

Esercitazione I : Determinazione dei pesi

Il progetto di un nuovo velivolo parte da una stima preliminare dei pesi del velivolo stesso, ovvero dalla determinazione delle diverse aliquote di peso che è lecito attendersi che gli competano. Le aliquote da determinarsi sono le seguenti:

- W_{to} Peso massimo al decollo
- W_E Peso a vuoto
- W_{0E} Peso a vuoto operativo
- W_{pay} Peso del carico pagante
- W_{crew} Peso dell' equipaggio
- W_f Peso del combustibile
- W_{tfo} Peso dei lubrificanti non consumabili

Tra queste sussistono le relazioni:

$$W_{to} = W_{0E} + W_{pay} + W_f$$

$$W_{0E} = W_E + W_{tfo} + W_{crew}$$

Peso dell' equipaggio e del carico pagante

Si assume per ogni persona a bordo il peso di 175 lbs e che questa porti con se un bagaglio di 30 lbs. Dunque prevedendo un equipaggio composto da 2 piloti e un assistente si ottiene:

$$W_{crew} = 3(175 + 30) = 615 lbs$$

In base alla specifica relativa il velivolo deve trasportare 60 passeggeri per cui il peso del carico pagante è:

$$W_{pay} = 60(175 + 30) = 12300 lbs$$

Peso del combustibile

Per determinare il peso del combustibile si segue il “*Fuel Fractions Method*” : dal profilo di missione si individuano 9 fasi e per ciascuna di esse si determina il rapporto tra i pesi finale e iniziale. La produttoria dei termini ottenuti costituisce il rapporto tra il peso a fine missione e quello massimo al decollo, e dunque il suo complemento ad 1 rappresenta il rapporto tra peso del combustibile consumato e peso massimo al decollo. In definitiva il peso del combustibile è noto a meno di un fattore moltiplicativo, che è il peso massimo al decollo. Le fasi individuate sono le seguenti:

- 1) Accensione e riscaldamento
- 2) Taxi
- 3) Decollo

- 4) Salita alla quota di crociera e accelerazione fino alla velocità di crociera
- 5) Crociera
- 6) Attesa
- 7) Discesa
- 8) Deviazione ad aeroporto alternativo
- 9) Atterraggio, taxi e spegnimento

La fase 6 è ovviamente relativa a una circostanza straordinaria e il tenerne conto costituisce un modo per prevedere carburante di riserva. La determinazione delle frazioni è effettuata su base statistica eccetto che per le fasi 5,6 e 8. In letteratura si trovano i valori:

i	1	2	3	4	7	9
W_i/W_{i-1}	0.99	0.99	0.995	0.98	0.99	0.992

Per le fasi 5 e 8 si utilizza la formula di Breguet relativa all' autonomia di percorso per velivoli a getto:

$$R_i = \frac{V_i}{c_{j,i}} E_i \ln \frac{W_{i-1}}{W_i}$$

Per i parametri coinvolti sono stati adoperati i valori:

i	V_i (kts)	R_i (nm)	$c_{j,i}$ (lbs/lbs h)	E_i
5	448	1540	0.6	13
8	220	100	0.6	13

Sono indicati direttamente nelle specifiche il consumo specifico e l' efficienza in crociera, e la distanza e la velocità per la fase 8. La velocità di crociera è assegnata in modo indiretto ma univoco, essendo dati il numero di Mach $M_{cr}=0.76$ e la quota $h_{cr}=30000$ ft. Per la fase 8 sono stati supposti valori dell' efficienza e del consumo specifico identici a quelli di crociera, poiché verosimilmente per entrambe le fasi si ha l' assetto di massima autonomia dei percorso (punto A). La distanza percorsa in crociera è ottenuta correggendo il *Range* $R_{max}=1600$ nm, assegnato come specifica, per la distanza percorsa nella fase di salita. Essendo assegnati il tempo di salita $t_c=15$ min e la quota di crociera si è calcolato il rateo medio di salita:

$$\overline{RC} = \frac{h_{cr}}{t_c} = 2000 \frac{ft}{min}$$

La velocità media lungo la traiettoria è stata calcolata considerando la metà del numero di Mach in crociera e la metà della quota di crociera. In fine si è calcolata la velocità orizzontale e dunque la distanza percorsa in questa direzione.

In definitiva si ottengono i rapporti:

$$\frac{W_5}{W_4} = 0.8532 \quad ; \quad \frac{W_8}{W_7} = 0.9792$$

Per la fase di attesa si è utilizzata la formula di Breguet per l' autonomia oraria del velivolo a getto:

$$En = \frac{1}{c_j} E \ln \frac{W_{iniziale}}{W_{finale}}$$

L' attesa è effettuata all' assetto di massima efficienza (massima autonomia oraria per velivoli a getto) per cui sono stati assunti un consumo inferiore, $c_j=0.5$ lbs/lbs h, e un' efficienza superiore, $E=15$, rispetto alla fase di crociera. Il tempo di attesa è assegnato come specifica $En=25$ min per cui si ottiene:

$$\frac{W_6}{W_5} = 0.9862$$

Il rapporto tra peso del combustibile consumato e peso massimo al decollo è:

$$\frac{W_f}{W_{to}} = 0.2266$$

Peso a vuoto e peso massimo al decollo

Per chiudere il problema si sfruttano le relazioni:

$$\begin{cases} \log_{10} W_{to} = A + B \log_{10} W_E \\ W_E = C W_{to} - D \end{cases}$$

La prima ha base puramente statistica. La seconda è la relazione che intercorre tra i diversi pesi e sfrutta i calcoli effettuati essendo:

$$C = 1 - \frac{W_f}{W_{to}} - \frac{W_{tfo}}{W_{to}} \quad ; \quad D = W_{pay} + W_{crew}$$

Trascurando il peso dei lubrificanti non consumabili ed esprimendo i pesi in libbre i coefficienti assumono i valori:

$$A=0.0833 \quad B=1.0383 \quad C=0.7734 \quad D=12915$$

La soluzione è stata trovata per via grafica come mostrato in Figura 1.1 .

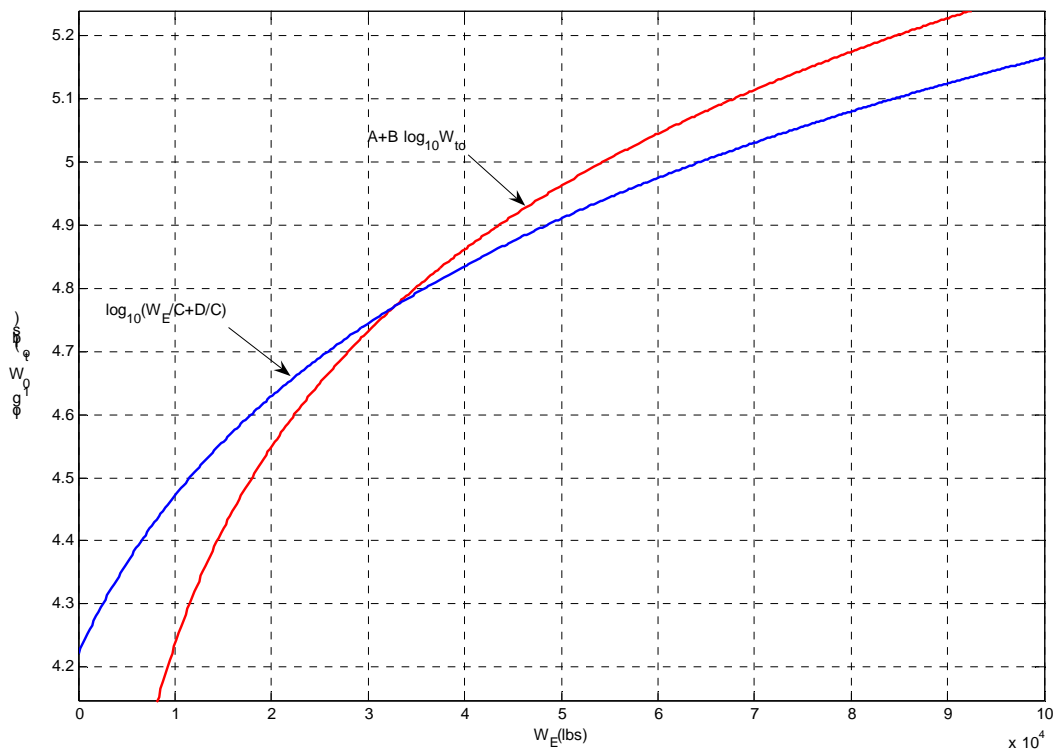


Figura 1.1

I valori trovati sono:

$$W_E = 32690 \text{ lbs}$$

$$W_{to} = 59020 \text{ lbs}$$

Per avere un'idea della capacità di carico del velivolo è utile considerare come il peso massimo al decollo è ripartito nelle tre aliquote di peso a vuoto operativo, peso del combustibile e peso del carico pagante.

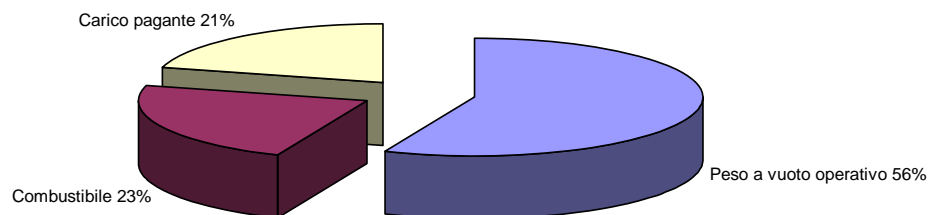


Figura 1.2

Si osserva come il peso del combustibile e quello del carico pagante siano confrontabili. Infine è interessante confrontare il progetto in corso con due velivoli simili in termini di peso massimo al decollo, peso a vuoto e numero di passeggeri.

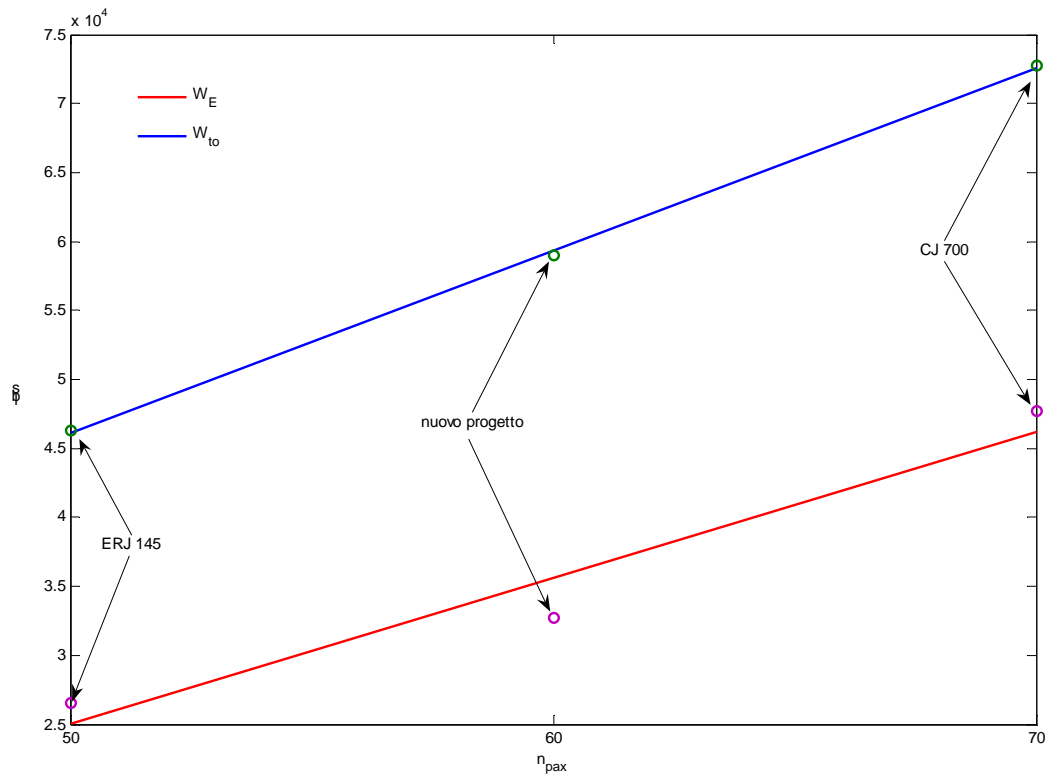


Figura 1.3

E' possibile fare le seguenti considerazioni:

1. Il progetto in corso segue la linea di tendenza marcata dai velivoli simili considerati
2. Il peso massimo al decollo cresce più rapidamente del peso a vuoto col numero dei passeggeri, inglobando l' aumento del carico pagante e del combustibile oltre a quello del peso a vuoto stesso
3. La dispersione attorno alla linea di tendenza è quasi nulla per il peso massimo al decollo