ESERCIZIO 1 (virata corretta + volo librato)

Sapendo che un aeroplano ha una superficie di 45 m^2, carico alare 150 kg/m^2 e che polare aerodinamica espressa mediante l'equazione $C_R = 0{,}022 + 0{,}1 \cdot C_P^{\,2}$ **determinare:**

a) **- per la quota di volo di 1.000m, la velocità con cui può compiere una virata corretta nel piano orizzontale con raggio di 700 m ed inclinazione trasversale di 45°;**
- il corrispondente C_P;
- il tempo necessario per invertire la rotta;
- la potenza necessaria durante la manovra.

b) **- per la quota di volo di 500m, il minimo angolo di planata con trazione nulla;**
- la corrispondente velocità sulla traiettoria;
- la velocità discensionale;
- a che distanza dal suolo si trova il velivolo dopo un minuto di volo librato.

c) **Rappresentare graficamente lo schema relativo all'equilibrio delle forze agenti in ciascuna delle due fasi di volo**

Soluzione:
a) VIRATA: V = 298,3 km/h ; C_P = 0,545 ; t =26,5 s; Π = 1000 CV
b) VOLO LIBRATO: β = 5°20'; V = 263 km/h; w = 6,8 m/s; h = 90 m

---

a) Virata corretta di 180° con θ=45° e R= 700m

$$\rho_{1000} = \rho_o\,(1 - 0{,}0000226 \cdot z)^{4{,}256} \cong 1{,}111\ \mathrm{kg/m^3}$$

la velocità di virata si ottiene da: $V_V = \sqrt{r \cdot g \cdot tg\vartheta} = \sqrt{700 \cdot 9{,}81 \cdot tg\,45} = 82{,}86\ m/s = 298{,}32\ km/h$

il fattore di contingenza è: $n = \dfrac{1}{\cos\vartheta} = \dfrac{1}{\cos 45} = 1{,}414$

essendo $C_p = \dfrac{2P_V}{\rho S V_V^{\,2}}$ e $P\cos\theta = Q \Rightarrow P_V = \dfrac{Q}{\cos\vartheta}$'

$$C_p = \frac{2P_V}{\rho S V_V^{\,2}} = \frac{2 \cdot Q / S}{\rho \cdot V^2{}_V \cdot \cos\theta} = \frac{2 \cdot 9{,}81 \cdot 150}{1{,}111 \cdot 82{,}86^2 \cdot \cos 45} = \frac{2943}{5393{,}72} = 0{,}545$$

il tempo che occorre per una virata di 180° è: $t = \dfrac{spazio}{velocità} = \dfrac{\pi r}{V_V} = \dfrac{3{,}14 \cdot 700}{82{,}86} = 26{,}5\ s$

potenza nex in virata è $\Pi nv = R \cdot V_V = \dfrac{1}{2}\rho S C_R V_V^{\,3}$

poichè $C_R = 0{,}022 + 0{,}1 \cdot C_P^{\,2} = 0{,}022 + 0{,}1 \cdot 0{,}545^2 = 0{,}0517$

$$\Pi nv = \frac{1}{2}\rho S C_R V_V^{\,3} = \frac{1}{2} \cdot 1{,}111 \cdot 45 \cdot 0{,}0517 \cdot 82{,}86^3 = 735{,}23\ kW = \frac{735{,}23}{0{,}735} CV = 1000{,}3\, CV$$

b) Volo librato da z = 500 m

$$\rho_{500} = \rho_o\,(1 - 0{,}0000226 \cdot z)^{4{,}256} \cong 1{,}167\ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^3$$

$$\beta_{min} = \mathrm{arctg}\frac{1}{E_{max}} = \mathrm{arctg}\left(\frac{C_{REmax}}{C_{PEmax}}\right) \quad \text{dove} \quad \begin{cases} C_{PEmax} = \sqrt{\pi \cdot \lambda e \cdot C_{R0}} \\ C_{REmax} = 2 \cdot C_{R0} \end{cases}$$

dalla polare $\quad C_R = 0{,}022 + 0{,}1 \cdot C_P{}^2 \quad$ si ricava $\begin{cases} C_{R0} = 0{,}022 \\ \dfrac{1}{\pi \lambda e} = 0{,}1 \end{cases}$

quindi:

$$\begin{cases} C_{PEmax} = \sqrt{\pi \cdot \lambda e \cdot C_{R0}} = 0{,}469 \\ C_{REmax} = 2 \cdot C_{R0} = 0{,}044 \end{cases} \Rightarrow \beta_{min} = \mathrm{arctg}\left(\frac{C_{REmax}}{C_{PEmax}}\right) = \mathrm{arctg}\left(\frac{0{,}044}{0{,}469}\right) = 5{,}359 = 5°21'$$

la velocità sulla traiettoria è:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta}{\rho \cdot C_P}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 150 \cdot \cos 5{,}359}{1{,}167 \cdot 0{,}469}} = 73{,}17\ \mathrm{m/s} = 263{,}40\ \mathrm{km/h}$$

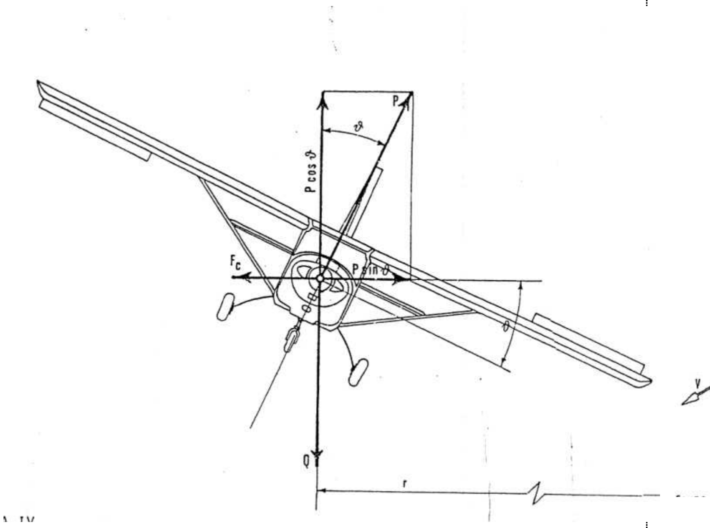
la velocità discensionale è: $\quad w = V \cdot \mathrm{sen}\beta = 73{,}17 \cdot \mathrm{sen}\, 5{,}359 = 6{,}833\ \mathrm{m/s}$

la perdita di quota in un minuto: $\quad \Delta z = w \cdot \Delta t = 6{,}833 \cdot 60 = 410\ \mathrm{m}$

la distanza dal suolo sarà: $\quad h = z - \Delta z = 500 - 410 = 90\ \mathrm{m}$

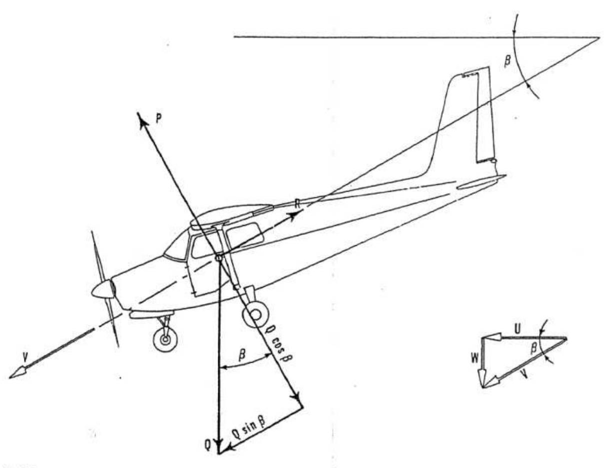
c) Rappresentazione grafica degli schemi relativi alle manovre

$$\begin{cases} \dfrac{Q}{g}\dfrac{V^2}{R} = P\ \mathrm{sen}\,\vartheta \\ Q = P\cos\vartheta \end{cases}$$



VIRATA CORRETTA

P = Q cos β
R = Q sen β



VOLO LIBRATO

ESERCIZIO 2 (virata corretta + volo librato)

Un aereo ad ala rettangolare di allungamento 6 e apertura 12 ha un carico alare di 120kg/m^2. Tale aereo deve eseguire alla velocità di 510 km/h ed all'incidenza per cui E=10 , una virata corretta alla quota di 4000 m. Allo stesso assetto e prima della virata il tubo di Pitot posto sul bordo d'entrata dell'ala segnava un differenza di pressione pari a 30,75 mmHg.
Si domanda l'assetto trasversale necessario alla virata, il raggio di quest'ultima e la differenza tra la potenza necessaria in orizzontale e quella necessaria in virata.
Supposto poi che l'aereo scenda in volo librato all'assetto già detto, determinare i valori del raggio di azione, dell'autonomia di spazio e di tempo e dell'angolo che la traiettoria forma con l'orizzontale.

Soluzione:

a) VIRATA: $\theta = 60°$; R = 1180 m ; $\Delta\Pi$ = 700 CV
b) VOLO LIBRATO: s = 40 km; Δt = 7'20''; β = 5°43'

---

a) Virata corretta con E=10 e V_V= 510 km/h

$$S = \frac{b^2}{\lambda} = \frac{12^2}{6} = 24 m^2$$

$$Q = Q/_S \cdot S = 120 \cdot 24 = 2880 Kg$$

$$\rho_{4000} = \rho_o (1 - 0{,}0000226 \cdot z)^{4{,}256} \cong 0{,}818 \, kg/_{m^3}$$

La velocità di volo, prima di entrare in virata, e corrispondente al Δp fornito dal Pitot è:

$$Vo = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30{,}75 \cdot (101300/760)}{0{,}818}} = 100{,}10 m/s = 360{,}38 km/h$$

Il fattore di contingenza si ottiene da $\Rightarrow V_v = V_o \sqrt{n} \quad \Rightarrow n = \left(\frac{V_v}{V_0}\right)^2 = 2$

l'assetto trasversale θ è dato da $\Rightarrow \vartheta = \arccos\left(\frac{1}{n}\right) = \arccos\left(\frac{1}{2}\right) = 60°$

il raggio della virata è $\Rightarrow \quad R = \frac{V_v^{\ 2}}{g \cdot tg\vartheta} = \frac{141{,}66^2}{9{,}81 \cdot tg\,60} = 1.181 m$

Per calcolare la potenza necessaria in volo orizzontale occorre la resistenza.

Poiché la virata è realizzata ad assetto costante, la resistenza in VROU è data da:

resistenza in V.R.O.U. $\Rightarrow R_o = \frac{P}{E} = \frac{Q}{E} = \frac{9{,}81 \cdot 2880}{10} = 2825{,}28\,N$

che corrisponde al seguente assetto $\rightarrow \begin{cases} C_R = \frac{2 \cdot R}{\rho \cdot S \cdot V_O^2} = \frac{2 \cdot 2825{,}28}{0{,}818 \cdot 24 \cdot 100{,}1^2} = 0{,}0287 \\ C_P = E \cdot C_R = 10 \cdot 0{,}0287 = 0{,}287 \end{cases}$

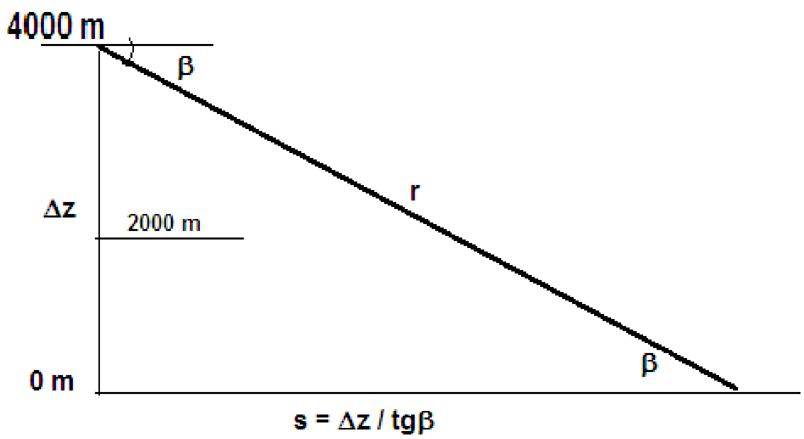
potenza nex in VROU $\quad \Pi no = Tno \cdot Vo = R_o \cdot V_o = 2825{,}28 \cdot 100{,}1 = 282{,}81\,kW = 384{,}8\,CV$

potenza nex in virata: $\quad \Pi nV = \frac{\Pi no}{\sqrt{\cos^3 \vartheta}} = \frac{281{,}81}{\sqrt{\cos^3 60}} = 797{,}08\,kW = 1084{,}46\,CV$

diffrenza di potenza: $\quad \Delta\Pi = \Pi nV - \Pi no = 797{,}08 - 282{,}81 = 514{,}27\,kW = 700\,CV$

b) Volo librato da z = 4000 m con E=10

Poiché il velivolo scende in volo librato da 4000 m al suolo con lo stesso assetto (C_P = 0,287) , si assume per il calcolo della densità la quota media di 2000 m.



$$\rho_{medio} = \rho_{2000} = \rho_o\,(1 - 0{,}0000226 \cdot z)^{4{,}256} \cong 1{,}006\ {}^{kg}\!/\!{}_{m^3}$$

$$\beta = arctg\frac{1}{E} = arctg\frac{1}{10} = 5{,}71 = 5°42'$$

il dislivello percorso è $\quad \Delta z = 4000\,m$

la velocità sulla traiettoria è: $\quad V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta}{\rho \cdot C_P}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 120 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 5{,}71}{1{,}006 \cdot 0{,}287}} = 90\,m/s$

la velocità discensionale è: $\quad w = V sen\beta = 90 \cdot sen 5{,}71 = 8{,}96\,m/s$

il tempo di discesa: $\quad t = \frac{spazio}{velocità} = \frac{\Delta z}{w} = \frac{4000}{8{,}96} = 446\,s = 7'26''$ (autonomia di tempo)

il raggio di azione: $\quad s = \frac{\Delta z}{tg\beta} = {}^{4000}\!/\!{}_{tg 5{,}71} = 39{,}93\,km$

lo spazio percorso in volo: $\quad r = \frac{\Delta z}{sen\beta} = 40{,}13\,km$ (autonomia di spazio)

ESERCIZIO 3 (virata corretta + volo veleggiato) **Estratto Esame di Stato a.s. 2008-2009**

Un motoaliante, avente le caratteristiche sotto riportate, sale alla quota di 3.700 m e, dopo aver raggiunto il volo livellato ad una velocità di 210 km/h, esegue una modifica di 70° della rotta con fattore di contingenza n=1,5 e successivamente uno spostamento di 25 km senza variare l'assetto, portandosi in una zona caratterizzata da un'estesa corrente ascensionale.
A tal punto il pilota spegne il motore e pone l'elica in bandiera.
Il candidato determini:

- **l'assetto, l'angolo di inclinazione laterale, il raggio, la velocità ed il tempo necessari alla virata;**
- **sia il raggio d'azione che la durata massima nel volo librato, assumendo che la suddetta corrente ascensionale (o vento) abbia un'intensità costante w=2,8 m/s ed un'estensione limitata ai primi 50 km;**
- **gli effetti dell'eventuale assenza di vento;**

Caratteristiche del velivolo:

¬ **peso complessivo (nel volo librato): W = 4.500 N**
¬ **apertura alare: b = 15,12 m**
¬ **allungamento alare: λ = 18,1**
¬

C_P	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,13
C_R	0,0100	0,0105	0,0153	0,0260	0,0422	0,0713	0,126

Soluzione:

a) VIRATA: C_p=0,248; θ = 48° ; R = 465 m; V = 71,4 m/s; t = 8s

b) VOLO VELEGGIATO:

con assetto di Emax	177 km	1h 07' 07"
con asseto di $\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}$	171,7 km	1h 19'11"
senza vento assetto Emax	96,7 km	8'47''
senza vento assetto $\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}$	85,4 km	41' 54''

---

a) V.R.O.U alla quota di 3.700 m e V=210 km/h

$$S=\frac{b^2}{\lambda}=\frac{15{,}12^2}{18{,}1}=12{,}63\ m^2$$

$$\rho_{3700}=\rho_o\,(1-0{,}0000226\cdot z)^{4{,}256}\cong 0{,}845\ {kg}/{m^3}$$

$$C_{P\,VORU}=\frac{2\cdot P}{\rho\cdot S\cdot V_0^2}=\frac{2\cdot 4500}{0{,}845\cdot 12{,}63\cdot\left(\frac{210}{3{,}6}\right)^2}=0{,}248$$

b) Fase (1-2): Virata corretta con n=1,5 ed assetto costante

Poiché la virata è ad assetto costante, il $C_{PV} = C_{P\,VORU} = 0{,}249$ mentre il C_R si ricava dall'espressione analitica della polare:

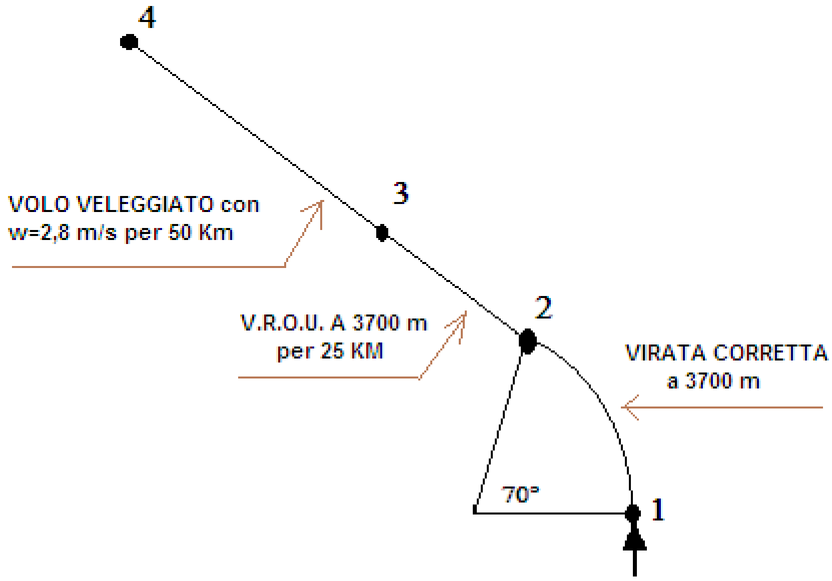
l'assetto trasversale θ è dato da $\Rightarrow \vartheta=\arccos\left(\frac{1}{n}\right)=\arccos\left(\frac{1}{1{,}5}\right)=48{,}19=48°11'$

la velocità della virata è $\Rightarrow V_V=V_o\sqrt{n}\quad=210\cdot\sqrt{1{,}5}=257{,}2\ km/h=71{,}44 m/s$

il raggio della virata è $\Rightarrow \quad R = \frac{V_V^{\,2}}{g \cdot tg\vartheta} = \frac{71{,}44^2}{9{,}81 \cdot tg\,48{,}19} = 465{,}38\,m$

lo spazio percorso in virata è $\Rightarrow S_{1-2} = \text{arco di } 70° = (7/18) \cdot \pi \cdot R = 568{,}28\,m$

il tempo di virata è $\Rightarrow t = \frac{\text{spazio}}{\text{velocità}} = \frac{568{,}28}{71{,}44} = 7{,}95\,s$



c) Fase (2-3): Volo livellato a z=3.700 m con assetto costante

In questa fase con un C_P = 0,249 e con una velocità di 210 km/h il velivolo percorre alla quota di 3.700 m lo spazio : $S_{\,2-3} = 25.000\ m$

d) Fase (3-4): Volo veleggiato con w'=2,8m/s m/s per i primi 50 km + Volo librato Assetto di E_{max}

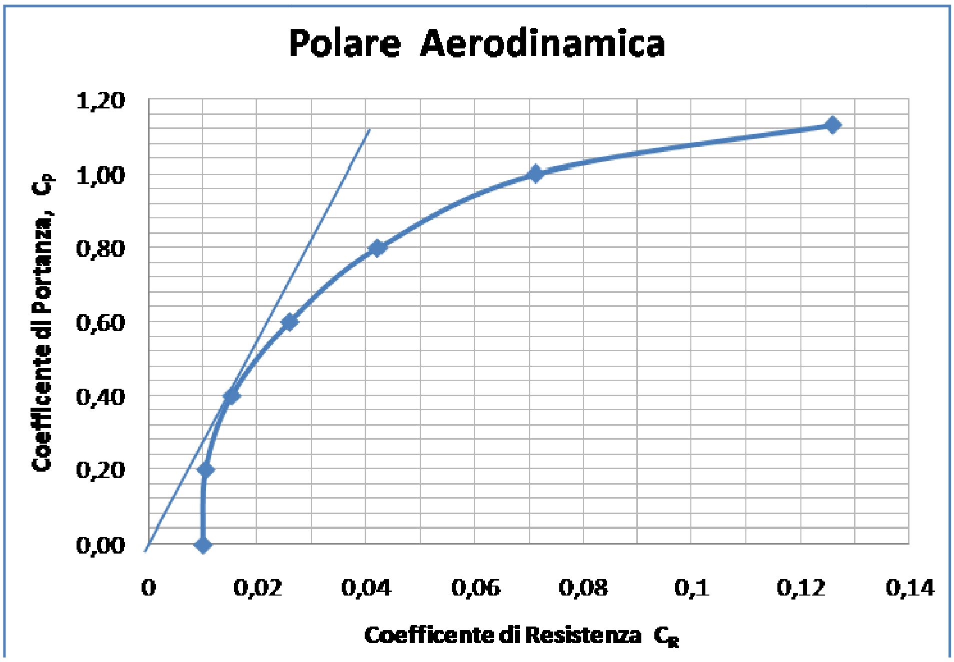
Poiché nel punto 3 il velivolo entra in una raffica con velocità ascensionale w = 2,8 m/s, che potrebbe risulta maggiore di quella che sarebbe la velocità discensionale in assenza di vento occorre calcolare quest'ultima per capire cosa succede nei primi 50 km .

Per percorre il **maggiore spazio possibile (raggio di azione massimo)** l'assetto dovrà essere quello corrispondente alla E_{max}

$$\rho_{medio} = \rho_{1850} = \rho_o\,(1 - 0{,}0000226 \cdot z)^{4{,}256} \cong 1{,}021\,{}^{kg}\!/\!{}_{m^3}$$

$$\beta_{min} = arctg\frac{1}{E_{max}} = arctg\left(\frac{C_{REmax}}{C_{PEmax}}\right)$$

Poiché il testo ci ha fornito la polare in forma tabellare, occorre calcolare graficamente l'assetto di E_{max}, , tracciando prima la curva e poi individuando il punto con la tangente passante per l'origine degli assi. Si ottiene in tal modo:



Dal grafico si legge $C_{P\ Emax}$=0,40 e $C_{R\ Emax}$=0,015 pertanto E_{max} = 26,66

$$\beta_{min} = arctg\frac{1}{E_{max}} = arctg\frac{1}{26,66} = 2,148 = 2°08'$$

In assenza di vento sarà:

$$\text{velocità sulla traiettoria: } V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta_{min}}{\rho \cdot C_{PEmax}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4500/12,63 \cdot \cos 2,148}{1,021 \cdot 0,400}} = 41,76\ m/s$$

$$\text{velocità discensionale: } w = V sen\beta = 41,76 \cdot sen(2,148) = 1,56\ m/s \quad \text{(in assenza di vento)}$$

Pertanto poiché la velocità discensionale in assenza di vento è minore della raffica agente , la fase 3-4 , in realtà, è suddividere in due parti; una prima parte, lunga 50 km in cui il velivolo, in realtà, sale con una w_R= 2,8-1,56 = 1,24 m/s (volo veleggiato) , ed una seconda parte in cui, una volta uscito dalla raffica, discenderà dalla nuova quota raggiunta (> di 3700m) fino a quota zero (volo librato in aria calma)

1) Nella salita per effetto della raffica la velocità verticale risultante sarà w_R= 1,24 m/s per una durata di 50 km , la velocità sulla traiettoria sarà quella del volo livellato. Pertanto l'aereo sale con un angolo di rampa dato da:

$$\text{angolo di rampa in salita: } sen\beta = \frac{w_R}{V} = \frac{1,24}{58,33} = 0,0212 \Rightarrow \beta = 1,22 = 1°13'$$

$$\text{l'aumento di quota è } \Delta z = s_1 \cdot tg\beta = 50.000 \cdot tg(1,22) = 1065\,m$$

$$\text{la nuova quota raggiunta è } z_1 = 3700 + 1065 = 4765\,m$$

$$\text{il tempo di salita: } t_1 = \frac{\text{spazio}}{\text{velocità}} = \frac{\Delta z}{w} = \frac{1065}{1,24} = 858,9\ s = 14'31''$$

$$\text{il raggio di azione: } s_1 = \frac{\Delta z}{tg\beta} = 1065/tg(1,22) = 50\ km$$

2) Nella seconda parte della manovra 3-4, il velivolo in volo librato deve scendere dalla quota di 4765 m alla quota zero. Se continuiamo ad ipotizzare l'assetto di Emax per ottenere il massimo raggio di azione, vuol dire che il velivolo comincia a scendere con angolo di rampa β_{min}=2,148=2°08' si ottiene:

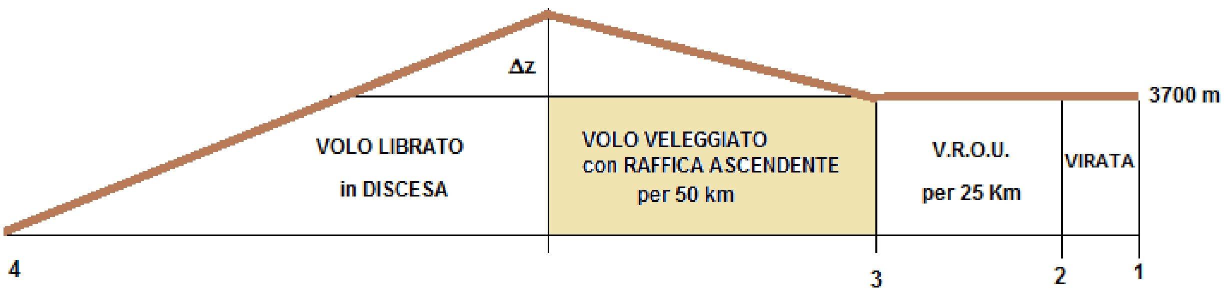
$$\rho_{medio} = \rho_{2382} = \rho_o \left(1-0{,}0000226 \cdot z\right)^{4{,}256} \cong 0{,}968 \, kg/m^3$$

la velocità sulla traiettoria è: $V_2 = \sqrt{\dfrac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta_{min}}{\rho \cdot C_{PEmax}}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 4500/12{,}63 \cdot \cos 2{,}148}{0{,}968 \cdot 0{,}400}} = 42{,}88 \, m/s$

la velocità discensionale è: $w_2 = V\mathrm{sen}\beta = 42{,}88 \cdot \mathrm{sen}(2{,}148) = 1{,}607 \, m/s$

il tempo di discesa: $t_2 = \dfrac{spazio}{velocità} = \dfrac{\Delta z}{w} = \dfrac{4765}{1{,}607} = 2964{,}5 \, s = 49'41''$

il raggio di azione: $s_2 = \dfrac{\Delta z}{tg\beta} = 4765 / tg(2{,}148) = 127{,}04 \, km$



RIEPILOGO (assetto E_{max})

Spazio max percorso complessivamente in volo veleggiato + librato

$$S_{tot} = S^1_{3-4} + S^2_{3-4} = 50.000 + 127.040 \cong 177 \, km$$

Tempo trascorso complessivamente in volo veleggiato + librato

$$t_{tot} = t^1_{3-4} + t^2_{3-4} = 858{,}9 \, s + 2964{,}5 \, s \cong 3824 \, s = 63',72'' = 1h \; 04' \; 02''$$

e) Fase (3-4): Volo veleggiato con w'=2,8m/s m/s per i primi 50 km + Volo librato Assetto di $\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}$

Se invece vogliamo calcolare **la durata massima del volo librato** l'assetto dovrà essere quello corrispondente a $\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}$ quando il velivolo raggiunge nel punto 3 la raffica con velocità ascensionale w = 2,8 m/s.

$$\begin{cases} C_{P\left(E\sqrt{C_P}\right)_{max}} = \sqrt{3 \cdot \pi \cdot \lambda e \cdot C_{R0}} = \sqrt{3} \cdot C_{PE_{max}} = \sqrt{3} \cdot 0{,}40 = 0{,}69 \\ C_{R\left(E\sqrt{C_P}\right)_{max}} = 4 \cdot C_{R0} = 2 \cdot C_{RE_{max}} = 2 \cdot 0{,}015 = 0{,}030 \end{cases}$$

$$E_{\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}} = \frac{0{,}69}{0{,}030} = 23{,}09 \quad \Rightarrow \quad \beta = \mathrm{arctg}\frac{1}{E} = 2{,}48 = 2°16'$$

In assenza di vento sarà:

$$\text{velocità sulla traiettoria: } V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta}{\rho \cdot C_{P_{E(\sqrt{CP})_{max}}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4500/12{,}63 \cdot \cos 2{,}48}{1{,}021 \cdot 0{,}690}} = 31{,}79 \text{ m/s}$$

$$\text{velocità discensionale: } w = V\text{sen}\beta = 31{,}79 \cdot \text{sen}(2{,}48) = 1{,}375 \text{ m/s} \quad \text{(in assenza di vento)}$$

1) Nella salita per effetto della raffica la velocità verticale risultante sarà w_R= 2,8-1,375= 1,424 m/s per una durata di 50 km , la velocità sulla traiettoria sarà quella del volo livellato nel punto 3. Pertanto l'aereo sale con un angolo di rampa dato da :

$$\text{angolo di rampa in salita: } \text{sen}\beta = \frac{w_R}{V} = \frac{1{,}424}{58{,}33} = 0{,}0244 \Rightarrow \beta = 1{,}40 = 1°24'$$

$$\text{l'aumento di quota è } \Delta z = s_1 \cdot \text{tg}\beta = 50.000 \cdot \text{tg}(1{,}40) = 1222 \text{ m}$$

$$\text{la nuova quota raggiunta è } z_1 = 3700 + 1222 = 4922 \text{ m}$$

$$\text{il tempo di salita: } t_1 = \frac{\text{spazio}}{\text{velocità}} = \frac{\Delta z}{w} = \frac{1222}{1{,}424} = 858{,}1 \text{ s} = 14'18''$$

$$\text{il raggio di azione: } s_1 = \frac{\Delta z}{\text{tg}\beta} = 1222/\text{tg}(1{,}24) = 50 \text{ km}$$

2) Nella seconda parte della manovra 3-4, il velivolo in volo librato deve scendere dalla quota di 4922 m alla quota zero. Se continuiamo ad ipotizzare l'assetto di $(E\sqrt{Cp})_{max}$ per ottenere la massima durata del volo, vuol dire che il velivolo comincia a scendere con angolo di rampa β =2,48=2°16' e si ottiene:

$$\rho_{medio} = \rho_{2461} = \rho_o (1 - 0{,}0000226 \cdot z)^{4{,}256} \cong 0{,}960 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{velocità sulla traiettoria: } V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta}{\rho \cdot C_{P_{(E\sqrt{CP})_{max}}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4500/12{,}63 \cdot \cos 2{,}48}{0{,}960 \cdot 0{,}690}} = 32{,}79 \text{m/s}$$

$$\text{velocità discensionale: } w_2 = V\text{sen}\beta = 32{,}79 \cdot \text{sen}(2{,}48) = 1{,}418 \text{ m/s}$$

$$\text{itempo di discesa: } t_2 = \frac{\text{spazio}}{\text{velocità}} = \frac{\Delta z}{w} = \frac{4922}{1{,}418} = 3469{,}7 \text{ s} = 57'50'' \quad \text{(autonomia di tempo)}$$

$$\text{raggio di azione: } s_2 = \frac{\Delta z}{\text{tg}\beta} = 4922/\text{tg}(2{,}48) = 113{,}64 \text{ km}$$

RIEPILOGO (assetto $(E\sqrt{Cp})_{max}$

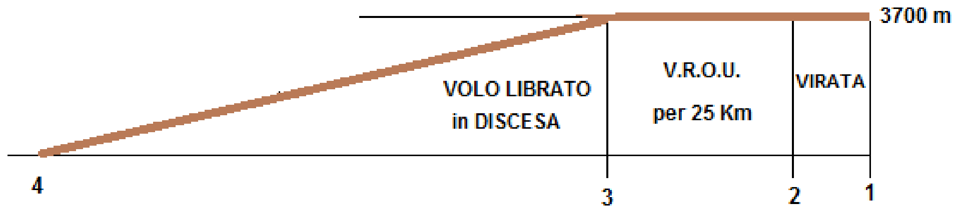
Spazio max percorso complessivamente in volo veleggiato + librato

$$S_{tot} = S^1_{3-4} + S^2_{3-4} = 50.000 + 113.640 \cong 163{,}64 \text{ km}$$

Tempo trascorso complessivamente in volo veleggiato + librato

$$t_{tot} = t^1_{3-4} + t^2_{3-4} = 858{,}1 \text{ s} + 3469{,}7 \text{ s} \cong 4327{,}8 \text{ s} = 72',08'' = 1\text{h } 12' \ 08''$$

f) **Fase (3-4): Volo librato senza vento da quota 3.700 m fino a quota 0**



Abbiamo già in precedenza ricavato:

Con assetto E_{max}	Con assetto $\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}$
$\beta_{min} = arctg\frac{1}{E_{max}} = arctg\frac{1}{26,66} = 2,148 = 2°08'$ $V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta_{min}}{\rho \cdot C_{P_{Emax}}}} = 41,76\ m/s$ $w = V sen\beta = 41,76 \cdot sen(2,148) = 1,56\ m/s$	$\beta = arctg\frac{1}{E} = 2,48 = 2°16'$ $V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q/S \cdot \cos\beta}{\rho \cdot C_{P_{E(\sqrt{CP})max}}}} = 31,79\ m/s$ $w = V sen\beta = 31,79 \cdot sen(2,48) = 1,375\ m/s$

Continuando i calcoli si ottiene:

Con assetto E_{max}	Con assetto $\left(E\sqrt{Cp}\right)_{max}$
$t = \frac{\Delta z}{w} = \frac{3700}{1,56} = 2371,8\ s = 39'32''$ $S = \frac{\Delta z}{tg\beta} = 98,65\ km$	$t = \frac{\Delta z}{w} = \frac{3700}{1,375} = 2691\ s = 44'51''$ $S = \frac{\Delta z}{tg\beta} = 85,43\ km$