



MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



E.N.A.C  
ENTE NAZIONALE per L'AVIAZIONE  
CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento

RELAZIONI GENERALI





Studio preliminare di compatibilità elettromagnetica degli apparati di radionavigazione

Livello di Progetto

PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE - MASTERPLAN

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE
PSA	00	MARZO 2024	N/A	FLR-MPL-PSA-GEN1-010-AE-RT_St Prel Comp EMC
				TITOLO RIDOTTO
				St Prel Comp EMC

00	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	MCP	L. TENERANI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p><b>ACCOUNTABLE MANAGER</b> Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p><b>DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p> <p>PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</p>  <p>Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>
<p>POST HOLDER PROGETTAZIONE Ing. Lorenzo Tenerani</p> <p>POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'ippolito</p> <p>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini</p>	<p>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTO SPECIALISTICO</p>  <p>Ing. Alessandro Marradi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze N°3550</p>

## Indice

1. Premessa .....	2
2. Stato di fatto .....	4
3. Sistema ILS .....	5
4. Disposizione dei subsistemi di un sistema ILS .....	6
5. Parametro del segnale di navigazione .....	7
6. Percorso di avvicinamento .....	10
7. Ubicazione e configurazione degli impianti di radioassistenza alla navigazione aerea .....	11
7.1 Sistema ILS per pista RWY 11 .....	11
Localizzatore .....	11
ILS/Guida Planata ( Glide Path ) .....	15
DVOR/DME .....	18
8. Conclusioni .....	22

## 1. Premessa

Il presente documento costituisce lo Studio preliminare di compatibilità elettromagnetica degli apparati di radionavigazione in fase di esercizio, parte integrante della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale (o Masterplan) al 2035 dell'aeroporto di Firenze, qui sviluppata e dettagliata ad un livello tecnico ritenuto congruo con le finalità della presente fase procedurale, comunque non inferiore a quello del progetto di fattibilità tecnica ed economica di cui all'art. 41 del D. Lgs. n. 36/2023.

Il citato approfondimento tecnico viene previsto ad integrazione della Sezione Generale della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale al 2035, predisposta in aderenza alle normative e/o regolamenti specifici del settore aeronautico, rispetto alla quale si pone l'obiettivo di elaborare ulteriori elementi tecnici di studio, dettaglio, analisi e progettazione, ritenuti necessari ai fini del compiuto espletamento dei procedimenti amministrativi (di compatibilità ambientale e di autorizzazione) ai quali risulta per legge assoggettato lo strumento del Piano di Sviluppo Aeroportuale, così integrato in modo da rafforzarne la valenza e la funzione progettuale, strettamente interconnessa con quella pianificatoria e programmatica di investimento.

Le informazioni di seguito riportate vanno, pertanto, analizzate in stretta correlazione rispetto ai più ampi ed estesi aspetti tecnico-economici trattati all'interno dei documenti afferenti alla Sezione Generale del Masterplan, con i quali esse si relazionano secondo un processo capillare di progressivo approfondimento e dettaglio, ritenuto utile per una più completa, consapevole e piena visione dell'insieme delle previsioni di trasformazione dello scalo aeroportuale e delle aree circostanti, e per una più esauriente analisi e comprensione della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale.

La citata Project Review costituisce la nuova formulazione tecnica delle previsioni progettuali e di investimento che ENAC prevede di attuare, nel medio-lungo periodo (orizzonte 2035, coerente con quello del Piano Nazionale degli Aeroporti in fase di aggiornamento), relativamente all'infrastruttura aeroportuale di Firenze, redatta dal Gestore aeroportuale di intesa con l'Ente regolatore in attuazione degli obblighi di miglioramento, ottimizzazione e sviluppo dell'aeroporto insiti nel contratto di concessione che lega lo stesso Gestore alle Istituzioni dello Stato (Ministero delle Infrastrutture e ENAC) per la gestione totale dell'infrastruttura aeroportuale (bene dello Stato). Ne consegue che l'insieme documentale di cui la presente relazione costituisce parte integrante deve essere visto e analizzato nella propria autonomia e indipendenza sostanziale, per quanto inevitabilmente consequenziale rispetto al precedente Masterplan 2014-2029 col quale risultano ancora sussistenti più elementi di dialogo che, tuttavia, ci si pone l'obiettivo di non assurgere

a valenza prodromica e a funzionalità necessaria per una completa illustrazione, definizione e comprensione del nuovo Piano di Sviluppo Aeroportuale 2035.

Si auspica, infine, di aver esaurientemente e correttamente tradotto e trasferito, all'interno della documentazione di cui al nuovo Masterplan 2035, quel prezioso bagaglio di esperienza e quell'insieme di utili risultanze derivanti dal dialogo costruttivo e dialettico che, nell'ultimo decennio, ha visto in più momenti la partecipazione di ENAC, del Gestore aeroportuale, degli Enti/Amministrazioni interessati, delle Istituzioni nazionali e regionali, dei vari stakeholders e della cittadinanza attiva intorno ai temi relativi al trasporto aereo, alla multimodalità della mobilità, al ruolo della rete aeroportuale territoriale toscana e al futuro dello scalo aeroportuale di Firenze, che ENAC vede sempre più strategico, integrato e funzionale alla rete nazionale ed europea dei trasporti.

Nello specifico, il progetto della nuova pista dell'aeroporto di Firenze dovrà prevedere anche una nuova collocazione degli apparati di radionavigazione aerea con particolare riguardo a: DVOR - ILS ( LOC-GP-DME ) con procedure di volo connessi per poter effettuare per pista 11 atterraggi strumentali di precisione in CAT II-III ovvero in condizioni di scarsa visibilità:

Category of Operation	Decision Height (DH) (2)	RVR	Visibility
CAT II	lower than 60 m (200 ft), but not lower than 30 m (100 ft)	not less than 300 m	
CAT IIIA	lower than 30 m (100 ft) or no DH	not less than 175 m	

La pista strumentale di progetto è la RWY 11, di seguito i dati caratteristici:

THR	Lunghezza	QFU	TORA	TODA	ASDA	LDA	CWY	RESA	STRIP	Largh	THR el.	PORTANZA*
RWY 11	2200	114°	2200	2260	2200	2200	150 x 60	150 x 240	2260 x 300	45	37.71 m s.l.m.	PCN80/F/C/W/T
RWY 29		294°	2200	2260	2200	2200	150 x 60	150 x 240	2260 x 300	45	39.615 m s.l.m.	PCN80/F/C/W/T

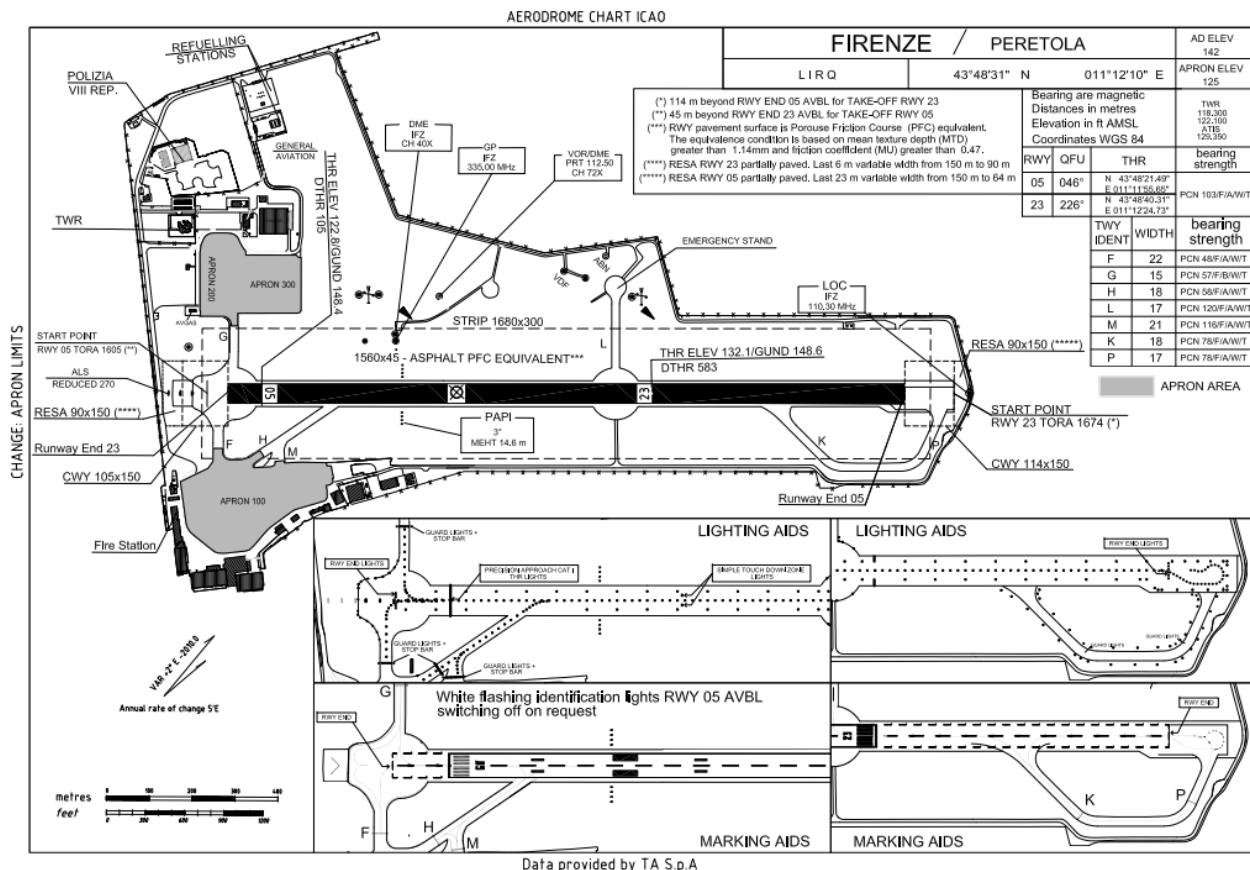
\*minima di progetto

La presente relazione viene redatta per esplicitare in fase preliminare la compatibilità elettromagnetica degli apparati di radionavigazione in fase di esercizio ai sensi D.P.C.M. dell'8 luglio 2003 escludendo fin d'ora gli aspetti legati al D.M. 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", in quanto non applicabile in campo aeroportuale per l'assenza di tali opere.

Tale studio previsionale di tipo qualitativo, infatti vuole dimostrare come l'impatto ascrivibile ai campi elettromagnetici indotti dalle attività aeroportuali nella fase di esercizio, ai sensi dei due D.P.C.M. 8 luglio 2003, non impattino con i ricettori presenti nei dintorni del sedime aeroportuale per la presenza di nuclei abitativi residenziali.

## 2. Stato di fatto

Attualmente all'interno del sedime aeroportuale vi è una infrastruttura di volo che, anche se con particolari limitazioni è operativa con una pista di volo con orientamento 05-23 di cui la RWY 05 risulta strumentale di precisione CAT I.



Aerodrome chart pubblicata in AIP Italia

Come si può evincere già nello stato di fatto, l'infrastruttura di volo è dotata dei medesimi apparati DVOR-ILS ( DME GP e LOC ) atti a garantire le operazioni in CAT I ovvero con i seguenti dati minimi di visibilità:

Category of Operation	Decision Height (DH) (2)	RVR	Visibility
CAT I	not lower than 60 m (200 ft)	not less than 550 m	not less than 800m

L'installazione e la conduzione di tali apparati, ad oggi, non ha comportato alcuna segnalazione in merito ad apporti di disturbi caratterizzati da incompatibilità elettromagnetica a sistemi esterni o in uso nei territori limitrofi.

Per rendere la nuova infrastruttura di volo con operatività in presenza di condizioni di scarsa visibilità, si vuole dotare la pista strumentale di apparati di radionavigazione di tipo "P" precision, in assieme agli aiuti visivi luminosi in dotazione allo scopo.

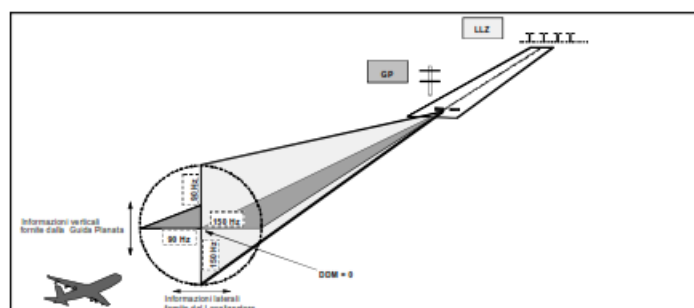
Al fine di dimostrare attraverso il "criterio qualitativo" la compatibilità elettromagnetica dei sistemi di radionavigazione da installarsi all'interno del sedime aeroportuale con la nuova configurazione della pista 11-29 di seguito vengono esplicitati i criteri di funzionamento del sistema.

### 3. Sistema ILS

Il sistema ILS (Instrument Landing System) è un ausilio alla navigazione aerea, adottato in campo internazionale per l'avvicinamento e l'atterraggio, comprendente un localizzatore (LOC o LLZ), una guida di planata (GS o GP) e una serie di radiofari marker esterno e intermedio, e in casi speciali anche marker interno (opzionali). Ciascun apparato, genera segnali radio in modo indipendentemente e simultaneo. Il localizzatore fornisce segnali di informazione sinistra/destra, la guida di planata, segnali alto/basso e il marker segnali di distanza fissa riferita alla soglia di atterraggio. Il sistema include apparati in torre di controllo e/o in sala apparati, usati per il monitoraggio, il tele-controllo e la manutenzione degli apparati. Il principio di funzionamento del localizzatore e della guida di planata è basato su misure di differenza nella profondità di modulazione (DDM) fra due segnali con frequenze 90 Hz e 150 Hz. Tali frequenze di navigazione, sono usate per rilevare il corretto percorso di avvicinamento (DDM=0) e lo specifico angolo della guida di planata (DDM=0). Il localizzatore, funzionante nella gamma di frequenza 108...112 MHz, genera un piano di guida verticale, che permette al pilota dell'aereo di scegliere un percorso di accostamento sinistra / destra fino ad una distanza di circa 30 Km. Il diagramma di irradiazione dell'antenna rivela esattamente la stessa ampiezza per le due frequenze di modulazione di 90 e 150 Hz nel piano di guida. Se il pilota devia lateralmente a sinistra da detto piano, il segnale di modulazione a 90 Hz predomina sulla sinistra, l'indicatore di bordo mostrerà l'indice deviato a destra. Se l'aereo devia a destra, predomina il segnale di modulazione a 150 Hz sulla destra,

e, dal punti di vista dell'aereo, l'indicatore di bordo mostrerà l'indice deviato a sinistra. La guida di planata, che opera nella gamma di frequenza 328...336 MHz, genera il piano di guida orizzontale elevato sopra la pista di un dato angolo di discesa. Il diagramma di irradiazione d'antenna risulta dall'interazione con la superficie terrestre, e contiene in prevalenza la modulazione a 150 Hz al di sotto del percorso di avvicinamento (angolo di discesa) e in prevalenza la modulazione a 90 Hz al di sopra di esso. Nel piano di planata stesso, i due segnali di modulazione hanno ampiezze identiche.

Il fascio radio, che mostra all'aereo il percorso di avvicinamento in fase d'atterraggio, è formato dall'intersezione del piano di guida verticale e da quello orizzontale. Di seguito il principio di funzionamento.



#### 4. Disposizione dei subsistemi di un sistema ILS

I subsistemi di base appartenenti al sistema ILS disposti lungo la pista come illustrato genericamente nella figura sotto riportata sono:

- il localizzatore (LLZ)
- la guida di planata (GP)
- i Marker ( opzionali MM, OM)

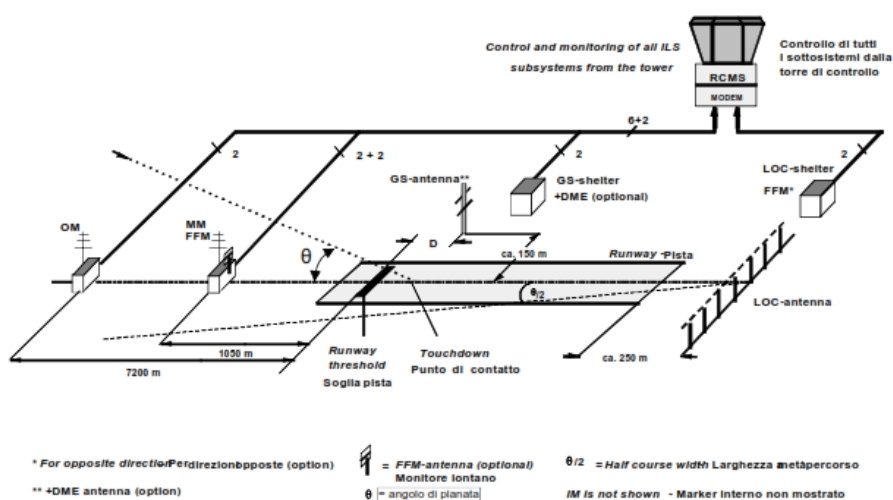
e inoltre

- un DME
- un Monitor di Campo Vicino (NFM) per Localizzatore e per GP
- un Monitor di Campo Lontano (FFM) per Localizzatore

Tale disposizione è valida per gli impianti a frequenza singola o duale, descritti di seguito in dettaglio. L'antenna LLZ è situata tra 200...360 m sul prolungamento oltre la fine dell'asse pista 11. Il trasmettitore LLZ associato è alloggiato in uno shelter nelle vicinanze dell'antenna. ( vds planimetria allegata)

L'antenna GP è situata lateralmente tra i 120...180 m dal centro asse della pista. L'altezza di riferimento per il percorso di avvicinamento è stata fissata a 15 m al di sopra della soglia della pista. La dimensione "D" (compresa tra i 286...344 m) fra il palo dell'antenna GP e la soglia della pista è calcolata da tale altezza e l'angolo di planata, quest'ultimo sarà determinato sulla base di condizioni locali dedotte da apposito rilievo celerimetrico.

Il trasmettitore GP associato è tipicamente alloggiato in uno shelter in vicinanza dell'antenna. ( vds planimetria allegata)



## 5. Parametro del segnale di navigazione

Il Localizzatore (LLZ) genera un segnale RF nella gamma di frequenza tra i 108...112 MHz, che viene modulato in ampiezza con 90 e 150 Hz. Tale segnale, che identifica il "piano di avvicinamento", è generato da un trasmettitore e un sistema di antenna in un impianto 2F (potenza del trasmettitore 25 W).

La distanza utile è  $\geq 25$  miglia nautiche (circa 46 Km) per un settore di  $\pm 10^\circ$ , e fino ad una distanza  $\geq 17$  miglia nautiche (circa 31 Km) per un settore di  $\pm 35^\circ$  relativo alla linea di percorso ed all'antenna LLZ. I valori caratteristici di LLZ entro certi settori, ed in relazione al centro pista, sono i seguenti:

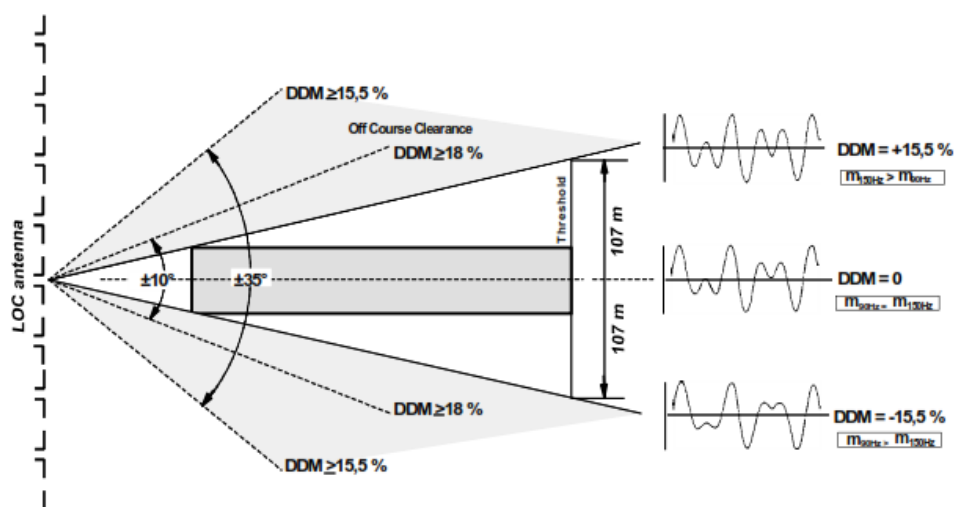
- DDM = 0
- DDM = 15,5% (0,155)



– DDM  $\geq 18\%$  (0,18)

- DDM 0 si verifica quando la direzione di avvicinamento corrisponde esattamente alla mezzeria della pista.
- DDM 15,5% caratterizza il settore di “course” selezionato in modo che il limite al livello della soglia della pista è 107 m, alla sinistra ed alla destra rispetto alla linea di centro-pista. Tali punti sono anche conosciuti come punti LARGHEZZA. Il DDM ha una caratteristica lineare entro tali punti ed un’elevazione di 0,145% per metro. Questo risulta a circa 107 m della metà settore, calcolato per DDM=15,5%. L’Annesso 10 ICAO sezione 3.1.3.7.3, Nota 1) assume una larghezza nominale di settore di 210 m (700 piedi).
- DDM  $\geq 18\%$  caratterizza un settore di  $\pm 10^\circ$  e DDM  $\geq 15,5\%$  un settore da  $\pm 10^\circ$  a  $\pm 35^\circ$ , entro il quale l’informazione LLZ corretta è ancora garantita. Tale settore è coperto, nel caso di LLZ-1F, da una specifica forma di irradiazione di antenna, e nel caso del LLZ-2F, da un segnale di clearance addizionale. L’informazione sul percorso consiste di segnali modulati in ampiezza a 90 e 150 Hz.

Quando l’aereo è prossimo alla pista lungo il percorso desiderato, il ricevitore di bordo riceve i due segnali di modulazione con ampiezze identiche. Questo stato corrisponde a DDM 0. Se vi è una deviazione dal percorso desiderato verso sinistra, vi sarà preminenza dell’ampiezza a 90 Hz, o in caso di una deviazione verso destra, una preminenza dell’ampiezza a 150 Hz.



### Valori caratteristici del segnale Localizzatore

Il Guida Planata ( GP) genera un segnale RF nella gamma di frequenza tra i 328...336 MHz, che viene modulato in ampiezza a 90 e 150 Hz. Il segnale che identifica il “piano di planata” viene generato da un sistema trasmettitore ed antenna in tipo d’impianto 2F oppure 1F (potenza del trasmettitore 5 W in entrambi i casi). Il segnale guida di planata è ottenibile fino ad una distanza di 10 miglia nautiche (circa 18,5 Km) entro un settore azimutale di  $\pm 8^\circ$  relativo alla linea di percorso del localizzatore col punto di contatto al suolo come riferimento fra l’elevazione da  $0,30 \theta$  a  $1,75 \theta$ , dove  $\theta$  è l’angolo nominale del sentiero di planata. Nel settore sottostante il percorso di planata, il DDM aumenta con gradualità, per un angolo decrescente fino al raggiungimento di un valore del 22%. Da qui fino a  $0,45 \dots 0,3$  il DDM non è inferiore al 22% come richiesto per salvaguardare la procedura d’intercettazione del percorso di planata. I valori caratteristici per GP entro certi settori, e in relazione all’asse pista, sono i seguenti:

– DDM = 0

– DDM = 17,5% (0,175)

–  $\theta = 3^\circ$  (angolo tipico di planata RWY 11)

- DDM 0 Il piano irradiato dall’antenna della guida di planata assume la forma di un’iperbole, che non tocca il suolo, come la linea tratteggiata indica. In accordo con ICAO, Annesso 10, sezione 3.1.1, l’altezza di riferimento di questa curva è stata fissata a 15 m (dato di riferimento ILS) alla soglia della pista. Considerando il dato, assieme all’angolo di planata, produce uno spostamento del palo d’antenna GP, rispetto alla soglia pista, della distanza D.

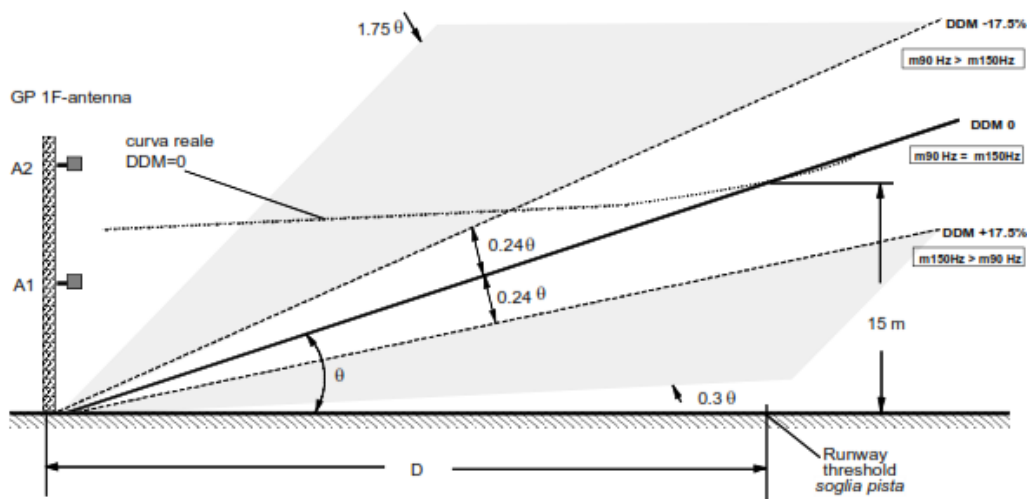
Tale spostamento varia da 286...344 m, a seconda dell’angolo di planata scelto.

Per tale motivo il percorso di avvicinamento verticale ottimale non è una linea retta nella direzione azimutale della mezzeria sul prolungamento della pista, bensì un’iperbole.

- DDM=17,5% è specificato in caso di deviazioni dell’angolo di planata di  $\pm 0,24 \theta$  dal percorso di planata nominale (= DDM 0). Questi valori corrispondono alla LARGHEZZA. La caratteristica di DDM è lineare entro tale settore ( $\pm 0,24 \theta$ ).

Come il localizzatore, l’informazione relativa all’angolo di planata comprende segnali modulati in ampiezza a 90 Hz e 150 Hz. Quando l’aereo è prossimo alla pista lungo il percorso di planata desiderato, il ricevitore di bordo riceve entrambi i segnali con identica ampiezza (equivalente a DDM 0). Deviazioni al di sopra del

percorso nominale danno luogo ad una ampiezza predominante a 90 Hz mentre deviazioni al disotto danno luogo ad una ampiezza predominante a 150 Hz (DDM positivo).

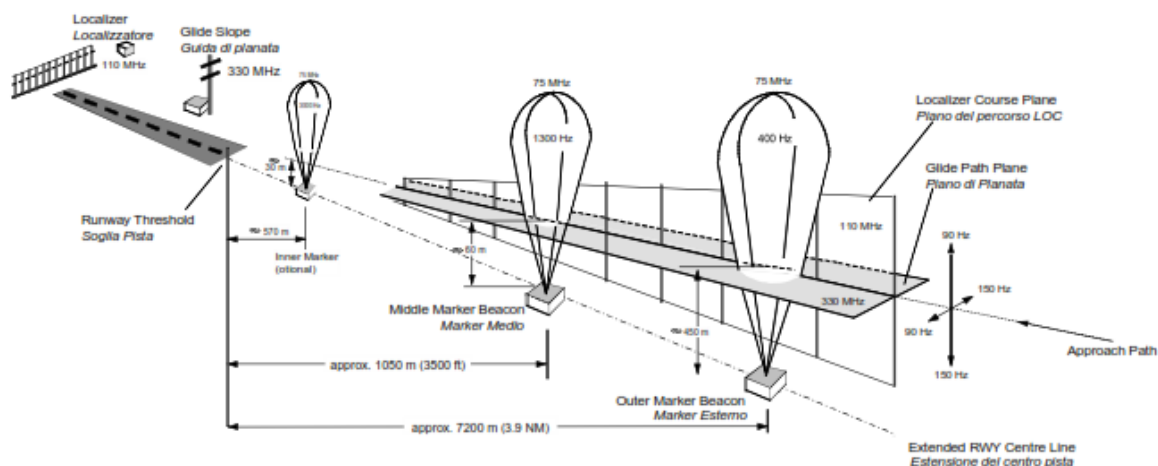


Valori caratteristici del sistema Guida Planata

## 6. Percorso di avvicinamento

Il percorso nominale di avvicinamento alla pista 11 è ottenuto dall'intersezione dei piani generati dal LLZ e dal GP. Entrambi i piani contengono i segnali di modulazione a 90 Hz e 150 Hz già menzionati. Questi segnali sono interpretati dal ricevitore di bordo e forniti ad uno strumento con indici ad intersezione, il quale visualizza al pilota, informazioni di controllo corrispondenti a deviazioni del percorso centrale nominale. I segnali interpretati dal ricevitore di bordo possono anche essere forniti al pilota automatico. Il pilota riceve inoltre informazioni sulla distanza dall'apparato DME.

Il sistema DME (Distance Measuring Equipment: apparato di misura della distanza) è spesso installato al posto dei marker. Tale sistema permette al pilota di leggere in continuità, su un indicatore, la distanza fra l'aeroplano ed il punto di contatto al suolo sulla pista. Il principio del DME si basa sulla misura del tempo di ritardo degli impulsi ad alta frequenza, per mezzo dei quali il sistema di bordo trasmette una serie di impulsi, ai quali risponde un trasponditore al suolo dopo un dato tempo di ritardo. Il tempo fra la trasmissione degli impulsi di interrogazione e la ricezione degli impulsi di risposta è interpretato dal sistema di bordo, e la distanza è visualizzata in forma direttamente leggibile.



Schema d'insieme del sistema ILS

## 7. Ubicazione e configurazione degli impianti di radioassistenza alla navigazione aerea

### 7.1 Sistema ILS per pista RWY 11

#### Localizzatore

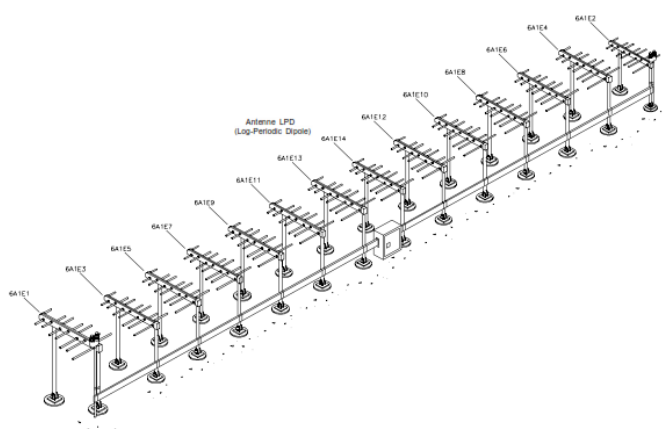
Da quanto si evince dall'elaborato grafico allegato alla presente, l'installazione dell'impianto ILS per avvicinamenti strumentali di precisione per pista RWY 11 potrà essere fattibile con le modalità in appresso descritte.

Il sistema d'antenna potrà essere ubicato alla fine della pista 11, ovvero spalle della Testata Pista RWY 29 lungo il prolungamento dell'asse pista (oltre la RESA di pista RWY 11), con l'apparato installato entro uno Shelter prefabbricato, posto a circa 80 m dal prolungamento asse pista ed a destra nel senso dell'atterraggio per pista RWY 11 (vedi elaborato grafico).

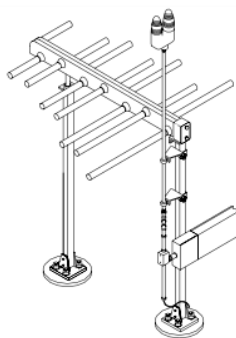
L'impianto proposto, a meno di ulteriori valutazioni da effettuarsi in fase esecutiva, può soddisfare le prestazioni richieste dall'ICAO per avvicinamenti strumentali di precisione in CAT.II/III:

APPARATO	bi-canale bi-frequenza intervallo di frequenza da 108 a 112 MHz
SISTEMA D'ANTENNA	n° 14 antenne
MONITORE	n° 1 a circa 80 m dal centro del sistema d'antenna

La struttura del sistema d'antenna, pari a circa 2 m di altezza, sarà realizzata a frattura prestabilita e comunque posizionata in modo da non forare il piano di protezione ostacoli relativo all'avvicinamento per pista RWY 29.



Sistema d'antenna LOC



Antenna Monitor ( controllo qualità del segnale )

Il sistema d'antenna consiste di 14 elementi LPD (log-periodic dipole). Ogni antenna LPD consiste di sette dipoli radiatori orizzontalmente polarizzati che sono alimentati da una linea di trasmissione bilanciata e comune. Ogni antenna è montata su due pali d'appoggio frangibili di circa 1.85 metri sopra la base. I pali di sostegno possono essere montati su basi di cemento a quota terreno. Il sistema d'antenna 14 elementi è

larga circa 30.48 metri, locato sul prolungamento del centro-linea della pista tipicamente a circa 300 metri dalla soglia di fine pista.

### **Diagramma di radiazione**

I diagrammi di irradiazione del localizzatore vengono generati a seconda delle specifiche e tipi di antenna, costituiti da elementi allineati e sistemi d'antenna array. Tali allineamenti vengono alimentati con segnali di CSB e SBO e con i segnali di "clearance" CSB e SBO, così da generare la DDM con le prestazioni specificate. Gli allineamenti per l'impianto 2F possono essere descritti come cortina di dipoli lineari allargati. Gli elementi di antenna vengono opportunamente eccitati allo scopo di generare diagrammi azimutali  $\Sigma$ - e  $\Delta$ -. La forma contiene un lobo principale nella direzione del prolungamento della mezzzeria della pista e simmetrico rispetto ad essa.

La forma contiene due lobi di uguale ampiezza ma con fase RF opposta e con un minimo centrale, in direzione del prolungamento della mezzzeria della pista. Oltre al sistema di percorso (course), l'antenna 2F irradia anche il segnale di limite (clearance) sovrapposto al segnale di percorso, generando i lobi  $\Sigma$ - e  $\Delta$ - con irradiazione principale fra  $\pm 10$  e  $\pm 35$  gradi e con un minimo nell'azimut del prolungamento di centro pista.

Il fascio verticale è determinato dalle caratteristiche di ciascun elemento individuale e dall'altezza dell'antenna al di sopra del terreno riflettente. Il segnale di portante e banda laterale (CSB-CS) del percorso (course) contiene la portante e il segnale modulante a 150 Hz e 90 Hz, entrambi in fase con la portante. Il segnale di banda laterale unica (SBO-CS) di percorso contiene solo i due segnali di modulazione in opposizione di fase ( $180^\circ$ ) fra loro. Il segnale di Clearance, per installazione a 2F, include il segnale di portante, che è spostato di 8 kHz rispetto alla frequenza di portante della course. Il segnale di sicurezza (clearance) consiste, come il segnale di percorso, di un segnale CSB (-CL) e SBO (-CL), con modulazione simile al course.

Per entrambi i segnali di percorso negli impianti 2F, la clearance CS è trasmesso attraverso la corrispondente forma  $\Sigma$ , mentre SBO è trasmesso attraverso la corrispondente forma  $\Delta$ . Comunque, allo scopo di accrescere il rapporto di cattura fra course e clearance sulla linea di percorso, vi è un minimo di intensità di campo nel segnale di limite CSB nella direzione della mezzzeria.

Di seguito il grafico di composizione dei segnali CSB-SBO e relativo diagramma di radiazione azimutale.

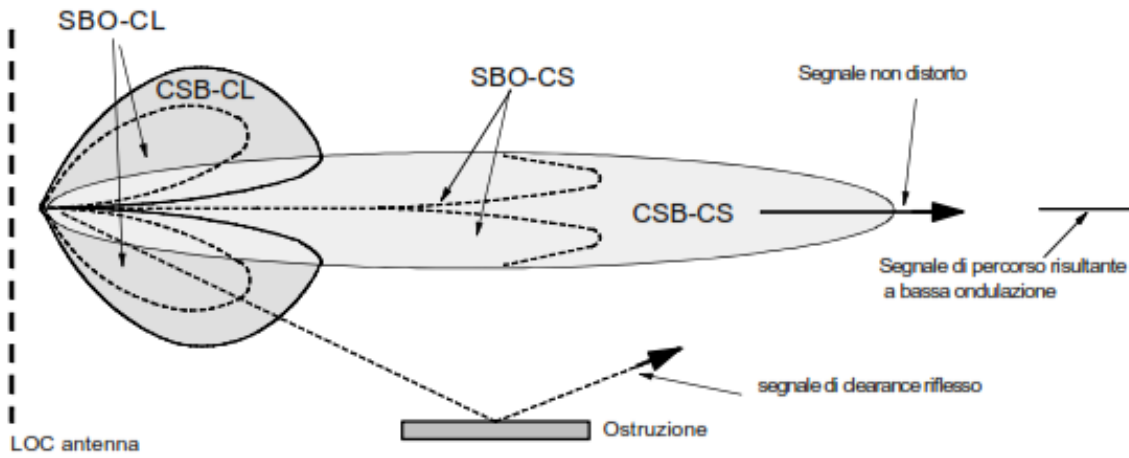


Grafico composizione dei segnali

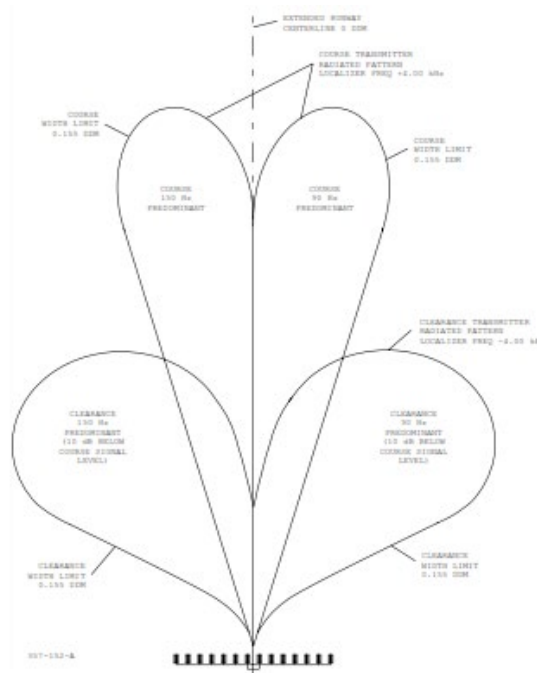


Grafico di radiazione azimutale

## ILS/Guida Planata ( Glide Path )

Per il sistema GP viene considerato un angolo di discesa pari a  $3,00^\circ$  (gradiente pari al 5,24%) ed un valore del DATUM di 15 m ( da verificarsi in fase esecutiva con simulazione). Il sistema d'antenna viene previsto a circa 300 m dalla soglia pista (THR) 11 e 130 m a sinistra dell'asse pista (nel senso d'avvicinamento); mentre lo Shelter contenente gli apparati potrà essere ubicato a lato del sistema d'antenna ad una distanza di circa 160 m dall'asse pista e dallo stesso lato dell'antenna, subito oltre il limiti della transizione laterale della strip.

Per poter garantire buone prestazioni in CAT. II/III previste dalla normativa ICAO, l'impianto potrà avere le seguenti caratteristiche:

APPARATO	bi- canale bi-frequenza;
SISTEMA D'ANTENNA	a 3 dipoli.
MONITORE	n° 1 a circa 80 m dal centro del sistema d'antenna

Il traliccio porta antenne GP (h circa 14 m) dovrà essere realizzato con struttura a frattura prestabilita; l'area critica antistante la Guida Planata dovrà essere livellata e non dovrà presentare asperità di rilievo come previsto dalle norme di sito dell'impianto.

### Diagramma di radiazione

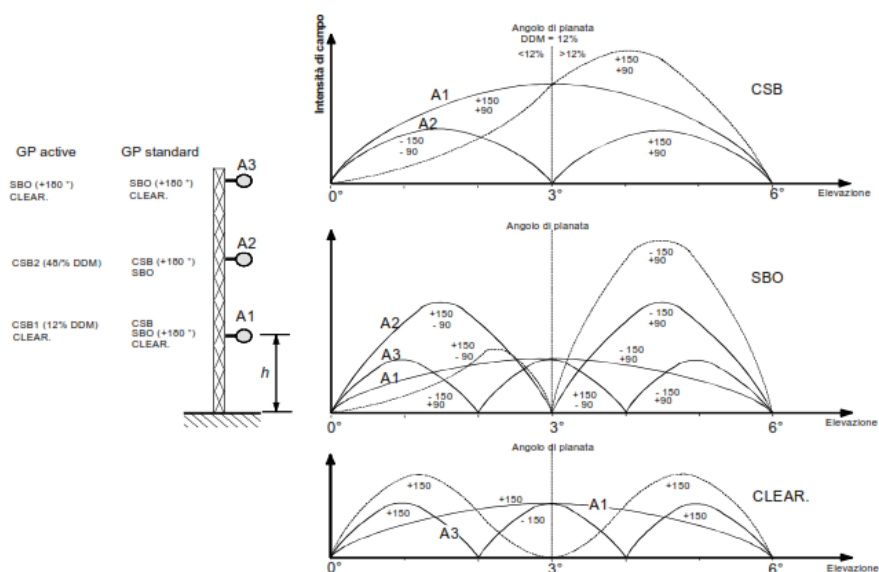
I diagrammi d'irradiazione GP sono generati con tipi specifici di antenne eccitate da segnali di portante e banda laterale (CSB), segnali di solo bande laterali (SBO) e per 2F con segnali di clearance, che generano il DDM specificato e le prestazioni di copertura. L'antenna può essere descritta come una cortina di elementi, ciascuno dei quali è composto da un insieme di dipoli, formante un segnale direttivo. Gli elementi sono eccitati in modo da formare un fascio direttivo in azimuth e in elevazione. Il segnale CSB contiene la portante e la modulazione a  $+90\text{ Hz}/+150\text{ Hz}$ , entrambi in fase con la portante. Il segnale SBO contiene solo i segnali modulanti  $-90\text{ Hz}/+150\text{ Hz}$ , in opposizione di fase uno all'altro. Il segnale di clearance, per 2F, contiene il segnale di portante spostato di 8 KHz dalla frequenza del segnale course e ampiezze modulate al 55% del 150 Hz e al 25% del 90Hz il cui risultato ha valore di  $\text{DDM} = 30\%$  e  $\text{SDM} = 80\%$ .

Il segnale irradiato è composto anche dalle riflessioni dovute alla superficie del terreno di fronte all'antenna che viene sommato vettorialmente per formare il campo lontano con un DDM lineare nel settore della planata. Il segnale operativo nello spazio, può essere usato solo entro un'elevazione di  $1,75x \theta$  come da



specifiche ICAO, Annex 10, sopra questa elevazione può esistere un livello minimo di intensità di campo o un falso segnale di "course".

L'ampiezza del segnale della portante determina la copertura del sistema GP, mentre l'ampiezza di SBO corrisponde alla sensibilità del DDM in funzione dell'elevazione e definisce la larghezza del settore della guida di planata. La larghezza decresce all'aumentare di SBO. Di seguito i grafici dei segnali radianti.



L'angolo del percorso di planata (SBO nullo) deve essere mantenuto simile alle irradiazioni normali in accordo con le specifiche locali relative all'angolo del sentiero di planata, in questo caso 3°. Per compensare la deficienza di intensità di campo sotto l'angolo di planata, un segnale "clearance" è irradiato in aggiunta; la frequenza di portante della clearance è spostata di 8KHz da quella di course. Questo segnale di clearance serve principalmente a coprire gli angoli bassi di elevazione nel campo lontano. Ogni componente di segnale riflesso, sul GP, ha come risultato in caso di ostacoli nel campo vicino che non deteriora la qualità dell'angolo di planata, quindi sono affievoliti all'ingresso del ricevitore di bordo dovuto all'"effetto cattura" sulla base dell'intensità di campo differenti. Questo metodo è usato da GP-2F conosciuto anche come GP M-type.

I diagrammi nel libero spazio di CSB e SBO sono più elevati e comparati a 0-Type o B-Type minor energia è diretta verso il terreno con conseguente minor sensibilità a irregolarità del suolo e delle ostruzioni.

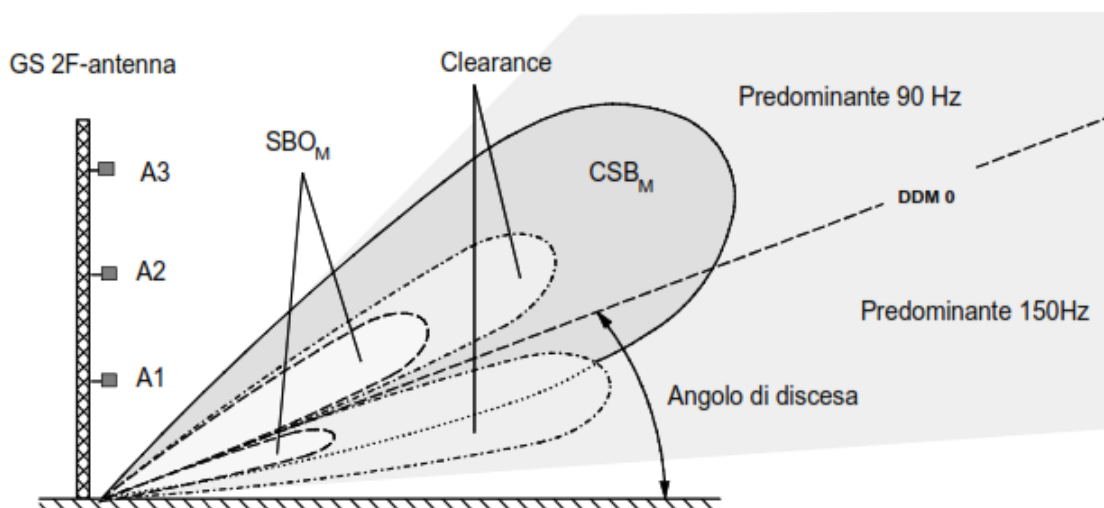
Questo particolare accorgimento permette di poter comporre il segnale all'interno del campo di riflessione del GP all'interno del sedime aeroportuale senza disturbare aree limitrofe. Dunque al segnale di course si

somma quello di clearance con DDM = -30% irradiato dagli elementi d'antenna A1 e A3, con fase e ampiezza uguale. Il diagramma nello spazio libero della clearance ha un massimo a  $1,2^\circ$ , modulato al 55% del 150 Hz e al 25% del 90Hz con risultato di DDM = -30%.

L'effetto "capture effect" a bassi angoli di elevazione in cui il segnale di clearance predomina sul course sia la copertura sia il DDM è determinato dal clearance. Nell'area dell'angolo di planata la clearance ha un minimo che è supportato anche dalle riflessioni, come ad angoli alti di elevazione il segnale course è predominante senza influenze dal clearance. Benché le altezze degli elementi d'antenna sono maggiori dei sistemi null-o B-Type, il M-Type richiede minor zona di riflessione antistante l'antenna con il vantaggio di non influenzare aree esterne.

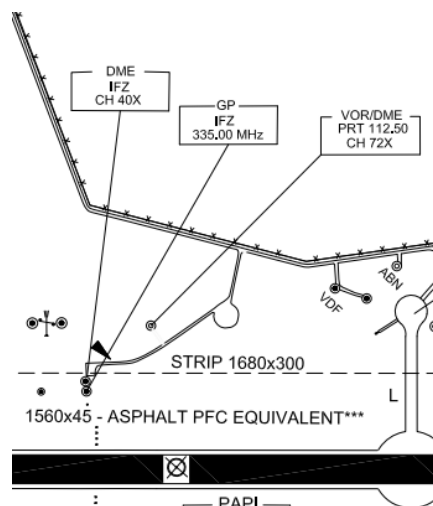
Comparato con il metodo "0 reference" le distorsioni, dovute a un terreno irregolare o in pendenza o ad ostacoli, sono ridotte del 50-80%. Il sistema tipo- M migliora le prestazioni in siti difficili.

Con sistemi ad antenne di tipo M (composti da tre elementi radianti A1, A2 e A3, posizionati ad un'altezza approssimativa di 1h, 2h, 3h dal terreno) i segnali in spazio libero CSB e SBO riescono ad avere un'elevazione maggiore componendosi all'interno dell'area critica del sedime aeroportuale senza che vi sia una influenza all'esterno del sedime.



## DVOR/DME

Rispetto alla nuova situazione di progetto il VOR/DME non dovrebbe cambiare sito di installazione.



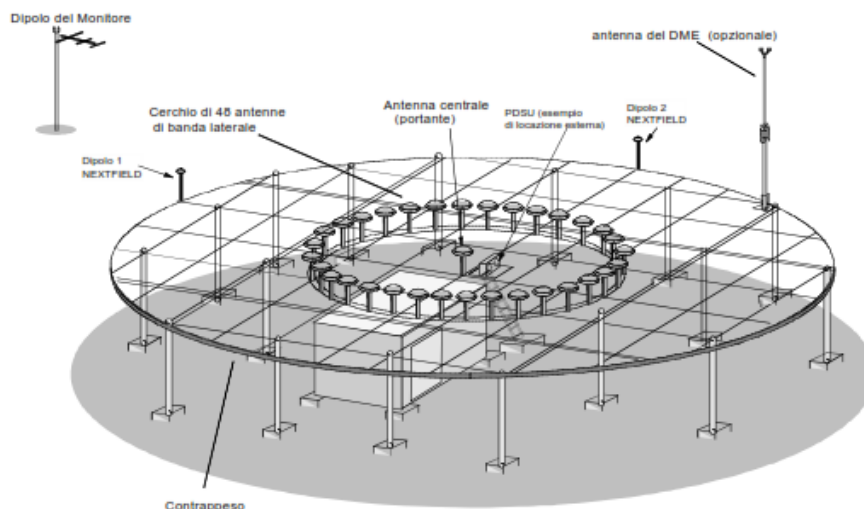
Stralcio Aerodrome chart infrastruttura di volo esistente

Il sito non presenta particolari difficoltà per quanto concerne il futuro orientamento della pista di volo e delle relative taxiway di collegamento per l'impianto DVOR (frequenza portante da 108 a 117.95 MHz) con un contrappeso di altezza standard pari a 3.5 m, le prestazioni dell'impianto potranno essere garantite sui 360°.

Il principio di funzionamento del DVOR, si basa sulla misura dell'angolo di fase fra due segnali a 30 Hz irradiati dalla stazione. Un segnale (di riferimento) è irradiato con la stessa fase in tutte le direzioni. Per il secondo segnale a 30 Hz (variabile), la relazione di fase rispetto al primo segnale varia in funzione dell'azimut. L'angolo elettrico di fase misurato nel ricevitore di bordo corrisponde all'angolo azimutale.

Usando il ricevitore VOR installato a bordo dell'aereo, il pilota è in grado di ottenere le seguenti informazioni da un impianto radio di navigazione DVOR o CVOR:

1. Indicazione azimutale della posizione dell'aereo rispetto al radiofaro di terra, vale a dire l'angolo fra il Nord magnetico e la direzione radiofaro-aeroplano.
2. Il rilevamento, indica che l'aeroplano sta volando alla sinistra o alla destra del percorso prefissato (linea di posizione) oppure, se il velivolo si trova esattamente nel percorso.
3. L'indicazione "to/from" che segnala se l'aeroplano sta volando verso il radiofaro DVOR o si allontana da esso.



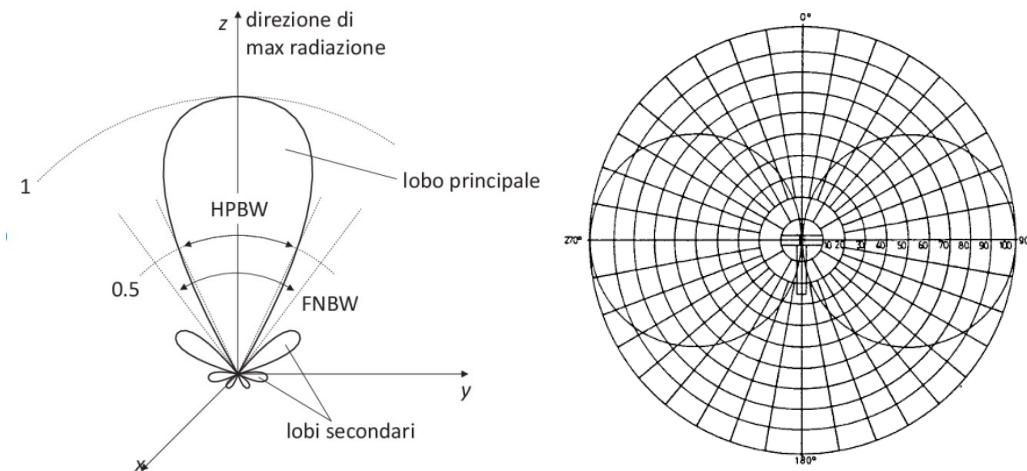
Configurazione del DVOR esistente

### Diagramma di radiazione

Il controllo della generazione del segnale è effettuato mediante tecniche a microprocessore. Anelli (loops) di controllo comprendenti circuiti di misura sono utilizzati per generare i segnali RF per la portante (CSB), la banda laterale superiore (USB) e la banda laterale inferiore (LSB) che alimentano il sistema d'antenna DVOR attraverso il sistema di Commutazione Antenna (ASU-PDSU). I segnali vocali di modulazione per il segnale di portante sono generati digitalmente nel blocco Controllo e Misura Segnale Modulante (MSG-C) del trasmettitore. Le frequenze di portante e di banda laterale sono generate da un sintetizzatore, che fornisce i suoi segnali in uscita a tre moduli di modulazione.

Un modulatore, assieme all'amplificatore di portante (CA-100) sono usati per generare il segnale di portante con bande laterali a 30 Hz (CSB). I due modulatori rimanenti generano SB1 ed SB2. I segnali in uscita di entrambe le bande laterali sono onde continue (cw = onda continua non modulata).

I modulatori amplificano, il segnale a frequenza RF proveniente dal sintetizzatore e l'ampiezza; gli involucri a RF sono controllati dal generatore di segnale modulante e dai circuiti di controllo. Per effettuare misurazioni dell'effettiva ampiezza del segnale si usano accoppiatori bidirezionali. Confrontando i valori effettivi del segnale con i valori programmati nella memoria del microprocessore, sono derivate le tensioni di controllo, dal microprocessore, che sono rinviate (retroazione) ai modulatori. Per ottenere la potenza di uscita richiesta, si usa un amplificatore di portante (CA-100) amplificando la CSB fino a 100 W. Il Controllo e Misura del Segnale di Modulazione è realizzato nell'apparato DVOR 432 per mezzo dei moduli Generatore di Segnale Modulante (MSG) ed Accoppiatore di Controllo (CCP).



Diagrammi di propagazione verticale

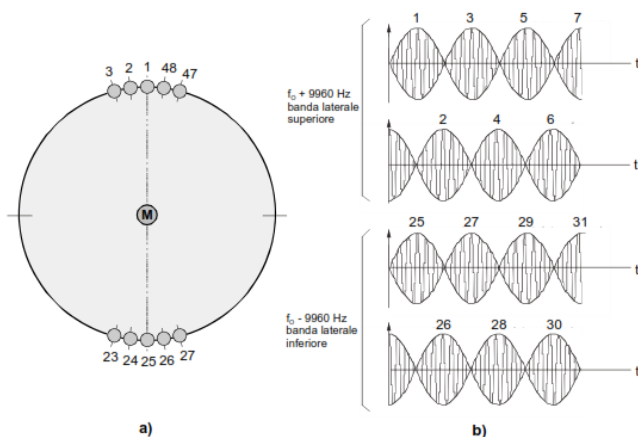
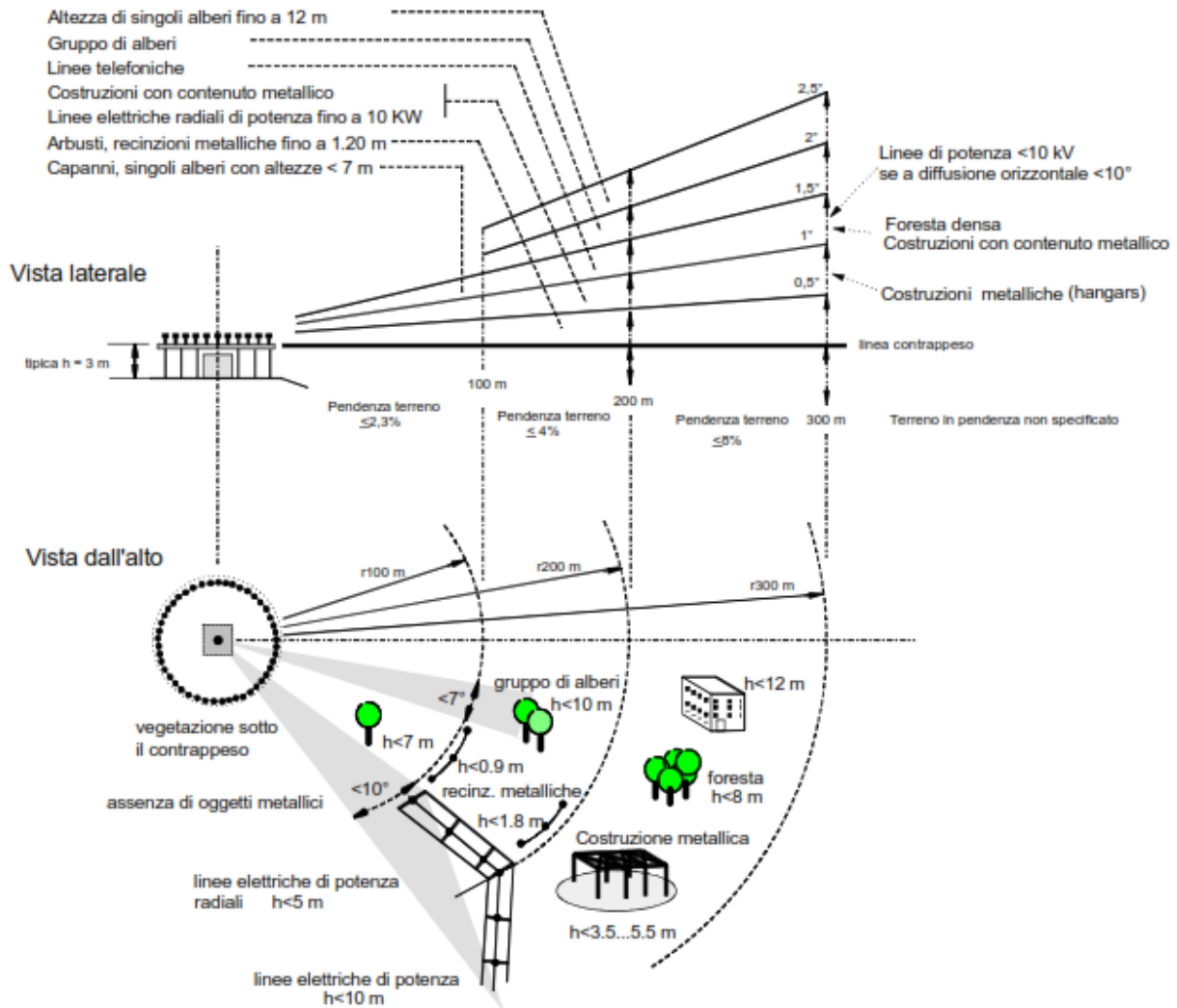


Diagramma di commutazione delle antenne di banda laterale



Indicazioni preliminari sul sito di installazione

## 8. Conclusioni

Gli apparati previsti per il sistema ILS connessi ad operazioni in CAT II/III della pista RWY 11 dovranno essere conformi all'Annesso 10 ICAO. Per la loro importanza e criticità sul corretto funzionamento, stabilità del segnale ed immunità da particolari interferenze di origine esterna ed interna, al fine di garantire la massima sicurezza del volo ( safety delle operazioni aeronautiche) sono apparati che rispondono ai più rigidi criteri di dimensionamento in termini di compatibilità elettromagnetica ( EMC).

La EMC riguarda due diversi aspetti:

**Emissioni:** l'apparato, o sistema, durante il suo funzionamento, non deve emettere segnali elettromagnetici di entità tale da inquinare l'ambiente elettromagnetico circostante oltre limiti ben definiti.

**Immunità** (o Suscettibilità): l'apparato, o sistema, deve poter funzionare correttamente anche quando si trova in un ambiente elettromagnetico inquinato da disturbi di entità definita.

Un altro aspetto classificabile come "immunità", ma che richiede una trattazione specifica, è il fenomeno delle Scariche Elettrostatiche (ESD ElectroStatic Discharge): l'apparato, o il sistema, deve funzionare correttamente anche quando viene investito da scariche elettrostatiche.

Un sistema elettronico in grado di funzionare compatibilmente con altri sistemi e di non produrre o essere suscettibile a fenomeni di interferenza viene definito elettromagneticamente compatibile con l'ambiente in cui opera. Un sistema è elettromagneticamente compatibile se soddisfa i tre seguenti criteri:

1. non causa interferenza verso altri sistemi;
2. non è suscettibile alle emissioni elettromagnetiche di altri sistemi;
3. non causa interferenza verso se stesso (autoimmunità).

Criteri di progetto in accordo con la compatibilità elettromagnetica devono tenere conto non solo della funzionalità del dispositivo progettato ma anche dei requisiti legali previsti da quasi tutte le nazioni per poter commercializzare il prodotto. Le tecniche e i metodi della compatibilità elettromagnetica per questo tipo di apparati sono parti fondamentali per il loro utilizzo in campo aeronautico.

Oltre alla rispondenza normativa degli apparati di radionavigazione si è dimostrato, dal punto di vista qualitativo, con gli schemi e diagrammi di propagazione dei segnali come questi non interferiscono con l'ambiente circostante. Inoltre il funzionamento delle singole parti costituenti il sistema "ILS" e la particolare costituzione dei lobi di irradiazione con i relativi piani di riflessione delle antenne, la propagazione oltre il

perimetro aeroportuale si estende con quote tali da non interessare le aree limitrofe ed esterne al sedime aeroportuale.