

Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITCR – TRASPORTI E LOGISTICA
ARTICOLAZIONE CONDUZIONE DEL MEZZO
OPZIONE CONDUZIONE DELMEZZO AEREO

Tema di: SCIENZE NAVIGAZIONE, STRUTTURA E COSTRUZIONE DEL MEZZO AEREO

ESEMPIO PROVA

Il candidato svolga la prima parte della prova e risponda a due tra i quesiti proposti nella seconda parte.

PRIMA PARTE

Viene pianificato il volo di un ATR 42 MP con trasferimento dall'aeroporto di Palermo Punta Raisi (LICJ: QFU 07/25 orientamento magnetico 065°/245°; lat. 38° 10'.9 N, long. 013° 05'.9 E; elevazione pista 65 ft msl) all'aeroporto di Cagliari Elmas (LIEE: QFU 14/32 orientamento magnetico 138°/318°; lat. 39° 15'.6 N, long. 009° 02'.6 E; elevazione 11 ft m.s.l.).

La declinazione magnetica dell'intera zona è uguale a 2° E.

Sono noti i seguenti dati:

- Velocità operativa di crociera (CAS): 220 kt;
- Velocità operativa di salita (GS): 130 kt;
- Velocità operativa di discesa (GS): 140 kt
- Velocità variometrica salita: 1.000 ft/min;
- Velocità variometrica discesa: 1.200 ft/min;
- Carburante utile: 800 l;
- Consumo medio di crociera: 610 l/h;
- Consumo medio di salita: 680 l/h;
- Consumo medio di discesa: 595 l/h.

Per la pianificazione del volo si sceglie il massimo livello disponibile per i voli VFR, al di sotto di PA 8000 ft, in relazione alla rotta magnetica dell'aereo.

Relativamente alle informazioni meteorologiche, il pilota dispone dei seguenti messaggi Metar relativi ai due aeroporti:

- LICJ 211320Z 28006KT CAVOK 16/10 Q1016=
- LIEE 211320Z 30020KT 3500 DZ BR SCT002 BRN015 13/12 Q1014=

mentre dalle carte del vento e delle temperature in quota, per il livello di volo scelto, il pilota deduce un vento medio di 215°/26 kt e una temperatura media uguale a - 1°C.

Il pilota, subito dopo il decollo, mantiene rotta magnetica 282° fino al TOC procedendo poi, con la stessa rotta, fino al meridiano del punto NEVOT (lat. 39° 02'.4 N, long. 009° 43'.6 E) virando in modo da raggiungere il suddetto punto.

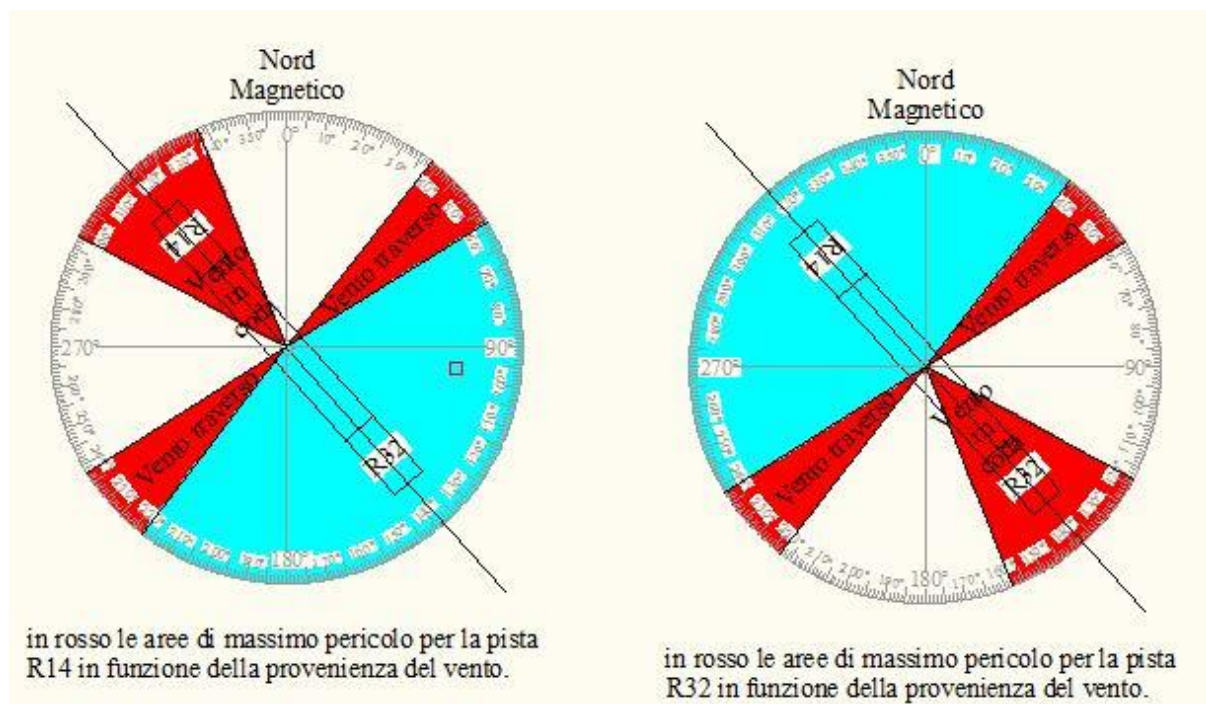
Dal punto NEVOT il pilota assume rotta magnetica 290° per raggiungere il TOD continuando con la stessa rotta sino all'atterraggio sulla pista in uso.

Il candidato pianifichi il volo indicando in particolare le piste in uso, i consumi, il carburante residuo di bordo e l'UT di arrivo a Cagliari Elmas sapendo che il decollo dell'aereo avviene alle UT 14:45.

Considerando la Terra sferica, il candidato costruisca una carta di Mercatore, con scala equatoriale tale che ad 1' corrisponda 1 mm, tracciando su di essa le rotte pianificate.

Risoluzione

Dalla consultazione dei METAR degli aeroporti di partenza e arrivo, si evince che non vi sono problemi di visibilità e di nubi (CAVOK) nell'aeroporto di Palermo, mentre si ha una visibilità scarsa (3,5 km) nell'aeroporto di Cagliari, oltre a problemi di foschia e di pista bagnata a causa della pioviggine. Ovviamente tali eventi, pur non comportando alcuna limitazione ai voli VFR, rendono il volo particolarmente impegnativo. Tuttavia, a causa della copertura nuvolosa quasi totale (7/8 BRN015), la cui base è a 1.500 ft, segnalata dall'aeroporto di Cagliari, non è possibile effettuare il volo, dal momento che non si può garantire una distanza verticale dalla base delle nubi di almeno 1.000 ft. In questo caso il pilota è costretto ad abbandonare l'idea di effettuare il volo o a modificare il piano di volo, facendolo diventare strumentale (IFR). Infine, considerato il tipo di aereo utilizzato, anche l'intensità del vento in fase di atterraggio risulta proibitiva. Infatti, prendiamo in esame la pista dell'aeroporto di Cagliari: se l'atterraggio avviene da 320° (pista R14), si avrà il vento in coda, dato che la sua provenienza è di 300°, cioè nell'area di massimo pericolo che si ha per vento entrante in un intervallo di più o meno 20° il valore dell'orientamento pista (in questo caso 300°-340°). In tal caso, l'intensità massima del vento tollerata in presenza di pista bagnata e per i voli di linea è di 10kt. Se il vento comincia a ruotare e si allontana da questo settore, l'intensità massima tollerata aumenta progressivamente fino a raggiungere i 29kt in corrispondenza di 40° e 240°. Superate tali direzioni di provenienza, il vento può crescere ulteriormente di intensità, perché non costituisce più un rischio (area in azzurro). Tuttavia, occorre anche considerare l'effetto del vento trasverso. Infatti, le zone di pericolo massimo si incontrano proprio tra 40°-60° e 220°-240°. Quanto appena illustrato per la RWY14 dell'aeroporto di Cagliari si estende sia alla pista RWY32 sia a tutti gli altri aeroporti anche in condizioni di pista asciutta, tenendo presente che le direzioni di massimo pericolo e quelle senza rischi variano con l'orientazione delle piste, e la loro estensione angolare dipende dalle caratteristiche geografiche dell'aeroporto.



Dalle considerazioni appena fatte, è facile capire che la pista da utilizzare in fase di decollo da Palermo è la RWY07, non tanto per il vento la cui intensità è di 6 nodi, quanto perché consente di avere una rotta magnetica iniziale di 250°, molto vicina alla traiettoria che si vuole seguire (282°). Nell'aeroporto di Cagliari, invece, in fase di atterraggio la scelta appropriata è la RWY32, perché, data la forte intensità del vento, è l'unica pista che consente di averlo frontale.

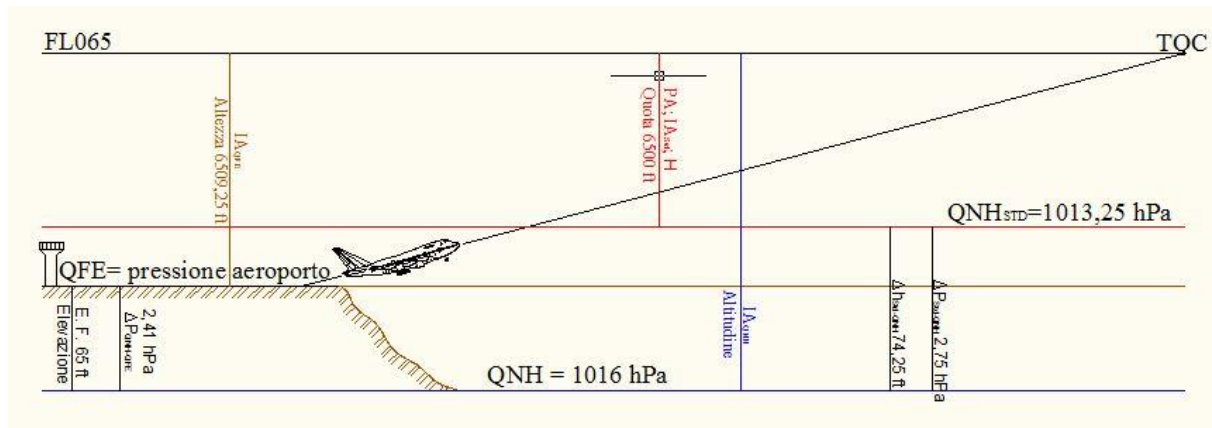
Se si volesse comunque pianificare il volo in modo da effettuarlo quando le previsioni meteorologiche sono più propizie oppure optando per un volo IFR, si dovrà procedere nel seguente modo:

Per prima cosa, bisognerà definire il livello di volo. Per far ciò, è importante ricordare che in Italia, in considerazione dei prevalenti flussi di traffico aereo condotti da nord verso sud, i livelli semicircolari sono stati stabiliti come segue:

per rotte comprese tra 090° e 269° livelli dispari: FL 035, 055, 075, 095, 115, 135, 155, 175, 195;

per rotte comprese tra 270° e 089° livelli pari: FL 045, 065, 085, 105, 125, 145, 165, 185.

Nel nostro caso, visto che la rotta da seguire è di 284° ($R_v = R_m + dev = 282^\circ + 2^\circ = 284^\circ$), il livello massimo utilizzabile prima di 8000 PA è FL 065. Quindi si procede con il **problema di salita**:



$$\Delta P_{QNH-QFE} = \frac{E.F.}{27 \frac{ft}{hPa}} = \frac{65 \text{ ft}}{27 \frac{ft}{hPa}} = 2,41 hPa$$

$$QFE = QNH - \Delta P_{QNH-QFE} = 1013,25 hPa;$$

$$\Delta P_{QNH-Std} = 1016 - 1013,25 = 2,75 hPa;$$

$$\Delta h_{QNH-Std} = 2,75 hPa \cdot 27 \frac{ft}{hPa} \cong 74 \text{ ft}$$

$$PA = H = FL \cdot 100 = 6500 \text{ ft}$$

$$IA_{QNH} = PA + \Delta h_{QNH-Std} = 6500 \text{ ft} + 74 \text{ ft} = 6574 \text{ ft}$$

$$IA_{QFE} = IA_{QNH} - E.F. = 6574 \text{ ft} - 65 \text{ ft} = 6509 \text{ ft}$$

$$ISA = T_0 - a \cdot H = 288,16 K - 0,0065 \frac{K}{m} \left(6500 \text{ ft} \cdot 0,3048 \frac{m}{ft} \right) = 275,28 K$$

Per il calcolo della temperatura reale alla quota di volo si utilizza il valore della temperatura giornaliera al livello del mare, che a Palermo è di $16^\circ C$. In questo caso dalle condizioni standard ($15^\circ C$) si ha una variazione di $+1^\circ C$ o anche $+1^\circ K$.

$$SAT = ISA + (\pm \Delta T) = 275,28 K + (+1) = 276,28 K$$

$$TA_{QNH} = IA_{QNH} \cdot \frac{SAT}{ISA} = 6574 \text{ ft} \cdot \frac{276,28 K}{275,28 K} = 6598 \text{ ft}$$

$$TA_{QFE} = IA_{QFE} \cdot \frac{SAT}{ISA} = 6509 \text{ ft} \cdot \frac{276,28 K}{275,28 K} = 6533 \text{ ft}$$

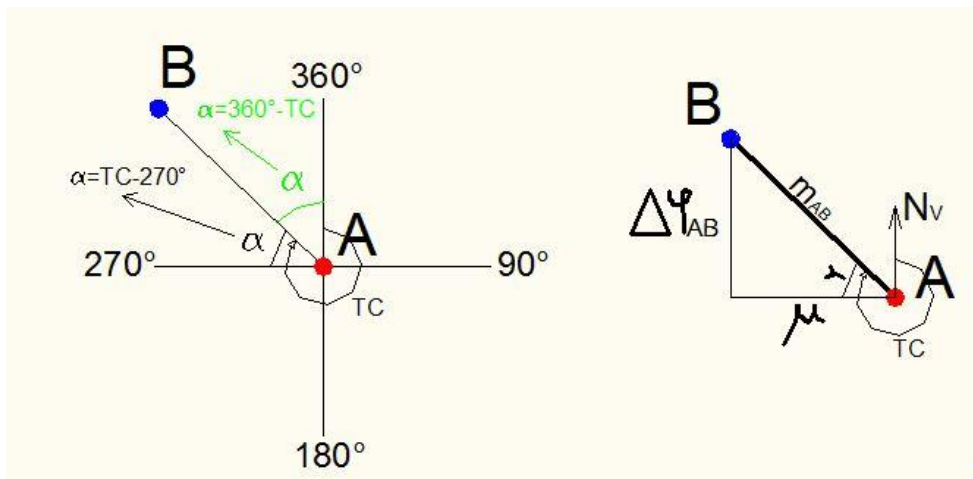
$$TA_{Std} = PA \cdot \frac{SAT}{ISA} = 6500 \text{ ft} \cdot \frac{276,28 K}{275,28 K} = 6524 \text{ ft}$$

$$FT_s = \frac{TA_{QFE}}{VS} = \frac{6533 \text{ ft}}{1000 \frac{ft}{min}} = 6,53 \text{ min} : 60 = 0^h 109 = 0^h 06^m 32^s$$

$$Carburante = 0^h 109 \cdot 680 \frac{l}{h} = 74,12 \text{ l}$$

1° Lossodromia: da Palermo al punto B (meridiano del punto NEVOT)

È un caso particolare di lossodromia, perché si conosce la rotta che si deve seguire ma non la distanza che viene fissata tramite longitudine del punto NEVOT. Quindi, sfruttando le formule della lossodromia per lunghe distanze, si procede come segue:



$$TC = Rm + (\pm dev) = 282^\circ + (+2^\circ) = 284^\circ$$

$$\alpha = TC - 270^\circ = 284^\circ - 270^\circ = 14^\circ$$

$$\Delta\lambda_{AB} = \lambda_B - \lambda_A = 009^\circ 43' 36'' - 013^\circ 05' 54'' = 3^\circ 22' 18'' W = 202,3 NM$$

$$\Delta\varphi_{C_{AB}} = \Delta\lambda_{AB} \cdot \tan(\alpha) = 202,3 \cdot \tan(14^\circ) = 50,44$$

$$\varphi_{C_A} = \frac{10800}{\pi} \ln \left[\tan \left(45^\circ + \frac{38^\circ 10' 54''}{2} \right) \right] = 2482,11$$

$$\varphi_{C_B} = \varphi_{C_A} + \Delta\varphi_{C_{AB}} = 2532,55$$

$$\ln \left[\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi_B}{2} \right) \right] = \frac{2532,55 \cdot \pi}{10800} = 0,7367$$

$$\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi_B}{2} \right) = e^{0,7367} = 2,089$$

$$\left(45^\circ + \frac{\varphi_B}{2} \right) = \arctan(2,089) = 64,42^\circ \rightarrow \varphi_B = (64,42^\circ - 45^\circ) \cdot 2 = 38^\circ 50' 22'' N$$

$$B \begin{cases} \varphi_B = 38^\circ 50' 22'' N \\ \lambda_B = 009^\circ 43' 36'' E \end{cases}$$

$$\Delta\varphi_{AB} = \varphi_B - \varphi_A = 38^\circ 50' 22'' - 38^\circ 02' 24'' = 0^\circ 47' 58'' = 47,97 NM$$

$$m_{AB} = \frac{\Delta\varphi_{AB}}{\sin(\alpha)} = \frac{47,97}{\sin(14^\circ)} = 198,27 NM$$

Per il calcolo del tempo necessario a percorrere tale lossodromia bisogna per prima cosa ricordare che sino al punto TOC l'aeromobile si sposta con una GS di 130 Kt. Superato tale punto, utilizza una CAS di 220 kt. Quindi l'aeromobile sino al TOC ha percorso una distanza di:

$m_{A-TOC} = FT_S \cdot GS_S = 0^h 109 \cdot 130 = 14,17 NM$ mentre il carburante consumato entra nel computo effettuato nel problema di salita.

Calcolo della TAS:

$$ISA = T_0 - a \cdot H = 288,16K - 0,0065 \frac{K}{m} \left(6500 \frac{ft}{m} \cdot 0,3048 \frac{m}{ft} \right) = 275,28K$$

$$SAT = -I^\circ C = -I^\circ + 273,16 = 272,16K$$

$$TA = 6500 \frac{272,16}{275,28} = 6426,3 \frac{ft}{m} \cdot 0,3048 = 1958,7m$$

Quota	Temperatura		Pressione		Densità		Peso spec.	Viscosità		Suono
z	t	T	p		ρ	δ	γ	μ	v	a
m	°C	°K	mb	Pa (N/m ²)	Kg/m ³	ρ / ρ_0	N/m ³	Ns/m ²	m ² /s	m/s
1500	5,25	278,41	845,26	84.526,38	1,058	0,863	10,38	1,75E-05	1,65E-05	334,49
2000	2	275,16	794,57	79.457,57	1,007	0,821	9,873	1,73E-05	1,72E-05	332,53

Si ricavano dalle tabelle i valori di ρ alle quote limitrofe a quella di volo $\rho_{1500} = 1,058 \frac{kg}{m^3}$ $\rho_{2000} = 1,007 \frac{kg}{m^3}$ poi, con una semplice proporzione, si calcola quella relativa alla quota reale di volo

$$\rho_{1958,7} = 1,058 \frac{kg}{m^3} - \left(\frac{458,7m \cdot 0,051 \frac{kg}{m^3}}{500m} \right) = 1,011 \frac{kg}{m^3}$$

$$TAS = CAS \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_z}} = 220 \cdot \sqrt{\frac{1,225}{1,011}} = 242,2 Kts$$

Triangolo del vento:

Sapendo che il vento si mantiene costante durante tutto il volo (WD/WV = 215°/26Kts) e che la TC = 284° e la TAS = 242,2 Kts, si ha:

$$\alpha = (360^\circ - TC) + WDR = (360^\circ - 284^\circ) + (215^\circ - 180^\circ) = 111^\circ$$

$$\text{sen}(WA) : WV = \text{sen}(\alpha) : TAS \rightarrow WA = \arcsen\left(\frac{WV \cdot \text{sen}(\alpha)}{TAS}\right) = 5,75^\circ$$

$$\beta = 180^\circ - (\alpha + WA) = 63,25^\circ$$

$$GS : \text{sen}(\beta) = TAS : \text{sen}(\alpha) \rightarrow GS = TAS \frac{\text{sen}(\beta)}{\text{sen}(\alpha)} = 231,7 Kts$$

$$TH = TC - WA = 278,25^\circ$$

Calcolo del carburante necessario dal TOC al punto B:

$$m_{TOC-B} = m_{AB} - m_{A-TOC} = 198,27 - 14,17 = 184,1 NM$$

$$FT_{TOC-B} = \frac{m_{TOC-B}}{GS} = 0^h 79 = 0^h 47^m 40^s$$

$$\text{Carburante} = 0^h 79 \cdot 610 \frac{l}{h} = 484,7 l$$

2° Lossodromia: da B al punto NEVOT.

In questo caso si tratta di una lossodromia lungo lo stesso meridiano. Per ottenere la distanza, basterà calcolare la differenza di latitudine tra i due punti, mentre la rotta, dato che l'aereo si dirige verso nord, sarà di 0°.

$$m_{BN} \equiv \Delta \varphi_{BN} = \varphi_N - \varphi_B = 39^\circ 02' 24'' - 38^\circ 50' 22'' = 0^\circ 12' 02'' = 12,03 NM$$

$$FT_{BN} = \frac{m_{BN}}{GS} = \frac{12,03}{231,7} = 0^h 052 = 0^h 03^m 07^s$$

$$\text{Carburante} = 0^h 052 \cdot 610 \frac{l}{h} = 31,67 l$$

3° Lossodromia: da NEVOT a Cagliari.

In questo caso, visto che dal punto NEVOT il pilota si dirige direttamente all'aeroporto di Cagliari, possiamo risolvere la lossodromia sfruttando le coordinate dei due punti.

$$\Delta\varphi_{NC} = \varphi_C - \varphi_N = 0^\circ 13' 12'' N \equiv 13,2 NM$$

$$\Delta\lambda_{NC} = \lambda_C - \lambda_N = 0^\circ 41' 00'' W \equiv 41 NM$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_C + \varphi_N}{2} = 39^\circ 09' 00''$$

$$\mu = \Delta\lambda_{NC} \cdot \cos(\varphi_m) = 31,8 NM$$

$$m_{NC} = \sqrt{\Delta\varphi_{NC}^2 + \mu^2} = 34,4 NM$$

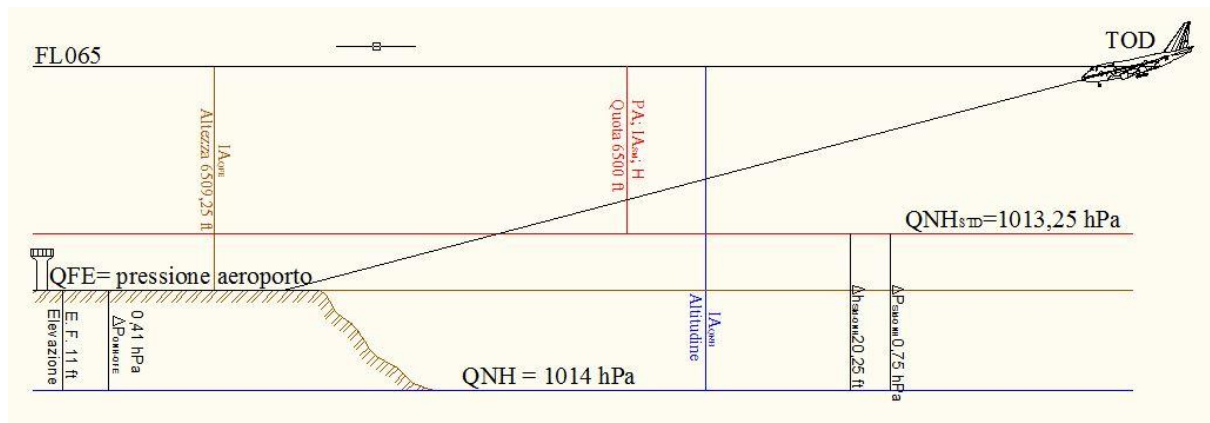
$$\alpha = \arctg\left(\frac{\Delta\varphi_{NC}}{\mu}\right) = 22,5$$

$$TC = 270^\circ - \alpha = 292,5$$

Il valore della TC è risultato molto simile al valore impostato dal pilota per raggiungere l'aeroporto di Cagliari dal punto NEVOT: $TC = Rm + (\pm dev) = 290^\circ + (+2^\circ) = 292^\circ$

Per il calcolo del tempo necessario a percorrere tale lossodromia bisogna per prima cosa ricordare che dal punto TOD, per atterrare all'aeroporto di Cagliari, l'aeromobile si sposta con una GS di 140 Kt. A tal fine è necessario, per prima cosa, risolvere il problema di discesa.

Problema di discesa:



$$\Delta P_{QNH-QFE} = \frac{E.F.}{27 \frac{ft}{hPa}} = \frac{11 \frac{ft}{hPa}}{27 \frac{ft}{hPa}} = 0,41 hPa$$

$$QFE = QNH - \Delta P_{QNH-QFE} = 1013,59 hPa;$$

$$\Delta P_{QNH-Std} = 1014 - 1013,25 = 0,75 hPa;$$

$$\Delta h_{QNH-Std} = 0,75 \frac{hPa}{hPa} \cdot 27 \frac{ft}{hPa} \cong 20 ft$$

$$PA = H = FL \cdot 100 = 6500 ft$$

$$IA_{QNH} = PA + \Delta h_{QNH-Std} = 6500 ft + 20 ft = 6520 ft$$

$$IA_{QFE} = IA_{QNH} - E.F. = 6520 ft - 11 ft = 6509 ft$$

$$ISA = T_0 - a \cdot H = 288,16 K - 0,0065 \frac{K}{m} \left(6500 \frac{ft}{m} \cdot 0,3048 \frac{m}{ft} \right) = 275,28 K$$

Per il calcolo della temperatura reale alla quota di volo si utilizza il valore della temperatura giornaliera al livello del mare, che a Cagliari è di 13°C. In questo caso dalle condizioni standard (15°C) si ha una variazione di -2°C o anche -2°K.

$$SAT = ISA + (\pm \Delta T) = 275,28K + (-2) = 273,28K$$

$$TA_{QNH} = IA_{QNH} \cdot \frac{SAT}{ISA} = 6520 \text{ ft} \cdot \frac{273,28K}{275,28K} = 6473 \text{ ft}$$

$$TA_{QFE} = IA_{QFE} \cdot \frac{SAT}{ISA} = 6509 \text{ ft} \cdot \frac{273,28K}{275,28K} = 6462 \text{ ft}$$

$$TA_{Std} = PA \cdot \frac{SAT}{ISA} = 6500 \text{ ft} \cdot \frac{273,28K}{275,28K} = 6453 \text{ ft}$$

$$FT_D = \frac{TA_{QFE}}{VS} = \frac{6462 \text{ ft}}{1200 \frac{\text{ft}}{\text{min}}} = 5,385 \text{ min} : 60 = 0^h09 = 0^h05^m23^s$$

$$\text{Carburante} = 0^h09 \cdot 595 \frac{l}{h} = 53,4 \text{ l}$$

La distanza lossodromica percorsa è:

$m_{TOD-C} = FT_D \cdot GS_D = 0^h09 \cdot 140 = 12,6 \text{ NM}$ il carburante consumato entra nel computo effettuato nel problema di discesa.

Calcolo del carburante necessario dal NEVOT al punto TOD:

$$m_{N-TOD} = m_{NC} - m_{TOD-C} = 34,4 - 12,6 = 21,8 \text{ NM}$$

$$FT_{N-TOD} = \frac{m_{N-TOD}}{GS} = \frac{21,8}{231,7} = 0^h094 = 0^h5^m39^s$$

$$\text{Carburante} = 0^h094 \cdot 610 \frac{l}{h} = 57,4 \text{ l}$$

Calcolo del carburante residuo:

$$C_R = 800 - (74,12 + 484,7 + 31,67 + 53,4 + 57,4) = 98,71 \text{ l}$$

Calcolo dell'UT di arrivo:

$$UT_{AR} = UT_p + FT_S + FT_{TOC-B} + FT_{BN} + FT_{N-TOD} + FT_D =$$

$$UT_{AR} = 14^h45^m + 0^h06^m32^s + 0^h47^m40^s + 0^h03^m07^s + 0^h05^m39^s + 0^h05^m23^s = 15^h53^m21^s = 15 : 53$$

Calcolo delle coordinate cartesiane della carta di Mercatore:

È bene ricordare che nella carta di Mercatore i meridiani sono delle rette verticali parallele tra loro, mentre i paralleli sono delle rette orizzontali.

Dai dati forniti si sa che a una variazione di 1' corrisponde una distanza sulla carta di 1 mm. Questo valore, moltiplicato per 60, ci dà quello relativo a 1° di variazione, ossia 60 mm.

$$\varphi_{c_P} = \frac{10800}{\pi} \ln[\tan(45^\circ + \frac{\varphi_P}{2})] = 2482,1 \quad \varphi_{c_B} = \frac{10800}{\pi} \ln[\tan(45^\circ + \frac{\varphi_B}{2})] = 2532,5$$

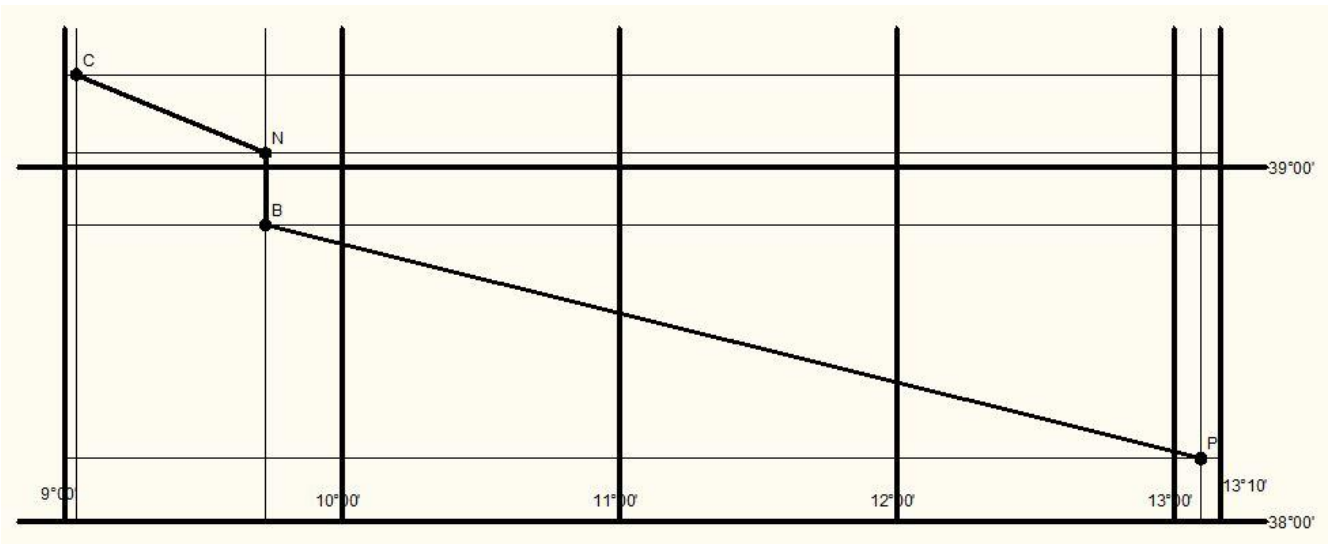
$$\varphi_{c_N} = \frac{10800}{\pi} \ln[\tan(45^\circ + \frac{\varphi_N}{2})] = 2548' \quad \varphi_{c_C} = \frac{10800}{\pi} \ln[\tan(45^\circ + \frac{\varphi_C}{2})] = 2565'$$

$$y_P = \varphi_{c_P} \cdot d = 2482,1 \text{ mm} \quad y_B = \varphi_{c_B} \cdot d = 2532,5 \text{ mm}$$

$$y_N = \varphi_{c_N} \cdot d = 2548 \text{ mm} \quad y_C = \varphi_{c_C} \cdot d = 2565 \text{ mm}$$

$$\Delta y_{P-B} = 50,4 \text{ mm} \quad \Delta y_{B-N} = 15,5 \text{ mm}$$

$$\Delta y_{N-C} = 17 \text{ mm}$$



SECONDA PARTE

1) La stazione meteo di Palermo Punta Raisi (LICJ) emette il seguente messaggio:

METAR LICJ 271650Z 30005KT 270V330 9999 FEW025 10/06 Q1014=

Il candidato spieghi cosa si intende col termine METAR e provveda alla decodifica del messaggio.

Risoluzione:

L'acronimo METAR, che sta per METeorological Aviation Routine weather report, è un messaggio in cui vengono riportati le condizioni meteorologiche importanti ai fini dell'aviazione.

LICJ = questo, così come già precisato dalla domanda, è il codice identificativo dell'aeroporto di Palermo Punta Raisi. Per precisione la prima lettera (L) indica un paese europeo dell'area del mediterraneo. La seconda lettera (I) rappresenta lo stato, in questo caso l'Italia, mentre le ultime due (CJ) servono a identificare l'aeroporto specifico di quello stato.

271650Z = questa parte di codice serve a far capire che il messaggio è stato emesso giorno 27 del mese corrente alle ore UT 16:50, orario riferito a quello fondamentale o zulu.

30005KT = questa parte di codice serve a definire l'eventuale vento presente nella zona. Nel caso in esame si ha una direzione di provenienza di 300° con un'intensità di 5 kt.

270V330 = in questo modo si indica l'eventuale variazione della direzione di provenienza del vento, che in questo caso va da 270° a 330°.

9999 = questi numeri servono a definire la visibilità in pista. In questo caso è superiore a 10 km (10000 m)

FEW025 = serve a indicare la presenza di nubi. La prima parte del codice (FEW) definisce una debole copertura nuvolosa, dal momento che questa interessa solo 1-2 ottavi del cielo. La seconda parte (025) serve a indicare l'altezza della base delle nubi, in questo caso di 2500 ft, dato molto importante se si vuole effettuare un volo VFR.

10/06 = in questo modo vengono forniti i valori di temperatura dell'aria, 10°C, e il valore del punto di rugiada, che è di 6°C

Q1014= rappresenta il valore della pressione giornaliera al livello del mare (QNH), 1014 hPa. Ovviamente il valore è stato arrotondato alla cifra intera più vicina.

2) Un aeromobile alle 10.00Z è in volo da Cagliari verso la stazione VOR-DME di Tunisi (lat. = 36° 51' N, long. = 010° 14' E) lungo la radiale 167 TO. Al DME la distanza è uguale a 70 NM e diminuisce di 4 NM ogni minuto.

Alla stessa ora un secondo aeromobile dalla verticale della stazione VOR-DME di Annaba (lat. = 36° 49' N, long. = 007° 48' E) inizia una manovra di intercettazione con TAS = 300 kt in presenza di un vento 315°/28 kt.

Il candidato calcoli la True Heading che l'aeromobile deve assumere e l'ora in cui avverrà l'intercettazione (VAR = 01° W).

Risoluzione:

In questo caso si potrebbe fare una sola lossodromia tra il VOR di Tunisi e quello di Annaba, per poi procedere con la risoluzione grafica. Tuttavia, considerato che la risoluzione grafica non è molto precisa, a meno che non si usino appositi programmi, si procederà nel seguente modo:

Lossodromia Aereo1-Tunisi:

$$Radiale = 167TO + (\pm VAR) = (167^\circ + 180^\circ) + (-1) = 346^\circ$$

$$\alpha = Radiale - 270^\circ = 346^\circ - 270^\circ = 76^\circ$$

$$\Delta\varphi_{Tunisi-A} = m_{A-Tunisi} \cdot \sin(\alpha) = 70 \cdot \sin(76^\circ) = 67,9NM \equiv 1^\circ 07' 55'' N$$

$$\varphi_A = \varphi_{Tunisi} + \Delta\varphi_{Tunisi-A} = 36^\circ 51' + 1^\circ 07' 55'' = 37^\circ 58' 55'' N$$

$$\mu = m_{A-Tunisi} \cdot \cos(\alpha) = 70 \cdot \cos(76^\circ) = 16,9NM$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_A + \varphi_{Tunisi}}{2} = 37^\circ 24' 57,5''$$

$$\Delta\lambda_{Tunisi-A} = \frac{\mu}{\cos(\varphi_m)} = 21,28NM \equiv 0^\circ 21' 17'' W$$

$$\lambda_A = \lambda_{Tunisi} + \Delta\lambda_{Tunisi-A} = 10^\circ 14' - 0^\circ 21' 17'' = 9^\circ 52' 43'' E$$

$$A \begin{cases} \varphi_A = 37^\circ 58' 55'' N \\ \lambda_A = 9^\circ 52' 43'' E \end{cases}$$

$$GS_A = 4 \frac{NM}{min} = 240 \frac{NM}{h} = 240Kt$$

$$TC_A = 166^\circ$$

Lossodromia Aereo2-Aereo1:

$$\Delta\varphi_{BA} = \varphi_A - \varphi_B = 37^\circ 58' 55'' - 36^\circ 49' = 1^\circ 09' 55'' N \equiv 69,9NM$$

$$\Delta\lambda_{BA} = \lambda_A - \lambda_B = 9^\circ 52' 43'' - 7^\circ 48' = 2^\circ 04' 43'' E \equiv 124,7NM$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = 37^\circ 23' 57,5''$$

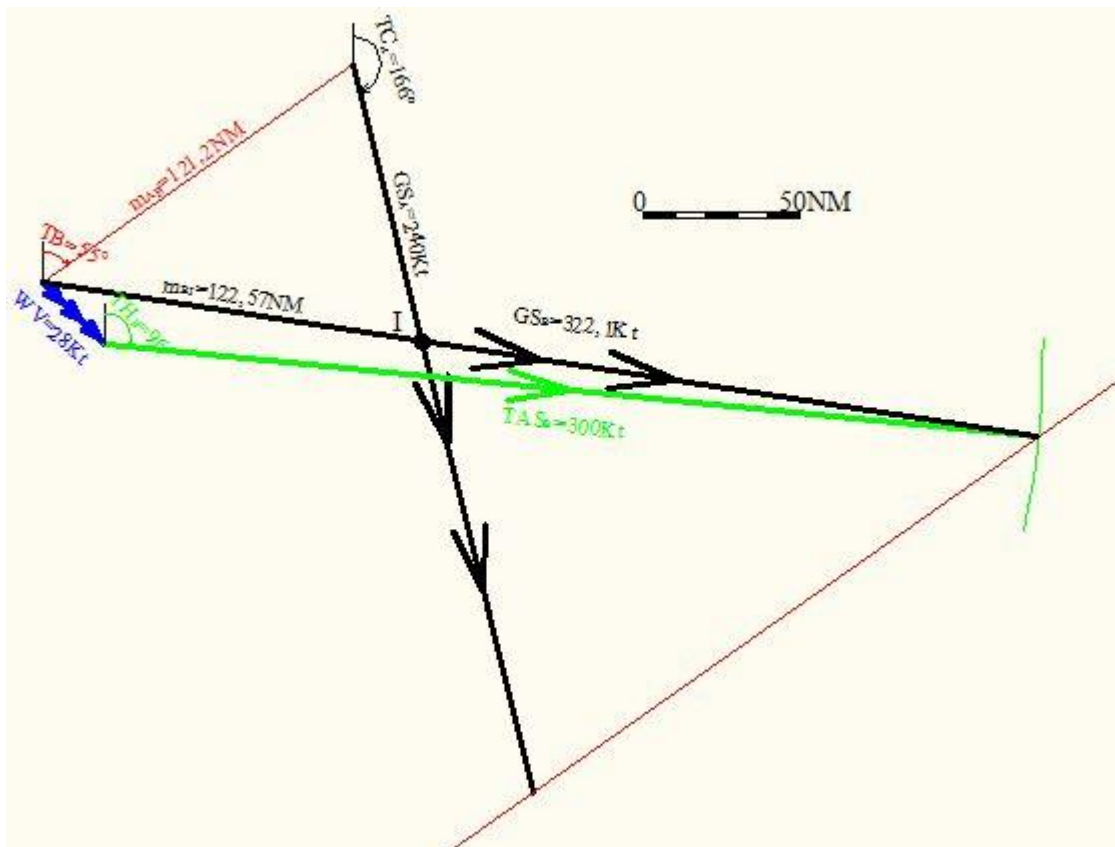
$$\mu = \Delta\lambda_{BA} \cdot \cos(\varphi_m) = 99,1NM$$

$$m_{BA} = \sqrt{\Delta\varphi_{BA}^2 + \mu^2} = 121,2NM$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\Delta\varphi_{BA}}{\mu}\right) = 35,2^\circ$$

$$TB = 90^\circ - \alpha = 54,8^\circ \equiv 55^\circ$$

Ora si può procedere con il disegno dell'intercettazione.



$$TH_B = 96^\circ$$

$$FT_I = \frac{m_{BI}}{GS_B} = \frac{122,57}{322,1} = 0^h 38 = 0^h 22^m 50^s$$

$$ETI = UT_p + FT_I = 10^h 00^m + 0^h 22^m 50^s = 10^h 22^m 50^s \cong 10:23$$

3) Un aeromobile, sorvolata la stazione di Ostia (lat. = 41° 48' N, long. = 012° 14' E), è diretto verso il punto Aledi (lat. = 39° 37' N, long. = 010° 00' E) mantenendo TH e CAS costanti (CAS = 180 kt; FL95; SAT = ISA + 8,8°C; VAR = 1° W).

Dopo 30 minuti di volo il pilota determina la propria posizione attraverso la stazione VOR/DME di Alghero (lat. = 40° 38' N, long. = 007° 48' E) trovandosi sulla radiale 103 FR alla distanza di 120 NM.

Nell'ipotesi in cui le misure effettuate siano prive di errori, determinare gli elementi del vento medio che ha agito durante il volo.

Risoluzione:

Calcolo della TAS:

$$ISA = T_0 - a \cdot H = 288,16K - 0,0065 \frac{K}{m} \left(9500 \cancel{ft} \cdot 0,3048 \frac{m}{\cancel{ft}} \right) = 269,34K$$

$$SAT = ISA + 8,8^\circ C = 269,34 + 8,8 = 278,14K$$

$$TA = 9500 \frac{278,14}{269,34} = 9810,4 \cancel{ft} \cdot 0,3048 = 2990,2m$$

Quota		Temperatura		Pressione		Densità		Peso spec.	Viscosità		Suono
z	t	T	p		ρ	δ	γ	μ	v	a	
m	°C	°K	mb	Pa (N/m ²)	Kg/m ³	ρ / ρ ₀	N/m ³	Ns/m ²	m ² /s	m/s	
2500	-1,25	271,91	746,38	74.637,76	0,957	0,781	9,385	1,72E-05	1,79E-05	330,56	
3000	-4,5	268,66	700,57	70.057,47	0,909	0,742	8,916	1,70E-05	1,87E-05	328,58	

Si ricavano dalle tabelle i valori di ρ alle quote limitrofe a quella di volo $\rho_{2500} = 0,957 \frac{kg}{m^3}$

$\rho_{3000} = 0,909 \frac{kg}{m^3}$ poi, con una semplice proporzione, si calcola quella relativa alla quota reale di volo

$$\rho_{2990,2} = 0,957 \frac{kg}{m^3} - \left(\frac{490,2m \cdot 0,048 \frac{kg}{m^3}}{500m} \right) = 0,910 \frac{kg}{m^3}$$

$$TAS = CAS \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_z}} = 180 \cdot \sqrt{\frac{1,225}{0,910}} = 208,8Kts$$

Lossodromia Ostia-Aledi:

$$\Delta\varphi_{AB} = \varphi_B - \varphi_A = 39^\circ 37' - 41^\circ 48' = 2^\circ 11' S \equiv 131NM$$

$$\Delta\lambda_{AB} = \lambda_B - \lambda_A = 10^\circ 00' - 12^\circ 14' = 2^\circ 14' W \equiv 134NM$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = 40^\circ 42' 30''$$

$$\mu = \Delta\lambda_{AB} \cdot \cos(\varphi_m) = 101,6NM$$

$$m_{AB} = \sqrt{\Delta\varphi_{AB}^2 + \mu^2} = 165,8NM$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\Delta\varphi_{AB}}{\mu}\right) = 52,2^\circ$$

$$TC = 270^\circ - \alpha = 217,8 \cong 218^\circ$$

Lossodromia Alghero-C:

$$TB = 103FR + (\pm VAR) = 103^\circ + (-1^\circ) = 102^\circ$$

$$\alpha = TB - 90^\circ = 102^\circ - 90^\circ = 12^\circ$$

$$\Delta\varphi_{Alghero-C} = m_{Alghero-C} \cdot \text{sen}(\alpha) = 120 \cdot \text{sen}(12^\circ) = 24,9NM \equiv 0^\circ 24' 57'' S$$

$$\varphi_C = \varphi_{Alghero} + \Delta\varphi_{Alghero-C} = 40^\circ 38' - 0^\circ 24' 57'' = 40^\circ 13' 03'' N$$

$$\mu = m_{Alghero-C} \cdot \cos(\alpha) = 120 \cdot \cos(12^\circ) = 117,4NM$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_C + \varphi_{Alghero}}{2} = 40^\circ 25' 31,5''$$

$$\Delta\lambda_{Alghero-C} = \frac{\mu}{\cos(\varphi_m)} = 154,19NM \equiv 2^\circ 34' 11'' E$$

$$\lambda_C = \lambda_{Alghero} + \Delta\lambda_{Alghero-C} = 7^\circ 48' + 2^\circ 34' 11'' = 10^\circ 22' 11'' E$$

$$C \begin{cases} \varphi_C = 40^\circ 13' 03'' N \\ \lambda_C = 10^\circ 22' 11'' E \end{cases}$$

Lossodromia Ostia-C:

$$\Delta\varphi_{OC} = \varphi_C - \varphi_O = 40^\circ 13' 03'' - 41^\circ 48' = 1^\circ 34' 57'' S \equiv 94,95NM$$

$$\Delta\lambda_{OC} = \lambda_C - \lambda_O = 10^\circ 22' 11'' - 12^\circ 14' = 1^\circ 51' 49'' W \equiv 111,82NM$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_O + \varphi_C}{2} = 41^\circ 00' 31,5''$$

$$\mu = \Delta\lambda_{OC} \cdot \cos(\varphi_m) = 84,38NM$$

$$m_{OC} = \sqrt{\Delta\varphi_{OC}^2 + \mu^2} = 127,03NM$$

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{\Delta\varphi_{OC}}{\mu}\right) = 48^\circ 37'$$

$$TC = 270^\circ - \alpha = 221^\circ 6' \cong 222^\circ$$

$$GS = \frac{m_{OC}}{\Delta T} = \frac{127,03}{0^h 30^m} = 254,06Kt$$

Triangolo del vento:

In questo caso la prima TC calcolata per il tratto **Ostia-Aledi** si deve considerare come la TH impostata dal pilota. Pertanto, i dati che si usano per calcolare il vento sono: TH = 217°,8; TAS = 208,8 Kt; TC = 221°,6; GS = 254,06 Kt.

$$WA = TC - TH = 221^\circ 6' - 217^\circ 8' = 3^\circ 8'$$

$$WV = \sqrt{GS^2 + TAS^2 - 2 \cdot GS \cdot TAS \cdot \cos(WA)} = 47,77Kt$$

$$\text{sen}(\alpha) : TAS = \text{sen}(WA) : WV \Rightarrow \alpha = \text{arcsen}\left(\frac{TAS \cdot \text{sen}(WA)}{WV}\right) = 16^\circ 84'$$

$$WD = (TC - 180^\circ) + \alpha = 58^\circ 44'$$

4) Il candidato descriva quando si rende necessario, nel momento dell'atterraggio, effettuare circuitazione a vista (circling) illustrandone le caratteristiche.

Risoluzione:

In generale una procedura di avvicinamento strumentale è composta da 4/5 segmenti: Arrivo, Iniziale, Intermedio, Finale e/o Mancato Avvicinamento.

Quando l'aereo si trova nel segmento finale di un avvicinamento di precisione e l'orografia o altri fattori impongono un disallineamento dalla rotta di avvicinamento finale o un gradiente di discesa superiori ai parametri previsti per un avvicinamento diretto, allora si rende indispensabile realizzare un avvicinamento con circuitazione a vista (Circling Approach).

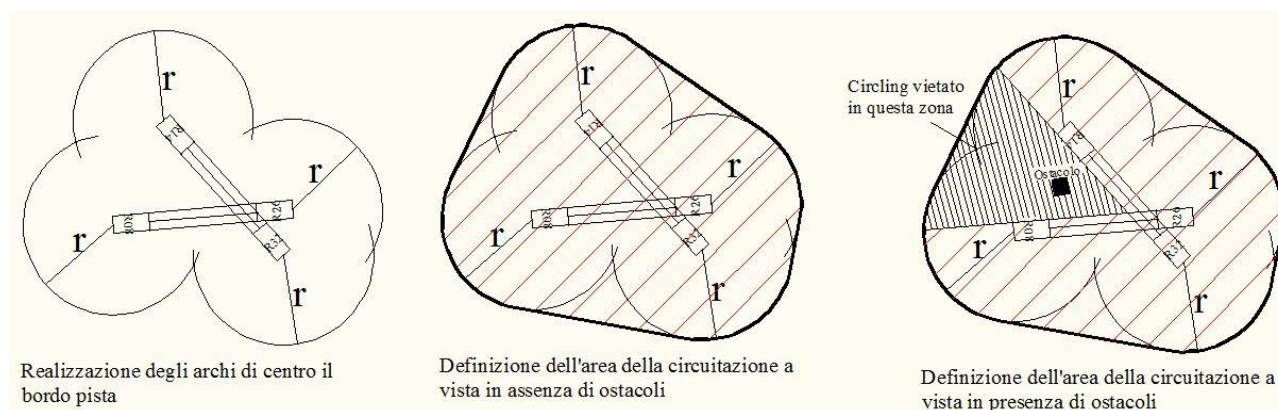
In pratica, per circuitazione a vista (circling) si intende quella fase di un volo, in sostituzione della fase finale della procedura strumentale, necessaria per portare a vista l'aeromobile in una posizione idonea per l'atterraggio su di una pista che non è convenientemente ubicata per effettuare un avvicinamento diretto. In questo caso il segmento di avvicinamento finale (l'allineamento e la discesa per l'atterraggio) sarà effettuato verso l'aeroporto invece che verso la pista.

L'area di un aeroporto, all'interno della quale è consentito effettuare una circuitazione a vista, varia in funzione dei seguenti parametri:

- categoria dell'aeromobile;
- velocità del velivolo: specifica per ogni categoria;
- velocità del vento: generalmente considerata di 46 Km/h (25 Kts) durante l'intera virata;
- angolo di banco medio: si può usare o il valore di 20° o un rateo di virata di 3° al secondo. La scelta del valore da utilizzare è condizionata all'ottenimento della minore inclinazione.

Tale area si costruisce come segue: si tracciano degli archi, che si intersecano tra loro e la cui ampiezza è influenzata dai parametri summenzionati, il cui centro è la mezzzeria delle varie soglie pista; si realizzano delle rette tangenti agli archi contigui, in modo da ottenere un perimetro più regolare.

Se all'interno dell'area definita sono presenti ostacoli che compromettono gli appropriati criteri di separazione, allora viene individuato il settore dove proibire il circling e tale procedura deve essere la sola a essere pubblicata. Ovviamente l'altezza di separazione dagli ostacoli è riferita all'elevazione dell'aeroporto.



Una volta definita l'area di circling, vengono determinati i valori delle OCA/OCH (OBSTACLE CLEARANCE ALTITUDE / OBSTACLE CLEARANCE HEIGHT) per ciascuna categoria di aa/mm.

Successivamente le compagnie aeree, a seguito di appropriate considerazioni operative, aggiungono un margine supplementare alla OCA/H per ottenere la MDA/H (MINIMUM DESCENT ALTITUDE/HEIGHT). La discesa al di sotto del valore della MDA/H dovrebbe essere effettuata solo quando:

- sia stato stabilito e venga mantenuto il riferimento visivo;
- il pilota ha in vista la soglia della pista di atterraggio;
- la separazione dagli ostacoli possa essere mantenuta (a vista) e l'aeromobile sia in una posizione idonea a procedere per l'atterraggio.

In conclusione, visto che tale tecnica è una manovra a vista, non esiste una procedura capace di prevedere l'esecuzione di avvicinamenti con circuitazione in ogni possibile situazione (cioè che tenga conto di tutte le differenti caratteristiche della pista, delle varie rotte finali per l'avvicinamento, delle condizioni meteorologiche, delle varie classi possibili degli aeromobili, ecc.). Quindi, dopo il contatto visivo iniziale, il presupposto fondamentale per la realizzazione del circling è che "l'ambiente pista" (gli aiuti visivi per l'avvicinamento o la soglia pista, le luci guida alla circuitazione "circling guidance lights" o altri punti di riferimento identificabili con la pista) dovrebbe essere sempre visibile. Infatti, nel caso in cui si dovessero perdere i riferimenti visivi, il pilota dovrà eseguire la procedura di missed approach prevista per la procedura circling. In quest'ultimo caso, generalmente, l'aeromobile deve comunque dirigersi verso la pista, sorvolare l'aerodromo e iniziare la salita per la procedura standard di missed approach.