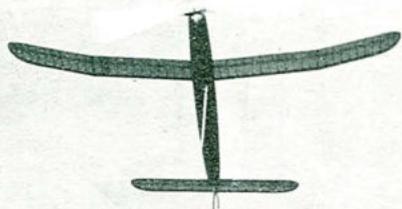


LORIS KANNEWORFF

**AEROMODELLI  
CON MOTORE AD ELASTICO**



Edizioni  
dell' Aero  
Club  
d'Italia

LORIS KANNEWORFF

# ***Aeromodelli*** **con motore ad elastico**

nozioni teorico-pratiche

con 115 illustrazioni e 20 disegni di modelli

*PRIMA EDIZIONE*

AERO CLUB D'ITALIA - ROMA



Edizione curata dall'AERO CLUB D'ITALIA

Via del Pozzetto, 105 - ROMA

*Proprietà riservata*

## **PREFAZIONE**

*Questo volume costituisce il secondo elemento di una collana che l'Aero Club d'Italia sta realizzando, e che tratterà tutti i campi dell'aeromodellismo, affinché i giovani che desiderano dedicarsi all'attività aeromodellistica dispongano di una efficace guida per risolvere tutti i problemi che si presentano loro.*

*Con il volume Elementi di aeromodellismo abbiamo illustrato i principi fondamentali della teoria aerodinamica e della costruzione dei modelli volanti, soffermandoci particolarmente sui problemi relativi ai modelli veleggiatori, per i quali siamo giunti a fornire delle indicazioni generali sul progetto.*

*Con Il modello ad elastico intendiamo ricollegarci alla nostra prima opera, trascurando di ripetere quanto abbiamo già detto, per soffermarci invece su quegli argomenti che esulavano dalla precedente trattazione.*

*Parleremo quindi delle condizioni di equilibrio nel volo a motore e dei principi di funzionamento dell'elica come organo propulsore. Illustreremo la maniera di utilizzare la gomma elastica, come fonte di energia per la categoria di modelli che ci interessa, ed infine ci soffermeremo ampiamente sui particolari problemi di progetto, costruzione e centraggio dei modelli ad elastico, problemi che non hanno riscontro nei modelli veleggiatori, o per lo meno presentano sensibili differenze. Inoltre approfitteremo dell'occasione per allargare un po' lo studio dei fenomeni dell'aerodinamica, la cui conoscenza, almeno superficiale, è indispensabile per la progettazione ed il centraggio dei modelli da gara.*

*Per i principianti occorre però chiarire, affinché non si spaventino, che non è necessario che essi assimilino tutte le nozioni che andremo ad esporre, molte delle quali sono da considerare non strettamente necessarie per chi si trova ai primi passi nell'attività aeromodellistica. Abbiamo però voluto inserirle per dare un carattere di maggiore completezza alla nostra opera, e perchè esse risulteranno assai utili in seguito, quando dal primo stadio di «far volare» un aeromodello, ricavato da disegni altrui o progettato piuttosto empiricamente, si passerà a quello della progettazione studiata su basi teoriche, oltre che pratiche.*

*Invitiamo comunque i nostri lettori a non intraprendere lo studio del modello ad elastico senza aver prima accuratamente letto il volume precedente, che è senz'altro indispensabile per comprendere quanto troveranno esposto nei capitoli seguenti.*

L'AUTORE

Roma, aprile 1963

PARTE PRIMA

# ***PRINCIPI GENERALI***

## ***Il volo a motore***

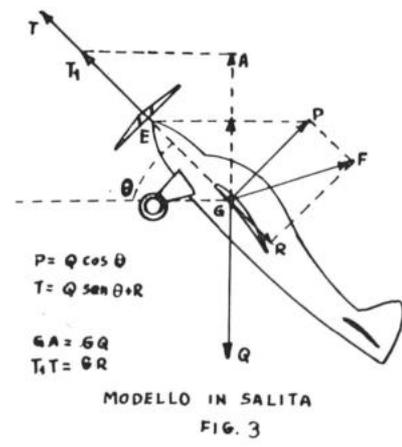
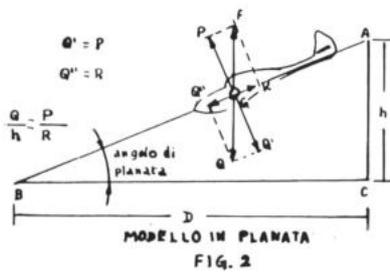
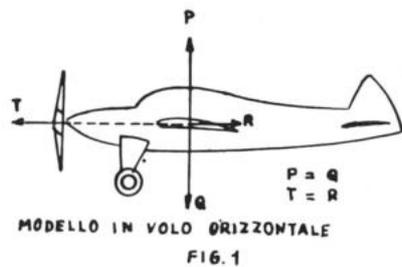
Nel primo volume « Elementi di aeromodellismo » abbiamo visto quali sono le forze principali che agiscono su un aeromodello in volo, ed abbiamo notato come, per ottenere il volo orizzontale, occorra raggiungere una *velocità di sostentamento* tale che l'ala sviluppi una portanza  $P$  pari al peso  $Q$ . Per raggiungere tale condizione occorre che al modello venga applicato un organo propulsore, che sviluppi una trazione  $T$  pari alla resistenza aerodinamica  $R$  che il modello presenta all'avanzamento, resistenza che a sua volta è pari al peso  $Q$  diviso l'efficienza  $E$ . Si ha così la condizione di equilibrio illustrata in fig. 1. Abbiamo anche visto che la velocità di sostentamento è espressa dalla formula:

$$V = \sqrt{\frac{Q}{S} \times \frac{2}{d} \times \frac{1}{C_p}}$$

Se manca l'organo propulsore, il modello effettua una planata, secondo una traiettoria discendente, il cui angolo è inversamente proporzionale all'efficienza  $E=P/R$ , in maniera che una parte del peso serve a vincere la resistenza, ottenendo una nuova condizione di equilibrio, illustrata dalla fig. 2.

L'organo propulsore ha il compito di trasformare l'energia fornita dal motore nella necessaria forza di trazione, svolgendo, per fare un esempio pratico, la stessa funzione delle ruote di un'automobile. Negli aeromodelli, come nella maggior parte degli aeroplani, tranne quelli a reazione, il tipo di propulsore più usato è l'*elica*, che si è rivelata assai più efficace, nel nostro campo, della propulsione ad ali battenti usata dagli uccelli, poco pratica per applicazioni modellistiche.

Riservandoci di descrivere il principio di funzionamento dell'*elica*, vediamo prima cosa debba intendersi per *motore*. Con tale espressione intendiamo riferirci ad un qualsiasi organo capace di fornire energia,



sia utilizzando un carburante, come nel caso dei motori a scoppio o a reazione, sia semplicemente restituendo l'energia immagazzinata nella carica, come nel caso delle matasse elastiche, che sono appunto quelle che ora ci interessano. Pertanto, come si parla normalmente di motore a scoppio, con altrettanta esattezza si può parlare di *motore ad elastico*, costituito appunto da una matassa di gomma elastica che aziona l'elica.

Come noto, le prestazioni dei motori vengono normalmente definite con il concetto di *potenza*, cioè dell'energia fornita nell'unità di tempo. La fisica elementare ci insegna anche che la potenza corrisponde ad una forza per una velocità; per cui, applicando tale concetto al nostro modello, troviamo che, per mantenerlo in volo orizzontale, è necessaria una potenza:

$$W = T \times V$$

Se alla trazione  $T$  sostituiamo la formula  $Q/E$ , possiamo scrivere:

$$W = \frac{Q \times V}{E}$$

Ma la velocità  $V$  diviso l'efficienza  $E$  corrisponde alla velocità di discesa  $V_y$ , per cui si ha:

$$W = Q \times V_y = Q \sqrt{\frac{Q}{S} \times \frac{2}{d} \times \frac{Cr^2}{Cp^3}}$$

Si vede cioè che la potenza che il motore deve sviluppare è pari al peso del modello moltiplicato per la sua velocità di discesa, il che è anche logico dal punto di vista puramente meccanico, dato che nell'unità di tempo il motore deve effettuare un lavoro, sollevando il modello della quota che perderebbe se fosse in volo planato.

Da tenere presente che la *potenza utile* non è quella che fornisce il motore, ma si ricava da essa moltiplicandola per il rendimento dell'elica, che indicheremo con  $\alpha$ , e che, come per qualsiasi macchina trasformatrice di energia, è sempre minore di uno. Inoltre, se vogliamo che la potenza venga espressa nell'unità normale di cavalli-vapore, la formula definitiva che esprime la potenza del motore per il volo orizzontale diventa la seguente:

$$W = 75 \times \alpha \times Q \times V_y$$

Se la potenza supera tale valore, il modello tende a salire, in misura tanto più forte quanto maggiore è l'eccesso di potenza, disponendosi lungo una traiettoria ascendente, con un angolo di salita  $\theta$ , nella quale si hanno le seguenti condizioni di equilibrio (fig. 3):

$$P = Q \cos \theta$$

$$T = Q \sin \theta + R$$

La velocità di salita risulta espressa dalla seguente formula:

$$V_s = \frac{75 \alpha W}{Q} - V_y$$

Da notare che per velocità di salita si intende il guadagno di quota in metri/secondo, e non la velocità sulla traiettoria, che si ottiene dividendo la velocità di salita per il seno dell'angolo di salita.

# L'elica

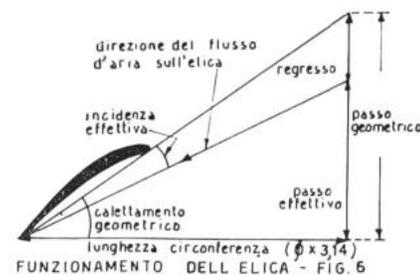
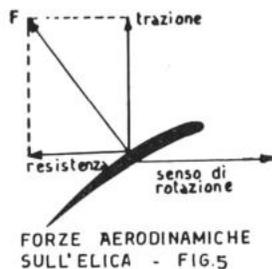
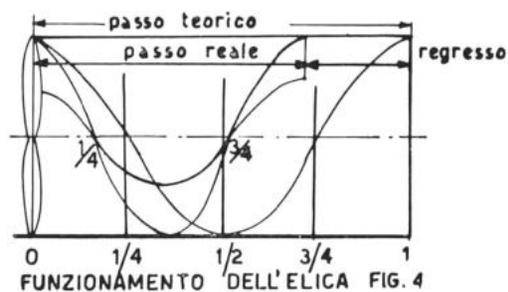
## Principi generali

Abbiamo detto che l'elica è il propulsore più usato sui modelli volanti, ed in particolar modo su tutti i modelli ad elastico.

Il principio di funzionamento di un'elica aerea è lo stesso di quella marina, e, con un'immagine abbastanza efficace, viene paragonato a quello di una vite, che avanza in direzione del suo asse quando viene fatta girare in una sostanza solida. Così l'elica, le cui pale sono inclinate rispetto al piano di rotazione, girando si avviterebbe nell'aria, tendendo ad avanzare. Anche l'elica, come la vite, ha un suo *passo*, cioè un determinato avanzamento per ogni giro.

In effetti c'è una differenza sostanziale, e cioè che l'elica lavora in un mezzo fluido, l'aria, che tende a sfuggire sotto l'azione delle pale. Pertanto il *passo effettivo* risulta minore del *passo geometrico*; la differenza fra le due misure viene detta *regresso* (fig. 4), e la sua entità dipende da diversi fattori, che esamineremo in seguito.

Una teoria più esatta per spiegare il funzionamento dell'elica è quella che la considera come un'ala ruotante. Infatti una qualsiasi sezione della pala (fig. 5) è paragonabile ad un profilo alare, con il suo bordo d'entrata e d'uscita. Facendola ruotare nel senso indicato dalla



freccia, sulle pale si sviluppa una forza aerodinamica, che può essere scissa in due componenti, una parallela al piano di rotazione, che costituisce la resistenza, e l'altra normale ad esso, che questa volta, anziché portanza, chiameremo *trazione*.

Questo vale per il funzionamento a fermo. Quando il modello è in volo, l'elica per ogni giro avanza di una quantità pari al passo effettivo; per cui ogni sua sezione compie un movimento combinato di rotazione e traslazione, detto movimento elicoidale, che si vede dalla fig. 4. Ciò significa che ogni sua sezione incontra l'aria con una direzione diagonale (fig. 6), che fa sì che l'incidenza effettiva risulti assai minore di quella che si ha nel funzionamento a fermo. Ne deriva naturalmente una forte diminuzione della resistenza alla rotazione, e l'elica, a parità di potenza applicata, girerà più velocemente.

Proprio a causa di questo loro movimento combinato, le pale dell'elica differiscono dalle ali per la loro caratteristica forma elicoidale, che molti di voi avranno notato su qualsiasi tipo di elica, sia aerea che marina. In altre parole, l'incidenza delle varie sezioni delle pale, rispetto al piano di rotazione, deve andare man mano diminuendo, procedendo dal mozzo verso l'estremità delle pale. Il motivo di questa disposizione è facilmente intuibile, se si pensa che le varie sezioni delle pale, come i profili alari, hanno un'incidenza di massima efficienza, alla quale devono avvicinarsi il più possibile. Pertanto, per avere un buon rendimento, il passo geometrico deve essere costante (o quasi, come vedremo in seguito) in tutti i punti delle pale; mentre per ogni sezione considerata varia il diametro della circonferenza descritta nella rotazione, e deve pertanto variare l'inclinazione. La fig. 7 vi chiarirà questo concetto.

Mentre quindi rimane costante la velocità angolare, la velocità periferica delle varie sezioni delle pale aumenta con la loro distanza dall'asse. Pertanto varia anche la portanza sviluppata da ciascuna di esse; ma tutte le portanze si possono raggruppare in un'unica forza applicata sul mozzo, e rivolta parallelamente all'asse, che viene appunto definito *asse di trazione*.



FIG 8

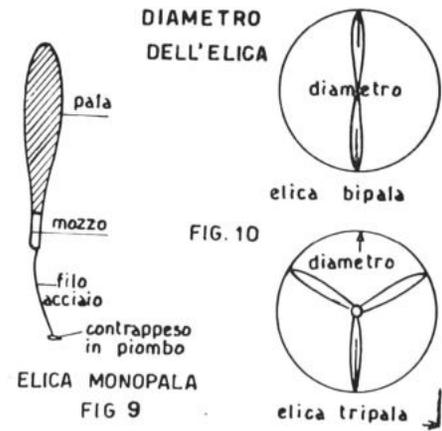


FIG 9

FIG. 10

Un'altra teoria sul funzionamento dell'elica è quella che considera quest'ultima come una macchina che spinge verso l'indietro una massa d'aria, aumentandone la velocità, e ricevendone per reazione una spinta verso l'avanti. Tale teoria assimila un po' il funzionamento dell'elica a quello del motore a reazione; ma non è del resto in contrasto con quella che paragona l'elica ad un'ala, in quanto anche l'ala in effetti spinge l'aria verso il basso. Pertanto la teoria che più si presta a studiare il rendimento dell'elica è quella alare; mentre quella dell'aumento di velocità ci è utile in quanto, in base a considerazioni fisiche che non staremo a riportare, ci dice che risulta più efficiente un'elica di diametro forte che gira lentamente, che non una piccola che giri velocemente, in quanto la prima interessa una maggiore quantità di aria, e, per fornire la stessa spinta, le deve conferire un minore aumento di velocità, e sciupa meno energia.

### Le caratteristiche dell'elica

Da notare che l'elica può essere sistemata anteriormente al baricentro del modello, ed allora prende il nome di elica *trattiva* (è questa la sistemazione più comune); mentre se si trova posteriormente al baricentro (fig. 8), viene denominata elica *propulsiva*.

In campo aeromodellistico il tipo di elica più usato è quella a due pale (*bipala*), in quanto le eliche *tripale* o *quadripale*, usate in aeronautica per poterne ridurre le dimensioni di ingombro, a parità di potenza assorbita, hanno in effetti un rendimento inferiore, e vengono quindi usate solo su modelli riproduzione, per una maggiore aderenza alla realtà. In alcuni casi, e quasi esclusivamente nei modelli ad elastico,

vengono usate anche delle eliche *monopale*, cioè costituite da una sola pala contrappesata (fig. 9).

Il vantaggio di questa soluzione sta nella possibilità di aumentare il diametro dell'elica, e quindi, in base alle considerazioni che abbiamo fatto in precedenza, il suo rendimento. Inoltre non vi sono interferenze fra una pala e l'altra, e l'elica ad ogni giro incontra aria più calma. Di fronte a questi vantaggi teorici, sta però un grave svantaggio pratico, e cioè l'impossibilità di equilibrare esattamente l'elica, sia staticamente che dinamicamente, a tutte le velocità di rotazione; dato che, se è abbastanza facile compensare il peso della pala, non lo è altrettanto equilibrarne la portanza. Ne derivano forti vibrazioni, che provocano un sensibile calo di rendimento. Pertanto le eliche monopale non trovano grande diffusione, se non in modelli di piccole dimensioni e con scarica lenta.

Oltre al numero delle pale, le altre principali caratteristiche di un'elica sono:

1) il *diametro*, intendendo come tale quello della circonferenza descritta dalle estremità delle pale nella loro rotazione. Naturalmente, se l'elica è bipala, il diametro coincide con la distanza in linea retta fra le due estremità (fig. 10).

2) il *passo geometrico*, del quale abbiamo già parlato, ed il *rapporto passo/diametro*.

Ci sarebbe inoltre da considerare la forma delle pale, la loro larghezza ed il profilo, ma di esse parleremo in seguito, trattandosi di caratteristiche che variano a seconda del tipo di modello a cui l'elica deve essere adattata.

Un'altra caratteristica importante delle eliche riguarda il loro senso di rotazione. Esse vengono classificate in *destrorse* e *sinistrorse*, a seconda che, guardandole dal davanti del modello, girino rispettivamente in senso antiorario o orario. Nei modelli ad elastico vengono normalmente usate eliche destrorse, più comode per il caricamento, sia a mano che col trapano.

## La matassa

### Qualità della gomma

Come già detto, il motore dei modelli ad elastico è costituito da una matassa di gomma, che viene sottoposta ad una forte carica, immagazzinandovi così una certa quantità di energia, che essa restituisce durante la scarica, azionando l'elica. Da notare che l'energia fornita nella scarica è sempre inferiore a quella necessaria per caricarla, in quanto una parte viene assorbita dagli attriti interni di ciascun filo di elastico, e dagli attriti di scorrimento fra filo e filo. Si ha cioè un fenomeno di *isteresi*, certamente poco gradito ma inevitabile, sebbene possa essere sensibilmente ridotto con la lubrificazione, come vedremo in seguito. Infatti è ovvio che a noi interessa l'energia di scarica, che è quella utile per azionare l'elica.

Per poter incrementare questa energia, a parità di peso di elastico, è necessario usare gomma di ottima qualità. Infatti ogni tipo di elastico ha due doti principali: elasticità e potenza, che variano a seconda della sua composizione chimica, e che sono nettamente in contrasto fra loro. Quell'elastico che può assorbire più giri, li restituisce con minore coppia motrice. Bisogna quindi trovare la qualità di gomma che offre il migliore compromesso. In linea di massima l'elasticità si può vedere misurando di quante volte si allunga un pezzo di elastico (circa sette volte per le migliori qualità), mentre la potenza è tanto maggiore quanto più l'elastico oppone resistenza all'allungamento.

E' senz'altro da sconsigliare l'uso di gomma rossa o nera, scarsamente elastica, come quello di gomma gialla trasparente, ad alta percentuale di para, che dà pochissima potenza. I migliori risultati vengono ottenuti impiegando gomma marrone, che in trasparenza assume colore tendente al giallo. In Italia esiste dell'elastico fabbricato dalla Pirelli, che costituisce quanto di meglio si possa trovare oggi sul mercato, tanto è vero che vien preferito anche dalla maggioranza degli elasticisti stranieri.

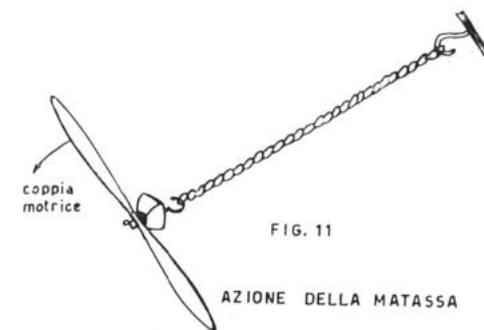
Detto elastico è reperibile in forma di fettuccia, nelle sezioni 1x6 e 1x3 (per la verità un po' abbondanti, trattandosi di misure inglesi  $1/4 \times 1/24$  e  $1/8 \times 1/24$ ), e pesa rispettivamente grammi 6 e 3 al metro circa (il peso specifico della gomma varia fra 0,9 e 1, a seconda della sua composizione). La fettuccia 1x6 è preferita per modelli grandi, la seconda per modelli piccoli, in quanto una matassa composta di fili di maggiore sezione risulta più potente, anche se assorbe meno giri. D'altra parte su modelli grandi sarebbe piuttosto scomodo usare matasse composte di un elevato numero di fili di sezione ridotta. Ambedue i tipi sono reperibili presso qualsiasi Ditta modellistica, per cui non c'è nessuna preoccupazione al riguardo. Occorre solo accertarsi che l'elastico sia di recente fabbricazione e ben conservato: facendolo scorrere fra le dita deve risultare morbido al tatto; mentre, con il passare del tempo, lo strato superficiale si indurisce e screpola. Inoltre, allungandolo e guardandolo contro luce, non deve presentare trinciature o altre falle.

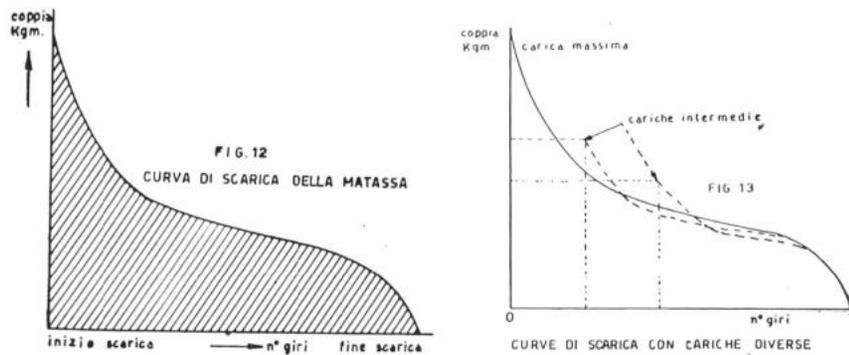
### Principi teorici

Affinché sia possibile assimilare i principi di progettazione di un modello ad elastico, non sarà male premettere alcuni cenni di teoria sul funzionamento di una matassa elastica. Non che essi siano strettamente necessari, in quanto basta conoscere alcuni principi fondamentali; ma certamente molti lettori avranno piacere di vedere come tali principi derivino esattamente dalla teoria.

Osserviamo in fig. 11 una matassa carica, alla quale è applicata un'elica. Essa, lasciando libera l'elica, ne provoca la rotazione, con una velocità che va man mano decrescendo. Infatti, come è logico, la coppia motrice della matassa aumenta con il numero dei giri che vengono impartiti alla stessa. In teoria la coppia dovrebbe essere proporzionale al numero dei giri, ma in pratica, durante la scarica, a causa dell'isteresi, la coppia diminuisce prima molto bruscamente, poi in maniera più dolce, e quindi cade a zero alla fine della scarica, secondo la curva illustrata nel diagramma di fig. 12, che presenta in ascissa il numero di giri, ed in ordinata la coppia motrice.

Da notare che se, anziché dalla carica massima, si parte da un numero di giri minore, le rispettive curve non coincidono, in quanto avremo sempre lo





spunto iniziale, seguito della forte riduzione di coppia. Pertanto le curve assumeranno l'andamento illustrato in fig. 13 con linee tratteggiate.

Consideriamo il valore medio della coppia. Esso, per un semplice principio della meccanica, a parità di qualità di gomma, è proporzionale alla sezione della matassa elevata a  $3/2$ , ed è praticamente indipendente dalla sua lunghezza. Invece il numero massimo di giri sopportabili da una matassa è direttamente proporzionale alla sua lunghezza, ed inversamente proporzionale alla radice quadrata della sua sezione.

Abbinando queste due relazioni, si giunge ad un'interessante conclusione relativa all'energia che può fornire la matassa. Se indichiamo con  $m$  la coppia motrice media, e con  $N$  il numero di giri massimo di una matassa, l'energia utile, o *lavoro*, in base ad un'elementare formula fisica, è:

$$L = 2 \pi \times m \times N$$

Da notare che, nel diagramma di fig. 12, il lavoro è rappresentato dalla superficie tratteggiata compresa fra la curva dei momenti e l'asse delle ascisse.

Supponiamo ora di formare, con la stessa quantità di gomma, un'altra matassa, di sezione doppia e lunghezza metà. La sua coppia motrice media sarà:

$$m_1 = m \times 2 \sqrt{2}$$

Il numero di giri massimo che essa sopporterà sarà:

$$N_1 = \frac{N}{2 \sqrt{2}}$$

Il lavoro da essa fornito è quindi:

$$L_1 = 2 \pi \times m \times 2 \sqrt{2} \times \frac{N}{2 \sqrt{2}} = 2 \pi \times m \times N = L$$

Come si vede, l'energia è proporzionale solamente al peso della matassa, e non dipende dalla sua composizione. La stessa gomma può essere disposta come si vuole, può essere suddivisa in diverse matasse, ma la energia utile resta sempre la stessa. Esiste in effetti una piccola differenza a favore delle matasse più sottili, che presentano minori attriti interni; inoltre, in quelle a sezione grossa i fili esterni vengono allungati più di quelli interni nell'attorcigliamento, per cui il limite di carica dipende dall'estensibilità massima dei fili esterni, mentre quelli interni non vengono sfruttati al massimo. Comunque l'entità di questa differenza non è molto forte, e non viene in genere considerata.

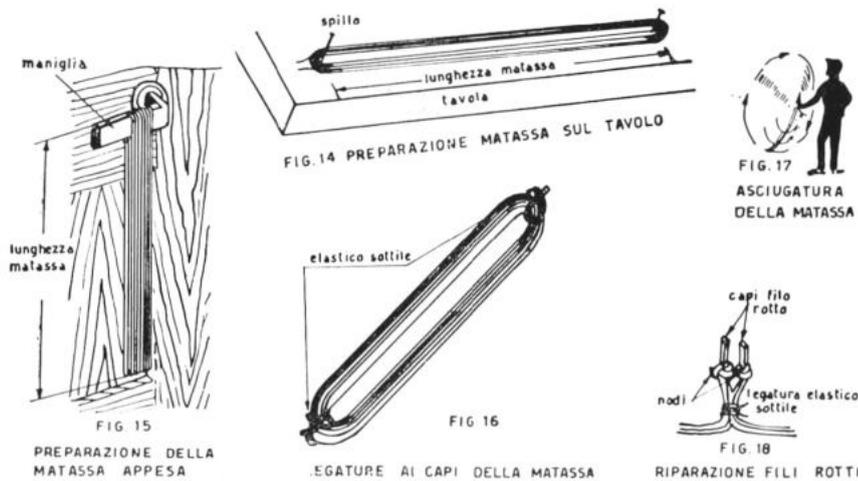
Se dal concetto di lavoro vogliamo passare a quello di *potenza*, basta dividere l'energia totale per il tempo di scarica. Si ottiene così la potenza media sviluppata dalla matassa, potenza che varia naturalmente a seconda dell'elica che ad essa viene applicata, in quanto un'elica più piccola farà aumentare la velocità di rotazione, e quindi diminuire il tempo di scarica. Di questo parleremo meglio in seguito.

### La preparazione della matassa

Ritorniamo ora sul terreno pratico. Per preparare una matassa, occorre anzitutto stabilirne la lunghezza ed il numero di fili (ci soffermeremo su questi elementi parlando del progetto dei modelli). Si fissano quindi due spilli su una tavola, a distanza corrispondente alla lunghezza della matassa, e si avvolge intorno ad essi la fettuccia, fino a formare il numero di fili stabilito (fig. 14). Per assicurare che tutti i fili risultino della medesima lunghezza (cosa assai importante per distribuire uniformemente gli sforzi durante la carica), si può anche preparare la matassa sospendendola verticalmente ad un supporto, in modo che tutti i fili pendano liberamente (fig. 15).

I due capi vengono collegati con un nodo che dia affidamento di non sciogliersi quando è lubrificato (per chi non sa fare i nodi complicati, bastano tre o quattro nodi semplici sovrapposti e ben stretti); per stringere il nodo è consigliabile bagnare i due capi con un po' di saliva, per evitare che lo sfregamento provochi delle trinciature. Alle due estremità della matassa è bene fare due legature con elastico sottile (del tipo degli anellini da ufficio), non molto strette, affinché il lubrificante possa penetrare fra i vari fili (fig. 16).

Prima dell'uso la matassa deve essere lavata con acqua e sapone neutro, per togliere il talco nel quale viene conservata, ed ogni altra im-



purità, e quindi asciugata facendola roteare nell'aria (fig. 17), finché non sia sparita ogni traccia di umidità (non usare asciugamani, perché potrebbero lasciare dei fili, e comunque non asciugherebbero perfettamente). La successiva operazione è quella della lubrificazione, che ha lo scopo di diminuire l'attrito fra i vari fili durante la carica e la scarica, riducendo così la formazione di trinciature, ed aumentando l'energia resa.

La migliore lubrificazione è quella fornita dall'olio di ricino, che infatti è il più usato sui modelli da gara. Per convincersi del suo elevato potere lubrificante, basta osservare come sia praticamente impossibile annodare due capi di elastico lubrificato, che sotto trazione sfuggono da qualsiasi nodo. Qualora si verificasse questa necessità, per annodare i due capi di un filo rotto, è necessario lavarli, oppure praticare a ciascuna estremità un nodino, e riunirli con una legatura molto stretta di elastico sottile, praticata prima dei nodini, in modo che essi non possano passarvi attraverso (fig. 18). L'unico difetto dell'olio di ricino è che è difficile toglierlo dall'elastico dopo l'uso, mentre non è affatto vero che esso abbia un forte potere di corrosione, ammenoché non sia lasciato sull'elastico per periodi assai lunghi.

Per modelli da allenamento si può usare anche una miscela abbastanza densa di glicerina e crema da barba, che dopo l'uso può essere tolta e lavata semplicemente con acqua (mentre per l'olio di ricino occorre ricorrere a detersivi forti, risciacquando quindi l'elastico con molta cura).

Per spargere il lubrificante con uniformità consigliamo di tendere la matassa fra due supporti, versarsi un po' di lubrificante sul palmo

della mano, e farlo scorrere sulla matassa, strofinando i vari fili fra loro, specie alle estremità della matassa, affinché tutte le superfici abbiano una lubrificazione omogenea. Non bisogna eccedere con la quantità di lubrificante, perché altrimenti esso tende a schizzare, il che è oltremodo dannoso quando avviene all'interno del modello, perché appesantisce ed infradisce la struttura, diminuendone la resistenza.

### Lo snervamento

Dopo la lubrificazione però la matassa, se formata di elastico nuovo, non è ancora pronta per essere installata sul modello; infatti rimane da compiere la importantissima operazione dello snervamento, che consiste nel sottoporre la gomma a sforzi sempre crescenti, in modo da metterla in grado di resistere alla carica massima, che, se impartita immediatamente, farebbe senz'altro spaccare la matassa.

Esistono due metodi per snervare una matassa. Il primo consiste nel sottoporla a forte trazione via via crescente, finché si sente che la gomma è arrivata al suo limite di elasticità, oltre il quale non si può andare senza un forte sforzo, che potrebbe provocarne la rottura. Il secondo invece consiste nel dare diverse cariche di entità man mano crescente, fino ad arrivare all'80-90% del limite massimo. Il primo sistema evita la possibilità che, durante lo snervamento, si formino delle trinciature, che potrebbero provocare in seguito la rottura di qualche filo, magari proprio durante i lanci di gara; il secondo però permette di raggiungere un più elevato grado di snervamento, e quindi di impartire in seguito un maggior numero di giri.

D'altra parte c'è da osservare che, quanto più la matassa è snervata, tanto più diminuisce la sua coppia motrice; per cui, anche se il numero di giri è più elevato, non è detto che lo sia l'energia che essa è in grado di rendere. Pertanto il grado ideale di snervamento è teoricamente quello che porta la matassa al punto in cui essa può rendere la massima energia. Ma quale è questo punto? Non è facile dare una risposta, ma personalmente consigliamo di allungare una prima volta la matassa al massimo, dare quindi una carica pari al 50% del massimo, un'altra tirata (e si vedrà che l'elastico si allunga di più della prima volta), una carica al 75% del massimo, un'ultima tirata, e basta. Fra una carica e l'altra è opportuno lasciar riposare la matassa una decina di minuti, e rispalmare bene l'olio di ricino, che tende a portarsi all'esterno.

Naturalmente altri potranno consigliare sistemi diversi, in quanto ogni elasticista ha le sue idee personali, in proposito, ma comunque non c'è grande differenza fra i vari metodi, per cui non c'è da preoccuparsi eccessivamente. Quello che è importante osservare è che l'entità dello snervamento dipende dall'uso che si intende fare della matassa. Infatti

nelle gare più importanti è opportuno cambiare una matassa ogni lancio, anche se ciò è un po' dispendioso, in quanto al lancio successivo, dopo una carica al massimo, essa fornirebbe un'energia minore (al massimo si possono fare due lanci con ogni matassa, ma in tal caso è opportuno alternarle, perché con il passare del tempo la matassa tende a ritornare alle primitive caratteristiche, pur senza raggiungerle).

Pertanto per l'uso di gara lo snervamento della matassa deve essere condotto fino al limite di massima efficienza. Se invece la matassa è destinata ad un modello da allenamento, oppure ad un modello in fase di centraggio, lo snervamento può essere molto più ridotto, con carica solo al 50%, o addirittura con sole prove a trazione, in quanto in effetti esso viene proseguito sul modello, aumentando progressivamente la carica. Se poi la matassa deve essere usata in gara, ma, per motivi di economia, deve servire per tutti i lanci, ci si manterrà su un grado di snervamento medio, e ci si terrà un po' bassi con la carica nei primi lanci, aumentando poi progressivamente il numero di giri, fino a raggiungere il massimo nell'ultimo lancio.

Finora abbiamo parlato di « limite massimo di carica », senza dire però come esso possa essere calcolato in pratica. Veniamo ora a colmare questa lacuna. Poiché fra una partita e l'altra di elastico vi sono spesso differenze di qualità abbastanza notevoli, l'unico sistema abbastanza preciso è quello di prendere un anello della stessa partita di elastico, lungo venti-trenta centimetri, e caricarlo progressivamente fino a rottura. Per avere un risultato più esatto, è opportuno fare due o tre prove, con altrettanti anelli di elastico, e fare la media dei valori ottenuti. Il numero dei giri ottenuto viene diviso per la lunghezza in centimetri dell'anello, ottenendo un coefficiente di carica  $k$ , che caratterizza la partita di gomma in esame (a titolo di notizia, per l'elastico Pirelli 1 x 6 il coefficiente  $k$  oscilla intorno a 25).

Per calcolare il numero di giri sopportabile da qualsiasi matassa composta con la stessa gomma, basterà moltiplicarne la lunghezza in centimetri per il coefficiente  $k$ , e per un altro coefficiente  $x$ , inversamente proporzionale alla radice quadrata del numero dei fili  $n$ , secondo i principi teorici esposti in precedenza, coefficiente che si ricava dalla seguente tabella:

$n$	$x$	$n$	$x$
2	1	18	0,333
4	0,709	20	0,316
6	0,578	22	0,301
8	0,500	24	0,289
10	0,446	26	0,277
12	0,408	28	0,267
14	0,377	30	0,258
16	0,353	32	0,250

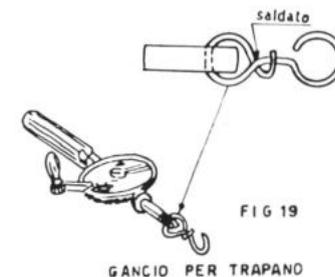
Da notare però che il numero di giri così calcolato corrisponde al limite di rottura, per cui occorre tenersi al disotto di esso di un buon 10%. Inoltre è importante sapere che il limite di rottura varia con le condizioni atmosferiche, ed è più elevato con aria fresca, e più basso con temperature elevate. Pertanto in giornate calde e assolate occorre evitare di lasciare le matasse esposte al sole, anche dentro la fusoliera, che non offre un sufficiente riparo. E' bene quindi tenere le matasse, già pronte e lubrificate, dentro un sacchetto di politene, o avvolte in uno straccio umido ben pulito, e metterle sull'erba, coprendole con lo scatolone del modello, vestiti o altro, e montarle sul modello all'ultimo momento. Durante la carica è bene disporre di uno o due aiutanti che riparino il sole sulla matassa, mediante le braccia allargate, o un telo steso, e comunque è sempre bene lasciare un maggiore margine di sicurezza, perché una rottura di matassa è sempre un incidente assai spiacevole, che può provocare gravi danni al modello, specie se è di costruzione leggera.

Un'altra cosa cui occorre fare molta attenzione sul campo, è di evitare assolutamente che la matassa vada a contatto con corpi polverosi, o addirittura per terra. Se ciò accadesse per disgrazia, è bene lavare tutta la matassa e rifarla, perché i granelli di polvere provocherebbero senz'altro delle trinciature, se non rotture di qualche filo.

### Il caricamento

Vediamo ora come bisogna procedere per il caricamento della matassa. Poiché caricare a mano risulta molto faticoso, e non è possibile sfruttare tutta la carica, occorre munirsi di un buon trapano, che abbia una leva abbastanza lunga, per diminuire lo sforzo, specie per matasse di forte sezione, ricorrendo al caricamento a mano per i soli lanci iniziali, con pochi giri di carica. Nel mandrino, al posto della punta, si fissa un gancio di filo d'acciaio robusto, stringendolo con molta cura, ad evitare che possa sfilarsi sotto la trazione della matassa, con conseguenze che potrebbero essere poco liete, specie quando la matassa è montata sul modello. Per avere maggiore sicurezza, è meglio eliminare il mandrino, e fissare il gancio attraverso un foro sull'asse (fig. 19).

Preparato il trapano, si iniziano le operazioni di snervamento. La matassa viene attaccata da una parte ad un supporto rigido, di diametro abbastanza grande, pulito e senza spigoli vivi (generalmente si usa la maniglia di una porta, ma accertando che sia ben salda); l'altra



estremità può venire attaccata direttamente al trapano, essendo poco conveniente usare l'elica del modello, che potrebbe danneggiarsi in caso di rottura della matassa (salvo che non si abbia un'elica vecchia da usare). Se si usa direttamente il trapano, occorre ricoprire il gancio con un tubetto di gomma o plastica piuttosto spesso e morbido, per preservare l'elastico dal contatto diretto col filo d'acciaio, che, sotto trazione, potrebbe tagliarlo. A carica ultimata la matassa viene scaricata, facendo ruotare il trapano in senso opposto. Naturalmente occorre conoscere esattamente il rapporto di carica del trapano, per evitare errori madornali, che potrebbero portare alla rottura della matassa.



Come si caricano le matasse dei modelli ad elastico. A sinistra: notare la posizione dell'operatore e l'espressione di sforzo. Per facilitare il compito è opportuno munire l'estremità del trapano di una staffa da inserire nella cinghia dei pantaloni. In alto: caricamento con un solo aiutante, che regge il modello con una mano sul supporto posteriore della matassa e l'altra sul muso della fusoliera. Sopra: se la fusoliera è di costruzione leggera sono necessari due aiutanti: l'uno esercita tutto lo sforzo sull'asta di acciaio inserita nel supporto della matassa, l'altro tiene allineato il muso della fusoliera.

Le cariche forti vanno date allungando sempre la matassa, che può così attorcigliarsi meglio. L'entità dell'allungamento deve essere commisurata alla carica che si intende dare (per metà carica allungare 2-3 volte la lunghezza iniziale, per carica massima 5-6 volte). Si allunga subito circa la metà del massimo che si vuole raggiungere, e si inizia la carica, continuando ad allungare, fino a raggiungere il massimo dell'allungamento quando si è dato il 15-20% della carica che si intende dare. Si arriva quindi al 50% della carica, sempre mantenendo lo stesso allungamento, e poi si comincia a rientrare, regolandosi in modo da arrivare a lunghezza normale quando la carica è finita. Se la carica è forte, gli ultimi giri devono essere impartiti più lentamente; se si sente che la matassa è diventata molto dura, e fa degli schiocchi secchi, occorre affrettare il rientro, perchè è segno che la gomma è giunta al limite di elasticità, ed insistere nella carica potrebbe provocarne la rottura. Comunque è bene dare ancora qualche giro, molto lentamente, perchè altrimenti si formano dei grossi grumi, che, quando la matassa è montata sul modello, urterebbero contro le pareti della fusoliera, provocando delle vibrazioni, e talvolta anche rottura dei traversini. Dopo lo snervamento la matassa deve essere ispezionata con cura per tutta la sua lunghezza, tirando i fili con le dita. In tal modo si vede se vi sono punti difettosi, crepe o imperfezioni nella fettuccia. In questi punti essa deve essere senz'altro tagliata e riannodata, perchè si romperebbe alle cariche successive. Se i difetti sono molti, è meglio scartare senz'altro la matassa.

Per caricare la matassa montata sul modello, la tecnica è più o meno la stessa. Occorre naturalmente un aiutante per sorreggere il modello, e generalmente, per facilitarne il compito, si dispone un'asta di filo d'acciaio (il cosiddetto « *tenore* ») dentro il tubetto d'alluminio che sorregge la matassa posteriormente (vedremo in seguito i particolari costruttivi), in modo che l'aiutante possa esercitare lo sforzo massimo su di esso, senza gravare molto sul muso della fusoliera. Anzi è meglio disporre di due aiutanti, uno dei quali sorregge l'asta con due mani, sopportando tutto lo sforzo; mentre l'altro ha il solo compito di tenere allineato il muso della fusoliera, evitando che la matassa sfregi contro le sue pareti interne (che comunque devono essere molto levigate). Il caricatore aggancia il gancio del trapano ad un occhiello posto sul prolungamento dell'asse dell'elica, estrae il tappo dalla fusoliera ed allunga la matassa, procedendo poi al caricamento nella maniera già descritta.

A caricamento ultimato si aggancia l'elica, se questa è a scatto libero (vedremo anche questo in seguito), si introduce il tappo nella fusoliera, facendo attenzione che stia nella posizione esatta, si sgancia il trapano, si controlla che tutto il modello sia in ordine, e finalmente si può lanciare. Tutte queste operazioni devono essere compiute con

una certa celerità, in quanto la matassa che rimane carica perde potenza, e corre il rischio di spaccarsi, ma anche, e soprattutto, con la massima calma, evitando di lasciarsi prendere dall'emozione.

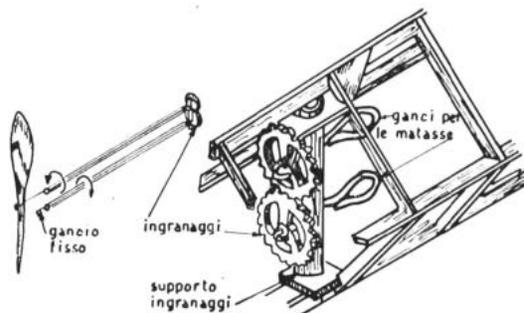
Dopo lo snervamento, o dopo i lanci di prova o di gara, se la matassa deve restare inutilizzata per diversi giorni, è bene lavarla ed asciugarla secondo la tecnica già descritta, cospargerla di talco, e riporla in un recipiente metallico a chiusura ermetica, in luogo fresco e asciutto.

E' interessante notare che, dopo lo snervamento, la matassa resta permanentemente allungata di un buon 10-12%. Di questo occorre naturalmente tener conto nel progetto del modello, per stabilire la distanza fra i due supporti della matassa.

### La matassa a treccia

Non abbiamo parlato finora di matasse a treccia. In effetti oggi che il peso dell'elastico sui modelli da gara è molto limitato dai regolamenti, la treccia è caduta in disuso; comunque una trattazione completa non può fare a meno di illustrare questa tecnica. La treccia permette di installare una matassa più lunga della distanza fra i supporti del modello, e pertanto permette di aumentare notevolmente la quantità di elastico, anche se ne riduce un po' lo sfruttamento. Pertanto la treccia è stata molto usata quando il peso della matassa era libero, accanto all'altra tecnica della doppia matassa con ingranaggi posteriori di rinvio (fig. 20).

La treccia si prepara facendo prima una matassa di metà sezione e doppia lunghezza, quindi caricandola ad un certo numero di giri, e facendola svolgere dopo aver riunito i due capi. Si ottiene così un cordone, che è di circa il 20% più corto della corrispondente matassa semplice (fig. 21).



SISTEMAZIONE DELLA DOPPIA MATASSA - FIG. 20

La treccia si distingue in dritta (se la carica iniziale viene impartita in senso opposto a quello del caricamento) e rovescia (se si dà la carica nello stesso senso, in modo che, durante il caricamento, i due cordoni prima si svolgono e poi si riavvolgono in senso opposto).

La prima si usa quando la distanza fra i supporti è di poco infe-

riore alla lunghezza dell'elastico, la seconda invece quando la differenza è molto forte. Infatti la treccia rovescia presenta la caratteristica che, alla fine della scarica, i due cordoni si svolgono e si annodano separatamente, rimanendo tesi fra i supporti, qualunque sia la loro distanza.

Però, se tale distanza è troppo corta, si presentano altri inconvenienti assai gravi, come ad esempio formazione di grumi molto grossi sotto forte carica, grumi che possono rompere la carta e anche i traversini della fusoliera, e pericolo che parte di tali grumi rimanga bloccata in coda, senza potersi scaricare, lasciando così il modello cabrato in planata. Pertanto la distanza fra i supporti non deve mai essere inferiore alla

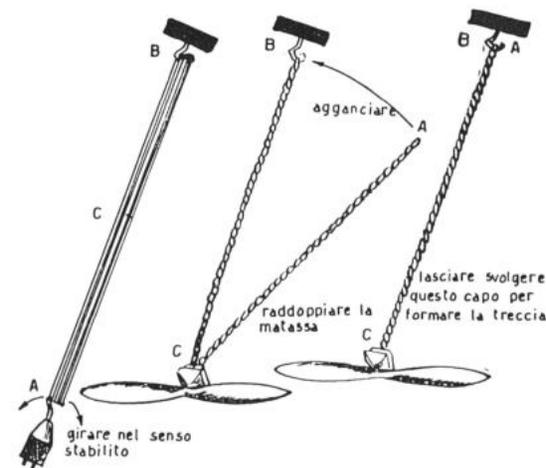


FIG. 21 - PREPARAZIONE DELLA MATASSA A TRECCIA

metà della lunghezza della matassa senza la treccia. Inoltre la fusoliera deve avere una sezione alquanto ampia sia avanti, sia soprattutto in coda, in modo che la matassa possa svolgersi liberamente. Malgrado tutte queste precauzioni, resta sempre una certa tendenza a lievi spostamenti del baricentro ad ogni fine scarica, e quindi a variazioni del centraggio del modello, per cui la matassa a treccia lenta può essere consigliata solo su modelli muniti di elica a scatto libero, che esercita una certa azione stabilizzante, e mai su modelli con elica ribaltabile.

Circa il numero dei giri da dare alla treccia, non è facile dare una regola, poichè la sua entità dipende dalla composizione della matassa. In linea di massima, si può dire che per la treccia dritta tesa è necessario circa un 5-10% della carica massima, mentre per la treccia rovescia lenta occorre arrivare fino al 20%. Da notare che, per le matasse a treccia, sia la lubrificazione che il lavaggio devono essere effettuati a matassa sciolta, perché altrimenti non potrebbero penetrare tra filo e filo di elastico.

Prima di chiudere questo capitolo, vogliamo aggiungere alcune considerazioni che possono essere ritenute superflue per i principianti, ma che vi saranno assai utili quando sarete divenuti esperti elasticisti, per migliorare i vostri risultati. Abbiamo già accennato come le

prestazioni di diverse matasse, apparentemente uguali, composte con lo stesso tipo di elastico, non siano strettamente costanti, perchè fra una partita e l'altra possono variare sia la qualità sia le misure della sezione; inoltre anche per la stessa partita la sezione può presentare piccole differenze fra un'estremità e l'altra della fettuccia. Pertanto vengono a variare sia il limite massimo di carica che la coppia motrice, e quindi l'energia utile.

### La scelta delle matasse

Si pone pertanto il problema di scegliere, per usarle in gara, le matasse capaci di fornire più energia. Purtroppo è un problema di soluzione assai difficile, e molti vi rinunciano a priori. Un primo sistema consiste nel confrontare, durante lo snervamento, la durata di scarica di diverse matasse con la stessa elica. Ovviamente la matassa che scarica più rapidamente è più potente, ma probabilmente può assorbire un minor numero di giri, e quindi non è detto che l'energia che essa può fornire sia maggiore.

Un altro sistema è quello di provare le varie matasse installandole sul modello e tentando di stabilirne il rendimento in volo, confrontando i tempi ottenuti dal modello. Occorre però prima stabilire i rispettivi limiti di carica (se si tratta di partite diverse), ed effettuare tutte le prove alla stessa percentuale della carica massima (percentuale che deve essere intorno all'80-90%, perchè non è detto che vi sia sempre la stessa proporzione fra l'energia sviluppata con metà carica e quella sviluppata con tutta la carica). Inoltre tale sistema è soggetto ad altri inconvenienti di carattere pratico, in quanto i risultati sono soggetti a molte variabili per fattori atmosferici, e, per eliminare la loro influenza, occorre fare molte prove e fare una media dei risultati, il che richiede molto tempo (e determina un forte sfruttamento della matassa), e rende ugualmente imprecisi i risultati, perchè man mano anche la gomma varia le sue caratteristiche. Inoltre le prove devono essere effettuate sempre con lo stesso modello, e solo quando si hanno condizioni atmosferiche ideali.

Ancora più difficile è il confronto quando si tratta di paragonare matasse della stessa partita, perchè se si nota una differenza di potenza, non è possibile sapere se anche il limite di carica è diverso, tanto più che tutte le indicazioni sono approssimative.

Per avere risultati più precisi, alcuni appassionati hanno realizzato delle apparecchiature per misurare l'energia delle matasse. In fig. 22 ve ne presentiamo una, proporzionata per matasse di Wakefield, che consiste in un supporto reggispinga, un braccio oscillante con relativa scala di misurazione della coppia, una molla ricavata avvolgendo del filo di acciaio armonico, una ventola d'alluminio che agisce come

carico, in sostituzione dell'elica, ed un disco contagiri, demoltiplicato mediante una scatola d'ingranaggi (rapporto circa 40:1), per ridurre la velocità di rotazione, in modo che i giri possano essere facilmente contati, sia a vista che da un dispositivo contatore.

Un notevole perfezionamento del dispositivo si può avere applicando al braccio oscillante una punta scrivente, che traccia la curva della coppia su un tamburo ruotante azionato da puleggie. Tale meccanismo è però piuttosto delicato di messa a punto, e può dare seri fastidi se non perfettamente realizzato. Pertanto è più semplice effettuare la lettura della coppia ad intervalli regolari, rilevabili dal disco contagiri, arrestando la scarica della matassa con l'apposito fermo. In base ai valori letti sulla scala è possibile tracciare ugualmente la curva della coppia di ogni matassa, in funzione del numero dei giri.

La parte più importante del meccanismo è il supporto reggispinga, che deve avere il minimo attrito, per non falsare i risultati. Al contrario i supporti delle altre parti ruotanti hanno poca importanza, in quanto agli effetti delle prove è indifferente che l'energia della matassa venga utilizzata per vincere gli attriti o per azionare la ventola. Infatti un aumento dell'attrito rallenta la velocità di scarica, ma non varia il numero dei giri, nè il valore della coppia sul braccio oscillante.

La scala viene calibrata appendendo dei pesi al braccio oscillante, in modo da provocare l'estensione della molla, come farebbe la coppia della matassa. Essendo di 10 centimetri la distanza fra il fulcro del

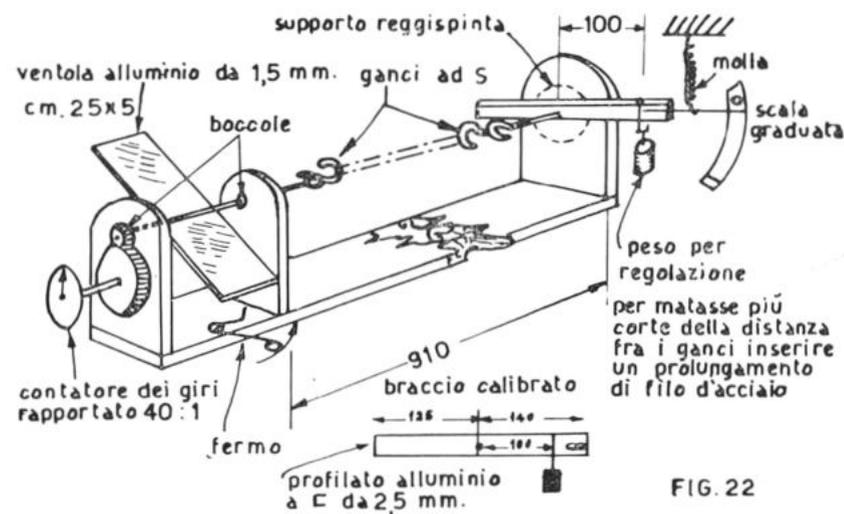


FIG. 22

ATTREZZATURA PER MISURARE L'ENERGIA DELLE MATASSE

braccio ed il punto di applicazione dei pesi, ogni grammo di peso corrisponde a 10 grammixcentimetro di coppia sulla scala.

Una volta ricavata la curva di scarica della matassa, si può calcolare il lavoro sviluppato misurando la superficie della zona compresa sotto la curva (che è bene disegnare su carta millimetrata), sommando i valori della coppia presi ad intervalli regolari e moltiplicando la somma per 3,14, e per l'ampiezza dell'intervallo.

Indubbiamente così si hanno delle indicazioni più precise, che non confrontando semplicemente le coppie di due matasse alla carica massima, o ad una determinata percentuale di essa, in quanto anche due matasse con la stessa coppia possono avere curve di scarica differenti. Comunque anche con questa attrezzatura è difficile ottenere precise indicazioni sulla scelta delle matasse, dato che ogni prova sottopone ciascuna di esse ad uno sforzo che ne altera le caratteristiche. Il sistema migliore è quello di usare l'apparecchio per misurare le prestazioni delle matasse durante lo snervamento, e scegliere così, fra la stessa partita, quelle da usare nelle gare più importanti (ricordare che la carica deve essere sempre fatta sotto trazione, agganciando la matassa ad una sola estremità dell'apparecchio, e collegandola all'altra a carica ultimata, e che la distanza fra le due estremità del banco prova deve corrispondere a quella dei supporti sul modello).

PARTE SECONDA

# ***IL PROGETTO***

## ***Vari tipi di modello ad elastico***

Il modello ad elastico indubbiamente oggi più diffuso è il « *Wakefield* », che porta il nome dell'omonima Coppa istituita nel 1928 in Inghilterra, che per molti anni ha costituito la più classica gara internazionale di aeromodellismo. Oggi essa, pur conservando il suo nome, ha preso posto fra i Campionati Mondiali delle altre categorie, ma costituisce pur sempre uno dei traguardi più ambiti dagli aeromodellisti di tutto il mondo.

*Il modello Wakefield* è stato sempre vincolato da una formula che stabilisce alcune limitazioni. Una volta era fissata la sezione maestra minima della fusoliera, prima in funzione della lunghezza della stessa, quindi nella misura fissa di 65 cmq., mentre era libero il peso della matassa. Successivamente è stata abolita la sezione maestra minima, mentre il crescente progresso tecnico ha imposto la limitazione del peso della matassa, prima a 80 grammi, e successivamente a 50 grammi. La superficie alare doveva una volta essere compresa fra 12,35 e 13,65 dmq.; mentre ora è stabilito che la superficie totale (in proiezione su un piano orizzontale) dell'ala e del piano di quota deve essere compresa fra 17 e 19 dmq. Infine il peso totale minimo è stato elevato dai 227 grammi iniziali ai 230 attuali. Pertanto la formula attuale è la seguente: superficie totale compresa fra 17 e 19 dmq., peso totale minimo 230 grammi, peso massimo della matassa 50 grammi, sezione maestra libera.

*Il modello ad elastico sport* è una formula nazionale recentemente approvata, e destinata agli aeromodellisti più giovani. In effetti però essa non è una formula completamente nuova, in quanto è assai simile ad altre già adottate negli ultimi anni. Essa stabilisce le seguenti limitazioni: superficie totale massima 13 dmq., peso totale minimo 130 grammi, peso massimo della matassa 20 grammi, sezione maestra libera.

Il modello ad elastico junior è un'altra formula recente, ed è destinata ai principianti. Essa fissa in 65 centimetri sia l'apertura alare che la lunghezza massima della fusoliera. Restano liberi la sezione maestra, la superficie alare ed il peso della matassa; quest'ultimo però non può avere una sezione superiore a 24 mmq., e non può essere più lunga della distanza fra i ganci. Sono proibite le eliche ribaltabili. Questa formula, pur essendo sostanzialmente nuova, si riallaccia ad una classica formula, che limitava la sola apertura alare a 65 cm., che ebbe grande successo nell'immediato dopoguerra, quando le difficoltà di approvvigionamento dell'elastico e del balsa non permettevano di realizzare modelli di dimensioni superiori.

Il modello Coupe d'Hiver — Questa formula è nata in Francia già da diversi anni, e sta ora raggiungendo buona diffusione sia in Italia che in altre nazioni. Sua principale caratteristica è la forte limitazione del peso della matassa, stabilito in soli 10 grammi, mentre il peso totale minimo è di 80 grammi. Apertura e superfici sono libere, mentre la sezione maestra è fissata in 20 cmq.

Il modello formula libera. — Questa categoria non è più ufficialmente in vigore in Italia da diversi anni, mentre viene mantenuta in altre nazioni parallelamente alla formula Wakefield. Essa comunque può interessare sempre coloro che costruiscono i modelli per il solo piacere di vederli volare, in quanto ovviamente il modello formula libera è quello che permette di raggiungere i risultati più elevati.

## Elementi generali del progetto

### La durata del volo

Poiché le gare per i modelli ad elastico sono di durata, il primo obiettivo da raggiungere è ovviamente quello di elevare al massimo la durata di volo. Essa può essere espressa con una formula abbastanza esatta matematicamente, che mette bene in rilievo l'influenza dei principali fattori sulla durata:

$$t = \frac{e \times \alpha \times M}{Q \times V_y} = \frac{e \times \alpha \times M}{Q \sqrt{\frac{Q}{S} \times \frac{2}{d} \times \frac{Crt^2}{Cp^3}}}$$

in cui  $t$  = durata di volo,  $e$  = energia specifica dell'elastico,  $\alpha$  = rendimento dell'elica,  $M$  = peso della matassa,  $Q$  = peso totale del modello,  $S$  = superficie alare,  $d$  = densità dell'aria (0,125 a quota zero),  $Crt$  = coefficiente di resistenza dell'intero modello,  $Cp$  = coefficiente di portanza. Da tenere presente che devono essere adottate le misure del sistema M.K.S., e cioè pesi in chilogrammi, superficie in metri quadrati ed energia in chilogrammetri, per avere il tempo in secondi.

Pertanto la durata del volo, naturalmente in aria calma, prescindendo dall'influenza di ascendenze o discendenze, risulta direttamente proporzionale al peso della matassa e al rendimento dell'elica, ed inversamente proporzionale al peso ed alla velocità di discesa del modello in volo planato (pertanto il peso influisce, negativamente, elevato a  $3/2$ , in quanto appare una volta alla prima potenza, e quindi sotto il segno di radice nella espressione della velocità di discesa). Resta il fattore di energia specifica dell'elastico, cioè la quantità di energia che è possibile trarre da un chilogrammo di elastico, che varia naturalmente a seconda della qualità della gomma, di come essa è snervata, e della carica cui viene sottoposta. Pertanto occorre cercare di elevarlo

il più possibile, basandosi sui concetti esposti nel capitolo precedente. A titolo informativo vi diciamo che esso si aggira su un valore di 700-800 chilogrammetri per kg. di gomma.

A questo punto è opportuno far presente che abbiamo riportato la formula della durata di volo, non perché in effetti essa possa servire per calcolare matematicamente il progetto di un modello ad elastico, dato che non è possibile conoscere il valore esatto di molti fattori, quale il rendimento dell'elica ed i coefficienti aerodinamici, ma semplicemente per porre in evidenza l'influenza di ciascun fattore, al fine di comprenderne l'importanza.

Inoltre la formula ci permette di fare un'interessante constatazione. Abbiamo visto nelle pagine precedenti come si determini la potenza (media) dividendo l'energia dell'elastico (espressa da  $e \times M$ ) per il tempo di scarica. Ora è chiaro che, dato un determinato peso di elastico, e quindi una certa quantità di energia disponibile, si può variare a piacere la durata di scarica, e quindi la potenza, sia variando le dimensioni dell'elica che il numero dei fili e la lunghezza della matassa. Infatti se per una data matassa si aumenta il diametro o il passo dell'elica, essa, essendo invariata la coppia motrice, girerà più lentamente, aumentando la durata di scarica e diminuendo la potenza; e viceversa per una diminuzione delle dimensioni dell'elica. Parimenti se, mantenendo la stessa elica, riduciamo la sezione della matassa, aumentandone la lunghezza, in modo da lasciarne invariato il peso, potremo dare più giri, ed avremo una scarica più lunga ma meno potente; e viceversa per un aumento di sezione della matassa.

### Il tempo di scarica

Come si vede, quindi, su un modello ad elastico si dispone di una infinita gamma di variazioni, che possono però essere riassunte in due tendenze opposte: *scarica breve e scarica lunga*. Ora, se osserviamo che nella formula della durata non appare né la durata di scarica né la potenza, possiamo concludere che le due tendenze sono teoricamente equivalenti, dato che l'energia utile resta invariata, e ad una diminuzione del tempo di scarica corrisponde una salita più veloce ed una maggiore quota raggiunta, e quindi una planata più lunga, e viceversa; cosicché il tempo totale di volo resta teoricamente invariato. In pratica però ciascuna delle due tendenze presenta vantaggi e svantaggi, che ora esamineremo brevemente.

Il modello a scarica breve e potente richiede un centraggio più accurato, per evitare che sotto il forte spunto iniziale abbia ad assumere assetti pericolosi, che possono risolversi in loopings, strette virate, ecc., che come minimo determinano una perdita di quota, e spesso anche un disastro generale. Tale centraggio si ottiene (come vedremo in

seguito) con delle correzioni tali da controllare l'eccesso di potenza (incidenza negativa all'asse dell'elica, centraggio in virata, ecc.), e generalmente accade che, esaurita la prima parte della scarica, tali correzioni risultino eccessive per una potenza minore, che pertanto non viene utilizzata pienamente, con diminuzione di rendimento.

Al contrario il modello a bassa potenza permette un migliore sfruttamento dell'energia resa dall'elastico, e risulta più sicuro e regolare nella media dei suoi risultati di volo, dato che la lunga scarica assicura già una buona percentuale del tempo di volo, anche se il centraggio in planata dovesse risultare imperfetto, cosa che può a volte succedere per formazione di nodi della matassa o altro; inoltre si è certi di non sciupare potenza in assetti fuori del normale. Questo però vale in aria assolutamente calma, in quanto, se c'è vento, il modello a scarica molto lenta rischia di venire travolto nella fase di partenza; mentre il modello a forte potenza, con il suo spunto iniziale, guadagna subito diversi metri di quota, allontanandosi dal pericolo di bruschi contatti con la dura terra, dovuti a raffiche trasversali.

Anche se si considera il movimento verticale dell'aria, cioè correnti ascendenti e discendenti, il modello a forte potenza risulta più favorito, in quanto le discendenze si trovano più facilmente a bassa quota, e possono quindi impadronirsi del modello a bassa potenza, diminuendo la già scarsa quota da esso raggiunta sotto scarica, ed affrettandone la discesa. Il modello a salita veloce invece buca rapidamente lo strato di aria turbolenta, che arriva in genere fino ai 50-60 metri di altezza, e si porta in una zona più favorevole, dove più facilmente può trovare delle correnti ascendenti.

Pertanto la soluzione migliore sta, come nella maggior parte dei casi, nel mezzo; tanto più che per i principianti è preferibile evitare una potenza eccessiva che, come abbiamo detto, richiede un centraggio più laborioso ed accurato, ed è pertanto indicata solo per aeromodellisti già esperti. Un'altra soluzione da prendere in considerazione è quella di realizzare due modelli diversi, uno a scarica lenta e l'altro a scarica breve, da usare in gara a seconda delle condizioni atmosferiche.

In merito al quesito se sia utile regolare la potenza variando la sezione della matassa oppure le dimensioni dell'elica, c'è da ricordare che un'elica più grande, che giri lentamente, ha generalmente un rendimento più elevato di una piccola, con forte velocità di rotazione, sia perché interessa un maggior volume di aria, sia perché le sue pale si disturbano meno fra loro, ed ognuna lavora in aria più fresca. Pertanto, se si desidera una scarica lunga, è preferibile aumentare le dimensioni dell'elica, naturalmente entro certi limiti, che non diminuire la sezione della matassa. Inoltre c'è da osservare che per quest'ultima conviene basarsi su quantità pratiche, con numero di fili pari, per cui

ad esempio in un modello Wakefield si tratterà di stabilire se usare 12-14-16 o 18 fili, ed eventuali variazioni intermedie di potenza verranno fatte modificando l'elica.

Abbiamo visto che la durata di volo è proporzionale al peso della matassa. Ora questo fattore è fissato dalle formule di gara, per cui non c'è nulla da fare, se non ovviamente usare tutta la quantità consentita, tenendo però presente che occorre considerare anche il peso del lubrificante, che assorbe un 5 % del totale. Resta da considerare il caso del modello formula libera, anche se esso ha oggi poca importanza pratica.

### Il peso della matassa

In teoria, dato un modello di determinato peso a vuoto, applicando la formula si ricava che il massimo rendimento si ottiene con un peso doppio di elastico (cioè  $M = 2/3 Q$ ). Ciò però è vero solo teoricamente, perché per aumentare il peso della matassa occorre allungare e irrobustire la fusoliera, e magari usare ingranaggi di rinvio o di moltiplica, ecc. Pertanto in effetti si ha anche un aumento del peso a vuoto. In pratica quindi si raggiunge il massimo rendimento quando il peso dell'elastico supera del 30-40 % quello del modello a vuoto. Ed infatti, quando nei modelli Wakefield non era limitato il peso della gomma, i migliori di essi pesavano 90-100 grammi a vuoto, e montavano 130-140 grammi di elastico.

Un altro fattore molto importante è il peso totale del modello, che influisce negativamente in misura assai notevole. Anche esso però è fissato nella maggior parte dei casi dalle formule, e quindi non resta che cercare di non superare il limite minimo. Il peso è libero solo nei modelli junior, ed in quelli formula libera. Pertanto in essi risulta evidente l'utilità di costruire i modelli più leggeri possibile; però occorre ricordare che bisogna ottenere un minimo di robustezza, perché la fusoliera dei modelli ad elastico, specie quando la matassa è di notevoli dimensioni, viene sottoposta a notevoli sforzi di torsione e compressione; inoltre, specie quando c'è vento, si corre il rischio di veder spaccare in due un'ala troppo fragile, o danneggiarsi tutto il modello in un atterraggio poco corretto.

Tale avvertenza ha particolare importanza per i modelli junior, dato che essi vengono realizzati da principianti, i quali non possono avere l'esperienza costruttiva necessaria per ottenere modelli leggeri e sufficientemente robusti. Da notare che, proprio per non invogliare gli junior a costruire modelli troppo fragili, per essi è stato stabilito il limite di cronometrando di un minuto, per cui è meglio realizzare un modello robusto, capace di volare per poco più di un minuto in

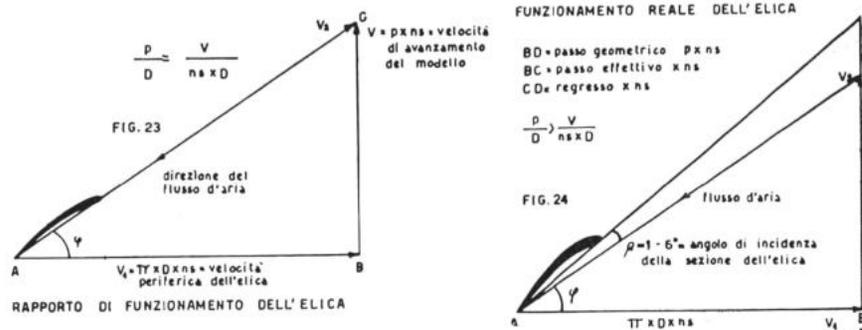
qualsiasi condizione atmosferica, che non uno in grado di fare voli di due-tre minuti in aria calma, ma soggetto a gravi scassature col vento.

### Il rendimento dell'elica

Veniamo ora a parlare del rendimento dell'elica  $\alpha$ , fattore di molta importanza, come appare anche evidente dalla formula della durata (chi volesse divertirsi a fare qualche calcolo con la suddetta formula, sappia che un'elica delle dimensioni di quelle usate sui modelli Wakefield ha un rendimento che si aggira intorno a 0,50). Abbiamo visto nel capitolo secondo dedicato all'elica, che essa può essere paragonata ad un'ala ruotante. Ora nel precedente volume « Elementi di aeromodellismo » abbiamo chiarito il concetto di efficienza massima di un'ala, che si ottiene per una determinata incidenza, che permette di raggiungere il valore più elevato del rapporto portanza/resistenza. Parimenti, perché un'elica abbia il massimo rendimento, cioè il più elevato rapporto fra trazione e resistenza alla rotazione, cioè fra energia utile ed energia assorbita, occorre che tutte le sezioni delle sue pale incontrino l'aria ad un'incidenza il più possibile prossima a quella di massima efficienza.

Consideriamo la fig. 23, che rappresenta la sezione dell'elica di un modello in volo, che avanza con la velocità  $V$ , mentre l'elica ruota ad  $ns$  giri al secondo. Per semplicità supponiamo che la sezione corrisponda all'estremità della pala, in modo che la sua distanza dal mozzo sia pari alla metà del diametro dell'elica  $D$ . Pertanto la sua velocità periferica  $V_1$  è uguale a  $\pi \times D \times ns$ , e corrisponde al segmento  $AB$ , mentre la velocità di avanzamento corrisponde al segmento  $BC$ . Poiché le due velocità si compongono, in effetti la velocità risultante è:

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + V^2} = \sqrt{V_1^2 + (\pi \times D \times ns)^2}$$



e la direzione della corrente d'aria che investe la sezione della pala è indicata dal segmento  $CA$ , che forma con il piano di rotazione l'angolo  $\varphi$ .

Da notare che se dividiamo sia  $V$ , che  $V$  per  $ns$ , otteniamo rispettivamente il passo effettivo dell'elica ed il suo diametro per  $\pi$  (3,14), cioè la circonferenza da essa descritta. Notiamo cioè che l'inclinazione del segmento  $CA$  dipende dal rapporto  $p/D$ , che abbiamo già visto in precedenza nel capitolo generale sulle eliche.

Teoricamente il miglior rendimento si ha quando è soddisfatta la seguente condizione:

$$\frac{p}{D} = \frac{V}{ns \times D}, \text{ cioè } p = \frac{V}{ns}$$

Il valore  $\frac{V}{ns \times D}$  è chiamato « rapporto di funzionamento » di un'elica.

Tale condizione di massimo rendimento è però semplicemente teorica, in quanto, come abbiamo visto in precedenza, in effetti il passo effettivo di un'elica è sempre inferiore al passo geometrico, differendone del « regresso ». Ciò ha tanto più valore durante il volo in salita, in quanto l'elica deve esercitare una trazione che, oltre alla resistenza del modello, deve vincerne il peso, secondo quanto abbiamo già visto nel capitolo dedicato alle condizioni di equilibrio nel volo in salita.

Pertanto, come risulta dalla fig. 24, la sezione dell'elica deve lavorare, rispetto alla direzione della corrente d'aria  $CA$ , con un angolo  $\beta$ , che può variare da 1 a 6 gradi. Pertanto il passo geometrico risulta indicato dal segmento  $DB$ , quello effettivo da  $CB$ , ed il regresso da  $DC$ . L'angolo che la sezione di pala deve avere rispetto al piano di rotazione è dato da  $\varphi + \beta$ .

A questo punto, se conosciamo esattamente la velocità di avanzamento del modello  $V$  e quella di rotazione dell'elica  $ns$ , potremmo, una volta fissato il diametro  $D$  e l'incidenza  $\alpha$ , calcolare esattamente il passo  $p$ . Purtroppo, data la variabilità della coppia motrice della matassa, sia la velocità del modello che quella di rotazione dell'elica non sono costanti. In prima approssimazione possiamo presumere fissa la prima, dato che la maggiore potenza iniziale fa elevare l'angolo di salita, piuttosto che la velocità sulla traiettoria; per cui questa non varia molto rispetto alla velocità di planata del modello. Resta però il fatto che varia notevolmente la velocità di rotazione dell'elica  $ns$ , e quindi dovrebbe variare il rapporto  $p/D$ .

Pertanto l'elica migliore per un modello ad elastico è quella che ha il massimo rendimento « medio », e non è possibile calcolarla teori-

camente; per cui generalmente si parte da una base desunta dall'osservazione di modelli analoghi, salvo effettuare delle prove con diversi tipi di eliche, fino a trovare quella di maggior rendimento.

Comunque questo inconveniente non deve essere drammatizzato, in quanto l'elica tende automaticamente ad adeguarsi, almeno in parte, alle sue condizioni di funzionamento. Infatti la maggior velocità di rotazione all'inizio della scarica, non trovando rispondenza in un uguale aumento della velocità sulla traiettoria del modello, determina un incremento dell'incidenza  $\beta$  di funzionamento delle pale dell'elica, che aumentano la loro resistenza, rallentando parzialmente la velocità di rotazione (nella fig. 24 diminuisce, proporzionalmente, il segmento  $BC$ , e pertanto, essendo invariato  $AB$  aumenta  $CD$ , e quindi  $\beta$ ). Ciò spiega perché in pratica trovino scarsa applicazione i vari sistemi di eliche a passo variabile in volo, che a notevoli complicazioni costruttive non contrappongono altrettanti vantaggi pratici.

Da non confondere con l'elica a passo variabile è l'elica « a passo vario », che è un'elica in cui le varie sezioni non hanno lo stesso passo geometrico. Infatti è opportuno far presente che la parte più efficiente di un'elica è quella più distante dal mozzo, le cui sezioni hanno una maggiore velocità periferica. Pertanto può essere opportuno ridurre il passo geometrico nella parte di pala più vicina al mozzo, in modo da ridurre la resistenza alla rotazione. Naturalmente però la variazione non deve essere troppo forte, altrimenti le sezioni a passo più basso potrebbero incontrare l'aria con incidenza negativa, provocando così una deportanza. Un buon tipo di elica a passo vario si ottiene stabilendo un passo base, che dovrebbe corrispondere al passo effettivo medio, e calettando tutte le sezioni con la stessa incidenza (in genere 4-5 gradi) rispetto all'angolo di inclinazione corrispondente al passo base, tranne quelle vicine al mozzo, per le quali il calettamento diminuisce gradatamente a zero (vedremo in seguito il procedimento grafico per disegnare sia un'elica a passo costante che una a passo vario). In questo modo, se il passo base è giusto, tutte le sezioni d'elica dovrebbero lavorare alla stessa incidenza, il più possibile vicina a quella di maggior rendimento.

Ritornando all'elica a passo variabile in volo, i concetti che abbiamo precedentemente esposto circa il suo funzionamento portano a concludere che, per aumentare il suo rendimento, l'elica dovrebbe avere un passo basso all'inizio della scarica, e man mano crescente. C'è da osservare però che in tal modo la velocità di rotazione, e quindi la potenza, all'inizio della scarica, tende ad aumentare rispetto a quella che risulterebbe dalla normale curva di coppia della matassa, mentre risulta maggiormente rallentata alla fine della scarica. Viene quindi ad essere accentuata la variabilità della potenza, e quindi dell'assetto di salita, che è una caratteristica non proprio piacevole dei modelli ad

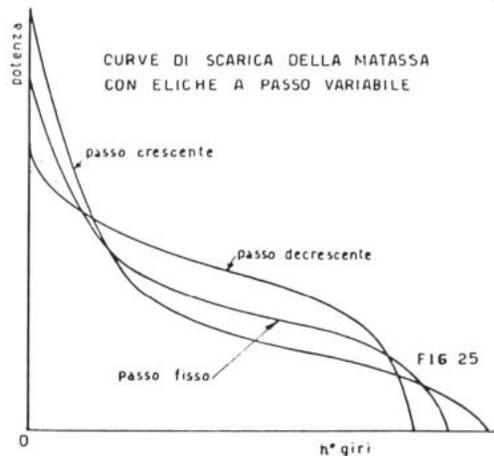
elastico, e che è a sua volta fonte di perdita di rendimento, in quanto alcune correzioni (vedremo in seguito quali) che devono essere effettuate per controllare la forte potenza iniziale, ed ottenere una salita regolare, risultano poi eccessive man mano che la potenza diminuisce, e determinano una riduzione della velocità di salita.

Pertanto alcuni aeromodellisti preferiscono invece un'elica a passo variabile in senso opposto, cioè forte all'inizio della scarica, e man mano decrescente. In tal modo vengono a peggiorare le condizioni di funzionamento dell'elica, ma in compenso ci si avvicina ad una potenza costante, migliorando così il rendimento di salita.

In linea generale si può dire che il primo schema è adatto per modelli a scarica lenta, nei quali lo spunto iniziale risulta non troppo forte, ed anzi assume un valore utile quando c'è vento, mentre successivamente, con l'aumento del passo, si ottiene una scarica molto lunga, con basso angolo di salita, ma con l'elica che lavora in condizioni di elevato rendimento. Al contrario l'elica a passo decrescente può essere utile nei modelli a forte potenza, in quanto, frenando lo spunto iniziale, rende più facile il centraggio, evitando di ricorrere ad eccessive e dannose correzioni, mentre tende a trasferire parte dell'energia nella seconda metà della scarica, con una diminuzione più graduale della potenza, e quindi una salita più costante. In fig. 25 mostriamo, approssimativamente, le curve di potenza che si ottengono, con la stessa matassa, usando un'elica a passo costante, una a passo crescente, ed una a passo decrescente.

Un altro dispositivo che viene talvolta usato sui modelli ad elastico è l'elica a passo variabile a terra. Essa permette di regolare a terra l'inclinazione delle pale, allo scopo di trovare il passo che offre il miglior rendimento in volo. Ovviamente, tranne che per una deter-

minata posizione delle pale, l'elica a passo variabile a terra risulta una elica a passo vario, in quanto, per avere un nuovo passo costante, la rotazione delle varie sezioni di pala dovrebbe essere differenziale (è facile controllare la cosa graficamente). Infatti, se ci ricollegiamo a quanto detto in precedenza, è facile comprendere come l'elica a passo va-



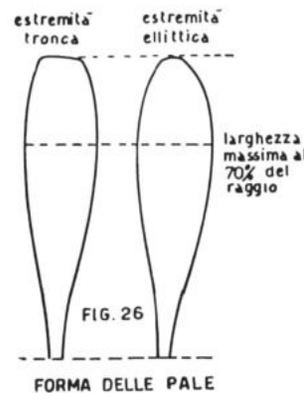
riabile a terra sia in effetti un'elica a passo vario, nella quale, partendo da un certo passo base, si varia, nella stessa misura, l'angolo di calettamento per tutte le sezioni delle pale.

Terminato di parlare del passo, veniamo alla larghezza e alla forma delle pale. Per la larghezza esistono due tendenze contrastanti; la prima propende per eliche a pala piuttosto larga, allo scopo di aumentare la corda del profilo, e quindi la sua efficienza; la seconda preferisce invece eliche a pale molto sottili, con l'intento di aumentare, a parità di coppia assorbita, il diametro, e quindi il rendimento dell'elica. Attualmente riscuote maggior credito la seconda tendenza, e generalmente si usano eliche le cui pale hanno una larghezza massima pari all'8-10 % del diametro.

Per quanto riguarda la forma delle pale, occorre tener presente che, come già detto, la porzione di pala più vicina al mozzo ha un minore rendimento, data la sua bassa velocità periferica. E' pertanto opportuno ridurre al massimo, compatibilmente con le esigenze costruttive, la larghezza della pala in questa zona, e farle raggiungere il suo massimo valore verso il 70-75 % del raggio, a partire dal mozzo.

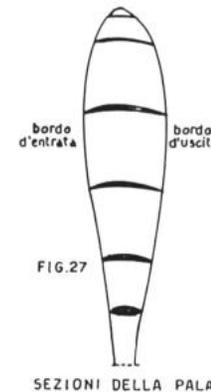
Non tutti sono d'accordo invece per quanto riguarda la forma della parte terminale della pala, in quanto molti, sempre considerando che questa parte lavora in condizioni di maggior rendimento, preferiscono aumentarne la superficie, facendo terminare la pala con una linea rettilinea. Altri invece ritengono che in questo modo si aumentino eccessivamente i vortici marginali, e preferiscono pertanto raccordare l'estremità con una curva ellittica (fig. 26). In pratica non si riscontrano sensibili differenze di rendimento fra i due tipi di pale, ma si direbbe che le pale a estremità tronche, molto in auge anni fa, siano attualmente in declino.

Il profilo nelle eliche per modelli ad elastico è sempre concavo-convesso, con una concavità del 4-5 % della corda. Lo spessore è in



genere molto ridotto, anche per diminuire il peso, ma tende ad aumentare dalle estremità verso il mozzo (dove generalmente il profilo viene variato in bi-convesso asimmetrico), per motivi di robustezza delle pale fig. 27.

A questo punto, per esaurire l'esame dei fattori che



influiscono sulla durata di volo del modello ad elastico, resta da parlare della velocità di discesa, espressa, come noto, dalla formula:

$$V_y = \sqrt{\frac{Q}{S} \times \frac{2}{d} \times \frac{Cr^2}{Cp^2}}$$

Del peso  $Q$  abbiamo già parlato, dato che esso appare anche come fattore a se nella formula, osservando come esso sia quasi sempre fissato dalle formule di gara, tranne per i modelli a formula libera e gli junior.

La superficie  $S$  è libera per i modelli junior, per i Coupe d'Hiver, e ovviamente per i formula libera. Pertanto per questi modelli un aumento della superficie (che non comporti un forte incremento di peso), porta un indubbio beneficio, dato che rallenta la velocità di planata, e in salita non influisce negativamente, data la bassa velocità sulla traiettoria. Occorre però considerare che, quanto più si abbassa il carico alare, tanto più il modello è sensibile alle raffiche di vento, e quindi poco adatto a condizioni atmosferiche poco buone.

Nel caso particolare dei modelli junior, nei quali la formula stabilisce l'apertura alare, oltre alla considerazione già fatta sul basso carico alare, c'è da osservare che, per aumentare la superficie oltre un certo limite, occorre diminuire l'allungamento, e che per le note ragioni aerodinamiche (vedi «Elementi di aeromodellismo» pag. 22), ciò porta un aumento della resistenza indotta, per cui non è conveniente scendere sotto a valori di 6-7.

Il fattore di densità dell'aria  $d$  è praticamente fisso (0,125), e comunque al di fuori di ogni nostra possibile influenza; per cui resta da parlare dei coefficienti aerodinamici  $Cp$  e  $Cr$ . Cogliamo l'occasione per allargare un po' le vostre conoscenze di aerodinamica rispetto ai primi fondamenti che avevamo illustrato nel precedente volume (vedi «Elementi di aeromodellismo» pag. 15 e successive). Da esso avete appreso come si forma la portanza su una superficie piana e su una profilata, che determina una pressione sul ventre del profilo, ed una depressione sul dorso.

## Il Numero di Reynolds

Abbiamo anche accennato al Numero di Reynolds, sul quale ora ci soffermeremo più a lungo, data la sua basilare importanza nello studio dei fenomeni aerodinamici. Esso si ricava dall'espressione:

$$N.R. = \frac{V \times Cm \times d}{\nu}$$

in cui  $V$  = velocità relativa dell'aria (cioè velocità della corrente d'aria che investe il modello, in base al principio della reciprocità degli effetti) in metri/sec.;  $Cm$  = corda media alare in metri;  $d$  = coefficiente di densità dell'aria;  $\nu$  = coefficiente di viscosità cinematica dell'aria.

Nel caso dei modelli volanti, il cui volo si svolge essenzialmente a bassa quota, sia  $d$  che  $\nu$  possono essere considerati costanti, e si può scrivere:

$$N.R. = 67.000 \times V \times Cm$$

Proviamo ora a calcolare il N.R. per alcuni tipi di modelli:

*Elastico junior:*

$$V = 4 \text{ m/sec.}; Cm = 8 \text{ cm.}; N.R. = 67.000 \times 4 \times 0,08 = 21.440$$

*Elastico sport:*

$$V = 4 \text{ m/sec.}; Cm = 12 \text{ cm.}; N.R. = 67.000 \times 4 \times 0,12 = 32.160$$

*Wakefield:*

$$V = 5 \text{ m/sec.}; Cm = 13 \text{ cm.}; N.R. = 67.000 \times 5 \times 0,13 = 43.550$$

Nei modelli veleggiatori A-2 il N.R. si aggira sui 60.000, nei moto-modelli sugli 80.000, nei modelli da velocità sui 300.000, negli aerei da turismo sui 5.000.000 e nei caccia a reazione sui 40.000.000.

Da queste fortissime differenze del N.R. deriva una notevole variazione nelle caratteristiche di un'ala, che sono tanto peggiori quanto più basso è il N.R. Cerchiamo di illustrare questo fenomeno. Sappiamo che i coefficienti di portanza e di resistenza  $Cp$  e  $Cr$  di un profilo tendono ad aumentare con il crescere dell'incidenza; ma, mentre per il secondo tale aumento è continuo, il  $Cp$  cresce solo fino ad una determinata incidenza (*l'incidenza critica*), oltre la quale si ha la *caduta di portanza* (vedi le curve dei due coefficienti nei diagrammi ortogonali e polari, nelle figure 11 e 12 del volume «Elementi di aeromodellismo»).

Ora le esperienze pratiche hanno dimostrato che il N.R. influisce sui coefficienti aerodinamici di un'ala nel modo seguente: il  $Cp$  diminuisce di poco nel campo di incidenze di uso normale; però si abbassa il valore dell'incidenza critica, e quindi diminuisce il  $Cp_{max.}$ , in quanto si verifica prima il distacco dei filetti fluidi, e quindi la caduta di portanza. Ciò è assai dannoso agli effetti della stabilità, in quanto anche in un modello centrato per il volo planato, un colpo di vento che lo investa frontalmente, oppure l'ingresso in una corrente ascendente, determina un improvviso aumento dell'incidenza di funzionamento dell'ala (cioè dell'incidenza fra il profilo dell'ala e la corrente d'aria che lo investe, che non sempre coincide con l'incidenza geometrica con la quale l'ala è calettata rispetto alla fusoliera). Se viene superata l'inci-

denza critica, si ha un'improvvisa diminuzione della portanza, e quindi una *perdita di velocità o stallo*, che provoca una picchiata del modello, tale da aumentare la velocità, ristabilendo la portanza. Generalmente però nella picchiata assume velocità eccessiva, e quindi sale di nuovo, e compie una serie di oscillazioni, che in un modello stabile tendono a smorzarsi (causando comunque una perdita di quota), mentre in un modello poco stabile possono aumentare sempre, fino al termine del volo.

Quanto al  $C_r$ , esso aumenta sensibilmente col diminuire del N.R., ed è opportuno chiarirne le cause. Sappiamo che la resistenza di un'ala è data dalla somma della *resistenza di forma* e della *resistenza indotta*. Si può cioè scrivere:

$$C_r = C_{ro} + C_{ri}$$

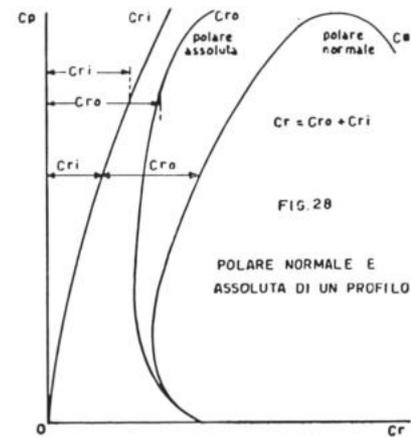
in cui  $C_{ro}$  = coefficiente di resistenza di forma e  $C_{ri}$  = coefficiente di resistenza indotta. Mentre il  $C_{ro}$  aumenta fortemente con la diminuzione del N.R., il  $C_{ri}$  resta invariato, ed è espresso dalla seguente formula:

$$C_{ri} = \frac{C_p^2}{\pi \times \lambda}$$

Esso dipende quindi solo dalla portanza sviluppata e dall'allungamento  $\lambda$  dell'ala. Pertanto la curva del  $C_{ri}$  in un diagramma polare è uguale per tutti i profili, a parità di allungamento, e corrisponde a zero per l'incidenza di portanza nulla. Naturalmente il  $C_{ri}$  si annulla per un allungamento infinito, e quindi il  $C_r$  viene a coincidere con il  $C_{ro}$ . Rappresentando tale condizione in un diagramma polare, si ha la curva detta *polare assoluta*, che viene usata da molti sperimentatori, perché ritenuta più adatta a confrontare le caratteristiche dei vari profili. Spesso

nello stesso diagramma viene rappresentata la curva del  $C_{ri}$ , in modo che per ogni incidenza, o per ogni valore del  $C_p$ , si possa calcolare facilmente il  $C_r$ , sommando il  $C_{ro}$  con il  $C_{ri}$ .

Se invece in un diagramma viene rappresentata la polare normale del profilo e la curva della resistenza indotta, un segmento che unisce un punto qualsiasi della polare con l'asse delle ordinate risulta tagliato in due dalla curva della resistenza indotta, e la frazione di sinistra rappresenta il  $C_{ri}$ , e quella di destra il  $C_{ro}$  (fig. 28).



Nella formula del  $C_{ri}$  abbiamo visto al denominatore il fattore  $\pi$ . In effetti però il valore di tale fattore dipende dalla distribuzione della portanza sull'ala, e raggiunge il valore di  $\pi$  (3,14) solo per un'ala ellittica, mentre risulta più basso (e quindi più alto il  $C_{ri}$ ) per una forma diversa. Infatti un'ala rettangolare, che produce maggiori vortici d'estremità, risulta meno efficiente di un'ala ellittica o almeno trapezoidale. D'altra parte occorre ricordare che in un'ala rastremata diminuisce il N.R. alle estremità, e quindi possono verificarsi spiacevoli fenomeni di stalli parziali. Pertanto in modelli piccoli è ancora preferibile un'ala rettangolare con estremità arrotondate che non una trapezoidale.

Cerchiamo ora di capire a cosa sia dovuta l'influenza del N.R. sulle caratteristiche aerodinamiche di un profilo alare. Ritorniamo a considerare il flusso d'aria che scorre sul dorso e sul ventre del profilo, ed in particolare lo *strato limite*, cioè quel sottile strato di aria aderente alle superfici, nel quale la velocità varia dal valore normale del flusso fino a zero in corrispondenza della superficie, che, a causa della viscosità dell'aria, effettua un'azione frenante sulle sue molecole.

Lo strato limite può essere di due tipi: *laminare* e *turbolento*. Nel primo, che è assai sottile, le particelle d'aria scorrono aderenti l'una all'altra, parallelamente alla superficie del profilo. Nel secondo invece le particelle, nel loro movimento, formano tanti piccoli vortici, e costituiscono una specie di strato «rotolante», il cui spessore è sensibilmente maggiore di quello laminare. Ciò premesso, è importante sapere che, per ogni profilo e per ogni valore dell'incidenza, esiste un determinato valore del N.R., detto *N.R. critico*, al disotto del quale lo strato limite si mantiene laminare, e al disopra del quale diventa turbolento.

Come regola generale lo strato limite laminare presenta una resistenza minore di quello turbolento, ed è quindi conveniente su quasi tutte le parti del modello, che devono essere profilate in modo da avere un N.R. critico molto elevato, il che si ottiene sagomandole il più possibile secondo la forma di minima resistenza (vedi fig. 7 su «Elementi di aeromodellismo»), e con superfici levigate e prive di sporgenze o rugosità, che tenderebbero a trasformare lo strato limite da laminare in turbolento.

Il discorso cambia però quando si passa a considerare il flusso dello strato limite sull'ala. Sappiamo infatti che la caduta di portanza è dovuta al distacco dei filetti fluidi dello strato limite dal dorso del profilo. Esso si verifica in quanto le molecole d'aria che lo compongono vanno perdendo sempre più energia man mano che scorrono sul dorso, a causa dell'attrito con la superficie. Ad un certo punto poi, con l'inizio della parte discendente della curvatura, diminuisce la capacità dello strato limite a mantenersi aderente. Per di più, una volta giunte al bordo d'uscita, le particelle d'aria si incontrano con quelle provenienti dal flusso sul ventre del profilo, che sono dotate di una maggiore pressione,

e quindi tendono a ricacciarle indietro. Pertanto lo strato limite, giunto ad un certo punto del dorso del profilo, detto *punto di separazione*, si distacca da esso, formando dei vortici, che diminuiscono la portanza ed aumentano la resistenza (fig. 29).

Con l'aumento dell'incidenza il punto di separazione si sposta sempre più in avanti, mentre aumenta la portanza. Ad un certo punto però lo spessore della zona vorticoso risulta tale per cui la portanza, anziché aumentare con l'incremento dell'incidenza, inizia a diminuire. Ecco la caduta di portanza, che normalmente avviene intorno ai 15-16° di incidenza. Ai bassi numeri di Reynolds però il fenomeno risulta aggravato e anticipato, fino ai 7-8° di incidenza, valore appena superiore a quello di minima velocità di discesa (cioè massimo  $Cp^3/Cr^2$ ) di molti profili, per cui molti modelli centrati al limite, entrano facilmente in stallo in aria perturbata.

Ciò è dovuto proprio al fatto che lo strato limite è a flusso laminare, in quanto nel flusso turbolento si ha uno scambio di energia fra le varie molecole dello strato limite, il cui spessore, come sappiamo, è più elevato, ed il flusso riesce a mantenersi più a lungo aderente alla superficie dorsale dell'ala.

Ecco quindi l'utilità di usare dei profili che abbiano un basso N.R. critico alle condizioni di funzionamento cui debbono essere usati, e ciò in particolar modo per i modelli da durata, oppure di ricorrere a particolari accorgimenti, che vedremo fra poco, per ottenere un flusso turbolento sul dorso dell'ala.

Abbiamo visto in precedenza come si calcola il N.R. Si può però obiettare che non è facile conoscere con esattezza la velocità di planata di un modello. D'altra parte a noi basta conoscere un ordine di grandezza, e non un valore esatto. Ora per orientarsi meglio è opportuno rilevare che, considerando fisso il coefficiente di portanza, il N.R. risulta direttamente proporzionale alla radice quadrata del peso del modello ed inversamente proporzionale alla radice quadrata dell'allungamento alare. Infatti è:

$$\begin{aligned} \text{N.R.} &= 67.000 \times V \times Cm = 67.000 \times \sqrt{\frac{Q}{S} \times \frac{2}{d} \times \frac{1}{Cp}} \times \sqrt{\frac{S}{\lambda}} = \\ &= 67.000 \times \sqrt{\frac{2}{d} \times \frac{1}{Cp}} \times \sqrt{\frac{Q}{S}} \times \sqrt{\frac{S}{\lambda}} = \\ &= 67.000 \times \sqrt{\frac{2}{d} \times \frac{1}{Cp}} \times \sqrt{\frac{Q}{\lambda}} \end{aligned}$$

Per l'espressione  $\sqrt{\frac{2}{d} \times \frac{1}{Cp}}$ , presumendo per il  $Cp$  un valore me-



DISTACCO DELLO STRATO LIMITE - FIG. 29

$$\text{N.R.} = 300.000 \times \sqrt{\frac{Q}{\lambda}}$$

Così ad esempio, per un modello Wakefield del peso di 230 grammi, con allungamento 10, avremo:

$$\text{N.R.} = 300.000 \times \sqrt{\frac{0,23}{10}} = 300.000 \times 0,1516 = 45.480.$$

Una volta determinato, sia pure approssimativamente, il N.R. del modello, occorre scegliere un profilo che, in corrispondenza di esso, determini delle condizioni di volo ipercritiche. Il noto ricercatore tedesco Schmitz, autore dei primi studi sull'aerodinamica delle basse velocità, scoprì che il N.R. critico è proporzionale allo spessore del profilo  $s$  ed al raggio di curvatura del suo naso  $r$ , precisando che lo spessore massimo dovrebbe essere pari a  $0,000065 \times \text{N.R.}$ , ed il raggio di curvatura del naso a  $0,0000075 \times \text{N.R.}$  (fig. 30).

In base a tali valori, un profilo per modelli Wakefield dovrebbe avere uno spessore massimo del 3%, il che creerebbe dei gravi problemi costruttivi per dotare l'ala di una robustezza sufficiente. Per fortuna la pratica ha dimostrato che tali valori, esatti teoricamente in modelli da galleria aerodinamica, levigatissimi ed esposti ad una corrente d'aria poco turbolenta, possono essere comodamente superati, pur rimanendo in campo ipercritico, nel caso di un modello volante, dato che l'aria atmosferica ha già un coefficiente di turbolenza abbastanza forte, e che inoltre la stessa costruzione di un modello volante presenta delle rugosità, che favoriscono la formazione del flusso turbolento.

Pertanto si può comodamente basare il calcolo per la scelta del profilo su dei parametri all'incirca doppi di quelli indicati da Schmitz. Quindi, per un modello Wakefield, si dovrebbe adottare un profilo con il 6% di spessore massimo. Per la scelta si tenga presente che, in molte serie di profili, i numeri di contrassegno sono indicativi delle loro caratteristiche. Infatti la prima cifra rappresenta, in percentuale della corda, l'altezza della linea mediana, la seconda e la terza insieme la posizione del massimo spessore, e l'ultima il valore di tale spessore. Ad

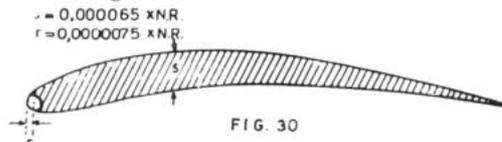


FIG. 30  
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL PROFILO IN BASE AL NUMERO DI REYNOLDS

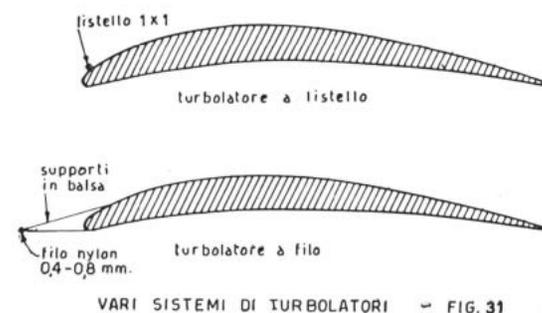
esempio il profilo NACA 6409 ha l'altezza massima della linea mediana pari al 6% della corda, e lo spessore massimo del 9%, situato al 40% della corda. (In altre serie invece le funzioni della prima e dell'ultima cifra sono invertite).

Circa quest'ultimo fattore, cioè la posizione del punto di massimo spessore, c'è da osservare che, spostandolo indietro, e quindi aumentando l'angolo di inclinazione del bordo d'uscita verso il basso, si ottiene un incremento del coefficiente di portanza (nonché di quello di resistenza, per cui non si può dire a priori se si abbia un aumento o una diminuzione dell'efficienza), ma anche una maggiore escursione del Centro di Pressione al variare dell'incidenza, cioè una più marcata instabilità longitudinale; per cui i profili col bordo d'uscita « flappato » (di scuola danese) non sono adatti per modelli da vento, e la loro efficacia è alquanto discussa anche in aria calma. Pertanto, nei profili più usati attualmente, la posizione del massimo spessore del profilo oscilla generalmente fra il 30 ed il 40% della corda; ma generalmente c'è uno sfasamento fra le due curve, in quanto quella dorsale raggiunge la massima altezza al 30-40% della corda, mentre quella ventrale la raggiunge al 50-60%.

Inoltre è bene ricordare che è possibile usare profili anche più spessi, come fanno molti aeromodellisti, pur rimanendo in campo ipercritico, mediante opportuni accorgimenti, che favoriscono la formazione della turbolenza. Anzitutto è bene che il naso sia alquanto appuntito, anche se ciò diminuisce il coefficiente di portanza (ma in compenso diminuisce lo spostamento del Centro di Pressione al variare dell'incidenza, e quindi l'instabilità dell'ala). Inoltre, mentre è bene che il ventre sia più levigato possibile, si può adottare una costruzione con longheroni affioranti sul dorso, ognuno dei quali costituisce un piccolo scalino, che favorisce la formazione della turbolenza.

### I turbolatori

Quando poi si vogliono adottare profili ad alto coefficiente di portanza, piuttosto spessi e con naso arrotondato, oppure in modelli a N.R. molto basso, si può ricorrere a dei veri sistemi di *turbolatori*. Un sistema semplicissimo consiste in un listellino quadrato (circa 1×1 mm.) incollato sul dorso del profilo, subito dietro al bordo d'entrata. Un secondo sistema, senz'altro più efficiente, ma anche più difficile di messa a punto, consiste in un filo di nylon, da 0,4-0,8 mm., posto davanti al



bordo d'entrata, circa alla sua stessa altezza, ed a una distanza di circa il 10% della corda (fig. 31). Esistono anche altri sistemi che non stiamo a descrivere, in quanto la loro efficacia è piuttosto dubbia.

Anche per i due sistemi illustrati, occorre ricordare che essi danno

buoni risultati, diminuendo la velocità di discesa e migliorando la stabilità, solo in modelli che, in base al N.R. di funzionamento, al particolare tipo di profilo e di centraggio adottati, ne abbiano bisogno; perché altrimenti la loro installazione potrebbe risolversi in un semplice aumento di resistenza, senz'altro dannoso. Pertanto l'uso dei turbolatori è consigliabile solo ad aeromodellisti esperti, che siano in grado di valutarne l'utilità e l'influenza sul rendimento del modello.

Un'altra considerazione che scaturisce da quanto sopra esposto è che, quanto più piccolo è il modello, tanto minore deve essere il suo allungamento, per non diminuire troppo il N.R., e non avere un aumento della resistenza di forma, che supererebbe il guadagno in resistenza indotta. Inoltre nei modelli piccoli le estremità alari non devono essere molto rastremate, altrimenti verrebbero a trovarsi in condizioni di volo sottocritiche, anche se la parte centrale dell'ala lavora in campo ipercritico. Buona norma in un'ala rastremata è quella di ridurre lo spessore percentuale del profilo verso le estremità, cosa utile sia a ridurre il N.R. critico, sia a diminuire la resistenza indotta.

Un'ultima avvertenza. Abbiamo finora parlato dei coefficienti  $C_p$  e  $C_r$ . Nei diagrammi aerodinamici essi vengono riferiti alle caratteristiche di un'ala isolata, però è chiaro che le prestazioni di un modello dipendono dalle somme dei coefficienti di portanza e resistenza di tutto il modello. Oggi la maggior parte dei modelli usa il piano di coda portante; comunque, in prima approssimazione, si può anche considerare solo la portanza dell'ala, mentre non si può trascurare la resistenza offerta dalla fusoliera, piano di coda, elica, eventuale carrello, ecc., la cui resistenza complessiva diminuisce notevolmente il rapporto  $C_p/C_r$ , cioè l'efficienza del modello, nonché il rapporto  $C_p^3/C_r^2$ , da cui dipende la velocità di discesa.

Tale resistenza non è praticamente calcolabile, ma, come ogni resistenza aerodinamica, aumenta con il quadrato della velocità. Pertanto può essere che, se si considera l'ala isolata, la minima velocità di discesa

si otterrebbe con un profilo sottile, poco portante ma molto efficiente, per cui si avrebbe una traiettoria veloce ma poco discendente. Se però consideriamo la resistenza di tutto il modello, essa risulterà più forte che non se si avesse un'ala con un profilo più spesso, cui corrisponde una minore velocità sulla traiettoria.

Non è possibile fare calcoli esatti, in quanto esistono pochissimi diagrammi di profili sperimentati ai N.R. dei modelli volanti, e d'altra parte non è detto che anche quei pochi siano esattamente applicabili, poiché nella costruzione di un'ala di aeromodello, con la ricopertura in carta che si avvalla fra centina e centina, è impossibile riprodurre esattamente il profilo prescelto.

Pertanto il progetto del modello, a parte alcuni fattori particolari, non viene mai impostato matematicamente, ma secondo delle direttive desunte dai principi generali che abbiamo esposto, nonché dall'esperienza pratica e dall'osservazione dei modelli altrui.

Ad esempio, dalla considerazione sopra fatta sulla resistenza passiva del modello, si può facilmente dedurre che in un modello a linee molto aerodinamiche si può usare un profilo sottile; mentre in un modello a linee piuttosto squadrate risulta preferibile un profilo leggermente più spesso.

## ***Impostazione del progetto***

Dopo aver analizzato i vari elementi di un modello ad elastico, passiamo all'impostazione pratica del suo progetto, che descriveremo separatamente per ciascuno dei tipi già elencati, anche se il procedimento logico è più o meno lo stesso.

### **Il modello Wakefield**

Questo è senz'altro il tipo più diffuso, ed è quindi logico dargli la precedenza. Ricordiamo le limitazioni stabilite dalla formula: superficie totale compresa fra 17 e 19 dmq., peso totale minimo 230 grammi, peso massimo della matassa 50 grammi.

Possiamo anzitutto considerare due tendenze fondamentali: il modello da aria calma e quello da vento. Il primo tende a sfruttare tutte le possibilità di progetto, anche sacrificando un po' la stabilità, per aumentare al massimo la durata di volo. Un tale tipo di modello risente però eccessivamente delle raffiche di vento, che ne alterano l'equilibrio, e quindi in giornate ventose dà generalmente risultati peggiori di un altro modello, concepito in modo da elevarne la stabilità, che quindi è meno soggetto a brusche variazioni di assetto, e più pronto a rimettersi nel normale assetto di volo.

Come è noto, le gare si svolgono con qualsiasi condizione atmosferica, e pertanto chi si accinge a progettare un modello può scegliere due strade: o cercare di realizzare un modello « ognitempo », di caratteristiche non eccessivamente spinte e sufficientemente stabile, capace quindi di dare risultati costanti con qualsiasi tempo; oppure sfruttare la possibilità, ammessa dai regolamenti, di presentare in gara due modelli, uno da vento e l'altro da aria calma, come già detto a proposito della scarica lenta e breve. Pertanto, nel suggerire un procedimento logico

da seguire per impostare il progetto, ci riferiremo a tutti i tre tipi di modello: da aria calma, da vento e « ognitempo ».

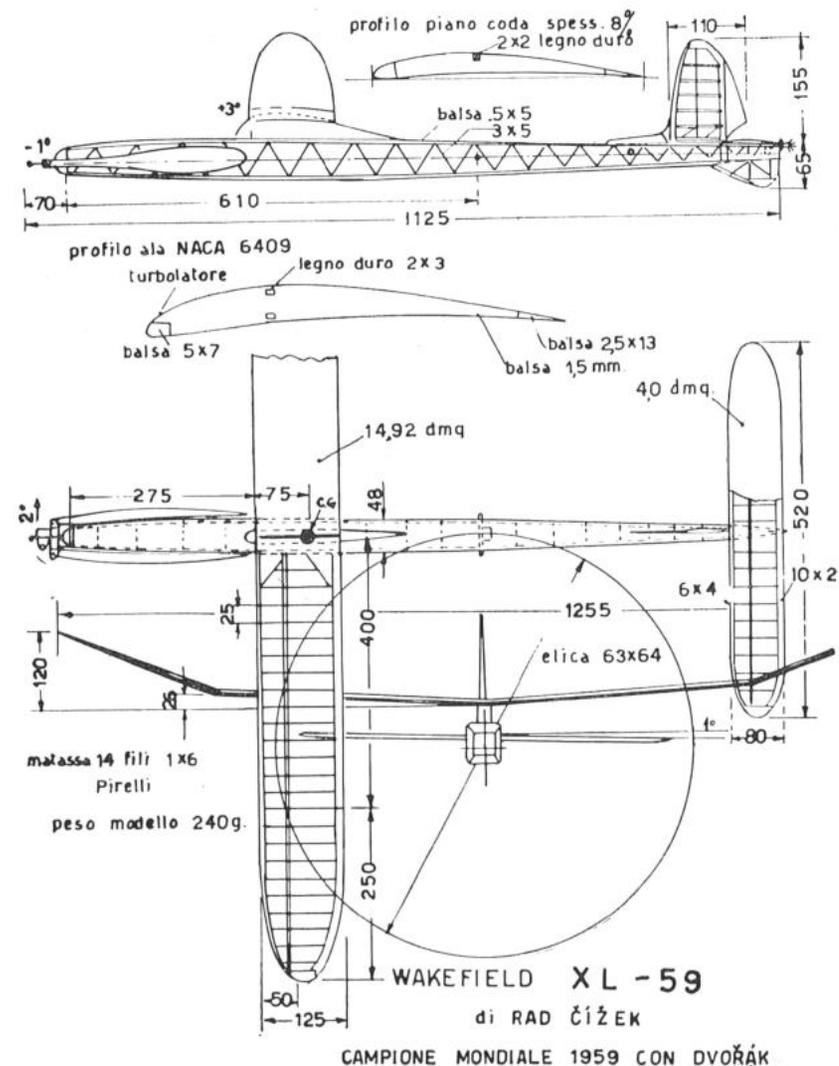
Nella tabella abbiamo raggruppato le principali caratteristiche di alcuni fra i migliori Wakefield apparsi sui campi di gara internazionali negli ultimi anni, e di alcuni di essi presentiamo nelle pagine seguenti anche i tritici tecnici, che, unitamente alla tabella, sono assai utili per concretare il progetto di un Wakefield.

Riteniamo opportuno stabilire per prima cosa la composizione della matassa. La formula consente un peso massimo di 50 grammi, di cui circa il 5%, cioè 2-3 grammi, sono da riservare al lubrificante, dato che la matassa viene controllata già lubrificata. Visto che tutti gli specialisti preferiscono, per la sua maggiore praticità, la fettuccia 1 x 6, che pesa circa 6 grammi al metro, ne risulta che possiamo usarne circa 8 metri. Dalla tabella vediamo che i modelli di cui abbiamo riassunto le caratteristiche montano matasse che vanno dai 12 ai 18 fili. Pertanto, scartando l'eventualità di usare un numero di fili dispari, che complicherebbe la preparazione della matassa, le varie possibilità sono illustrate nella seguente tabellina, dalla quale risultano il numero di fili e la lunghezza della matassa, nonché la carica massima risultante, in base ad un coefficiente  $k = 25$  (vedi capitolo terzo):

N. fili	Lunghezza cm.	Giri carica massima
12	66	670
14	57	530
16	50	440
18	44	360

A questo punto è opportuno ricordare quanto abbiamo detto nel capitolo quinto a proposito di modelli a scarica breve e a scarica lunga. In linea di massima per un modello da vento è più adatta la scarica breve, poichè la forte potenza permette di superare più facilmente le raffiche di vento nella fase di partenza; però non è detto che si debba esagerare, in quanto anche in un modello veloce e stabile una forte raffica può provocare una variazione di assetto (ad esempio un'inclinazione trasversale, che porta ad una stretta virata, con perdita di quota), e, nel tempo necessario a rimettersi nel normale assetto di salita, l'energia sciupata sarà tanto maggiore quanto più elevata è la potenza.

Inoltre è bene ricordare che la potenza può essere regolata, oltre che variando la sezione della matassa, anche agendo sulle dimensioni dell'elica. Pertanto si possono avere modelli da vento con matasse relativamente sottili, ed eliche di piccole dimensioni; nonché modelli da aria calma con matasse a forte sezione ed eliche molto grandi. Inoltre alcuni elasticisti sono per la scarica breve anche in modelli da aria calma, intendendo sfruttare al massimo le doti di salita, anche a scapito della durata di scarica.



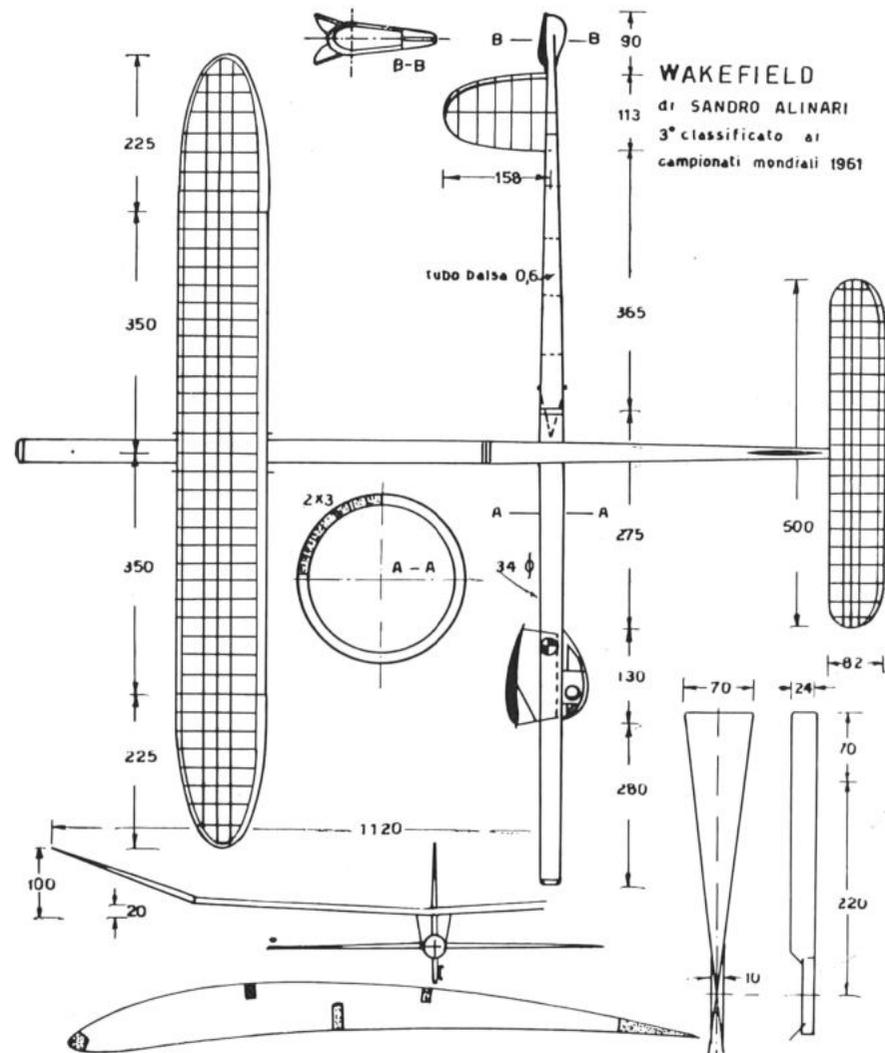
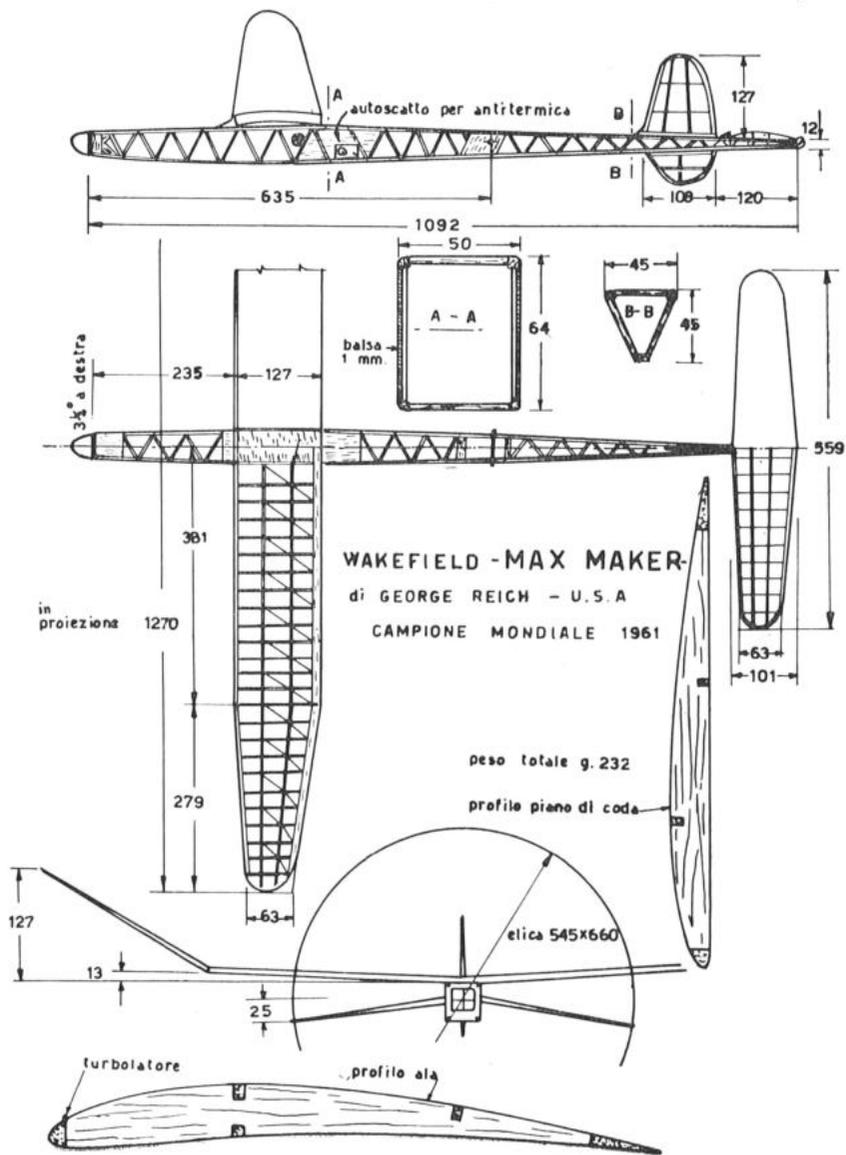
Poichè, come abbiamo visto in precedenza, teoricamente la variazione della potenza non influisce sulla durata di volo, conviene evitare i valori estremi, che presentano inconvenienti di ordine pratico (la matassa di 12 fili richiede eliche di diametro troppo piccolo, e quella di 18 fili aumenta le difficoltà di centraggio, a causa della maggiore coppia di rea-

# TABELLA RIASSUNTIVA CARATTERISTICHE MODELLI WAKEFIELD

	Cizek	Reich	Alinari	Kosinski	Niestoj	Fresl	Ivannikov	Matveev	Grunbaum	Aalto	Scardicchio	Taberna	Cassi	Hyvarinen	Murari	Hartill	Cheurlot	Rupp
Apertura alare (A) cm.	125,5	127	112	126	120	120	106,5	124	135	126,4	120	123	122	128,6	114	114	116	120
Superficie ala (S) dmq.	14,92	14,45	14	15,1	14,9	14,1	13,85	15,63	14,06	14,85	13,7	14,3	15,08	15,1	14,35	15,22	14,5	14,5
Corda media (Cm) cm.	11,9	11,4	12,5	12	12,4	11,75	13	12,6	10,4	11,75	11,40	11,7	12,5	11,8	12,6	13,3	12,5	12,1
Allungamento ( $\lambda$ )	10,55	11,14	8,96	10,5	9,68	10,21	8,19	9,84	12,98	10,76	10,53	10,51	9,76	10,9	9,05	8,57	9,28	9,92
Profilo	NACA 6409	B. 8556 b	NACA 6409-8%	Concavo	Concavo 7%	Concavo 8%	Concavo 5%	Concavo 4%	NACA 6409	B. 8556 b	Concavo 8%	B.6356 b	RAF 32	Concavo 8%	Concavo 8%	Gott. 432	Yedelsky	Concavo 6%
Diedro cm.	12	12,7	10	11	10	12	14	10	11,5	10,2	10,5	9	12	11	12	9	10	11
Peso totale (Q) gr.	240	232	230	234	234	232	231	231	231	232	—	235	—	—	—	—	240	235
Carico alare (Q/S) gr/dmq.	16,1	16	16,4	15,5	15,7	16,4	16,7	14,8	16,4	15,6	—	16,4	—	—	—	—	16,5	16,2
Peso matassa (M)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Rapporto (M/Q) percentuale	20,8%	21,5%	21,7%	21,3%	21,3%	21,5%	21,6%	21,6%	21,6%	21,5%	—	21,3%	—	—	—	—	20,8%	21,3%
Sezione matassa mmq.	84	96	96	84	72	84	84	90	72	96	72	84	108	84	96	72	84	84
Lunghezza matassa cm.	57	50	50	57	66	57	57	53	66	50	66	57	44	57	50	66	57	57
Distanza fra i ganci cm.	59	61	65	62	58,5	68	59	48	63	56,5	65	—	58	53	53	—	62	58
Diametro elica (D) cm.	63	54,5	58	58	54	56	58	55	50	59	50	58	58	59	56,5	50	55	60
Passo (p) cm.	64	66	65	72	58	60	58	63	50	73	—	58	70	77	65	55	62	56
Rapporto (p/D)	1,016	1,21	1,12	1,24	1,07	1,07	1	1,145	1	1,237	—	1	1,207	1,305	1,15	1,1	1,127	0,903
Numero pale	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Durata scarica secondi	—	—	50	—	50	—	—	30	65	50	—	—	35	56	33	—	40	—
Apertura p. coda cm.	52	55,9	50	46	46,5	47	40	40	66	48	47	53	49,3	42,3	47	39	44	46
Superficie p. coda (Sc) dmq.	4	4,32	4	3,68	3,95	4,7	3,8	3,36	4,63	3,75	4,13	4,5	3,92	3,6	4,5	3,74	4,06	4
Allungamento p. coda	6,76	7,23	6,25	5,75	5,47	4,7	4,21	4,76	9,41	6,15	5,34	6,24	6,2	4,97	4,91	4,06	4,77	5,29
Profilo p. coda	Concavo 8%	Piano	Concavo	Piano	Piano	Concavo 8%	Concavo 5%	Piano 6%	Clark Y 10%	MVA 335	Concavo 6%	Gott. 439	Piano	Piano 5%	Piano 8%	Piano 8%	Piano 9%	Piano 8%
Superficie totale (St) dmq.	18,92	18,77	18	18,78	18,85	18,8	17,65	18,99	18,69	18,60	17,83	18,8	19	18,7	18,85	18,96	18,56	18,5
Lunghezza ft. (Lft) cm.	112	114	128	111	115,5	116	118	130	105	120	94	108	101	115	98	92	116	103
Braccio di leva (a) cm.	66	69	82	64	74	68	67	88	61	75	57	64	64,5	71	61	56	68	59
Coefficiente K	0,67	0,55	0,53	0,77	0,63	0,52	0,70	0,66	0,52	0,62	0,66	0,59	0,74	0,70	0,66	1	0,66	0,74
Posizione C. G.	60%	60%	75%	75%	—	—	—	71%	55%	70%	—	—	67%	75%	55%	65%	80%	62%

zione dell'elica) e limitare la scelta fra i 14 ed i 16 fili (che sono infatti le sezioni più usate, come ci mostra la tabella riassuntiva), rispettivamente per modelli da aria calma e da vento, od ognitempo.

Stabilita la composizione della matassa, il dato successivo che ne risulta immediatamente è la distanza fra i ganci. Il fatto di avere un peso



della matassa assai limitato ci porta ad escludere senz'altro l'uso della treccia, ed a disporre la matassa tesa fra i ganci. Poiché, come abbiamo detto in precedenza, la matassa, dopo lo snervamento, si allunga permanentemente di un 10-12 %, perché essa possa rimanere tesa nella fusoliera, senza strusciare sul fondo, occorre che la distanza fra i ganci venga stabilita in misura superiore di circa il 15 % alla lunghezza della matassa nuova. Cioè, nel nostro caso, 65 e 57 cm., rispettivamente per matasse

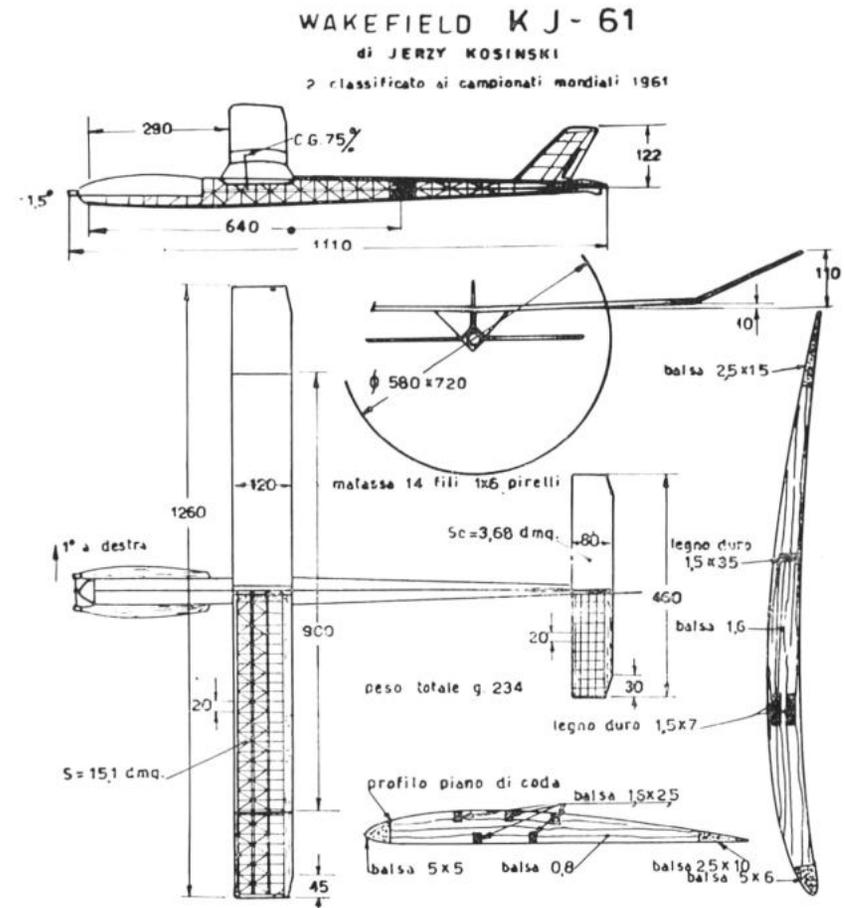
di 14 e 16 fili. Dalla tabella si vede che molti modelli adottano distanze proporzionalmente inferiori. Ciò perché i dispositivi tenditori di cui sono muniti (che descriveremo in seguito) permettono di mantenere ugualmente tesa la matassa. Ciò però obbliga a bloccare gli ultimi giri di carica, il che non è sempre conveniente.

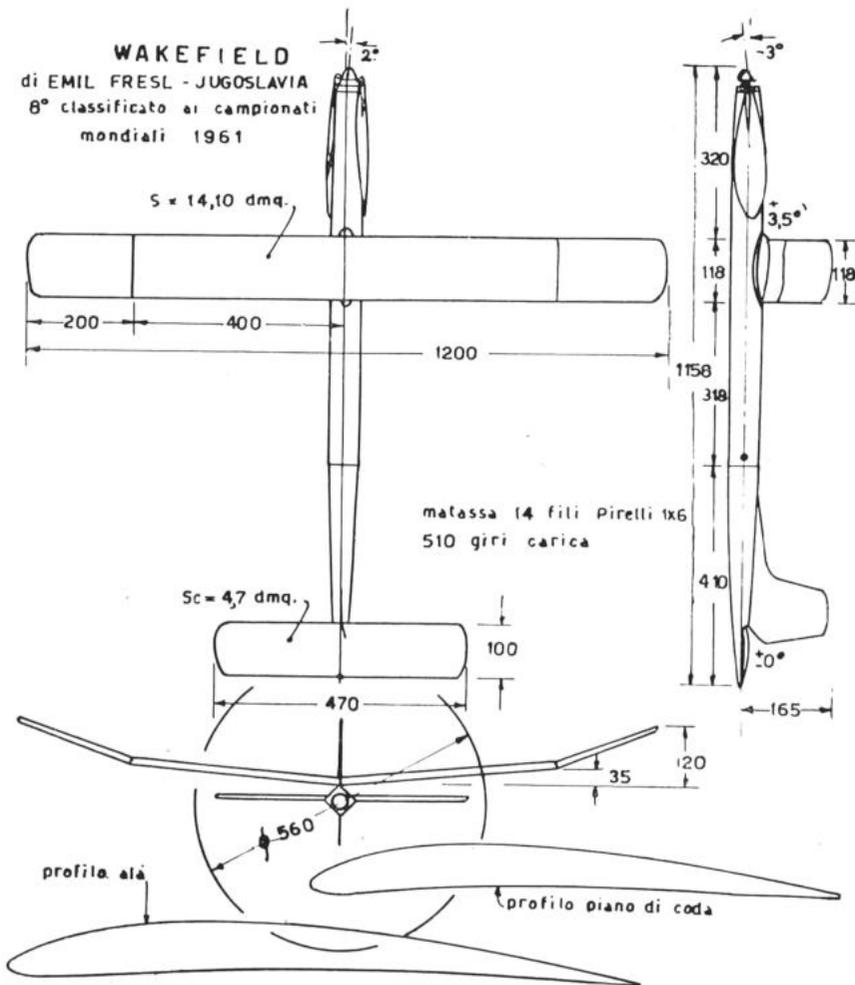
Dalla matassa si passa direttamente all'elica, per completare il gruppo motopropulsore. Ricordando i concetti generali esposti nei capitoli precedenti, vediamo di stabilire le caratteristiche dell'elica per il nostro modello. Optiamo senz'altro per l'elica bipala, che è la più usata sui modelli Wakefield, dati gli inconvenienti pratici della monopala su modelli di grandi dimensioni. Del diametro e del passo abbiamo già parlato da un punto di vista generale, facendo presente che non è possibile fornire delle indicazioni precise, a causa della variabilità dei fattori che influenzano sul rendimento dell'elica. Pertanto la cosa migliore è basarsi sulla osservazione dei valori usati in modelli già affermati, come quelli riassunti nella nostra tabella.

Naturalmente tutte le caratteristiche dell'elica, cioè diametro, passo, larghezza delle pale e profilo, sono collegate fra loro, in quanto complessivamente concorrono a determinarne il « coefficiente di assorbimento di coppia », cioè la resistenza che essa oppone alla rotazione, e che quindi regola la velocità della scarica, nonché la potenza. Per semplicità possiamo tralasciare le ultime due caratteristiche, per le quali ci atterremo a dei valori medi, che abbiamo indicato in precedenza (larghezza pari all'8-10% del diametro, e profilo concavo-convesso con concavità del 4-5%). Restano da stabilire il passo ed il diametro, a proposito dei quali, o meglio del loro rapporto  $p/D$ , c'è da fare un'altra importante osservazione, e cioè che esso deve essere più basso in modelli a scarica breve e più forte in modelli a scarica lunga. Infatti in un modello a scarica veloce l'angolo di salita è più elevato, ma la velocità sulla traiettoria non aumenta in proporzione alla maggiore velocità di rotazione dell'elica. Pertanto, in base ai concetti esposti al capitolo quinto, diminuisce il « rapporto di funzionamento » dell'elica, e quindi, per mantenere pressoché costante il suo rendimento, il rapporto  $p/D$  deve essere inferiore.

Ciò premesso, vediamo di arrivare a delle conclusioni. Per un modello da aria calma, con matassa di 14 fili, possiamo usare un'elica da 58 cm. di diametro, con 63 cm. di passo, cioè  $p/D = 1,1$ , che dovrebbe dare una scarica intorno ai 50". Se si desidera aumentare la scarica, intorno al minuto, si può portare il diametro a 60 cm., ed il passo a 70 cm. ( $p/D = 1,16$ ). Per un modello ogni tempo, con 16 fili, un'elica da  $58 \times 65$  ( $p/D = 1,12$ ) dà una scarica di circa 40"; una da  $60 \times 70$  ( $p/D = 1,16$ ) darà circa 50" di scarica. Infine per un modello da vento, sempre con 16 fili, consigliamo un'elica da  $57 \times 63$  ( $p/D = 1,105$ ), con 35" di scarica.

Naturalmente questi indicati sono valori medi, in quanto le concezioni personali di alcuni elasticisti portano a valori che se ne discostano alquanto. Così dalla tabella riassuntiva, sia pure scartando i modelli che usano matasse di 12 o 18 fili, notiamo ad esempio quello di Matveev che, con 16 fili, monta un'elica da  $55 \times 63$ , che scarica in 30". Evidentemente il suo costruttore è un sostenitore della scarica veloce, tanto più se si considera che gli altri elementi del suo « Dragone Volante » ne fanno un modello tipicamente da aria calma. D'altra parte vediamo il modello di Cizek che, con 14 fili, monta un'elica da  $63 \times 64$ , che dovrebbe dare una scarica superiore al minuto, anche se il rapporto  $p/D$





Per lo stesso motivo non è il caso di pensare, per ora, all'adozione di dispositivi di passo variabile in volo, mentre si possono semmai provare eliche a passo variabile a terra, oppure a passo vario, che vedremo nella parte pratica.

Il punto successivo da stabilire è la suddivisione delle superfici, la lunghezza del braccio di leva, ed il valore del coefficiente inverso di stabilità. Ricordiamo la nota formula illustrata nel precedente volume « Elementi di aeromodellismo »:

$$S_c = \frac{S \times C_m}{K \times a}$$

in cui  $S_c$  = superficie del piano di coda,  $S$  = superficie alare,  $C_m$  = corda media,  $K$  = coefficiente inverso di stabilità,  $a$  = lunghezza del braccio di leva.

Cominciamo con lo stabilire il valore di  $K$ . In base ai dati medi risultanti dalla tabella riassuntiva, possiamo porre  $K = 0,65$  per qualsiasi modello, dato che, come vedremo fra poco, in modelli da aria calma useremo profili più portanti, e quindi più instabili, rispetto a quelli che conviene usare in modelli da vento; inoltre varierà anche il tipo di centraggio, come illustreremo nel capitolo dedicato al centraggio.

Passiamo quindi alla suddivisione delle superfici, che complessivamente non devono, come noto, superare i 19 dm<sup>2</sup>. Alcuni elasticisti sono del parere che non sia conveniente avvicinarsi al massimo consentito, in quanto una riduzione delle superfici aumenterebbe la velocità di salita (vedi nella tabella i casi dei modelli di Scardicchio e Ivannikov; mentre non è da considerare tale il modello di Alinari, che è stato realizzato usando elementi preesistenti di altri suoi modelli). Tale teoria è però seguita solo da una minoranza di elasticisti, e può essere semmai valida solo per modelli a scarica veloce. Poiché invece la maggioranza degli esperti tende ad avvicinarsi ai valori massimi consentiti, anche noi ci baseremo su tale tendenza, lasciando un piccolo margine per evitare contestazioni in fase di controllo delle superfici. Possiamo quindi fissare la superficie totale  $S_t$  in 18,9 dm<sup>2</sup>.

Per suddividere questa superficie fra ala e piano orizzontale, occorre tenere presente che, in un modello da aria calma, si cerca di aumentare al massimo la superficie dell'ala, per diminuire la velocità di planata, facendo un piano orizzontale di piccole dimensioni, con un lungo braccio di leva, per avere una buona stabilità longitudinale. I modelli da vento invece devono essere più raccolti, con pesi il più possibile concentrati intorno al baricentro, per diminuire i momenti d'inerzia, e favorire la rimessa nel normale assetto di volo, ogni volta che esso venga alterato dalle raffiche. Pertanto il braccio di leva non può essere molto lungo, e quindi il piano di coda deve avere maggior superficie. Possiamo quindi

è uno dei più bassi. Eppure questo modello può essere senz'altro considerato un modello ognitempo, in base alle altre sue caratteristiche.

Questa divergenza di impostazione fra aeromodellisti che, ciascuno a suo modo, sono dei veri campioni, sta a confermare che teoricamente non esiste differenza di rendimento fra modelli a scarica breve e lunga, e che quindi il progetto viene spesso influenzato da considerazioni basate sulla personale tecnica di gara di ogni aeromodellista. E' logico però che al principiante convenga attenersi a valori medi, finchè non si sarà formato delle teorie personali ben precise, e basate sull'esperienza acquisita.

stabilire 15,2 dmq. all'ala e 3,7 al piano orizzontale per un modello da aria calma; 14,8 dmq. all'ala e 4,1 al piano orizzontale per un modello ognitempo, e 14,4 dmq. all'ala e 4,5 al piano di coda per un modello da vento.

Per stabilire le altre caratteristiche dell'ala, cominciamo con l'allungamento. Facendo la media dei valori adottati nei modelli elencati nella tabella riassuntiva, risulta un valore di 10. Poichè abbiamo detto che i modelli da vento devono essere più raccolti di quelli da aria calma, possiamo adottare un valore di 11 per questi ultimi, 10 per un modello ogni tempo e 9 per un modello da vento.

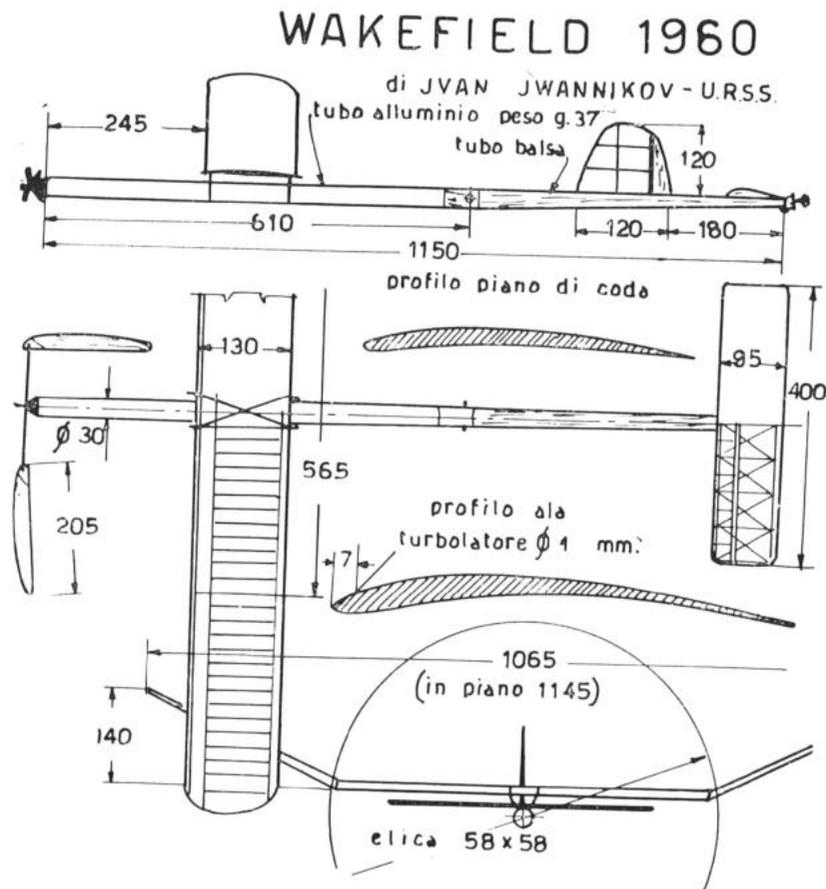
A questo punto possiamo facilmente calcolare le altre caratteristiche dell'ala. L'apertura  $A = \sqrt{S} \times \lambda$ , in cui  $S$  = superficie alare e  $\lambda$  = al-

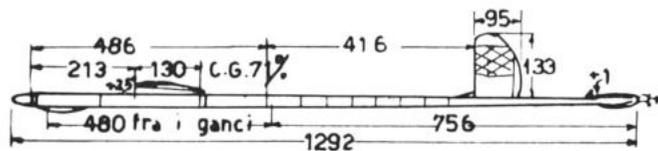
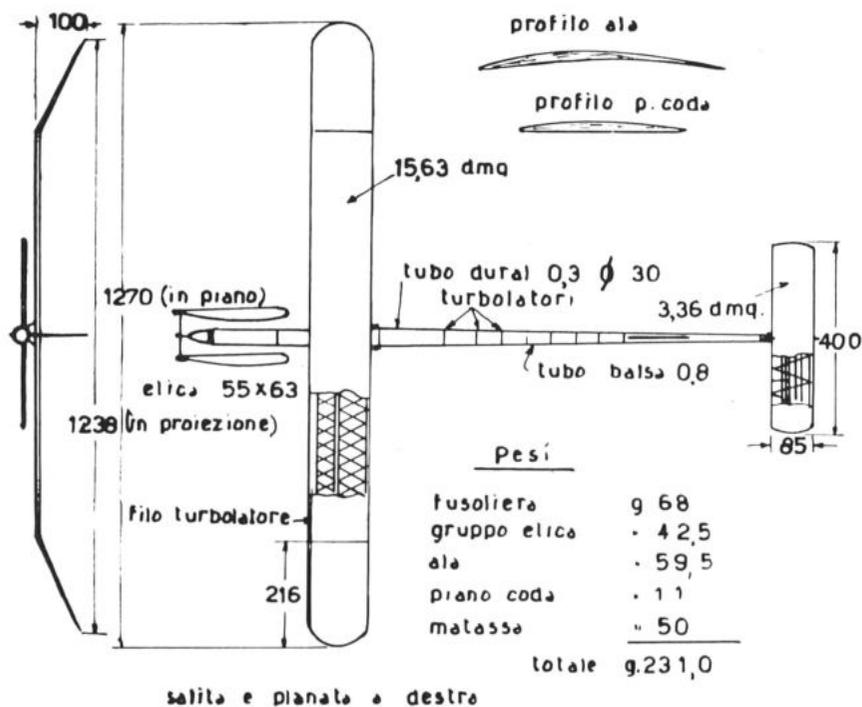
lungamento. Pertanto per il modello da aria calma, riducendo la superficie in centimetri quadrati, si ha:  $A = \sqrt{1520} \times 11 = 129$  cm.; per il modello ognitempo  $A = \sqrt{1480} \times 10 = 122$  cm.; per il modello da vento  $A = \sqrt{1440} \times 9 = 114$  cm. La corda media  $C_m = A : \lambda$ . Quindi per il modello da aria calma  $C_m = 129 : 11 = 11,73$  cm.; per il modello ognitempo  $C_m = 122 : 10 = 12,2$  cm.; per il modello da vento  $C_m = 114 : 9 = 12,65$  cm.

Per quanto riguarda la forma dell'ala, la più usata è senza dubbio quella a doppio diedro, con pianta rettangolare per la parte centrale; mentre per le parti esterne vi sono tre tendenze: quella di proseguirle rettangolari, con estremità quasi tronche, quella di farle trapezoidali, e quella di realizzarle interamente ellittiche. Noi consigliamo la seconda, che è quella che concilia maggiormente le esigenze di stabilità con il rendimento aerodinamico e la praticità costruttiva. Naturalmente nel disegno occorrerà stabilire i valori della corda massima e minima, in modo da ottenere effettivamente la superficie prefissata, tenendo presente che il gomito del diedro viene in genere posto verso il 60% dell'apertura, e che la corda d'estremità si aggira intorno ai due terzi di quella massima. Il diedro alare, misurato come altezza in centimetri delle estremità dal piano delle centine centrali, è in media di 11 cm. per i modelli considerati. Possiamo pertanto basarci su 10 cm. per il modello da aria calma, 11 per quello ognitempo e 12 per il modello da vento.

Passiamo ora al profilo. In base alle considerazioni fatte nella parte generale, dovremmo optare per profili molto sottili (circa 5-6% di spessore massimo), con concavità alquanto forte (ad esempio M.V.A. 342, Benedeck 6356b, ecc.). Tali profili però sono adatti per modelli da aria calma, mentre per modelli da vento o ognitempo si preferiscono in genere profili un po' più spessi (8-9%) e meno concavi (tipo NACA 6409), che hanno minore escursione del centro di pressione al variare dell'incidenza, e quindi maggiore stabilità longitudinale. Alcuni usano addirittura profili con spessori fino al 12% (NACA 6412, RAF 32, Eiffel 400, ecc.), ma riteniamo che essi siano da considerarsi tecnicamente superati. Per quanto riguarda l'eventuale uso di turbolatori, rimandiamo a quanto detto nel capitolo quinto, ma ne sconsigliamo l'uso ai principianti, che non sarebbero in grado di valutare la loro effettiva influenza sulle doti aerodinamiche del modello.

Veniamo ora al piano di coda. Una volta stabilita la sua superficie, le altre dimensioni non hanno molta importanza; per cui possiamo attenerci tranquillamente a valori medi, con allungamento compreso fra 5 e 6; diciamo 6 per modelli da aria calma, 5,5 per modelli ognitempo e 5 per modelli da vento. Circa la forma in pianta, vediamo dai disegni dei vari modelli che quella rettangolare è usata quasi universalmente, e





**WAKEFIELD 1959 di VLADIMIR MATVEEV-U.R.S.S**

pertanto non ci resta che seguire la maggioranza. Avremo quindi i seguenti valori per l'apertura e la corda:

— per modello da aria calma:

$$A = \sqrt{S \times \lambda} = \sqrt{3,7 \times 6} = 47 \text{ cm.};$$

$$Cm = A : \lambda = 47 : 6 = 7,9 \text{ cm.}$$

— per modello ognitempo:

$$A = \sqrt{4,1 \times 5,5} = 47,5 \text{ cm.}; Cm = 47,5 : 5,5 = 8,6 \text{ cm.}$$

— per modello da vento:

$$A = \sqrt{4,5 \times 5} = 47,5 \text{ cm.}; Cm = 47,5 : 5 = 9,5 \text{ cm.}$$

Il profilo del piano di coda è anch'esso condizionato al tipo di modello ed al centraggio che si vuole ottenere. Infatti quanto più esso è portante, tanto più il piano di coda è in grado di controllare la potenza dell'elica nella fase iniziale della salita, e tanto più contribuisce alla portanza complessiva durante la planata, riducendo la velocità di discesa del modello. Però un piano di coda molto portante, cui corrisponde una posizione del baricentro molto arretrata, se corregge bene la cabrata, non è altrettanto efficiente nei confronti della picchiata, per cui il modello risente maggiormente delle variazioni di assetto provocate da raffiche di vento, arrivando in casi estremi a prolungare qualsiasi picchiata fino a terra (vedi anche il capitolo decimo).

Pertanto è bene che il profilo del piano di coda sia sempre meno portante di quello dell'ala, e cioè piano convesso, oppure concavo convesso più sottile o con minore concavità di quello dell'ala. In pratica in un modello da aria calma, per il quale abbiamo adottato per l'ala un concavo convesso sottile e molto concavo, possiamo scegliere per il piano di coda un profilo dello stesso spessore, ma meno concavo (che si può anche disegnare a mano, se non se ne ha sottomano uno delle caratteristiche desiderate). Per modelli ognitempo e da vento consigliamo invece senz'altro l'uso di profili piano convessi, di spessore pari a quello dell'ala (che è concavo) o leggermente inferiore.

A questo punto, per completare lo schema generale del modello, nei confronti della stabilità longitudinale, ci resta da calcolare la lunghezza del braccio di leva, cosa che possiamo fare facilmente, avendo tutti i dati pronti. Infatti è:

$$a = \frac{S \times Cm}{Sc \times K}$$

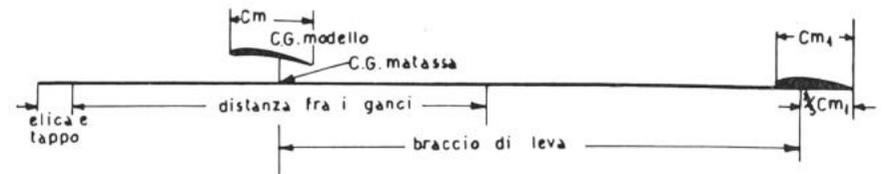
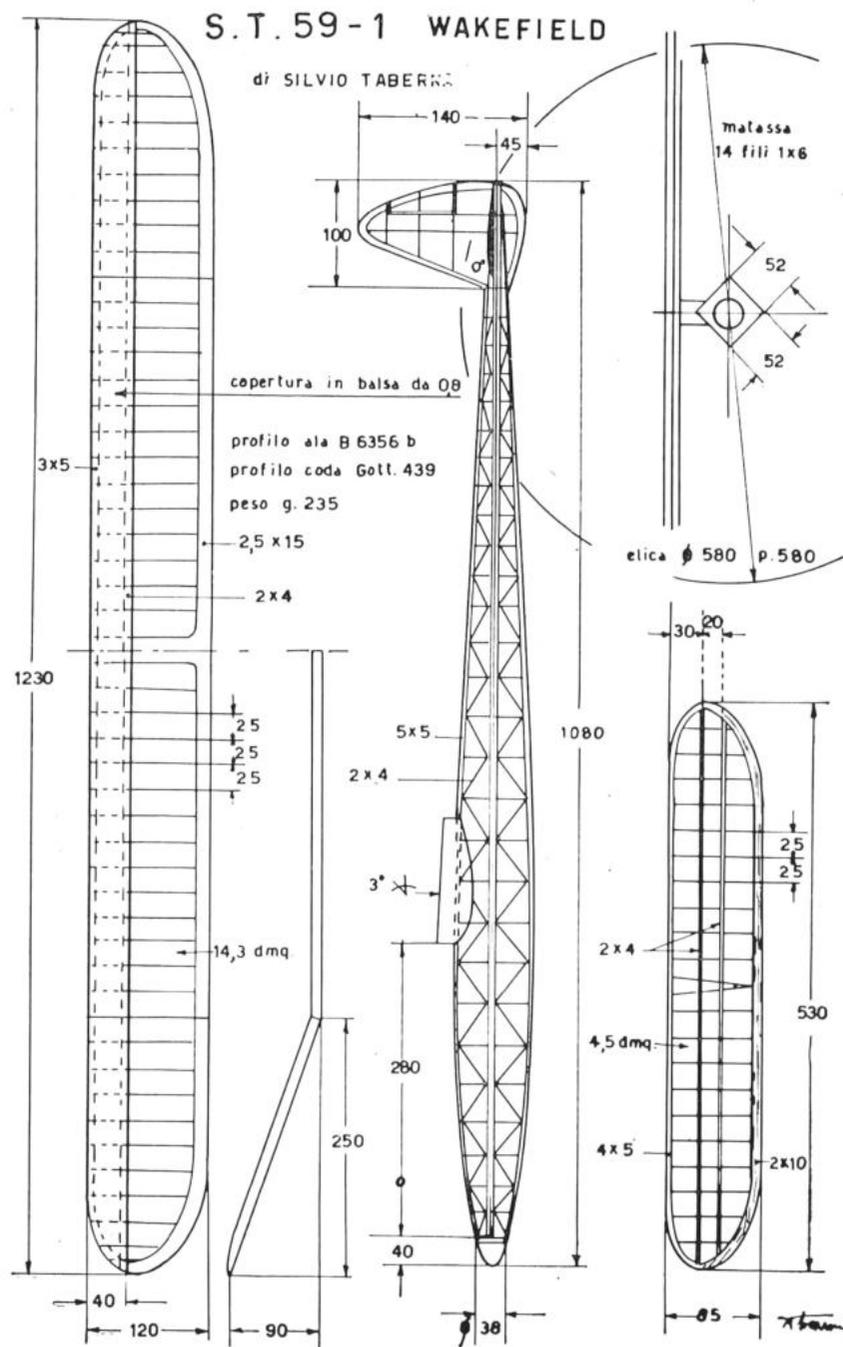
Abbiamo quindi i seguenti casi:

$$\text{Modello da aria calma: } a = \frac{1520 \times 11,75}{370 \times 0,65} = 74 \text{ cm.}$$

$$\text{Modello ognitempo: } a = \frac{1480 \times 12,2}{410 \times 0,65} = 68 \text{ cm.}$$

$$\text{Modello da vento: } a = \frac{1440 \times 12,65}{500 \times 0,65} = 56 \text{ cm.}$$

Possiamo ora stabilire la lunghezza fuoritutto, tenendo presente che, in genere, si cerca di far coincidere il baricentro della matassa con quello del modello, allo scopo di evitare che i movimenti della stessa tendano ad alterare il centraggio. Questa disposizione non era possibile quando



DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DELLA FUSOLIERA - FIG. 32

la matassa non era limitata, in quanto si cercava di sfruttare tutta la lunghezza della fusoliera per installarvi la matassa; anzi era la lunghezza di quest'ultima a determinare quella della fusoliera. Essendo invece oggi piuttosto corta la matassa, la lunghezza della fusoliera viene stabilita in base alle esigenze di stabilità, come abbiamo appunto fatto. Quindi è senz'altro opportuno adottare la tecnica dei baricentri coincidenti.

Pertanto alla lunghezza del braccio di leva dobbiamo aggiungere metà della distanza fra i ganci, più  $\frac{2}{3}$  della corda del piano di coda, che viene quasi sempre disposto esattamente all'estremità posteriore della fusoliera, più 6 cm. circa per lo spessore dell'elica, tappo e ganci (fig. 32). La lunghezza «fuoritutto» risulterà quindi come segue:

- mod. aria calma:  $Lft = 74 + \frac{1}{2} \times 65 + 6 + \frac{2}{3} \times 7,9 = \text{cm. } 118$
- mod. ognitempo:  $Lft = 68 + \frac{1}{2} \times 57 + 6 + \frac{2}{3} \times 8,6 = \text{cm. } 108,5$
- mod. da vento:  $Lft = 56 + \frac{1}{2} \times 57 + 6 + \frac{2}{3} \times 9,5 = \text{cm. } 97$

Per quanto riguarda la sezione della fusoliera, le più usate sui Wakefield sono quella tonda, quella a diamante e quella rettangolare, che ci sembrano proprio adatte per i tre tipi di modelli da noi considerati: la sezione tonda, più aerodinamica, per il modello da aria calma; quella rettangolare, le cui superfici laterali esercitano una certa azione stabilizzante (purché la posizione del Centro di Spinta Laterale sia esatta), per il modello da vento, e quella a diamante, di caratteristiche intermedie, per il modello ognitempo.

Nelle fusoliere con sezione tonda o a diamante l'ala viene quasi sempre raccordata mediante una pinnetta non molto alta (3-4 centimetri), oppure mediante una cabana di filo d'acciaio (vedremo in seguito i particolari costruttivi). Nel caso di sezione rettangolare l'ala può essere appoggiata direttamente sulla fusoliera; ma anche in questi casi è assai diffuso l'uso della pinna, che, oltre ad aumentare la stabilità pendolare, permette di distaccare l'ala dalla fusoliera, diminuendo le interferenze aerodinamiche e sfruttando maggiormente la superficie alare.

Abbiamo così esaurito l'impostazione del progetto del modello Wakefield. Rimandiamo alla parte successiva l'esame della costruzione, e passiamo a studiare altri tipi di modelli.

## Il modello sport

Ripetiamo le limitazioni della formula: superficie totale massima 13 dmq., peso totale minimo 130 grammi, peso massimo della matassa 20 grammi. Essendo questa una formula recente, i due modelli di cui presentiamo il disegno e le caratteristiche sono stati progettati in base alla vecchia formula junior, che fissava la superficie totale in 12 dmq., il peso totale in 110 grammi e quello della matassa in 25 grammi. Come si vede, le due formule sono abbastanza simili fra loro, e quindi i due modelli possono servirci abbastanza egregiamente per basare il progetto, per il quale conviene seguire lo stesso procedimento adottato per il modello Wakefield, visto che gli elementi fissati dalla formula sono gli stessi.

Non ripeteremo la distinzione fra modello da aria calma e da vento, dato che la formula sport è destinata ad aeromodellisti di media esperienza, che difficilmente pensano a realizzare due modelli diversi da usare in gara a seconda delle condizioni atmosferiche, e quindi è opportuno cercare di ottenere un modello ognitempo. D'altra parte chi volesse fare le cose più accurate, può riuscirvi facilmente variando leggermente gli elementi di progetto, sulla guida di quanto abbiamo suggerito a proposito dei Wakefield.

La matassa di 20 grammi, meno il lubrificante, corrisponde a circa 3 metri di elastico  $1 \times 6$ , o 6 metri di  $1 \times 3$ . Notiamo che, anche in questa categoria, quasi tutti preferiscono l' $1 \times 6$ , realizzando una matassa di 8 fili. Pertanto anche noi seguiremo questa tendenza, usando una matassa di 8 fili  $1 \times 6$ , che risulterà lunga 38 cm., cui corrisponderà una carica massima di circa 450 giri (ma coloro che non conoscono a fondo l'elastico faranno bene a non superare i 400 giri). La distanza fra i ganci dovrà essere di cm.  $38 \times 1,15 =$  cm. 44.

Per quanto riguarda l'elica, anche in questa categoria conviene usare la bipala. Per il passo ed il diametro, visto che i due modelli presentati hanno misure assai simili fra loro, possiamo benissimo attenerci a dei valori intermedi, cioè diametro 44 cm., passo 57 cm. La durata della scarica dipenderà dalla larghezza della pala; infatti notiamo che il modello di Papi ha una scarica di 60", contro i 40" di Artioli, pur con passo e diametro leggermente inferiori. Se noi adottiamo una pala larga circa 4 cm., otterremo, con la matassa più corta dei due modelli presentati, circa 40" di scarica.

Notiamo che il rapporto passo/diametro è più elevato di quelli suggeriti per i Wakefield, e ciò è più che logico. Rileggendo infatti i principi generali dell'elica, noteremo che il passo deve avvicinarsi all'avanzamento medio del modello per ogni giro d'elica. Quindi esso, a parità di velocità del modello, dovrebbe essere indipendente dalle sue dimensioni, anche se a questo limite teorico non si può arrivare in pratica,

## TABELLA RIASSUNTIVA

### CARATTERISTICHE MODELLI SPORT

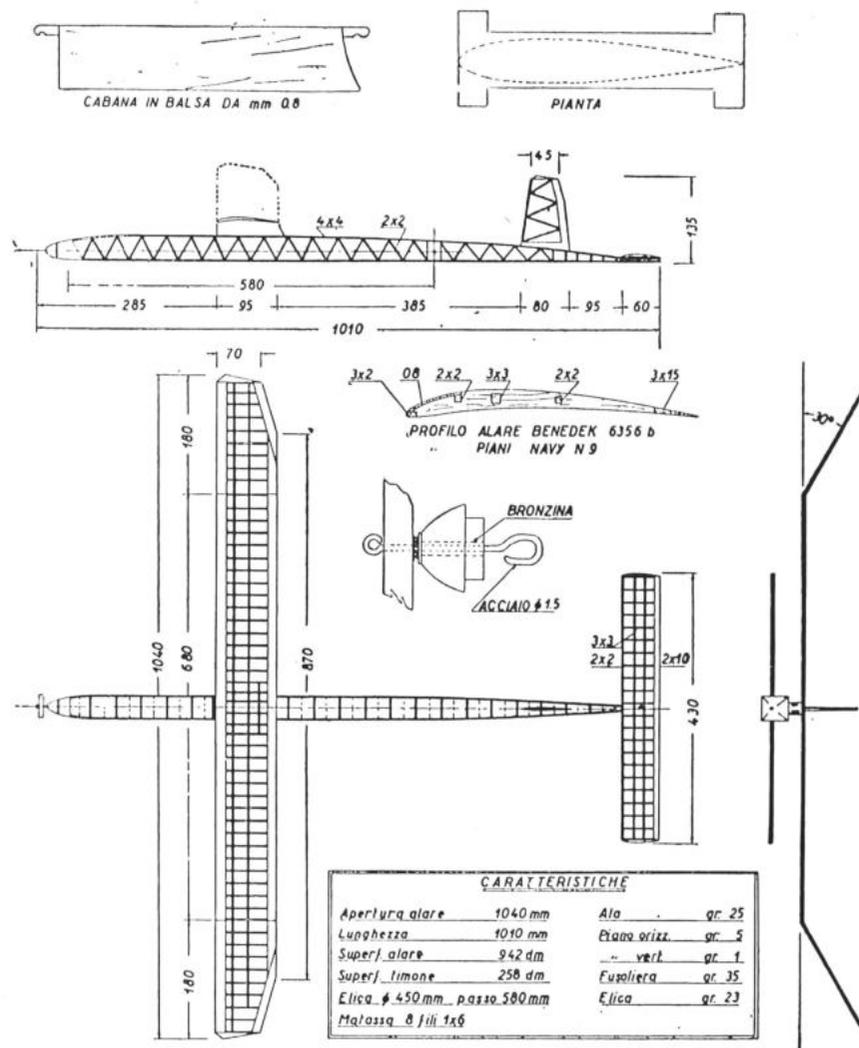
	Papi	Artioli
Apertura alare (A) cm.	105	104
Superficie ala (S) dmq.	9,40	9,42
Corda media (Cm) cm.	9	9
Allungamento ( $\lambda$ )	11,7	11,5
Profilo	Concavo 9%	B. 6356 b
Diedro cm.	13	9
Peso totale (Q) gr.	110	114
Carico alare (Q/S) gr/dmq.	11,7	12,1
Peso matassa (M)	25	25
Rapporto (M/Q) percentuale	22,7 %	21,9 %
Sezione matassa mmq.	48	48
Lunghezza matassa cm.	50	50
Distanza fra i ganci cm.	59	58
Diametro elica (D) cm.	43	45
Passo (p) cm.	56	58
Rapporto (p/D)	1,3	1,29
Numero pale	2	2
Durata scarica secondi	60	40
Apertura p. coda cm.	41	43
Superficie p. coda (Sc) dmq.	2,6	2,58
Allungamento p. coda	6,46	7,17
Profilo p. coda	Piano 8%	Navy N. 9
Superficie totale (St) dmq.	12	12
Lunghezza ft. (Lft) cm.	90	101
Braccio di leva (a) cm.	54	62
Coefficiente K	0,70	0,53
Posizione C. G.	—	—



# TENSING ELASTICO

di Roberto Artioli

G.A. Ferrara



## Il modello junior

Può forse sembrare un controsenso fare uno studio di progetto su una formula destinata solamente ai principianti, che per la maggior parte realizzeranno dei modelli in base a scatole di montaggio, o almeno a disegni commerciali; in effetti però tale studio, dato che l'impostazione della formula differisce in modo sensibile da quelle precedentemente descritte, può essere utile, oltre che a qualche giovane desideroso di progettarsi da se anche il suo primo modello (cosa non certamente consigliabile, ma che molti fanno comunque), anche per illustrare come vari il procedimento del progetto a seconda degli elementi fissati dalla formula. Ciò vale a maggior ragione in quanto, trattandosi di una formula nuova, non abbiamo disegni di modelli da gara da presentare, in quanto i « 65 » di una volta avevano una costruzione molto leggera, e quindi poco adatta ai principianti.

Riepiloghiamo quindi le limitazioni stabilite: apertura alare massima 65 cm., lunghezza fuori tutto massima 65 cm., sezione massima della matassa, che deve essere tesa fra i ganci, 24 mmq.

In questo caso conviene iniziare dall'ala, la cui apertura sarà ovviamente di 65 cm., cioè il massimo consentito. Come abbiamo detto al capitolo quinto, conviene cercare di tenere alta la superficie, senza però eccedere con la riduzione dell'allungamento. Possiamo ad esempio stabilire una corda media di cm. 9, pari ad un allungamento di 7,2 e una superficie di 5,8 dmq., con vista in pianta rettangolare o trapezoidale, e diedro semplice (di 6-7 centimetri), per facilitare la costruzione. Il profilo migliore sarebbe certamente un concavo convesso sottile, ma per i principianti è più consigliabile un piano convesso, con il 7-8% di spessore massimo, che semplifica la costruzione e aumenta la robustezza.

Anche per la fusoliera sfrutteremo la lunghezza massima, cioè 65 cm., per aumentare la lunghezza della matassa. Togliendo 4 cm. per il muso e 10 cm. per la coda, la distanza fra i ganci risulta di 51 cm. Calcolando il 15% per la tensione della matassa, ricaveremo che quest'ultima, nuova, dovrà essere lunga 43,5 cm. La sua sezione sarà naturalmente di 24 mmq., cioè il massimo consentito, pari a quattro fili 1x6 o otto 1x3. Consigliamo quest'ultimo tipo di elastico, che, in una matassa sottile, permette un migliore sfruttamento. Quindi per formare la matassa occorrono metri 3,5 di elastico 1x3, pari a 10,5 grammi. Ad una matassa di questo genere un esperto può arrivare a dare oltre 700 giri, ma ai principianti consigliamo di non superare i 600, e sempre con tutte le precauzioni descritte nel capitolo dedicato all'elastico.

Per aumentare la lunghezza della matassa, e quindi la carica massima, si potrebbe farla passare sotto il piano orizzontale; ma tale solu-

zione è poco consigliabile, perché fa spostare troppo indietro il baricentro. Per la sezione della fusoliera consigliamo senz'altro quella rettangolare, che permette di fissare direttamente l'ala sul dorso, con la possibilità di spostarla per il centraggio.

Per determinare la lunghezza del braccio di leva occorre conoscere la posizione del baricentro, che dipende dai pesi dell'elica, tappo, ecc., nonché dei piani di coda, dato che in questi modelli si cerca generalmente di evitare di disporre del piombo nel muso per il centraggio, lasciando invece la possibilità di spostare l'ala. Non sarà quindi possibile sistemare il baricentro in corrispondenza del centro della matassa, e, in base all'esperienza, possiamo presumere che esso capiti a circa il 40% della lunghezza della fusoliera, cioè a 26 cm. dal muso. Lasciando altri 5 cm. in coda, la lunghezza del braccio di leva sarà di:

$$\text{cm. } 65 - 26 - 5 = \text{cm. } 34$$

Per il coefficiente  $K$  in un modello del genere possiamo attenerci ad un valore di 0,7, un po' più elevato di quello adottato per i modelli Wakefield e sport, dato che gli junior hanno, proporzionalmente, minore potenza motrice (ricordiamo che un coefficiente più alto significa minore grado di stabilità). Dovremo quindi fare un piano di coda la cui superficie è pari a:

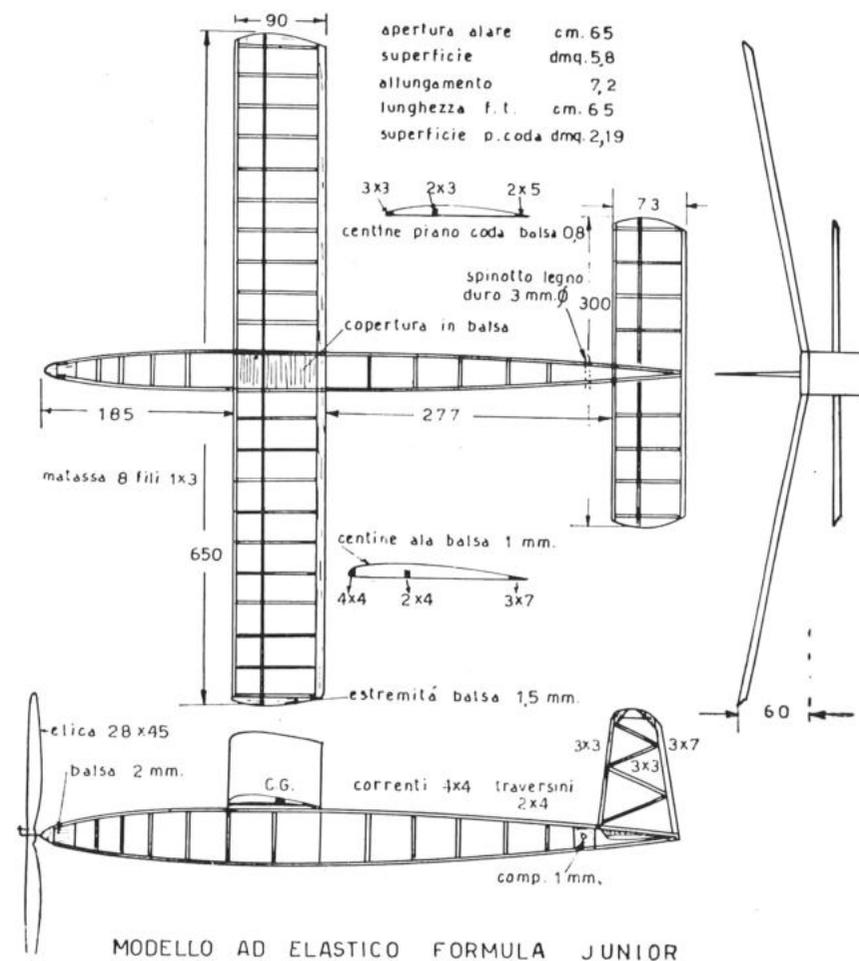
$$S_c = \frac{580 \times 9}{0,7 \times 3,4} = 219 \text{ cmq.} = 2,19 \text{ dmq.}$$

Con un'apertura di cm. 30 ed una corda media di cm. 7,3, avremo appunto la superficie desiderata, con un allungamento pari a 4,16. La forma in pianta sarà rettangolare, ed il profilo piano convesso, un po' più sottile di quello dell'ala.

Restano da stabilire le dimensioni dell'elica, le quali però debbono variare a seconda del peso del modello. Quest'ultimo dovrebbe essere ovviamente il più leggero possibile, per aumentare la durata di volo, tanto più essendo fissa la matassa; ma d'altra parte non è consigliabile ad un principiante affrontare una costruzione leggera senza l'esperienza costruttiva necessaria ad evitare che il modello vada in pezzi al primo urto contro il suolo o alla prima raffica di vento. E del resto, proprio ad evitare questo pericolo, il regolamento junior stabilisce in un minuto il tempo massimo preso in considerazione, per cui è inutile fare modelli molto leggeri, essendo preferibili le doti di robustezza e sicurezza di volo.

Possiamo quindi presumere un peso medio di 50 grammi, ed in base a questo dato consigliamo un'elica da 28 cm. di diametro per 45 di passo, con l'avvertenza che il diametro può oscillare fra i 32 ed i 24 cm. se il peso ed il carico alare sono minori o maggiori di quelli indicati; mentre il passo può variare fra i 50 ed i 40 cm., in base allo stesso criterio.

Per questa categoria di modelli c'è, fra l'altro, da osservare che, visto che la formula vieta l'elica ribaltabile, è conveniente orientarsi su una scarica piuttosto lunga, dato che la planata risulta peggiorata dalla resistenza dell'elica; del resto un modello a scarica lenta è più facile da centrare e più costante nei risultati, e quindi più adatto per i principianti. Pertanto, non essendo conveniente ridurre la sezione della matassa, e non essendo possibile allungarla, conviene peccare per eccesso piuttosto che per difetto, sia per quanto riguarda il diametro dell'elica





(visto che la matassa richiede ben poco spazio), e risparmiare quindi in peso. Notiamo ad esempio nel modello di De Grivel un coefficiente  $K = 1,66$ , valore eccezionalmente alto, che potrebbe far pensare ad una stabilità insufficiente. Occorre però considerare che questo modello usa il piano orizzontale con profilo biconvesso simmetrico, tale da assicurare maggiore stabilità in tutti gli assetti, e che, in un modello a scarsa potenza, non crea problemi di controllo della cabrata sotto motore.

Indubbiamente questa è una concezione alquanto interessante, che può essere veramente valida in questa categoria; ma per ora ci converrà non allontanarsi troppo dall'ortodossia più sicura. Escludendo quindi il modello di De Grivel, per gli altri otteniamo un valore medio di  $K = 0,86$ . Possiamo quindi porre  $K = 0,8$  per il modello da vento, e 1 per quello da aria calma. Per gli altri fattori ci conviene andare un po' per tentativi, visto che la lunghezza della fusoliera non risulta determinata né dalla formula né dalla matassa.

Iniziamo con il modello da vento, fissando la superficie del piano orizzontale in 3 dmq., cioè il 30% di quella alare. In base alla solita formula otteniamo, per la lunghezza del braccio di leva, un valore di 44 cm., più che accettabile, visto che è appena superiore alla media,

che è di 42 cm., e che noi abbiamo usato un allungamento più basso della media. Per il modello da aria calma partiamo dallo stesso braccio di leva, visto che non abbiamo interesse di aumentarlo per usare un piano di coda piccolo, e che invece un allungamento della fusoliera porterebbe un incremento del peso. Inoltre, adottando lo stesso braccio di leva, si ha la possibilità di usare il medesimo modello per aria calma

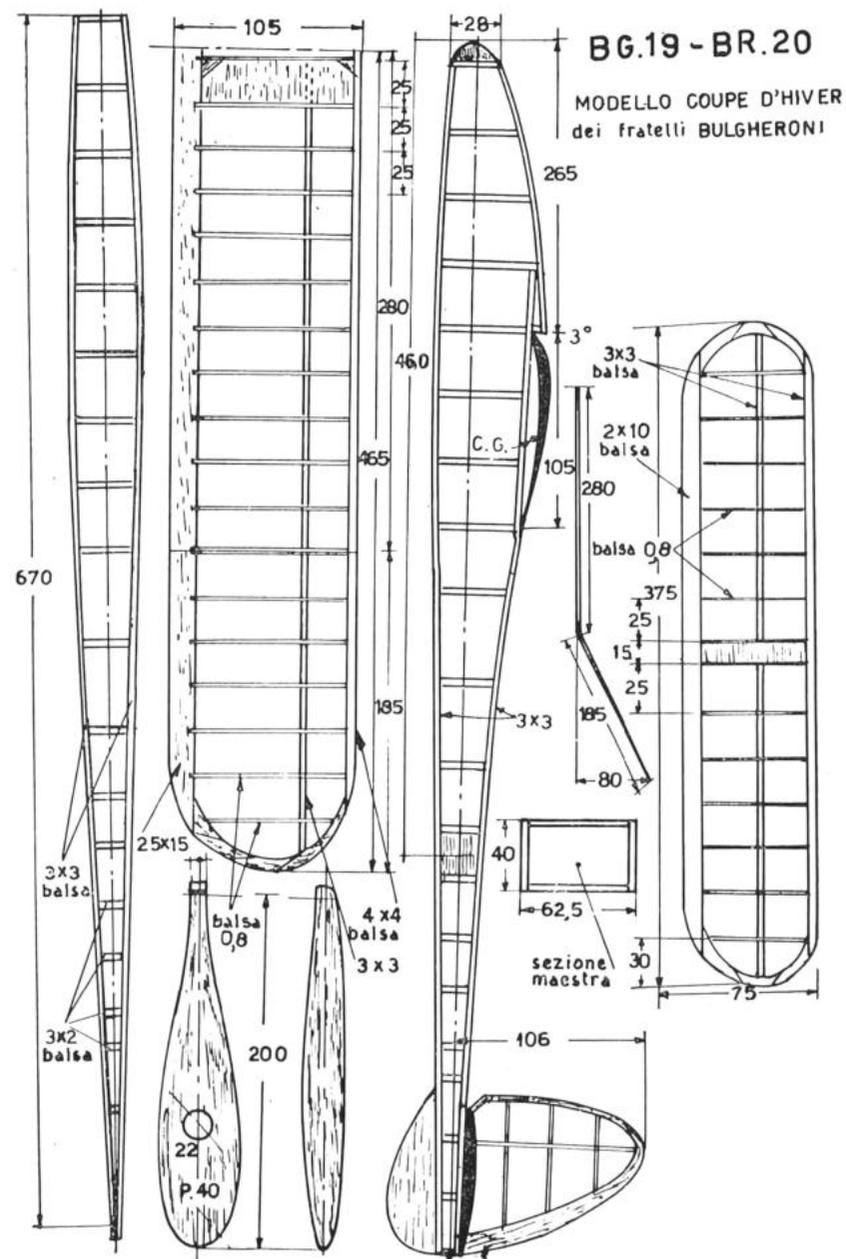
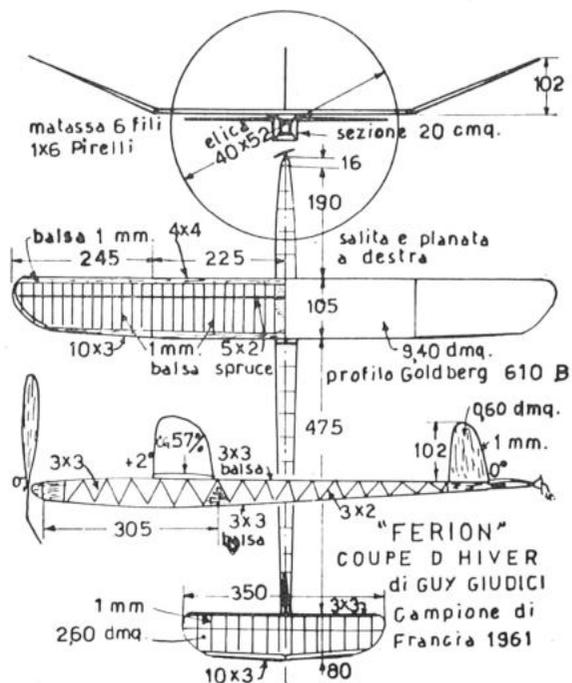


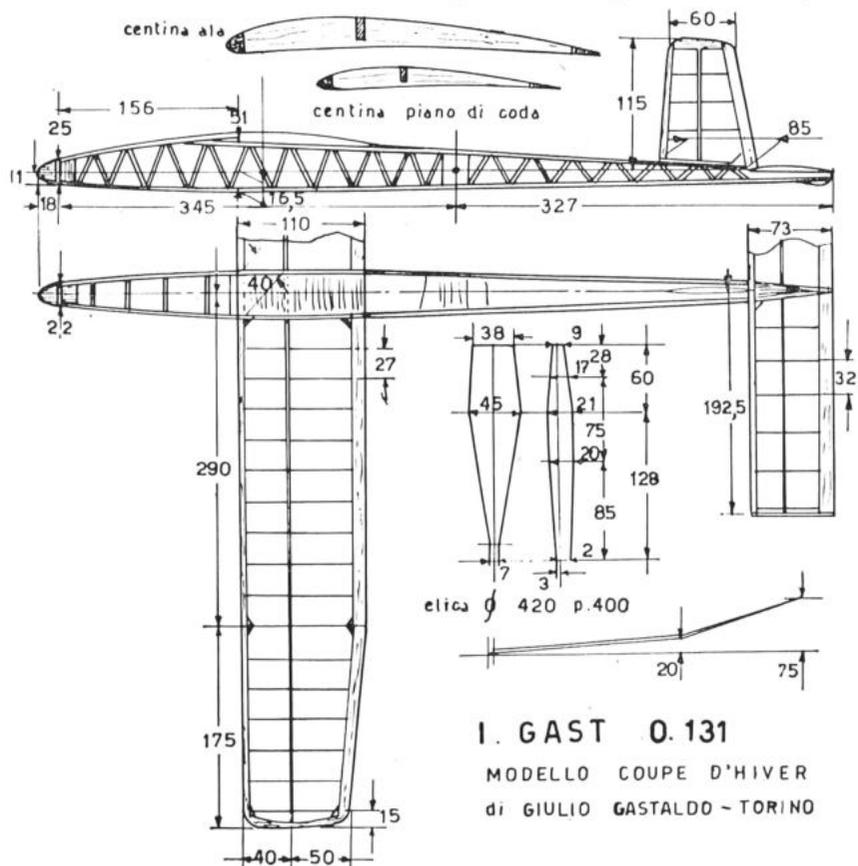
TABELLA RIASSUNTIVA  
CARATTERISTICHE MODELLI COUPE D'HIVER

	Vartecy	De Grivel	Giudici	Dvorak	Schirru	Bulgheroni	Rebella	Gastaldo
Apertura alare (A) cm.	106	104	94	102,5	95	93	96	93
Superficie ala (S) dmq.	11,64	12,50	9,40	10,25	9,64	9,75	9,94	9,5
Corda media (Cm) cm.	11	12	10	10	10,1	10,5	10,35	10,2
Allungamento ( $\lambda$ )	9,65	8,65	9,4	10,25	9,4	8,86	9,27	9,11
Profilo	Concavo 8%	USA 5	Goldberg 610 B	Concavo 9%	B. 6356 b	B. 6356 b	Concavo 8%	Concavo 8%
Diedro cm.	12	12	10	12	9	8	9	7,5
Peso totale (Q) gr.	95	80	80	99	80	80	83	80
Carico alare (Q/S) gr/dmq.	8,2	6,4	8,5	9,6	8,3	8,2	8,3	8,4
Peso matassa (M)	10	10	10	10	10	10	10	10
Rapporto (M/Q) percentuale	10,5%	12,5%	12,5%	10,1%	12,5%	12,5%	12%	12,5%
Sezione matassa mmq.	36	36	36	36	36	24	36	36
Lunghezza matassa cm.	27	27	27	27	27	40	27	27
Distanza fra i ganci cm.	29	36	29	28	32	43	30	32
Diametro elica (D) cm.	40	43	40	38,5	38	40	38	42
Passo (p) cm.	50	—	52	—	38	44	47	40
Rapporto (p/D)	1,25	—	1,3	—	1	1,1	1,24	0,95
Numero pale	2	1	1	2	1	1	1	1
Durata scarica secondi	35-40	35-40	—	—	27	45	—	—
Apertura p. coda cm.	43	34	35	43,5	35	37,5	38	38,5
Superficie p. coda (Sc) dmq.	2,37	2,72	2,6	3	2,96	2,75	3,33	2,81
Allungamento p. coda	7,80	4,25	4,71	6,3	4,47	5,11	4,33	5,27
Profilo p. coda	Piano 8%	Bic. simm. 8%	Piano	Piano 8%	Piano 8%	Piano 8%	Piano 7%	Concavo 7%
Superficie totale (St) dmq.	14,01	15,22	12	13,25	12,6	12,5	13,27	12,31
Lunghezza ft. (Lft) cm.	87,5	64,4	85,5	74,5	67	67	72,5	71
Braccio di leva (a) cm.	52	33	48	40	41	41	40	40
Coefficiente K	1,04	1,66	0,75	0,85	0,80	0,91	0,77	0,86
Posizione C. G.	—	43%	57%	65%	—	55%	50%	—

o vento, cambiando solo l'ala, ed eventualmente il piano di coda, per il quale, nel modello da aria calma, calcoliamo una superficie di 3,27 dmq.

Per determinare gli altri elementi possiamo basarci su un allungamento piuttosto basso, intorno ai 4-4,5 (dai dati della tabella risulta una media di 5, ma non vediamo l'utilità di usare allungamenti elevati, che, a parità di robustezza, soprattutto torsionale, tendono ad elevare il peso, e che non portano, in pratica, alcun vantaggio aerodinamico, dato che il piano di coda lavora ad incidenza assai bassa, alla quale la resistenza indotta, l'unica influenzata dall'allungamento, è minima). Possiamo ad esempio stabilire, per il modello da vento, un'apertura di 36 cm. e corda media 8,33 cm., pari ad allungamento 4,32, e per quello da aria calma la stessa apertura, corda media 9 cm. e allungamento 4. Il profilo sarà un piano convesso sottile, in ambedue i casi.

Veniamo ora alla matassa. I 10 grammi corrispondono a m. 1,65 di



1×6 o m. 3,30 di 1×3. La maggior parte degli esperti opta per la fettuccia più grossa, che incrementa leggermente la potenza, già assai scarsa, e usa matasse di 6 fili (c'è l'eccezione di Bulgheroni che usa 4 fili, ma non ci sentiamo di consigliare di seguirla, salvo casi particolari). Avremo quindi una matassa lunga 27 cm., che, in mano ad esperti, può arrivare ad assorbire circa 350 giri. La lunghezza fra i ganci sarà di 32 cm. (per le misure inferiori che possono trovarsi nella tabella vale quanto detto a proposito dei Wakefield).

Possiamo ora stabilire la lunghezza fuori tutto. Non è possibile sistemare il baricentro del modello in corrispondenza di quello della matassa, che risulta troppo avanzato. Dall'osservazione dei vari disegni possiamo dedurre che esso capita in media a circa 2/3 della lunghezza della matassa, cioè a 22 cm. dal gancio anteriore. Aggiungendo 5 cm. per il muso, 44 cm. di braccio di leva e 7 cm. di coda, avremo una lunghezza fuori tutto di 78 cm. La sezione può essere rettangolare per il modello da vento, e a diamante con pinnetta per quello da aria calma, e naturalmente deve essere disegnata in modo da raggiungere la prescritta sezione maestra di 20 cmq.

Per l'elica, in questa categoria, la monopala trova applicazione quasi universale, in quanto permette di sfruttare maggiormente la scarsa energia, senza che le vibrazioni diano troppo disturbo. Nel modello da vento possiamo orientarci su un diametro di 40 cm. con passo di 48 cm. (il passo non deve essere molto elevato, dato che i modelli sono lenti), che darà una scarica di circa 35"; per il modello da aria calma un'elica da 43 × 52, che dovrebbe portare la scarica sui 40".

### Il formula libera

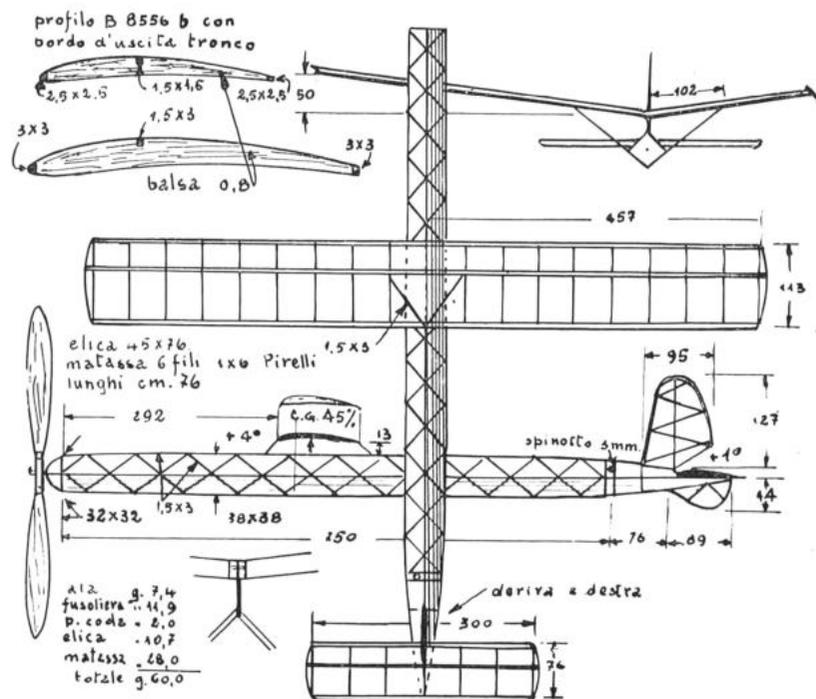
Come già detto, la formula libera non viene più applicata nelle gare nazionali, né in quelle internazionali, anche se è rimasta in vigore in alcune nazioni, come quelle anglosassoni, parallelamente alla formula Wakefield. Potrebbe pertanto sembrare inutile parlare del progetto dei modelli a formula libera. In effetti essi possono interessare per due diversi obiettivi: il primo è quello di ottenere le massime prestazioni possibili da un modello ad elastico; il secondo è quello di realizzare un semplice modello che, senza grandi pretese, dia la possibilità di divertirsi semplicemente, con prestazioni regolari e buone, anche se non eccezionali. Nel primo caso avremo il modello formula libera *da gara*; nel secondo il modello che chiameremo *da allenamento*. Questi due tipi vanno trattati separatamente, dato che le loro caratteristiche differiscono completamente. Cominciamo quindi con il modello da gara.

Se riconsideriamo quanto esposto nel capitolo dedicato agli elementi generali del progetto, ed in particolare alla formula della durata di volo,

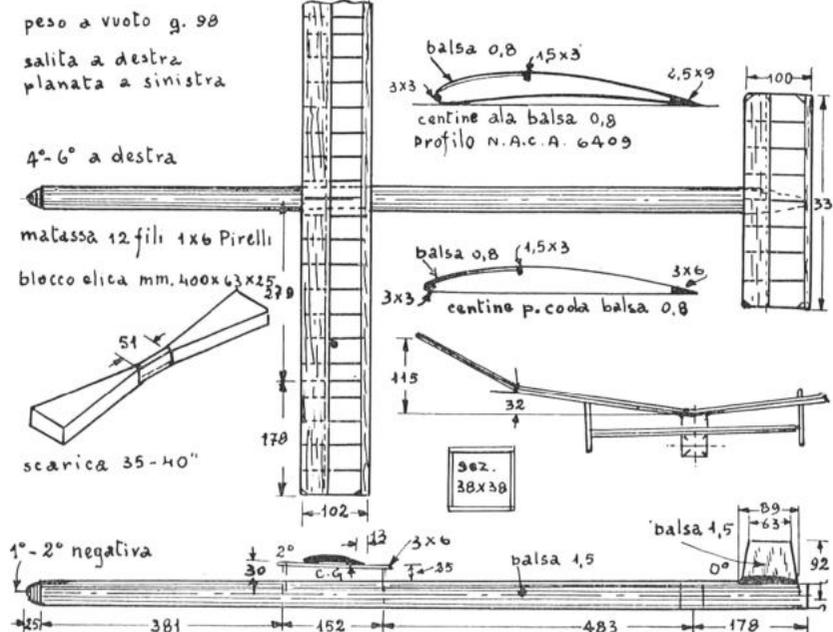


sono tipicamente da gara, e possono compiere voli di cinque-sei minuti in aria calma, mentre il sesto ed il settimo sono due modelli da allenamento, di dimensioni e costo limitati, ma pur tuttavia con buone prestazioni, specie quello di McGillivray, che, grazie alla sua leggerezza, può fare i quattro minuti in aria calma; mentre quello di Telford, più adatto per il vento, veloce in salita, può superare i 100 metri di quota, e fare voli sui tre minuti. Notiamo subito che nei primi cinque la percentuale della matassa oscilla fra il 51 ed il 60%, in armonia a quanto da noi affermato.

Notiamo anche una certa diversità di dimensioni, dai 12 dmq. alari di Elliott e Boxall fino ai 19,35 dmq. di Heeb, il che ci porta a chiederci quali siano le dimensioni migliori per aumentare la durata di volo. Se consideriamo costante il carico alare, un aumento delle dimensioni, portando un incremento del Numero di Reynolds, migliorerebbe l'efficienza, riducendo la velocità di discesa. In effetti però, se si aumentano le di-



MODELLO FORMULA LIBERA DI J. Mc GILLIVRAY-CANADA



MODELLO FORMULA LIBERA DI T. TELFORD - U.S.A.

mensioni lineari del modello, come l'apertura alare e la lunghezza, le superfici aumentano in ragione quadratica, mentre il peso, per mantenere pressoché invariata la robustezza, tende ad aumentare in ragione cubica, dato che ogni elemento della struttura (longheroni, correnti, traversini, ecc.), deve aumentare nelle tre dimensioni. Pertanto ne risulta un incremento del carico alare, ed un aumento più che proporzionale del peso a vuoto, che tende a ridurre la proporzione fra peso della matassa e peso totale.

Pertanto l'esperienza ha dimostrato che i migliori risultati si ottengono con modelli di dimensioni pressoché pari a quelle dei modelli Wakefield, cioè apertura alare sui 120 cm., allungamento non molto elevato, per ridurre il peso dell'ala — diciamo 9 — e quindi superficie di 16 dmq.

L'importante è tenere basso il peso a vuoto, pur mantenendo una robustezza sufficiente, il che richiede una certa esperienza costruttiva, e l'uso di alcuni accorgimenti, che vedremo in seguito nella parte costruttiva. In base all'esperienza, si può ritenere di riuscire a mantenere il peso a vuoto nell'ordine di 100 grammi. Montando una matassa del peso di 140

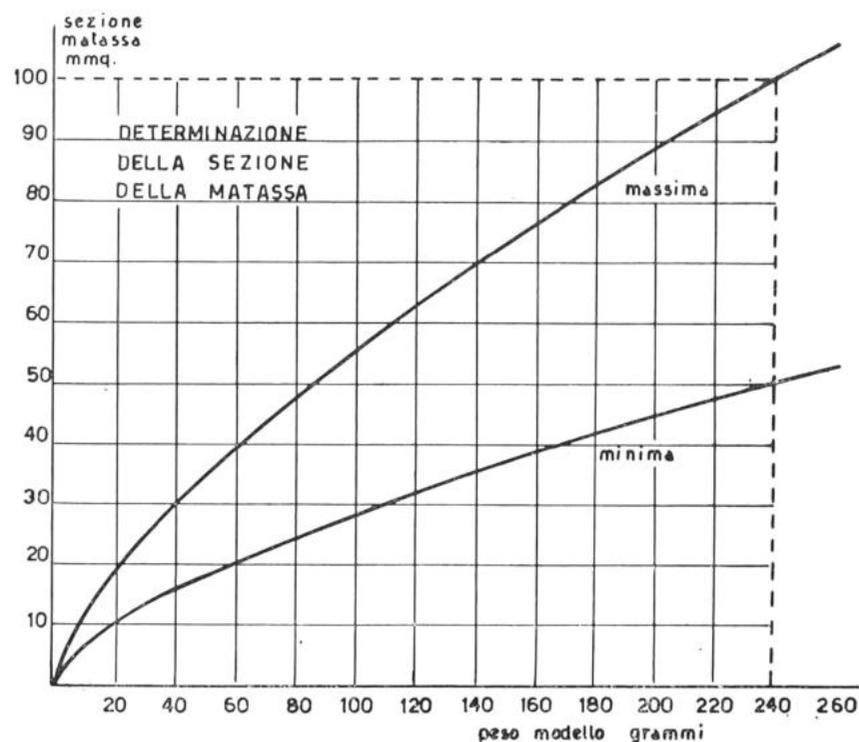
TABELLA RASSUNTIVA  
CARATTERISTICHE MOIELLI FORMULA LIBERA

	Heeb	Elliott	Chambers	Boxall	Pollard	Mc Gillivray	Telford
Apertura alare (A) cm.	132	106	109	106	117	91	91
Superficie ala (S) dmq.	19,35	12	13,5	12	16	10,3	9,28
Corda media (Cm) cm.	14,8	11,3	12,4	11,3	12,8	11,3	10,16
Allungamento ( $\lambda$ )	9	9,4	8,8	9,4	8,56	8	9
Profilo	NACA 6409	Piano 9%	NACA 6409	NACA 6407	Concavo 8%	B. 8556 b	NACA 6409
Diedro cm.	6,5	11,5	12	10	12	5	11,5
Peso totale (Q) gr.	292	150	195	156	200	60	170
Carico alare (Q/S) gr/dmq.	15,1	12,5	14,5	13	12,5	5,83	18,3
Peso matassa (M)	161	78	106	93	103	28	72
Rapporto (M/Q) percentuale	55%	52%	54,3%	60%	51,5%	46,6%	42,3%
Sezione matassa mmq.	104	72	84	60	84	36	72
Lunghezza matassa cm.	142	104	122	152	122	76	93
Distanza fra i ganci cm.	142	82	89	87 (treccia)	99	72	99
Diametro elica (D) cm.	61	51	56	40	56	45	40
Passo (p) cm.	71	68	56	58	—	76	50
Rapporto (p/D)	1,16	1,33	1	1,45	—	1,69	1,25
Numero pale	2	2	2	2	2	2	2
Durata scarica secondi	—	80	80	90	—	—	35-40%
Apertura p. coda cm.	59,5	53	48	45	48,2	30	33
Superficie p. coda (Sc) dmq.	5,80	5,40	4,80	4,10	4,90	2,32	3,3
Allungamento p. coda	6	5,2	4,8	4,9	4,75	4	3,3
Profilo p. coda	Piano 9%	Piano 7%	Piano 8%	Gott. 602	Piano 8%	B. 8556 b	Piano
Superficie totale (St) dmq.	25,15	17,4	18,3	16,1	20,9	12,62	12,58
Lunghezza ft. (Lft) cm.	168	116	112	124	127	96	122
Braccio di leva (a) cm.	93	56	56	68	67	55	63
Coefficiente K	0,53	0,45	0,62	0,49	0,63	0,91	0,45
Posizione C. G.	115%	90%	80%	—	55-60%	45%	87%

grammi, avremo un peso totale di 240 grammi, con un carico alare di 15 gr/dmq., ed una percentuale di matassa del 58,1%, più che soddisfacente.

A questo punto resta da considerare la maniera di installare tutta questa matassa sul modello. 140 grammi, meno il lubrificante, corrispondono a circa 22 metri di fettuccia  $1 \times 6$ . Per non aumentare eccessivamente la lunghezza, conviene usare una sezione piuttosto forte, accoppiata con un'elica di grandi dimensioni. Ovviamente però non si può superare un certo limite, per non incrementare eccessivamente la coppia di reazione (vedremo meglio in seguito di che si tratta), che darebbe seri fastidi in fase di centraggio.

Per aiutarvi a risolvere questo problema in un modello di qualsiasi dimensione, che non trovi analogia in altri di cui si conoscono i dati, abbiamo disegnato un diagramma che, in base ad un semplice principio teorico, cioè quello del rapporto fra sezione della matassa e coppia motrice, accoppiato all'esperienza pratica, fornisce i valori massimo e minimo della sezione della matassa per ogni modello di determinato peso. Ovviamente



in modelli da gara a formula libera converrà avvicinarsi ai valori indicati dalla curva superiore, mentre quelli della curva inferiore indicheranno la sezione minima da usare in un modello da allenamento per ottenere risultati soddisfacenti.

Nel nostro caso, in corrispondenza del peso di 240 grammi, troviamo una sezione massima della matassa di 100 mmq. Possiamo tenerci leggermente al di sotto di tale valore, optando per i 96 mmq., pari a 16 fili  $1 \times 6$ , che, oltretutto, risultano assai pratici per preparare la matassa. E' bene avvertire che, in alcuni modelli, i valori della curva massima vengono leggermente superati; per cui si potrebbe benissimo usare una matassa di 18 fili  $1 \times 6$ , pari a 108 mmq., ma ciò è sconsigliabile per chi non abbia una sufficiente esperienza nel centraggio dei modelli ad elastico.

Ferma restando, pertanto, la sezione di 96 mmq., la lunghezza della matassa risulterà di 137 cm. (essa dovrebbe assorbire circa 1100 giri). Per tenerla tesa occorrerebbe una distanza fra i ganci di circa 155 cm., il che porterebbe la lunghezza fuori tutto ad almeno 170 cm., la qual cosa, anche se non impossibile (visto che il modello di Heeb è lungo 168 cm.), è poco pratica, anche per il trasporto.

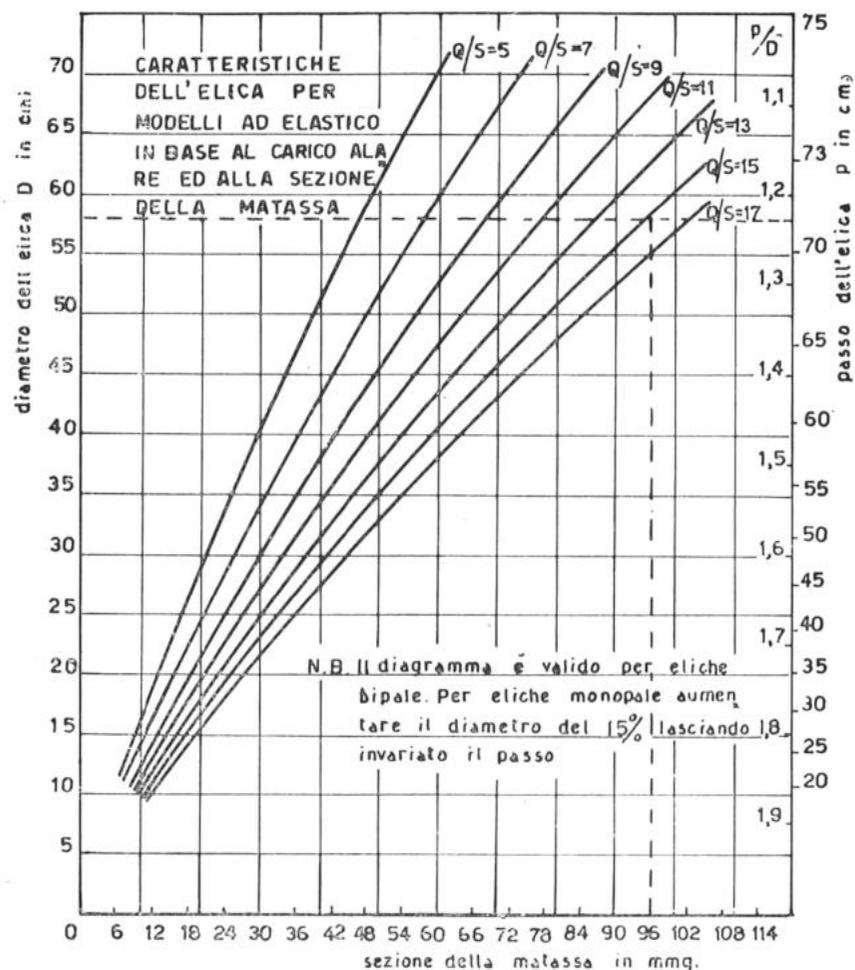
Se quindi si vuole ridurre la lunghezza della fusoliera, occorre ricorrere ad uno dei sistemi cui abbiamo accennato nel capitolo dedicato alla matassa, che ci permettono di variare a piacere, entro certi limiti, la distanza fra i ganci, come appare dalla tabella riassuntiva dei vari modelli, nella quale vediamo che il rapporto fra la distanza fra i ganci e la lunghezza della matassa varia da 1:1 per i modelli di Heeb e Gillespie, a 0,57:1 per quello di Boxall.

Scartando a priori il sistema della doppia matassa, che non trova applicazione nei modelli a formula libera, a causa del peso degli ingranaggi (salvo che, per qualche ragione particolare, si voglia tenere assai corta la lunghezza della fusoliera) possiamo dire quanto segue:

a) — se la distanza fra i ganci è pari a quella della matassa (prima dello snervamento), un semplice dispositivo di tenditore (vedremo in seguito come viene realizzato) è sufficiente ad assicurare la tensione.

b) — se la distanza fra i ganci è inferiore a quella della matassa di non più del 10%, si può montare la matassa a treccia diritta (vedi capitolo terzo), con o senza tenditore.

c) — se la distanza fra i ganci è ancora inferiore, occorre ricorrere alla treccia rovescia, preferibilmente con elica a scatto libero, come nel caso del modello di Boxall. Non consigliamo però di ridurre la distanza fra i ganci a meno di due terzi di quella della matassa, per non avere gli inconvenienti pratici accennati al capitolo terzo, che comunque ci fanno considerare poco conveniente questa soluzione, consigliando piuttosto le prime due, che, sia pur obbligando una maggiore lunghezza della fusoliera, consentono di avere un centraggio più costante.



Per quanto riguarda l'elica, allo scopo di fornire delle indicazioni su modelli di qualsiasi dimensione, sia da gara che da allenamento, abbiamo preparato un altro diagramma, anch'esso a carattere teorico-pratico (basato sul fatto che la coppia assorbita dall'elica è proporzionale al diametro alla quarta potenza e al passo al quadrato), mediante il quale si ricavano il diametro ed il passo dell'elica in base alla sezione della matassa ed al carico alare. Ad esempio per il nostro modello, con 96 mmq. di sezione della matassa e 15 gr/dmq. di carico alare, ricaviamo un'elica da 58 × 71. Naturalmente, se il carico alare del nostro modello non dovesse corri-

spondere a nessuno di quelli indicati sulle varie curve, i valori dell'elica si otterrebbero interpolando quelli risultanti dalle due curve corrispondenti ai carichi superiore ed inferiore.

E' opportuno rilevare che quelli risultanti dal diagramma sono valori medi e non tassativi, che possono essere variati a seconda delle prestazioni che si vogliono ottenere dal modello (scarica lunga o lenta). Se ad esempio confrontiamo i dati che abbiamo indicato in precedenza per i vari tipi di modelli con quelli che risulterebbero dal diagramma, possiamo notare che, nei Wakefield e nei modelli sport, le eliche sono di dimensioni un po' più grandi del normale, il che si può giustificare con il fatto che, essendo assai limitata la quantità dell'elastico, si tende ad aumentare la durata della scarica con un incremento delle dimensioni dell'elica.

Per quanto riguarda le altre caratteristiche dei modelli formula libera, cioè profili, braccio di leva, coefficiente di stabilità, superficie del piano di coda, ecc., si possono applicare senz'altro le considerazioni fatte per le precedenti categorie, tenendo presente che non vi è nessuna limitazione, e che quindi conviene cercare di avere molta stabilità, dato che i modelli formula libera sono leggeri e dotati di notevole potenza motrice. Pertanto la superficie del piano di coda può essere abbastanza forte, ma con allungamento basso, perché la costruzione sarà assai leggera, e quindi un maggiore allungamento faciliterebbe le svergolature. D'altra parte il braccio di leva risulterà sempre alquanto lungo, il che faciliterà il raggiungimento di una buona stabilità (vedere in proposito i valori piuttosto bassi del coefficiente K nella tabella).

Se poi dai modelli da gara passiamo a quelli da allenamento, la libertà di progetto risulta ancora maggiore. In genere si parte da determinati presupposti, come dimensioni massime che non si vogliono superare per motivi pratici, uso di una determinata quantità di elastico, linee estetiche particolari, riproduzione di veri aerei, ecc. I due diagrammi che abbiamo riportato saranno utili per stabilire la sezione della matassa (massima e minima) e le dimensioni dell'elica. Per le altre caratteristiche del modello, tutti gli esempi fatti in precedenza dovrebbero essere sufficienti per suggerire un procedimento logico di impostazione del progetto. Si tenga presente che il coefficiente inverso di stabilità K può essere tenuto più elevato in modelli a bassa potenza (nei quali cioè la sezione della matassa è più vicina ai valori risultanti dalla curva minima del diagramma), ma che comunque non è opportuno superare il valore di 1, per non avere fastidi in aria un po' perturbata.

PARTE TERZA

# ***LA COSTRUZIONE***

## **La fusoliera**

Dopo aver parlato del progetto dei modelli ad elastico, passiamo ora ad illustrarne la costruzione, iniziando con la fusoliera, che, prescindendo dal gruppo motopropulsore, è certamente l'elemento che più si differenzia dagli altri tipi di modelli, per la sua funzione di contenere la matassa, sopportando i notevoli sforzi di compressione e torsione che si creano quando quest'ultima viene caricata.

Per evitare inutili ripetizioni, vi invitiamo a rileggere tutto il capitolo sulla fusoliera nel precedente libro « Elementi di aeromodellismo », nel quale abbiamo illustrato i principali tipi di costruzione delle fusoliere, e le fasi della loro realizzazione. Ci soffermeremo ora maggiormente sui tipi più usati sui modelli ad elastico, e su alcune particolari caratteristiche.

Facciamo innanzitutto presente che la sua stessa funzione di contenitrice della matassa porta a preferire, per la fusoliera dei modelli ad elastico, quei tipi di costruzione che permettono di avere internamente il massimo spazio libero, e privo di sporgenze contro cui la matassa abbia a sfregare, con possibilità di deterioramento. Pertanto la costruzione ad ordinate è poco adatta, e viene usata solo su modelli di tipo riproduzione, la cui sezione sia tale da non poter essere realizzata con altri sistemi; mentre sui modelli da gara si preferisce ricorrere al sistema a traliccio, o ad altri che ora descriveremo, ricorrendo tutt'al più a qualche ordinata in posizioni di forza, come il muso, l'attacco dell'ala, della matassa, ecc.

Occorre anche fare attenzione, in fase di disegno del modello, a prevedere una sezione interna sufficiente al libero svolgimento della matassa, per evitare che i nodi formati con la carica abbiano ad urtare contro le pareti della fusoliera, provocando vibrazioni e magari danni alla struttura. Tanto per avere un orientamento, possiamo calcolare tale sezione minima in modo che, all'interno di essa, si possa iscrivere un cerchio, la cui superficie sia circa dieci volte la sezione della matassa (fig. 33). Così

ad esempio in un modello Wakefield con matassa di 16 fili  $1 \times 6$  (96 mmq.) dovremo avere una sezione interna minima nella quale si possa iscrivere un cerchio di 960 mmq. di superficie, cioè di 35 mm. di diametro. Tale sezione minima si dovrà avere sia in corrispondenza del muso che dell'attacco posteriore della matassa, e normalmente, salvo il caso di fusoliera a tubo, risulterà maggiore al centro della fusoliera. In alcuni modelli si potranno notare anche sezioni inferiori, fino ad 8 e anche 7 volte la sezione della matassa, ma ciò richiede un perfetto equilibrio dell'elica ed allineamento dell'asse, tali da eliminare completamente le vibrazioni, cosa che non sempre i principianti riescono ad ottenere. Tenere anche presente che, se la matassa è più lunga della distanza fra i ganci, la sezione minima deve essere maggiorata, moltiplicando il valore indicato per il rapporto lunghezza matassa/distanza fra i ganci.

### La costruzione a traliccio

Da quanto abbiamo detto risulta che la costruzione a traliccio con ricopertura in carta, per la sua razionalità, semplicità e robustezza, è la più indicata per i modelli ad elastico di piccole dimensioni, ed in ogni caso in cui la formula richieda un basso peso della struttura (modelli formula libera, Coupe d'Hiver nei quali si desidera usare una forte superficie alare, modelli junior di elevate prestazioni, ecc.).

Nel precedente libro abbiamo già descritto la costruzione di una fusoliera a traliccio; quindi ci limiteremo a parlare dei dettagli necessari per l'installazione della matassa. Nei primi modelli il supporto posteriore era costituito da un gancio di filo d'acciaio fissato ad una ordinata in compensato. Ora però tale tipo di supporto è stato quasi completamente soppiantato dal tipo a spinotto, costituito, sui modelli più piccoli, da un tondino di legno duro, e, sui modelli più grandi, da un tubetto di alluminio, nel quale può essere infilata un'astina di acciaio, per facilitare la presa dell'aiutante che sorregge il modello, come abbiamo già detto nel capitolo terzo.

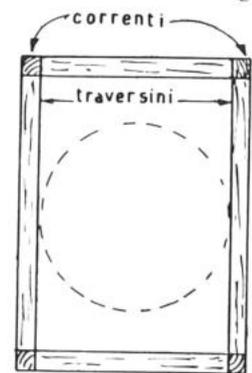


FIG. 33 - SEZIONE MINIMA DELLA FUSOLIERA

Lo spinotto si impegna in due fori praticati in altrettante tavolette di compensato da 1-1,5 mm. (o anche balsa per piccoli modelli), incollate saldamente ai correnti delle fiancate, durante il montaggio delle stesse. Per aumentare la robustezza dell'incollaggio, specie trattandosi di compensato, sul quale il collante non fa molta presa, è opportuno aggiungere dei listellini di balsa a sezione triangolare nello spigolo interno fra le tavolette ed i correnti (fig. 34).

Il muso delle fiancate dovrà essere adegua-

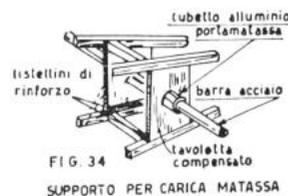


FIG. 34  
SUPPORTO PER CARICA MATASSA

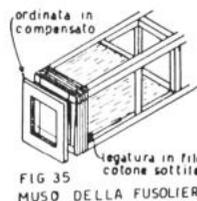


FIG. 35  
MUSO DELLA FUSOLIERA

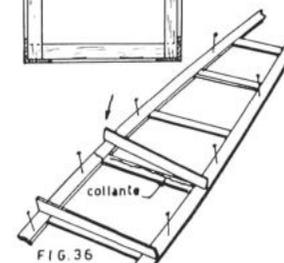


FIG. 36  
COSTRUZIONE CON CORRENTI AD L E TRAVERSINI A T

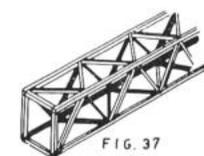


FIG. 37  
COSTRUZIONE GEODETICA COMPLETA

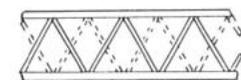


FIG. 38  
DISPOSIZIONE DEI TRAVERSINI NELLA COSTRUZIONE GEODETICA E MISTA

tamente rinforzato con delle tavolette di balsa, dato che esso sopporta notevoli sforzi, sia per la compressione esercitata dalla matassa, sia in caso di urti contro il suolo od ostacoli. Pertanto è opportuno riempire almeno lo spazio compreso fra i primi due traversini delle fiancate, nonché del dorso e del ventre, con delle tavolette di balsa di spessore adeguato, a seconda delle dimensioni del modello, aggiungendo altre tavolette rastremate dietro al secondo traversino, per distribuire gli sforzi, senza creare punti di rottura.

E' anche opportuno aggiungere un'ordinata di compensato, nella quale si alloggerà il tappo porta-elica. E' preferibile che tale ordinata sia incollata di testa, senza incastrare per i correnti, in modo che gli sforzi di compressione risultino applicati direttamente su di essi, evitando la possibilità che l'ordinata tenda a rientrare nel muso in caso di forti urti. Un ulteriore rinforzo del muso si può ottenere mediante una legatura di filo sottile incollato (fig. 35); ma si tratta di un espediente poco estetico, che può essere evitato ponendo molta cura nelle incollature.

A rigore una costruzione a traliccio potrebbe risultare più razionale usando per i traversini, ed eventualmente anche per i correnti, anziché dei listelli a sezione quadrata o rettangolare, dei profilati ad L o a T, come si usa nei tralicci metallici, realizzati con striscie di balsa sottile incollate ad angolo retto (fig. 36). In pratica però tale sistema, che è stato tentato qualche volta all'epoca della formula libera, non dà risultati apprezzabili, trattandosi di sezioni molto ridotte, e spesso, a parte la complicazione costruttiva, il risparmio di peso viene annullato dalla maggiore quantità di collante necessaria.

Molto più pratica ed attuata è la costruzione geodetica o semigeode-

tica, basata su traversini diagonali, per i quali gli sforzi di torsione, creati dalla matassa, si trasformano in sforzi di trazione o compressione, che vengono sopportati assai meglio, per cui la fusoliera risulta più rigida, e si mantiene tale anche quando l'aria umida tende ad allentare la ricopertura, specie se non sufficientemente verniciata.

Il sistema più semplice per realizzare tale costruzione è quello di aggiungere nelle fiancate, ed eventualmente anche nel dorso e nel ventre, dei traversini diagonali a quelli dritti (vedi figg. 107 e 118 su « Elementi di aeromodellismo »). Un sistema teoricamente migliore consiste nell'eliminare completamente i traversini dritti, disponendo i diagonali in modo che i loro vertici si congiungano in corrispondenza dei medesimi punti dei correnti, in modo da creare delle « piramidi di torsione », che costituiscono la disposizione più efficiente per assorbire gli sforzi di torsione (fig. 37).

### La costruzione geodetica

Con tale sistema, per lasciare invariata la distanza tra un traversino e l'altro in corrispondenza dei correnti, in modo da evitare che questi tendano a flettersi sotto la tensione della carta, il numero dei traversini risulta doppio rispetto alla struttura con soli traversini dritti, per cui il peso è pari ad una struttura con traversini dritti e diagonali. Inoltre l'unione delle due fiancate risulta più difficoltosa, per la necessità di collegarle con traversini diagonali anziché perpendicolari; per cui in alcuni modelli si notano le fiancate realizzate con elementi diagonali, ma collegate con traversini dritti, oppure dritti e diagonali. E' bene osservare che, mentre in quest'ultimo caso i diagonali delle due fiancate devono essere sovrapposti, nella costruzione geodetica completa di cui alla fig. 37 essi devono essere sfalsati come direzione, per far coincidere i loro vertici con quelli dei traversini del dorso e del ventre. Tale accorgimento è opportuno anche in una costruzione con traversini dritti e diagonali sia sulle fiancate che sul dorso e sul ventre (fig. 38).

Da notare che l'aggiunta dei diagonali ad una normale fusoliera a traliccio può essere limitata alla parte della fusoliera che sopporta la matassa (che, specie nei Wakefield e nei Coupe d'Hiver, è assai minore della lunghezza totale), adottando una costruzione più leggera per la coda, magari con traversini più distanziati, al duplice scopo di ridurre il peso totale e di concentrare i pesi intorno al baricentro per ridurre l'inerzia del modello (è questo un fattore cui negli ultimi tempi si è riconosciuta molta importanza agli effetti della stabilità del volo in aria perturbata, tanto che a volte si cerca di ridurre al minimo il peso della struttura, ricorrendo all'applicazione di zavorra in corrispondenza del baricentro per raggiungere il peso minimo stabilito dalla formula).

Nei modelli a formula libera, nei quali si tende a ridurre il peso al minimo, l'aggiunta dei diagonali viene spesso limitata agli spazi com-

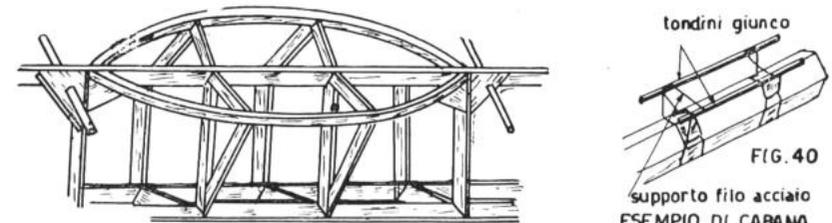


FIG. 39. PIANO DI APPOGGIO DELL'ALA PER FUSOLIERA A DIAMANTE

FIG. 40  
ESEMPIO DI CABANA  
PER APPOGGIO ALA

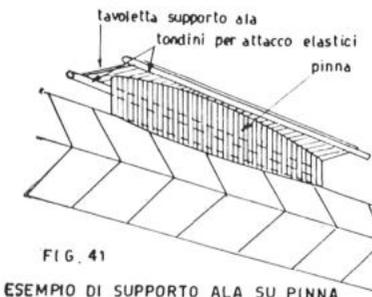


FIG. 41

ESEMPIO DI SUPPORTO ALA SU PINNA

presi fra i primi due o tre traversini e gli ultimi prima dello attacco della matassa, cioè nei punti in cui, essendo la sezione della fusoliera ridotta, la sua rigidità torsionale risulta minore. Parimenti la distanza fra i traversini tende ad aumentare procedendo dal muso verso il centro della fusoliera, per diminuire nuovamente in corrispondenza dell'attacco alare e del

supporto posteriore della matassa, in modo da distribuire gli elementi di forza in proporzione agli sforzi cui sono sottoposte le varie parti della fusoliera.

Come appare ovvio, con il sistema a traliccio, prescindendo da procedimenti più complessi per ottenere sezioni poligonali, si possono ottenere sezioni rettangolari o quadrate. La prima è assai pratica e semplice in quanto permette di appoggiare direttamente l'ala sul dorso, fissandola con una legatura elastica. Quella quadrata viene assai usata nella disposizione a spigolo (detta a diamante), che ha il vantaggio di ridurre il pericolo di rottura della ricopertura del fondo in atterraggi su terreni scabrosi, di presentare minore presa a raffiche di vento trasversali (ma anche minore stabilità), e di consentire un lieve affinamento aerodinamico, specie per quanto riguarda il collegamento con l'ala, che può essere sfruttata meglio (ricordiamo che, in base alla formula, la parte di ala che sovrasta la fusoliera viene conteggiata come superficie portante). Per contro l'attacco alare risulta più complesso, per la necessità di realizzare un piano di appoggio, che può essere del tipo illustrato in fig. 39, oppure costituito da una cabina di filo d'acciaio (fig. 40), o infine da una pinnetta con relativo piano (fig. 41).

Con la riduzione del peso della matassa, imposta dalle formule di gara, si sono diffusi altri tipi di strutture. Infatti gli aeromodellisti, abi-

tuati a costruire modelli Wakefield pesanti sui 100 grammi a vuoto, quando si sono trovati costretti a portare tale peso prima a 150 e poi a 180 grammi, hanno cercato quale fosse il modo migliore per utilizzare il peso disponibile, ed hanno pensato che sarebbe stata una bella cosa realizzare delle fusoliere in grado di sopportare un'eventuale rottura della matassa senza subire danni (permettendo così di caricare al massimo senza patemi d'animo), oppure delle fusoliere a sezione aerodinamica, tonde od ovali, per diminuire le resistenze passive e migliorare quindi le doti di volo dei modelli.

### Fusoliere ricoperte in balsa

Un primo sistema consiste nel ricoprire con tavolette di balsa da 1-1,5 mm., a seconda delle dimensioni del modello, una normale fusoliera a traliccio. Si ottengono così fusoliere assai resistenti a torsione, in quanto le tavolette risultano irrigidite dai traversini su cui vengono incollate. Però vi sono numerosi inconvenienti che rendono tale sistema poco pratico. Infatti, data la rapidità di essiccamento del collante, occorre procedere con molta fretta, e, per quanto ci si possa aiutare con spilli, elastici, ecc., succede spesso che diverse incollature risultino difettose o addirittura inesistenti, con pregiudizio del risultato agli effetti della robustezza. Inoltre, in caso di rottura della matassa, è facile che alcuni traversini vengano asportati o danneggiati, sia pure lasciando integra la ricopertura, e la loro sostituzione risulta assai difficoltosa.

Pertanto si preferisce aumentare la sezione delle tavolette di balsa, fino a 2-2,5 mm., ed eliminare completamente il traliccio interno, limitandosi all'aggiunta di quattro correnti di balsa duro, a sezione quadrata o triangolare, in corrispondenza degli angoli. Si ottiene così una sezione del tipo indicato in fig. 42, che permette anche di arrotondare un po' gli spigoli durante la rifinitura, con un leggero miglioramento aerodinamico.

Per realizzare una fusoliera del genere, si ritagliano prima le due fiancate, quindi si incollano sui loro bordi i correnti (usando sempre il sistema del preincollaggio, descritto nel precedente libro), tenendoli fermi con spilli. Una volta essiccato il collante, si rifilano i bordi con una

passata di tampone a cartavetrata, e si uniscono le fiancate con il dorso ed il ventre, anch'essi ritagliati dalla tavoletta di balsa, che vengono sovrapposti ai correnti, aiutandosi con spilli ed elastici per tenerli al loro posto.

Un sistema particolarmente consigliabile per facilitare il montaggio, consiste nell'incollare i correnti, anziché a filo del bordo esterno delle fiancate, un po' spostati all'interno, di una distanza corrispondente allo spessore delle tavolette

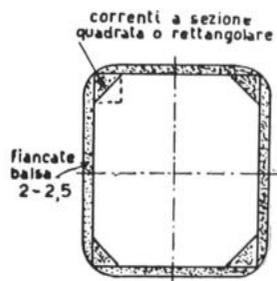


FIG. 42 - FUSOLIERA A TAVOLETTE

del dorso e del ventre, che vengono ritagliate un po' più strette della vista in pianta della fusoliera alla quale occorre togliere lo spessore delle due fiancate. Il montaggio si esegue incastrando il dorso e il ventre fra le due fiancate, dopo aver cosparso di collante tutti gli spigoli interni di esso, in modo che poggino sui listelli fissati lungo il contorno, che facilitano l'incollaggio. Basta infatti tenere il tutto serrato con numerosi elastici, per ottenere fusoliere perfettamente diritte (fig. 43).

Un perfezionamento della costruzione a tavolette si ottiene ricavando le fiancate con due strati di balsa sottile (0,8-1,2 mm.), disposti con le venature diagonali ed incrociate (fig. 44). Risulta così assai incrementata la robustezza alla torsione, ed inoltre si ottiene una specie di « compensato » di balsa, evitando che le fiancate possano spaccarsi in direzione della venatura in caso di rottura della matassa. Dato che la larghezza delle tavolette disponibili in commercio è al massimo di 10 centimetri, le fiancate devono essere realizzate con diversi spezzoni; ma il maggior lavoro risulta compensato da una robustezza veramente eccezionale. Un sistema simile come concezione, che evita l'incollamento di due tavolette sovrapposte, consiste nel realizzare le fiancate con tutti triangoli di balsa, con venature alternate, come in fig. 45. Si ottiene così un risultato quasi pari al sistema precedente, con maggiore semplicità e leggerezza, dato che l'incollatura delle due tavolette aumenta sensibilmente il peso.

Un altro sistema assai semplice e pratico consiste nell'irrobustire le fiancate ricoprendole, sia all'esterno che all'interno, con carta modelspan, preferibilmente disposta con la vena verticale. Il rivestimento interno è assai utile, e consigliabile in ogni caso, perchè, completato da un paio di mani di collante, serve ad impedire che le fiancate assorbano il

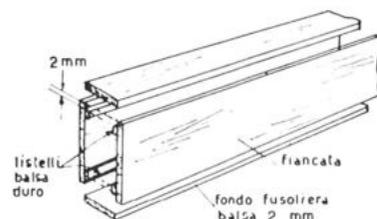


FIG. 43 COSTRUZIONE FUSOLIERA A TAVOLETTE DI Balsa

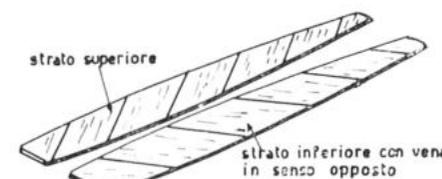


FIG. 44 FIANCATE REALIZZATE IN DOPIO STRATO CON TAVOLETTE A VENA DIAGONALE

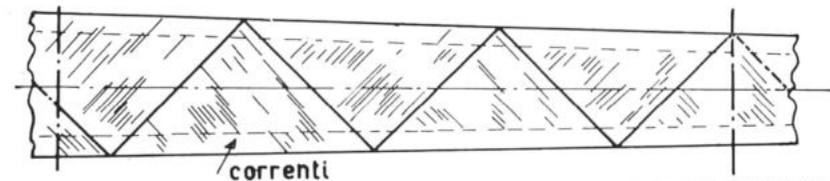
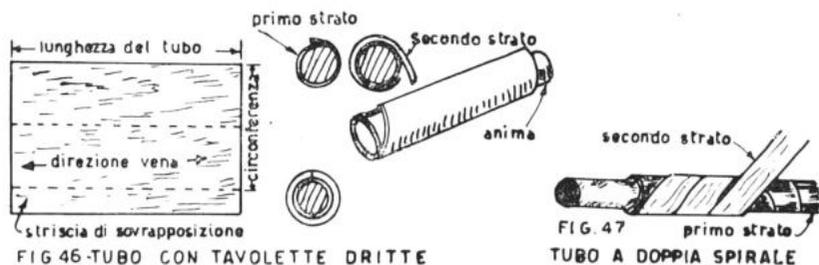


FIG. 45 - FIANCATE CON TRIANGOLI DI Balsa A VENA INCROCIATA



lubrificante che viene schizzato dalla matassa, con progressivo aumento di peso e diminuzione di robustezza. Pertanto, se non si vuole ricorrere al rivestimento in carta, è opportuno verniciare con due-tre mani di collante l'interno delle fiancate, come pure lo scheletro delle fusoliere a traliccio.

Per abbinare alle doti di resistenza strutturale quelle di finezza aerodinamica, si sono realizzate le fusoliere tubolari, che hanno incontrato molta diffusione. Fra esse possiamo distinguere quelle a sezione costante, che sono le più diffuse, per la loro maggiore semplicità, e quelle a sezione variabile, realizzate generalmente in tre pezzi, in modo da dare una profilatura alla fusoliera.

#### Fusoliere a tubo

Soffermiamoci innanzitutto sulle prime, che possono essere realizzate con diversi sistemi. In ogni caso occorre disporre di un'anima, costituita generalmente da un tubo metallico, di diametro esterno pari a quello interno della fusoliera (per la cui sezione minima vale quanto detto all'inizio del capitolo). Il sistema più semplice è quello di prendere due tavolette di balsa da 1 mm., a vena regolare e un po' flessibili, di larghezza pari alla circonferenza della sezione, più un mezzo centimetro per la giunzione. Si prende la prima tavoletta, la si inumidisce con acqua, o meglio vapore acqueo, specie dalla parte interna, per facilitare la curvatura, e la si avvolge sull'anima, tenendola in forma con delle legature di fettuccia, filo di lana o elastico (non di spago o filo di cotone, che tende ad incidere il balsa). Quando la tavoletta è asciutta, si tolgono le legature, si spalma l'anima di paraffina (per evitare che il tubo si incollì ad essa e per facilitarne lo sfilamento), si cosparge di collante la parte che si sovrappone, e si rimette in forma con le solite legature.

Quando il collante è essiccato, si tolgono le legature, si spiana la giunzione con il tampone a cartavetrata, dando una lisciatina a tutto il tubo, e si ripete l'operazione per il secondo strato, con l'avvertenza di disporre la linea di giunzione dalla parte opposta di quella del primo strato (fig. 46). Volendo aumentare la robustezza, si può aggiun-

gere anche un terzo strato, pur rimanendo in limiti di peso accettabili per un modello Wakefield. Molto usato è anche il sistema di rivestire la fusoliera di carta seta o seta, sia internamente (anche per evitare l'assorbimento del collante) che esternamente, come pure di inserire fra i due strati di balsa un altro di carta, seta, garza, fettuccia di seta avvolta a spirale, ecc.

Un sistema più perfezionato, ma più complesso, si ha realizzando i due strati del tubo, anziché con tavolette con vena longitudinale, con striscie di balsa avvolte a spirale (col solito sistema della messa in forma ad umido, e successiva incollatura), con direzione contraria per i due strati (fig. 47). Anche in questo caso si possono aggiungere strati di rinforzo, come nel caso precedente.

Sui campi di gara si sono visti anche tubi realizzati con strati di carta da imballaggio, con cartone bachelizzato (che si possono trovare in commercio già pronti, ma sono alquanto pesanti), ed anche in alluminio, specie ad opera degli elasticisti russi. L'alluminio risulta però alquanto pesante, e, dovendosi usare uno spessore assai ridotto (0,3-0,5 mm.), è soggetto ad ammaccature. Comunque questi sistemi più pesanti sono riservati ai modelli Wakefield, che, con la limitazione della matassa a 50 grammi, offrono un'ampia disponibilità di peso. Inoltre risulta indispensabile riservare tale costruzione alla parte della fusoliera che contiene la matassa, al duplice scopo di limitare il peso e di concentrare le masse vicino al baricentro, realizzando il trave di coda con un sistema più leggero, ad esempio un tubo con un solo strato di balsa, magari a forma tronco-conica, cioè affinandosi verso la coda.

Un altro sistema assai semplice e pratico si ottiene incollando su uno strato di seta o nylon una tavoletta di balsa da 2-3 mm., nella quale vengono poi praticate delle incisioni longitudinali, per quasi tutto lo spessore, a distanza di 3 mm. circa l'una dall'altra, in modo da suddividerla praticamente in tanti listelli, cosicché si possa facilmente avvolgerla sulla solita anima (fig. 48). Si cospargono quindi di abbondante collante tutte le fessure, e, dopo l'essiccamento, si rifinisce e si ricopre con carta seta. Questo sistema è stato usato da Alinari nel suo Wakefield terzo classificato al Campionato Mondiale 1961. È opportuno che le estremità del tubo, con qualsiasi sistema ottenuto, vengano rinforzate con dei collarini interni realizzati con striscie di balsa, oppure con due ordinate, che nei tipi più perfezionati, vengono ottenute mediante tornitura da lega di alluminio o plexiglass.

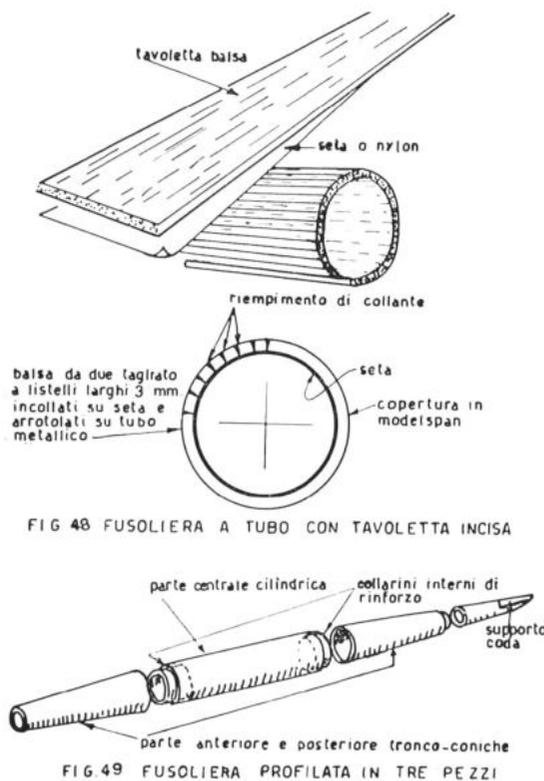
Per realizzare fusoliere profilate si possono usare gli stessi sistemi già illustrati, ma occorre procedere separatamente per la parte centrale cilindrica, e per quella anteriore e posteriore troncoconiche. Per esse pertanto non si può usare come anima un tubo metallico, ma occorre preparare un'anima di legno duro tornita. Le giunzioni fra i tre

elementi vengono rinforzate con dei collarini interni di balsa (fig. 49), e possono quindi essere smussate, per migliorare la linea della fusoliera, che naturalmente può risultare ancora più aerodinamica se, anziché in tre elementi, viene suddivisa in cinque o più.

Con lo stesso sistema si possono ottenere fusoliere a sezione ovoidale anziché rotonda, ma risulta più laboriosa la preparazione delle anime, che non possono essere ricavate da tornitura.

Alcuni aeromodellisti, anziché realizzare una vera e propria fusoliera a tubo, preferiscono fare un tubo come semplice elemento portamatassa, che si inserisce all'interno di una normale fusoliera, con costruzione leggera in tavolette di balsa sottile o a traliccio, e viene bloccato con un qualsiasi dispositivo di sicurezza (esempio Wakefield Campione Italiano 1961 di Murari). Naturalmente la costruzione risulta più complessa, dovendosi realizzare due diversi elementi, dei quali l'uno destinato a sopportare gli sforzi della matassa, e l'altro

l'attacco dell'ala, gli urti di atterraggio, ecc. In compenso però si hanno alcuni vantaggi, e principalmente quello di poter caricare la matassa esternamente dal modello, inserendo il tubo nella fusoliera dopo la carica, con il che si evita il rischio di danneggiare le velature in caso di rottura della matassa. Inoltre la carica può essere effettuata dalla parte posteriore del tubo, lasciando l'elica al suo posto, ed evitando così il suo danneggiamento nel solito deprecato caso di rottura della matassa; per di più la carica posteriore offre un altro vantaggio, in quanto i



nodi si formano maggiormente nella parte posteriore, e, girando più lentamente, danno meno vibrazioni.

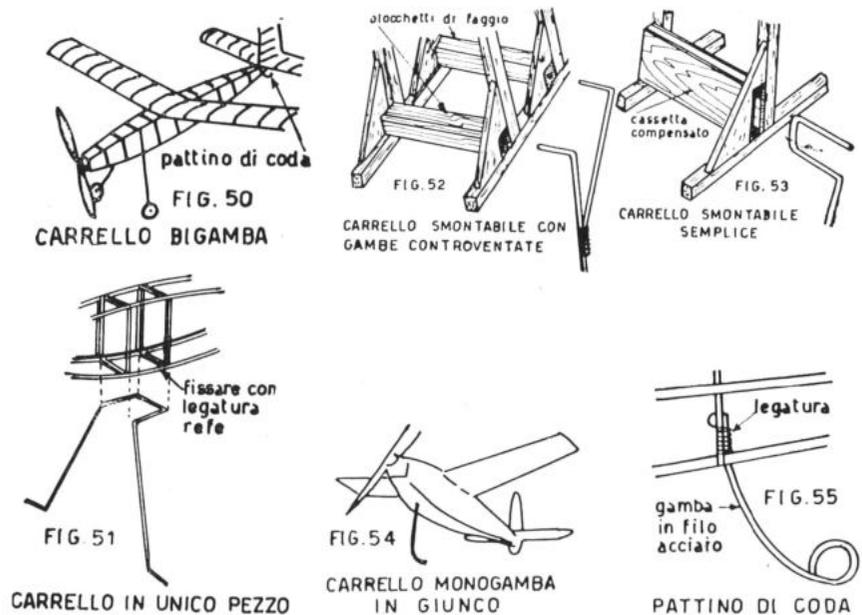
Per poter usare il caricamento posteriore anche con normali fusoliere a tubo, alcuni aeromodellisti, come l'americano Hatschek, hanno pensato di realizzare il trave di coda separato dal tubo portamatassa, ed unito ad essa con un incastro (un vecchio sistema che ora è ritenuto di attualità), o meglio ancora con uno snodo a cerniera, assicurato durante il volo da una legatura elastica, che permette la flessione della fusoliera quando il modello scende bruscamente in antitermica. Tale sistema di snodo è stato usato anche da Alinari, il quale però preferisce caricare la matassa dalla parte anteriore, ma senza elica, che viene agganciata all'ultimo momento (vedremo meglio questo sistema nel capitolo dedicato al gruppo propulsore).

### L'autoscatto per l'antitermica

A questo punto, poichè in precedenza abbiamo parlato dell'utilizzazione del peso nei modelli con matassa limitata, è bene ricordare che oggi, nei più progrediti modelli da gara, si tende a sostituire, per l'azionamento dell'antitermica, la solita miccia con un autoscatto a lento funzionamento (ad esempio il tipo Tatone, che può durare fino a 5-6 minuti), che offre una precisione assai più elevata, evitando che l'anticipato funzionamento della miccia faccia perdere un « pieno » per pochi secondi, come spesso avviene sui campi di gara. Non ci soffermeremo sui particolari tecnici di questo dispositivo, che può essere realizzato in diversi modi, ed è comunque abbastanza semplice, in quanto si tratta di sbloccare un fermo del piano orizzontale, mediante la tensione di un filo comandata dall'autoscatto. Ricorderemo solo che è bene che l'autoscatto venga piazzato in vicinanza del baricentro, per il solito motivo di concentrazione delle masse (se la fusoliera è a tubo, esso generalmente viene sistemato nella pinna), e che, qualora si opti per l'installazione dell'autoscatto, bisogna tener conto del suo peso (20-30 grammi) nello scegliere il tipo di costruzione, per non trovarsi alla fine ad aver superato il peso minimo stabilito dalla formula.

Per completare il discorso sulle fusoliere, occorrerebbe dare delle indicazioni sulle sezioni dei vari elementi strutturali, in rapporto alle dimensioni del modello ed alle sue caratteristiche. Per far ciò, però, sarebbe necessario addentrarsi in complicate considerazioni di meccanica, partendo da elementi assai variabili, quali la sezione della matassa, il diverso tipo di costruzione, il peso disponibile, ecc., e sarebbe oltremodo difficile giungere a delle indicazioni di carattere generale.

L'esperienza costruttiva dei modelli a formula libera ha dimostrato che anche fusoliere a traliccio con quattro correnti di balsa 4x4 e traversini 1,5x4, purchè ben realizzate e opportunamente rinforzate



nei punti più sollecitati, sono in grado di sopportare matasse fino a 108 mmq. di sezione. Si trattava però di modelli che, in caso di rottura della matassa o di impatto al suolo durante la scarica, si riducevano in briciole; per cui, con le limitazioni della matassa, le strutture sono state adeguatamente rinforzate.

Naturalmente occorre sempre fare attenzione a non esagerare, per non superare il peso minimo; per cui gli aeromodellisti più pignoli costruiscono con la bilancia di precisione alla mano, pesando ogni listello ed ogni elemento della struttura. Generalmente però ciò non è necessario, in quanto l'esperienza costruttiva è il miglior giudice per valutare le dimensioni più opportune per ogni elemento strutturale. Pertanto il miglior consiglio che si possa dare ai principianti, che intendono progettare un modello, è quello di basarsi sui disegni di altri, con lo stesso tipo di struttura, che possono osservare sulle riviste specializzate, per stabilire le sezioni dei vari elementi. Ovviamente tale discorso vale sia per la fusoliera che per le ali e gli impennaggi.

### Il carrello

Non abbiamo finora parlato di carrelli, ed in effetti oggi, con l'abolizione del decollo da terra, il carrello è sparito quasi completamente sui modelli da gara. Descriveremo comunque brevemente alcuni

tipi di carrelli, che possono essere usati su modelli da allenamento, riproduzioni, ecc. Il carrello classico è quello *bigamba*, costituito da due ruote anteriori indipendenti e da un ruotino o pattino di coda (fig. 50). Esso può essere realizzato, con grande semplicità, col sistema illustrato in fig. 51, adatto per piccoli modelli. Un unico pezzo di filo d'acciaio armonico, da 1-1,5 mm. di diametro, viene sagomato come in figura, piegandolo con le pinze, e fissato al traliccio della fusoliera con legature di filo di refe cosparse di collante. E' opportuno rinforzare l'attacco con delle tavolette di balsa. Le ruote, che si trovano già pronte in commercio, di legno o celluloido, a sezione lenticolare o ballon, vengono fissate con due rondelline saldate al filo d'acciaio, sui due lati di esse.

Cogliamo l'occasione per spendere due righe sulla saldatura, necessaria anche per alcuni elementi del gruppo propulsore. Salvo casi eccezionali, in campo aeromodellistico si usa la saldatura a stagno, che si effettua pulendo bene le parti da saldare, con della tela smeriglio o cartavetrata fina; quindi si coprono con un leggero strato di pasta salda, ed infine, con il saldatore ben caldo, si preleva una goccia di stagno dalla barretta, e la si deposita sul punto da saldare, facendola scorrere in tutti i punti necessari. Essa si raffredda immediatamente, e la saldatura è fatta. Se si devono collegare fra loro dei pezzi di filo d'acciaio, come nel caso di carrelli controventati, è opportuno legarli con del filo di rame sottile, e quindi saldarli (vedi fig. 52).

Su modelli di maggiori dimensioni, le gambe del carrello possono essere realizzate smontabili, per diminuire l'ingombro. Un primo sistema, illustrato in fig. 52, ha le gambe irrobustite da controventature, e le estremità si inseriscono in fori praticati in due blocchetti di legno duro (es. faggio) incollati alla fusoliera. Nel tipo di fig. 53, invece, le estremità delle gambe vengono piegate ad U, e si inseriscono in una cassetta di compensato, oppure un tubetto d'alluminio schiacciato, fissato alla fusoliera con adeguati rinforzi.

Su modelli da gara, specie junior, nei quali è obbligatoria l'elica a scatto libero, si può montare un carrello per preservare l'elica da rottura in atterraggio. In tale caso esso, avendo quest'unica funzione, e non dovendo servire per il decollo, può essere ridotto al minimo, per risparmiare peso e resistenza passiva. E' pertanto consigliabile un carrello monogamba, costituito da un'astina di filo d'acciaio, terminante con un anellino, che sostituisce la ruota, o anche di giunco, che si può anche smontare, inserendola in un tubetto di celluloido fissato alla fusoliera (fig. 54).

Circa la posizione del carrello, è opportuno ricordare che l'atterraggio risulta tanto più sicuro quanto più le gambe sono avanzate,

ma che tale disposizione rende più lungo il decollo; per cui, se si vuole contare su questa possibilità, occorre ricorrere ad un compromesso. In tal caso bisogna anche prevedere un terzo punto d'appoggio in coda. In alcuni modelli è la stessa deriva che, prolungandosi inferiormente alla fusoliera, fornisce il punto d'appoggio. Se invece la deriva è solo al disopra, si può realizzarlo con un baffetto di filo d'acciaio, fissato con legatura al traliccio, e generalmente privo di ruota (fig. 55), dato che, in decollo, la coda si stacca immediatamente dal suolo.

## CAPITOLO VIII

### ***Le velature***

Nei modelli ad elastico, specie delle categorie minori, l'ala ed i piani di coda non presentano particolari esigenze di robustezza, per cui la loro costruzione è generalmente abbastanza semplice. Strutture più elaborate si riscontrano talvolta sui Wakefield, sia per le loro dimensioni più grandi, sia per il maggiore impegno tecnico della categoria, che porta alla ricerca di strutture indeformabili e capaci di ottenere una buona fedeltà di riproduzione del profilo.

Ancora una volta vi invitiamo a leggere il libro «Elementi di aeromodellismo», nel cui capitolo quinto sono descritti i tipi più comuni di strutture alari. Ad esempio l'ala monolongherone, illustrata nella fig. 69 a pag. 60 di detto volume, si adatta benissimo ai modelli ad elastico junior, sport e Coupe d'Hiver, nonché ai formula libera.

Sui modelli junior, nonché piccoli modelli da divertimento, si può anche eliminare completamente il longherone, maggiorando opportunamente le dimensioni dei bordi d'entrata e d'uscita (fig. 56). Tale metodo non è molto razionale, in quanto i due elementi di forza sono collegati dalle sole centine, e non costituiscono quindi la struttura più adatta per resistere agli sforzi di flessione e torsione; per cui, per avere la stessa resistenza, occorre incrementarne le sezioni in misura maggiore di quanto non si risparmi con l'eliminazione del longherone (ad esempio per un modello junior si può adottare un bordo d'entrata 6x6 e bordo d'uscita 3x12). Il peso, a parità di robustezza, sarà quindi senz'altro maggiore; ma la notevole semplicità (si evitano anche gli incastri nelle centine) giustifica tale tipo di struttura in modelli destinati ad essere realizzati da principianti, e per i quali non si hanno molte preoccupazioni di peso.

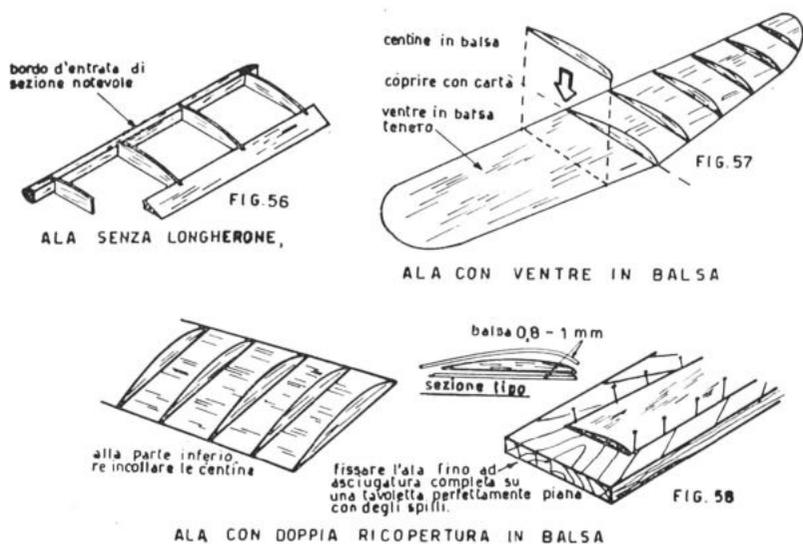
Per questi stessi tipi di modelli si sono diffusi negli ultimi anni altri sistemi di realizzazione delle ali con tavolette di balsa, che con-

sentono notevole semplicità, e permettono inoltre di evitare le noiose lacerazioni della ricopertura, specie quando si è costretti a volare su campi ricoperti di sterpi.

Ad esempio, in figura 57 si vede un'ala costituita da una tavoletta di balsa morbido e ben diritta, da 1-1,5 mm. di spessore, sulla quale si incollano delle centine di profilo piano convesso, e che viene poi ricoperta in carta seta, che, sul dorso, è meno soggetta a strappi. Però facilmente la ricopertura, durante la verniciatura, tende ad incollarsi alla tavoletta, deformando così il profilo. Per evitare tale inconveniente, occorre aggiungere un bordo d'entrata e d'uscita di piccole dimensioni, sovrapposti alla tavoletta.

Su modelli un po' più grandi si può ricoprire anche il dorso con una tavoletta di balsa, di spessore 0,8-1 mm., tenendo sempre l'ala sul piano di montaggio, per assicurare che risulti ben dritta (fig. 58). Si ottiene così una struttura assai robusta e rigida, ma di scarso rendimento aerodinamico, per via del profilo piano convesso, e un po' troppo pesante per modelli da gara.

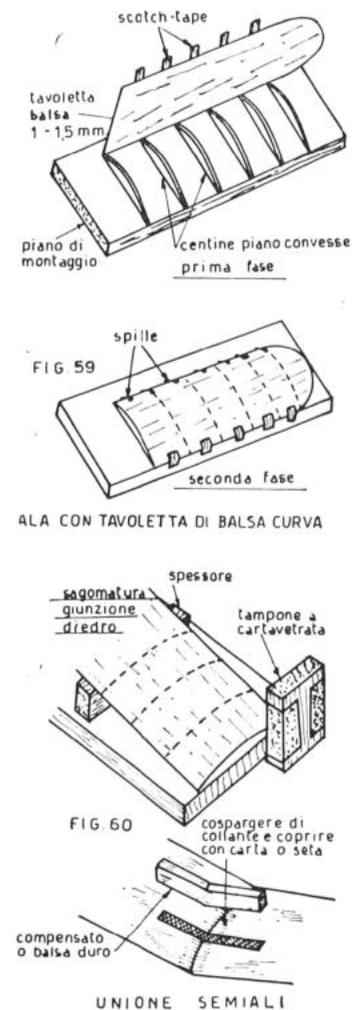
Un altro sistema abbastanza efficiente per piccoli modelli, ma che richiede un'accuratissima scelta della tavoletta di balsa, che deve essere assolutamente diritta, ed una certa accuratezza nella costruzione, per evitare svergolature, è l'inverso di quello di fig. 57, in quanto le centine vengono incollate sul ventre, anziché sul dorso della tavoletta.



Per realizzare un'ala del genere, si può procedere come illustrato in fig. 59: si taglia il contorno dell'ala dalla tavoletta di balsa da 1-1,5 mm., e si preparano le centine, a profilo piano convesso, che vengono fissate al disegno, sul piano di montaggio, con qualche piccola goccia di collante (in modo che si possano staccare facilmente a costruzione ultimata). Quindi si cospargono i loro dorsi di collante, e si sovrappone la tavoletta, tenendola ferma con spille e striscie di scotch-tape. Dopo l'essiccamento, si toglie l'ala dal piano, e si ripassano le incollature dall'interno.

Un'ala di questo tipo può essere realizzata in unico pezzo e successivamente tagliata, oppure separatamente per i vari elementi del diedro. Per far sì che questi combacino esattamente, è opportuno usare il sistema illustrato in fig. 60, curando che il taglio risulti perpendicolare ai bordi esterni. Le giunzioni verranno poi rinforzate con abbondante collante e una striscia di carta seta, e, specie nei modelli di maggiori dimensioni, con un pezzo a V di balsa duro o compensato, come si vede nella stessa fig. 60.

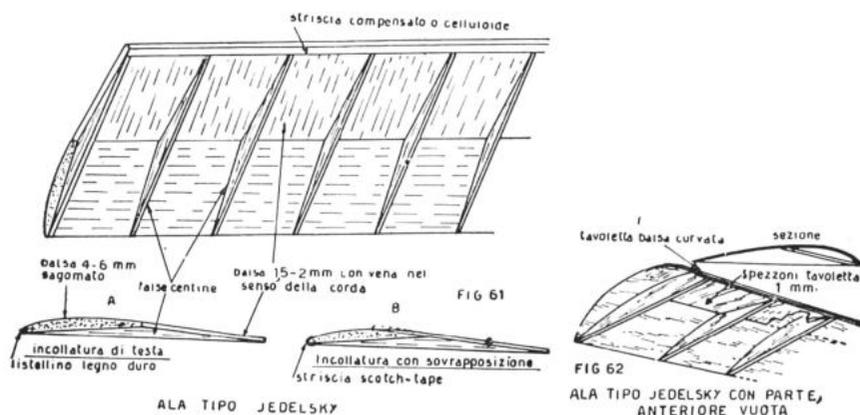
Un sistema simile viene talvolta adottato anche nei modelli Wakefield. In tal caso, però, la tavoletta di balsa viene usata non come elemento base, ma come semplice ricopertura del dorso dell'ala, la cui struttura è composta da bordo d'entrata, bordo d'uscita e centine. Desiderando maggior robustezza, si può aggiungere anche un longherone. Il ventre dell'ala viene ricoperto normalmente in carta seta, e lo spessore della ricopertura del dorso può essere ridotto fino a 0,5 mm. (il che richiede però molta cura nella costruzione, per evitare ingobbature). Si ottiene così un'ala abbastanza leggera, robusta ed efficiente aerodinamicamente, in quanto la ricopertura del dorso in balsa permette di avere una buona fedeltà di riproduzione del profilo.



Inoltre tale tipo di costruzione risponde bene ai requisiti teorici dell'aerodinamica delle basse velocità, che richiedono un ventre dell'ala molto levigato, per mantenere il flusso laminare, ed un dorso un po' ruvido, per favorire la formazione della turbolenza artificiale (non si creda che, con la ricopertura in balsa, si ottenga maggiore levigatezza della carta, perchè ciò è vero solo se si ricorre alla stuccatura, cosa impossibile su un'ala, specie di modello ad elastico, per ovvie ragioni di peso; mentre una ricopertura in carta, verniciata con diverse mani di collante, e rifinita con una leggera passata di carta abrasiva finissima, risulta ben levigata).

Passiamo ora a descrivere un altro tipo di ala assai interessante per le sue doti di semplicità, robustezza e rendimento, anche se essa trova molta più applicazione nei veleggiatori che nei modelli ad elastico. Si tratta dell'ala Jedelsky, così denominata dal nome del suo ideatore, che è costituita da una parte anteriore di balsa spesso 4-6 mm. sagomata a profilo, ed una parte posteriore ricavata da una tavoletta da 1,5-2 mm., la cui unione viene rinforzata ed irrigidita con delle false centine applicate inferiormente, senza ricopertura (fig. 61). L'incollatura delle due parti può essere fatta di testa (fig. 61-A) oppure con sovrapposizione (fig. 61-B). Il secondo sistema è più robusto, ma è facile che, quando si sagoma la parte eccedente della tavoletta sovrapposta, se l'incollatura non è riuscita perfettamente, si rivelino dei difetti. Pertanto è preferibile il primo sistema, purchè le due tavolette vengano fatte aderire perfettamente. Comunque la linea di giunzione può essere rinforzata con una striscia di carta seta applicata sul dorso.

Per evitare che il bordo d'entrata abbia a schiacciarsi in caso di urto contro ostacoli (dato che è consigliabile usare balsa un po' mor-

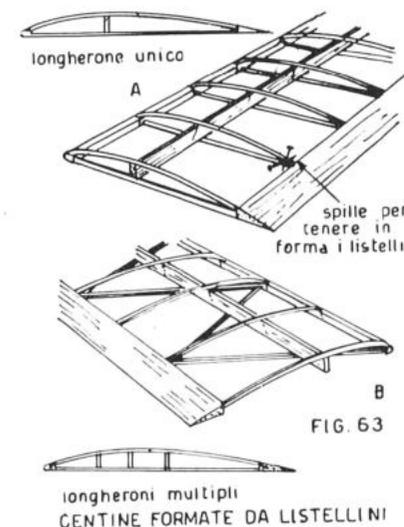


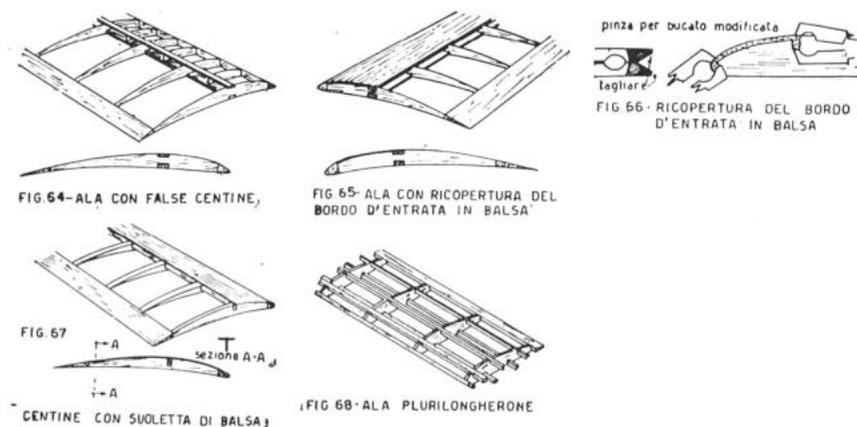
bido), si può rinforzarlo con un listellino di legno duro, o con una striscia di scotch-tape. E' interessante notare che alcuni aeromodellisti preferiscono realizzare la parte posteriore con spezzoni di tavoletta, con vena nel senso della corda, preventivamente incollati fra loro, per avere maggiore rigidità e minore tendenza alle svergolature. In tal caso è opportuno rinforzare anche il bordo d'uscita con una striscetta di compensato sottile (0,5-0,8 mm.), o cellulioide, per evitare scheggiamenti.

Un sistema simile a questo come concezione, ma più leggero, consiste nell'aggiungere ad un'ala, realizzata come in fig. 59, delle tavolettine di balsa da 1 mm., inserite fra centina e centina, nella parte anteriore del ventre, in modo da ottenere la caratteristica struttura dell'ala Jedelsky, ma con parte anteriore vuota (fig. 62).

Ritorniamo ora ai sistemi più classici, quelli cioè che prevedono una struttura ricoperta in carta, che sono ancora i più usati. Come già detto, trascuriamo di ritornare sui sistemi già descritti su «Elementi di aeromodellismo», ed iniziano invece con la descrizione di un tipo di ala la cui semplicità la rende adatta per modelli piccoli e di non grandi pretese, per i quali sia sufficiente un profilo piano convesso, un po' approssimativo.

Si tratta di sostituire le centine con due listellini, di cui uno piano sul ventre, e l'altro sul dorso, la cui curvatura viene regolata dall'altezza del longherone (fig. 63-A). Per aumentare la robustezza, si possono anche mettere due o più longheroni, la cui altezza deve essere tale da consentire l'esatta curvatura del listello superiore, che può essere ritagliato nella sagoma voluta da una tavoletta di balsa (da 1,5-2 mm. di spessore), servendosi di una sagoma di compensato, come si fa per i modelli da sala; oppure può essere un listello dritto curvato in opera durante il montaggio dell'ala, tenendolo in forma con degli spilli disposti in croce. Con il primo sistema si ottiene una maggiore fedeltà di riproduzione del profilo, ma i listelli tendono a scheggiarsi lungo la vena, specie nella parte anteriore, a maggiore curvatura.





Per aumentare la robustezza torsionale, i listelli possono essere disposti in diagonale, in modo da avere una costruzione di tipo geodetico. E' bene però che tale disposizione sia limitata ai soli listelli del ventre (fig. 63-B), perchè quelli del dorso, non potendosi fare incroci, ed essendo quindi piuttosto distanziati, provocherebbero delle gobbe diagonali nella ricopertura, che andrebbero a discapito dell'efficienza dell'ala.

Sui modelli da gara noteremo anzitutto la tendenza a ridurre al massimo la distanza fra le centine, magari diminuendo il loro spessore, per migliorare la fedeltà di riproduzione del profilo e la rigidità torsionale. Per il primo obiettivo è anche abbastanza diffuso l'uso di disporre delle false centine nella parte anteriore del profilo (fig. 64), dove la curvatura è maggiore, e quindi la carta tende vieppiù ad avvallarsi fra centina e centina.

Se si usa un allungamento elevato ed un profilo sottile, lo spessore utile per il longherone (o i longheroni) risulta generalmente troppo esiguo per garantire una sufficiente resistenza a flessione. In tal caso, per evitare di vedere l'ala spezzarsi per un forte colpo di vento, è consigliabile adottare longheroni in legno duro (tiglio o spruce) anziché in balsa, oppure di tipo composito (vedi « Elementi di aeromodellismo » fig. 71).

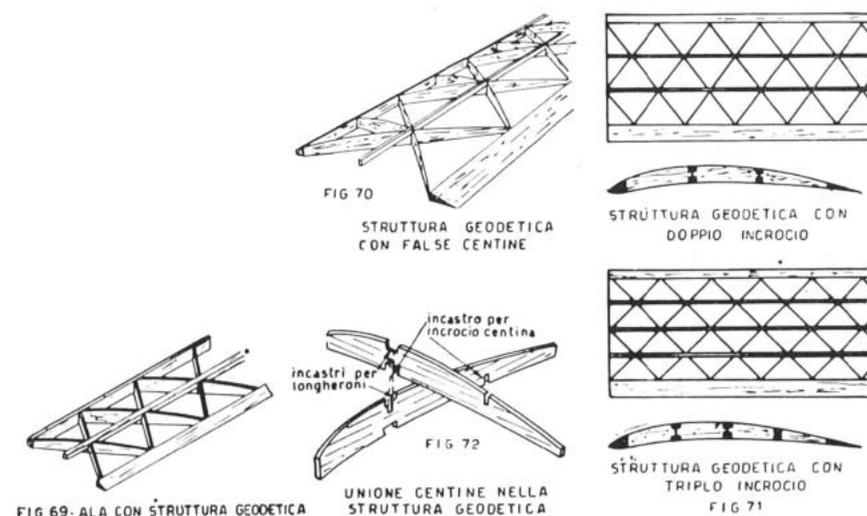
In questi casi è molto diffuso anche l'uso di ricoprire la parte anteriore del profilo in tavolette di balsa, sul solo dorso o anche sul ventre, secondo uno degli schemi già illustrati nella fig. 75 del già citato libro, di cui diamo un altro esempio in fig. 65. Per applicare la tavoletta sul dorso ci si può aiutare con delle pinze da bucato, con

la punta tagliata, come illustrato in fig. 66. Alla ricopertura anteriore in balsa si può abbinare l'applicazione di una suoletta di balsa dello stesso spessore sul dorso (ed eventualmente anche sul ventre) delle centine (fig. 67), che risultano così irrigidite (tanto che si può ridurre il loro spessore fino a 0,8 mm.), e non presentano la necessità di praticare uno scalino nella parte anteriore per lo spessore della tavoletta.

Se invece si usano profili più spessi, viene generalmente preferita l'ala plurilongherone (fig. 68), che risulta più leggera e sufficientemente robusta. Inoltre, come già accennato al capitolo quinto, i longheroni affioranti sul dorso favoriscono la formazione della turbolenza artificiale. Tale costruzione, però, richiede molta precisione nell'applicazione e nella rifinitura dei longheroni, che devono risultare perfettamente a filo con il profilo delle centine.

### La costruzione geodetica

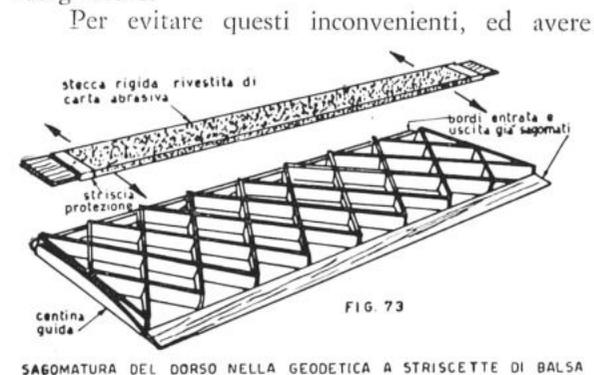
Passiamo ora a parlare della costruzione geodetica, nella quale le centine sono disposte diagonalmente, e si intrecciano fra loro, formando un insieme assai resistente alla torsione e meno soggetto alle svergolature. Nella fig. 69 ne è illustrato un tipo, con unico incrocio al centro della corda, in corrispondenza del quale è sistemato il longherone. Per migliorare la fedeltà del profilo nella parte anteriore dell'ala, si possono aggiungere delle false centine, come illustrato in fig. 70.



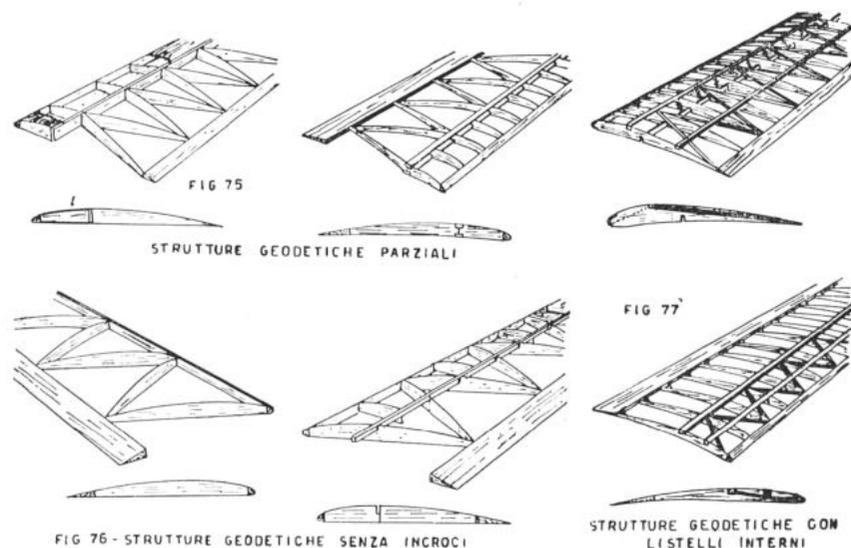
Tali schemi però presentano un difetto, in quanto il longherone non è sistemato in corrispondenza della linea di pressione, che si trova verso il terzo della corda; d'altra parte, per avere la massima robustezza della struttura, è bene che esso sia piazzato in corrispondenza dell'incrocio. Pertanto si preferiscono generalmente geodetiche con due o anche tre incroci e diversi longheroni (fig. 71), che permettono anche di disporre le centine più ravvicinate, pur conservando un angolo di inclinazione di almeno  $30^\circ$ . E' interessante notare che, se il numero degli incroci è pari, i vertici delle centine al bordo d'entrata e d'uscita capitano sulla stessa corda, mentre se sono dispari risultano sfalsati.

Per disegnare le centine di un'ala a struttura geodetica, occorre tenere presente che, mentre gli spessori devono corrispondere alle ordinate del profilo scelto moltiplicate per la corda effettiva dell'ala, le ascisse, cioè le X, devono essere aumentate, per tenere conto della maggiore lunghezza delle centine, che corrisponde alla corda alare divisa per il coseno dell'angolo di inclinazione delle centine.

Gli incastrati fra le centine vengono praticati per metà altezza nella parte superiore, per quelle disposte in un senso, e per l'altra metà nella parte inferiore, per quelle disposte nell'altro senso (fig. 72). Essi devono essere un po' lenti, affinché le centine possano assestarsi liberamente, mentre, se forzassero, potrebbero provocare tendenza alle svergolature.



Per evitare questi inconvenienti, ed avere la massima esattezza di riproduzione del profilo, alcuni aeromodellisti, come Murari, adottano un sistema assai preciso, ma che richiede una certa attrezzatura. Si tratta di realizzare la struttura con tutte striscette di balsa rettangolari, di spessore leggermente maggiore di quello del profilo, tagliate ed incollate agli incroci, che possono essere irrobustiti con dei triangolini di balsa. Ad essiccamento avvenuto, si procede al-



la sagomatura del dorso del profilo, servendosi di due robuste centine guida fissate alle estremità, e di un tampone più lungo del troncone d'ala, costituito da una lastra di cristallo spesso, ricoperta di carta abrasiva, più grossa da una parte e più fina dall'altra, e di due striscie di cartoncino, dello stesso spessore della carta vetrata, alle estremità, per evitare di raschiare le due sagome. Tale tampone viene fatto scorrere avanti e indietro, nel senso della corda, tenendolo parallelo all'apertura, fino a raggiungere il profilo delle centine guida (fig. 73).

Per ricavare gli incastrati per i longheroni, ci si può servire di una seghetta costituita da un listello di legno duro, ai cui lati vengono incollate due lamette da rasoio, con il filo reso seghettato battendoci sopra con un coltello, ed il cui fondo è ricoperto di carta abrasiva, mentre un riscontro laterale serve per regolare la giusta altezza degli incastrati. Tale seghetta viene azionata usando una riga come riferimento.

Per sagomare il ventre, ci si serve di un tampone convesso, corrispondente alla concavità del profilo, ricoperto con carta abrasiva, prima grossa e poi sottile, che viene fatto scorrere, nel senso dell'apertura, sul troncone d'ala posto rovesciato sul piano di montaggio, e appoggiato su due listelli, finché non arriva a poggiare sui bordi d'entrata e d'uscita (fig. 74).

E' ovvio però che una costruzione del genere può essere effettuata solo da aeromodellisti esperti e dotati di una buona dose di pazienza. Per avere risultati quasi simili come rigidità, con maggiore semplicità, si possono adottare delle costruzioni miste, ad esempio le due illustrate in fig. 75, di cui la prima, assai robusta, con copertura

totale della parte anteriore del profilo, e la seconda, più leggera, con false centine nel muso. Con esse si evitano completamente gli incastri fra le centine, pur avendo ugualmente degli elementi diagonali antitorsione. Per modelli piccoli si possono usare anche i due sistemi illustrati in fig. 76, con i quali le centine non devono essere affatto tagliate.

Alcuni aeromodellisti però sono contrari per principio alla costruzione geodetica nelle ali, perchè ritengono che le centine diagonali, anche in una struttura realizzata con la massima accuratezza, siano dannose per l'efficienza del profilo. Pertanto essi preferiscono affidare la robustezza torsionale a degli spezzoni di listelli interni, inseriti diagonalmente fra le centine, nella parte anteriore o posteriore del profilo (fig. 77), o anche in ambedue. Occorre però fare attenzione che tali listelli si inseriscano esattamente, ma senza forzare, altrimenti potrebbero provocare proprio quelle svergolature che si vogliono prevenire. Inoltre tale costruzione si adatta male a profili sottili, perchè si rischia che la ricopertura, quando viene verniciata, vada ad incollarsi sui listelli interni, deformando il profilo.

Per quanto riguarda l'attacco dell'ala alla fusoliera, c'è da tenere presente che, generalmente, nei modelli ad elastico, date le limitate dimensioni, si preferisce realizzare l'ala tutta in un pezzo, con sensibile risparmio di peso, fissandola con una legatura elastica alla fusoliera, nella quale, se non viene fornito naturalmente dalla sezione, si ricava un opportuno piano di appoggio, come detto al capitolo precedente.

Talvolta però nei modelli Wakefield si preferisce dividere l'ala in due semiali, con attacco a baionette. Anche in tal caso però, anzichè collegarle direttamente alla fusoliera (la cui sezione interna, specie se di dimensioni ridotte, deve essere lasciata a disposizione della matassa), secondo uno dei sistemi illustrati in «Elementi di aeromodellismo», si preferisce unire le semiali fra loro con una baionetta a V di dural, ed uno spinotto per mantenere l'incidenza, e fissarle quindi alla fusoliera con una legatura elastica, che, passando intorno ad alcuni spinottini, assicura anche il loro collegamento (fig. 78).

### I piani di coda

Passando ora ai piani di coda, noteremo innanzitutto come, sui modelli da gara, si cerchi di ridurne al massimo il peso, per diminuire l'inerzia del modello. D'altra parte occorre evitare che essi tendano a svergolarsi, per cui viene preferita, in misura maggiore che per l'ala, la costruzione geodetica, che in questo caso, data la bassa incidenza di funzionamento del piano orizzontale, presenta anche minori inconvenienti aerodinamici. Pertanto si può scegliere, secondo le dimensioni

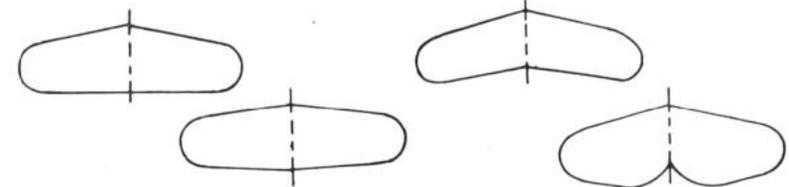
del modello, oltre alla classica struttura monolongherone, uno degli schemi illustrati nelle figg. 63, 68, 69, 70, 71 e 76.

Per modelli più piccoli si può anche fare a meno della profilatura, e sostituire le centine con dei listellini dritti o diagonali (vedi «Elementi di aeromodellismo» pag. 84). Se poi si tratta di modelli da divertimento, e si vuole evitare la ricopertura in carta, si possono ricavare sia il piano orizzontale che la deriva, da una tavoletta di balsa da 1,5-3 mm., purchè di tipo leggero e dritta. E' però opportuno inserire ed incollare dei listelli di rinforzo in balsa duro, che serviranno ad evitare le svergolature (fig. 79), purchè si adattino esattamente nei relativi incastri. E' anche consigliabile ricoprirli con carta seta incollata con nitro trasparente, anzichè con collante diluito, che, tendendosi, potrebbe provocare delle svergolature. Per tali costruzioni sono preferibili forme semplici, che sono meno soggette a svergolarsi.



forme molto indicate perchè non soggette a svergolature

forme soggette a svergolature e quindi da evitare



FORME PIÙ ADATTE PER PIANI DI CODA A TAVOLETTA

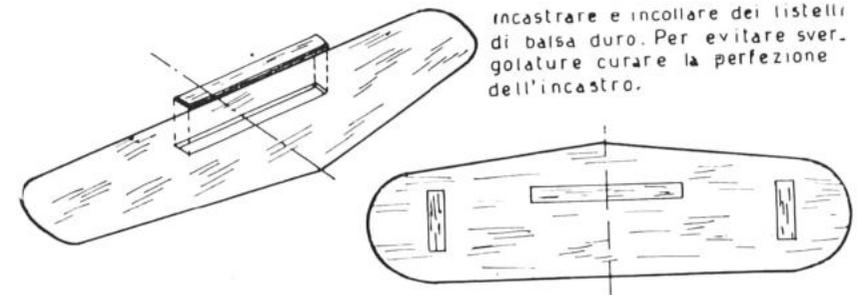


FIG. 79 - PIANO DI CODA REALIZZATO CON TAVOLETTA DI BALS

## **Il gruppo propulsore**

Il primo punto da stabilire, nella realizzazione del gruppo propulsore, è quello che riguarda il comportamento in planata dell'elica, che, necessaria per portare in quota il modello, diventa, durante la planata, un accessorio dannoso, che presenta una resistenza all'avanzamento, che peggiora le doti di planata in misura assai notevole, date le forti dimensioni dell'elica nel modello ad elastico, che, a causa dell'inclinazione delle pale rispetto alla traiettoria di volo, può anche provocare strette virate e perfino viti.

Pertanto, mentre nei motomodelli, che hanno un'elica relativamente piccola, essa rimane fissa durante il volo planato, nei modelli ad elastico l'elica fissa è rimasta solo sui modelli da sala, il cui volo si svolge interamente sotto motore, e in piccoli modelli per principianti.

Su tutti gli altri modelli si ricorre, per diminuire la resistenza in planata, all'elica a scatto libero, che al termine della scarica si sgancia dall'asse, ruotando in folle per tutta la planata, oppure all'elica a pale ripiegabili.

Esaminiamo pregi e difetti dei due sistemi. Nell'elica a scatto libero la rotazione avviene per effetto della spinta relativa sulle superfici inclinate delle pale, con una velocità di rotazione che dipende dal passo dell'elica e dalla velocità di avanzamento del modello, per cui, se il passo è costante per tutte le sezioni della pala, ciascuna di esse incontra l'aria secondo l'incidenza di minima resistenza, e tutta l'elica si comporta, agli effetti della resistenza, come una superficie fissa posta di taglio rispetto alla direzione del moto. In pratica non è proprio così, perché la rotazione dell'elica viene frenata dalla sua inerzia volanica e dagli attriti alla rotazione; pertanto occorre curare molto la leggerezza delle pale e la scorrevolezza dell'asse nella relativa boccia, che deve essere spesso lubrificata con olio fluido.

Indubbiamente la riduzione di resistenza che si raggiunge con l'elica ribaltabile è assai maggiore, anche se le pale, essendo svergolate, non possono aderire perfettamente alla fusoliera, e lasciano scalini e interstizi, che interrompono il flusso dei filetti fluidi, provocando vortici, tanto che alcuni aeromodellisti preferiscono distanziare le pale dalla fusoliera, allontanando gli assi di ripiegamento del mozzo, come si può notare dal disegno del modello di Ivannikov pubblicato nelle pagine precedenti.

D'altra parte anche l'elica a scatto libero ha i suoi vantaggi: risulta più leggera; è più facile da centrare staticamente e dinamicamente (cioè con l'uguaglianza perfetta delle pale); con la sua rotazione crea un effetto giroscopico stabilizzante, che riduce gli inconvenienti dovuti a turbolenze atmosferiche o piccole variazioni di centraggio, per svergolature o formazioni di nodi della matassa (tanto che essa ha avuto un periodo di auge anche sui modelli da gara con matassa a treccia lenta, ai tempi dell'elastico libero). Infine il modello con elica a scatto libero è più lento, si allontana di meno, ed è più visibile, perché la rotazione dell'elica crea uno scintillio sulle sue superfici.

Facendo il punto, si può dire che oggi, con le attuali formule di gara, l'elica ribaltabile è indispensabile sui modelli Wakefield e sui modelli sport e Coupe d'Hiver di un certo impegno; nei modelli formula libera da gara si può scegliere l'uno o l'altro tipo, a seconda dell'impostazione del progetto; nei modelli junior, essendo vietata dal regolamento l'elica ribaltabile, si deve necessariamente ricorrere allo scatto libero; infine sui modelli da allenamento si può optare per l'elica ribaltabile o per quella a scatto libero, a seconda che siano grandi e pesanti (e quindi veloci), oppure piccoli e leggeri.

### **Il disegno dell'elica**

Passiamo ora alla realizzazione del gruppo propulsore, iniziando con il disegno dell'elica. Il procedimento grafico classico è illustrato in fig. 80. Anzitutto si disegna la vista frontale di una pala (l'altra naturalmente è simmetrica), in base ai suggerimenti dati al capitolo quinto. Per quanto riguarda la larghezza, occorre tenere presente che la larghezza effettiva della pala è data dalla diagonale del blocco; però spesso, quando si parla di larghezza, ci si riferisce a quella frontale del blocco.

Accanto ad essa si traccia un asse verticale Y-Y1, parallelo a quello longitudinale della pala X-X1, sul quale si riportano un certo numero di suddivisioni (più frequenti verso l'estremità, dove è necessaria una maggiore precisione), in corrispondenza delle quali si tracciano altrettante parallele, perpendicolari all'asse della pala (sul di-

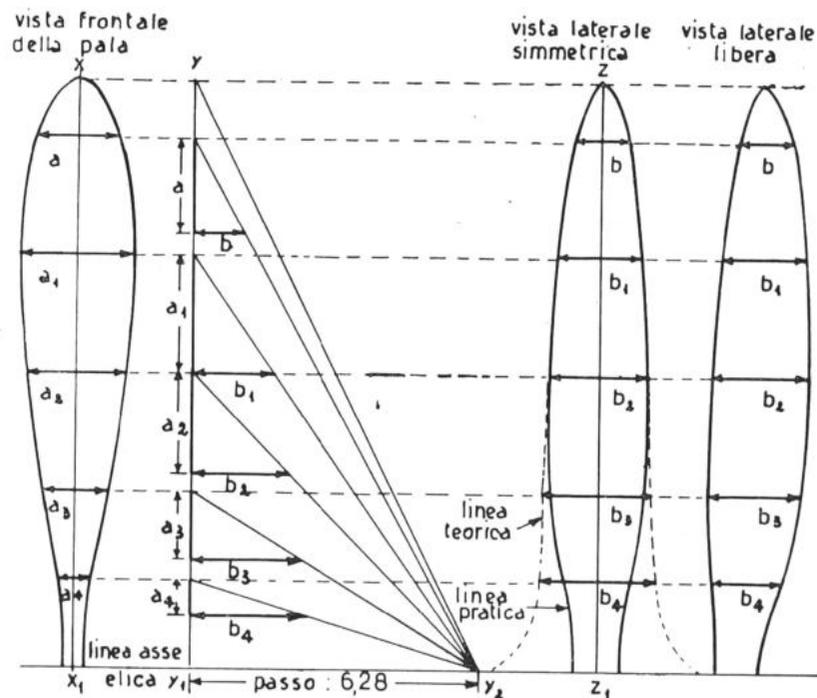


FIG. 80-DISEGNO DELL'ELICA PARTENDO DALLA VISTA FRONTALE

segno ne abbiamo tracciate sei, ma più se ne fanno, e maggiore è la precisione del disegno).

Sulla pala si tracciano le rispettive corde  $a, a_1, a_2, a_3$  e  $a_4$ . Quindi sulla base del disegno, a partire da  $Y_1$ , si prende un segmento  $Y_1-Y_2$ , di lunghezza pari al passo geometrico voluto diviso per 6,28. Unendo  $Y$  con  $Y_2$  si ottiene un triangolo rettangolo, i cui cateti rappresentano la circonferenza ed il passo dell'elica, ambedue divisi per 6,28 per comodità di disegno, e la cui ipotenusa corrisponde all'inclinazione della pala dell'elica all'estremità. Unendo con  $Y_2$  i punti di incrocio delle parallele orizzontali con l'asse  $Y-Y_1$ , si determinano le inclinazioni della pala nelle rispettive corde segnate sulla vista frontale.

Per determinare i corrispondenti spessori del blocco, si riportano sull'asse  $Y-Y_1$ , a partire dai punti di incrocio, i valori delle corde  $a, a_1, a_2, a_3$  e  $a_4$ , verso il basso, e dall'estremità dei segmenti così ottenuti si alzano delle perpendicolari, fino ad incontrare le corrispondenti dia-

gonali. Si ottengono così altrettanti segmenti  $b, b_1, b_2, b_3$  e  $b_4$ , che corrispondono ai rispettivi spessori della vista laterale del blocco.

Per disegnare quest'ultima si traccia un terzo asse  $Z-Z_1$ , e partendo da esso si riportano sulle parallele, metà per parte, i segmenti  $b, b_1, b_2, b_3$  e  $b_4$ , le cui estremità vengono unite con due linee curve. Si noterà che, verso il mozzo, lo spessore aumenta molto, tendendo all'infinito, dato che il calettamento della pala tende a  $90^\circ$ . Ma, poiché il rendimento dell'elica in questa zona è assai basso, si può raccordare la linea ottenuta, partendo da circa metà della pala, in modo da terminare con lo spessore voluto, che, specie se si tratta di un'elica a pale ribaltabili, ha delle esigenze costruttive fisse (ciò determina una riduzione del passo geometrico nelle sezioni interne della pala). Comunque, per diminuire l'inconveniente, è bene stringere al massimo la larghezza della vista frontale in vicinanza del mozzo, senza temere di ridurne la resistenza, in quanto, dato lo spessore del blocco, la larghezza effettiva sarà sempre sufficiente. D'altra parte anche lo spessore della pala sarà maggiore in corrispondenza del mozzo (vedi fig. 27), che può anche essere adeguatamente rinforzato, come vedremo fra poco.

Da tenere presente che, specie se il passo non è molto forte, ed il profilo è un po' spesso, il bordo d'entrata della pala, che è quello che ne determina l'inclinazione, e quindi il passo, non coincide con lo spigolo del blocco, ma rimane leggermente al disotto di esso. Pertanto la vista laterale della pala deve essere leggermente maggiorata, come illustrato in fig. 81, specie in prossimità del mozzo, dove lo spessore è maggiore.

Con il procedimento esposto abbiamo ottenuto una vista laterale simmetrica, e tale sarà anche lo sviluppo della pala. Volendo però si può variare la vista a piacere, in modo da avere uno sviluppo della forma voluta, come illustrato nella stessa fig. 80. Anche così però la forma definitiva della pala si potrà vedere solo dopo la lavorazione del blocco, anche se l'esperienza può dare indicazioni abbastanza precise a riguardo. Se però si desidera avere una forma particolare della pala finita, come nel caso di eliche a passo variabile in volo, che vedremo appresso, occorre seguire un procedimento un po' diverso, che vediamo in fig. 82.

La differenza, rispetto al sistema precedente, consiste nel fatto che si parte dalla forma effettiva della pala, le cui corde, divise in due dall'asse  $X-X_1$ , cioè  $a_1-a_2, a_3-a_4$ , ecc., vengono riportate sulle rispettive

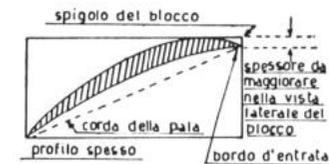


FIG. 81-SPESSORE DEL BLOCCO DELL'ELICA

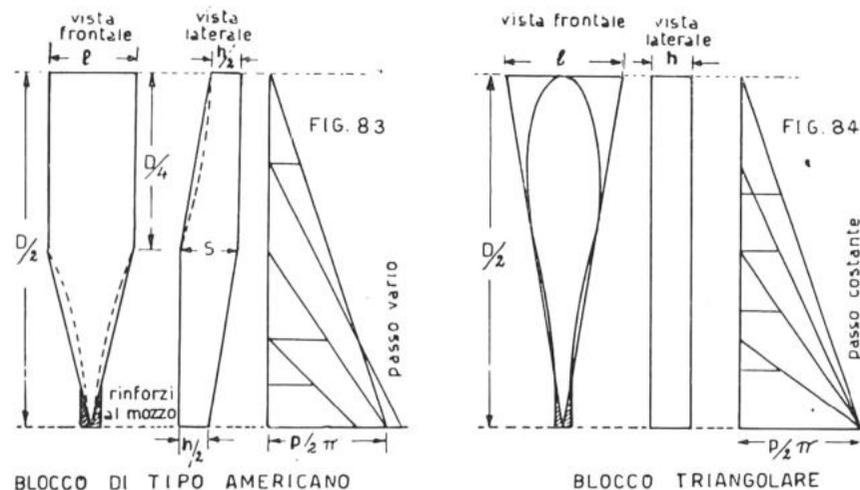
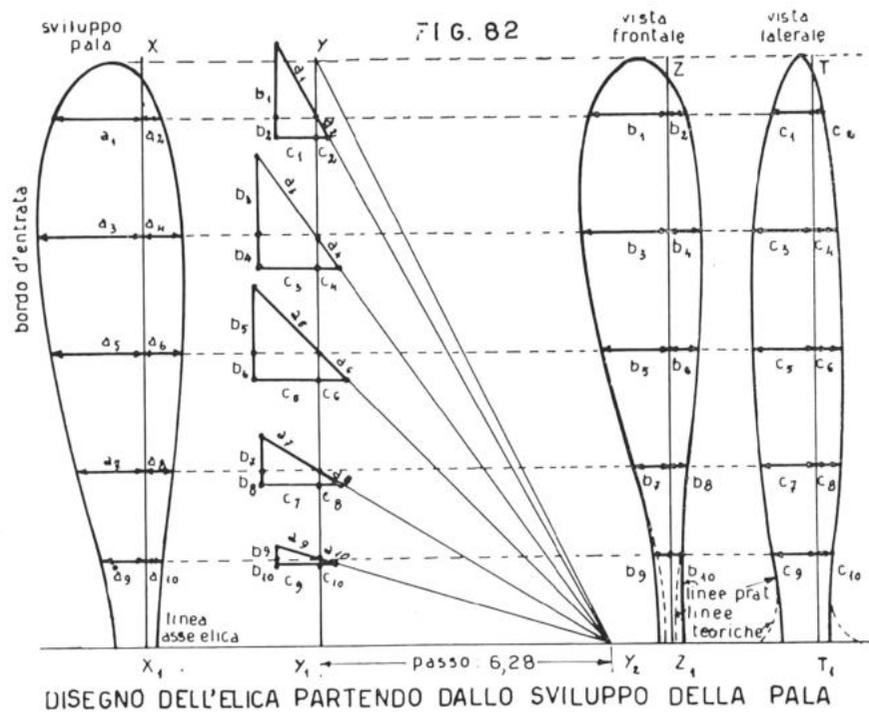
diagonali, a sinistra e destra dell'asse Y-Y1, e, proiettate su altrettante linee verticali ed orizzontali, danno i corrispondenti valori della vista frontale  $b1-b2$ , ecc., e della vista laterale  $c1-c2$ , ecc., anch'essi divisi rispetto ai relativi assi Z-Z1 e T-T1, in base ai quali si possono facilmente disegnare le due viste, rettificandone, anche in questo caso, le linee in prossimità del mozzo. La figura chiarirà maggiormente il concetto.

Alcuni aeromodellisti, per evitare i procedimenti grafici illustrati, ricorrono al cosiddetto « sistema americano », che consiste nel ricavare l'elica da un blocco sbizzato con semplici linee geometriche, dando la forma definitiva alla pala dopo la sgrossatura.

Descriviamo le due più comuni varianti di tale procedimento. La prima, illustrata in fig. 83, usa uno sbizzato le cui dimensioni sono legate dalle seguenti relazioni:

$$p = \frac{\pi \times D \times b}{2 \times l}; \quad l = \frac{\pi \times D \times b}{2 \times p}; \quad b = \frac{2 \times p \times l}{\pi \times D}$$

Come però si può vedere dal grafico nella stessa figura, con tale blocco il passo esatto si ha solo all'estremità ed al centro della pala,



mentre risulta eccessivo nella parte superiore e ridotto in quella inferiore. Per ovviare tale inconveniente, le linee diagonali del blocco dovrebbero essere rettificate in curve iperboliche, tratteggiate nella figura, che richiedono un procedimento matematico per essere tracciate con esattezza.

Pertanto oggi incontra maggior favore il blocco di tipo triangolare, illustrato in fig. 84, con il quale si ottiene il passo costante in tutte le sezioni della pala, come dimostra il grafico a fianco. Per disegnare un blocco di questo tipo, conviene tracciare prima la vista frontale dell'elica voluta, e quindi il triangolo che la contiene; dopodiché si calcola lo spessore con la formula:

$$b = \frac{p \times l}{\pi \times D}$$

Terminato il disegno del blocco dell'elica, si passa alla sua realizzazione. Anzitutto si preparano due sagome di cartoncino, corrispondenti alle viste frontale e laterale ottenute, tracciandovi anche i rispettivi assi. Quindi si prende un blocco parallelepipedo di balsa di media durezza, con fibra diritta ed omogenea, e lo si fa squadrare e piallare con dimensioni leggermente superiori al diametro dell'elica e alla larghezza massima delle due viste, e, su una delle due facce maggiori di esso, si tracciano una linea longitudinale ed una trasversale.

Quindi, usando una matita appuntita, si riporta la forma della vista frontale delle due pale, che risulteranno allineate facendo coincidere l'asse tracciato sulla sagoma di cartoncino con la linea longitudinale.

dinale segnata sul blocco (fig. 85-A). Tenere presente che, per disegnare la seconda pala, la sagoma deve essere ruotata di 180°, e non rovesciata, altrimenti la pala risulta contraria.

### La lavorazione

L'operazione successiva è quella di asportare tutto il materiale esterno al contorno delle pale, ed è opportuno farla eseguire dal falegname con la sega a nastro, in modo da assicurare la perpendicolarità del taglio e risparmiare un lungo lavoro di sgrossamento. Il taglio però deve essere effettuato leggermente al di fuori del contorno delle pale, in modo da poterne correggere le eventuali irregolarità con una raspa a grana fine, ed ottenere una linea perfettamente uniforme. E' anche opportuno farsi fare il foro sul mozzo, di diametro corrispondente all'asse dell'elica o all'eventuale boccola (vedere appresso), servendosi di un trapano a colonna, che ne garantisce la perpendicolarità.

Si passa quindi al taglio della vista laterale. Anzitutto si traccia un'altra linea di riferimento su un fianco del blocco, e, facendola coincidere con l'asse della sagoma, se ne riporta il disegno sul blocco (fig. 85-B). Questa volta l'operazione è un po' più complicata, in quanto la superficie su cui poggia la sagoma non è piana, ma curvilinea, e pertanto occorre aiutarsi con l'occhio per osservarne la proiezione.

Segnato il contorno, si asporta nuovamente il materiale eccedente, sempre con la sega a nastro, o anche con la raspa, e si ottiene il blocco sbazzato nelle due viste (fig. 85-C), che deve essere completamente rifinito con una raspa, controllandone l'esatta rispondenza alle sagome.

E' bene controllare anche l'equilibratura del blocco, infilando nel foro sul mozzo un perno metallico, di misura appena inferiore al diametro del foro, in maniera che il blocco possa scorrere liberamente intorno ad esso, ma senza eccessivo gioco. Se il foro è stato praticato bene in centro, e le due pale sono state lavorate in ugual misura, il blocco dovrà risultare in equilibrio indifferente intorno al perno, cioè rimanere immobile in qualsiasi posizione lo si disponga. Se così non fosse, occorre asportare materiale alla pala che risulta più pesante, fino a raggiungere l'equilibrio, che indica che gli spessori del blocco nelle due pale sono identici. Questa regola potrebbe avere un'eccezione se la densità del legno non fosse uniforme da un'estremità all'altra del blocco, ma in questo caso è meglio scartarlo, perché con esso non si potrebbe mai ottenere un'elica perfettamente equilibrata, sia staticamente che aerodinamicamente.

Successivamente si passa alla profilatura, iniziando sempre dal ventre delle pale. Bisogna fare attenzione a non sbagliarsi con il senso di rotazione dell'elica, che normalmente, vista dal davanti, deve girare in senso antiorario (elica destrorsa). Pertanto, poggiate il blocco sbazzato

sul tavolo di lavoro, con la faccia anteriore in basso, si lavora la pala di destra, asportando materiale fino a congiungere con una linea approssimativamente rettilinea lo spigolo posteriore alto con quello anteriore basso, tenendosi però al di sopra di esso dello spessore che è stato maggiorato nella vista laterale dell'elica, secondo quanto detto in precedenza (fig. 85-D). Terminata l'operazione, si ruota l'elica di 180°, e si ripete il procedimento per l'altra pala, con la stessa disposizione, in modo che le superfici delle due pale risultino incrociate, e non parallele.

Per questa fase della lavorazione si può usare un coltello ben affilato o un trincetto da calzolaio, facendo attenzione però a non asportare materiale in eccedenza, con qualche colpo maldestro, il che significherebbe

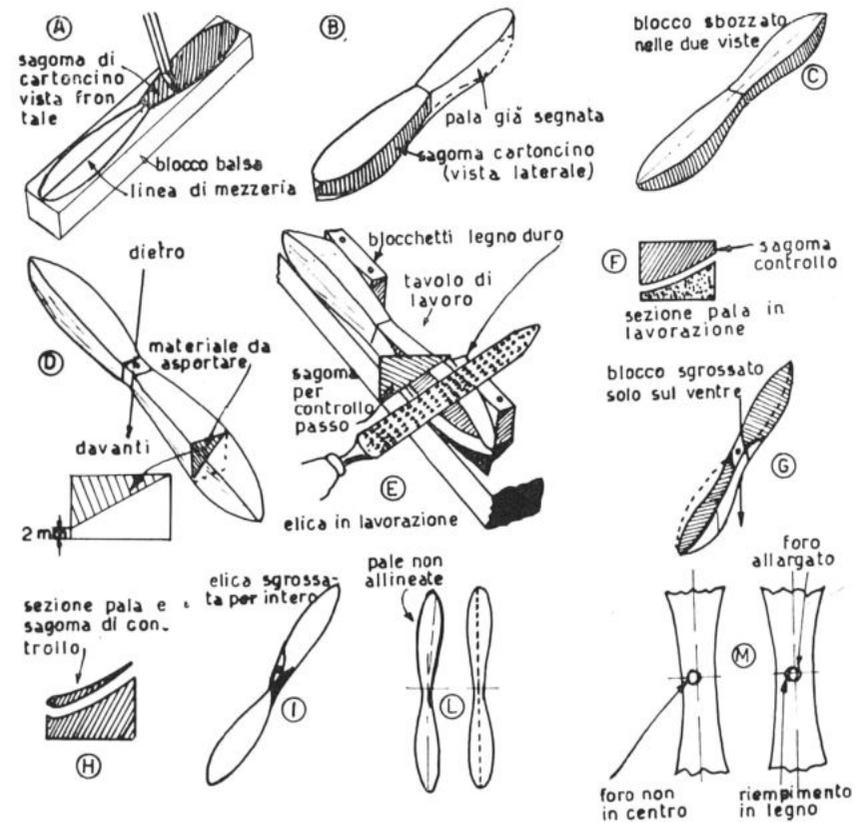


FIG 85 - LAVORAZIONE DELL'ELICA

dover gettare via il blocco e ricominciare da capo. Chi non avesse sufficiente dimestichezza con tali arnesi, farà quindi meglio, dopo una sgrossatura molto sommaria con il coltello, a continuare il lavoro con la raspa, prima a grana grossa e poi più fine, che, data la morbidezza del balsa, permetterà di portarlo a termine abbastanza rapidamente e senza timore di incidenti. Per facilitare questo lavoro, si può sistemare il blocco sul bordo del tavolo di lavoro, con la parte posteriore che poggia su due blocchetti di legno avvitati o inchiodati, che fanno da riscontro; per cui basta tenere fermo il blocco con una mano, per poter lavorare comodamente con l'altra (fig. 85-E), controllando l'esatta inclinazione dei vari punti della pala con delle sagome triangolari, ricavate dal grafico del disegno dell'elica (vedi figg. 80 e 82).

Nella parte centrale, che dovrà essere tagliata se l'elica deve essere ripiegabile, o debitamente rinforzata se a scatto libero, l'elica viene lasciata provvisoriamente con la sezione rettangolare risultante dallo sborzato. Partendo dal punto determinato, a seconda del tipo del mozzo, che vedremo in seguito, si inizia la sagomatura, fino a raccordare con la normale superficie della pala, il cui profilo pertanto sarà inizialmente biconvesso, quindi piano convesso, ed infine concavo convesso, per ritornare generalmente piano convesso all'estremità (vedi fig. 27).

Per lavorare la concavità ci si può servire di una sgorbia (scalpello tondo) molto tagliente, o del trincetto, o di un qualsiasi coltello a lama ricurva; oppure si può usare semplicemente della carta vetrata, prima grossa e via via più fine, avvolta su un tampone convesso. Per controllare il profilo è bene servirsi di apposite sagome di cartone, per le varie sezioni della pala, che si dovranno poggiare ogni tanto sui corrispondenti punti del blocco, finché, a lavorazione ultimata, non corrispondano perfettamente alla sua concavità (fig. 85-F).

Ultimata la lavorazione del ventre delle due pale, si ottiene un nuovo sgrossato semilavorato (fig. 85-G), del quale occorre controllare nuovamente l'equilibrio, con il procedimento già descritto, per assicurare che la concavità delle due pale, e lo spessore lasciato sul bordo d'entrata, siano i medesimi.

Si passa quindi alla lavorazione del dorso delle pale, che risulta più semplice, non essendoci la concavità. Si lavorerà quindi di coltello o raspa, fino a raggiungere le sezioni volute, che vengono controllate con altre sagome (fig. 85-H), lasciando però uno spessore leggermente superiore, per permettere una buona rifinitura con la carta vetrata. L'unica difficoltà nella lavorazione del dorso è che, essendo il ventre già lavorato, non si può sistemare il blocco come indicato in fig. 85-E, ma bisogna poggiare direttamente sul tavolo la superficie già lavorata, facendo attenzione a non danneggiarla con un'eccessiva pressione.

Terminata anche questa operazione, si ottiene l'elica grezza (fig. 85-I), della quale si controlla nuovamente l'equilibratura, passando quindi alla rifinitura, che viene effettuata, sia per il ventre che per il dorso, con carta vetrata prima grossa, e via via più sottile, fino ad ottenere una superficie levigatissima, e priva di anormali convessità o concavità. Durante questo lavoro si controlla continuamente l'equilibrio, in modo che, a lavorazione ultimata, il baricentro dell'elica risulti perfettamente al centro del foro del mozzo. A volte può capitare che l'elica, pur stando in posizione orizzontale, non sia in equilibrio indifferente in altre posizioni, e tenda sempre a disporsi orizzontalmente, con le pale nella stessa posizione. Ciò significa che le due pale non sono ben allineate, oppure che il foro non è stato praticato nel centro esatto del mozzo, e quindi non coincide con il baricentro dell'elica (fig. 85-L). Se l'elica deve rimanere intera, con o senza scatto libero, tale difetto può portare a dannose vibrazioni. Pertanto nel primo caso è meglio rifarla; nel secondo invece si può eliminare il difetto allargando il foro lateralmente, ed incollando un riempimento di legno dalla parte opposta, in modo da portarne il centro sull'asse di simmetria dell'elica (fig. 85-M).

Una volta che l'elica sia stata terminata nella parte centrale, secondo lo schema di gruppo propulsore prescelto, si passa alla sua verniciatura, con alcune mani di collante, inframezzate da passate di carta abrasiva sempre più sottile, fino ad ottenere una superficie perfettamente liscia ed impermeabilizzata. Volendo si può aggiungere una mano di niro trasparente, per rendere più lucida l'elica; mentre sono assolutamente da scartare le vernici colorate, che l'appesantirebbero eccessivamente. Alcuni usano ricoprire le pale in carta silkspan colorata, che le rende più levigate e robuste, oltre a migliorarne l'estetica.

Se l'elica viene ricavata da un blocco sborzato americano, dei due tipi illustrati nelle figure 83 e 84, il procedimento costruttivo è il medesimo, solo che la forma della pala viene data dopo la sgrossatura del ventre, senza concavità, e del dorso (figura 86).

Con il procedimento descritto, l'elica viene ricavata per inte-

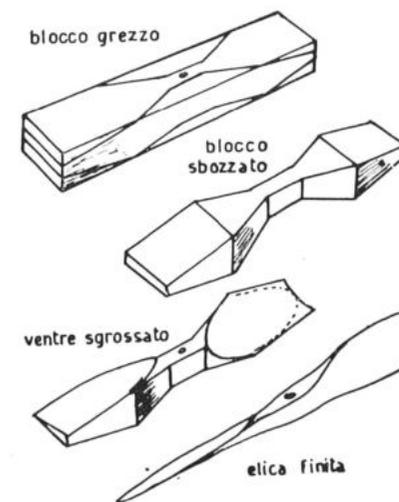


FIG. 86 - LAVORAZIONE DELL'ELICA DA BLOCCO AMERICANO

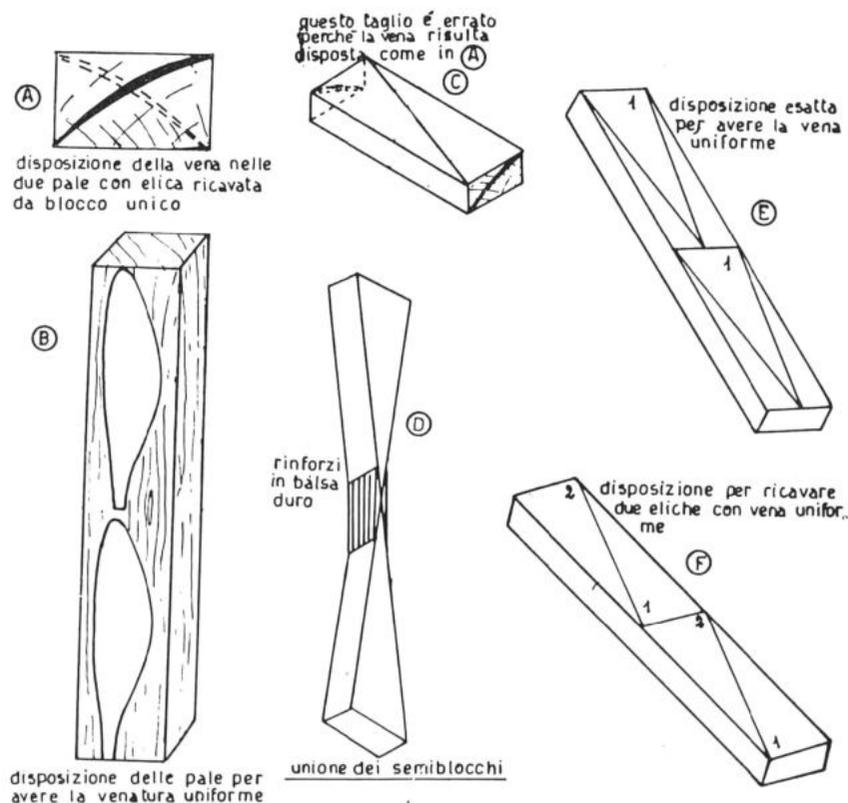


FIG 87 - DISPOSIZIONE PALE RICAVATE DAL BLOCCO

ro da un unico blocco di balsa, il che, specie nel caso di eliche a scatto libero, è assai utile per assicurare l'equilibrio statico e dinamico delle due pale. Tale disposizione però presenta un grosso difetto, e cioè che, avendo le due pale inclinazione contraria, la vena del legno viene ad avere in esse direzione diversa (fig. 87-A). Pertanto, specie per eliche a pale ribaltabili, si preferisce spesso tagliare le due pale dal blocco secondo lo schema di fig. 87-B (ovviamente in tal caso l'equilibratura e la similitudine delle due pale devono essere controllate con la bilancia di precisione, anziché col perno sul mozzo). Mai usare però blocchi diversi, che potrebbero avere peso specifico e caratteristiche meccaniche differenti.

Nel caso di eliche ricavate da uno sbizzato triangolare, del tipo illustrato in fig. 84, alcuni, per risparmiare legno, usano ricavare le due pale da un blocco rettangolare, tagliato come in fig. 87-C, incollando poi i due vertici al centro, con dei rinforzi di balsa duro (fig. 87-D).

Anche con tale disposizione però la posizione della vena nelle due pale risulta contraria; per cui è preferibile adottare la disposizione di fig. 87-E, anche se porta ad uno spreco di materiale, che comunque può essere eliminato ricavando due eliche da un unico blocco, tagliato come in fig. 87-F. Occorre però ricordarsi di accoppiare esattamente i quattro triangoli, mettendo insieme quelli contraddistinti con lo stesso numero nella figura.

L'esatta disposizione della vena del legno nelle due pale è indispensabile quando si voglia realizzare un'elica a passo variabile in volo, basato sulla flessibilità delle pale. Nel capitolo quinto abbiamo esaminato l'utilità del passo variabile nelle due diverse concezioni di passo crescente e decrescente. Esso può essere realizzato con dispositivi meccanici alquanto complessi e di delicata taratura, che non tratteremo in questa sede, data la loro difficoltà, cui però molti aeromodellisti preferiscono un sistema assai più semplice, basato sulla forma delle pale, anche se di funzionamento un po' approssimativo (il che del resto non è un grosso guaio, in quanto abbiamo visto che, sotto l'aspetto aerodinamico dell'elica, il passo dovrebbe essere crescente, mentre, per migliorare il rendimento di salita, esso deve essere decrescente, e che bisogna dare la preferenza all'uno o all'altro tipo a seconda delle caratteristiche del modello). Inoltre il sistema basato sulla flessibilità delle pale consente una variazione graduale dell'angolo di calettamento dal mozzo verso le estremità, mentre con i sistemi meccanici tutta la pala ruota dello stesso angolo, che è quello ottimo solo per una determinata sezione di essa, per cui, se il passo iniziale è costante, quello finale sarà vario.

Esaminiamo la fig. 88. In A vediamo una pala di forma normale, nella quale i centri di pressione delle varie sezioni giacciono lungo il

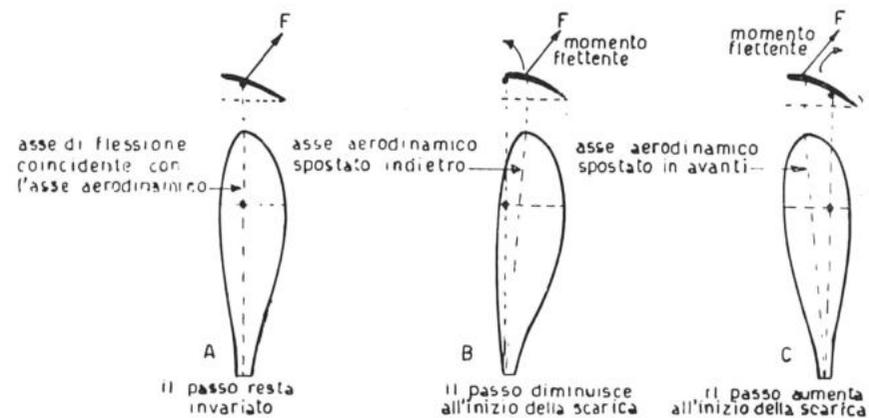


FIG 88 - FORMA DELLE PALE PER ELICHE A PASSO VARIABILE

diametro passante  $p$ : il piede della pala. Pertanto le forze aerodinamiche sono approssimativamente applicate all'asse di flessione, e non producono alcun momento che tenda a storcere le pale. In B vediamo invece una pala piegata all'indietro, che tende a diminuire di passo con l'aumento delle forze aerodinamiche, cioè all'inizio della scarica (adatta per modelli a lenta scarica). Invece la pala indicata in C, piegata in avanti, tende ad aumentare di passo all'inizio della scarica, ed è quindi più adatta per modelli a scarica veloce.

Logicamente, per ottenere il risultato voluto, le pale devono essere molto sottili, e realizzate con balsa di giusta flessibilità. La variazione del passo può essere valutata approssimativamente osservando (ed eventualmente fotografando) lateralmente l'elica durante la rotazione a punto fisso, per stabilire di quanto varia lo spessore della sua vista laterale. Inoltre si dovranno valutare i risultati pratici sul modello, confrontando i tempi ottenuti con diverse eliche a differenti percentuali di carica. Si tratta pertanto di un procedimento piuttosto complesso, che non può essere consigliato ai principianti, tanto più che il miglioramento ottenibile è piuttosto modesto, perché, come già detto, una parte del vantaggio che si ha in un senso lo si perde nell'altro.

Per terminare l'argomento disegno dell'elica, illustriamo in fig. 89 il procedimento per disegnare un'elica a passo vario, secondo il concetto illustrato al capitolo quinto, con un calettamento positivo di 5 gradi per tutte le sezioni della pala, calettamento che si riduce a zero in prossimità del mozzo, dove le necessità di disegno della vista laterale

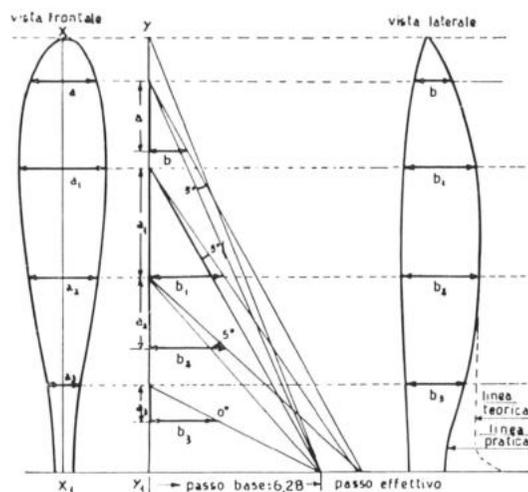
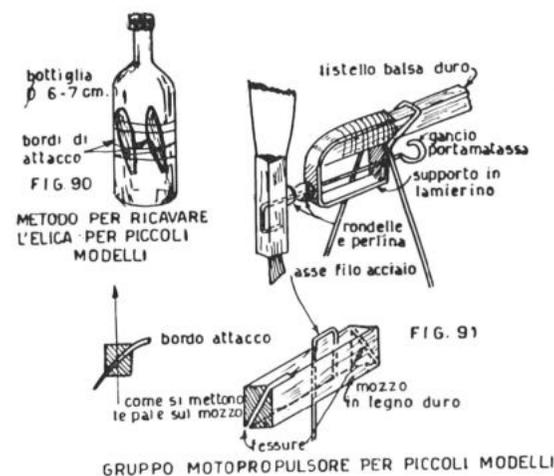


FIG. 89 - DISEGNO DELL'ELICA A PASSO VARIO

impongono di ridurre il passo anche al disotto di quello base. Dal grafico al centro si vede come il passo geometrico delle sezioni centrali della pala sia vario.

Descriviamo ora un semplicissimo sistema per realizzare l'elica, che viene adottato per modelli molto piccoli, magari destinati a volare all'interno di qualche locale (non ci riferiamo ai modelli da sala da gara, la cui costruzione è talmente



leggera — un modello completo, di 90 cm. di apertura alare, pesa circa 1 grammo a vuoto — da esulare completamente dalla normale tecnica costruttiva, tanto che anche le pale dell'elica sono centinate e ricoperte con microfilm, una sottilissima pellicola cellulosa). Le pale dell'elica vengono ritagliate da una tavoletta di balsa da 1,5-2 mm. di spessore, e, dopo averle profilate e rifinite, vengono coperte di collante e messe in forma su una bottiglia, in posizione diagonale (fig. 90), tenendole ferme con qualche striscia di scotch-tape, in modo che assumano la forma elicoidale (attenzione che risultino parallele, perché abbiano lo stesso svergolamento). Naturalmente in questo modo il passo delle varie sezioni risulterà un po' approssimativo; comunque il sistema è adatto per modelli di poche pretese. Desiderando maggior precisione, si può sostituire la bottiglia con uno scalo, costituito da un blocco di legno sagomato come se fosse il dorso di una pala d'elica, sul quale si potrà dare alla tavoletta di balsa la forma voluta. In questo modo sono state realizzate anche eliche di modelli da gara, magari con due o tre tavolette sovrapposte, che assicurano l'indeformabilità delle pale così ottenute, o addirittura centinate e ricoperte in carta.

Nei piccoli modelli di cui parlavamo, la fusoliera è spesso sostituita da un listello di balsa duro, ed il gruppo propulsore è ridotto alla sua forma più semplice, illustrata in fig. 91. Il mozzetto è costituito da un listello di legno duro, sulle cui testate vengono praticate due fessure di larghezza corrispondente allo spessore delle pale e profonde 4-5 mm., disposte in croce l'una rispetto all'altra, nelle quali si inseriscono ed incollano i piedi delle pale, facendo attenzione che risultino ben dritte.

L'asse viene ricavato da un pezzo di filo d'acciaio da 0,6-0,8 mm., piegato ad U ad una estremità, che viene fissato al mozzo dell'elica (che resta fissa in planata) come da disegno, cospargendo l'incastro di collante. Dietro al mozzo si infilano sull'asse due rondelline metalliche, e, fra esse, una perlina, in modo da costituire un rudimentale cuscinetto



installare uno spezzone di tubo di gomma, lungo 2-3 cm., di diametro interno tale che la matassa ci entri a forzare quando è tesa, e di spessore circa 1 mm., che viene montato in modo da coprire parte del gancio e l'estremità anteriore della matassa, per mantenerla perfettamente allineata (fig. 93-B).

Per montare questo « bocchettone », occorre preparare un gancio di filo d'acciaio, di larghezza inferiore al diametro interno del tubo, e sagomato come in fig. 93-C, infilarsi il tubo di gomma, agganciare la matassa, e, tenendola tesa, far scorrere il bocchettone su di essa, fino a lasciare uno spazio sufficiente per poter agganciare la matassa all'asse dell'elica. Quindi si chiude il gancio con l'apposito dente, e si fa scorrere in avanti il bocchettone, fino a coprire quasi metà gancio. Tale posizione deve essere controllata prima di ogni lancio, perché il bocchettone potrebbe scorrere avanti o indietro.

Il gancio portamatassa può assumere diverse forme, oltre quella tonda già illustrata. Ad esempio un gancio romboidale (fig. 93-D) mantiene meglio la matassa al centro, ma essa soffre un po', essendo a contatto con lo spigolo. Alcuni preferiscono sagomarlo triangolare, ma con il lato sul quale poggia la matassa sagomato come in fig. 93-E, in modo che la torsione della matassa tenda a mantenerla al centro. Altri infine

preferiscono montare sull'asse una bobina di materiale plastico o alluminio, nella quale viene infilata la matassa, fermandola con una legatura elastica (fig. 93-F), e che assicura il perfetto allineamento della matassa.

Per terminare l'argomento delle eliche a scatto libero, presentiamo



FIG. 93 - VARI TIPI DI GANCI

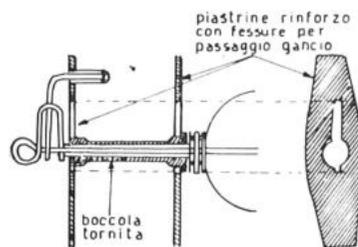


FIG. 94 - ELICA A SCATTO LIBERO INTERCAMBIABILE

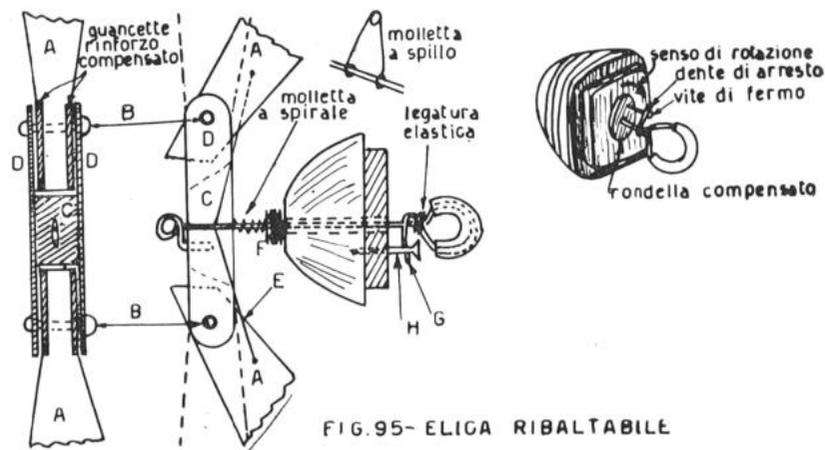


FIG. 95 - ELICA RIBALTABILE

un dispositivo che permette di sostituire rapidamente l'elica, senza dover tagliare e rifare tutto l'asse, dispositivo che ha avuto molto successo nel periodo in cui le eliche a scatto libero imperavano sui campi di gara, in quanto permetteva di sperimentare l'elica più efficiente, e di cambiare un'elica rotta senza perdita di tempo. Come si vede in fig. 94, si tratta di sostituire la normale boccola esterna con una di diametro maggiore (sui 5 mm.), ricavata mediante tornitura da dural, con alleggerimento nella parte centrale. In tal modo è possibile ricavare nel mozzo dell'elica due fessure, nelle quali può passare il gancio anteriore, consentendo così l'introduzione dell'elica, che viene poi fermata con qualche goccia di collante.

### L'elica ribaltabile

Passiamo ora alle eliche ribaltabili, che, oltre al vantaggio della riduzione della resistenza passiva in planata, non sono soggette a rompersi in atterraggio, come quelle a scatto libero. In fig. 95 ne illustriamo il tipo più classico. Le pale A, rinforzate al piede con due guancette di compensato, o con una spina di legno duro inserita, sono incernierate mediante i ribattini B (o meglio vitine da 1,5-2 mm. con doppio dado, che consentono la rapida sostituzione delle pale) entro un mozzo, costituito da una parte centrale C di balsa duro o altro legno, con guancette D di compensato legate ed incollate, o alluminio fissate con ribattini (per i modelli più grandi). I tagli diagonali dell'interno del mozzo e dei piedi delle pale devono coincidere, in maniera che le pale aperte restino verticali, e

non possano tendere in avanti sotto la forza aerodinamica; esse devono scorrere liberamente, ma senza eccessivo gioco.

Al termine della scarica le pale vengono ripiegate dall'elastico E, che deve essere disposto con i punti fissi in posizione tale che, quando le pale sono completamente aperte, l'elastico le tiri in avanti; mentre, appena si ripiegano leggermente sotto la spinta dell'aria, per la cessazione della forza centrifuga dovuta alla rotazione, le faccia ribaltare completamente. Si deve cioè avere un punto morto, con le pale leggermente ripiegate di circa venti gradi. Anche la forza e tensione dell'elastico devono essere determinate per tentativi.

Questo però non è sufficiente, perché, per far sì che le pale aderiscano il meglio possibile alla fusoliera, occorre che l'elica si arresti in una posizione fissa, orizzontale o quasi, evitando anche che, in caso di arresto verticale, la pala inferiore rimanga penzoloni. Pertanto sui modelli da gara le eliche ribaltabili sono sempre munite di un dispositivo di arresto, denominato *tenditore*, del quale illustriamo, nella stessa fig. 95, il tipo più comune: sull'asse dell'elica, davanti al cuscinetto a sfere, è montata una molletta F, che, a matassa carica, rimane completamente schiacciata, mentre verso la fine della scarica si allunga, spingendo avanti tutto l'asse, finché il dente G, ricavato dal prolungamento del gancio, o riportato mediante saldatura, non si va ad impegnare nel fermo H, fissato sul tappo in un punto tale che l'elica si arresti in posizione voluta. Le pale verranno allora ripiegate dall'elastico E.

La molletta del tenditore deve essere tarata esattamente, in maniera da far arrestare l'elica quando la matassa è quasi completamente scarica (o quando sono rimasti pochi giri, sufficienti per assicurare la tensione della matassa, se essa è più lunga della distanza fra i ganci). Comunemente si usano le mollette a spirale, che si possono trovare pronte in commercio, ma che possono anche essere ricavate avvolgendo del filo d'acciaio da 0.5-0.8 mm. su un chiodo, e tagliandone le estremità. Alcuni aeromodellisti però preferiscono le mollette a spillo (vedi particolare fig. 95).

Il fermo del tenditore può essere convenientemente ricavato con una vite a legno, che si impegna nel tappo, il cui strato posteriore deve, in tal caso, essere di compensato da 3-4 mm., preferibilmente a cinque strati. In tal modo, avvitando o svitando la vite, si può far sì che l'arresto avvenga esattamente al momento voluto.

Quanto al dente di arresto, è preferibile che sia ricavato dal prolungamento dell'asse, anziché riportato con saldatura, che potrebbe staccarsi. Nei modelli più piccoli può essere semplicemente accavallato; ma è sempre opportuno fissarlo almeno con una legatura elastica, che permette sempre l'apertura del gancio per sostituire la matassa, e nel contempo assicura maggiore rigidità del gancio, e quindi miglior funzionamento del tenditore. Sui modelli più grandi spesso si preferisce chiudere definitiva-

mente il gancio, con una legatura metallica saldata; in tal caso la matassa, preparata di lunghezza doppia e metà sezione, viene infilata nel gancio fino a metà lunghezza, raddoppiata e collegata al supporto posteriore. Inoltre alcuni aeromodellisti usano affilare il dente di arresto, affinché si impegni più facilmente nel fermo. Si evita così il noioso e comune inconveniente dei numerosi colpi fra dente di arresto e fermo, prima dell'arresto definitivo, che provocano vibrazioni del modello.

Se si usa una matassa tesa fra i ganci, si possono evitare gli inconvenienti del tenditore, usando il dispositivo illustrato in fig. 96. Si tratta di dotare l'elica ribaltabile di un normale dispositivo di scatto libero, il cui perno di arresto attraversa tutto il mozzo della pala, ed è dotato di una molletta che, dopo lo sganciamento, lo spinge indietro, facendone impegnare l'estremità posteriore nell'apposito arresto, posto in una sede circolare ricavata nel tappo, nella posizione necessaria per la giusta posizione di ripiegamento delle pale.

Nella stessa figura si nota un gancio, con relativa bobina, di strana conformazione. Si tratta di un dispositivo per poter sostituire rapidamente la matassa, senza dover aprire il gancio; infatti la bobina è munita di un alberino cavo di acciaio, con due fori alle estremità, che si infilano nel doppio gancio dell'asse dell'elica.

Una variante più semplice dell'elica ribaltabile con scatto libero è illustrata in fig. 97. In questo caso il perno, anziché spostarsi indietro, viene fatto ruotare di circa 90° da un elasticino, e si impegna in un gancio posto esternamente al tappo.

Nella stessa fig. 97 notiamo un diverso sistema di incernieramento delle pale, che vediamo meglio in fig. 98. E' questo un sistema assai usato nei modelli Wakefield, consistente nel realizzare gli snodi con due forcelline di filo d'acciaio, legate ed incollate alle pale, che ruotano in due tubetti d'ottone fissati al mozzo. Per assicurare il fissaggio di detti tubetti, è opportuno rivestire la parte posteriore del mozzo con una piastrina sot-

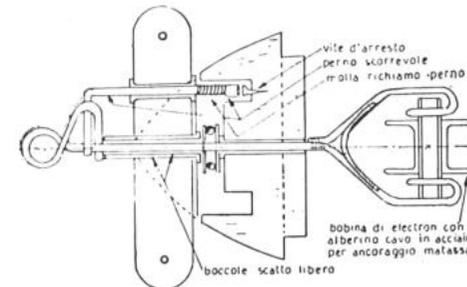


FIG 96 - ELICA RIBALTABILE CON SCATTO LIBERO

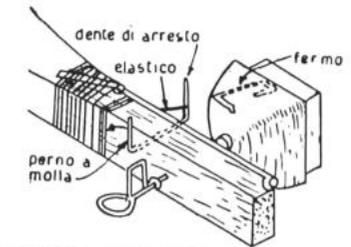


FIG 97 - ALTRO TIPO DI ELICA RIBALTABILE CON SCATTO LIBERO

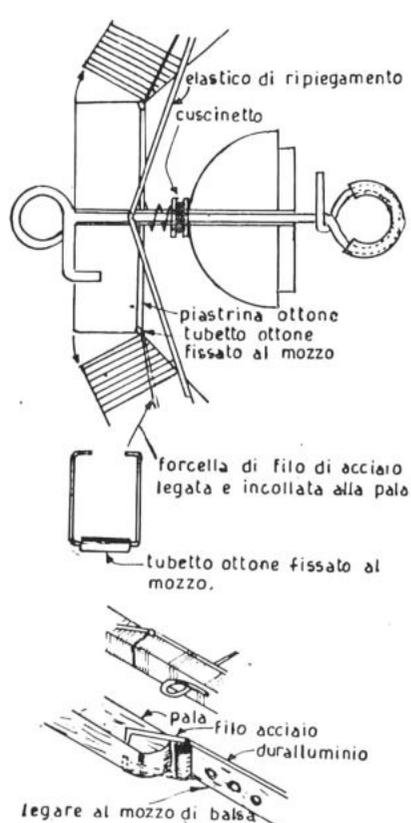


FIG. 98-ELICA A PALE RIPIEGABILI CON SNODI IN FILO D'ACCIAIO

quamente le cerniere in due sensi. Viene così compensata l'inclinazione delle pale, che vengono a ripiegarsi parallele, con il mozzo in posizione orizzontale, mentre con le cerniere diritte, perché le pale possano risultare parallele, il mozzo si deve fermare in posizione inclinata, e, se la fusoliera è sottile, le pale sporgono una sopra e l'altra sotto di essa (vedi fig. 99), variandone la superficie laterale e aumentando la resistenza, senza contare che la pala più bassa tende ad aprirsi, se l'elastico di ripiegamento è un po' debole.

L'angolo esatto di inclinazione delle cerniere può essere determinato per tentativi, facendo aderire le pale alla fusoliera prima di costruire il mozzo. Comunque, in linea di massima, deve essere uguale nei due sensi, e pari all'angolo di inclinazione delle pale nel loro punto di maggiore larghezza.



FIG. 99-DISPOSIZIONE DELLE CERNIERE

tile di ottone, legata ed incollata, alle cui estremità si saldano i tubetti. Oppure si può usare una piastrina di dural da 0,8-1 mm., le cui estremità arrotolate sostituiscono i tubetti (vedi figura).

Questo tipo di cerniera si presta anche per un espediente utile per far aderire meglio le pale alla fusoliera, espediente consistente nel piegare obli-

Un altro sistema che offre notevoli vantaggi di semplicità, robustezza e rendimento aerodinamico, e che viene usato particolarmente quando si vogliono far ribaltare le pale distanti dalla fusoliera, secondo quanto detto all'inizio del capitolo, consiste nel realizzare tutto il mozzo in filo d'acciaio, di cui in fig. 100 presentiamo due varianti. Come si vede, l'asse dell'elica con gancio di caricamento e il mozzo con supporti per le pale sono realizzati con due pezzi di filo d'acciaio, sagomati in modo da avere un tratto di sovrapposizione, lungo il quale vengono fissati stabilmente, mediante legature in filo di rame o acciaio capillare e saldature a stagno.

Le pale vengono fissate al mozzo con due rondelle saldate; oppure, se si vuole avere la possibilità di cambiarle rapidamente, si può far filettare l'estremità del filo d'acciaio, e sostituire la rondella esterna con un doppio dado. Su modelli più piccoli la pala può essere fermata semplicemente con un pezzo di tubetto di plastica, infilato a forzare sul filo di acciaio.

E' interessante notare che, con questo sistema, si ha la possibilità, torcendo il mozzo, di variare a terra il passo delle pale. Non è facile però avere una regolazione graduale, anche per l'elasticità del filo d'acciaio, e assicurare l'uguaglianza delle due pale. Pertanto occorre munirsi di un dispositivo per controllare il passo, che può essere semplicemente costituito da un triangolo di cartone, con segnate le varie misure del passo per i differenti angoli, da appoggiare al ventre delle pale e traguardare, prendendo come riferimento l'asse della vista in pianta della fusoliera.

Giacché siamo in argomento, presentiamo in fig. 101 un dispositivo più efficiente di passo variabile a terra: i piedi delle pale sono rinforzati con un perno cilindrico di legno duro, raccordato alla pala nella parte superiore, che può ruotare dentro un manicotto di lamierino di alluminio, venendo bloccato mediante un bulloncino. L'estremità inferiore del manicotto viene aperta, in modo da formare due guancette forate, che

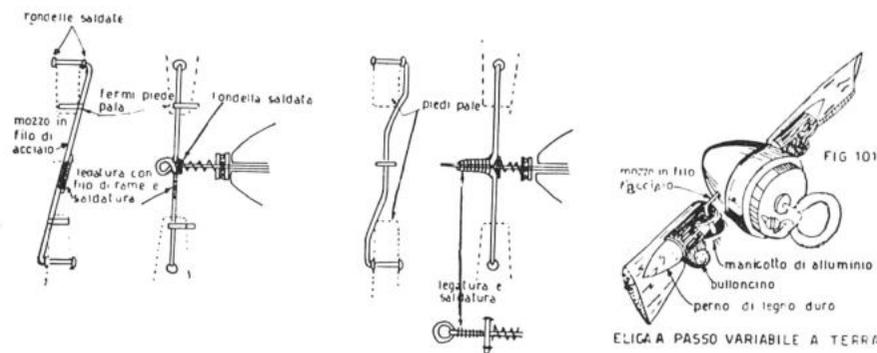


FIG. 100- MOZZI IN FILO D'ACCIAIO

ELICA A PASSO VARIABILE A TERRA

si incernierano nel mozzo in filo d'acciaio, che è coperto da un'ogiva tornita.

Poiché abbiamo accennato all'ogiva, ricorderemo che questo accessorio è abbastanza usato dagli elasticisti, per dare una linea più aerodinamica al muso della fusoliera. In alcuni casi, come in quello illustrato in fig. 96, essa è semplicemente costituita da due blocchetti di balsa sovrapposti ai lati del mozzo e sagomati in opera, in modo da lasciare scoperto il gancio di caricamento. In altri casi, come quando si usa il caricamento posteriore o il gancio separato interno, che vedremo fra poco, essa viene ricavata da tornitura, ed occorre usare legno duro, dovendo sopportare ogni urto frontale. Se l'ogiva è di notevoli dimensioni, il tappo può essere ridotto ad una semplice tavoletta con supporto di incastro posteriore.

In fig. 102 vediamo un'altro interessante gruppo propulsore, che permette di cambiare rapidamente tutta l'elica, compreso il mozzo, allo scopo di poter usare in gara diverse eliche, a seconda delle condizioni atmosferiche. L'asse è ricavato da acciaio da 2,5 mm. di diametro, e, dato il suo notevole diametro, evita ogni possibilità di piegamento a causa di urti frontali. La sua estremità anteriore è filettata, e vi si avvita un apposito dado cieco, che porta incorporata una forcilla di filo d'acciaio, le cui estremità, quando l'asse è sotto tiro della matassa, si impegnano nei fori praticati nel mozzo dell'elica; mentre si sganciano facilmente spingendo in avanti tutto l'asse, permettendo lo svitamento del dado e la sostituzione dell'elica. L'asse è stato ricavato da acciaio dolce, temperato dopo la lavorazione, non essendo possibile ricavare il gancio della matassa e la filettatura su acciaio armonico di tale diametro. Il mozzetto è di balsa, con piastra posteriore di alluminio da 3 mm., nella quale sono ricavati i fori per l'incernieramento delle forcelle di acciaio fissate alle pale. Il caricamento viene effettuato mediante uno speciale gancio doppio,

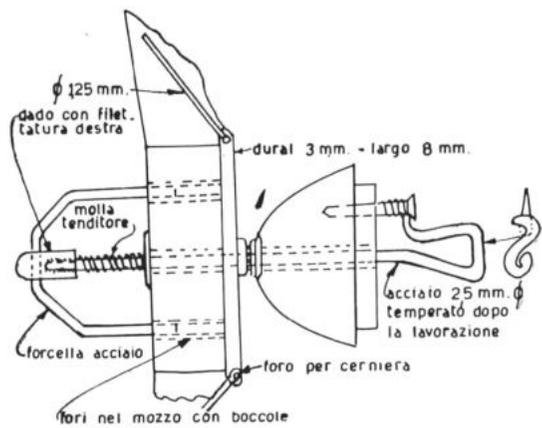


FIG 102 - ELICA RIBALTABILE INTERCAMBIABILE

da fissare al trapano. Da notare che, in questo gruppo, la molla del tenditore è posta avanti all'elica, anziché posteriormente, la qual cosa non ne modifica affatto il funzionamento.

Passiamo ora alle eliche monopala, delle quali abbiamo già parlato in precedenza, sottolineando-

ne pregi e difetti teorici. Vogliamo ora rilevare un altro svantaggio pratico, che spesso non viene preso in esame, ma che si può considerare senz'altro abbastanza grave: se un modello con elica monopala urta accidentalmente contro il suolo durante la scarica, nella maggior parte dei casi la pala salta via e il contrappeso, girando a folle velocità, con vibrazioni fortissime, fa letteralmente smontare il modello, riducendolo completamente fuori uso. Ciò accade in misura molto minore con l'elica bipala, in quanto, anche se si rompe una pala, la matassa rimane ancora frenata dalla resistenza aerodinamica di quella superstite, e si scarica molto più lentamente. Ecco un altro motivo per adottare l'elica monopala solo su modelli piccoli e con poca potenza, nei quali è più difficile si verifichi l'impatto al suolo sotto scarica.

### Le eliche monopala

Il motivo delle vibrazioni è semplice: se il contrappeso può equilibrare perfettamente l'elica dal punto di vista statico, non è certo in grado di compensare lo squilibrio aerodinamico, dovuto al fatto che la trazione, anziché sull'asse dell'elica, risulta applicata nel centro di pressione della pala, che si trova circa a due terzi del raggio, verso l'esterno, e quindi in un punto variabile lungo la circonferenza da esso descritta. Per ovviare in parte a questo inconveniente, si cerca di disporre il contrappeso un po' piegato all'indietro, in modo che la forza centrifuga da esso creata faccia nascere, rispetto al piano di rotazione della pala, un momento che contrasta con quello aerodinamico. Pertanto in fase sperimentale si cerca, piegando avanti o indietro il braccio del contrappeso, e variandone leggermente il peso (a volte è conveniente che esso risulti un po' più leggero della pala), di trovare la condizione che consente minori vibrazioni. La lunghezza del braccio del contrappeso varia da metà

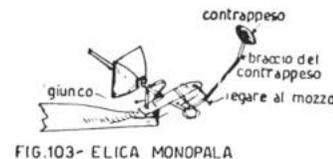


FIG.103- ELICA MONOPALA

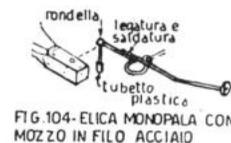


FIG.104- ELICA MONOPALA CON MOZZO IN FILO ACCIAIO

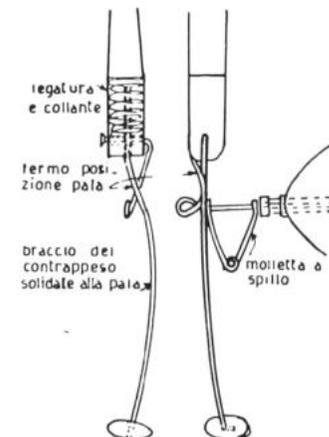


FIG.105- ELICA MONOPALA CON CONTRAPPESO RIPIEGABILE IN AVANTI

a due terzi del raggio dell'elica, ma non mancano esempi di bracci più corti, che, anche se aumentano il peso del contrappeso, consentono maggiore rigidità.

Passiamo ora agli schemi pratici. In fig. 103 vediamo un tipo classico: la pala è incernierata da un mozzetto del tipo già visto in fig. 95 (naturalmente chiuso e rastremato dalla parte opposta); il perno è costituito da un tondino di giunco (sufficiente per piccoli modelli), che va a forzare nelle guancette di compensato, e scorre liberamente nel piede della pala (o viceversa). Il braccio del contrappeso è costituito dal prolungamento dell'asse dell'elica, e viene legato ed incollato al mozzo. Il contrappeso è costituito da una pallina di piombo, che è opportuno sagomare a forma lenticolare, per diminuirne la resistenza alla rotazione e all'avanzamento, e che viene saldato al braccio, la cui estremità viene piegata ad angolo retto, per evitare che, sotto l'azione della forza centrifuga, il contrappeso possa dissaldarsi e sfilarsi.

In fig. 104 vediamo un altro tipo di monopala, con supporto della pala costituito dal prolungamento dell'asse dell'elica, cui viene legato e saldato il braccio del contrappeso. Un'interessante variante di questo schema è illustrata in fig. 105: il braccio del contrappeso è solidale con la pala (cui viene fissato inserendone l'estremità piegata ad angolo, e mediante legatura e incollatura), per cui, quando questa si ribalta, il contrappeso si piega in avanti, lasciando praticamente invariata la posizione del baricentro, ed evitando così gli inconvenienti di cui parleremo nel successivo capitolo dedicato al centraggio. Inoltre in tal modo l'elica si ribalta bene in tutte le posizioni, essendo in equilibrio quasi indifferente (non proprio, data la distanza fra asse di ripiegamento e asse dell'elica), e si può anche fare a meno del tenditore.

Un vantaggio di questo schema è che si può variare facilmente il passo della pala, storcendone il supporto, senza doversi curare della simmetria, come nel caso dell'elica bipala. Aggiungeremo anzi che, anche nel caso di fig. 103, si può variare il passo della pala semplicemente piegando leggermente l'asse dell'elica in corrispondenza del cuscinetto. Tale

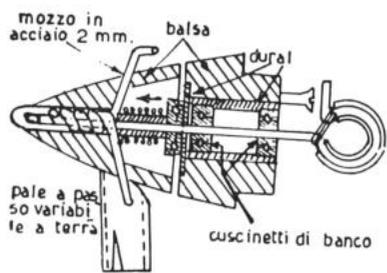
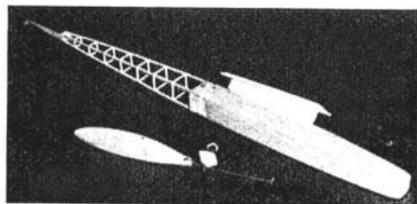


FIG.106-GRUPPO PROPULSORE CON CUSCINETTI DI BANCO NEL TAPPO.



La fusoliera di un modello Coupe d'Hiver, ricoperta in balsa nella parte che contiene la matassa, e munita di pinna. L'elica è monopala con contrappeso ripiegabile, del tipo illustrato in fig. 105.

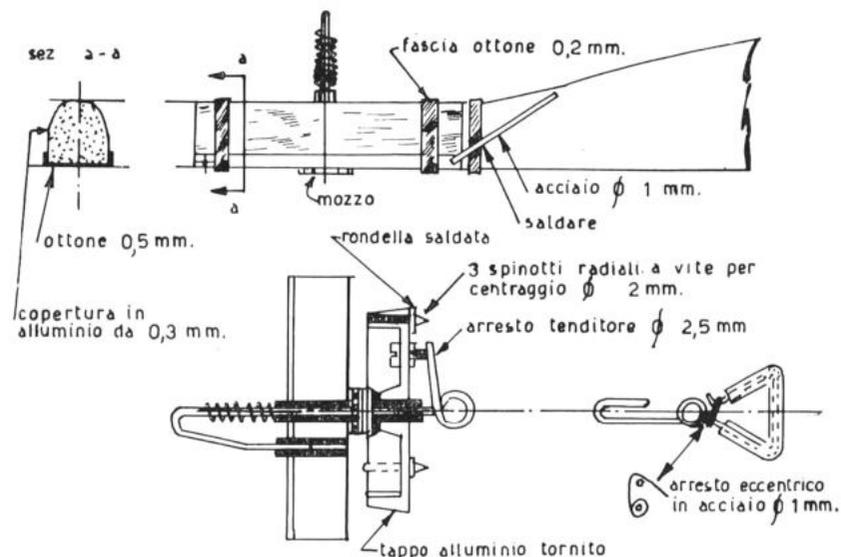


FIG.107-GRUPPO PROPULSORE CON TAPPO AD INCIDENZA REGOLABILE E GANCIO PER CARICA SEPARATA DELLA MATASSA

sistema è però poco consigliabile, perché può aumentare le vibrazioni. Infine rileveremo che l'elica monopala non viene mai realizzata a scatto libero, perché potrebbe provocare vibrazioni anche in planata.

Illustriamo ora alcuni perfezionamenti che si possono notare sui modelli più elaborati. In fig. 106 vediamo un gruppo propulsore, nel quale l'asse dell'elica scorre entro due cuscinetti di banco inseriti nel tappo, in modo da ridurre l'attrito rispetto alla consueta bronzina, e sfruttare quindi meglio l'energia della matassa. Il mozzo dell'elica è del tipo illustrato in fig. 101, con regolazione del passo a terra.

In fig. 107 vediamo un complesso con tappo tornito in lega di alluminio, munito di tre spinotti a vite regolabili, che si inseriscono in fori praticati nella prima ordinata della fusoliera, anch'essa di alluminio. Una rondella saldata limita la penetrazione degli spinotti nell'ordinata, in modo che, avvitando o svitando, si può ottenere la regolazione graduale dell'incidenza dell'asse dell'elica. Anche l'arresto del tenditore è costituito da un bulloncino, che può scorrere in un'apposita traccia ricavata nel tappo, allo scopo di ricercare la migliore posizione delle pale in assetto di planata.

La matassa è unita all'elica mediante un gancio che, oltre a realizzare uno snodo cardanico assai utile ad eliminare le vibrazioni in caso di forte disassamento dell'elica, permette anche di caricare la matassa senza

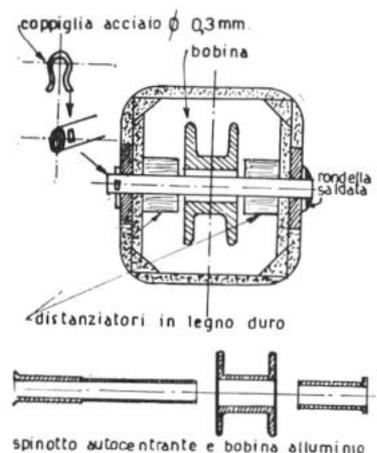


FIG.108 -SUPPORTO POSTERIORE CON BOBINA



Un'elica a passo variabile a terra, del tipo illustrato in fig. 101.

elica, in modo da evitarne il danneggiamento in caso di rottura della matassa. Il mozzo è del tipo con piastrina posteriore metallica e cerniere a forcilla.

### Il supporto della matassa

Per finire, due parole sul supporto posteriore della matassa. In fig. 34, nel capitolo settimo, abbiamo illustrato il tipo più semplice e comune. Spesso però si preferisce montare anche l'estremità posteriore della matassa su una bobina, che, oltre a consentire un suo migliore appoggio ed allineamento, risulta comoda anche per tenerla pronta per l'installazione. La bobina viene poi inserita sul solito spinotto di dural. Per assicurare che essa si mantenga al centro della fusoliera, è opportuno mettere due distanziatori cilindrici in legno duro, oppure usare uno spinotto autocentrante in due pezzi (fig. 108). In ogni caso è opportuno evitare la possibilità che lo spinotto abbia a sfilarsi, mediante una slabbratura o una rondella saldata (se lo spinotto è di acciaio o ottone) da una parte, e<sup>1</sup> una coppiglia dalla parte opposta.

Per introdurre la matassa nella fusoliera, dato che generalmente essa è più corta della distanza fra i ganci, anche se del tipo a treccia, si ricorre ad uno spago munito di piombino, legato ad una estremità, che si introduce dalla parte anteriore della fusoliera (o talvolta da quella posteriore) facendolo scorrere finché non esce dalla parte opposta. Si continua a tirare lo spago, finché la matassa non entra interamente nella fusoliera, e si arriva a farne uscire un'estremità, che viene afferrata con le dita, in modo da poter sciogliere e sfilare lo spago. Si introduce quindi lo spinotto posteriore, oppure si aggancia il gancio anteriore, e la matassa è a posto.

PARTE QUARTA

# ***IL VOLO***

## ***Il centraggio***

I modelli ad elastico costituiscono una delle categorie più facili da centrare, ma forse la più difficile da centrare bene. Tale apparente contraddizione si spiega facilmente, nel senso che la possibilità di graduare sia la potenza che la durata della scarica, variando il numero di giri di carica, facilita il centraggio, permettendo di ottenere senza difficoltà voli regolari, quali si richiedono da un semplice modello da allenamento, nel quale generalmente non si arriva nemmeno a caricare al massimo la matassa, e si preferisce mantenersi su un limite dell'80% della carica massima, che consente di usare la matassa per numerosi lanci.

Se però dai modelli da allenamento si passa a quelli da gara, il discorso cambia notevolmente, in quanto la variabilità della potenza, caratteristica della matassa elastica, rende assai difficile raggiungere la condizione di massima efficienza, dato che il centraggio migliore alla potenza massima può non essere adatto per la parte residua della scarica (vedere quanto detto nel capitolo quinto a proposito del rendimento dell'elica).

Pertanto il centraggio di un modello ad elastico da gara deve essere lungo ed accurato, fatto di piccole correzioni alle incidenze, al calettamento dell'asse dell'elica, spostamenti del baricentro, modifiche alle caratteristiche dell'elica, ecc. Le prove devono essere effettuate in aria calma, cioè la mattina all'alba o la sera al tramonto, quando non vi sono termiche né vento, ed ogni volo deve essere accuratamente cronometrato. Per ogni modifica occorre fare tre o quattro prove, in modo da fare la media dei risultati ottenuti, e rendersi conto se la modifica ha portato un beneficio o un peggioramento delle doti di volo. Solo in questo modo si riesce a far esprimere ad un modello ad elastico il suo pieno rendimento.

La prima fase riguarda necessariamente il centraggio in planata, del quale abbiamo già parlato su « Elementi di aeromodellismo ». Ora però ci ritorneremo sopra per vedere come si possa, fra diversi possibili cen-

traggi, ottenere quello più rispondente alle caratteristiche di un modello da gara.

Rileggendo quanto detto nel primo capitolo di « Elementi di aeromodellismo », a proposito del volo planato, ricorderemo che l'angolo di planata dipende dalla efficienza del modello, cioè dal rapporto fra la portanza e la resistenza totale, ed è indipendente dal carico alare, cioè dalla velocità sulla traiettoria. Quindi la planata più lunga si ottiene con il centraggio in base al quale l'ala viaggia ad un angolo di attacco tale da determinare il più elevato rapporto  $C_p/C_r$  (vedi fig. 23 su « Elementi di aeromodellismo »).

### La minima velocità di discesa

Ma questo centraggio, che può essere valido per un modello radiocomandato, per il quale è opportuna una planata lunga e veloce, non lo è altrettanto su un modello da durata, per il quale non interessa la distanza percorsa, ma la massima durata di volo. Pertanto quello che interessa è ridurre al minimo la velocità di discesa  $V_y$ , che si ottiene, come noto, dividendo la velocità sulla traiettoria per l'efficienza.

Quindi, se è utile che l'efficienza sia elevata, dobbiamo anche preoccuparci che la velocità sulla traiettoria risulti bassa. Come dicemmo nel precedente volume, la minima velocità di discesa si ottiene con l'assetto per il quale risulta massimo il valore di  $C_p^3/C_r^2$ , assetto che corrisponde ad un angolo di incidenza intermedio fra quello di massima efficienza (cioè planata più lunga) e quello di massima portanza (cioè velocità minima), che è al limite della caduta di portanza, e quindi dello *stallo*. In fig. 109 vediamo le traiettorie che percorre il modello con i tre assetti citati. La differenza della durata di volo, con i due diversi tipi di centraggio, può essere anche notevole.

Purtroppo, mentre il centraggio di efficienza massima può essere stimato abbastanza esattamente ad occhio, osservando la traiettoria percorsa dal modello, per quello di minima velocità di discesa bisogna affidarsi al cronometro. In pratica molti seguono un sistema abbastanza semplice: considerando che generalmente nei modelli l'assetto di minima velocità di discesa è assai vicino al limite di stallo, essi, una

volta raggiunto un primo centraggio approssimativo, cominciano ad aumentare leggermente l'incidenza dell'ala o a diminuire quella del piano orizzontale (alzandone il bordo di

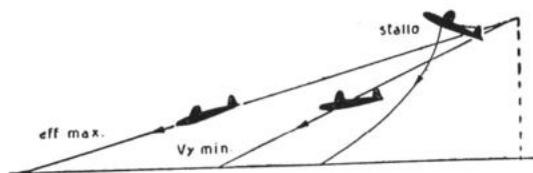


FIG. 109-ASSETTI DI PLANATA

uscita), mediante piccoli spessori di pochi decimi per volta. Man mano il modello viaggia in assetto sempre più seduto, finché ad un certo punto si ottiene lo stallo e conseguenti scampanate. Allora si toglie l'ultimo spessore, ed il centraggio è a posto.

Tale sistema però è alquanto approssimativo, perché può essere che in alcuni modelli, dotati di profili adatti per il basso Numero di Reynolds, oppure muniti di dispositivi turbolatori, la caduta di portanza, cioè lo stallo, si verifichi ad un'incidenza abbastanza elevata, e quindi distante da quella di minima velocità di discesa. Pertanto occorre cronometrare i voli, facendo la media di diverse prove, finché non si ottiene la massima durata.

Ovviamente i lanci a mano o da un piccolo pendio non sono sufficienti, se non per la prima fase del centraggio, tanto più che il modello ad elastico, essendo di dimensioni minori di un veleggiatore, ed avendo una maggiore resistenza passiva, ha una planata molto più corta. Pertanto il centraggio in planata deve essere ottenuto con lanci ad un quarto di carica per una fase intermedia, e a metà carica per la ricerca dell'assetto migliore.

Per evitare però che il modello possa assumere assetti pericolosi, è bene fin dal primo lancio calettare l'asse dell'elica di circa  $3^\circ$  verso il basso e  $1,5-2^\circ$  verso destra, se si usa una normale elica destrorsa (vedi capitolo secondo). Vediamo i motivi di questo accorgimento.

### L'equilibrio in salita

Nel primo capitolo abbiamo illustrato quali sono le condizioni di equilibrio nel volo a motore, ed abbiamo detto che l'eccedenza di potenza, rispetto a quella necessaria per il volo orizzontale, determina una traiettoria in salita. Infatti il modello lanciato orizzontale, con potenza esuberante, aumenta di velocità, e quindi tende a cabrare. Con l'aumento dell'angolo di salita la velocità ovviamente diminuisce, e, se il modello è centrato, si raggiunge la posizione di equilibrio già illustrata, all'inizio di questo volume, in fig. 3, in cui si hanno le condizioni:

$$P = Q \cos \theta$$

$$T = Q \sin \theta + R$$

Abbiamo detto « se il modello è centrato », perché se le suddette condizioni non si verificano, manca lo stato di equilibrio. Esaminiamo la prima condizione: essa ci dice che la portanza  $P$  deve essere minore del peso  $Q$ , cioè minore del valore che essa ha nel volo orizzontale, in misura tanto più forte quanto più elevato è l'angolo di salita.

Ciò sembrerà strano, perché a prima vista si potrebbe ritenere che la salita fosse dovuta ad un eccesso di portanza sul peso; invece

è il contrario: la salita è dovuta all'eccesso della trazione, o meglio della sua componente diretta verso l'alto, cioè quel  $Q \sin \theta$ . La portanza invece deve ridursi, perchè altrimenti l'angolo di salita tenderebbe a crescere oltre quello determinato dalla trazione nella condizione di equilibrio, finché il modello finirebbe per entrare in stallo, o *perdita di velocità*, e cadere di coda, con quegli sfarfallamenti caratteristici dei modelli ad elastico mal centrati, dai quali stentano assai a rimettersi, perdendo molta quota, e rischiando spesso di terminare il volo prematuramente.

Se poi la trazione fosse molto forte, tale cioè da consentire la salita del modello lungo una traiettoria quasi verticale, la portanza, per mantenere l'equilibrio lungo tale traiettoria, dovrebbe quasi annullarsi, altrimenti il modello supererebbe la verticale e si rovescerebbe in un looping. Tale inconveniente però, assai comune nei motomodelli, è più raro nei modelli ad elastico, in quanto una trazione tale da consentire l'effettuazione di un looping si ha solo in modelli a forte potenza nella fase iniziale della scarica, e può essere ovviato abbastanza facilmente, come vedremo fra poco.

Ritorniamo alla portanza. La sua riduzione si può ottenere o diminuendo la velocità, con una salita in assetto molto cabrato, quasi al limite dello stallo (che teoricamente è la più efficiente, perchè viene dispersa minore energia per vincere la resistenza all'avanzamento, ma che è anche la più critica); oppure con una riduzione dell'angolo di attacco dell'ala rispetto alla traiettoria di volo, e quindi del coefficiente di portanza. In pratica ambedue queste possibilità vengono automaticamente sfruttate quando si centra il modello in salita.

Per ottenere la riduzione dell'angolo di attacco dell'ala, cioè per far sì che il modello viaggi, lungo la traiettoria di salita, in assetto leggermente picchiato, ci si può valere di due possibilità: l'azione del piano di coda portante, ed il calettamento verso il basso dell'asse dell'elica (*negativa*).

### Il piano di coda portante

Sofferamoci sulla prima. Nella fig. 3 abbiamo considerato la sola portanza dell'ala, applicata in corrispondenza del baricentro. In effetti ciò è esatto se il piano di coda è neutro, mentre sappiamo che nei modelli ad elastico esso è portante (vedi « Elementi di aeromodellismo » pag. 30), cioè ha un profilo piano o concavo convesso. Pertanto il baricentro è spostato indietro rispetto al centro di pressione dell'ala, e può andare dal 50% della corda alare fino al 100% (ed in casi estremi anche oltre). Quanto più il baricentro è arretrato, tanto più portante deve essere il piano di coda (cioè con profilo quasi uguale a quello dell'ala, e calettato

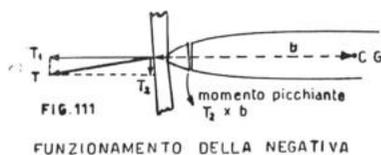
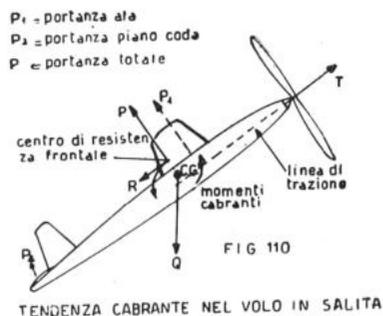
con diedro longitudinale ridotto), e tanto meglio esso contrasta la tendenza allo stallo ed al looping, perchè per ogni aumento di velocità e di angolo di attacco rispetto alla traiettoria, la portanza del piano di coda aumenta in proporzione maggiore di quella dell'ala, creando un momento picchiante stabilizzante. Inoltre, quanto più è arretrato il baricentro, tanto minore risulta la velocità di discesa in planata, per il contributo dato dalla portanza del piano di coda al sostentamento del modello.

Da quanto detto sembrerebbe conveniente arretrare al massimo il baricentro. Ma, come sempre, c'è un rovescio della medaglia, in quanto il piano di coda portante, se corregge bene la cabrata, in effetti diminuisce la stabilità del modello, ed in particolare reagisce male contro le picchiate (provocate ad esempio da vuoti d'aria o turbolenze), e si arriva ad un punto in cui la stabilità si trasforma in instabilità, ed il piano di coda troppo portante accentua anziché correggere ogni picchiata, con le conseguenze che è facile immaginare.

Di conseguenza il baricentro troppo arretrato ostacola anche il raggiungimento dell'assetto di minima velocità di discesa, di cui abbiamo parlato in precedenza, in quanto la sua vicinanza allo stallo lo rende pericoloso su modelli con un esiguo margine di stabilità. Ecco quindi la convenienza di non avere centraggi troppo critici, come pure di non ridurre eccessivamente la superficie del piano di quota. Eventualmente un modello centrato al limite in aria calma, può essere adatto a condizioni ventose picchiandolo leggermente.

Pertanto, nel centraggio di qualsiasi modello, occorre porre la massima cura nel piazzamento del baricentro e relativa sistemazione delle incidenze. Se si ha a che fare con un modello già sperimentato, sul disegno del quale è indicata la posizione del baricentro, conviene portarlo subito nella posizione indicata, aggiungendo zavorra; sistemare l'ala al suo posto, se spostabile, e quindi centrare il modello agendo sull'incidenza del piano orizzontale o dell'ala, o di ambedue, cercando di avvicinarsi ai valori che siano eventualmente indicati nel disegno.

Se invece si deve centrare un modello di progetto personale, si tenga conto che in aria calma il miglior rendimento si ottiene con baricentro arretrato (ma per i principianti è meglio non superare l'80%), mentre col vento è opportuno rimanere intorno al 60%, perchè così il modello, anziché perdere quota ad ogni raffica, tende a salire. Quindi conviene fissare una posizione provvisoria del baricentro, a seconda delle caratteristiche del modello, da aria calma o da vento (vedi capitolo sesto), sistemare l'ala con 3-4° di incidenza rispetto all'asse della fusoliera, e raggiungere il centraggio in planata agendo sull'incidenza del piano orizzontale (da diminuire se il modello è picchiato e aumentare se è cabrato). Tale centraggio potrà poi essere modificato, se necessario, durante la messa a punto del volo a motore.



### La negativa

Parlato dell'azione del piano di coda portante, soffermiamoci ora sulla negativa. Prima dobbiamo però illustrare un altro concetto, con un'ulteriore precisazione all'impostazione, un po' semplicistica, delle condizioni di equilibrio nel volo in salita illustrate in fig. 3. Infatti abbiamo supposto che sia la trazione che la resistenza fossero applicate nel baricentro, cosa che, in realtà, non è nei normali modelli con ala alta, nei quali sia il baricentro, sia, ed in maggior misura, il *centro di resistenza frontale*, risultano più in alto della linea di trazione, se l'asse dell'elica è calettato a  $0^\circ$ . Pertanto si hanno,

rispetto al baricentro, due momenti cabranti, creati dalla trazione e dalla resistenza (fig. 110).

Per annullare il primo, basterebbe una lieve inclinazione verso il basso dell'asse dell'elica, in modo che il suo prolungamento andasse a passare per il baricentro. Quanto al momento creato dalla resistenza, esso ha luogo anche in planata, e in pratica viene automaticamente corretto nel centraggio, disponendo il baricentro leggermente avanzato, rispetto al punto di applicazione della risultante delle portanze dell'ala e del piano orizzontale. Però in salita, specie nella fase iniziale, la velocità sulla traiettoria può risultare superiore a quella di planata, incrementando l'entità del momento cabrante, per cui è necessaria un'ulteriore inclinazione dell'asse dell'elica verso il basso, per creare un momento picchiante di pari entità. Inoltre l'azione della negativa può essere necessaria per integrare quella del piano di coda portante, qualora essa non sia sufficiente per abbassare l'angolo di attacco dell'ala al valore necessario per avere la predetta condizione di equilibrio. Pertanto l'angolo di negativa necessario per centrare il modello è tanto maggiore quanto più forte è il diedro longitudinale e più avanzato il baricentro.

Il funzionamento della negativa è illustrato in fig. 111. Si vede che essa scinde la trazione dell'elica in due componenti, di cui la  $T_1$  è quella utile per l'avanzamento del modello; mentre la  $T_2$ , diretta verso il basso, crea il voluto momento picchiante, la cui entità è tanto maggiore quanto più lungo è il braccio, cioè la distanza fra elica e baricentro del modello.

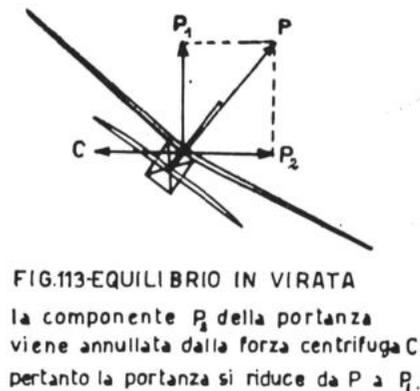
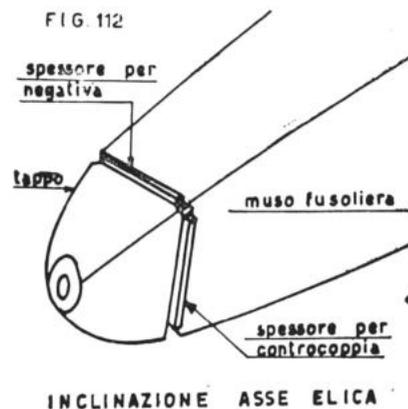
Alcuni aeromodellisti sono contrari alla negativa, perché ritengono

che con essa si sprechi potenza. In effetti la perdita è minima: l'1 per mille per  $2^\circ$  (che è un valore normale) e il 4 per mille per  $5^\circ$  (che è un valore estremo nei modelli ad elastico). Semmai la perdita, piuttosto che per ragioni trigonometriche, si ha per motivi meccanici, in quanto viene a mancare l'allineamento fra asse dell'elica e matassa, il che aumenta l'attrito contro le pareti laterali della boccia del tappo. Comunque anche tale attrito è trascurabile con  $1-2^\circ$  di negativa, che sono generalmente sufficienti, se si adotta anche la virata in salita, come vedremo fra poco.

Nelle prime fasi del centraggio è meglio però errare per eccesso che per difetto, perché con troppa negativa il modello semplicemente non sale, mentre con troppa poca va in stallo, e può cadere bruscamente al suolo. Ecco perché, in precedenza, abbiamo consigliato un'inclinazione di circa  $3^\circ$ , che si può ottenere in maniera semplicissima interponendo degli spessorini di compensato o legno duro fra il tappo dell'elica e la prima ordinata della fusoliera (naturalmente dalla parte superiore - vedi fig. 112), in misura di circa 0,5 mm. per ogni centimetro di altezza del tappo. Non usare mai spessori di balsa per questa funzione, perché mano si schiacciarebbero sotto l'azione della matassa, variando la regolazione.

### La controcoppia

L'inclinazione verso il basso non è però l'unica correzione da apportare all'asse dell'elica. Dato che il modello non è un corpo immobile, anche se di dimensioni parecchie volte maggiori di quelle dell'elica, la resistenza che questa oppone alla rotazione, cioè la *coppia di reazione*, tende a far ruotare il modello in senso opposto, ossia verso sinistra con le normali eliche destrorse. Per correggere que-



sta tendenza è necessario inclinare l'asse dell'elica verso destra (*controcoppia*), come appunto vi avevamo consigliato di far fin dai primi lanci, mediante l'applicazione di uno spessore sul lato sinistro del tappo (vedi fig. 112). Nel caso di modelli con fusoliera a diamante, è sufficiente un unico spessore sul lato superiore sinistro del tappo, per dare contemporaneamente negativa e controcoppia all'asse dell'elica. Tale condizione però, se risulta comoda per i primi lanci di prova, è invece poco conveniente se, nelle successive fasi di centraggio, occorre differenziare le due correzioni. In tal caso è necessario applicare dei listellini a spessore variabile, bilanciati da un altro spessorino sul lato opposto del tappo, affinché esso poggi bene sulla prima ordinata della fusoliera.

### Il centraggio in virata

Generalmente i modelli ad elastico vengono centrati con salita in spirale, che permette di ridurre l'entità della negativa, in quanto la virata determina di per se una riduzione dell'angolo di incidenza effettiva dell'ala, ed inoltre fa nascere una forza centrifuga diretta verso l'esterno della spirale, che si sottrae in parte alla portanza nell'equilibrio del modello (fig. 113). Quanto al senso della virata, è sempre a destra, perché virare nello stesso senso della coppia di reazione, specie all'inizio della scarica, provocherebbe l'avvitamento del modello.

Pertanto la controcoppia viene quasi sempre data in misura superiore a quella necessaria per correggere la coppia di reazione, in modo da determinare una salita in spirale destra. Però non è consigliabile superare i 2-2,5 gradi, perché altrimenti entra in gioco un'altra forza, cioè l'effetto giroscopico dell'elica (o *precessione*), che produce un momento cabrante nella virata sinistra, e picchiante nella virata destra.

Nei modelli ad elastico questa forza non ha l'importanza che assume nei motomodelli (essendo proporzionale al peso dell'elica e alla sua velocità di rotazione); tuttavia, quando la virata si fa stretta, comincia a farsi sentire, e può anche provocare la caduta del modello in spirale destra. Invece, entro certi limiti, l'effetto giroscopico è utile, in quanto, nella virata destra, permette di ridurre ulteriormente l'incidenza negativa, fino ad eliminarla completamente in taluni casi.

In pratica il centraggio si esegue iniziando con un quarto di giri di carica. Il modello deve salire lentamente, senza impennarsi troppo, e girare un po' largo a destra, perché, man mano che si aumenta la carica, la coppia dell'elica lo spingerà sempre più a sinistra. Se il modello appare centrato, si aumenta gradatamente la carica. Se ad un certo punto si nota che tende ad entrare in perdita, si aumenta la negativa; se tende ad inclinarsi a sinistra, si aumenta la controcoppia; se anche a piena carica tende a salire con la coda sollevata, si diminuisce legger-

mente la negativa; se infine tende a stringere la virata a destra, si diminuisce la controcoppia. Nel contempo, prima di passare ai lanci a piena carica, si cerca di migliorare la planata, secondo quanto detto in precedenza.

Tutte le correzioni devono essere effettuate per gradi, con spessori sottili, perché a volte basta una striscetta di carta per mettere a punto un modello. Quando si è raggiunto il centraggio perfetto, tutti gli spessori devono essere accuratamente incollati, sia per non correre il rischio di dimenticarli nell'orgasmo del lancio, sia perché con le vibrazioni potrebbero sfilarsi, con conseguenze disastrose.

Può succedere che un modello richieda moltissima negativa per essere centrato in salita, e che malgrado ciò tenda ugualmente ad entrare in perdita. Ciò è indice di una posizione troppo avanzata del baricentro, per cui occorre spostare l'ala in avanti, se è possibile, oppure porre del piombo in coda, e quindi ricentrare il modello in planata, diminuendo l'incidenza dell'ala o aumentando quella del piano orizzontale. Correzioni opposte devono essere effettuate se il modello, anche senza negativa, tende a volare orizzontale, alzando sempre più la coda con l'aumento della carica.

Nei modelli da allenamento, ed anche in molti da gara, si usa far virare il modello a destra in planata, mediante una leggera inclinazione della deriva; in tal modo si riduce l'entità della controcoppia necessaria per il centraggio in salita. Inoltre, specie in modelli centrati in planata quasi al limite, una leggera virata è utile per prevenire gli stalli in caso di raffiche. Non bisogna però eccedere, perché una forte virata determina una riduzione della portanza. Per di più, nella spirale in salita, il calettamento della deriva (o di un alettoncino ad essa fissato) viene ad assumere una funzione picchiante.

Occorre anche avvertire che ogni variazione di virata deve essere accompagnata da un ritocco del centraggio in planata. Infatti se in un modello centrato per la minima velocità di discesa, con una determinata virata, questa viene stretta, la velocità di discesa aumenta; se viene allargata, il modello diviene cabrato ed entra in stallo.

Nei modelli da gara, per sfruttare al massimo l'energia dell'elastico, si fanno anche altre considerazioni. Ad esempio si pensa che la negativa necessaria per centrare il modello a piena potenza, diventa eccessiva man mano che la matassa si scarica, e frena la salita del modello. Inoltre i modelli con elica ribaltabile, centrati in planata con le pale ripiegate, sono leggermente picchiati staticamente quando l'elica è aperta, e tale inconveniente si fa sentire agli ultimi giri, facendo perdere quota al modello, specie se non c'è il tenditore a bloccare l'elica.

Per evitare questo spreco di energia, si è pensato di interporre, fra la parte inferiore del tappo dell'elica e la prima ordinata della fusoliera,

uno o due pezzetti di gomma soffice, tipo gomma da cancellare da matita, il cui funzionamento è evidente: all'inizio della carica, quando la trazione della matassa è assai forte, la gomma si schiaccia al massimo, facendo assumere una forte incidenza negativa all'asse dell'elica; man mano che la trazione della matassa diminuisce, la gomma tende a sollevarsi, diminuendo la negativa.

Teoricamente il principio è ottimo; in pratica però non ha riscosso eccessivo credito, e ciò per diverse ragioni. Anzitutto il dispositivo deve essere messo accuratamente a punto, con molte scrupolose prove alle varie percentuali di carica, per far sì che l'elasticità della gomma, il suo spessore, e quindi la sua escursione, risultino tali da assicurare in ogni momento il più favorevole calettamento dell'asse dell'elica; perché altrimenti si rischia, ad esempio, di avere una negativa troppo forte all'inizio della carica, con diminuzione di rendimento, oppure di andare in stallo agli ultimi giri.

In secondo luogo l'efficacia di questo accorgimento varia da modello a modello, a seconda dei profili usati per l'ala ed il piano longitudinale, e del loro calettamento relativo, cioè dell'equilibrio dinamico longitudinale, secondo quanto abbiamo detto in precedenza. Infatti se un modello viene centrato con poca differenza di incidenza fra l'ala ed il piano orizzontale, cioè con il baricentro molto arretrato, il piano di coda esercita un momento picchiante alquanto sensibile, che si accentua con l'aumento della velocità. Può quindi capitare che tale momento picchiante uguagli, all'inizio della scarica, quello cabrante provocato dalla resistenza e dalla portanza, e che il modello non abbia affatto bisogno di incidenza negativa per ottenere l'equilibrio; mentre questa necessità si sente man mano che la scarica si fa meno potente, e quindi diminuisce la velocità. Capita così di vedere talvolta dei modelli, ben centrati per tutta la salita, andare in stallo agli ultimi giri. E' evidente che in questo caso l'installazione del gommino risulterebbe controproducente.

### Rifiniture di centraggio

Pertanto molti elasticisti ritengono più conveniente cercare di raggiungere gli stessi obiettivi mediante il cosiddetto centraggio destra-sinistra, consistente nel centrare il modello in planata con un'ampia virata a sinistra, e farlo salire a destra mediante una forte controcoppia (2,5-3 gradi), cui talvolta arrivano ad associare una leggera incidenza positiva, anziché negativa. In tal modo la salita a destra avviene con sicurezza, perché la deriva disposta a sinistra e la positiva dell'elica esercitano un'azione sostenitrice; mentre, verso la fine della scarica, il modello man mano raddrizza la sua traiettoria, e, venendo a cessare le forze, create dalla virata, che riducono la portanza, può sfruttare l'energia della matassa salendo fino all'ultimo giro d'elica.



Ecco come si lancia un modello ad elastico, col muso leggermente verso l'alto.

Per sostenere ulteriormente il modello nella salita in spirale destra, alcuni aeromodellisti usano svergolare positivamente l'estremità della semiala destra. In tal modo l'aumento di resistenza, alle forti incidenze cui lavora normalmente l'ala di un modello ad elastico, provoca la tendenza a virare a destra; ma crea invece un effetto raddrizzante qualora la virata dovesse stringersi, e quindi l'angolo di attacco dell'ala diminuire, perché in tal caso l'incremento di portanza fornito dalla svergolatura positiva sarebbe maggiore dell'aumento di resistenza.

Nel caso di modelli con elica a scatto libero, bisogna tenere presente che il suo calettamento verso destra provoca una leggera virata a destra anche in planata.

Su alcuni modelli particolarmente elaborati si sono visti anche altri sistemi per raggiungere il centraggio voluto: alettoncini mobili sulla deriva, che al termine della scarica scattano nel senso voluto; piani di coda inclinati (un sistema più seguito nei motomodelli); regolazione della virata in planata ottenuta agendo sull'inclinazione di ripiegamento delle pale (che si comportano così come due derive anteriori). Si tratta però di tutte raffinatezze riservate ad esperti. L'importante, qualsiasi sistema si adotti, è di poter effettuare le dovute correzioni con la gradualità necessaria, e di essere sicuri che, una volta ottenuto il centraggio, nessun elemento possa più spostarsi. Pertanto è assai utile un dispositivo di regolazione micrometrica del calettamento della deriva.

Inoltre, se è vero che le prove per raggiungere il centraggio e la condizione di miglior rendimento di un modello devono essere effettuate in aria calma, successivamente un modello da gara deve essere provato anche in giornate ventose, perché altrimenti non si potrà mai sapere come reagirà alle raffiche. Si pensi in proposito che, se soffia un vento

a 40 chilometri orari (cosa non molto rara), un modello lanciato a mano si trova di colpo a volare con una velocità relativa di pari entità, assai superiore a quella che potrebbe raggiungere con i suoi mezzi. Poi comincerà a indietreggiare nel vento, e la velocità relativa si stabilizzerà intorno a quella normale di volo; ma quel primo spunto potrebbe essere tale da provocare delle impreviste virate, con effetti anche disastrosi.

Generalmente i modelli ad elastico vengono lanciati perfettamente controvento; ma in alcuni casi particolari, di modelli che tendono ad una virata iniziale molto stretta, a sinistra o a destra, può convenire lanciarli con il vento leggermente di fianco, utilizzando la sua componente laterale per correggerne la traiettoria.

### Il ricupero

Una volta lanciato il modello, nasce il problema del ricupero, che, anche con un sicuro dispositivo antitermica, non è completamente risolto, in quanto, se capita una giornata di forte vento, cosa non troppo rara nelle gare, il modello in tre minuti si allontana di un paio di chilometri, che ovviamente non possono essere percorsi nello stesso tempo dal suo proprietario.

In questo caso è bene, se possibile, accordarsi con amici o compagni di squadra per predisporre un reciproco servizio di ricupero, in modo che ci sia sempre qualcuno in fondo al campo ad attendere il modello, di cui verrà segnalata la partenza con una bandiera o altro mezzo analogo. Qualora ciò non fosse possibile, il proprietario si dovrà rassegnare a veder atterrare il modello molto distante da lui, ed in questo caso dovrà cercare di stabilire con la massima precisione possibile il punto di atterraggio; dopo di che prenderà due punti di riferimento (alberi, case, pali telegrafici, ecc.) allineati con il punto di atterraggio, e quindi camminerà diritto, con gli occhi sempre fissi ai punti di riferimento (augurandosi di non trovare qualche ostacolo che lo obblighi a deviare, nel qual caso comunque cercherà sempre di riportarsi sulla direzione iniziale, segnata dai punti di riferimento).

Solo in questo modo si può essere sicuri di andare a finire diritti sul punto in cui si trova il modello, poiché altrimenti basta una diversione di pochi metri perché, specie se c'è l'erba od il grano alti, la ricerca diventi lunga e difficile, in quanto è facile stabilire la direzione, ma non la distanza fra il punto di atterraggio del modello e la posizione del suo proprietario.

Un elemento che in giornate di vento assume un'importanza notevole, sia per facilitare il ricupero, sia per i risultati stessi della gara, è il colore del rivestimento del modello, che influisce sulla sua visibilità. Infatti quante volte i modelli scompaiono alla vista del cronometrista in

distanza, prima che sia scaduto il tempo massimo? Probabilmente sarebbe bastato un rivestimento di colore più adatto, perché il modello rimanesse in vista qualche secondo di più; e, qualche volta, quei pochi secondi persi possono significare la perdita di una gara.

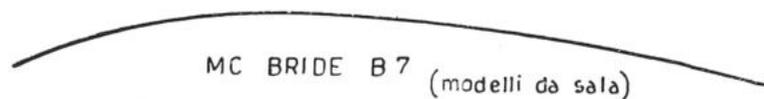
Pertanto sarà bene spendere alcune parole su questo argomento. Il colore che gode di maggiore visibilità sullo sfondo del cielo è il rosso vivo; abbastanza bene vanno anche il nero ed il bleu scuro. Però, se il modello si trova su uno sfondo scuro di alberi od altro, le cose cambiano, e specialmente gli ultimi due colori diventano quasi invisibili. In questo caso sono preferibili i colori chiari: bianco e giallo; quest'ultimo poi è il migliore in caso di nebbia o foschia.

Un altro fattore da tenere presente, nella scelta dei colori, è che le superfici più scure assorbono maggior calore solare, il che è grave, specialmente per le fusoliere dei modelli ad elastico. Pertanto è bene unire due colori, uno chiaro ed uno scuro.

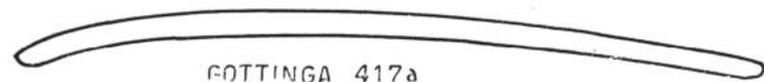
Noteremo anche che, specie in giornate di sole, una superficie brillante risulta più visibile di una opaca, in quanto riflette di più la luce. Ciò consiglierebbe verniciature speculari, che però non sono adatte per modelli molto leggeri, specie per le velature. Nel caso però si usi un'elica a scatto libero, è consigliabile lucidare almeno questa, che ruotando produrrà uno scintillio continuo, che aumenta molto la visibilità del modello.

Abbiamo così esaurito il nostro lavoro, e speriamo che esso risulti utile a molti giovani aeromodellisti, per superare il periodo iniziale e di primo perfezionamento, per cui auguriamo loro di vederli presto da vincitori sui campi di gara.

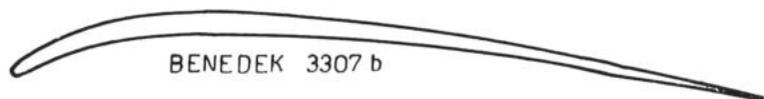
## Tabelle profili



x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	2,35	4,4	6,7	7,8	8,3	7,9	6,9	5,6	3,9	2	0



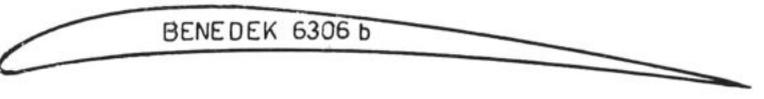
x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	1,45	3,65	4,7	6,3	7,75	8,6	8,5	8,45	7,85	6,9	5,7	4,25	1,45
yi	1,45	0,45	1,55	3,3	4,85	5,7	5,9	5,55	4,95	4	2,8	1,3	1,45



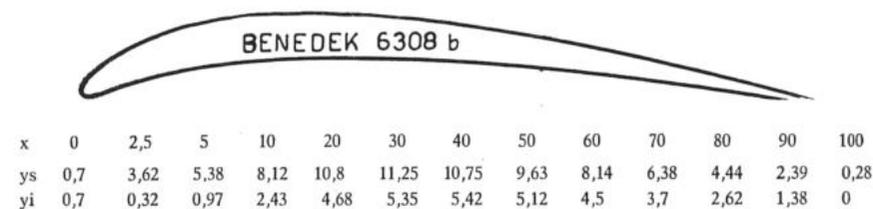
x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,4	2,65	4,15	6,24	8,23	8,63	8,4	7,73	6,67	5,27	3,73	2	0,12
yi	0,4	0,7	1,72	3,48	5,28	5,73	5,65	5,27	4,57	3,59	2,52	1,33	0



x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,7	5,19	7,64	10,2	11,09	10,85	9,92	8,45	6,67	4,65	2,51	0,25
yi	0,7	0,83	2,1	4,7	5,22	5,51	5,29	4,73	3,84	2,75	1,43	0



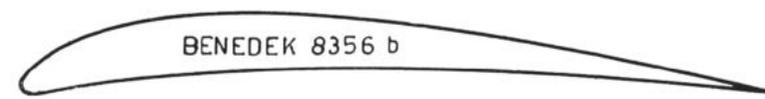
x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,7	3,17	4,77	6,87	8,83	9,24	8,77	7,85	6,57	5,1	3,55	1,93	0,32
yi	0,7	0,15	0,55	1,43	2,76	3,35	3,48	3,27	2,93	2,34	1,7	0,93	0



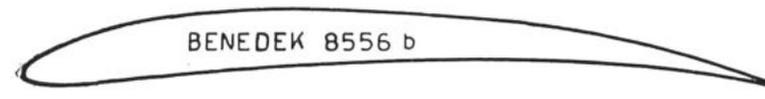
x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,7	3,62	5,38	8,12	10,8	11,25	10,75	9,63	8,14	6,38	4,44	2,39	0,28
yi	0,7	0,32	0,97	2,43	4,68	5,35	5,42	5,12	4,5	3,7	2,62	1,38	0



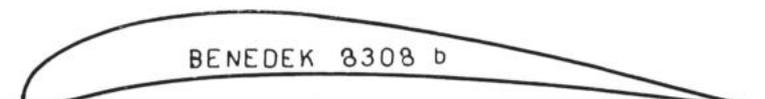
x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	3	4,6	6,7	8,3	8,7	8,4	7,8	6,6	5,3	3,8	2	0,3
yi	0	-0,5	-0,4	0	1,2	1,6	1,8	1,8	1,5	1,2	0,6	0,1	0



x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	1,11	4,15	5,83	8	9,97	10,37	9,91	8,85	7,5	5,9	4,2	2,32	0,33
yi	1,11	0,03	0,05	0,5	1,87	2,7	3,05	2,98	2,67	2,22	1,62	0,89	0



x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	1,4	4	5,3	7	9,15	10,2	10,5	10,2	9,35	8,2	6,4	4	0,6
yi	1,4	0,1	0	0,4	1,5	2,5	3,2	3,75	4	3,9	3,2	2	0



x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,9	4,6	6,63	9,23	11,89	12,2	11,5	10,2	8,55	6,67	4,63	2,54	0,3
yi	0,9	0,1	0,47	1,53	3,72	4,6	4,67	4,33	3,77	3	2,05	1,03	0

GOTTINGA 439

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,8	3,35	4,85	6,8	8,95	9,6	9,4	8,65	7,5	5,95	4,2	2,25	0
yi	0,8	0,05	0,05	0,4	1,2	1,7	2	2,1	1,95	1,6	1,1	0,6	0

GOLDBERG - G. 610 B

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	1	3,7	4	6,7	9	9,8	9,8	9,1	7,7	6,3	4,3	2,3	0
yi	1	0	0,1	0,7	1,5	1,9	2	1,9	1,6	1,2	0,7	0,1	0

S.I. 64009

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	2,6	4,6	7	9,6	10,5	10,5	9,7	8,3	6,7	4,8	2,7	0,2
yi	0	-0,5	-0,6	-0,3	0,6	1,3	1,8	2	2	1,8	1,3	0,6	0

BENEDEK 10357 b

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	1,23	4,75	6,67	9,07	11,68	12,22	12,03	11	9,47	7,55	5,35	2,9	0,27
yi	1,23	0	0,08	0,55	1,69	2,55	2,85	2,7	2,25	1,78	1,2	0,65	0

NACA 4409

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	2,61	3,74	5,37	7,33	8,25	8,35	7,87	7	5,76	4,21	2,3	0
yi	0	-1,37	-1,65	-1,73	-1,3	-0,76	-0,35	-0,07	0,14	0,26	0,26	0,14	0

GOTTINGA 602

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	2,5	4,85	6	7,75	9,45	10	9,80	9,10	8	6,55	4,75	2,55	0
yi	2,5	1,15	0,75	0,40	0	0,40	0,65	1	1,25	1,15	1	0,6	0

EIFFEL 400

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	4,8	7,48	8,77	10,5	12,5	13,1	12,6	11,6	9,9	8	5,8	3,1	0,10
yi	4,8	2,85	2,03	1	0,1	0,1	0,6	1,3	2	2,4	2,2	1,3	0,10

RAF 32

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	3,42	6,52	7,84	9,72	11,92	12,98	13,1	12,46	11,06	9,1	6,56	3,6	0,12
yi	3,42	1,5	0,88	0,3	0	0,3	0,7	1,1	1,46	1,6	1,46	0,92	0

LDC 2

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	2,8	3	4,75	6,35	7,65	8,75	9,45	9,45	8,5	6,4	3,5	0
yi	0	-2	-2,45	-2,7	-2,6	-1,9	-1,2	-0,4	0,2	0,85	1,1	0,9	0

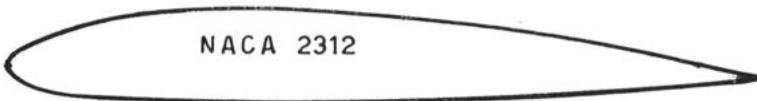
CLARK X

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	4	6,66	7,95	9,68	11,28	11,7	11,4	10,51	9,15	7,35	5,22	2,8	0,1
yi	4	1,48	1,14	0,5	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0



CLARK Y

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	3,6	6,43	7,83	9,56	11,32	11,68	11,37	10,49	9,13	7,34	5,21	2,79	0
yi	3,6	1,42	0,31	0,39	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0



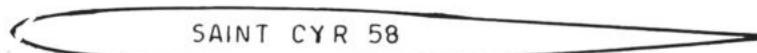
NACA 2312

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	3,11	4,31	5,86	7,64	8	7,77	7,14	6,21	5,02	3,62	2	0
yi	0	-2,16	-2,85	-3,52	-3,94	-4	-3,84	-3,45	-2,92	-2,31	-1,65	-0,91	0



NACA 0006

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0,947	1,307	1,777	2,341	2,869	3	2,902	2,64	2,482	1,832	1,312	0,724	0
yi	0	-1,307	-1,777	-2,341	-2,869	-3	-2,902	-2,64	-2,482	-1,832	-1,312	-0,724	0



SAINT CYR 58

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	1,37	1,76	2,31	3,13	3,5	3,41	3,2	2,83	2,33	1,76	1,09	0
yi	0	-1,37	-1,76	-2,31	-3,13	-3,5	-3,41	-3,2	-2,83	-2,33	-1,76	-1,09	0



NACA 0008

x	0	2,5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ys	0	1,74	2,4	3	3,8	4	4	3,7	3,3	2,7	2	1,15	0,2
yi	0	-1,74	-2,4	-3	-3,8	-4	-4	-3,7	-3,3	-2,7	-2	-1,15	-0,2

## ELENCO DEI SIMBOLI E DELLE ABBREVIAZIONI USATE NEL VOLUME

- A = apertura alare
- a = lunghezza del braccio di leva del piano orizzontale
- C<sub>p</sub> = coefficiente di portanza
- C<sub>r</sub> = coefficiente di resistenza
- C<sub>ro</sub> = coefficiente di resistenza di forma
- C<sub>ri</sub> = coefficiente di resistenza indotta
- C<sub>rt</sub> = coefficiente di resistenza del modello completo
- D = diametro dell'elica
- d = densità dell'aria
- E = P/R = efficienza
- e = energia specifica dell'elastico
- F = forza aerodinamica
- h = spessore del blocco dell'elica
- K = coefficiente inverso di stabilità
- k = coefficiente di carica della gomma
- L = energia, o lavoro, della matassa
- l = larghezza del blocco dell'elica
- L<sub>ft</sub> = lunghezza fuori tutto della fusoliera
- M = peso della matassa
- m = coppia motrice della matassa
- N = numero di giri di carica
- n = numero dei fili della matassa

ns	=	velocità di rotazione dell'elica
N.R.	=	numero di Reynolds
P	=	portanza
p	=	passo dell'elica
Q	=	peso del modello
R	=	resistenza
r	=	raggio di curvatura del naso del profilo
S	=	superficie alare
s	=	spessore del profilo
Sc	=	superficie del piano orizzontale
St	=	superficie totale ala + piano orizzontale
T	=	trazione dell'elica
t	=	durata di volo
V	=	velocità
v	=	coefficiente di viscosità dell'aria
Vs	=	velocità di salita
Vy	=	velocità verticale di discesa
W	=	potenza
x	=	coefficiente di sezione della matassa
$\alpha$	=	rendimento dell'elica
$\beta$	=	angolo di incidenza aerodinamica delle sezioni dell'elica
$\varphi$	=	angolo di calettamento delle pale dell'elica
$\lambda$	=	allungamento
$\theta$	=	angolo di salita

## **INDICE**

<i>Prefazione</i> . . . . .	pag. 7
-----------------------------	--------

### *Parte prima - PRINCIPI GENERALI*

Cap. I - Il volo a motore . . . . .	» 11
Cap. II - L'elica . . . . .	» 14
Cap. III - La matassa . . . . .	» 18

### *Parte seconda - IL PROGETTO*

Cap. IV - Vari tipi di modelli ad elastico . . . . .	» 35
Cap. V - Elementi generali del progetto . . . . .	» 37
Cap. VI - Impostazione del progetto . . . . .	» 55
Il modello Wakefield . . . . .	» 55
Il modello sport . . . . .	» 72
Il modello junior . . . . .	» 77
Il Coupe d'Hiver . . . . .	» 80
Il formula libera . . . . .	» 87

### *Parte terza - LA COSTRUZIONE*

Cap. VII - La fusoliera . . . . .	» 101
Cap. VIII - Le velature . . . . .	» 115
Cap. IX - Il gruppo propulsore . . . . .	» 126

### *Parte quarta - IL VOLO*

Cap. X - Il centraggio . . . . .	» 155
<i>Tabelle profili</i> . . . . .	» 168
<i>Elenco dei simboli</i> . . . . .	» 173

*Finito di stampare*  
*il 27 aprile 1963*  
*nella Tipografia Coppitelli*  
*via Leonina, 78-79 - Roma*

---

*Disegni: Elvio Tosaroni*