

SVOLGIMENTO - ELICA

$$\begin{aligned} \underline{W} &:= 1200 \cdot \text{kgf} & \underline{S} &:= 16.17 \cdot \text{m}^2 & b &:= 11 \cdot \text{m} & CD_0 &:= 0.025 & CL_{MAX} &:= 1.50 & W_F &:= 150 \cdot \text{kgf} \\ & & & & & & e &:= 0.80 & & & & \end{aligned}$$

$$\Pi_{ao} := 1.160 \cdot \text{hp} \quad \eta_p := 0.7 \quad \text{SFC} := 0.6 \cdot \frac{\text{lb}}{\text{hp} \cdot \text{hr}} \quad \rho_0 := 1.225 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$z := 4000 \cdot \text{m}$$

a) punti caratteristici della polare

$$AR := \frac{b^2}{S} \quad AR = 7.483 \quad \sigma(z) := \frac{\rho(z)}{\rho_0} \quad \sigma(z) = 0.669 \quad \sigma_{co} := \sigma(z) \quad \sigma_{co} = 0.669$$

$$CL_E := \sqrt{CD_0 \cdot \pi \cdot AR \cdot e} \quad CL_E = 0.686 \quad CD_E := 2 \cdot CD_0 \quad CD_E = 0.05 \quad E_E := \frac{CL_E}{CD_E} \quad E_E = 13.714$$

$$CL_P := \sqrt{3} \cdot CL_E \quad CL_P = 1.188 \quad CD_P := 4 \cdot CD_0 \quad CD_P = 0.1 \quad E_P := \frac{CL_P}{CD_P} \quad E_P = 11.876$$

$$CL_A := \frac{CL_E}{\sqrt{3}} \quad CL_A = 0.396 \quad CD_A := \frac{4}{3} \cdot CD_0 \quad CD_A = 0.033 \quad E_A := \frac{CL_A}{CD_A} \quad E_A = 11.876$$

Attenzione nelle formula W deve essere espresso in [N]

$$V_E(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_E}} \quad V_E(z) = 50.909 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E(z) = 183.271 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_E(0 \cdot \text{m}) = 41.627 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E(0 \cdot \text{m}) = 149.859 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_P(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_P}} \quad V_P(z) = 38.682 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_P(z) = 139.256 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_P(0 \cdot \text{m}) = 31.63 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_P(0 \cdot \text{m}) = 113.868 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_A(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_A}} \quad V_A(z) = 66.999 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_A(z) = 241.198 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_A(0 \cdot \text{m}) = 54.785 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_A(0 \cdot \text{m}) = 197.225 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$D_E := \frac{W}{E_E} \quad D_E = 858.113 \text{ N} \quad D_E = 87.503 \cdot \text{kgf}$$

$$D_P := \frac{W}{E_P} \quad D_P = 990.863 \text{ N} \quad D_P = 101.04 \cdot \text{kgf}$$

Per le velocità, una volta calcolata la V del punto E, per calcolare le altre non usare la formula sotto, ma sfruttare la relazione che lega tra loro i CL (radice di 3) e quindi le varie V (radice quarta di 3).

Per l'effetto quota applicare la semplice relazione che coinvolge la radice di sigma.

Calcolate le efficienze (ricordare che P ed A hanno la stessa efficienza che si ottiene a partire da quella del punto E e moltiplicando per rad(3)/2) poi si passa facilmente a stimare le resistenze come peso diviso efficienza aerod.

$$D_A := \frac{W}{E_A} \quad D_A = 990.863 \text{ N} \quad D_A = 101.04 \cdot \text{kgf}$$

$$\Pi_{nE}(z) := D_E \cdot V_E(z) \quad \Pi_{nE}(z) = 4.369 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{nE}(z) = 58.583 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{nE}(0) = 3.572 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{nE}(0\text{m}) = 47.903 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{nP}(z) := D_P \cdot V_P(z) \quad \Pi_{nP}(z) = 3.833 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{nP}(z) = 51.4 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{nP}(0) = 3.134 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{nP}(0\text{m}) = 42.029 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{nA}(z) := D_A \cdot V_A(z) \quad \Pi_{nA}(z) = 6.639 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{nA}(z) = 89.027 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{nA}(0) = 5.428 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{nA}(0\text{m}) = 72.796 \cdot \text{hp}$$

$\phi := 1$ **QUI ASSEGNARE GRADO AMMISSIONE**

b) Calcolo iterativo della velocità massima

MOTOELICA, Quindi Kv non c'è

Prima iterazione $CD = 1.1 \cdot CD_0$

$$\Pi_{id}(z) := \Pi_{a0} \cdot \phi \cdot \sigma(z) \cdot \eta_p$$

$$\Pi_{id}(z) = 5.584 \times 10^4 \text{ W} \quad \Pi_{id}(z) = 74.885 \cdot \text{hp}$$

$$CD := 1.1 \cdot CD_0 \quad CD = 0.0275$$

motore a pistoni senza effetto RAM

Attenzione nella formula potenza in Watt, densità in Kg/m^3 e S in m^2 .
Risultato in m/s

$$V := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi_{id}(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 67.434 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V = 242.762 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Iterazioni successive

Iterazione 2 e $CD = \text{NUOVO}$

$$CL := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.3908 \quad \text{Nella formula W in [N]}$$

$$CD := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.03312$$

$$V := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi_{id}(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 63.38 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V = 228.17 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Anche per le potenze, sfruttando le relazioni che legano le resistenze e le V, provare a ricavarle a partire da quella calcolata nel punto E.
Attenzione alle unità di misura.

Iterazione 3 Kv fix e CD =NUOVO

$$\underline{CL} := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.442$$

$$\underline{CD} := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.03541$$

$$\underline{V} := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi d(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 61.986 \frac{m}{s} \quad V = 223.151 \frac{km}{hr}$$

Iterazione 4 Kv fix e CD =NUOVO

$$\underline{CL} := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.463$$

$$\underline{CD} := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.03637$$

$$\underline{V} := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi d(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 61.432 \frac{m}{s} \quad V = 221.153 \frac{km}{hr}$$

FINITO !!!!

$$q := 0.5 \cdot \rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot V \cdot V$$

$$q = 1.545 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$Dpar := q \cdot S \cdot CD_0 \quad Dpar = 624.763 \text{ N} \quad Dpar = 63.708 \cdot \text{kgf}$$

$$CDind := CD - CD_0 \quad CDind = 0.01137$$

$$Dind := q \cdot S \cdot CDind \quad Dind = 284.244 \text{ N} \quad Dind = 28.985 \cdot \text{kgf}$$

$$Dtot := Dpar + Dind \quad Dtot = 909.007 \text{ N} \quad Dtot = 92.693 \cdot \text{kgf}$$

c) **massimo rateo di salita** - Nel caso di Velivolo ad elica viene valutato nel punto P, nell'ipotesi di potenza disponibile costante con la velocità

QUOTA S/L

$$V_P(0 \cdot m) = 31.63 \frac{m}{s}$$

$$\underline{V} := V_P(0 \cdot m) \quad V = 31.63 \frac{m}{s} \quad V = 113.868 \frac{km}{hr}$$

$$\phi = 1$$

$$\underline{\Pi d(z)} := \Pi_{ao} \cdot \phi \cdot \sigma(z) \cdot \eta_p$$

$$\Pi d(0) = 83.518 \cdot \text{kW}$$

$$\Pi d(0) = 112 \cdot \text{hp}$$

FERMarsi quando la differenza è piccola, ovviamente in % della V ottenuta. Ad esempio per velocità di circa 200 Km/h, 2 Km/h possono bastare. Diciamo che fermarsi a differenze del 1-2% può essere ampiamente accettabile. Non cercare di ottenere necessariamente 1 Km/h di differenza, si fanno troppe iterazioni e non ha senso.

Non usare la formula riportata negli appunti con la V del punto E e nemmeno la formula con il 76... Ragionare, come a lato ed impostare il calcolo attraverso la valutazione delle potenze nec e disp alla quota desiderata nel punto P (per elica punto di Rc massimo).

$$\Pi_{\text{InP}}(0) = 31.341 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{\text{InP}}(0) = 42.029 \cdot \text{hp}$$

Nella formula potenze in Watt e peso in [N] $W = 11768 \text{ N}$

$$RC_{\text{max}}(z) := \frac{\Pi d(z) - \Pi_{\text{InP}}(z)}{W} \quad RC_{\text{max}}(0 \cdot \text{m}) = 4.434 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

angolo di salita corrispondente

$$\text{teta} := \frac{RC_{\text{max}}(0 \cdot \text{m})}{V} \quad \text{teta} = 0.14 \quad \text{tetag} := \text{teta} \cdot 57.3 \quad \text{tetag} = 8.032 \quad \text{deg}$$

o anche

$$T_d := \frac{\Pi d(0)}{V} \quad T_d = 2.64 \times 10^3 \text{ N} \quad T_d = 269.3 \cdot \text{kgf}$$

$$T_n := D_p \quad T_n = 990.863 \text{ N} \quad \text{o anche} \quad T_n := \frac{\Pi_{\text{InP}}(0)}{V} \quad T_n = 101 \cdot \text{kgf} \\ T_n = 990.863 \text{ N}$$

$$\text{teta} := \frac{(T_d - T_n)}{W} \quad \text{teta} = 0.14 \quad \text{tetag} := \text{teta} \cdot 57.3 \quad \text{tetag} = 8.032 \quad \text{deg}$$

d) Raggio di virata minimo

$$n_{\text{max}} := 2.5 \quad \text{in quota} \quad z := 0 \cdot \text{m} \quad \sigma := \frac{\rho(z)}{\rho_0} \quad \sigma = 1$$

Il minimo raggio si ha a quota S/L

$$V_{\text{min}} := \sqrt{\frac{2 \cdot W \cdot n_{\text{max}}}{\rho_0 \cdot \sigma \cdot S \cdot CL_{\text{MAX}}}} \quad V_{\text{min}} = 44.501 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{\text{min}} = 160.203 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$R_{\text{min}} := \frac{V_{\text{min}}^2}{g \cdot \sqrt{n_{\text{max}}^2 - 1}} \quad R_{\text{min}} = 88.132 \text{ m}$$

$$\omega := \frac{\left(g \cdot \sqrt{n_{\text{max}}^2 - 1} \right)}{V_{\text{min}}} \quad \omega = 0.505 \frac{1}{\text{s}} \quad \omega = 28.93 \frac{1}{\text{s}} \cdot \text{deg}$$

Velivolo a getto

$$W := 70000 \cdot \text{kgf} \quad S := 120 \cdot \text{m}^2 \quad b := 34 \cdot \text{m} \quad CD_0 := 0.020 \quad e := .8 \quad CL_{\text{max}} := 1.4$$

$$CL_{\text{maxTO}} := 2.0 \quad W_F := 16000 \cdot \text{kgf} \quad T_0 := 2 \cdot 11000 \cdot \text{kgf} \quad SFCJ := 0.6 \cdot \frac{\text{lbf}}{\text{lbf} \cdot \text{hr}}$$

$$M_{DD} := .82 \quad z_{\text{cr}} := 10000 \cdot \text{m}$$

$$\sigma := \frac{\rho(z_{cr})}{\rho_0} \quad \sigma = 0.337$$

$$R := 287 \cdot \frac{\text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \quad R = 287 \frac{\text{m}^2}{\text{K} \cdot \text{s}^2}$$

$$T := 288 \cdot \text{K} - 0.0065 \cdot \frac{\text{K}}{\text{m}} \cdot z_{cr}$$

$$a := \sqrt{1.4 \cdot R \cdot T} \quad a = 299.335 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

punti caratteristici della polare (non richiesti tutti)

$$AR := \frac{b^2}{S} \quad AR = 9.633$$

ATTENZIONE, nel compito NON E' NECESSARIO Calcolare tutti i punti caratteristici del getto, a meno che non sia richiesto o necessario.

Solitamente, per il calcolo della velocita' massima o del rateo di salita e' necessario solo:

- Stimare l'efficienza massima
- calcolare al massimo la V del punto E

Qui di seguito sono riportate tutte per completezza, ma ripeto, al compito NON BISOGNA FARLO

$$CL_E := \sqrt{CD_0 \cdot \pi \cdot AR \cdot e} \quad CL_E = 0.696 \quad CD_E := 2 \cdot CD_0 \quad CD_E = 0.04 \quad E_E := \frac{CL_E}{CD_E} \quad E_E = 17.397$$

$$CL_P := \sqrt{3} \cdot CL_E \quad CL_P = 1.205 \quad CD_P := 4 \cdot CD_0 \quad CD_P = 0.08 \quad E_P := \frac{CL_P}{CD_P} \quad E_P = 15.066$$

$$CL_A := \frac{CL_E}{\sqrt{3}} \quad CL_A = 0.402 \quad CD_A := \frac{4}{3} \cdot CD_0 \quad CD_A = 0.027 \quad E_A := \frac{CL_A}{CD_A} \quad E_A = 15.066$$

Risultati calcoli punti caratteristici della polare a S/L

$$z := 0 \quad \sigma := \frac{\rho(z)}{\rho_0} \quad \sigma = 1$$

$$T := 288 \cdot \text{K} - 0.0065 \cdot \frac{\text{K}}{\text{m}} \cdot z \quad a := \sqrt{1.4 \cdot R \cdot T} \quad a = 340.174 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_E := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_E}} \quad V_E = 115.852 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E = 417.068 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad ME := \frac{V_E}{a} \quad ME = 0.341$$

$$V_P := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_P}} \quad V_P = 88.029 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_P = 316.903 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad MP := \frac{V_P}{a} \quad MP = 0.259$$

$$V_A := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_A}} \quad V_A = 152.47 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_A = 548.892 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad MA := \frac{V_A}{a} \quad MA = 0.448$$

$$D_E := \frac{W}{E_E} \quad D_E = 3.946 \times 10^4 \text{ N} \quad D_E = 4.024 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$$

$$D_{Pw} := \frac{W}{E_P} \quad D_P = 4.556 \times 10^4 \text{ N} \quad D_P = 4.646 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$$

$$D_{Aw} := \frac{W}{E_A} \quad D_A = 4.556 \times 10^4 \text{ N} \quad D_A = 4.646 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$$

$$\Pi_E := D_E \cdot V_E \quad \Pi_E = 4.572 \times 10^6 \text{ W} \quad \Pi_E = 6.13 \times 10^3 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_A := D_A \cdot V_A \quad \Pi_A = 6.947 \times 10^6 \text{ W} \quad \Pi_A = 9.316 \times 10^3 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_P := D_P \cdot V_P \quad \Pi_P = 4.011 \times 10^6 \text{ W} \quad \Pi_P = 5.379 \times 10^3 \cdot \text{hp}$$

Rateo di salita S/L

$$zrc := 0 \cdot m \quad \phi_{rc} := 1$$

$$\sigma_w := \frac{\rho(zrc)}{\rho_0} \quad \sigma = 1$$

Come si vede, per il calcolo del RCmax bisogna solo calcolare la V del punto E, alla quota in esame.

Rateo di salita S/L - punto E;

Viene assunto il punto E (max efficienza) in quanto per il velivolo a getto è il punto che all'incirca ottimizza le prestazioni di salita

$$V_{Erc} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_E}} \quad V_{Erc} = 115.852 \frac{m}{s}$$

$$KT := 1 - 0.20 \cdot \frac{V_{Erc}}{100 \cdot \frac{m}{s}} \quad KT = 0.768$$

CONDIZIONE OEI - bisogna prendere 0.5 * To (metà spinta)

$$T_{d_w} := \left(\frac{1}{2} T_0 \cdot \sqrt{\sigma} \cdot \phi_{rc} \cdot KT \cdot 0.83 \right) \quad \text{Inoltre, oltre al KT dal diagramma, bisogna moltiplicare per 0.83 (max climb basse quote)}$$

$$T_d = 6.879 \times 10^4 \text{ N} \quad T_d = 7.015 \times 10^3 \cdot \text{kgf}$$

$$RC1 := T_d \cdot V_{Erc} \quad RC1 = 7.969 \times 10^6 \text{ W} \quad RC1_w := \frac{(T_d \cdot V_{Erc})}{W} \quad RC1_w = 11.609 \frac{m}{s}$$

$$RC2 := D_E \cdot V_{Erc} \quad RC2 = 4.572 \times 10^6 \text{ W} \quad RC2_w := \frac{(D_E \cdot V_{Erc})}{W} \quad RC2_w = 6.659 \frac{m}{s}$$

$$RC_{max} := \frac{T_d \cdot V_{Erc} - D_E \cdot V_{Erc}}{W} \quad RC_{max} = 4.95 \frac{m}{s} \quad RC_{max} = 974.4 \cdot \frac{ft}{min}$$

$$\text{angolo salita} \quad D_E = 39459.9 \text{ N} \quad D_E = 4023.8 \cdot \text{kgf}$$

$$teta_w := \frac{T_d - D_E}{W} \quad teta = 0.043 \cdot \text{rad} \quad teta_{tag} := teta \cdot 57.3 \quad teta_{tag} = 2.448 \text{ deg}$$

o anche

$$\theta := \frac{RC_{\max}}{V_{\text{Erc}}} \quad \theta = 0.043$$

Distanza di decollo

$$W = 70000 \cdot \text{kgf} \quad C_{L_{\max TO}} = 2 \quad S = 120 \text{ m}^2 \quad T_0 = 22000 \cdot \text{kgf}$$

$$K_{\text{ES}} := 0.8 \quad \Delta C_{D_0} := 0.020 \quad \mu := 0.03 \quad C_{L_G} := 0.6$$

Qui sotto i valori dei K relativi alla definizione di velocità di lift-off e di superamento ostacolo. Inoltre specifico il valore del coefficiente di portanza (rispetto al $C_{L_{\max to}}$) nella fase di involo.

$$K_{V_{LO}} := 1.10 \quad K_{V_2} := 1.2 \quad K_{C_{L_{\text{air}}}} := 0.90$$

$$V_{\text{STO}} := \sqrt{\frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot S \cdot C_{L_{\max TO}}}} \quad V_{\text{STO}} = 68.336 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{\text{STO}} = 246.01 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_{LO} := K_{V_{LO}} \cdot V_{\text{STO}} \quad V_{LO} = 75.17 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{LO} = 270.611 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Calcolo della corsa al suolo

$$a = \frac{dV}{dt} \quad V = \frac{dS}{dt} \quad dS = \frac{V dV}{a} = \frac{1}{2} \frac{dV^2}{a}$$

Con accelerazione funzione della velocità :

$$S_g = \frac{1}{2} \int_0^{V_{LO}} \frac{dV^2}{a(V)}$$

$$\left(\frac{W}{g} \right) a(V) = F_{x_{\text{tot}}}(V) = T(V) - D(V) - \mu \cdot (W - L(V)) \quad \text{Spinta, resistenza e portanza funzioni di V}$$

Calcolando tutte le forze in corrispondenza di una velocità media e valutando quindi una accelerazione media funzione di una forza media :

$$S_g = \frac{1}{2} \int_0^{V_{LO}} \frac{dV^2}{a(V)} = \frac{1}{2} \frac{V_{LO}^2}{a_m}$$

con

$$\left(\frac{W}{g} \right) a_m = F_{x_{\text{tot } m}} = [T - D - \mu \cdot (W - L)]_m = [T - D - \mu \cdot (W - L)]_{V=0.70V_{LO}}$$

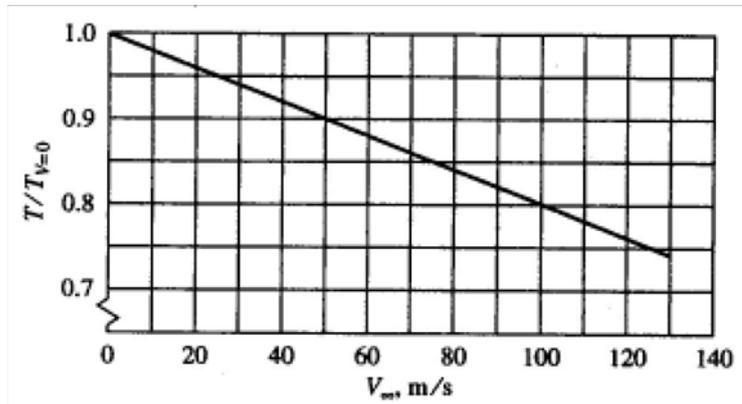
Velocità media (metodo 2) assunta per il calcolo delle grandezze di forza medie durante la corsa. Si assume 0.70 della V di lift-off perchè l'integrale è nella variabile indipendente V^2 e quindi 0.70 è quel numero tale che elevato al quadrato fa 0.50, cioè e' :

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707 \approx 0.70$$

Calcoliamo la velocità media per il calcolo delle forze e valutiamo le forze stesse:

$$\underline{\underline{V}} := 0.7 \cdot V_{LO} \quad V = 52.619 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V = 189.428 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Calcolo spinta media motori:



Entrare nel diagramma con la V in [m/s]

$$\underline{\underline{KT}} := 1 - 0.20 \cdot \frac{V}{100 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}} \quad KT = 0.895 \quad \text{Fattore di riduzione spinta in decollo motore turbofan}$$

Calcolo spinta media durante la corsa di decollo:

$$\underline{\underline{T}} := (KT) \cdot T_0 \quad \frac{T}{T_0} = 0.895 \quad T = 1.93 \times 10^5 \text{ N} \quad T = 19685 \cdot \text{kgf}$$

Calcolo resistenza aerodinamica media durante corsa al suolo (CL=CLg):

$$CD_{ind_TO} := \frac{CL_G^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \cdot K_{ES} \quad CD_{ind_TO} = 0.012$$

$$CD_G := CD_0 + \Delta CD_0 + \frac{CL_G^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \cdot K_{ES} \quad CD_G = 0.052$$

$$D := \frac{1}{2} \cdot \rho_0 \cdot S \cdot V^2 \cdot CD_G \quad D = 10560.8 \text{ N} \quad D = 1077 \cdot \text{kgf}$$

Calcolo portanza aerodinamica media (durante corsa al suolo):

$$\underline{\underline{L}} := \frac{1}{2} \cdot \rho_0 \cdot S \cdot V^2 \cdot CL_G \quad L = 1.221 \times 10^5 \text{ N} \quad L = 12451 \cdot \text{kgf}$$

Calcolo forza attrito media (durante corsa al suolo):

$$Fa := \mu \cdot (W - L) \quad Fa = 1.693 \times 10^4 \text{ N} \quad Fa = 1726 \cdot \text{kgf} \quad \text{forza attrito}$$

Qui riassumo le forze medie in gioco:

T=19685 Kgf spinta media
D=1077 Kgf resistenza aerodinamica media
Fa=1726 Kgf forza attrito media

Si vede, come noto, che la spinta è abbastanza maggiore delle altre forze. Praticamente la forza totale è il 90% della spinta.

Fx_tot= 16881 Kgf forza tot media

Usare l'approccio sotto che riporta il calcolo dell'accelerazione media ac. Il valore deve essere sempre compreso tra circa 2 e 3 m/s², cioè un valore adimensionale (in g) pari a 0.2 - 0.3 g.
Una volta calcolata l'accelerazione, poi si applicherà facilmente la relazione sotto che lega Sg semplicemenete a Vlo²/ac

FORZA TOTALE MEDIA

$$F_{xtot} := T - D - \mu \cdot (W - L) \quad F_{xtot} = 1.655 \times 10^5 \text{ N} \quad F_{xtot} = 16881 \cdot \text{kgf}$$

calcolo accelerazione media con peso W = 70000·kgf

$$ac := \frac{T - D - \mu \cdot (W - L)}{\frac{W}{g}} \quad ac = 2.365 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad ac_g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

accelerazione adimensionale (in g)

Qui sotto il valore calcolato supponendo trascurabili le forze di resistenza in gioco (aerod + attrito), cioè metodo 3 degli appunti:

$$ac_ad := \frac{ac}{ac_g} \quad ac_ad = 0.241 \quad ac_ad_approx := \frac{T}{W} \quad ac_ad_approx = 0.281$$

Risolvendo l'integrale (metodo 2 appunti):

$$S_g = \frac{1}{2} \int_0^{V_{LO}} \frac{dV^2}{a(V)} = \frac{1}{2} \frac{V_{LO}^2}{a_m}$$

$$S_G := \frac{V_{LO}^2}{2 \cdot ac} \quad S_G = 1195 \text{ m} \quad \text{CORSA AL SUOLO (metodo 2 appunti)}$$

CORSA INVOLO

Qui ci sono i rapporti

Si è assunto (dati input) un CL nella fase di rotazione pari al 90% del massimo CL in config decollo, parametro KCLair sotto

KvLO è il rapporto assegnato tra VLO e la vel stallo al decollo

Kv2 è il rapporto assegnato tra la V2 (pass su ostacolo) e la vel stallo al decollo Vsto

KvR è il rapporto (calcolato come media tra i due precedenti) tra la vel bella fase di rotazione

$$K_{VLO} = 1.1 \quad K_{V2} = 1.2 \quad K_{CLair} := 0.90$$

Calcolo velocità media durante corsa di involo (airborne) e stima del fattore di carico durante fase involo

$$K_{air} := \frac{(K_{VLO} + K_{V2})}{2} \quad K_{air} = 1.15 \quad \text{Velocità nella fase di involo come media tra la V lift-off e la V di passaggio sull'ostacolo.}$$

$$V_R := K_{air} \cdot V_{STO} \quad V_R = 78.587 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Frazione della velocità di stallo in decollo

$$n = \frac{L}{W} = \frac{1/2 \rho \cdot (K_{air} \cdot V_{S_TO})^2 \cdot S \cdot (K_{CLair} \cdot CL_{MAX_TO})}{W}$$

Che per la definizione di velocità di stallo diventa:

$$n = \frac{L}{W} = (K_{air})^2 \cdot (K_{CLair}) = (1.15)^2 \cdot (0.90) = 1.19$$

$$n_R := (K_{air})^2 \cdot K_{CLair} \quad n_R = 1.19 \quad \text{calcolo fattore di carico durante involo}$$

$$V_R := (K_{air}) \cdot V_{STO} \quad V_R = 78.587 \frac{m}{s} \quad V_R = 282.912 \cdot \frac{km}{hr} \quad \text{calcolo vel media durante involo}$$

$$R := \frac{V_R^2}{g \cdot (n_R - 1)} \quad R = 3310 \text{ m} \quad \text{FORMULA raggio traiettoria della richiamata (pull-up man)}$$

$$h_o := 15 \cdot m$$

$$\theta := \arccos\left(1 - \frac{h_o}{R}\right) \quad \theta = 0.095 \quad \theta = 5.457 \cdot \text{deg} \quad \text{angolo salita su ostacolo}$$

$$S_A := R \cdot \sin(\theta) \quad \text{CORSА FASE INVOLО (Airborne)}$$

$$S_A = 314.77 \text{ m}$$

Osservare i valori di R e dell'angolo teta che vengono fuori. I valori di R sono sempre all'incirca pari a 3000-5000 metri, mentre l'angolo e' sempre pari a circa 4-6 gradi.

$$S_{TO} := S_G + S_A \quad S_{TO} = 1509 \text{ m} \quad \text{CORSА TOTALE DECOLLO}$$

Come ordine di grandezza, la corsa al suolo e' sempre circa 3-4 volte di quella di involo. Inoltre come valore, la corsa totale varia tra 1000 metri (velivoli a getto piccoli) e 1500 (velivoli medi) fino a 1600-1900 per velivoli di grandissime dimensioni (peso maggiore di 250-300 tonnellate)