

**I256 – ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE**

**Indirizzo:** ITCR - TRASPORTI E LOGISTICA  
ARTICOLAZIONE CONDUZIONE DEL MEZZO  
OPZIONE CONDUZIONE DEL MEZZO AEREO

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

**SESSIONE SUPPLETIVA 2018**

*Il candidato svolge la prima parte della prova e due dei quesiti proposti nella seconda parte.*

**PRIMA PARTE**

Alle ore 00:05 UTC del 27 marzo decolla da Edmonton (5318N11335W) il volo KL676 Airbus A330 diretto ad Amsterdam (5218N00446E). Alle ore 03:04 UTC dello stesso giorno da East Midlands (5250N00120W) decolla il volo 5X232 Boeing 767 diretto a Philadelphia (3952N07514W). I due velivoli volano per ortodromia entrambi a FL 390, il primo con una GS media di 500 kts. Il candidato determini la GS media che assume il secondo aeromobile per attraversare contemporaneamente al primo il meridiano 27°W e la distanza fra i due paralleli in quell'istante. All'attraversamento di tale meridiano, i due voli proseguono ognuno lungo il proprio parallelo in direzioni opposte. Il candidato determini la distanza minima fra i *waypoints* raggiunti dopo un'ora dal cambio di rotta e rappresenti su una carta gnomonica polare, per una sfera rappresentativa di raggio uguale a 120 mm, le traiettorie seguite dai due aeromobili dal decollo fino ai WP considerati e indichi le misure delle tratte in cm sulla carta stessa.

Svolgimento:

*Calcolo  $R_i$  dell'aereo 1 tra Edmonton e Amsterdam:*

$$\Delta\lambda = \lambda_A - \lambda_E = 004^\circ 46' + 113^\circ 35' = 118^\circ 21' E$$

$$\begin{aligned} \cot c_E \cdot \sin c_A &= \cos c_A \cdot \cos \Delta\lambda + \sin \Delta\lambda \cdot \cot R_{i1} \\ \Rightarrow R_{i1} &= \tan^{-1} \left( \frac{\sin \Delta\lambda}{\tan \varphi_E \cdot \cos \varphi_A - \sin \varphi_A \cdot \cos \Delta\lambda} \right) = \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{\sin 118^\circ 21'}{\tan 53^\circ 18' \cdot \cos 52^\circ 18' - \sin 52^\circ 18' \cdot \cos 118^\circ 21'} \right) \\ &= 37,3^\circ NE \cong 37^\circ \end{aligned}$$

*Calcolo latitudine aereo 1 intersezione con il meridiano 27°W:*

$$\Delta\lambda = \lambda_X - \lambda_A = -27^\circ + 113^\circ 35' = 86^\circ 35' W$$

$$\cot c_X \cdot \sin c_A = \cos c_A \cdot \cos \Delta\lambda + \sin \Delta\lambda \cdot \cot R_{i1}$$

$$\tan \varphi_X \cdot \cos \varphi_A = \sin \varphi_A \cdot \cos \Delta\lambda + \sin \Delta\lambda \cdot \cot R_{i1}$$

$$\varphi_X = \tan^{-1} \left( \tan \varphi_A \cdot \cos \Delta\lambda + \frac{\sin \Delta\lambda}{\cos \varphi_A \cdot \tan R_{i1}} \right) =$$

$$= \tan^{-1} \left( \tan 53^\circ 18' \cdot \cos 86^\circ 35' + \frac{\sin 86^\circ 35'}{\cos 53^\circ 18' \cdot \tan 37,3^\circ} \right) = 66^\circ 14' 56'' N$$

Calcolo distanza e tempo di volo tra Edmonton e meridiano  $27^\circ W$ :

$$\begin{aligned} d_{AX} &= \cos^{-1}(\sin \varphi_A \cdot \sin \varphi_X + \cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_X \cdot \cos \Delta\lambda) = \\ &= \cos^{-1}(\sin 52^\circ 18' \cdot \sin 66^\circ 14' 56'' + \cos 52^\circ 18' \cdot \cos 66^\circ 14' 56'' \cdot \cos 86^\circ 35') = \\ &= 41,546^\circ \cdot 60' = 2493,85 \text{ NM} \end{aligned}$$

$$FT_{AX} = \frac{d_{AX}}{GS_1} = \frac{2493,85}{500} = 4^h 59^m 16^s$$

Calcolo  $R_i$  dell'aereo 2 tra East Midlands e Philadelphia:

$$\Delta\lambda = \lambda_P - \lambda_{EM} = -75^\circ 14' + 001^\circ 20' = 73^\circ 54' W$$

$$\cot c_P \cdot \sin c_{EM} = \cos c_{EM} \cdot \cos \Delta\lambda + \sin \Delta\lambda \cdot \cot R_{i2}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow R_{i2} &= \tan^{-1} \left( \frac{\sin \Delta\lambda}{\tan \varphi_P \cdot \cos \varphi_{EM} - \sin \varphi_{EM} \cdot \cos \Delta\lambda} \right) = \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{\sin 73^\circ 54'}{\tan 39^\circ 52' \cdot \cos 52^\circ 50' - \sin 52^\circ 50' \cdot \cos 73^\circ 54'} \right) \end{aligned}$$

$$= 73,6^\circ NW$$

$$R_{i2} = 360^\circ - 73,6^\circ = 286,4^\circ$$

Calcolo latitudine aereo 2 intersezione con il meridiano  $27^\circ W$ :

$$\Delta\lambda = \lambda_Y - \lambda_{EM} = -27^\circ + 001^\circ 20' = 25^\circ 40' W$$

$$\cot c_Y \cdot \sin c_P = \cos c_P \cdot \cos \Delta\lambda + \sin \Delta\lambda \cdot \cot R_{i2}$$

$$\tan \varphi_Y \cdot \cos \varphi_P = \sin \varphi_P \cdot \cos \Delta\lambda + \sin \Delta\lambda \cdot \cot R_{i2}$$

$$\begin{aligned} \varphi_Y &= \tan^{-1} \left( \tan \varphi_P \cdot \cos \Delta\lambda + \frac{\sin \Delta\lambda}{\cos \varphi_P \cdot \tan R_{i2}} \right) = \\ &= \tan^{-1} \left( \tan 39^\circ 52' \cdot \cos 25^\circ 40' + \frac{\sin 25^\circ 40'}{\cos 39^\circ 52' \cdot \tan 286,4^\circ} \right) = 54^\circ 27' 38'' N \end{aligned}$$

Calcolo distanza tra Edmonton e meridiano  $27^\circ W$ :

$$\begin{aligned} d_{EMY} &= \cos^{-1}(\sin \varphi_{EM} \cdot \sin \varphi_Y + \cos \varphi_{EM} \cdot \cos \varphi_Y \cdot \cos \Delta\lambda) = \\ &= \cos^{-1}(\sin 52^\circ 50' \cdot \sin 54^\circ 27' 38'' + \cos 52^\circ 50' \cdot \cos 54^\circ 27' 38'' \cdot \cos 25^\circ 40') = \\ &= 15,2315^\circ \cdot 60' = 912,9 \text{ NM} \end{aligned}$$

Calcolo FT aereo 2 tra East Midlands e meridiano  $27^\circ W$ :

$$UTC_X = UTC_1 + FT_{AX} = 00^h 05^m + 4^h 59^m 16^s = 5^h 04^m 16^s$$

$$FT_{EMY} = UTC_X - UTC_2 = 5^h 04^m 16^s - 03^h 04^m = 2^h 00^m 16^s$$

Calcolo GS media dell'aereo 2:

$$GS_{m2} = \frac{d_{EMY}}{FT_{EMY}} = \frac{912,9}{2^h 00^m 16^s} = 455,4^k$$

Calcolo distanza tra i due aerei sul meridiano 27°W:

$$d_{XY} = (\varphi_X - \varphi_Y) \cdot 60' = (66^\circ 14' 56'' N - 54^\circ 27' 38'' N) \cdot 60' = 11^\circ 47' 18'' \cdot 60' = 707,3 \text{ NM}$$

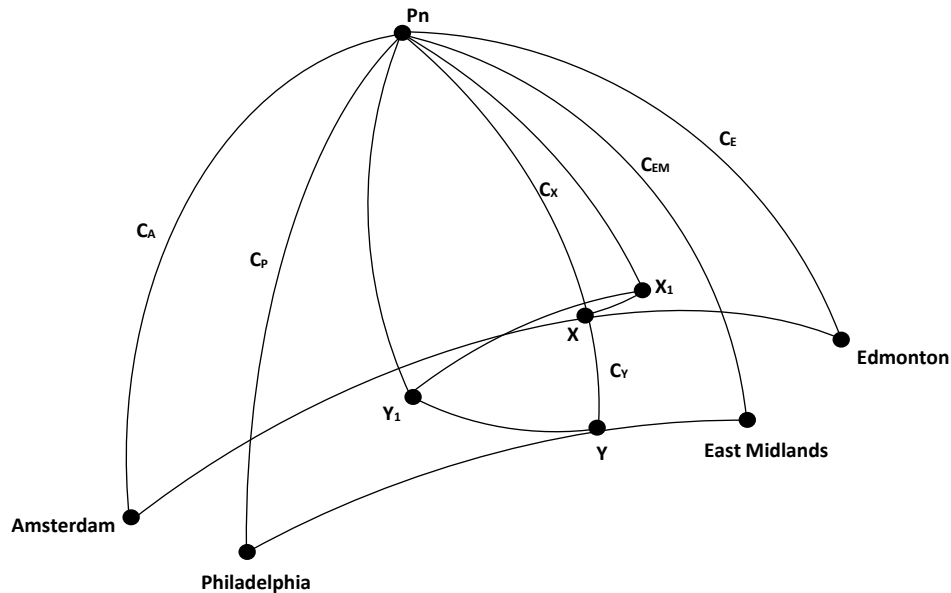
Calcolo distanza minima tra i due aerei dopo un'ora di volo:

$$d_{XX1} = 500 \text{ NM} \rightarrow \Delta\lambda_{XX1} = \frac{d_{XX1}}{\cos \varphi_X} = \frac{500}{\cos 66^\circ 14' 56''} = 1242,2'E = 20^\circ 42' 14'' E$$

$$d_{YY1} = 455,4 \text{ NM} \rightarrow \Delta\lambda_{YY1} = \frac{d_{YY1}}{\cos \varphi_Y} = \frac{455,4}{\cos 54^\circ 27' 38''} = 783,5'W = 13^\circ 03' 28'' W$$

$$\Delta\lambda_{X1Y1} = \Delta\lambda_{XX1} - \Delta\lambda_{YY1} = 20^\circ 42' 14'' E - 13^\circ 03' 28'' W = 33^\circ 45' 42'' E$$

$$\begin{aligned} d_{X1Y1} &= \cos^{-1}(\sin \varphi_X \cdot \sin \varphi_Y + \cos \varphi_X \cdot \cos \varphi_Y \cdot \cos \Delta\lambda_{X1Y1}) = \\ &= \cos^{-1}(\sin 66^\circ 14' 56'' \cdot \sin 54^\circ 27' 38'' + \cos 66^\circ 14' 56'' \cdot \cos 54^\circ 27' 38'' \cdot \cos 33^\circ 45' 42'') = \\ &= 20,04^\circ \cdot 60' = 1202,7 \text{ NM} \end{aligned}$$



Calcolo dati per la costruzione della carta gnomonica polare:

Utilizzando la formula seguente in modo ricorrente, si compila la tabella con i dati utili per la costruzione della porzione di carta:

$$\rho = r / \tan \varphi$$

Punto	$\varphi$	$\rho$ (mm)	$\lambda = \omega$
Edmonton	53°18'N	89,4	113°35'W
Amsterdam	52°18'N	92,7	004°46'E
East Midlands	52°50'N	91,0	001°20'W
Philadelphia	39°52'N	143,7	075°14'W
X	66°14'56''N	52,8	27°W
Y	54°27'38''N	85,7	27°W

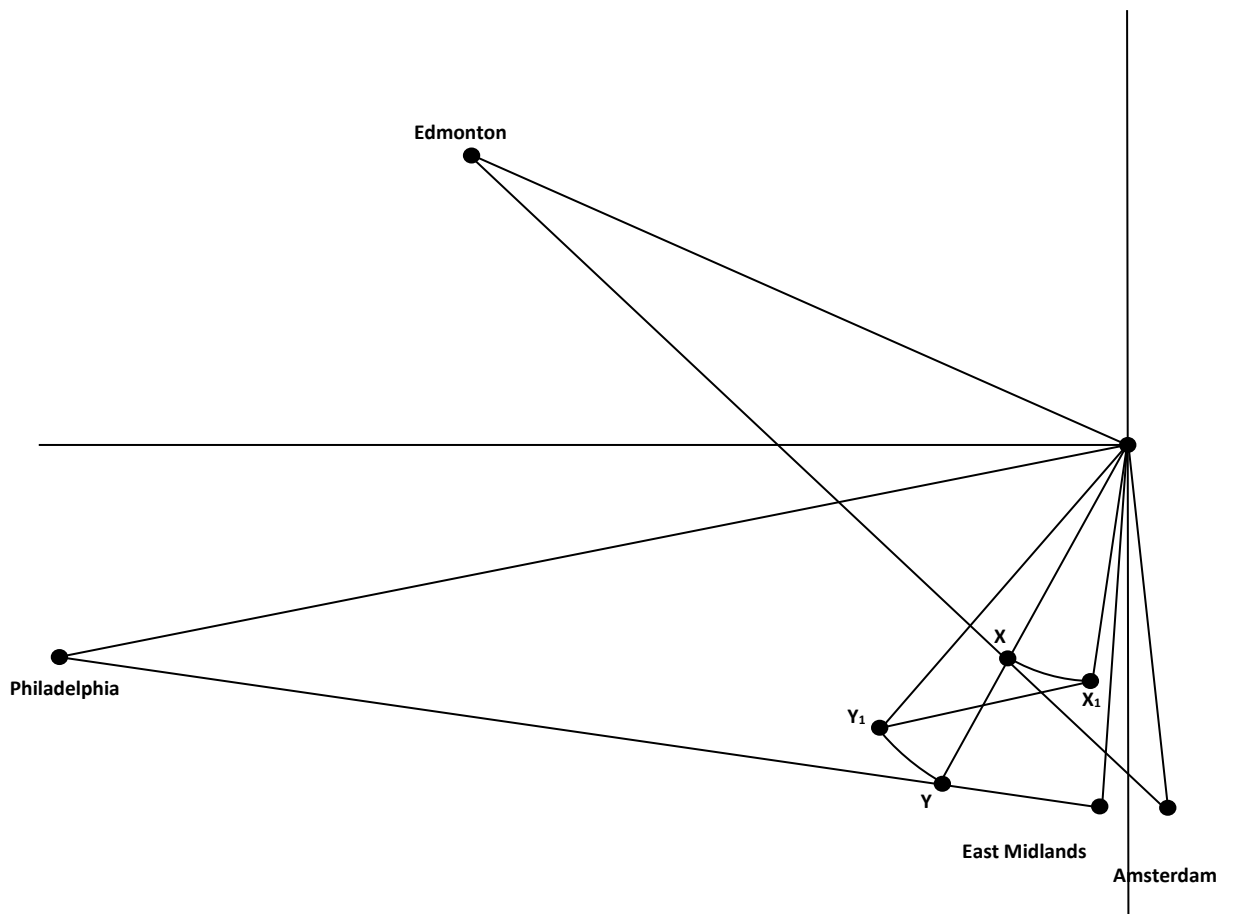
Dalla carta si ricavano:

Distanza Edmondo – X: 10,3 cm

Distanza East Midlands – Y: 3,9 cm

Distanza sul parallelo XXI =  $\Delta\lambda_{XX1}^r \cdot \rho_X = 20^\circ 42' 14'' \cdot 5,28 \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 1,91$  cm

Distanza sul parallelo YY1 =  $\Delta\lambda_{YY1}^r \cdot \rho_Y = 13^\circ 03' 28'' \cdot 8,57 \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 1,95$  cm



## SECONDA PARTE

1. Un aeromobile sorvola un punto A (41°00'N; 15°41'E) posto su QTE 240 da una stazione radioelettrica sita nell'aeroporto S (42°00'N; 18°00'E). Dopo un certo tempo il velivolo viene rilevato dalla stessa stazione su QTE 180 a 120 NM. Il navigatore Doppler misura lungo la rotta effettiva un  $dF = 2420$  Hz ( $F = 9$  GHz; angolo di depressione  $60^\circ$ ). Il vento lungo la tratta è stimato in  $150^\circ/27$  kts. Il candidato determini la prua, la velocità all'aria e il  $dF$  misurato dal navigatore Doppler (orientato sull'asse longitudinale dell'aeromobile) durante la fase di rientro (vento medio stimato di levante, intensità 43 kts) sull'aeroporto S.

Svolgimento:

Calcolo lossodromia tra il punto A e la stazione VOR:

$$\Delta\varphi' = 42^\circ N - 41^\circ N = 1^\circ N = 60' N$$

$$\varphi_m = \frac{41^\circ N + 42^\circ N}{2} = 41^\circ 30' N$$

$$\Delta\lambda' = 18^\circ E - 15^\circ 41' E = +2^\circ 19' = 139' E$$

$$TC_q = \tan^{-1} \left( \frac{139 \cdot \cos 41^\circ 30'}{60} \right) = 60^\circ NE \rightarrow TC = 60^\circ$$

$$D = \frac{60}{\cos 60^\circ} = 69,3 \text{ NM}$$

Calcolo elementi interni del triangolo ABS:

$$\overline{AB} = \sqrt{69,3^2 + 120^2 - 2 \cdot 69,3 \cdot 120 \cdot \cos 60^\circ} = 104,3 \text{ NM}$$

$$\frac{120}{\sin \alpha} = \frac{104,3}{\sin 60^\circ} \rightarrow \alpha = \sin^{-1} \left( \frac{120 \cdot \sin 60^\circ}{104,3} \right) \cong 85^\circ$$

Calcolo GS sulla tratta AB:

$$GS = \frac{\Delta f \cdot \lambda}{2 \cdot \cos 60^\circ} = \frac{2420 \cdot 0,0333}{2 \cdot \cos 60^\circ} \cong 80,7 \text{ m/s} = 156,8^k$$

Calcolo tratte di volo A-B e B-S:

$$\begin{cases} TC_1 = 60^\circ + 85^\circ \\ TAS = 156,8^k \\ W/V = 150^\circ/15^k \end{cases} \quad \begin{cases} TH_1 = 145,7^\circ \\ TAS = 183,7^k \end{cases}$$

$$\begin{cases} TC_2 = 0^\circ \\ TAS = 183,7^k \\ W/V = 090^\circ/43^k \end{cases} \quad \begin{cases} TH_2 = 013,5^\circ \\ GS_2 = 178,6^k = 91,88 \text{ m/s} \end{cases}$$

Calcolo  $dF$  sulla tratta di volo B-S:

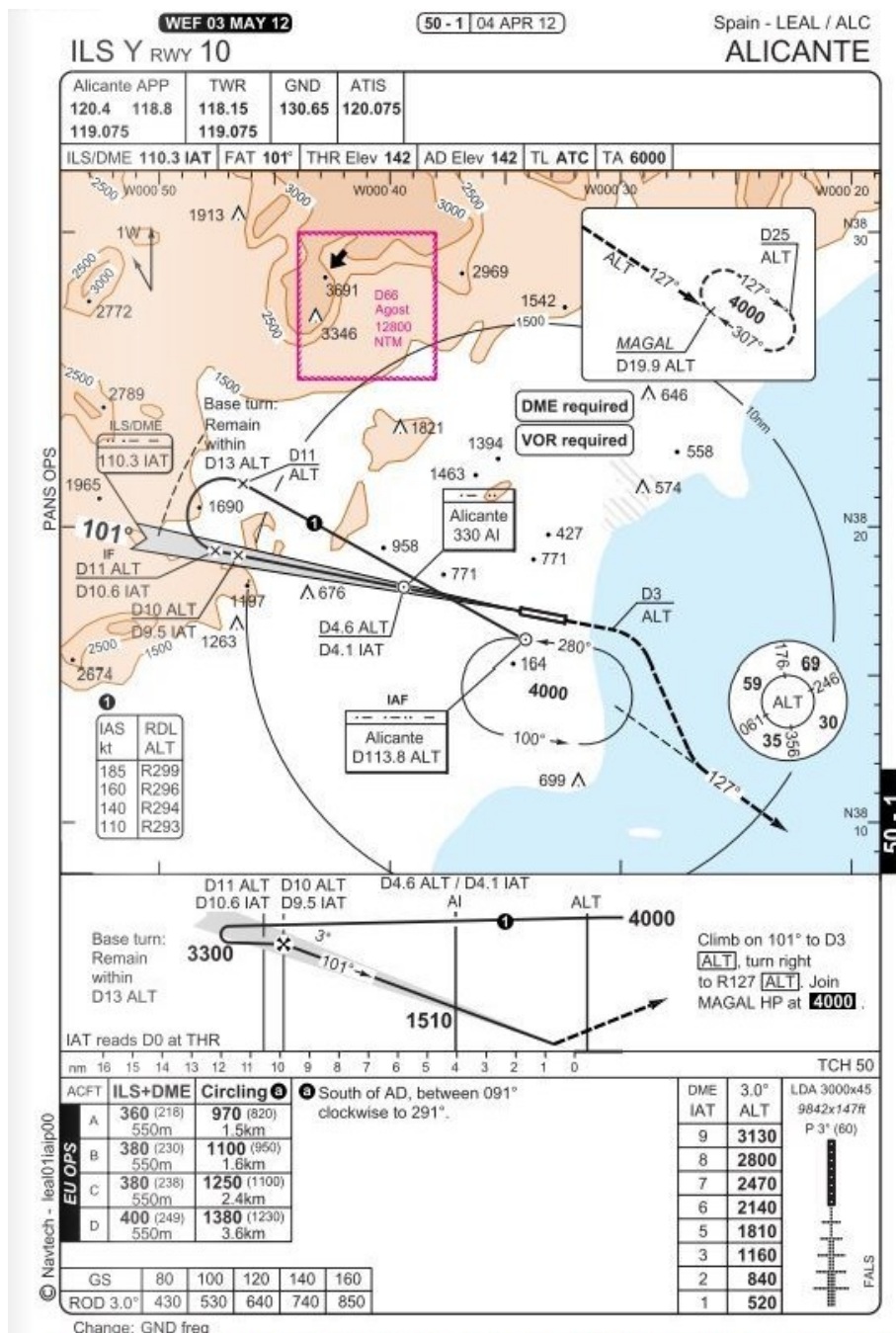
$$dF = \frac{2 \cdot V \cdot \cos \gamma}{\lambda} = \frac{2 \cdot 91,88 \cdot \cos 60^\circ}{0,0333} = 2756,4 \text{ Hz}$$

2. Da una carta di avvicinamento strumentale si osserva una procedura di attesa che prevede: virate standard, il tratto inbound su radiale 306° e MHA=4000 ft. A causa di un forte temporale, che ha causato la chiusura temporanea della pista dell'aeroporto vicino, stanno convergendo su di esso tre aeromobili. Il candidato assegni la quota di attesa e rappresenti su un grafico con scala a scelta i percorsi di ingresso nel circuito di attesa sapendo che sull'Holding Fix l'aereo A giunge seguendo la radiale 290°, l'aereo B la radiale 180° e l'aereo C la radiale 090°. L'Altitudine di Transizione sia coincidente con la MHA mentre per i dati meteo, il candidato utilizzi e successivamente decodifichi il bollettino seguente:

*METAR LEAL 081320Z 12040KT 4000 TSGR BKN025 OVC036 11/10 Q1008*

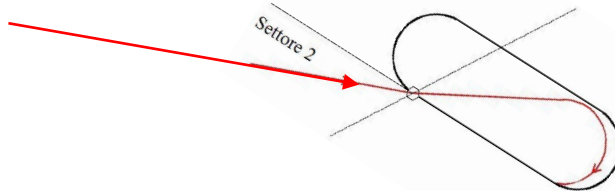
Svolgimento:

*Nella cartina che segue si può trovare la procedura di avvicinamento all'aeroporto di Alicante:*

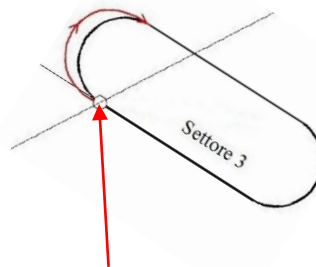


Dalla lettura della carta si ricava che la Holding rappresentata nel quadratino in alto a destra della cartina è un'Holding destra standard la cui MHA=4000 ft, tratto inbound su prua 307° e tratto outbound 127°. La VAR=1°W per cui i valori delle prue vere sono rispettivamente 306° e 126°. Per quanto riguarda l'ingresso in Holding degli aeromobili del quesito, si ha:

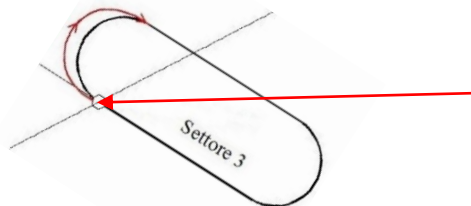
- Aereo A giunge su radiale 290° (MH=291°), quindi l'ingresso in Holding è dal settore 2 con entrata a goccia;



- Aereo B giunge su radiale 180° (MH=181°), quindi l'ingresso in Holding è dal settore 3 con entrata diretta;



- Aereo C giunge su radiale 090° (MH=091°), quindi l'ingresso in Holding è dal settore 3 con entrata diretta come l'aereo B.



Per quanto riguarda le quote da mantenere, a seconda dell'ordine di arrivo, i tre aerei si posizioneranno il primo su 4000 ft, il secondo su 5000 ft e il terzo su 6000 ft, rispettando così la separazione standard di 1000 ft, minima separazione IFR sotto FL290.

DECODIFICA METAR:

**Località:** LEAL (ALICANTE – SPAIN)

**Bollettino emesso il giorno:** 08, orario 13:20 UTC

**Vento:** Direzione = 120 gradi, velocità: 40 nodi.

**Visibilità orizzontale minima:** 4000 m.

**Osservazione meteorologica:** Temporale Grandine (maggiore di 5 mm) .

**Nuvole:** Molto nuvoloso (5-7 ottavi), a 2500 piedi sopra l'aeroporto (762 metri).

**Nuvole:** Cielo coperto (8 ottavi), a 3600 piedi sopra l'aeroporto (1097 metri).

**Temperatura:** 11 gradi Celsius. **Punto di rugiada:** 10 gradi Celsius.

**QNH (pressione a livello del mare):** 1008 hPa (29,77 pollici).

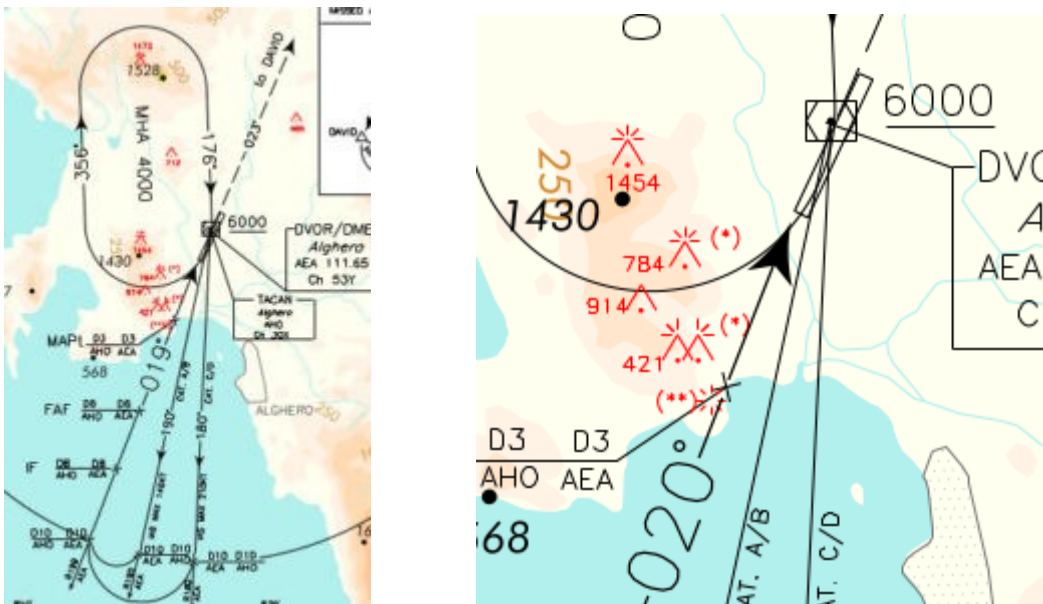
3. In caso di indisponibilità del servizio RADAR, la procedura VOR-Y per RWY 02 dell'aeroporto di Alghero/ Fertilia (LIEA) prevede Holding Pattern standard attestato su AEA VOR/DME con rotta inbound 177° e MHA 4000ft. La procedura di avvicinamento è una Reversal tipo BASE TURN destra con allontanamento su RDL181° AEA VOR per CAT. C/D e su RDL191° AEA VOR per CAT. A/B fino alla distanza D10 NM AEA DME. Il tratto finale ha rotta TR 020°.

Il candidato rappresenti in scala sia la visione in pianta che quella in profilo (virata livellata 2900 ft) dell'intera procedura considerando il VOR/DME posizionato circa a metà pista sulla sinistra della stessa.

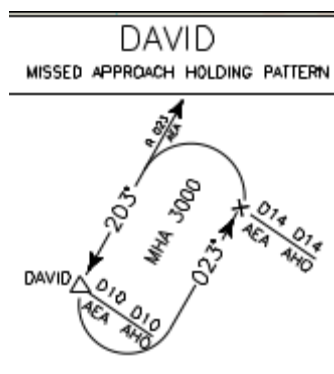
Svolgimento:

*Procedura VOR RWY 02*

*Dal VOR/DME AEA, (sul quale è attestato un circuito d'attesa / +6000ft o +4000ft a discrezione ATC), allontanamento su TR 180° (CAT C/D) o TR 190° (CAT A/B). A 10NM AEA/AHO DME virata a destra per intercettare RDL 199 AEA; segmento finale su TR 019°, IF a D8 AEA/AHO DME, FAF a D6 AEA/AHO DME, MAPt a D3 AEA/AHO DME.*

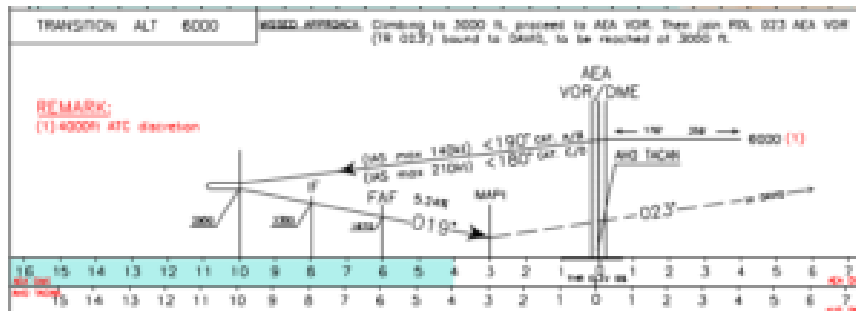


Il mancato avvicinamento conduce ad un'attesa sul punto DAVID (RDL 023 AEA).





Vista in profilo



minime

OCA(OCH)		A	B	C	D
STRAIGHT IN APPROACH	VOR	1100 (1032)			
	This procedure can be performed with the following meteorological minima: - ceiling 1500 ft or above; - ground visibility not less than 5 Km; - flight visibility not less than 5 Km by day and 8 Km by night				
CIRCLING		1170 (1083)			1400(1313)

4. Anche in relazione alla propria esperienza maturata in percorsi di alternanza scuola lavoro, il candidato esamini la successiva sequenza di comunicazioni tra controllore radar e piloti:

*RYR 476: Girona Radar RYR 476 estimated BAGUR at 13:20 distance 22 nautical miles*

*RDR: 476 report your heading and level*

*RYR 476: 476 heading 255 at flight level 90*

*VLG 321: Girona Radar VLG 321 estimated BAGUR at 13:22 distance 28 nautical miles*

*RDR: 321 report your heading and level*

*VLG 321: 321 heading 338 at flight level 90*

Ipotizzando un vento da NW con intensità 30 kts e che gli aa/mm navighino con la stessa TAS=260 kts, il candidato valuti la distanza minima a cui transiteranno e l'eventuale manovra da far eseguire ad uno dei velivoli affinché la separazione minima venga rispettata nel vettoramento.

Svolgimento:

$$\begin{cases} TC_1 = 255^\circ \\ TAS = 260^k \\ W/V = 315^\circ/30^k \end{cases} \quad \begin{cases} TH_1 = 260,7^\circ \\ GS_1 = 243,7^k \end{cases}$$

$$D_{2'} = 243,7^k \cdot 2' = 8,1 \text{ NM}$$

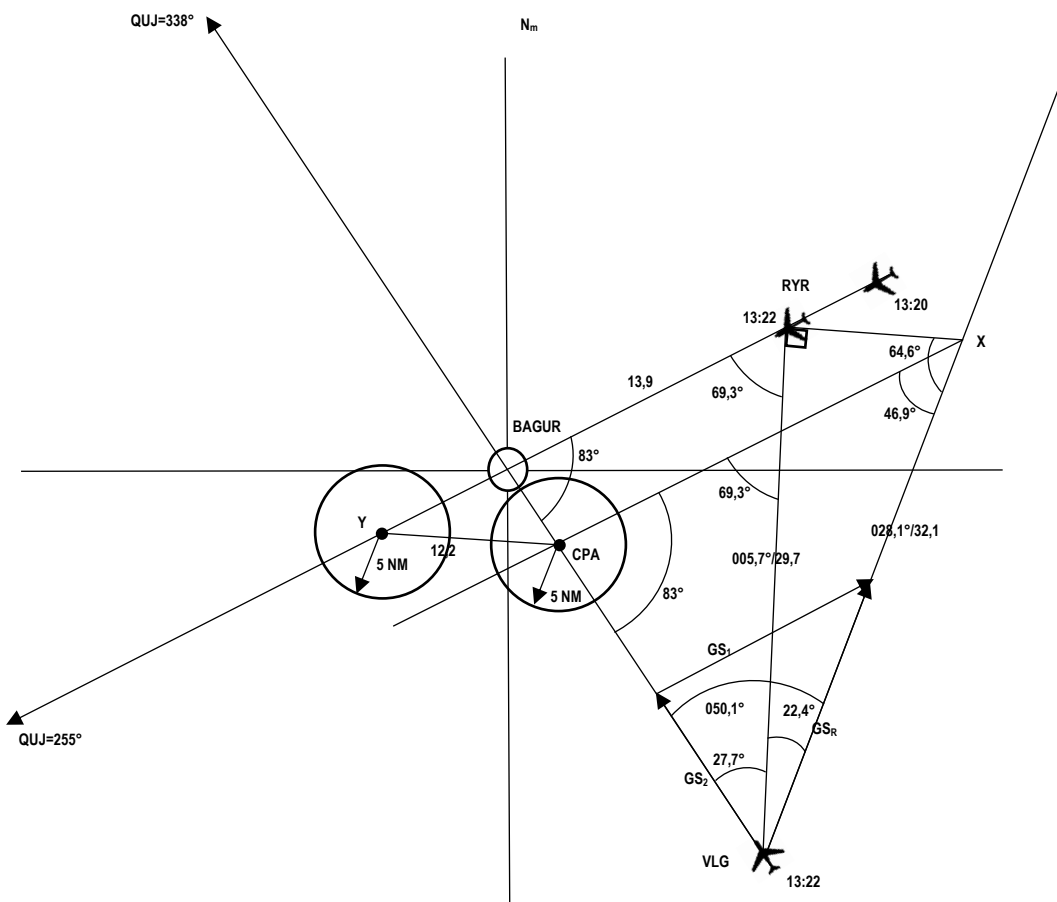
$$FT_1 = \frac{22 - 8,1}{GS_1} = \frac{13,9}{243,7} = 03^m 25^s$$

$$\begin{cases} TC_2 = 338^\circ \\ TAS = 260^k \\ W/V = 315^\circ/30^k \end{cases} \quad \begin{cases} TH_2 = 335,4^\circ \\ GS_2 = 232,1^k \end{cases}$$

$$FT_2 = \frac{28}{GS_2} = \frac{28}{232,1} = 07^m 14^s$$

Calcolo TB/D tra aereo VLG e RYR:

$$\begin{cases} TC^* = 338^\circ \\ GS^* = 28^k \\ W/V^* = 075^\circ/13,9^k \end{cases} \quad \begin{cases} TH^* = 005,7^\circ \\ TAS^* = 29,7^k \end{cases}$$



Calcolo  $GS_R$  tra i due aerei:

$$\begin{cases} TC^* = 338^\circ \\ GS^* = 232,1^k \\ W/V^* = 075^\circ/243,7^k \end{cases} \quad \begin{cases} TH^* = 028,1^\circ = TC_R \\ TAS^* = 315,4^k = GS_R \end{cases}$$

Calcolo distanza VLG-X:

$$028,1^\circ - 005,7^\circ = 22,4^\circ; 338^\circ - 028,1^\circ = 050,1^\circ; 050,1^\circ - 22,4^\circ = 27,7^\circ$$

$$d_{VLG-X} = \frac{d_{RYR-VLG}}{\cos \alpha} = \frac{29,7}{\cos 22,4^\circ} = 32,1 \text{ NM}$$

*Calcolo distanza VLG-CPA:*

$$\frac{d_{VLG-CPA}}{\sin 46,9^\circ} = \frac{d_{VLG-X}}{\sin 83^\circ} \rightarrow d_{VLG-CPA} = \frac{32,1}{\sin 83^\circ} \cdot \sin 46,9^\circ = 23,6 \text{ NM}$$

*Calcolo distanza tra CPA (Closest Point of Approach) e VOR:*

$$d_{CPA-VOR} = 28 - 23,6 = 4,4 \text{ NM}$$

*Calcolo distanza minima di separazione tra i due aeromobili:*

$$d_{X-RYR} = d_{CPA-Y} = d_{VLG-X} \cdot \sin 22,4^\circ = 32,1 \cdot \sin 22,4^\circ = 12,2 \text{ NM}$$

*Dal calcolo appena effettuato, si evince che, essendo sotto controllo radar dove la distanza minima di separazione è di 5 NM, siamo in presenza di un'ampia separazione!*

---

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di tavole numeriche, manuali tecnici, del regolo calcolatore e di calcolatrici tascabili non programmabili.

È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.

Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema