

**Esercitazioni del corso di:
Meccanica del volo dell'elicottero**

Professore: Garito

**Esercitazione n°05:
Calcolo della velocità di salita verticale**

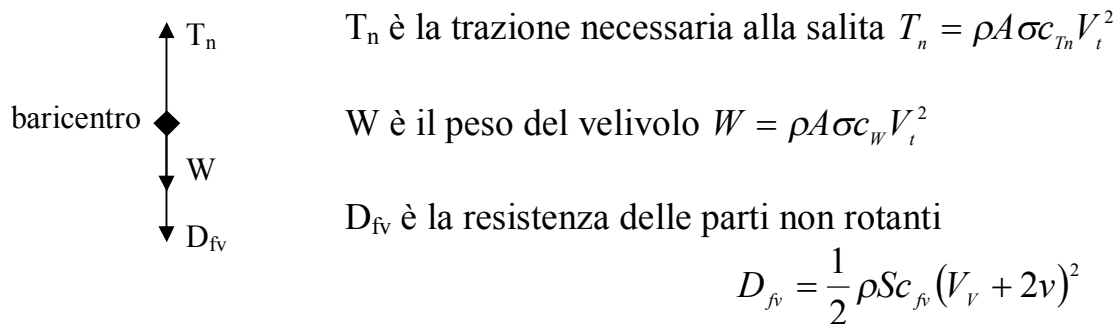
Studente: Petrosino Francesco
Matricola: 347/680

1. Scopi dell'esercitazione

Si è calcolata la velocità di salita verticale per un elicottero di assegnate caratteristiche.

2. Dati e riferimenti

In salita verticale possiamo schematizzare le forze in gioco come segue:



dove W vale 40000 N, ρ è la densità dell'aria pari a 1.23 kg/m³, V_t è la velocità alle estremità delle pale ossia 200 m/s, σ è la solidità, A l'area del rotore, v la velocità assiale indotta dal rotore, $c_{fv} = 0.8$ coefficiente di resistenza delle parti non rotanti. Riferendoci ad una pala con corda costante $c = R/18$, con R raggio del rotore che si ricava dall'area $A = 0.6(W)^{2/3} = 153m^2$, coefficiente della retta di portanza del profilo $a = 5.7 \text{ rad}^{-1}$ costante, ipotizzando che il profilo lavori ad un $c_{lmedio} = 0.5$, si può ricavare la solidità del rotore ed il numero di pale, supponendo di essere a punto fisso:

$$c_T = \frac{c_{lmedio}}{6} = 0.083 \quad T = W \rightarrow \sigma = \frac{W}{\rho A c_T V_t^2} = 0.064 \quad Np = \frac{\sigma \pi R}{c} = 4$$

Riferendoci adesso alla salita, dall'equilibrio delle forze: $T_n = W + D_{fv}$ si ricava il coefficiente di trazione necessaria alla salita.

$$c_{Tn} = \frac{c_w + 0.5 \mu'^2 c_{fv}}{1 - \sigma c_{fv}} \quad \text{con } \mu' = \frac{V_v}{V_t}$$

Dalle caratteristiche assegnate alla pala, si ha che il coefficiente di trazione disponibile è:

$$c_{td} = \frac{a}{4} \left(\theta_t - \frac{V_v + v}{V_t} \right) \quad \text{con } v = -\frac{V_v}{2} + \sqrt{\left(\frac{V_v}{2} \right)^2 + v_0^2}$$

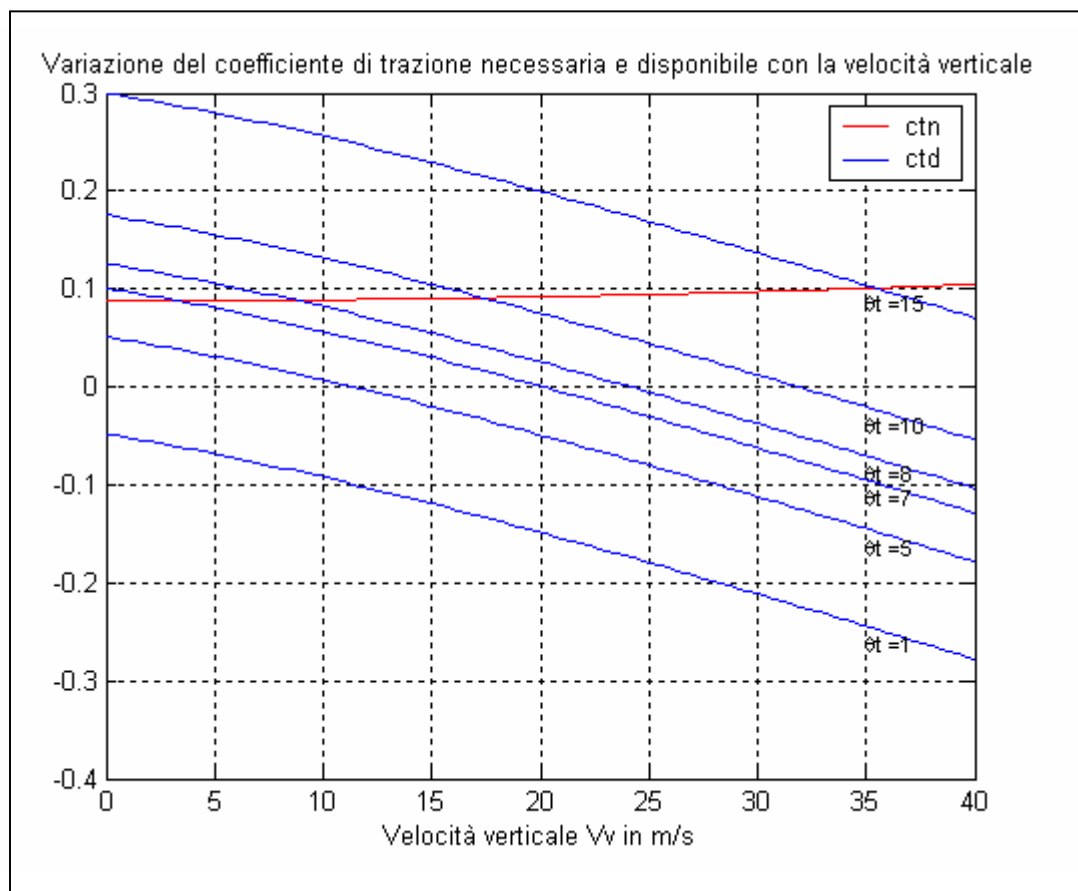
v_0 è la velocità indotta a punto fisso, che vale $v_0 = \sqrt{\frac{W}{2\rho A}} = 10.3 \text{ m/s}$

Si vede che c_{td} dipende dall'angolo di calettamento all'estremità della pala θ_t , che bisognerà assegnare.

Uguagliando il coefficiente di trazione necessaria a quello di trazione disponibile, si ricava la velocità di salita verticale del velivolo per un dato θ_t .

3. Risultati

Il grafico del coefficiente di trazione disponibile dipende dal calettamento all'estremità della pala θ_t , quindi assegnandone diversi valori si ricavano diverse curve. La curva del coefficiente di trazione necessaria è unica.



Come si vede dalla figura, non esiste un'intersezione tra le curve per valori troppo piccoli di θ_t , mentre la velocità verticale aumenta all'aumentare di θ_t .

Si ottiene infatti:

θ_t	15	10	8	7	5	1
V_v	35.6	17.4	8.48	3.23	non esiste	non esiste

4. Listato del programma in Matlab

```
% Esercizio n°5
% Calcolo della velocità di salita verticale

clear all;close all;

% Dati assegnati
W = 40000; % N
a = 5.7; % rad-1
clm = 0.5; % cl medio
cfv = 0.8; % coefficiente di resistenza delle parti non rotanti
rho = 1.23; % kg/m^3
% R/c = 18
Vt = 200; % m/s

% Risoluzione
Vv = linspace(0,40,100);
ct = clm/6
A = 0.6*((W/9.8)^(2/3)) % m^2
R = sqrt(A/pi) % m
c = R/18 % m
sigma = W/(rho*A*ct*(Vt^2))
Np = round((sigma*pi*R)/c)
cw = W/(rho*sigma*A*(Vt^2))
v0 = sqrt(W/(2*rho*A)) % m/s
%v = sqrt(-((Vv./2).^2) + sqrt(((Vv.^4)/4)+(v0^4))); % m/s
v = -Vv./2 + sqrt(((Vv./2).^2)+(v0^2)); % m/s
ctn = (cw + (0.5.*cfv.*((Vv./Vt).^2)))/(1-sigma*cfv);
plot(Vv,ctn,'r');hold on;grid on;
tetat = [15 10 8 7 5 1].*(pi/180);
for i = 1:length(tetat)
    ctd = (a/4).*(tetat(i) - ((Vv+v)./Vt));
    plot(Vv,ctd);hold on;
    ctP=ctd(length(ctd)-5);VP=35;
    text(VP,ctP,['\thetat =',num2str(tetat(i)*(180/pi))],'fontsize',8);
    [c j]=min(abs(ctn-ctd));
    Vvteta(i)=Vv(j);
end
title('Variazione del coefficiente di trazione necessaria e disponibile con la velocità verticale');
xlabel('Velocità verticale Vv in m/s');
legend('ctn','ctd');
Vvteta
```