

## Le radiazioni NIR.

L.Filosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione - DG

### Introduzione

L'esposizione professionale dei lavoratori in ambito aereo ed aeroportuale alle radiazioni naturali ed artificiali sono di tipo ionizzanti e non ionizzanti.

Le radiazioni ionizzanti, sono disciplinate dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i. come riportato nell'art. 180 c.3 del D.Lgs.181/08 e s.m.i. Le radiazioni non ionizzanti, campi elettrici e magnetici statici, elettromagnetici e radiazioni ottiche sono normate dello stesso Titolo VIII del D.Lgs.81/08 e s.m.i.. In particolare, l'entrata in vigore del Capo IV relativo ai campi elettromagnetici entrerà in vigore a partire dal 31.10.2013, mentre il Capo V, relativo alle radiazioni ottiche artificiali, è in vigore dal 30.04.2010 precisando che le radiazioni ottiche naturali non vanno escluse dalla valutazione del rischio in virtù dell'art.28 che statuisce l'obbligatorietà di valutazione di tutti i rischi professionali.

L'articolazione del lavoro tratterà nell'ordine: le misure a bordo degli aeromobili A330-A320-A319-MD80; misure aeroportuali; le misure di impianti radar a bordo degli elicotteri.

### 1. L'impianto elettrico di bordo

L'energia elettrica ha assunto nei moderni aeromobili grande importanza poiché permette di soddisfare le richieste dei numerosi impianti di cui sono dotati

Se si esaminano diverse categorie di utenze a bordo di un velivolo per alcune di esse non esiste alcuna alternativa valida all'energia elettrica.

Esistono quindi categorie di utenze nelle quali l'energia elettrica è insostituibile, altre nelle quali si presenta la possibilità di scelta. Tramite l'energia elettrica, infatti, è possibile alimentare: gli strumenti di navigazione, le luci interne ed esterne, gli impianti per muovere portelli, le valvole, gli impianti per muovere le superfici di governo, in caso di emergenza un ridotto numero di utenze idonee a proseguire il volo o ad abbandonare l'aeromobile.

Oltre alle sopracitate funzioni, l'energia elettrica alimenta gli apparati automatici di controllo degli impianti di condizionamento, pressurizzazione, antighiaccio, ecc, togliendo così al pilota l'onere di un continuo controllo manuale. Infine, l'energia elettrica permette di installare sugli aeromobili tutti quei servizi atti a rendere più confortevole il volo ai passeggeri: frigoriferi, forni di cottura, forni scaldavivande, bollitori, impianti di riscaldamento delle acque delle toilette, ecc. L'energia elettrica viene fornita da generatori, trascinati generalmente dai *motori*, che forniscono dei valori standardizzati di corrente *continua e/o alternata*.

Dovendo ottenere dell'energia elettrica si impongono alcune scelte preliminari sul tipo di alimentazione adottata. È infatti possibile sia pensare ad impianti in corrente continua, che in corrente alternata, ed è possibile costruire impianti con diversi valori di tensione nominale.

Teoricamente si può pensare per ogni impianto di ottimizzare i valori di tensione e di frequenza; in pratica questo non si dimostra economicamente valido perché obbligherebbe ad una progettazione e validazione di tutti i componenti; si è quindi giunti ad una standardizzazione che consente la scelta fra pochi valori tipici (tab. 1.1). Tali valori sono il compromesso di diverse esigenze, come di seguito descritto.

La scelta del tipo di alimentazione, corrente continua o corrente alternata, influisce sulla progettazione, validazione e funzionamento di tutti i componenti: anziché ottimizzare i valori di tensione e di frequenza per ogni impianto si è giunti ad una standardizzazione che consente la scelta tra pochi valori tipi, compromesso di esigenze tecniche, di peso, di

isolamento, ecc. Nonostante che le tecnologie attuali potrebbero ormai spostare questi valori ottimali, non è ancora prevista una modifica degli standard. Gli standard utilizzati sono:

Tabella 1.1

Tipo di corrente [A]	Tensione [V]	Frequenza [Hz]
Continua	28	-
Alternata mono/trifase	115/200	Variabile o 400

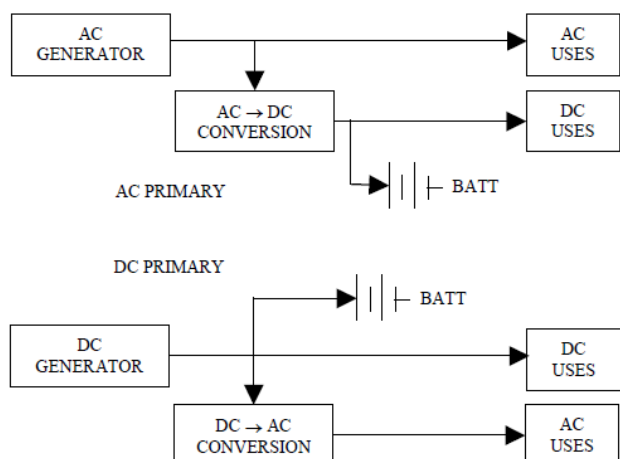
Dato che lo standard prevede la possibilità di realizzare impianti con vari tipi di corrente (continua, a frequenza variabile e a frequenza costante), si impone la necessità di operare fra queste una scelta. A tale scopo è necessario analizzare le varie utenze elettriche e le loro necessità; evidentemente queste variano in ogni velivolo, ma in prima approssimazione possono essere divise a titolo di esempio nelle categorie riportate in tab. 1.2.

	% carico totale	DC	AC freq. var.	AC 400 Hz
Illuminazione e riscaldamento	50÷70	√	√	√
Motori	10÷40	√	√	√
Comandi e controlli	5÷10	√	√	√
Avionica	5÷20			√
Batteria		√		

Tab. 1.2 - Utenze principali, carico sull'impianto e alimentazione richiesta

Per la parte più consistente del carico l'impiego di corrente continua o alternata è indifferente, mentre per alcuni organi essenziali, come gli organi di comando e controllo (relè, spie, indicatori di misura), è preferibile la corrente continua, per gli accumulatori è indispensabile disporre di corrente continua, per l'avionica è preferibile ricorrere a corrente alternata a frequenza costante.

In pratica quindi nella maggioranza dei velivoli occorre disporre sia della corrente continua che della corrente alternata a 400 Hz; la scelta non sarà quindi sul tipo di impianto, ma sul



tipo di generazione dell'energia elettrica. Si tende ad evitare, infatti, di generare energia elettrica di entrambi i tipi, ma si costruiscono impianti nei quali la generazione primaria di energia elettrica (ossia la trasformazione di energia meccanica in energia elettrica) è del tipo continuo o del tipo alternato. In generale velivoli d'aviazione generale, trasporto leggero, executive e trasporto regionale sono dotati di impianto primario in DC o, talvolta (ATR-42), generazione doppia AC e DC; velivoli di linea con motori a turbogetto o turbofan e militari utilizzano

impianto primario in AC. In pratica la discriminante è nella potenza installata. In entrambi i casi occorrerà provvedere ad una trasformazione dell'energia elettrica anche nell'altra forma per provvedere all'alimentazione di quella parte del carico per il quale la generazione primaria non è adatta.

La generazione dell'energia elettrica avviene attraverso generatori, dinamo o alternatori, che possono essere azionati meccanicamente da:

- i propulsori attraverso opportuni riduttori;
- motori idraulici o pneumatici;
- A.P.U. (Auxiliary Power Unit), quando il velivolo è fermo a terra;
- R.A.T. (Ram Air Turbine), un'elichetta posta al vento relativo in casi di emergenza;

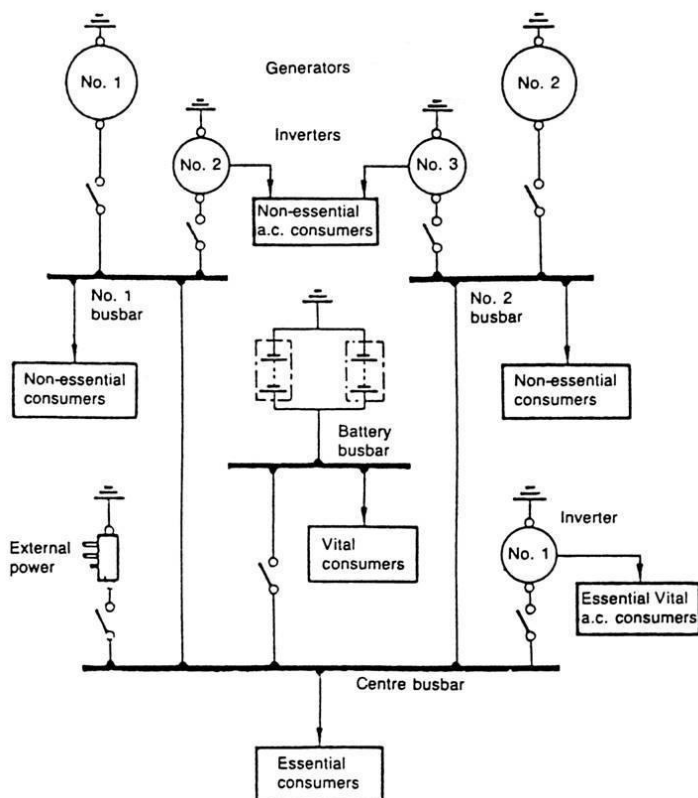
Alternativamente un velivolo parcheggiato può disporre di energia elettrica tramite connessione a terra.

Il caso più frequente è il primo, ossia il prelievo di energia meccanica dai propulsori per l'azionamento dei generatori elettrici. Si ha sempre uno o più generatori sull'APU.

L'impianto elettrico riveste una importanza talmente elevata che si prevede sempre la possibilità di disporre di energia elettrica, almeno per un certo tempo, anche in caso di guasto di tutti i propulsori.

Una fonte di energia elettrica sempre presente è costituita dagli accumulatori, che devono soddisfare l'esigenza di creare una riserva di energia da utilizzare in mancanza di generazione per guasto dell'impianto o del propulsore, in caso di assorbimenti superiori alla potenza fornita dai generatori (batterie tampone) e ovviamente quando i propulsori sono fermi.

In condizioni di emergenza, oltre alle batterie e alle R.A.T., possono essere utilizzati anche generatori trascinati da turbinette alimentate dalla combustione di cartucce pirotecniche.



Nella maggior parte dei casi un velivolo è dotato di un impianto elettrico primario in AC o DC, ed uno secondario rispettivamente in DC o AC ottenuto per conversione dal precedente.

Per soddisfare alle utenze in DC a bordo di un velivolo con sistema primario in AC, si utilizzano i trasformatori - raddrizzatori (TRU, transformer rectifier unit), basati su trasformatore ad avvolgimenti per portare la tensione da 115 a 28 V, e semi conduttori per raddrizzare le sinusoidi trifase in una tensione costante monofase.

Viceversa, per ottenere AC da un impianto primario in DC si usano invertitori allo stato solido (solid state inverters).

### Schema di distribuzione

L'energia elettrica generata viene distribuita alle utenze attraverso le barre di carico, intendendo per barra un nodo da cui partono i conduttori verso le diverse utenze.

Nell'impianto elettrico esistono un certo numero di barre indipendenti, ognuna delle quali alimenta un certo numero di utenze; le utenze vengono a questo fine suddivise in base alla loro importanza e rilevanza dal punto di vista della sicurezza del velivolo; si avranno così barre essenziali, primarie e secondarie.

Come schematizzato nella figura a lato, le barre essenziali saranno sempre collegate al gruppo generatore di potenza, mentre le barre primarie e secondarie possono essere escluse in conseguenza di guasti ai generatori o alle barre stesse; dovranno quindi esserci degli organi di manovra in grado di escludere le singole barre e degli organi di sicurezza e di manovra per il collegamento delle varie utenze.

Il collegamento dei vari componenti dell'impianto avviene attraverso cavi scelti fra un'ampia tipologia, standardizzati MIL sia dal punto di vista della conduttività che del tipo di isolamento: si usano conduttori di rame e di alluminio, isolati da PVC, nylon, teflon o fibre di vetro.

Nel cablaggio di un velivolo si deve tenere conto di diverse esigenze:

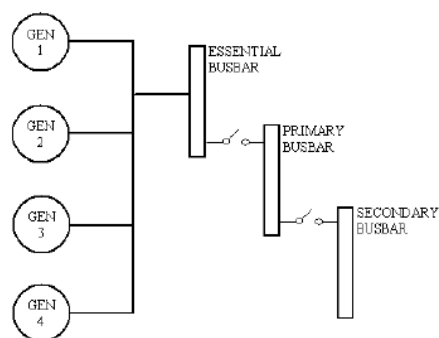
- contenere i pesi riducendo le sezioni;
- contenere le cadute di tensione aumentando le sezioni;
- evitare surriscaldamento per effetto Joule;
- utilizzare isolanti resistenti al calore per i cavi in prossimità di fonti termiche;
- verificare la compatibilità elettromagnetica con l'avionica, evitando vicinanze tra cavi di alta potenza e apparati;
- considerare la resistenza a sollecitazioni meccaniche, specialmente le vibrazioni.

### Illuminazione

La potenza elettrica impiegata per l'illuminazione può essere una quota importante della potenza installata. Questa riguarda sia l'illuminazione interna (luci cabina pilotaggio e passeggeri, faretto di lettura, illuminazione comandi e strumentazione) sia l'illuminazione esterna.

L'illuminazione esterna comprende:

- luci di via
- luci anticollisione
- fari di atterraggio
- fari di taxiing
- fari di ispezione del bordo d'attacco dell'ala
- luci di emergenza.



Schema barre di carico

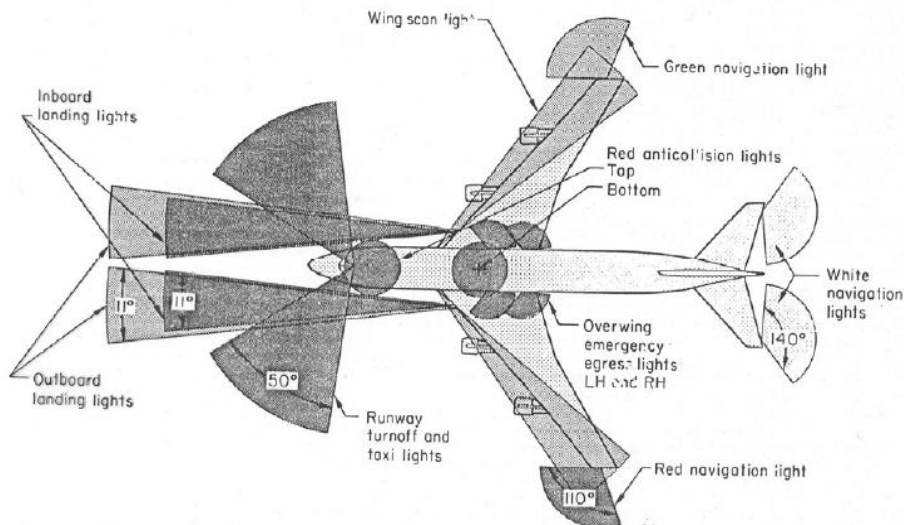


Fig. 5.14 – Luci esterne

Le luci di via utilizzano le stesse convenzioni usate in marina che consentono di capire la direzione di moto del velivolo. Le luci anticollisione, lampeggianti, aumentano la visibilità del velivolo rispetto alle luci fisse. I fari di atterraggio e di taxi consentono una illuminazione delle piste in fase di atterraggio e di taxi. I fari di ispezione del bordo di attacco dell'ala ne consentono un controllo in caso di anomalia. Le luci di emergenza intervengono in caso di incidente per illuminare le zone di uscita di emergenza.

## 2. VALUTAZIONE SUGLI AEROMOBILI Tipologia A330-A320-A319-MD80

Anche se l'entrata in vigore del Capo IV del Titolo VIII relativo ai campi elettromagnetici è stata rinviata al 30 ottobre 2013, resta l'obbligo per il datore di lavoro di effettuare, ai sensi degli articoli 28 e 181 del D. Lgs. n.81/08, la valutazione del rischio derivante da esposizione ad agenti fisici, campi elettromagnetici inclusi; inoltre, la valutazione deve essere effettuata, in assenza dei dispositivi di cui al Capo IV, seguendo norme di buona tecnica e di buone prassi e redigendo una relazione nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa (art 28, comma 2).

Poiché il Capo IV e il relativo Allegato XXXVI altro non è che la trasposizione normativa delle Linee Guida dell'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) sulla protezione dall'esposizione residenziale e occupazionale ai campi elettromagnetici, si è ritenuto opportuno effettuare la valutazione dei rischi utilizzando comunque, come Linea Guida di riferimento, proprio il Capo IV e il relativo Allegato XXXVI soprattutto per il confronto dei valori misurati con i valori d'azione.

Per effettuare la Valutazione dei Rischi derivanti dall'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici sull'aeromobile, si è proceduto individuando tutte le potenziali sorgenti in corrispondenza o in prossimità di postazioni di lavoro. Particolare attenzione è stata posta anche nel considerare i possibili effetti indiretti di queste sorgenti su quei soggetti particolarmente sensibili (come i portatori di protesi o di dispositivi

elettromedicali) a valori delle grandezze di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico ben inferiori a quelli previsti a garanzia della salute dei lavoratori esposti.

## 2.1 METODOLOGIE DI INTERVENTO

### Descrizione del sito

L'ambiente all'interno della carlinga degli aeromobili si suddivide essenzialmente in tre zone: cabina piloti, cucine e posti passeggeri.

Campi magnetici in bassa frequenza sono presenti negli aeromobili per la presenza degli impianti elettrici di bordo, che alimentano le varie utenze o attrezzature. Tali impianti sono in grado di erogare una tensione di 115 V alla frequenza di 400 Hz. Alla stregua quindi di un qualsiasi ambiente domestico o industriale elettrificato (ove però la tensione erogata è alla frequenza di 50 Hz), anche a bordo degli aeromobili sono presenti campi magnetici con frequenza fondamentale di 400 Hz dovuti al passaggio di corrente nei cablaggi dell'impianto, o in stretta prossimità di alcuni apparati utilizzatori.

Gli aeromobili monitorati, ad eccezione del tipo A 320, erano dotati di riscaldatori di alimenti.

Per quel che riguarda i campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde le sorgenti di potenziale interesse protezionistico sono costituite dai sistemi di radiocomunicazione, di radioassistenza e dal radar meteorologico. Gli elementi radianti, di detti sistemi, sono ad ogni modo tutti necessariamente posizionati all'esterno della carlinga, la quale costituisce uno schermatura estremamente efficiente verso l'interno.

### Strumentazione di misura utilizzata

Per i rilevamenti dei campi magnetici a 400 Hz è stato impiegato un misuratore di campi elettrici e magnetici a larga banda Wandel & Goltermann modello EFA-300 sensibile nell'intervallo di frequenza 5 Hz – 30 kHz.

Le misure dei campi elettrici in radiofrequenza e microonde sono state effettuate con:

- misuratore di campi elettrici e magnetici a banda larga W&G EMR 200 accessoriatato con sonda di campo elettrico 8.3, sensibile nella banda di frequenza 100 kHz – 3 GHz;
- misuratore di campi elettrici e magnetici a banda larga PMM 8051 accessoriatato con sonda di campo elettrico BA06 sensibile nel range di frequenza 1 – 18 GHz;
- è stata utilizzata anche la sonda di campo elettrico BA01 sensibile nel range di frequenza 500 kHz – 3 GHz, per verificare le misure effettuate con il W&G EMR 200.

### Protocollo di misura

Tutte le misure, se non altrimenti specificato, sono relative a valori efficaci RMS e sono state effettuate alle altezze di 1.1 m e 1.9 m dal piano calpestabile, sia per i campi elettrici che per quelli magnetici.

I valori di campo magnetico riportati sono relativi alla lettura real-time dello strumento, considerato che peraltro i medesimi valori risultano abbastanza stabili e costanti durante le diverse fasi del volo.

Per quanto attiene il campo elettrico in radiofrequenza e microonde, la natura delle potenziali sorgenti comporta delle emissioni discontinue e fortemente variabili nel tempo, in ragione delle esigenze durante le varie fasi del volo. Allo scopo di rendere conto di tali oscillazioni, le misure sono state acquisite sia in modalità “average” che corrisponde ad una media temporale sui valori istantanei (real-time) su intervalli variabili da circa 2 a 4

secondi, che in modalità "max-hold", corrispondente al massimo valore tra quelli misurati in modalità real-time.

La banda di frequenza dei campi elettrici sottoposti ad indagine è complessivamente quella compresa tra 100 kHz e 18 GHz

## 2.2 CONCLUSIONI AEROMOBILI

### Campi magnetici a 400 Hz

Le misure dei campi magnetici alla frequenza di 400 Hz hanno fornito valori ambientali compresi tra 0.1 e 3  $\mu\text{T}$ . Tali valori risultano sempre inferiori al livello di 12.5  $\mu\text{T}$  raccomandato dall'Unione Europea, attraverso l'adozione delle linee guida ICNIRP, che vengono richiamate dal Decreto 8 luglio 2003 per l'esposizione della popolazione a sorgenti non riconducibili agli elettrodotti. Da notare che il valore di campo magnetico alla frequenza di 400 Hz raccomandato per la protezione dei lavoratori professionalmente esposti è pari a 62.5  $\mu\text{T}$ .

Le misurazioni sul pavimento hanno invece fornito valori compresi tra 0.5  $\mu\text{T}$  e 39  $\mu\text{T}$ . Solo sulle pavimentazioni delle cucine sono stati misurati valori puntuali superiori ai limiti ICNIRP per la popolazione, mentre i limiti previsti dalle stesse linee guida per i lavoratori non sono mai superati. Secondo la logica ICNIRP, tali valori devono comunque intendersi come medie spaziali sull'intero volume occupato dal soggetto esposto, poiché sono riferiti al rispetto del limite di base sull'induzione di corrente nella testa e nel tronco. I valori misurati, risultando confinati ai piedi del soggetto esposto, sono del tutto compatibili con il rispetto dei limiti di base per le correnti indotte sia per il pubblico che per i lavoratori.

Non vi è infine allo stato evidenza scientifica che consenta di ipotizzare possibili effetti a lungo termine nell'adulto per esposizioni a bassi livelli di campi magnetici alla frequenza di 400 Hz.

### Campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde

Le misure effettuate con sensori a banda larga sensibili fino alla frequenza di 18 GHz hanno prodotto valori medi ambientali per il campo elettrico inferiori a 0.5 V/m, quindi di gran lunga inferiori ai livelli raccomandati dall'UE-ICNIRP, applicabili al caso in esame secondo il Decreto 8 luglio 2003. Peraltro, i valori misurati risultano inferiori anche ai più restrittivi valore di attenzione e obiettivo di qualità (6 V/m) stabiliti dal medesimo Decreto nel caso di esposizione continuativa della popolazione ai campi prodotti dagli impianti fissi di telecomunicazione.

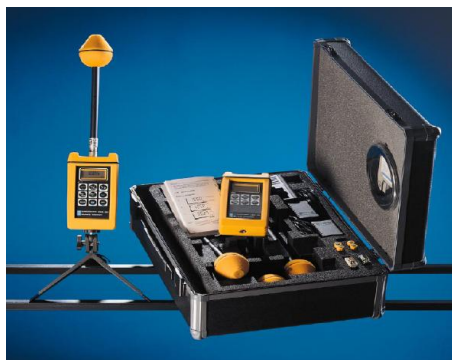
Anche il massimo livello acquisito in modalità max-hold (pari a 3 V/m, 100 kHz - 3 GHz) risulta inferiore ai livelli UE-ICNIRP, nonché al limite di esposizione previsto dal Decreto 8 luglio 2003, pari a 20 V/m. Del resto i sistemi radianti sono tutti necessariamente posizionati all'esterno della carlinga, la quale costituisce una schermatura estremamente efficiente verso l'interno.

Misure dal carattere esplorativo effettuate in cabina di pilotaggio in corrispondenza dell'accensione del radar meteorologico, la cui antenna radiante è posta sul muso degli

aeromobili, non hanno mai fornito valori metrologicamente significativi.

Per quel che riguarda la presenza di campi prodotti da sorgenti esterne e indipendenti dall'aeromobile, ad esempio quando questo è illuminato dal radar di avvicinamento o dai sistemi di assistenza all'atterraggio, considerazioni teoriche basate sulle proprietà riflettenti della carlinga e sulle forme d'onda associate a dette sorgenti, escludono la possibilità di produrre all'interno dell'aeromobile livelli che possano risultare significativi a fini protezionistici.

### 3. MISURE AEROPORTUALI



#### Strumentazione di misura utilizzata

Per i rilevamenti dei campi elettrici e magnetici a frequenza di rete sono stati impiegati un misuratore di campo elettrico e magnetico a larga banda Narda modello EFA-300 sensibile nell'intervallo di frequenza 5 Hz – 30 kHz e MR-200.

#### Protocollo di misura

In generale sono presenti campi elettrici e magnetici statici ovunque vi siano apparecchiature in tensione o linee percorse da elevate correnti continue. L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente: generalmente le intensità dei campi prodotti dalle sorgenti sopra menzionate decrescono rapidamente con la distanza.

L'esposizione di una persona ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza è direttamente legata ai valori di alcune grandezze elettriche che si stabiliscono, per effetti di tali campi, all'interno del corpo umano: l'intensità del campo elettrico e la densità di corrente interna, la cui misura necessiterebbe l'uso di sonde invasive. La verifica dell'esposizione di una persona ai campi elettrici e magnetici viene quindi condotta misurando le grandezze esterne, che caratterizzano tali campi inducenti e risalendo alle grandezze interne attraverso opportune correlazioni.





La misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza si verifica sempre nella regione di campo vicino reattivo, nella quale non esiste correlazione tra campo elettrico e magnetico. Tutte le misure effettuate sono relative a valori efficaci RMS, se non diversamente specificato, e alle condizioni di lavoro più sfavorevoli dal punto di vista dell'esposizione.

*I punti di rilievo scelti sono:*

- massima vicinanza possibile all'applicatore
- prossimità del lavoratore

### **Descrizione dell'area indagata**

Le misure nell' aeroporto indagato sono state effettuate nelle aree interessate dai lavoratori della società di servizi durante le fasi di sbarco e imbarco dei passeggeri e nelle aree di servizio di controllo e manutenzione del velivolo prima del decollo. Infine, per completezza, le misure sono state effettuate anche nel cockpit, dove i piloti controllano gli strumenti e mettono in atto le procedure propedeutiche al decollo.

Non sono state prese in considerazione le altre zone della carlinga in quanto le apparecchiature che utilizzano energia elettrica sono alimentate soltanto durante la fase di volo. Le misure del rischio di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici addetti alle attività di supporto e preparazione del volo, secondo le specifiche mansioni, sono state effettuate:

- a bordo velivolo
- a terra, solo le zone accessibili ai lavoratori.

### MISURE A BORDO

L'ambiente all'interno della carlinga degli aeromobili presi in esame si suddivide essenzialmente in tre zone: cabina piloti, cucine e posti passeggeri.

Campi magnetici in bassa frequenza sono presenti negli aeromobili per la presenza degli impianti elettrici di bordo, che alimentano le varie utenze o attrezzature. Tali impianti sono in grado di erogare una tensione di 115 V alla frequenza di 400 Hz. Per quel che riguarda i campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde le sorgenti di potenziale interesse protezionistico sono costituite dai sistemi di radiocomunicazione, di radioassistenza e dal radar meteorologico schermati verso l'interno dalla carlinga stessa.



Durante la fase di sbarco-imbarco passeggeri e dei bagagli, sono accesi solo alcuni impianti ausiliari. Le fonti di campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici sono, pertanto, ridotti al minimo. Per quanto detto, solo il cockpit rappresentava interesse dal punto di vista protezionistico dall'agente fisico in questione.

Le misure sono state effettuate all'altezza degli organi più sensibili, ovvero il cuore e la testa.

A bordo sono presenti forni a microonde a prua e a poppa, ma sono accesi solo per alcuni periodi nella fase di volo di regime. Sono,

pertanto, del tutto ininfluenti ai fini dell'indagine.

MISURE A TERRA



IMBARCO BAGAGLI



SALITA PASSEGGERI



PRUA DELL'AEREO

### **3.2 CONCLUSIONI**

Tutti gli ambienti lavorativi “uso ufficio” del tipo e come dettagliati nell’allegata Scheda 1, sono conformi ai sensi dell’art. 181 del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i relativamente ai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.


Le postazioni di lavoro indagate sono conformi a quanto richiesto dall’ICNIRP per la protezione dei lavoratori dall’esposizione ai campi elettromagnetici come sintetizzati nelle schede seguenti.

## Scheda 1

<b>Data sopralluogo</b> 23 novembre 2011		<b>Ora</b> 9-15	<b>Presenti</b>	
<b>Postazione di lavoro</b>				
<b>Reparto</b>	<b>Stanza</b>	<b>Definizione</b>	<b>Apparecchiature</b>	<b>Foto</b>
		<p>TUTTI I LOCALI E LE POSTAZIONI DI LAVORO DEL TIPO AMMINISTRATIVO O COMUNQUE CONTENENTI NORMALI APPARECCHIATURE D'USO COMUNE QUALI QUELLE RICORDATE NELLA TABELLA DELLE APPARECCHIATURE CONFORMI A PRIORI SONO DA CONSIDERARSI PIENAMENTE CONFORMI E PRIVI DI SITUAZIONI DI RISCHIO DA ESPOSIZIONI A CAMPI ELETTROMAGNETICI.</p>		
<b>Giudizio di valutazione</b>		<b>Firme del gruppo di valutazione</b>		


La postazione lavorativa è conforme ai sensi dell'art.181 del D.Lgs 81/08  <b>SI</b> <b>NO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			<b>DATORE DI LAVORO</b>
			<b>RSPP</b>

## Scheda 2

<b>Data sopralluogo</b> 23 novembre 2011		<b>Ora</b> 9-15	<b>Presenti</b>	
<b>Postazione di lavoro</b> Cockpit aereo				
Reparto	Stanza	Definizione	Apparecchiature	Foto
				 <p>130 nT cuore</p> <p>118 nT testa</p>
<b>Giudizio di valutazione</b>			<b>Firme del gruppo di valutazione</b>	


La postazione lavorativa è conforme ai sensi dell'art.181 del D.Lgs 81/08  <b>SI</b> <b>NO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<b>DATORE DI LAVORO</b>	
		<b>RSPP</b>	

## Scheda 3

<b>Data sopralluogo</b> 23 novembre 2011		<b>Ora</b> 9-15	<b>Presenti</b>	
<b>Postazione di lavoro</b> Cockpit aereo				
<b>Reparto</b>	<b>Stanza</b>	<b>Definizione</b>	<b>Apparecchiature</b>	<b>Foto</b>
				
		118 nT		
<b>Giudizio di valutazione</b>			<b>Firme del gruppo di valutazione</b>	

La postazione lavorativa è conforme ai sensi dell'art.181 del D.Lgs 81/08  <b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>NO</b> <input type="checkbox"/>	<b>DATORE DI LAVORO</b>
	<b>RSPP</b>

## Scheda 4

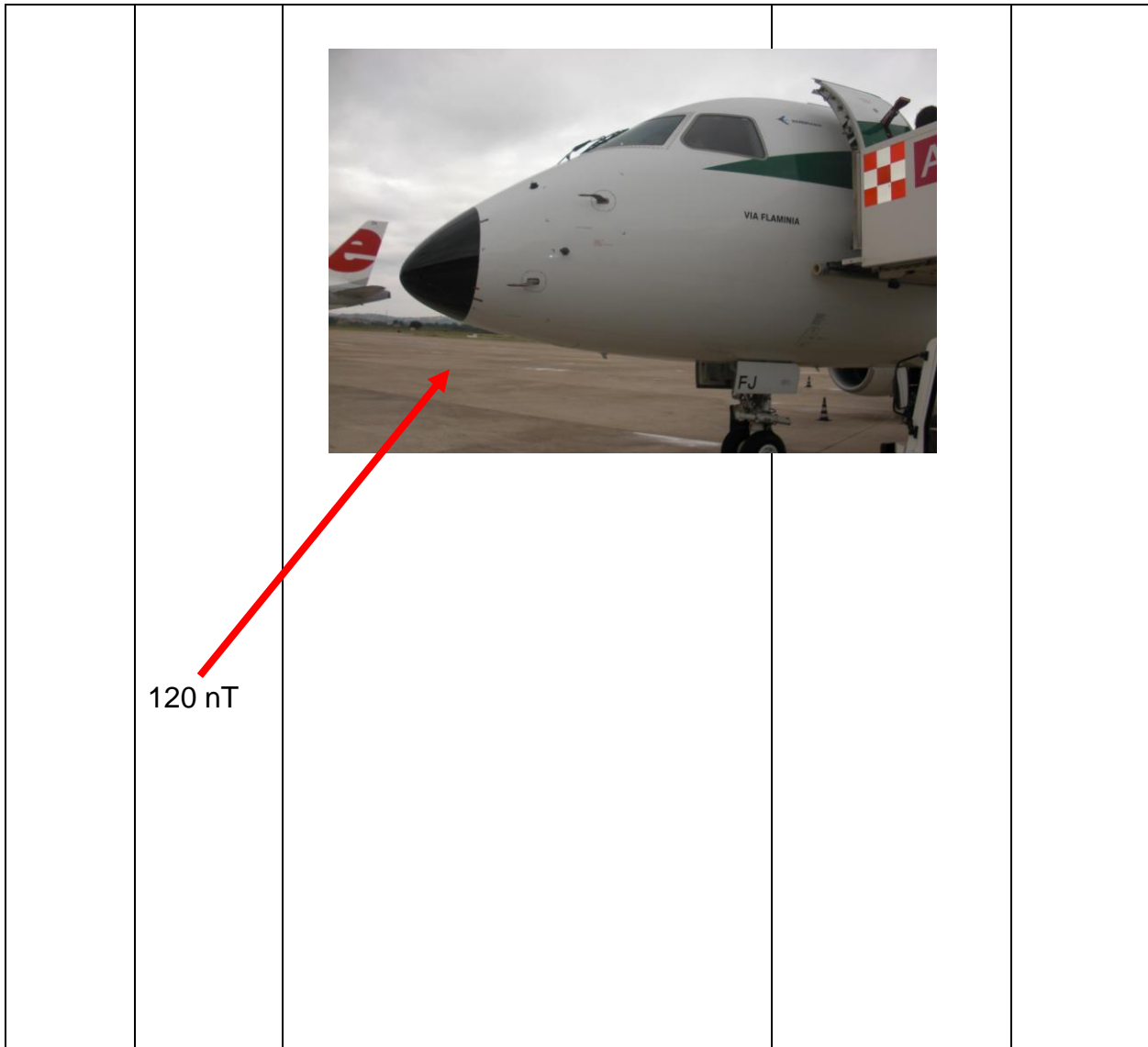
<b>Data sopralluogo</b> 23 novembre 2011		<b>Ora</b> 9-15	<b>Presenti</b>	
<b>Postazione di lavoro</b> Cockpit aereo				
Reparto	Stanza	Definizione	Apparecchiature	Foto
				

<b>Giudizio di valutazione</b>		<b>Firme del gruppo di valutazione</b>		
La postazione lavorativa è conforme ai sensi dell'art.181 del D.Lgs 81/08  <b>SI</b> <b>NO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			<b>DATORE DI LAVORO</b>	/
			<b>RSPP</b>	

## Scheda 5

<b>Data sopralluogo</b> 23 novembre 2011		<b>Ora</b> 9-15	<b>Presenti</b>	
<b>Postazione di lavoro</b> Cockpit aereo				
<b>Reparto</b>	<b>Stanza</b>	<b>Definizione</b>	<b>Apparecchiature</b>	<b>Foto</b>





<b>Giudizio di valutazione</b>	<b>Firme del gruppo di valutazione</b>	
La postazione lavorativa è conforme ai sensi dell'art.181 del D.Lgs 81/08  <b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>NO</b> <input type="checkbox"/>		<b>DATORE DI LAVORO</b>
		<b>RSPP</b>

**4. MISURE RADAR**



I radar funzionano normalmente a radiofrequenze (RF) tra 300 MHz e 15 GHz. Essi generano dei campi elettromagnetici chiamati campi a RF. In questa regione dello spettro di

frequenze l'interazione col corpo umano è principalmente di tipo termico.

I campi a RF al di sotto di 10 GHz (fino ad 1 MHz) penetrano nei tessuti esposti e generano calore in conseguenza dell'assorbimento di energia. Lo spessore di penetrazione dipende dalla frequenza del campo ed è maggiore alle frequenze più basse. L'assorbimento dei campi a RF nei tessuti è misurato in termini di tasso di assorbimento specifico (SAR, *Specific Absorption Rate*) entro una data massa di tessuto. L'unità di misura del SAR è il watt al chilogrammo (W/kg). Il SAR è la grandezza usata per misurare la “dose” dei campi a RF tra circa 1 MHz e 10 GHz.

*Per produrre effetti noti di danno alla salute in persone esposte a campi RF in questo intervallo di frequenze occorre un SAR di almeno 4 W/kg.*

I campi a RF al di sopra di 10 GHz sono assorbiti alla superficie della pelle e pochissima energia penetra nei tessuti sottostanti. La quantità dosimetria fondamentale per i campi al di sopra di 10 GHz è l'intensità del campo misurata come densità di potenza in watt al metro quadro (W/m<sup>2</sup>).

*E' noto che esposizioni a campi a RF al di sopra di 10 GHz con densità di potenza superiori a 1000 W/m<sup>2</sup> producono effetti di danno alla salute, come cataratte o ustioni cutanee*

### **Esposizione umana**

La potenza emessa dai sistemi radar varia da pochi mW a molti kW. Tuttavia, numerosi fattori riducono, spesso di almeno 100 volte, l'esposizione a campi RF generati da radar:

- I sistemi radar inviano campi elettromagnetici sotto forma di impulsi e non in forma continua. Questo rende la potenza media emessa molto minore alla potenza di picco dell'impulso.
- I radar sono direzionali e l'energia a RF che essi emettono è contenuta in fasci molto stretti che somigliano a quelli di un riflettore. I livelli di campo RF al di fuori del fascio principale si riducono molto rapidamente. Nella maggior parte dei casi, questi livelli sono migliaia di volte più bassi che nel fascio principale.
- Molti radar hanno antenne che ruotano continuamente o che cambiano inclinazione con un moto oscillatorio, cambiando quindi continuamente la direzione del fascio
- Le aree entro cui potrebbero verificarsi esposizioni pericolose per l'uomo sono normalmente inaccessibili al personale non autorizzato.

### Possibili effetti sulla salute

La maggior parte degli studi condotti fino ad ora hanno esaminato effetti sanitari diversi dal cancro. Questi studi hanno indagato risposte dei sistemi fisiologici e di termoregolazione, variazioni nel comportamento ed altri effetti come l'opacizzazione del cristallino (cataratta) o malformazioni alla nascita, in conseguenza dell'esposizione acuta a livelli relativamente alti di campi RF. Vi sono anche numerosi studi che riportano effetti non termici, in casi in cui non si misura alcun aumento apprezzabile della temperatura.

### Studi connessi al cancro

Molti studi epidemiologici hanno indagato possibili connessioni tra l'esposizione a campi RF ed eccessi di rischio di cancro. Tuttavia, a causa delle differenze di progettazione e di esecuzione, i risultati di questi studi sono di difficile interpretazione. Numerosi gruppi nazionali od internazionali di esperti che hanno esaminato criticamente questi studi hanno

concluso che non vi è alcuna chiara evidenza di un legame tra l'esposizione a campi RF ed un aumento del rischio di cancro. L'OMS ha anche concluso che non vi è alcuna evidenza scientifica convincente che l'esposizione a campi RF abbrevi la durata della vita umana, o che questi campi inducano o favoriscano il cancro.

### Effetti termici

I campi a RF sono stati studiati su animali, compresi i primati. I primi sintomi di effetti dannosi che si manifestano nell'animale all'aumentare dell'intensità del campo sono la perdita di resistenza, avversione al campo e ridotta capacità di svolgere lavori mentali. Questi studi suggeriscono anche che effetti di danno nell'uomo potrebbero verificarsi per esposizioni, al corpo intero o localizzate, tali da aumentare la temperatura dei tessuti di più di 1°C. I possibili effetti comprendono l'induzione di cataratte e varie risposte dei sistemi fisiologici e di quelli di termoregolazione, via via che la temperatura corporea aumenta. Questi effetti sono ben accertati e costituiscono la base scientifica delle limitazioni dell'esposizione dei lavoratori e del pubblico a campi RF.

### Campi a RF pulsati

Sono stati riportati, in seguito ad esposizione a campi pulsati molto intensi, come quelli usati dai sistemi radar, casi di soppressione delle reazioni sussultorie e di stimolazioni di movimenti del corpo in topi coscienti. Inoltre, persone con udito normale percepiscono campi a RF pulsati di frequenze comprese tra circa 200 MHz e 6.5 GHz, ovvero si ha il cosiddetto “effetto uditivo” delle microonde. Una esposizione prolungata o ripetuta potrebbe essere stressante e dovrebbe, ove possibile, essere evitata.

### **Standard internazionali**

Limiti di esposizione per i campi a RF sono sviluppati da istituzioni internazionali come la Commissione Internazionale per la Protezione dalla Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP), organizzazione non governativa formalmente riconosciuta dall'OMS. La Commissione utilizza le valutazioni di rischio sanitario sviluppate congiuntamente all'OMS per produrre le proprie linee guida sui limiti di esposizione. Le linee guida dell'ICNIRP proteggono contro tutti gli effetti sanitari accertati delle RF e vengono sviluppate in seguito ad una revisione critica di tutta la letteratura scientifica accreditata, compresi gli studi sul cancro e gli effetti non termici.

### **Standard nazionali**

Il riferimento nazionale per la misura e la valutazione del campo elettromagnetico emesso dagli impianti radar di potenza è lo standard CEI 211-7 / B che integra le informazioni già contenute nella norma CEI 211-7 “Guida per la misura e la valutazione di campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza compresa tra 10 kHz e 300 GHz.

## **4.1 METODOLOGIA DI MISURA**

I radar rientrano in quella categoria di apparecchiature e sistemi il cui corretto funzionamento è strettamente legato alla presenza di forti campi elettromagnetici; si determina quindi un'alterazione delle condizioni elettromagnetiche ambientali naturali che come tale deve essere monitorata e mantenuta entro certi limiti, ed emerge la necessità di una corretta metodologia di misura.

Utili informazioni per la scelta della strumentazione e delle modalità operative per eseguire in maniera corretta la misura dell'intensità e/o della potenza del campo elettromagnetico al

fine di ottenere dei risultati non ambigui è la Norma CEI 211-7 “Guida per la misura e per la valutazione di campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza compresa tra 10 kHz e 300 GHz”.

Il radar è un dispositivo che serve per rilevare la presenza di oggetti riflettenti (bersagli) e per misurarne le caratteristiche (tipicamente la posizione). Esso viene definito un dispositivo attivo perché utilizza energia elettromagnetica da esso generata per illuminare i bersagli. Le frequenze vanno tipicamente dalle centinaia di MHz alle decine di GHz. La trasmissione del radar può avvenire in forma continua (CW) oppure ad impulsi separati da intervalli temporali di ascolto. Nella trasmissione ad impulsi, il radar emette per un intervallo di tempo molto piccolo. La frequenza di ripetizione degli impulsi è denominata PRF.

Nel caso in questione, trattasi di un’antenna direttiva, di guadagno  $G_T$ , che concentra la potenza irradiata in una piccola ragione di spazio. L’equazione radar da applicare è dunque:

$$S_T = \frac{P_T}{4\pi r^2} G_T$$

La banda di frequenza di emissione del radar è la Banda X, ovvero tra 8.5-10.50 GHz.

### **Procedura di misura del campo elettromagnetico**

La misura del campo elettromagnetico emesso da un radar viene condotta in accordo alle Linee Guida ICNIRP (1998). In particolare, esse prevedono che debba essere misurato il livello di campo elettromagnetico sia di picco che medio. Il primo, di picco, rappresenta il massimo valore associato all’impulso; il secondo, medio, rappresenta il valore del campo elettromagnetico mediato tenendo conto del *duty cycle* e della larghezza del lobo di irradiazione dell’antenna.

La misura del campo elettromagnetico presuppone la conoscenza di alcuni parametri tipici del radar, alcuni dei quali possono essere determinati direttamente dalla misura stessa.

Considerate le dimensioni delle antenne utilizzate per il radar di potenza ci si può sovente trovare ad operare in campo vicino radiativi, per il quale si possono con buona approssimazione utilizzare i concetti d’impedenza d’onda ostante come nel caso del campo lontano.

## **4.2 MISURA DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO EMESSO DAL RADAR**

La misura di esposizione a campi elettromagnetici RF impulsati è stata effettuata in “linea volo” presso lo stabilimento dell’azienda produttrice dei velivoli.

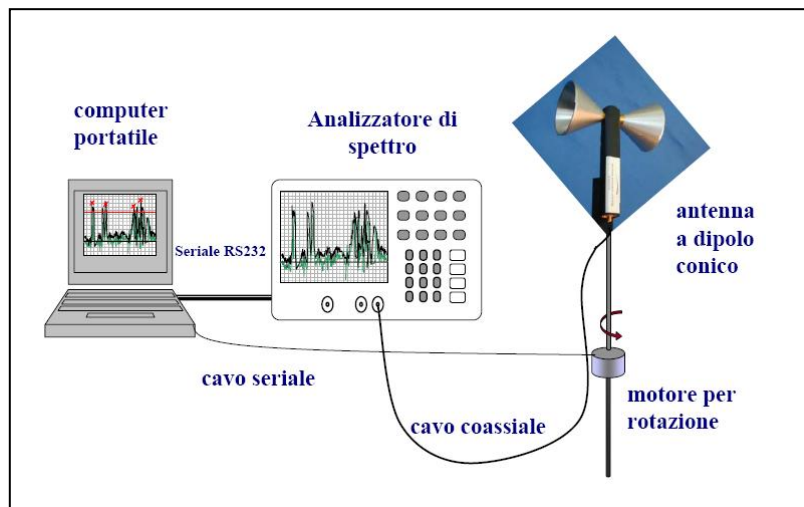
Lo scopo era quello di valutare l’esposizione ai campi emessi dal radar meteorologico effettuando una verifica a campione.

**Metodo di misura**

La misura di campo elettromagnetico pulsato dal radar è stata effettuata in banda stretta che fornisce indicazioni sul valore efficace dei singoli contributi in frequenza al campo complessivo nel punto di misura

La rivelazione delle singole componenti spettrali e delle relative ampiezze dei campi emessi da sorgenti elettromagnetiche RF e microonde viene ottenuto per mezzo di una catena di misura costituita da:

- sistema di ricezione del segnale costituito da un'antenna;
- sistema di rivelazione delle singole componenti spettrali e delle relative ampiezze costituito da un analizzatore di spettro;
- sistema di trasmissione del segnale dal ricevitore (antenna) al sistema di misura (analizzatore di spettro) costituito da un cavo coassiale.

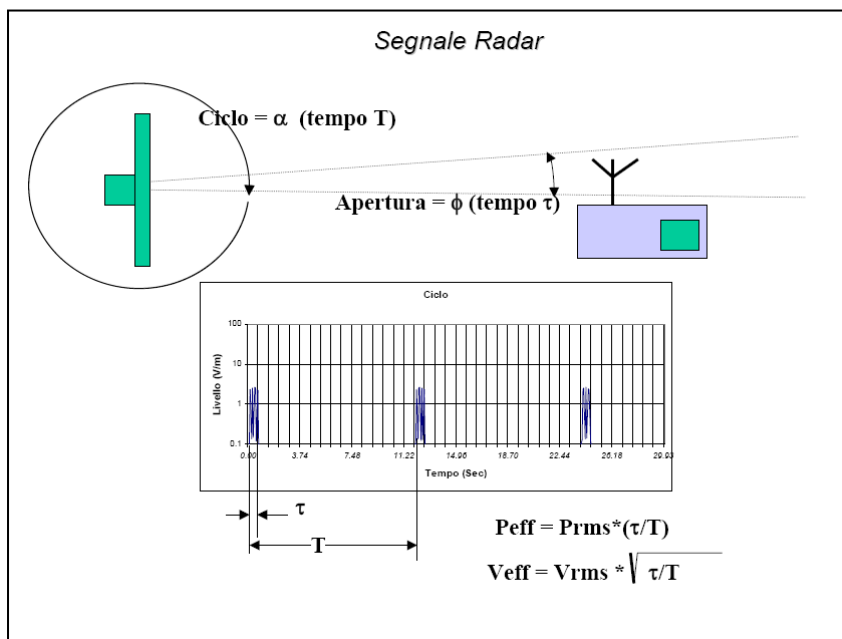


Catena di misura a banda stretta

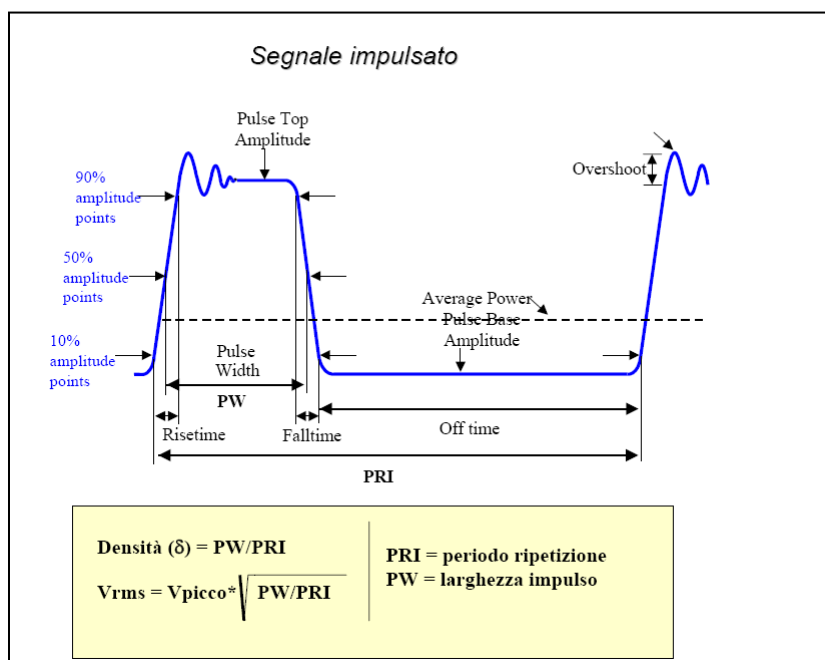
La misura del campo elettromagnetico emesso da un radar viene condotta in accordo alle Linee Guida ICNIRP. In particolare, esse prevedono che debba essere misurato il livello di campo sia di picco che medio.

Il valore di picco rappresenta il massimo valore associato all'impulso, quello medio

valore del conto della lobo di



representa il campo tenendo duty cycle e larghezza dell'irradiazione dell'antenna.



L'analizzatore di spettro è stato utilizzato per eseguire delle scansioni in frequenza allo scopo di individuare le componenti spettrali presenti e come ricevitore sintonizzabile per eseguire indagini sull'andamento temporale del segnale associato alle frequenze individuate come impulsive.

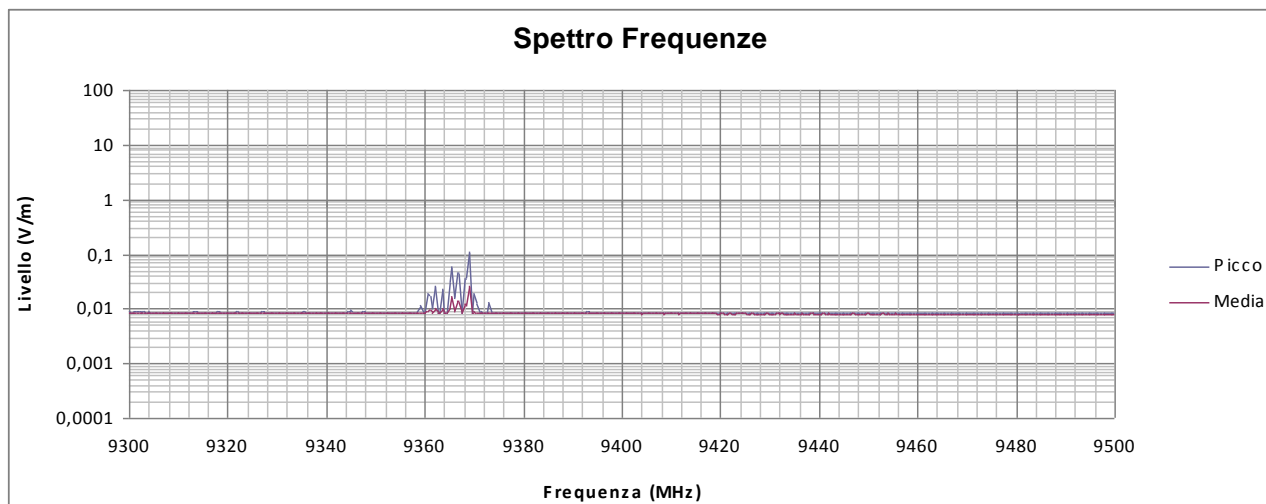
Le procedure di misura consistono, preliminarmente, nell'acquisire lo spettro del segnale individuando la frequenza corrispondente al valore massimo della potenza ricevuta, partendo inizialmente da un'indagine a largo spettro qualora non sia conosciuta la frequenza di emissione del radar; e poi impostando opportunamente i vari parametri, in particolare la RBW dell'analizzatore di spettro per ottenere l'informazione desiderata, ovvero il valore del campo e la misura/verifica dei parametri del radar quali  $\tau$ , PRT e VRA.

La misura è stata pertanto realizzata in tre fasi:

1. misura nel dominio della frequenza
2. nel dominio del tempo

### 3. caratterizzazione dell'impulso

La misura nel dominio della frequenza permette di individuare la frequenza o le frequenze a cui sono emessi i segnali impulsivi.



Spettro delle frequenze – Radar YYYY

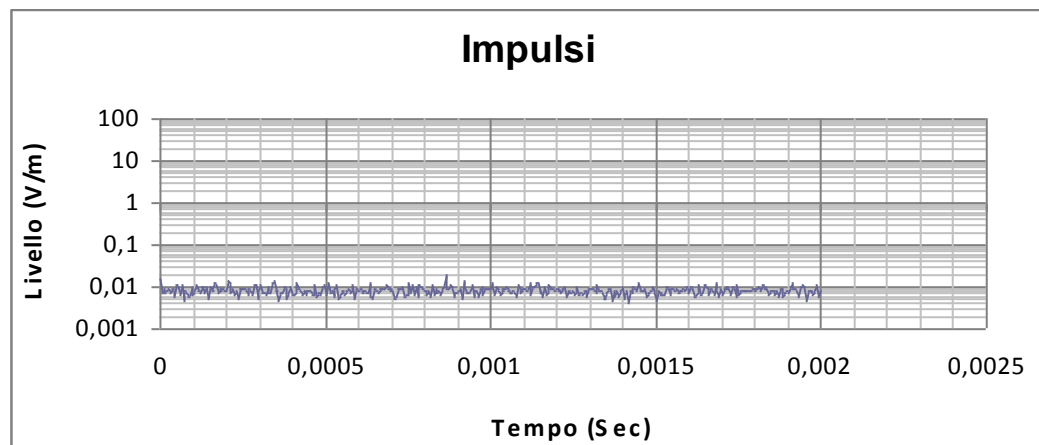
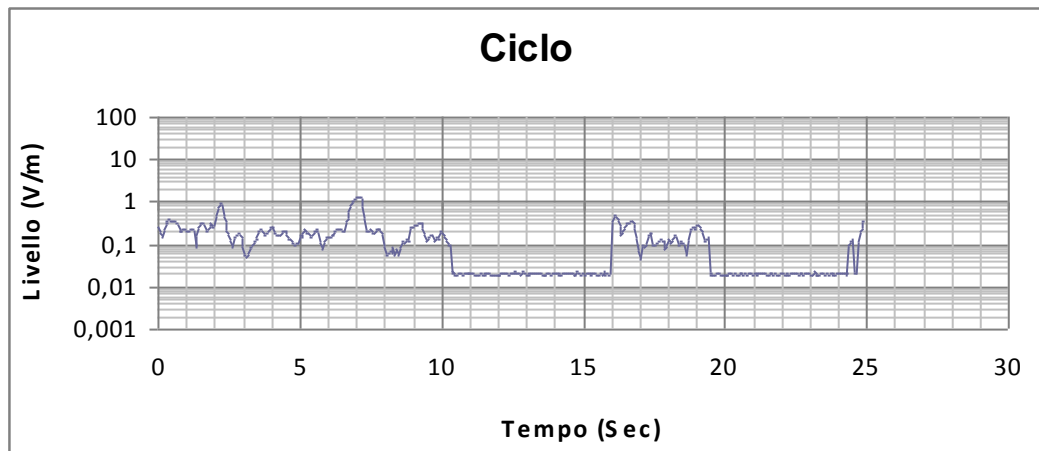
Le frequenze ritenute impulsate nel caso di studio sono:

$$f_1=9369 \text{ MHz}$$

$$f_2=9362 \text{ MHz}$$

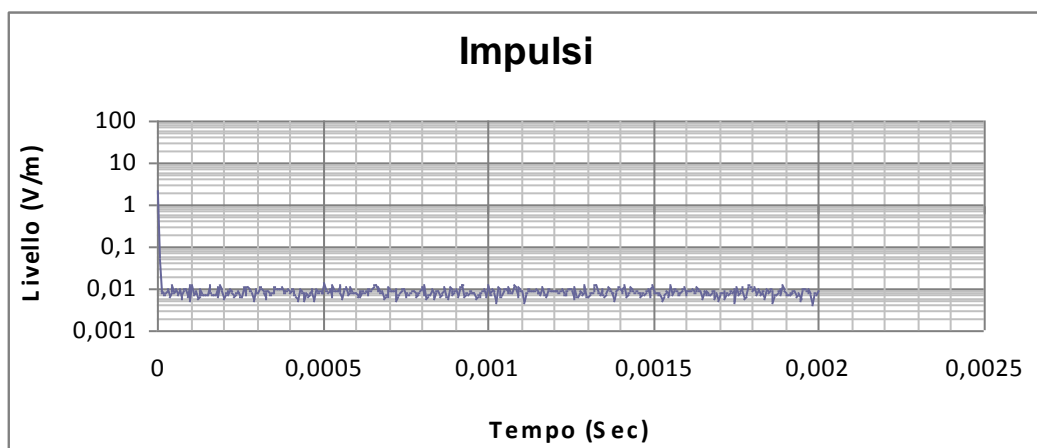
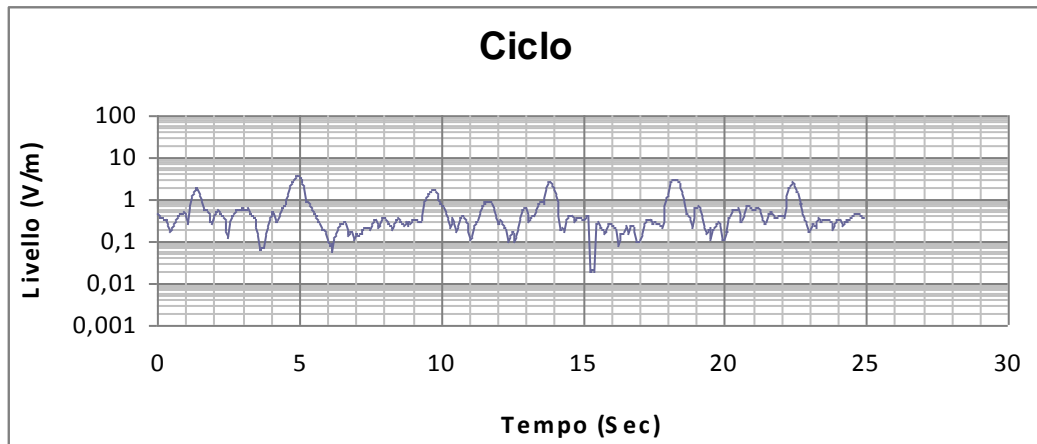
Passando al dominio del tempo, si sono analizzate le caratteristiche dell'impulso impostando l'analizzatore di spettro su  $f_1$  e poi su  $f_2$ .

$$f_1=9369 \text{ MHz}$$



$f_2=9362$  MHz





Dal punto di vista espositivo ciò che interessa è il calcolo della potenza media pari a

$$S_{Media} = S_{Picco} \cdot \delta \cdot \frac{\phi}{\alpha} \quad [W/m^2]$$

$$S_{Picco} = \frac{P_A}{A_{eff}} \quad [W/m^2]$$

in cui

$S_{picco}$  densità di potenza di picco in [W/m<sup>2</sup>]  
PA potenza dell'antenna in [W]  
A<sub>eff</sub> area efficace dell'antenna [m<sup>2</sup>]

Sostituendo nelle formule i valori misurati e considerando l'approssimazione conservativa per cui si assume  $\frac{\phi}{\alpha} = 1$  ed ipotizzando il caso peggiore di illuminamento si ottiene:

$$S_{Media} = 5 \mu W/m^2$$

ben al di sotto dei valori estremamente conservativi forniti dall'ICNIRP.

## 8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- D.Lgs 81/08 e s.m.i
- DIRETTIVA 2012/11/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 aprile 2012 -Gazzetta ufficiale dell'Unione europea
- Electromagnetic fields: moratorium extended until 31 October 2013 Employment and Social Affairs - 29-03-2012 - European Parliament - Press Service
- Minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) AMENDMENTS BY THE EUROPEAN PARLIAMENT - Elisabeth Morin-Chartier
- Direttiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2008, che modifica la direttiva 2000/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). G.U. UE L114 del 26 aprile 2008.
- Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 29 Aprile 2004, sulle norme minime per la salute e sicurezza in relazione all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima Direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16(1) della Direttiva 391/89/EEC). G.U. UE L184 del 24 maggio 2004.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 97(3):257-259; 2009.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz). Health Physics 2010; 99(6): 818-836.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Physics 96(4):504-514; 2009.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE Proposta modificata di direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici. - Direttiva particolare ai sensi dell'Articolo 16 della Direttiva 89/391/CEE". G.U. Comunità Europee 19 agosto 1994 n.230/3.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITA' EUROPEE. Comunicazione della Commissione sul principio di precauzione. Bruxelles 2 febbraio 2000. COM(2000). [http://europa.eu.int/eur-lex/it/com/cnc/2000/com2000\\_0001it01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/it/com/cnc/2000/com2000_0001it01.pdf)
- DECRETO LEGISLATIVO 19 settembre 1994 n. 626. Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. G.U. 12 novembre 1994 n. 141.
- DOCUMENTO CONGIUNTO DELL'ISTITUTO SUPERIORE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA DEL LAVORO E DELL'ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici ed a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz del 29 gennaio 1998. Allegato a: Fogli di Informazione ISPESL - Anno X; n. 4/1997, pp. 1-23. [www.ispesl.it](http://www.ispesl.it)
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). Non-ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency Electric and Magnetic Fields (19-26 June 2001) (Vol. 80) 2002 ISBN 92 832 1280 0. [www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Physics 1994; 66: 100-106.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. Health Physics 1996; 70: 587-593. [www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Elettromagnetic Fields (Up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74: 494-522. [www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)

Atti della Giornata di studio  
"Salute e sicurezza sul lavoro in ambito aeroportuale e aeronautico"  
*INAIL 4 ottobre 2012*

- INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (IRPA) / INTERNATIONAL NON IONIZING RADIATION COMMISSION (INIRC). Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. Health Physics 1988; 54: 115-123.
- INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION (IRPA) / INTERNATIONAL NON IONIZING RADIATION COMMISSION (INIRC). Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. Health Physics 1990; 58: 113-122.
- LEGGE 22 febbraio 2001 n. 36. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. G.U. 7 marzo 2001 n. 55.
- ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITA' (OMS) (1998). Campi elettromagnetici e salute pubblica. Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza. Promemoria n. 183, 1998. [www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)
- ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITA' (OMS). Campi elettromagnetici e salute pubblica - Politiche cautelative. Promemoria Marzo 2000. [www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)
- RACCOMANDAZIONE DEL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici con frequenza da 0 Hz a 300 GHz. G. U. Comunità Europee 30 luglio 1999, L 199/62.  
[http://europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/ph\\_fields\\_cr\\_it.pdf](http://europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/ph_fields_cr_it.pdf)