

SVOLGIMENTO COMPLETO VELIVOLO ELICA (Turbocharged)

$$\text{ORIGIN} := 1$$

$$W := 2400 \text{ kgf} \quad S := 17.6 \text{ m}^2 \quad b := 12 \text{ m} \quad CD_0 := 0.028 \quad e := 0.80 \quad CL_{MAX} := 1.50$$

$$W_F := 500 \text{ kgf}$$

$$\Pi_{ao} := 2.250 \text{ hp} \quad \eta_p := 0.8 \quad SFC := 0.55 \frac{\text{lb}}{\text{hp} \cdot \text{hr}} \quad \rho_0 := 1.225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$z_{cr} := 6000 \text{ m} \quad z_{cl} := 6000 \text{ m} \quad z_{glide} := 2000 \text{ m} \quad z_{ristab} := 6500 \text{ m}$$

$$z := z_{cr}$$

1) PUNTI CARATTERISTICI POLARE

$$\text{QUOTA } z \quad z = 6000 \text{ m}$$

$$AR := \frac{b^2}{S} \quad AR = 8.182 \quad \sigma(z) := \frac{\rho(z)}{\rho_0} \quad \sigma(z) = 0.538 \quad \sigma_{co} := \sigma(z) \quad \sigma_{co} = 0.538$$

Attenzione nelle formula della velocità W deve essere espresso in [N], S in [m^2] e la densità in [Kg/m^3]. La velocità in uscita e' in [m/s]

PUNTO E

$$CL_E := \sqrt{CD_0 \cdot \pi \cdot AR \cdot e} \quad CL_E = 0.759 \quad CD_E := 2 \cdot CD_0 \quad CD_E = 0.056 \quad E_E := \frac{CL_E}{CD_E} \quad E_E = 13.55$$

$$V_E(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_E}} \quad V_E(z) = 73.101 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E(z) = 263.162 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_E(0 \cdot \text{m}) = 53.641 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E(0 \cdot \text{m}) = 193.107 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Ricordare, in ogni caso che per passare da livello del mare a quota o viceversa, per la velocità vale:

$$VE(z) := \frac{VE(0\text{m})}{\sqrt{\sigma(z)}} \quad \text{e questo vale anche per gli altri punti caratteristici}$$

$$D_E := \frac{W}{E_E} \quad D_E = 1737 \text{ N} \quad D_E = 177.1 \cdot \text{kgf}$$

$$\Pi_{InE}(z) := D_E \cdot V_E(z) \quad \Pi_{InE}(z) = 127 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InE}(z) = 170.3 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InE}(0) = 93.2 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InE}(0\text{m}) = 124.9 \cdot \text{hp}$$

PUNTO P

$$CL_P := \sqrt{3} \cdot CL_E \quad CL_P = 1.314 \quad CD_P := 4 \cdot CD_0 \quad CD_P = 0.112 \quad E_P := \frac{CL_P}{CD_P} \quad E_P = 11.735$$

$$D_P := \frac{W}{E_P} \quad D_P = 2006 \text{ N} \quad D_P = 204.5 \cdot \text{kgf} \quad E_{D_P} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot E_E \quad E_P = 11.735$$

$$D_{D_P} := \frac{2 \cdot D_E}{\sqrt{3}} \quad D_P = 2006 \text{ N} \quad D_P = 204.5 \cdot \text{kgf}$$

$$V_P(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_P}} \quad V_P(z) = 55.544 \frac{m}{s} \quad V_P(z) = 199.96 \frac{km}{hr}$$

$$V_P(0 \cdot m) = 40.758 \frac{m}{s} \quad V_P(0 \cdot m) = 146.729 \frac{km}{hr}$$

La velocità in P è anche collegata a quella nel punto E (/1.32) e fornisce lo stesso risultato:

$$V_{eP}(z) := \frac{V_E(z)}{\sqrt{\sqrt{3}}} \quad V_{eP}(z) = 55.544 \frac{m}{s} \quad V_{eP}(z) = 199.96 \frac{km}{hr}$$

$$\Pi_{nP}(z) := D_P \cdot V_P(z) \quad \Pi_{nP}(z) = 111.4 \cdot kW \quad \Pi_{nP}(z) = 149.4 \cdot hp$$

$$\Pi_{nP}(0) = 81.7 \cdot kW \quad \Pi_{nP}(0m) = 109.6 \cdot hp$$

Ricordare anche che la potenza nel punto P è legata a quella nel punto E dal coefficiente :

$$\Pi_P = D_P \cdot V_P = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot D_E \right) \cdot \left(\frac{V_E}{\sqrt[4]{3}} \right) = \frac{2}{\sqrt[4]{27}} \cdot \Pi_E = \frac{\Pi_E}{1.14}$$

PUNTO A

$$CL_A := \frac{CL_E}{\sqrt{3}} \quad CL_A = 0.438 \quad CD_A := \frac{4}{3} \cdot CD_0 \quad CD_A = 0.037 \quad E_A := \frac{CL_A}{CD_A} \quad E_A = 11.735$$

$$D_A := \frac{W}{E_A} \quad D_A = 2006 N \quad D_A = 204.5 \cdot kgf \quad E_{AA} := \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot E_E \quad E_A = 11.735$$

$$V_A(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_A}} \quad V_A(z) = 96.206 \frac{m}{s} \quad V_A(z) = 346.341 \frac{km}{hr}$$

$$V_A(0 \cdot m) = 70.595 \frac{m}{s} \quad V_A(0 \cdot m) = 254.143 \frac{km}{hr}$$

La velocità in A è anche collegata a quella nel punto E (* 1.32) e fornisce lo stesso risultato:

$$V_{eA}(z) := \sqrt{\sqrt{3}} \cdot V_E(z) \quad V_{eA}(z) = 96.206 \frac{m}{s} \quad V_{eA}(z) = 346.341 \frac{km}{hr}$$

$$\Pi_{nA}(z) := D_A \cdot V_A(z) \quad \Pi_{nA}(z) = 193 \cdot kW \quad \Pi_{nA}(z) = 258.8 \cdot hp$$

$$\Pi_{nA}(0) = 141.6 \cdot kW \quad \Pi_{nA}(0m) = 189.9 \cdot hp$$

Ricordare anche che la potenza nel punto A è legata a quella nel punto E e P dal coefficiente :

$$\Pi_A = D_A \cdot V_A = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot D_E \right) \cdot \left(\sqrt[4]{3} \cdot V_E \right) = 1.52 \cdot \Pi_E$$

$$\Pi_A = D_A \cdot V_A = (D_P) \cdot \left(\sqrt[4]{3} \cdot V_E \right) = (D_P) \cdot \left(\sqrt[4]{3} \cdot \sqrt[4]{3} \cdot V_P \right) = \sqrt{3} \cdot \Pi_P$$

Valori dei coefficienti allo stallo (opzionali e non necessari nelle prove scritte).

L'assetto di stallo rientra nella prestazione di virata o nel calcolo della velocità di stallo.

$$CD_{max} := CD_0 + \frac{CL_{MAX}^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD_{max} = 0.137$$

$$CD_S := (CD_{max}) \quad E_S := \frac{CL_{MAX}}{CD_S} \quad E_S = 10.916$$

$$D_S := \frac{W}{E_S} \quad D_S = 219.87 \cdot \text{kgf}$$

$$V_S(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_{MAX}}} \quad V_S(z) = 51.992 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_S(z) = 187.172 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_S(0 \cdot \text{m}) = 38.151 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_S(0 \cdot \text{m}) = 137.345 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$\Pi_{InS}(z) := D_S \cdot V_S(z) \quad \Pi_{InS}(z) = 112.1 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InS}(z) = 150.3 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InS}(0 \cdot \text{m}) = 82.262 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InS}(0 \cdot \text{m}) = 110.3 \cdot \text{hp}$$

Riepilogo PUNTI CARATTERIATICI per quantità

Attenzione nelle formula della velocità W deve essere espresso in [N], S in [m^2] e la densità in Kg/m^3. La velocità in uscita e' in [m/s]

$$CL_E = 0.759 \quad CD_E = 0.056 \quad E_E = 13.55$$

$$CL_P = 1.314 \quad CD_P = 0.112 \quad E_P = 11.735$$

$$CL_A = 0.438 \quad CD_A = 0.037 \quad E_A = 11.735$$

$$CL_{MAX} = 1.5 \quad CD_S = 0.137 \quad E_S = 10.916$$

$$V_E(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_E}} \quad V_E(z) = 73.101 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E(z) = 263.162 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_E(0 \cdot \text{m}) = 53.641 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_E(0 \cdot \text{m}) = 193.107 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_P(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_P}} \quad V_P(z) = 55.544 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_P(z) = 199.96 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_P(0 \cdot \text{m}) = 40.758 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_P(0 \cdot \text{m}) = 146.729 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_A(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_A}} \quad V_A(z) = 96.206 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_A(z) = 346.341 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_A(0 \cdot \text{m}) = 70.595 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_A(0 \cdot \text{m}) = 254.143 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_S(z) := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_{MAX}}} \quad V_S(z) = 51.992 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_S(z) = 187.172 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$V_S(0 \cdot \text{m}) = 38.151 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_S(0 \cdot \text{m}) = 137.345 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$D_E := \frac{W}{E_E} \quad D_E = 1737 \text{ N} \quad D_E = 177.1 \cdot \text{kgf}$$

$$D_P := \frac{W}{E_P} \quad D_P = 2006 \text{ N} \quad D_P = 204.5 \cdot \text{kgf}$$

$$D_A := \frac{W}{E_A} \quad D_A = 2006 \text{ N} \quad D_A = 204.5 \cdot \text{kgf}$$

$$\Pi_{InE}(z) := D_E \cdot V_E(z) \quad \Pi_{InE}(z) = 127 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InE}(z) = 170.3 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InE}(0) = 93.2 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InE}(0\text{m}) = 124.9 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InP}(z) := D_P \cdot V_P(z) \quad \Pi_{InP}(z) = 111.4 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InP}(z) = 149.4 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InP}(0) = 81.7 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InP}(0\text{m}) = 109.6 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InA}(z) := D_A \cdot V_A(z) \quad \Pi_{InA}(z) = 193 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InA}(z) = 258.8 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InA}(0) = 141.6 \cdot \text{kW} \quad \Pi_{InA}(0\text{m}) = 189.9 \cdot \text{hp}$$

$$\Pi_{InS}(z) := D_S \cdot V_S(z) \quad \Pi_{InS}(z) = 112.1 \cdot \text{kW}$$

$$\Pi_{InS}(0\text{m}) = 82.262 \cdot \text{kW}$$

2) CALCOLO VELOCITA' MASSIMA o di CROCIERA (75-80%) IN VOLO LIVELLATO ad una certa quota

$\phi_{cr} := 1$ QUI ASSEGNARE GRADO AMMISSIONE (vel max =1 crociera 0.75 o 0.80)

Calcolo iterativo della velocità in volo livellato alla quota specificata e al grado di ammissione impostato

$$z = 6000 \text{ m} \quad \sigma(z) = 0.538 \quad z_{ristab} = 6.5 \times 10^3 \text{ m}$$

modello motore turbocharged per quota < quota ristabilimento

$$K_{alt} := \begin{cases} \left[1 - (z - z_{ristab}) \cdot 0.00009 \cdot \left(\frac{1}{\text{m}} \right) \right] & \text{if } z > z_{ristab} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$\Pi_d(z) := \Pi_{a0} \cdot \phi_{cr} \cdot \eta_p \cdot K_{alt}$$

$$\Pi_d(z) = 2.983 \times 10^5 \text{ W} \quad \Pi_d(z) = 400 \cdot \text{hp}$$

$$CD := 1.1 \cdot CD_0 \quad CD = 0.0308$$

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

Risultato in m/s

$$V_{\text{www}} := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi_d(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 118.605 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V = 426.977 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

CD successivamente calcolato in funzione del CL di equilibrio in volo livellato (questo funzione della velocità dalla equazione $L=W$)

Iterazioni successive

Iterazione 2 CD =NUOVO calcolato con il CL calcolato a sua volta in funzione della nuova V

$$CL := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.2882 \quad \text{Nella formula } W \text{ in [N]}$$

$$CD_{\text{www}} := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.03204$$

Da ora in poi USO il Kv della prima iterazione , quello nuovo è praticamente quasi uguale, infatti la velocità calcolata con i due valori di Kv ha differenze al di sotto di 1 Km/h

$$V_{\text{www}} := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi_d(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 117.054 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V = 421.395 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Iterazione 3 CD =NUOVO calcolato con il CL calcolato a sua volta in funzione della nuova V

$$\underline{\underline{CL}} := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.296$$

$$\underline{\underline{CD}} := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.03226$$

$$\underline{\underline{V}} := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi d(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 116.789 \frac{m}{s} \quad V = 420.441 \frac{km}{hr}$$

Ci si potrebbe anche fermare qui (la differenza tra la seconda e la terza iterazione fornisce poco più di 1-2 Km/h di differenza, ma se si vuole scendere al di sotto del Km/h di precisione, si può fare una quarta iterazione. In effetti bisognerebbe ragionare in %, cioè quando la differenza è ad esempio inferiore al 3%.

Iterazione 4 CD = NUOVO

$$\underline{\underline{CL}} := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.297$$

$$\underline{\underline{CD}} := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.0323$$

$$\underline{\underline{V}} := \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \Pi d(z)}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD}} \quad V = 116.743 \frac{m}{s} \quad V = 420.273 \frac{km}{hr}$$

FINITO !!!!

2 BIS - Pot necessaria a raggiungere Vmax

$$\underline{\underline{V}} := 500 \frac{km}{hr} \quad V = 138.889 \frac{m}{s} \quad \phi_{ass} := 1 \quad z = 6 \times 10^3 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{CL}} := \frac{2 \cdot W}{\rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot V^2} \quad CL = 0.21$$

$$\underline{\underline{CD}} := CD_0 + \frac{CL^2}{\pi \cdot AR \cdot e} \quad CD = 0.03015$$

$$\Pi_{dnec} := \frac{1}{2} \rho_0 \cdot \sigma(z) \cdot S \cdot CD \cdot (V^3) \quad \Pi_{dnec} = 468.853 \cdot kW$$

$$\Pi_{ao_nec} := \frac{\Pi_{dnec}}{(\phi_{ass} \cdot \eta_p)} \quad \Pi_{ao_nec} = 586.066 \cdot kW \quad \Pi_{ao_nec} = 785.928 \cdot hp$$

PRESTAZIONI DI SALITA

4) MASSIMO RATEO DI SALITA S/L - AEO

Nel caso di Velivolo ad elica viene valutato nel punto P (minima potenza necessaria), nell'ipotesi di potenza disponibile costante con la velocità

QUOTA S/L $\phi := 1$ Salita a massimo grado ammissione

$$CL_P = 1.314$$

$$V_{D(z)} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{CL_P}}$$

$$V_{P(0 \cdot m)} = 40.758 \frac{m}{s} \quad V_{P(0 \cdot m)} = 146.729 \cdot \frac{km}{hr}$$

$$V := V_{P(0 \cdot m)} \quad V = 40.758 \frac{m}{s} \quad V = 146.729 \cdot \frac{km}{hr}$$

La potenza disponibile è funzione della potenza di targa, del grado di ammissione (qui =1 perchè la condizione è quella di massima manetta), del rendimento propulsivo dell'elica, dell'effetto della quota (schematizzato con il rapp delle densità)

In caso di salita in condizioni OEI usare solo 1 motore ed usare la prima relazione

$$\Pi_{D(z)} := 0.5 \cdot \Pi_{ao} \cdot \phi \cdot \sigma(z) \cdot \eta_p$$

QUESTO NEL CASO DI CONDIZIONI OEI

$$\Pi_{D(z)} := \Pi_{ao} \cdot \phi \cdot \eta_p$$

$$\Pi_D(0) = 298 \cdot kW \quad \Pi_D(0) = 400 \cdot hp$$

La Potenza necessaria è anch'essa valutata nel punto P, sempre a quota S/L

$$\Pi_{nP}(0) = 81.7 \cdot kW$$

$$\Pi_{nP}(0) = 109.627 \cdot hp$$

Valuto i due contributi (motore e resistente) Nella formula potenze in Watt e peso in [N]

$$RC_{\max_MOT}(z) := \frac{\Pi_D(z)}{W} \quad RC_{\max_MOT}(0 \cdot m) = 12.673 \frac{m}{s}$$

$$RC_{\max_RES}(z) := \frac{\Pi_{nP}(z)}{W} \quad RC_{\max_RES}(0 \cdot m) = 3.473 \frac{m}{s}$$

$$RC_{\max}(z) := \frac{\Pi_D(z) - \Pi_{nP}(z)}{W} \quad RC_{\max}(0 \cdot m) = 9.2 \frac{m}{s} \quad RC_{\max_0} := RC_{\max}(0 \cdot m)$$

$$RC_{\max}(0 \cdot m) = 1811.029 \cdot \frac{ft}{min} \quad RC_{\max_0AEO} := RC_{\max_0}$$

angolo di salita corrispondente

$$teta := \frac{RC_{\max}(0 \cdot m)}{V} \quad teta = 0.226 \quad tetag := teta \cdot 57.3 \quad tetag = 12.934 \quad deg$$

o anche

$$T_d := \frac{\Pi_d(0)}{V} \quad T_d = 7.318 \times 10^3 \text{ N} \quad T_d = 746.3 \cdot \text{kgf}$$

$$T_n := D_p \quad T_n = 2.006 \times 10^3 \text{ N} \quad T_{n2} := \frac{\Pi_{np}(0)}{V} \quad T_{n2} = 204.5 \cdot \text{kgf}$$

$$\text{teta} := \frac{(T_d - T_n)}{W} \quad \text{teta} = 0.226 \quad \text{tetag} := \text{teta} \cdot 57.3 \quad \text{tetag} = 12.934 \quad \text{deg}$$

$$\begin{aligned} T_d &:= \frac{\Pi d(0)}{V} & T_d &= 7818.3 \text{ N} & T_d &= 797.2 \cdot \text{kgf} \\ T_n &:= D_S & T_n &= 2156.2 \text{ N} & T_{n2} &:= \frac{\Pi n_S(0)}{V} & T_{n2} &= 2156.2 \cdot \text{N} \\ \text{teta_max} &:= \frac{(T_d - T_n)}{W} & \text{teta_max} &= 0.241 & \text{teta_maxg} &:= \text{teta_max} \cdot 57 & \text{deg} \\ & & & & \text{teta_maxg} &= 13.785 \end{aligned}$$

6) MAX Rateo di salita a quota z (zclimb assegnata)

$$\begin{aligned} \phi &= 1 & z &:= z_{cl} & z &= 6000 \text{ m} & \sigma(z) &= 0.538 \\ V_P(z) &= 55.544 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ V &:= V_P(z) & V &= 55.544 \frac{\text{m}}{\text{s}} & V &= 199.96 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \\ z &= 6000 \text{ m} & \sigma(z) &= 0.538 & z_{ristab} &= 6.5 \times 10^3 \text{ m} \end{aligned}$$

modello motore turbocharged per quota < quota ristabilimento

$$\text{Kalt} := \begin{cases} \left[1 - (z - z_{ristab}) \cdot 0.00009 \cdot \left(\frac{1}{\text{m}} \right) \right] & \text{if } z > z_{ristab} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$\Pi d(z) := 0.5 \cdot \Pi_{ao} \cdot \phi \cdot \eta_p \cdot \text{Kalt} \quad \text{Questa formula per condizioni OEI}$$

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

Attenzione , se la quota di calcolo è maggiore della quota di ristabilimento

$$\Pi d(z) = 298 \cdot \text{kW} \quad \Pi d(z) = 400 \cdot \text{hp}$$

La Potenza necessaria è anch'essa valutata nel punto P, sempre alla quota data

$$z = 6000 \text{ m} \quad \Pi n_P(z) = 111 \cdot \text{kW} \quad \Pi n_P(z) = 149 \cdot \text{hp}$$

$$\text{RC}_{\text{max_MOT}}(z) := \frac{\Pi d(z)}{W} \quad \text{RC}_{\text{max_MOT}}(z) = 12.673 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{RC}_{\text{max_RES}}(z) := \frac{\Pi n_P(z)}{W} \quad \text{RC}_{\text{max_RES}}(z) = 4.733 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{RC}_{\text{max}}(z) := \frac{\Pi d(z) - \Pi n_P(z)}{W} \quad \text{RC}_{\text{max}}(z) = 7.94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

angolo di salita corrispondente

$$\text{teta} := \frac{\text{RC}_{\text{max}}(z)}{V} \quad \text{teta} = 0.143 \quad \text{tetag} := \text{teta} \cdot 57.3 \quad \text{tetag} = 8.191 \quad \text{deg}$$

o anche

$$\text{ARG}_1 = 2.091 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{ARG}_2 = 9.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{TERM_LN1} := \ln \left[\left(f_a + f_b \cdot z_c \right) \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}} \right] \quad \text{TERM_LN1} = 0.737$$

$$\text{TERM_LN2} := \ln \left(f_a \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}} \right) \quad \text{TERM_LN2} = 2.219$$

$$t_{\text{min}} := \frac{TQ}{f_b} \quad t_{\text{min}} = 1.251 \times 10^3 \text{ s} \quad t_{\text{min}} = 20.842 \cdot \text{min}$$

Tempo simile al caso precedente
ottenuto con altro valore di b , ma
abbastanza simile.

10) Massimo range velivolo ad elica

$$z := z_{cr}$$

$$z = 6000 \text{ m}$$

$$\text{hp} = 745.7 \text{ W}$$

Peso iniziale = W

Peso finale = W-WF (peso massimo - peso del combustibile)

Per rendere la formula di Breguet dimensionalmente corretta bisogna trasformare SFC (lb/(hp hr)) in unità del sistema internazionale con C [N/(Watt sec)], cioè 1/m.

Sapendo che:

$$1 \text{ N} = (1/9.81 \text{ Kgf}) = (1/(9.81 \cdot 0.454)) \text{ lbf} = (1/4.45) \text{ lbf} = 0.2247 \text{ lbf}$$

$$1 \text{ Watt} = (1/745.7) \text{ hp} = 0.001341 \text{ hp}$$

$$1 \text{ sec} = (1 \text{ hr}/3600) = (1/3600) \text{ hr} = 0.000278 \text{ hr}$$

Si ha che:

$$c \text{ [N/Watt sec]} = 1/(3600 \cdot 745.7/4.45) = 1/603263 \text{ SFC [lb/(hp hr)]}$$

Quindi il coefficiente che serve per rendere tutto dimensionalmente corretto (usando SFC dato)

in input è =603263 con il Range espresso in [m]. Per cui sarà 603.3 con il range espresso in [Km].

Quindi la formula di Breguet diventa

$$R_{\max} := \frac{\eta_p}{c} \cdot E_E \cdot \ln\left(\frac{W}{W - W_F}\right) \quad R_{\max} := 603.3 \cdot \frac{\eta_p}{\text{SFC}} E_E \cdot \ln\left(\frac{W}{W - W_F}\right) \quad \text{con } R_{\max} \text{ in [Km]}$$

$$R_{\max} := \frac{\eta_p}{\text{SFC}} \cdot E_E \cdot \ln\left(\frac{W}{W - W_F}\right) \quad R_{\max} = 2778713 \text{ m} \quad R_{\max} = 2778.7 \cdot \text{km}$$

$$V_{E(z)} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{\text{CL}_E}} \quad V_{E(z)} = 73.101 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{E(z)} = 263.162 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{TAS}$$

$$V_{E_EAS} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot 1} \cdot \frac{W}{S} \cdot \frac{1}{\text{CL}_E}} \quad V_{E_EAS} = 53.641 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{E_EAS} = 193.107 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{EAS}$$

Ipotesi TAS ed assetto costanti

TAS finale = TAS iniziale

$$V_{E_fin_EAS} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot 1} \cdot \frac{W - W_F}{S} \cdot \frac{1}{\text{CL}_E}} \quad V_{E_fin_EAS} = 47.727 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{E_fin_EAS} = 171.818 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{EAS}$$

Ipotesi Velocità TAS costante - calcolo variazione quota (quota finale)

$$\sigma_{i} := \sigma(z) \quad \sigma_{f} := \sigma_{i} \cdot \frac{(W - W_F)}{W} \quad \sigma_{f} = 0.426$$

$$R_{\text{appTemp}} := (\sigma_{f})^{\left(\frac{1}{4.256}\right)}$$

$$R_{\text{appTemp}} = 0.818$$

$$\text{Temp} := R_{\text{appTemp}} \cdot 288.15$$

$$\text{Temp} = 235.836$$

$$h_f := \frac{(288.15 - \text{Temp}) \cdot 1000 \text{m}}{6.5}$$

$$h_f = 8048.4 \text{ m}$$

Ipotesi quota costante -calcolo vel finale

$$V_{E_fin(z)} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot \sigma(z)} \cdot \frac{(W - W_F)}{S} \cdot \frac{1}{\text{CL}_E}} \quad V_{E_fin(z)} = 65.042 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{E_fin(z)} = 234.15 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{TAS}$$

$$V_{E_fin_EAS} := \sqrt{\frac{2}{\rho_0 \cdot 1} \cdot \frac{W - W_F}{S} \cdot \frac{1}{\text{CL}_E}} \quad V_{E_fin_EAS} = 47.727 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{E_fin_EAS} = 171.818 \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{EAS}$$

Questa è la EAS finale anche nella ipotesi di TAS e CL costante e quindi quota variabile

Ipotesi quota costante -calcolo vel finale; o anche, in modo elegante: