- g) Cucire con un passaggio semplice partendo dall'attacco del vent sull'intradosso verso il bordo d'uscita. Se si utilizzano rinforzi in tessuto passare con uno zigzag abbastanza stretto il passaggio sull'attacco.
Eccezione: in caso si vogliano montare valvole a saracinesca cucite sul profilo, partire dall'attacco del vent sull'estradosso.
- h) Cucire i rinforzi dell'attacco per le briglie sul profilo (solo se in tessuto).
- i) Eventualmente fissare e cucire la valvola sul profilo esterno.
- j) Portare i pezzi uniti sulla destra della macchina e fissare vent ed estradosso lungo il bordo superiore del profilo.
- k) Cucire con un passaggio semplice sovrapponendo un paio di mm sulla vecchia cucitura, sempre partendo dal bordo d'attacco verso quello d'uscita.
- l) Ripetere i punti dal punto **f** fino al penultimo profilo, nel caso ce ne sia uno all'estremità, oppure fino alla fine. In quest'ultimo caso possiamo saltare direttamente al punto **q** altrimenti dobbiamo chiudere l'aquilone secondo quanto segue.
- m) Arrotolare tutto l'aquilone come per fare un cartoccio conico, con il vertice sul bordo d'entrata dell'ultima cella.
- n) Tenerlo fermo con degli elastici a valle dell'ultima cella.
- o) Rovesciare l'ultima cella e, seguendo i punti **f - g - h**, cucire l'ultimo profilo, con il lato impermeabile all'interno della cella. Naturalmente fissandolo come è stato fatto per tutto il lavoro già eseguito.
- p) Rovesciare di nuovo l'ultima cella estraendo il cartoccio dal bordo d'uscita.
- q) A questo punto non ci resta che chiudere l'aquilone facendo un orlo semplice sul bordo d'uscita, ed eventualmente al posto dei profili d'estremità. Nell'esecuzione dell'orlatura dovremo includere un cavetto, come quello usato per i rinforzi sui profili. Per quanto possibile cercheremo di passare con i punti esattamente sopra il cavo di rinforzo.

Come abbiamo notato tutte le cuciture si eseguono dal bordo d'entrata verso quello d'uscita, nonostante saremo stati precisi fino all'esasperazione, accumuleremo un certo disallineamento sul bordo d'uscita dovuto ad errori di montaggio e cucitura.

Non disperiamo, è normale, abbiamo seguito questa sequenza proprio per confinare gli errori nel punto dove fanno meno danni, e dove si può semplicemente porvi rimedio. Nell'esecuzione dell'orlatura sul bordo di uscita, seguiremo una linea che, più o meno, conduce lungo tutto l'aquilone, cercando, per quanto possibile di non cucire la parte finale dei profili, anche il cavetto di rinforzo può darci una mano significativa.

A questo punto la vela è finita e possiamo osservare il nostro lavoro con una certa soddisfazione, non ci resta che attaccare le briglie e pregare per una giornata di vento come si deve.

Fare e montare le briglie

Secondo la canonica divisione del tempo necessario a realizzare un aquilone, si dice che questa sia:

1/3 building – 1/3 bridling – 1/3 tuning

In realtà, per quanto noiosa, la fase di brigliatura ci ruberà soltanto qualche ora, la fase di messa a punto, invece, può essere un incubo.

Anche in questa fase dovremo cercare di essere più precisi possibile, ma ogni errore, per quanto grave, può essere facilmente recuperato, di solito basta rifare un nodo.

Materiali

Il nostro portafogli ci darà indicazioni chiare sul tipo di cavo da utilizzare, data la notevole quantità necessaria e la disparità di prezzi che il mercato ci offre. È inutile dire che materiali migliori danno risultati migliori, ma hanno prezzi superiori, solo la capacità delle nostre tasche potrà far pendere decisamente l'ago della bilancia da una parte o dall'altra.

Per un aquilone di dimensioni medie, è bene, comunque, utilizzare cavi con carico di rottura non inferiore a 50kg ed a 75kg/100kg se destinati ad un uso con vento forte o kitesurf.

Vediamo nel dettaglio le caratteristiche dei materiali che si trovano comunemente in commercio.

Nylon: è abbastanza facile trovare cavi in questo materiale, prodotti anche per un uso non strettamente aquilonistico. Nonostante il prezzo decisamente basso, l'alto coefficiente di allungamento ne sconsiglia chiaramente l'uso.

Dacron: è un particolare tipo di fibra poliestere ad alta tenacità, molto resistente agli agenti atmosferici, al sole e alla salsedine. È normalmente usato per vele di media qualità. Il coefficiente di allungamento è decisamente inferiore al Nylon, per briglie non particolarmente lunghe fornisce un ottimo rapporto qualità/prezzo.

Dyneema e Spectra: praticamente lo stesso materiale con nomi diversi, rientra anch'esso tra i derivati del poliestere, è un materiale decisamente

migliore rispetto al dacron, con un coefficiente d'allungamento di poco inferiore ed una resistenza specifica superiore, ma costa di più.

Tradotto in pratica significa che: a parità di resistenza meccanica possiamo fare briglie più sottili e quindi più efficienti aerodinamicamente.

Ha il difetto di essere piuttosto scivoloso e quindi, i nodi tendono a sciogliersi oppure a inchiodarsi definitivamente.

Per questo si preferisce utilizzare versioni inguainate oppure cucire le asole piuttosto che annodarle.

Kevlar: rientra tra le fibre cosiddette aramidiche, resiste, a parità di peso, quattro volte più dell'acciaio ed è incombustibile. Nonostante la sua eccezionale resistenza è facilmente attaccabile dagli agenti atmosferici, in particolar modo dai raggi ultravioletti, inoltre mal sopporta piegamenti netti e quindi perde molta della resistenza sui nodi.

In commercio si trova quasi sempre con una guaina esterna in poliestere, al fine di proteggerlo dal sole ed aumentare il raggio di curvatura dei nodi.

È molto costoso, anche in relazione al fatto che questi cavi dovrebbero essere sostituiti con una certa frequenza, in quanto è impossibile controllare lo stato di usura dell'anima.

Tutti i cavi intrecciati, in qualsiasi materiale, quando sono nuovi, presentano un impercettibile lasco tra le fibre, dovuto proprio al processo di lavorazione, anche quelli cosiddetti "prestirati".

Per non avere sorprese a fine lavoro, è bene caricare per qualche tempo il cavo che useremo per realizzare le briglie.

Potremo utilizzare lunghezze di circa 50m, che annoderemo ad un punto fisso, poi dall'altro lato, tramite una maniglia o un gancio, applicheremo una forza gradualmente crescente, che manterremo per qualche minuto.

Ripeteremo l'operazione per almeno due o tre volte, alla fine il cavo risulterà qualche cm più lungo, e manterrà questo allungamento anche dopo che è stato montato sulla vela.

Per tagliare il filo useremo le forbici o una lama affilata, l'ideale è di usare il taglierino a caldo che abbiamo costruito per tagliare la tela.

Quando tagliamo un cavo a freddo questo ha la tendenza a sfilacciarsi, rendendo difficile l'uso dell'ago per fare le briglie. Usare una fiamma per saldare la punta può essere una soluzione, ma va fatto con una certa maestria, perché il calore eccessivo tende a formare una pallina in testa al cavo, che impedirebbe comunque l'uso dell'ago.

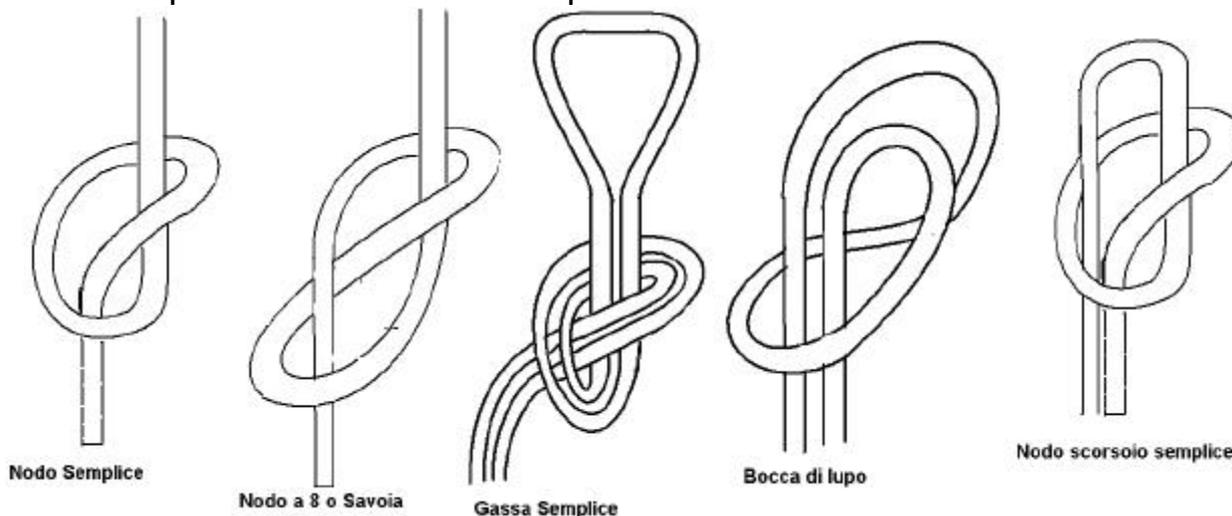
La soluzione può essere anche quella di riscaldare una lama sulla fiamma e poi procedere al taglio.

Spectra e dyneema fondono a temperature molto più alte del nylon, per queste useremo un saldatore più potente.

Nodi

Da bravi aquilonisti dovremmo avere nel bagaglio culturale la capacità di eseguire un certo numero di nodi, in realtà non sono molti e si possono comunque imparare rapidamente.

Questi sono: nodo semplice o piano, otto o nodo Savoia, gassa semplice, bocca di lupo e nodo scorsoio semplice.



Sono i nodi più semplici che esistono, la difficoltà vera non sta nell'annodare il filo, ma nel far capitare il nodo esattamente dove vogliamo, né un mm più su né uno più giù.

Annodare cavi così sottili non è un'impresa banale, ma scioglierli, qualche volta può essere quasi impossibile, i vecchi marinai insegnano che un vero nodo deve essere facile da fare e facile da sciogliere, e soprattutto non deve sciogliersi da solo, per questo motivo non riconoscono il nodo semplice come vero nodo marinaro.

Il nodo semplice, come pure la gassa semplice, tendono ad essere "definitivi", cioè si inchiodano, se sottoposti a sollecitazioni importanti.

Se facciamo un nodo che prevediamo di dover sciogliere, prima o poi, possiamo semplicemente sostituire il nodo semplice con il Savoia e la gassa semplice con una fatta con lo stesso giro del nodo a otto.

La via più sofisticata per unire le briglie è quella di utilizzare degli anelli cuciti, questa tecnica garantisce un maggior carico di rottura sulle giunzioni, rispetto ai nodi. A seconda del nodo, la resistenza di un cavo si riduce di circa la metà, mentre una gassa cucita, resiste almeno $2/3$ del cavo disteso. Il lavoro viene molto più pulito, senza grovigli e la resistenza indotta dalle briglie si riduce sensibilmente.

L'unico svantaggio di questa soluzione è dato dal fatto che sarà impossibile mettere a punto la vela sul campo, in quanto è difficile sciogliere, e poi rifare una giunzione del genere.

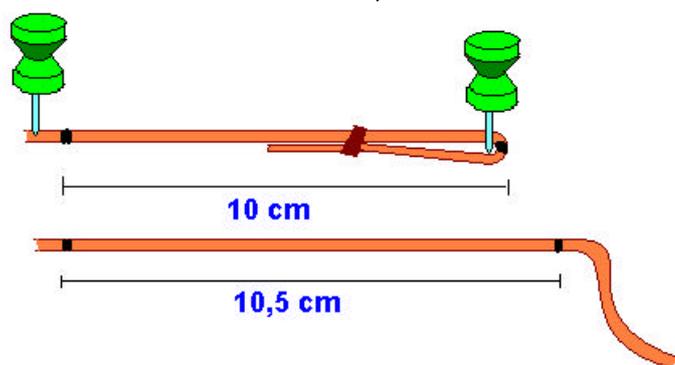
A meno di seguire fedelmente un progetto già consolidato, utilizzo un sistema, preciso, ma decisamente provvisorio, solo alla fine dei voli di prova, torno alla macchina per cucire e fisso tutto definitivamente.

Misurare le briglie

I metodi per costruire le briglie sono molteplici, ognuno può adottare la linea che più preferisce, soprattutto in funzione dei materiali che utilizza; ci sono cavi più o meno scivolosi, e quindi più o meno difficili da annodare.

Quale che sia il nostro metodo di progettazione, a questo punto dovremmo avere una tabellina, dove segmento per segmento, sono riportate le misure di tutta brigliatura. Per realizzare le briglie della giusta lunghezza non basta tagliare “a misura” il cavetto e poi annodarlo, oppure andare per tentativi, sarebbe un’impresa gigantesca; per fortuna esistono piccoli accorgimenti che renderanno la faccenda molto più sbrigativa.

Quando facciamo un nodo sopra un cavo, questo si accorcia, la misura di questo errore, a parità di cavo e di nodo, è fissa e facilmente misurabile.



Infatti, questa è la prima operazione che dovremo fare:

- prendere uno spezzone del cavo che useremo per fare le briglie (Es. 20cm).
- Fare una gassa ad un'estremità (semplice o savoia, dipende da quale useremo in seguito).
- Stendere il cavetto ed eventualmente fissarlo sulla tavola di taglio con due puntine da disegno.
- Con una matita molto morbida o una penna prendere un segno a metà dell'anello, sulla piega, ed un altro sul cavo, ad una distanza **X** dal primo (Es. 10cm).
- Sciogliere la gassa e misurare la distanza tra i due segni.

A questo punto dovremmo trovarci di fronte ad una misura $X'=X+n$ (Es. 10,5 cm), abbiamo scoperto di quanti millimetri si accorcia il cavo per fare un anello cioè **n=5mm**.

A questo punto per fare una qualsiasi briglia lunga **Y** ci basta prendere un segno distante da un punto fisso pari ad **Y+n**, piegare e fare una gassa, la distanza tra il punto fisso e l'altra estremità sarà sempre pari a **Y** indipendentemente dalla grandezza dell'anello; provare per credere.

A questo punto, l'anello sarà il punto fisso su cui annodare il successivo ordine di briglie.

Montare le briglie

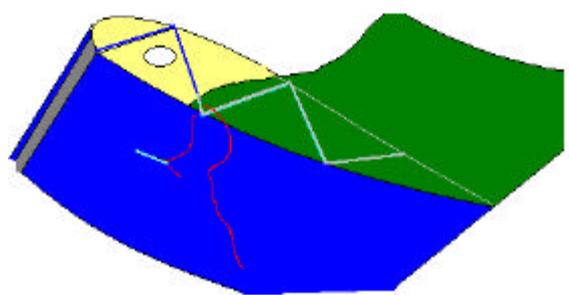
Adesso abbiamo tutti gli elementi per cominciare il lavoro certosino di mettere in opera tutto l'insieme di cavi che tiene in piedi l'aquilone.

La procedura spiegata di seguito è quella classica, ci sono numerose varianti sul tema, lascerò ad ognuno il fascino di scoprire metodi alternativi, nel paragrafo successivo accennerò anche ad un metodo molto sbrigativo, ma come vedremo, da prendere con un poco di attenzione.

Riprendiamo la tavoletta che abbiamo usato per tagliare la stoffa, e fissiamoci sopra una riga millimetrata. I più sofisticati potranno fare un disegno in scala reale con tutti i segmenti annotati, da fissare sulla tavoletta, qualsiasi cosa va bene purché possiamo misurare dal bordo verso l'interno.

Cominciamo dalle briglie primarie:

- prendere un ago da lana appuntito, infilare il filo.
- Facendo un punto più piccolo possibile, passare dall'intradosso; agganciare il rinforzo interno cucito sul profilo ed uscire dall'intradosso della cella accanto.
- Se abbiamo previsto gli attacchi in tessuto, possiamo anche fare a meno dell'ago, basterà passare il filo nell'occhiello.
- Sfilare l'ago e fare un nodo semplice sull'estremità.
- Fare un nodo scorsoio, in modo che il nodino appena fatto ne impedisca lo scioglimento.
- Serrare la gassa fino all'aquilone con forza.
- Appoggiare l'intradosso al bordo della tavoletta e tendendo con decisione il cavo, segnare la misura della briglia più il necessario per il nodo, (V. Y+n paragrafo precedente).
- Fare una gassa.
- Tagliare il filo ad un paio di cm dalla gassa.
- Ripetere per tutte le briglie primarie; per i freni basterà agganciare il cordino che passa nell'orlo del bordo d'uscita.



Con la stessa sequenza procediamo con le briglie secondarie:

- riunire tutte le primarie che fanno capo alla stessa secondaria.
- Passiamo il filo negli anelli e facciamo un nodo scorsoio semplice, col nodino di bloccaggio, come sopra.
- Usare la tavoletta per prendere la misura, tracciare il segno come sopra, fare una gassa e tagliare il filo.
- Ripetere per tutte le secondarie.

Variazione sul tema:

- riunire tutte le primarie che fanno capo alla stessa secondaria.
- Tagliare un pezzo di cavo sufficiente a fare la briglia.
- Fare una gassa un po' lunga all'estremità.

- Infilare l'anello nelle briglie primarie e bloccare con una bocca di lupo ottenuta infilandoci il resto del cavo.
- Finire la briglia come sopra.

Questa variante garantisce uno smontaggio più semplice ed una migliore tenuta dei nodi, ma ha lo svantaggio di utilizzare più materiale ed un risultato estetico peggiore.

Concludere riunendo, con un cavetto, le briglie secondarie nei punti di carico, dove agganceremo i cavi di comando, quest'ultimo tratto deve essere fatto con un cordino di spessore adeguato e carico di rottura non inferiore ai cavi con cui piloteremo l'aquilone.

Il modo in cui realizzare questo tratto finale lo lascio alla fantasia del lettore.

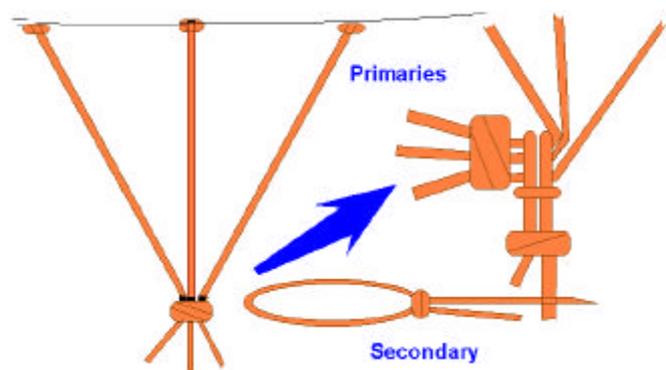
La brigliatura definitiva

Alla fine del lavoro possiamo correre fuori e provare per la prima volta il nostro prototipo.

Purtroppo nella maggior parte dei casi, dovremo tornare sulla brigliatura e modificare qualcosina, magari solo per prova, e poi tornare alle origini. Solo quando è tutto consolidato si possono cucire gli anelli e tagliare tutti i fili di troppo, bruciare le punte e rifinire il lavoro.

Se abbiamo la sensazione che il nostro progetto avrà bisogno di molti aggiustamenti, possiamo utilizzare un sistema piuttosto sbrigativo ma che va utilizzato con molta cautela:

- Fissare le briglie primarie all'intradosso come già descritto in precedenza.
- Fare un segno con la matita esattamente alla misura di progetto.
- Riunire tutte le briglie primarie corrispondenti ad un singolo punto di carico (PTP), allineando bene i segni.
- Eseguire un nodo semplice con tutto il mazzetto di briglie, in modo che le linee di misura sporgano appena fuori dal nodo (dalla parte dell'aquilone).
- Serrare bene il nodo, avendo cura che tutte le componenti abbiano più o meno la stessa tensione.
- Preparare le briglie secondarie con un anello di testa lungo almeno un paio di centimetri.
- Fissare la briglia secondaria con una bocca di lupo intorno al nodo delle primarie.
- Misurare dalla linea del PTP e chiudere con una gassa semplice o Savoia. Finire come descritto precedentemente.



Questo sistema permette degli aggiustamenti molto rapidi, ma decisamente sommari e imprecisi, anche in virtù del fatto che i cavi, all'interno del nodo delle primarie, tendono a scorrere in maniera indipendente.

Comunque, a fine prove si ottengono risultati più che soddisfacenti; con l'inconveniente di usare degli accorgimenti volti a minimizzare gli errori:

- Finite le prove, tracciare un segno di colore diverso sulle briglie primarie, all'ingresso del nodo.
- Sciogliere tutti i nodi e rimisurare le briglie sul nuovo segno, cercando di uniformare il più possibile le briglie di sinistra con le corrispondenti di destra ecc.
- Eventualmente ripassare le misure al computer, per verificare e ricostruire i dati di base, per giungere alla nuova brigliatura.
- Chiudere le briglie primarie con degli anelli cuciti.
- Infilare le gasse delle secondarie negli anelli delle primarie e fissare con una bocca di lupo. Rimisurare le secondarie. Un errore di un paio di mm su tutte le briglie secondarie è accettabile e non cambia l'assetto dell'aquilone; a patto che sia uniforme su tutte le briglie e che queste siano abbastanza lunghe (> 50cm).
- Se l'errore è variabile, aggiustare le briglie secondarie.

A questo punto abbiamo reso definitiva la brigliatura del nostro aquilone e possiamo godercelo senza più preoccupazioni di sorta.

IMPORTANTE: a questo punto è fondamentale scrivere tutte le misure delle nuove briglie così realizzate; perché, altrimenti, se una dovesse rompersi, potrebbe essere difficile ricostruire i passaggi che ci hanno portato alla nuova misura. Se poi volessimo costruire una copia di questo aquilone eviteremmo tutti i test e le notti insonni passate dietro al prototipo.

Capitolo 6 – Il primo volo

Siamo pronti per vedere all'opera il nostro prototipo, sicuramente ci tremano le mani per l'emozione, la prova del 9, tutto il tempo passato a lavorare dietro il computer e la macchina da cucire si concretizza tutto in un istante: il decollo.

Il terrore che tutto potrebbe trasformarsi in un fiasco ci attanaglia, riusciremo a pensare razionalmente solo dopo che l'avremo visto volare... ma se ciò non avviene, non disperiamo, forse abbiamo solo scelto la giornata sbagliata. Confidiamo nel fatto che con un'attenta brigliatura si recupera anche il progetto più brutto del mondo, di seguito troveremo le linee guida per risolvere i problemi e migliorare le prestazioni del nostro prototipo.

Ricordiamoci di portare con noi le tabelle di brigliatura alternative, che avremo preparato in fase di progettazione, qualche metro di cavetto per le briglie, un pezzetto di spinnaker adesivo e un paio di forbici.

Ritiriamo fuori la specifica che abbiamo scritto ormai qualche settimana fa, dove abbiamo scritto le caratteristiche che ci aspettiamo da questa vela. È importante, perché non possiamo aspettarci nulla di diverso, non si può pensare di modificare due cordicelle e fare una vela completamente diversa, dovevamo pensarci prima.

Scegliere la giornata ideale

A meno di aver costruito un aquilone molto grande (>8mq), qualsiasi sia il target di vento del nostro prototipo, è bene cominciare con poca aria, diciamo tra gli 10 e i 12 nodi.

È fondamentale che il vento sia il più costante possibile, senza raffiche e salti di vento. Dato che dovremo osservare attentamente la nostra creazione, sarebbe bene avere la possibilità di pilotare l'aquilone con il sole alle spalle.

Queste condizioni ci consentono di avere una spinta sufficiente a far volare bene l'aquilone, ma senza troppi problemi causati dalla trazione eccessiva, di valutarne attentamente la finestra di volo e fare tutte le manovre possibili. Ci riserveremo un seconda uscita per testarlo in condizioni più "hard".

Facciamoci aiutare. La possibilità di provare la vela insieme ad un amico, sicuramente renderà meno soggettive le nostre valutazioni, se poi è più bravo di noi ci aiuterà sicuramente più di quanto possa fare io con questo libro.

Se poi il nostro amico possiede un altro aquilone con caratteristiche comparabili al nostro, allora abbiamo raggiunto il massimo. Potremo sapere se abbiamo fatto una cosa buona o mediocre, ci potremo togliere anche la soddisfazione di batterlo nella prima giornata di prove... ma non ci conterei molto.

Risolvere i problemi

Questo paragrafo è forse il più importante di tutto il libro, perché ci permette di capire qualsiasi aquilone, anche se non lo abbiamo progettato noi.

Come ho detto precedentemente, è difficilissimo fare un foil che non riesce a volare affatto, c'è sempre un modo per recuperare; fare una buona vela è tutto un altro discorso.

Questo paragrafo, come il successivo è organizzato come quei documenti che si trovano spesso su internet e sono chiamati FAQ (Frequently Asked Question); cioè ad ogni domanda possibile corrisponde una o più risposte.

Molte delle soluzioni che troverete di seguito sono prese dall'esperienza fatta sulla mia pelle e su quella di chi scrive e pubblica su internet, dalle risposte che ho ricevuto e letto sui vari forum che frequento e dalle homepage di chi ha voluto aiutarci.

L'aquilone non decolla!

Non ci preoccupiamo, non è la cosa più grave che può succedere, tanti aquiloni anche ad alte performance non ce la fanno a decollare dal centro della finestra del vento.

Può dipendere da diversi fattori:

- L'aquilone è troppo pesante e c'è poco vento. La soluzione la conosciamo da soli, ma attenzione a dare la colpa al vento, con 10 nodi decollano tutti gli aquiloni, a meno di quelli fatti in cemento armato.
- Più facilmente dipende da un AoA troppo alto tale che nel punto di decollo supera i 90° e fa' stallare tutta l'ala, prima ancora che si muova. Provare un decollo a bordo finestra, se l'aquilone vola, continuiamo con le prove prima di ridurre l'AoA, altrimenti, la situazione è più grave del previsto.
- Non c'è abbastanza pressione interna: farsi aiutare, magari tenendo la vela sollevata da terra e favorire il gonfiaggio e riprovare il decollo; ritentare a bordo finestra.
- Abbiamo montato le briglie al contrario... può succedere! Verificare anche a campione la lunghezze.
- I cavi dei freni sono troppo corti: è abbastanza facile verificare questo inconveniente, perché l'aquilone tende a partire lo stesso, ma appena si solleva da terra ricade giù. Allungare i freni, oppure accorciare i cavi principali.

L'aquilone non si gonfia!

Il problema può essere grave ma non irrisolvibile, normalmente si tratta di un errore di progettazione dei Vent oppure di un qualche malfunzionamento delle valvole di non ritorno. Vediamo di seguito i casi più comuni.

- Vent troppo piccoli o comunque insufficienti: l'aquilone stenta a gonfiarsi in fase di decollo, ma una volta in volo, funziona bene. Ci conviene tenercelo così, dovremo prestare attenzione all'uso dei freni o a situazioni di stallo, che potrebbero far precipitare la vela improvvisamente.
- Se, altrimenti, l'aquilone decolla e tende a sgonfiarsi in fase di accelerazione, è la situazione più grave, si possono aprire alcune celle

eventualmente chiuse, e rinforzare la zona con lo spinnaker adesivo. Se il problema persiste, abbiamo scelto un profilo inadatto o posizionato i vent troppo indietro, sull'intradosso.

- Vent posizionati troppo indietro: la vela decolla e vola abbastanza bene, ma collassa a bordo finestra. Aumentare leggermente l'AoA e riprovare, potrebbe essere sufficiente a risolvere il problema. Probabilmente abbiamo scelto un profilo troppo appuntito.
- Vent posizionati troppo in prua: l'aquilone stenta a gonfiarsi in fase di decollo, e il naso tende a schiacciarsi in velocità. Nessun rimedio pratico, ma l'aquilone volerà lo stesso.
- Valvole a tubo accartocciate: quando sgonfiamo e riponiamo l'aquilone, può succedere che le valvole a tubo, per un motivo qualsiasi, restino accartocciate su se stesse. Verificarne sempre, prima di ogni sessione di volo, il corretto posizionamento.
- Freni troppo corti: l'aquilone non riesce a raggiungere velocità sufficiente a gonfiare la vela, e contrastare la pressione esterna del vento.

Nelle curve la semiala interna si sgonfia.

Generalmente dipende da problemi di ventilazione interna dell'aquilone, l'aria non riesce a compensare bene la differenza di pressione tra le due estremità e le sollecitazioni esterne prendono il sopravvento.

Il fenomeno può essere considerato "normale" e accettabile se accade solo in curve molto strette, effettuate quasi esclusivamente con l'utilizzo dei freni e comunque non comporta il collasso della vela. Per risolvere il problema può rendersi necessario smontare l'aquilone e fare qualche piccola modifica.

- Cross Vent troppo piccoli: in questo caso si nota uno sgonfiaggio progressivo dall'estremità verso il centro ed è tanto più accentuato tanto minore è il raggio della curva. È difficile pensare ad un rimedio diverso che smontare l'aquilone e allargare i fori di travaso.
- Vent alle estremità troppo grandi: in questo caso l'aria che esce dalle celle è più di quella che entra. L'ala si sgonfia solo se, utilizzando i freni, si compie una curva talmente stretta che l'estremità interna vola al contrario. Nell'uso comune, queste curve sono rare ed in genere questo inconveniente non costituisce un problema vero e proprio; si può comunque ovviare riducendo la dimensione del vent con del nastro adesivo, facendo attenzione a non comprometterne il gonfiaggio iniziale.
- Le valvole a tasca non funzionano: probabilmente c'è troppo lasco tra il tessuto della valvola ed il foro, oppure è stato fatto un orlo troppo rigido sul bordo libero della valvola. La differenza di pressione tra esterno ed interno è insufficiente a chiuderla.
- Freni corti: tutti i problemi di gonfiaggio cominciano dalle estremità.

L'aquilone è troppo lento.

La resistenza all'avanzamento è molto alta, in questi casi anche l'aumento del vento non migliora la situazione, i motivi possono essere diversi:

- il profilo ha uno spessore elevato; beh, l'abbiamo voluto noi così, tira tanto ma corre poco, non sempre è uno svantaggio! Possiamo diminuire un poco l'AoA, ma attenzione a non esagerare.
- AoA troppo elevato; anche in questo caso potremmo essere alla ricerca della massima trazione, e a volte questo è il prezzo da pagare. Comunque abbiamo molti altri segnali che ci dicono se e quanto ridurre l'angolo d'attacco.
- La vela tende ad avere l'aspetto di una banana. Controllare la differenza tra AoA al centro ed alle estremità, potremmo aver esagerato.
- Resistenze indotte: le briglie offrono una certa resistenza all'avanzamento, se abbiamo lasciato molto lasco ai nodi, sicuramente la situazione migliorerà sensibilmente quando taglieremo via tutti gli avanzi. Oppure ne abbiamo previste troppe, oppure usiamo un cavo inadatto, facciamo un esame di coscienza e troveremo la risposta.
- Freni corti: anche una Ferrari col freno a mano tirato corre poco...

L'aquilone non raggiunge lo zenit.

Sale, sale, ma non ce la fa ad arrivare fino in cima, in genere è facile capirne il motivo, sia perché questo malanno non arriva mai da solo, sia perché la soluzione può essere talmente banale che lo capiamo al volo.

- Poco vento: di solito stenta pure a decollare, vola lentamente e sale bene solo sotto raffica o facendo qualche passo indietro. Soluzione: pregare il dio Eolo.
- AoA troppo grande, soprattutto alle estremità: la resistenza è talmente grande che vince alle basse velocità, sottraendo energia alla portanza, che non ce la fa a tenere su la vela. La vela tende ad assumere la forma di una banana, stenta a decollare ed è molto lenta, quasi come se ci fosse poco vento, ma a centro finestra tira come un bue.
- AoA troppo piccolo: decolla alla grande, ma arrivato ad un certo punto si stabilizza e non sale più di tanto, a bordo finestra è pure peggio. In funzione del vento, l'aquilone si autostabilizza su un angolo di incidenza che gli permette di rimanere in volo. Tutto sommato tira poco, e solo alla massima velocità. Aumentare gradualmente l'angolo di attacco.
- Freni corti: l'aquilone riesce a volare in una ristretta porzione della finestra del vento.

L'aquilone stalla allo zenit.

È il vero "nightmare" di chi progetta aquiloni, e chiunque abbia provato una vela a tubi gonfiabili della seconda generazione sa bene cosa vuol dire.

Del perché avviene questo fenomeno ne abbiamo già parlato nei capitoli sulla costruzione, e quello che possiamo fare in questo momento è ben poco.

- Aumentare l'AoA alle estremità: operazione da eseguire con estrema cura e progressivamente a piccoli passi. Ogni grado che diamo, deprime sempre di più l'efficienza della vela, per questo dobbiamo essere cauti.

- Se usiamo 4 cavi possiamo lasciare una leggera tendenza al superamento dello zenit, dovremo essere solo più attenti nelle manovre.

L'aquilone deriva lateralmente.

La proiezione sul piano verticale è troppo piccola, ogni volta che proviamo a fare una curva, la vela tende a cadere verso il centro della finestra.

- Entro certi limiti, si può riprogettare interamente la brigliatura, usando una curvatura maggiore, dovremo accettare un certo grado di distorsione, soprattutto dell'intradosso, che sarà in un certo qual modo compresso dalla nuova forma.
- Si possono aggiungere delle "winglets" o derivate laterali. Basta sostituire, almeno in parte, il triangolo formato dalle briglie più estreme con un triangolo, o un trapezio di tela, opportunamente rinforzato. Questa operazione può richiedere anche una riprogettazione delle briglie secondarie esterne, ma non è un guaio insormontabile.

Entrambi le soluzioni vanno a detrimento delle prestazioni in egual modo, la prima costa di più in termini di materiale, ma è più semplice, la seconda funziona meglio ed è più economica, ma ci costringe di nuovo al tavolo da disegno e alla macchina per cucire.

Valutare e migliorare le prestazioni

Se siamo arrivati a questo punto della lettura, vuol dire che l'aquilone vola, più o meno bene, ma vola.

A questo punto la vela deve:

- Decollare senza difficoltà al centro della finestra e al bordo.
- Gonfiarsi totalmente, qualche metro dopo il decollo e comunque all'arrivo allo zenit.
- Mantenere la posizione allo zenit, senza troppe manovre e senza tirare troppo.
- Effettuare curve con il centro molto vicino all'estremità interna.
- Rimanere gonfio durante tutte le manovre.
- Percorrere un tratto rettilineo, diagonale alla finestra del vento senza bisogno di correzioni.

Ora possiamo provarlo in condizioni di "esercizio", con vento forte, sul buggy, sul surf. Il fatto che l'aquilone vola non dice che il tira&molla delle briglie sia già finito. Ci resta ancora un lungo e laborioso lavoro di "fine tuning" da fare per poter tirare fuori il massimo da questa esperienza.

Come per qualsiasi motore, sia esso eolico o a scoppio, solo il confronto con una macchina simile ci può dare tutti i risultati che cerchiamo; possiamo però fare delle prove, qualcuna darà risposte positive, altre le daranno negative e dovremo ritornare sui nostri passi; è il duro cammino di chi vuole ottenere buoni frutti.

Alcune grandezze si possono in qualche modo misurare, altre si possono scoprire migliorando il feeling con il giocattolo, vediamo insieme cosa guardare e come.

Misurare la finestra del vento.

L'ampiezza della finestra del vento è il primo degli indici di performance dell'aquilone.

Ci permette di avere più spazio per accelerare e di risalire il vento.

Dobbiamo però tenere in conto alcuni fattori:

- L'ampiezza della finestra varia con l'intensità del vento. Più forte spira il vento, e più potenza si ha a disposizione per superare la resistenza, e soprattutto per vincere il peso dell'aquilone a vantaggio della propulsione.
- Le misure effettuate sono empiriche, e piccole oscillazioni nell'intensità del vento possono indurre errori madornali.
- Nessun aquilone ha una finestra pari a 180°, stallerebbe al top.

Per prima cosa dobbiamo munirci di due paletti con mostravento; basta attaccare una strisciolina di spinnaker all'estremità di una stecca o un paletto, abbastanza resistenti da poter essere piantati a terra.

Un traguardo a squadra, facilmente realizzabile con un pezzo di cartone.

Procediamo nella misura:

- Piantare uno dei paletti sottovento nel campo di volo
- Con il traguardo, piantare l'altro paletto esattamente a 90° con il vento ad una distanza pari alla lunghezza dei cavi più 1 metro.
- Posizionarsi in prossimità di uno dei paletti.
- Volare l'aquilone e mantenerlo a bordo finestra in direzione dell'altro paletto.
- Arretrare in direzione del vento fino a che l'aquilone non raggiunge l'altro paletto (ad essere esatti, l'attacco dei cavi alle briglie dovrebbe essere esattamente sul paletto, ma non serve essere così precisi).
- Misurare la distanza che abbiamo percorso dal paletto direttamente sottovento. (se siamo soli fare un segno a terra o piantare un picchetto e misurare ad aquilone atterrato)
- Riportare l'aquilone al top.
- Spostarsi sull'altro mostravento e ripetere l'operazione sull'altro lato.

Le misure dovrebbero essere uguali, se ciò non fosse verificare due cose: la simmetria di condizioni nel campo di volo, e la simmetria dell'aquilone.

Abbiamo così determinato due triangoli rettangoli uguali, con base uguale alla distanza tra i paletti, e altezza pari alla distanza percorsa a piedi.

Il doppio dell'angolo formato tra ipotenusa e altezza, è l'angolo di finestra; in pratica minore è la distanza percorsa a piedi e migliore è l'efficienza del nostro progetto.

Ad aquilone costruito, ben poche sono le cose che possiamo fare per migliorare l'ampiezza di questo angolo, molto dipende dal profilo scelto in fase di progetto; comunque ridurre l'angolo d'attacco e le resistenze passive in genere, può fare miracoli.

Rivediamo quali sono i parametri che influenzano l'ampiezza della finestra:

- Peso dell'aquilone: aquilone più pesante = finestra più piccola

- Angolo d'attacco: maggiore AoA = finestra più piccola. Il discorso vale anche con incidenza differenziata centro – estremità; unica accortezza non esagerare per evitare lo stallo al top.
- Vento: la finestra aumenta man mano che ci avviciniamo alle condizioni limite di esercizio della vela, poi l'aquilone stalla o può distorcersi, diminuendo di efficienza, o comunque, con la bufera è difficile misurare certe cose.
- Resistenze passive: briglie, nodi, distorsioni e appendici varie riducono sensibilmente le performance.

Velocità e trazione

Ho messo queste due grandezze insieme, perché sono il cruccio di ogni aquilonista e, raggiungere un ottimo compromesso per una determinata taglia, è la differenza tra ottimo e mediocre.

Anche in questo caso, la regolazione si ottiene variando l'angolo d'attacco, ma le cose si complicano perché le leggi che regolano queste grandezze non sono così immediate e si influenzano fra loro.

Vediamo un paio di casi e cerchiamo di spiegarci:

1° caso – aumentare l'AoA:

La velocità diminuisce e la trazione aumenta, ma il calo di velocità comporta una diminuzione di trazione, in pratica potremmo trovarci, in determinate condizioni, con una vela che tira uguale, ma è più lenta e meno reattiva (nervosa) nelle raffiche, ma con una finestra più piccola.

2° caso – diminuire l'AoA:

La velocità aumenta, la trazione diminuisce, la finestra si amplia. In pratica la vela migliora le performance in generale, perché l'aumento di velocità compensa la perdita di trazione; aumentano le capacità boliniere, ma la vela è più reattiva; l'erogazione di potenza è più esplosiva e quindi è un po' più difficile da manovrare. Stalla più facilmente.

In queste regolazioni, molto conta l'esperienza ed il feeling con l'aquilone, e soprattutto il target di utilizzo per la vela.

Generalmente, se utilizziamo l'aquilone come motore per mezzi di trasporto veloci e con poco attrito, come il buggy su prato, lo skateboard, i pattini da ghiaccio, il consiglio è di puntare tutto sulla velocità, soprattutto in condizioni di vento leggero. Si può cercare un compromesso diverso man mano che ci avviciniamo a sport che richiedono comunque una certa potenza, come il surf o il jumping.

Recupero dallo stallo

È la caratteristica sulla quale si può intervenire meno, dipende dalla somma di tutte le scelte fatte sul tavolo di progettazione e, tra l'altro, è la meno prevedibile. È talmente intrinseca nel progetto che, tanto per fare un esempio, tutti gli aerei, per essere omologati, devono sopportare un test (con pilota a bordo) di uscita dallo stallo; vuol dire che il collaudatore, fa stallare di proposito l'aereo e poi lo recupera, altrimenti precipita.

Allora perché non provarci anche noi ? Tanto più che non facciamo male a nessuno, qualsiasi cosa succede.

Dividiamo il test in due parti:

Top stall o luffing: portiamo la vela al top della finestra alla massima velocità, l'aquilone dovrebbe fermarsi al top senza troppi problemi, come pure a bordo finestra, se ciò non succede, aumentare l'AoA, con tutte le considerazioni che ci siamo già detti.

Jump stall: portiamo lentamente la vela al top della finestra; tiriamo a noi i cavi e poi allunghiamo le braccia (rilasciamo la tensione) improvvisamente, oppure diamo direttamente uno strattone ai cavi. L'aquilone si troverà per un istante senza trazione, retto solo da suo peso.

Questa è una situazione abbastanza critica per il volo e spesso la vela si sgonfia o cade all'indietro prima di recuperare la tensione necessaria sui cavi.

Normalmente un AoA maggiore migliora la situazione, ma può darsi pure che le cose non cambino affatto; proprio perché è una caratteristica intrinseca del progetto e dipende soprattutto dalla forma del profilo e della vela in generale, oltre che dalla capacità dell'aquilone di rimanere gonfio. Si può fare solo qualche tentativo ma spesso bisogna cominciare a pensare ad un aquilone diverso.

L'ho chiamato Jump stall perché le ali che resistono bene a queste sollecitazioni sono particolarmente indicate, appunto, per i salti.

Capitolo 7 – Nozioni avanzate

Ovvero: “come complicarsi la vita quando è già difficile di suo!”

Di seguito cercherò di spiegare a schema libero alcune delle innovazioni o modifiche che sono state sviluppate in questi anni, nulla di quanto segue è assolutamente necessario, solo l'esperienza può indicare quale è la strada da seguire.

Per questo mi permetto di consigliare la lettura, o comunque, l'utilizzo di queste modifiche solo dopo aver costruito almeno una vela e averla fatta volare per qualche mese.

D-ribs

I foil costruiti con tecnica classica prevedono una serie di briglie per ogni profilo, oppure ogni due, al fine di ridurre la resistenza indotta da queste ultime.

In questi ultimi tempi, alla ricerca di aquiloni sempre più veloci e performanti, si è andata sviluppando la filosofia di utilizzare meno briglie possibili. Questa tendenza comporta lo studio di forme e strutture più rigide, che compensano la perdita di supporto fornito dalle briglie.

Come possiamo vedere in qualsiasi struttura reticolare, l'inserimento di travi o tiranti diagonali influisce drasticamente sulla rigidità della struttura stessa.

Anche nella progettazione degli aquiloni si è proceduto in questa direzione, inserendo dei profili diagonali (D-ribs) che ne migliorano la rigidità strutturale. Calcolare la forma di questi tiranti è particolarmente complesso, in quanto bisogna tenere conto della posizione reciproca, nello spazio, dei profili adiacenti.

Foilmaker calcola e disegna automaticamente due tipologie di D-ribs, a tutta cella e a mezza cella.

In realtà solo la versione a tutta cella viene utilizzata con le briglie ogni tre profili; la versione “half cell” si usa con una brigliatura convenzionale ogni due ma, con il vantaggio, di utilizzare un minor numero di profili portanti, e quindi meno briglie.

Infatti, lo scopo principale della costruzione a mezza cella è quello di ottenere un estradosso (il più importante) più rigido possibile, cioè di ridurre al minimo l'effetto “materassino” in questa zona, utilizzando il minor numero di celle.

Pro e Contro

L'utilizzo dei profili diagonali permette di utilizzare una fila di briglie ogni tre profili, che riduce della metà la resistenza, dovuta ai cavi di supporto, rispetto alla versione “uno sì – uno no” e di due terzi rispetto ad un aquilone completamente supportato.

Ma come tutte le cose, se da una parte si guadagna, dall'altra si paga, ed in questo caso, abbastanza salato:

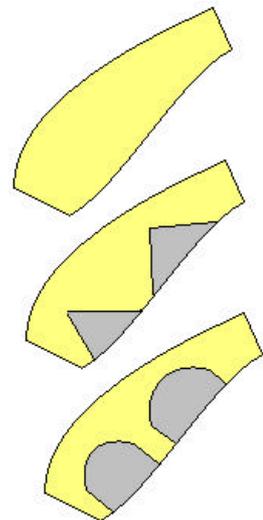
- l'aggiunta di altri profili appesantisce sensibilmente l'aquilone; in parte compensato dalla perdita delle briglie (anche loro pesano!).
- La costruzione diventa alquanto complicata; raddoppia il numero dei profili con il conseguente tempo e materiale necessario per realizzarli.
- È già difficile cucire insieme tre strati di spinnaker, figuriamoci quattro. Consiglio di utilizzare questa opzione solo quando si è consolidata una tecnica di cucitura, e soprattutto di fissaggio dei pannelli piuttosto sicura e precisa.
- La scelta dei profili in cui inserire le valvole di gonfiaggio è obbligata alle celle senza tirante.
- Smontare o riparare l'aquilone diventa molto più complicato.
- È impossibile modificare la curvatura della vela agendo sulle briglie.

Come abbiamo visto questa costruzione permette di ridurre la resistenza, ma aumenta il peso, perciò ne vale la pena solo per aquiloni molto veloci, destinati ad un utilizzo con vento non proprio leggerissimo.

Suggerimenti

Al fine di ridurre al minimo l'aumento di peso, è prassi comune ritagliare dai profili diagonali le parti meno sottoposte a stress, ricavando così una struttura che agisce solo sui punti di aggancio delle briglie.

Nella figura al lato vediamo un paio di forme utilizzate appunto per alleggerire questi rinforzi. Una attenta gestione degli avanzi, magari cuciti fra loro, permette facilmente di recuperare materiale, dato che alla fine, non sono altro che delle striscioline di tessuto.



Skin tension

Per quanto possiamo essere precisi nel disegnare e realizzare l'aquilone, alla fine non avrà mai il profilo che abbiamo scelto per tutta la larghezza, se non nei punti in cui sono cuciti i profili. È abbastanza facile capire perché, basta vederne uno in volo e notiamo che ogni cella tende ad avere una sezione il più possibile circolare, piuttosto che rettangolare, facendo assumere alla vela la caratteristica forma a salsicciotti.

Per ridurre al minimo questa deformazione, è stata da poco introdotta la tecnica del "wedging" o dei triangolini; consiste nell'aumentare la tensione del tessuto nei punti critici della vela, sottraendo dalla figura calcolata per ogni pannello un triangolino di stoffa.

Questa tecnica porta un successo maggiore sul bordo d'uscita, piuttosto che in prua, anzi, un cattivo uso, soprattutto in questa zona può comportare risultati disastrosi.

Bladders

Molto più complicata diventa la costruzione di aquiloni per uso specifico da kitesurf, molti costruttori di vele si sono avvicinati in questo campo, con risultati tra i più disparati.

Denominatore comune di queste vele è la rilanciabilità dall'acqua, indipendentemente dalle prestazioni in volo, una vela di successo, deve poter cadere e ripartire dall'acqua senza troppo sforzo, magari anche a retromarcia.

La possibilità di ripartire facilmente dall'acqua si ottiene soddisfacendo due condizioni: la vela deve galleggiare, senza che l'acqua entri dentro, e i cavi non devono intrecciarsi tra loro.

La prima è relativamente facile da realizzare, ne abbiamo già parlato ed in seguito vedremo come migliorare.

La seconda, un po' più difficile, almeno per quanto riguarda i foil classici, solo una costruzione particolarmente curata, con le briglie cucite accuratamente, senza nodi o altri punti d'aggancio, ci può dare risultati soddisfacenti .

Per il momento lasciamo perdere le briglie e concentriamoci sulla galleggiabilità; per far sì che l'acqua non entri è sufficiente nastrare, o comunque sigillare le cuciture, installare delle valvole efficienti e il gioco è quasi fatto. Sì, è "quasi" fatto, perché se permettiamo all'aria di entrare, chi impedisce a qualche spruzzo di troppo, di entrare dalle valvole di ingresso dell'aria ?

E se abbiamo sigillato tutta la vela, questa non risputerà mai l'acqua che ha in gola, ma se la terrà finché non torniamo a terra.

Se la vela è ben fatta questo succederà così di rado che possiamo anche accettarlo come evento fortuito.

Il problema aumenta se siamo dei principianti, allora la nostra vela resterà per molto più tempo in acqua, allora la pressione all'interno diminuirà gradualmente fino a far sgonfiare la vela e non farla più ripartire; per questo alcuni costruttori utilizzano delle camere d'aria gonfiabili all'interno di alcune celle, i "*bladders*" appunto.

Progettarli, non è difficile, grossomodo, basta ricopiare i pannelli che compongono la cella dove dovrà essere inserito e il gioco è fatto; realizzarli è tutta un'altra cosa.

I materiali, prima di tutto, si possono utilizzare dei fogli in polietilene o in nylon che si trovano facilmente in commercio, un po' di tutti gli spessori. Il problema principale è come saldare insieme i vari pezzi.

Cucirli non si può, perché bisogna realizzare dei palloncini a tenuta perfetta, e i buchi dell'ago non si possono sigillare. Incollarli nemmeno, perché, praticamente nessuna colla riesce a tenere insieme i pezzi con una resistenza sufficiente; qualora ci si riuscisse, spesso si incorre in un'alterazione del materiale che ne riduce drasticamente la resistenza.

L'unico modo è a caldo, un po' come sono realizzate tutte le bustine e le confezioni in blister che contengono alcune delle cose che compriamo al

supermercato. Realizzare una macchina per la saldatura del film di plastica amatoriale è un'impresa di non poco conto.

Le tecniche che io conosco sono due: con la macchinetta per conservare i cibi sottovuoto, oppure con la pistola per sverniciare.

La macchinetta si può trovare facilmente nei negozi di casalinghi, ma deve essere modificata, e non è proprio a buon mercato.

La pistola a caldo è un'opzione decisamente più economica e, se usata con attenzione, anche più precisa. L'utilizzo prevede di affiancare gli elementi da saldare lungo una linea di cucitura, di appoggiarci sopra una dima in alluminio, e fondere la parte che sporge (seam allowance). La dima serve a dissipare il calore a monte della cucitura, lasciando intatta la parte che poi dovrà gonfiarsi.

Per realizzare la dima, ho trovato molto utili i binari in alluminio usati per le tende di casa, si piegano facilmente e dissipano sufficiente calore, tra una saldatura e l'altra, però, è bene aspettare che si raffreddino un po', e non bisogna insistere troppo con la pistola, altrimenti si surriscalda e si appiccica alla plastica..

Detto così sembra semplice, ma basta un movimento sbagliato per fondere anche la parte utile, e buttare via tutto, per fortuna che il film costa veramente poco.

La cosa più difficile in assoluto è trovare una valvola adatta, il modo più economico è quello di ritagliare la valvola di un pallone o un materassino da spiaggia e incollarla dall'interno del bladder con del mastice per pneumatici o, meglio, con la colla a caldo. Montandola dall'interno, la pressione contribuirà a tenerla incollata, invece che stressare l'attacco.

Alcuni accorgimenti per la progettazione:

- il bladder dovrà essere montato, in una cella normalmente chiusa con un'apertura a velcro per la manutenzione e il gonfiaggio.
- L'apertura di cui sopra non deve essere una facile via d'acqua. (V. Capitolo 5 – Realizzare un'apertura di scarico e pulizia)
- Il bladder riempirà quasi tutta la cella, tranne una porzione, vicina al bordo d'uscita, dedicata al passaggio dell'aria attraverso opportune aperture di travaso.
- L'aquilone deve poter volare, indipendentemente dalla presenza dei palloncini o da quanto sono gonfi.
- I bladder aumentano sensibilmente il peso della vela, per cui è bene non esagerare, avere la possibilità di gonfiare 4 celle è già abbastanza.

Indice

Introduzione	2
Capitolo 1 – Come è fatto un aquilone da trazione	3
Tipologie	3
Caratteristiche principali di un aquilone di tipo foil.....	6
Capitolo 2 – Cenni di aerodinamica	8
Perché l'aquilone vola ?	8
Portanza	8
Spinta.....	11
Resistenza.....	12
Stallo.....	15
Conclusioni	16
Capitolo 3 – Caratteristiche aerodinamiche	18
Reynolds.....	18
Profilo.....	18
Rapporto d'allungamento (Aspect Ratio)	22
Angolo d'attacco (Angle of Attack – AoA)	23
Forma dell'ala	24
Velocità	25
L/D Ratio.....	26
Capitolo 4 – Disegnare il primo aquilone	28
Premessa	28
Determinare le caratteristiche principali	28
La scelta del profilo	29
Forma della vela (Outline & Canopy curve)	30
Briglie.....	31
Angolo d'attacco (AoA).....	35
Fori di gonfiaggio, travaso e valvole relative.....	37
Considerazioni sugli sled.....	41
Mettere insieme i dati del progetto	43
Capitolo 5 – Costruire il primo aquilone	45
Disegnare, ritagliare e mettere insieme tutti i pezzi	45
L'assemblaggio del disegno.....	46
Riportare il disegno	46
Tecniche di taglio.....	49
Tecniche di cucitura	51
Mettere i rinforzi e gli attacchi delle briglie sui profili.....	58
Costruire le valvole.....	59
Realizzare un'apertura di scarico e pulizia	61
Costruire la vela.....	62
Fare e montare le briglie	64
Capitolo 6 – Il primo volo	71
Scegliere la giornata ideale.....	71
Risolvere i problemi.....	72

Valutare e migliorare le prestazioni.....	75
Capitolo 7 – Nozioni avanzate	79
D-ribs	79
Skin tension	80
Bladders.....	81
Indice	83
Appendici	85
Appendice 1 – Indirizzi utili.....	85
Appendice 2 – Un sacchetto per i cavi.....	89
Appendice 3 – Frontespizio e dati del progetto.....	90

Appendici

Appendice 1 – Indirizzi utili

Come ho già detto, Internet ormai rappresenta una fonte inesauribile di informazioni, dalla quale non si può prescindere; probabilmente quando leggerete questo libro, alcune delle mie considerazioni saranno già acqua passata e ci sarà qualcuno che ha già inventato qualcosa di meglio.

Di seguito elenco una serie di siti utili, che sono stati la mia principale fonte di informazioni, dove sicuramente potrete trovare tutti gli “aggiornamenti” e approfondimenti a quanto ho scritto in questo lavoro.

Forum:

Qui si trova l'ultimo grido della tecnologia, le recensioni, le prove e le impressioni di volo di tutte le vele sul mercato e dei prototipi. Troviamo gente simpatica che ci aiuterà qualunque sia il nostro problema o dubbio, basta chiedere.

La partecipazione è gratuita e senza confini o pregiudizi, non importa che siamo bianchi o neri, principianti o professionisti; c'è spazio per chiunque.

La lettura dei messaggi prevede l'utilizzo di uno specifico software chiamato newsreader, oppure si può avviare attraverso alcuni siti commerciali, che in cambio di un po' di pubblicità ci permettono di leggere e scrivere tramite il browser HTTP.

[News:rec.kites](#)

Aquiloni a tutto tondo, è un forum di origine americana e quindi in inglese. Si parla di aquiloni in generale, statici, acrobatici e da trazione; si trova gente di ogni paese del mondo e dalle esperienze più disparate. Spesso è difficile tenere il filo dei discorsi dato l'affollamento e la mole dei messaggi che sono spediti ogni giorno.

[News:it.hobby.aquiloni](#)

E' il corrispondente di rec.kites, in Italia. Tutto più piccolo, in casa nostra, si dialoga in italiano, ci si scambia esperienze con il vicino di casa.

Rispetto a quello americano sembra più di essere in un gruppetto tra amici, che si incontrano la sera al bar per scambiare quattro chiacchiere; e come in ogni gruppetto che si rispetti, l'argomento è sempre lo stesso, gli aquiloni.

Questo non vuol dire che la competenza sia inferiore, o che l'ambiente è meno cordiale; solo che è minore il numero di persone che vi partecipano, e il numero di messaggi che troviamo ogni giorno e, forse, è più facile starci dietro.

<http://groups.yahoo.com>

È un sistema di forum personalizzabile messo in piedi da Yahoo.com[®], un sito commerciale americano, ognuno può creare il gruppo che vuole, farci partecipare chi vuole per parlare di quello che vuole. Il prezzo da pagare è quello di sopportare un po' di banner pubblicitari sparsi qua e là, ma ne vale veramente la pena.

Di seguito elenco i principali gruppi ai quali fare riferimento per gli argomenti trattati nel libro.

Foildesign: è il principe per quanto riguarda la progettazione e realizzazione dei foil, niente altro, solo foil da trazione, profili, aerodinamica dedicata agli aquiloni e basta. Qui trovate i massimi esperti di questo hobby, compreso Peter Thomas, Daniel, Henry, Emiel e tutti quanti hanno fatto tanto per diffonderlo. Inutile dire che si parla rigorosamente in Inglese.

Leprofil: versione francese di foildesign, solo per francofoni. Anche se non mi interessa molto dei cugini d'oltralpe (non parlo francese), c'è da dire che il loro contributo alla comunità è notevole, e non è raro trovare tra i loro file idee, magari strampalate, ma decisamente innovative.

Italianfoilmaker: la mia creatura... ho fondato questo gruppo, proprio per aiutare coloro che non ce la fanno a seguire il ritmo serrato ed il livello di discussione di foildesign, per coloro che vogliono capirne di più, magari nella loro lingua. È il forum di supporto per questo libro: qualsiasi dubbio, qualsiasi domanda può essere posta qui, ci sarò anche io a dare una risposta a tutti.

Siti tecnici e software

In questa sezione sono elencati alcuni dei siti dove possiamo trovare approfondimenti di carattere tecnico. Ben lungi dall'essere un elenco completo, è solo uno "starter kit", un punto di partenza per affrontare la lunga navigazione tra i meandri della Rete.

<http://folmaker.fly.to>

È il sito di Peter dedicato al più completo programma di progettazione per aquiloni da trazione: Foilmaker.

In realtà il sito è piuttosto scarno, e non propone approfondimenti di alcun genere, ma nella sezione download troviamo sempre la versione aggiornata del programma, e una, più o meno aggiornata, del manuale in inglese.

Troviamo anche l'elenco delle revisioni del programma ed una sorta di bug-list con tutta la storia, i problemi risolti e quelli ancora insoluti.

<http://members.tripod.de/MartinHepperle/Airfoils/>

In Inglese. È un sito dedicato all'aerodinamica e allo studio dei profili alari, con particolare attenzione agli aeromodelli senza coda e i paracadute, interessante le spiegazioni sui profili reflexed.

Il sito contiene al suo interno una serie di tool Java che permettono l'analisi numerica dei profili, con grafici di portanza, resistenza, distribuzione, ecc.

<http://amber.aae.uiuc.edu/~m-selig/ads.html>

In Inglese. Il sito tenuto dal Prof. Michael Selig docente della facoltà di Ingegneria aeronautica ed astronautica dell'università dell'Illinois at Urbana Champaign.

Contiene la più completa la raccolta di profili sulla rete e una grande quantità di informazioni a riguardo.

In alcune sezioni ci sono delle applet animate che mostrano la circolazione dell'aria intorno ai profili alari e la spiegazione dei fenomeni che ne sono coinvolti.

<http://www.dreese.com/snack/>

Inglese. È il sito di supporto per la galleria del vento virtuale più diffusa al mondo: SNACK. Il software è stato reso freeware da poco e sulla pagina iniziale compare il codice universale di registrazione.

http://members.tripod.com/daniel_gagnon0/

In Francese e Inglese. Daniel è uno dei più prolifici autori sulla rete riguardo alla progettazione e costruzione di aquiloni foil; a lui si deve il manuale di Foilmaker, ormai tradotto in almeno 4 lingue.

Sul suo sito, oltre alla versione HTML del manuale troviamo molti suggerimenti e alcuni progetti, decisamente il sito amatoriale più interessante.

<http://www.lerc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/index.html>

In Inglese. Il sito contiene una serie di documenti a carattere divulgativo su argomenti attinenti l'aeronautica e la propulsione a getto.

Tra le peculiarità del sito troviamo un interessantissimo simulatore di galleria del vento.

<http://www.geocities.com/windengines/pwaerofoils.html>

Inglese. In realtà il sito non è particolarmente aggiornato e funzionante, però sono interessanti le considerazioni fatte dall'autore nella progettazione di alcuni profili per aquiloni.

<http://foilivier.free.fr/>

Francese/Inglese. Propone un workshop su come si disegnano i foil con i comuni sistemi CAD. Direi fondamentale per chi non vuole usare Foilmaker.

Progetti

I progetti elencati di seguito sono importanti perché mostrano delle applicazioni pratiche e funzionanti di tutto quanto abbiamo già parlato.

La proprietà dei progetti è esclusiva degli autori, e ogni utilizzo commerciale è subordinato alla loro approvazione.

<http://www.kitejunk.nl/>

In Olandese e Inglese. Propone una serie di progetti chiamati Junkie S. e caratterizzati da un numero; i file sono in formato Foilmaker e sono dei buoni punti di partenza, sia come progetti da eseguire, sia da modificare.

<http://www.andersensmith.freeseerve.co.uk>

In Inglese. Forse tra i migliori progetti presenti in rete: Eliminator e Gamma. Il vantaggio principale di avvicinarsi al mondo dell'autocostruzione attraverso questi aquiloni è il fatto che sono stati costruiti da molte persone presenti in rete, con i quali è possibile scambiare opinioni, idee ed esperienze.

<http://www.xs4all.nl/~pdj/nasaplan.htm>

In realtà non si tratta di un sito dedicato ai foil, ma ad un vecchio progetto della NASA riadattato ad aquilone: il NPW5 (Nasa ParaWing mod.5).

Il progetto di Art & Flywork si differenzia dall'originale NASA per una diversa distribuzione e lunghezza delle briglie, adattate per l'uso a 4 cavi. Ogni aquilonista che si avvicina all'autocostruzione di una vela da trazione dovrebbe passare prima per questo progetto.

<http://members.home.nl/hkulk>

È il sito di Henry Kulk, l'inventore del Dominator, un foil dalle ottime caratteristiche di volo, adatto all'uso con il buggy. Molto interessanti sono i suggerimenti e le note sulla costruzione, sia del Dominator I che del II.

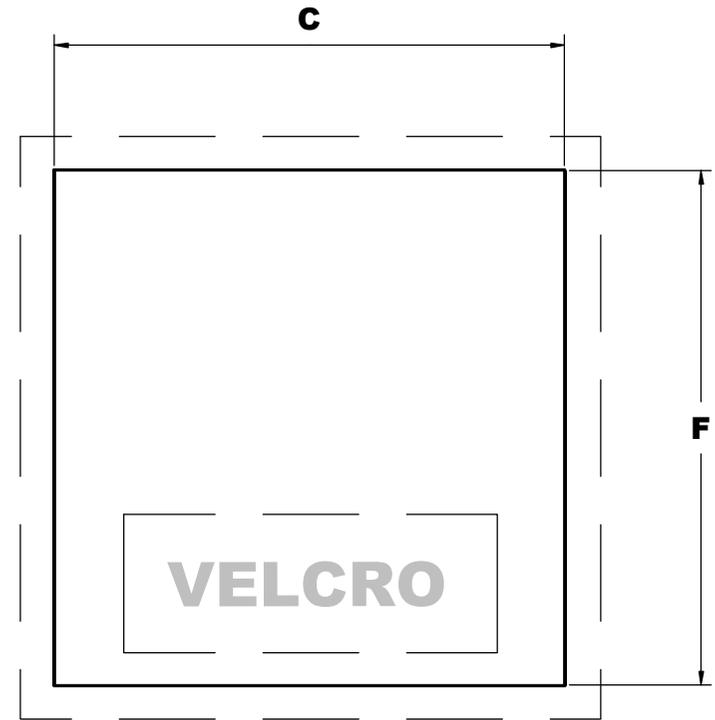
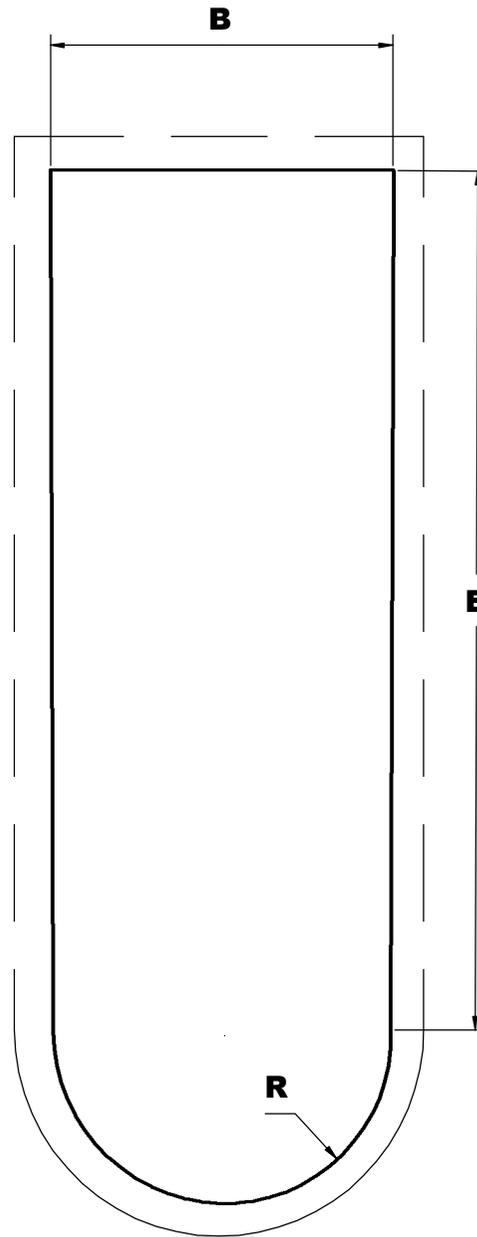
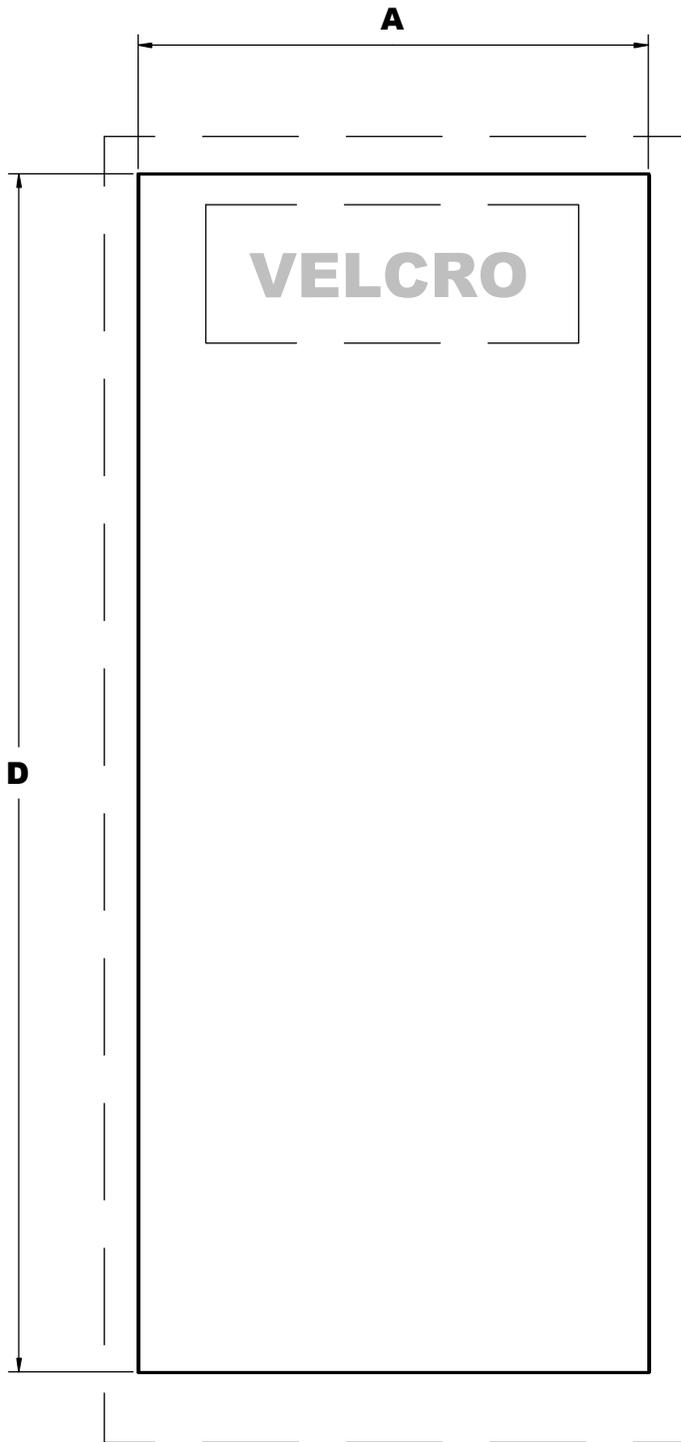
<http://www.stuntkites.nl>

In olandese. È il sito di Servaas van der Horst e Nop Velthuizen; gli autori dei già blasonati "Stunt Kites" e "Stunt Kites II –Buggy and boat".

Questi due libri sono tuttora un punto di riferimento internazionale per la costruzione di aquiloni amatoriali, tra cui lo Speedwing, El Macho ed il mitico Sputnik.

Il sito propone una specie di riassunto del loro ultimo lavoro: "Stunt kites – het handboek", purtroppo ancora in olandese e con scarse speranze per una traduzione almeno in inglese.

Se qualcuno ha la possibilità di leggere almeno qualche parola in questa lingua, vale veramente la pena tenere questo sito tra i propri preferiti.



A = 15 cm

B = 7 cm

C = A

R = 1/2 B

E = 30 cm

D = E + 3,14 R / 2

Single seam allowance = 7 mm

Double seam allowance = 15 mm

Appendice 3 – Frontespizio e dati del progetto

Frontespizio progetto			
Progetto:	Autore:		
Data:	Versione:		
Note:			
Caratteristiche tecniche:			
Destinazione d'uso:	Didattico..... <input type="checkbox"/> All-round fun <input type="checkbox"/> Jumping <input type="checkbox"/> Bugging <input type="checkbox"/> Kitesurf <input type="checkbox"/>	AR < 3,5 AR 3-4 AR 3-5 AR > 4 AR 3-5	
Condizioni di Vento:	Molto leggero..... <input type="checkbox"/> Leggero <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Molto Forte <input type="checkbox"/>	< 10 kn 8 – 15 kn 12 – 20 kn 20 – 30 kn > 25 kn	
Misura:mq	Approssimativa	
Cavi di comando:	2 cavi <input type="checkbox"/> 3 cavi <input type="checkbox"/> 4 cavi <input type="checkbox"/>		
Brigliatura:	Split..... <input type="checkbox"/> Half Cross..... <input type="checkbox"/> Sled..... <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/>		
Forma	Rettangolare <input type="checkbox"/> Trapezoidale..... <input type="checkbox"/> Ellittica <input type="checkbox"/>		

Aquiloni da trazione – Disegnarli e farli volare

Dati tecnici del progetto																			
Progetto:									Versione:										
Profilo centrale:			Nome			Disegno													
			Max spessore			%			Posizione			%			Corda			mm	
Max camber			%			Posizione			%			CoL			%				
Profilo d'estremità:			Nome			Disegno													
			Max spessore			%			Posizione			%			Corda			mm	
Max camber			%			Posizione			%			CoL			%				
Apertura alare		mm			Aspect ratio														
Celle:		n°			Superficie effettiva			mq			Superficie proiettata			mq					
Spaziatura		Fissa <input type="checkbox"/>			mm			Alcuni parametri su Foilmaker possono essere variati manualmente secondo delle percentuali, inserire il valore nella cella. (vale per metà ala, l'altra metà è speculare)											
		Proporzionale <input type="checkbox"/>			%														
Variazione profilo		Lineare <input type="checkbox"/>			%														
		Proporzionale <input type="checkbox"/>			%														
		Manuale <input type="checkbox"/>																	
Curvatura		Manuale																	
Posizione delle celle chiuse e valvole																			
Posizione e ampiezza delle aperture di gonfiaggio																			
		Pos.		Largh.		Prop.		Opzioni											
Center		%		Mm		%		Open..... <input type="checkbox"/>					Valve..... <input type="checkbox"/>						
Tip		%		Mm		%		Gauzed..... <input type="checkbox"/>					Type.....						
Posizione delle briglie primarie e determinazione dell'angolo di attacco																			
		X		Y		Prop.		Variazione manuale											
Center		%		%		%													
Tip		%		%		%													
Ancoraggi delle briglie				A:%				B:%				C:%				D:%			
Posizione delle briglie secondarie																			
Front		%		%				Briglie primarie ogni Profili											
Rear				%				Briglie secondarie ogni Primarie											

Avanzamento della costruzione

Progetto:

Autore:

Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	1 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	2 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	3 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	4 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	5 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	6 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	7 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	8 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	9 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	10 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	11 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	12 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	13 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	14 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	15 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	
Cella	16 d/s	Top Skin..... <input type="checkbox"/>	Bottom Skin . <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	Vent valve..... <input type="checkbox"/>
Profilo		Cross Vent ... <input type="checkbox"/>	Valve..... <input type="checkbox"/>	Bridle point .. <input type="checkbox"/>	

Note:

Questo schema, serve a tenere traccia del punto in cui siamo arrivati ogni singola sessione di lavoro, in modo da riprendere il lavoro esattamente da dove ci siamo fermati, e sapere, se tutti i pezzi sono pronti e cuciti insieme.

Lo spazio accanto al profilo serve per scrivere il numero identificativo, che ci sia o meno il profilo d'estremità. Da copiare per ogni semiala.

