

# La normativa sui campi elettromagnetici (con particolare riferimento ai radar) e gli esiti dei controlli su installazioni radar in Italia

## L'esperienza di ARPA Toscana



Gaetano Licitra

Picerno – 21 Luglio 2020

# La normativa

- D.M. 10 settembre 1998, n. 381 “Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana”
- Legge 36/2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici e elettromagnetici” (G.U. n. 55 del 7 marzo 2001)
- D.P.C.M. 08/07/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz” (G.U. n. 199 del 28 agosto 2003)

# La norma tecnica CEI 211-7/B (2008)

Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza  
10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana

Appendice B: Misura e valutazione del campo elettromagnetico emesso dagli impianti radar di  
potenza

Metodi di misura			
	Caratteristiche	Pro	Contro
Misuratore a banda larga	Misura diretta del campo / potenza	Velocità e semplicità d'uso	Limitata sensibilità
Oscilloscopio	Misura nel dominio del tempo	Semplicità d'uso	Limitata sensibilità
Analizzatore di spettro	Misura nel dominio della frequenza	Alta precisione e completezza	Complessità d'uso

# Misure con analizzatore di spettro

Campo elettrico (E)

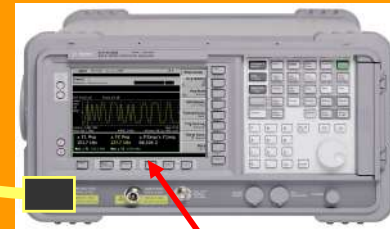


Antenna Factor (AF)



Cavo coassiale (CL)

Analizzatore di spettro



Attenuatore (IL)

P (dBm)

$$E(\text{V/m}) = 10^{(P[\text{dBm}] + AF + CL + IL - 13) / 20}$$



# La normativa

L'art. 1 comma 3 del D.P.C.M. 08/07/2003 precisa tuttavia che “ i limiti e le modalità di applicazione del presente decreto per gli impianti radar .... sono stabilite con successivo D.P.C.M. ai sensi dell'art. 4 comma 2 lettera a) della L. 36/2001 ”

**(DPCM non ancora pubblicato)**



**“..a tutela dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz generati da sorgenti non riconducibili ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella Raccomandazione europea del 12/07/1999 (ICNIRP 1998)”**

# ICNIRP 1998

L'esposizione umana ai CEM emessi dai sistemi radar è limitata dagli standard internazionali e da misure protettive, che sono stati adottati sulla base delle conoscenze scientifiche attualmente disponibili. In sintesi:

- I campi a RF fanno sì che le molecole dei tessuti vibrino e provochino calore. Si possono prevedere effetti di riscaldamento se si trascorre del tempo direttamente di fronte ad alcune antenne radar, ma tali effetti non sono possibili ai livelli ambientali dei campi a RF generati da sistemi radar.
- Per produrre un qualunque effetto nocivo per la salute, si deve verificare un'esposizione a campi a RF al di sopra di un livello di soglia. Il livello di soglia noto è quello necessario per aumentare la temperatura dei tessuti di almeno 1 °C. I livelli molto bassi di campi a RF generati nell'ambiente dai sistemi radar non possono provocare aumenti significativi di temperatura.
- Fino ad oggi, i ricercatori non hanno trovato indicazioni che esposizioni multiple al di sotto dei livelli di soglia provochino alcun effetto negativo per la salute. Non si verifica alcuna accumulazione di danni per effetto di esposizioni ripetute a bassi livelli di campi a RF.
- Al momento attuale, non vi è nessuna evidenza che suffraghi l'ipotesi che in persone esposte a livelli di campo a RF uguali o inferiori ai limiti stabiliti dagli standard internazionali possano verificarsi effetti negativi per la salute, compreso il cancro. Comunque, sono richieste ulteriori ricerche per colmare alcune lacune nelle conoscenze.

# La normativa

L'allegato III della Raccomandazione fissa, nel intervallo di frequenze di interesse per gli impianti radar, i seguenti livelli di riferimento per la popolazione (valore efficace RMS imperturbato):

<b>Frequenze</b>	<b>Campo elettrico E*</b>	<b>Campo magnetico H*</b>	<b>Densità di potenza S*</b>
2-300 GHz	61 V/m (valore di picco 1952 V/m)	0,16 A/m	10 W/m <sup>2</sup>

\* (valore mediato su qualsiasi intervallo di 6 minuti per frequenze fino a 10 GHz)

I livelli di riferimento per i valori di picco, per frequenze comprese fra 10 MHz e 300 GHz, si ottengono moltiplicando i corrispondenti valori efficaci per 32.



# ICNIRP 2020

## ICNIRP GUIDELINES

FOR LIMITING EXPOSURE TO  
ELECTROMAGNETIC FIELDS (100 kHz TO 300 GHz)

PUBLISHED IN: **HEALTH PHYS 118(5): 483–524; 2020**

### ICNIRP Guidelines ● ICNIRP

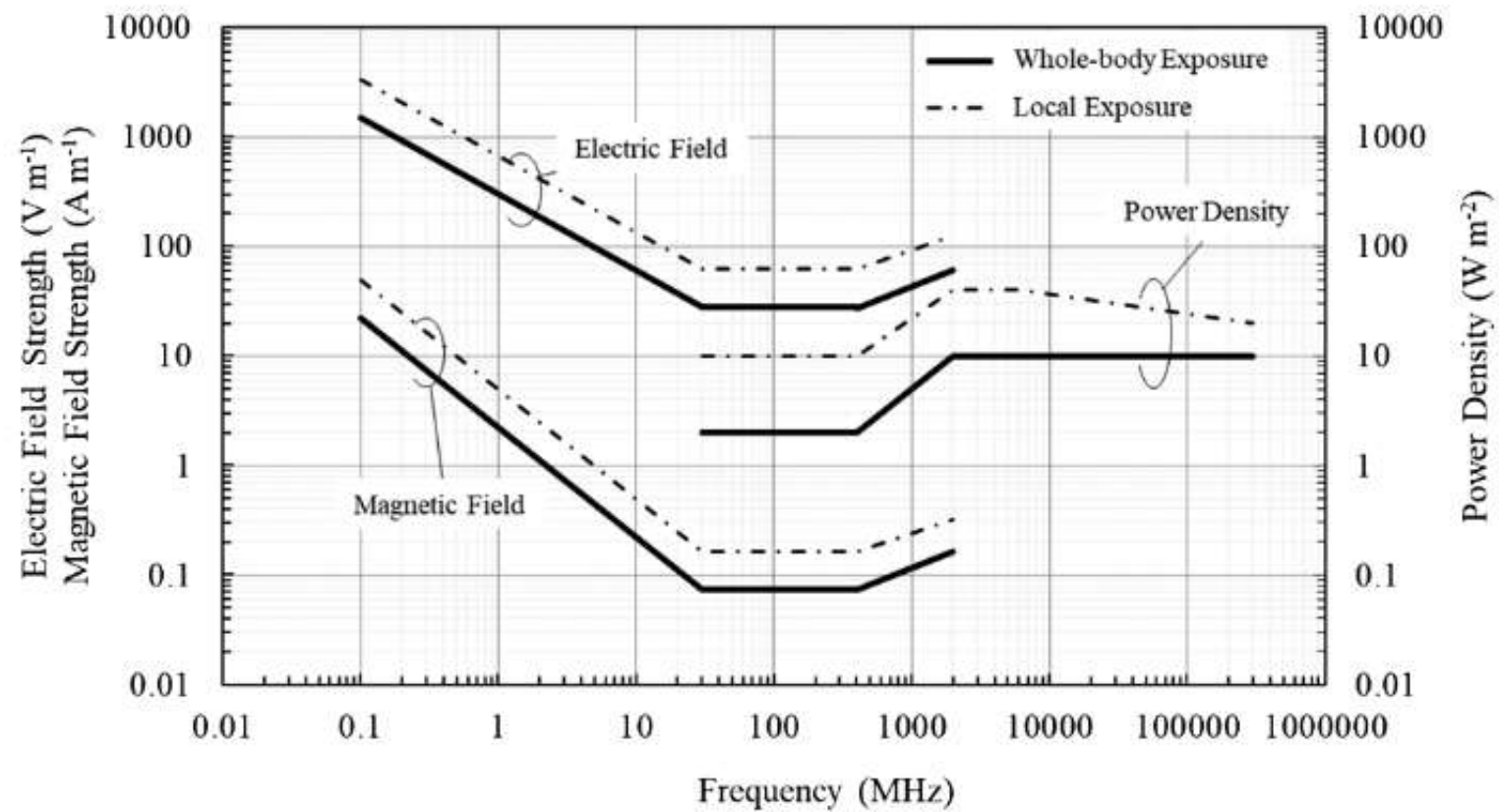
**Table 5.** Reference levels for exposure, averaged over 30 min and the whole body, to electromagnetic fields from 100 kHz to 300 GHz (unperturbed rms values).<sup>a</sup>

Exposure scenario	Frequency range	Incident E-field strength; $E_{inc}$ ( $V m^{-1}$ )	Incident H-field strength; $H_{inc}$ ( $A m^{-1}$ )	Incident power density; $S_{inc}$ ( $W m^{-2}$ )
Occupational	0.1 – 30 MHz	$660/f_M^{0.7}$	$4.9/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	61	0.16	10
	>400 – 2000 MHz	$3f_M^{0.5}$	$0.008f_M^{0.5}$	$f_M/40$
	>2 – 300 GHz	NA	NA	50
General public	0.1 – 30 MHz	$300/f_M^{0.7}$	$2.2/f_M$	NA
	>30 – 400 MHz	27.7	0.073	2
	>400 – 2000 MHz	$1.375f_M^{0.5}$	$0.0037f_M^{0.5}$	$f_M/200$
	>2 – 300 GHz	NA	NA	10



# ICNIRP 2020

## General Public



# II RADAR



## Bande di frequenza nei RADAR a impulsi più comuni

Nomenc. IEEE	Frequenza (GHz)	Tipologie di impiego
UHF	0.3 – 1.0	Radar per avvistamento a larghissimo raggio e per il rilevamento e l'inseguimento di satelliti e missili
L	1 – 2	Controllo del traffico aereo a lungo raggio (ATCR <i>di rotta</i> ), sono anche indicati con la sigla ARSR (Air Route Surveillance Radar)
S	2 – 4	Controllo del traffico aereo a medio e corto raggio; controllo dell'avvicinamento all'aeroporto; sono anche contraddistinti con la sigla ASR (Airport Surveillance Radar);
C	4 – 8	Radar meteorologici; radar navali;
X	8 – 12	Impieghi marittimi; radar a bordo di aerei; puntamento di missili;
K <sub>u</sub>	12 – 18	Radar a bordo di aerei e radar per il rilevamento superficiale in aeroporto (ASDE Airport Surface Detection Equipment)



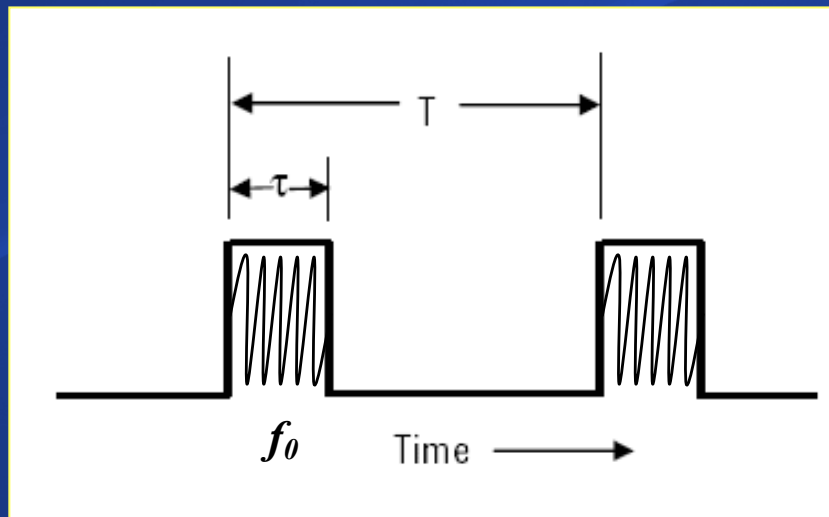
# Esempio di Radar Meteorologico



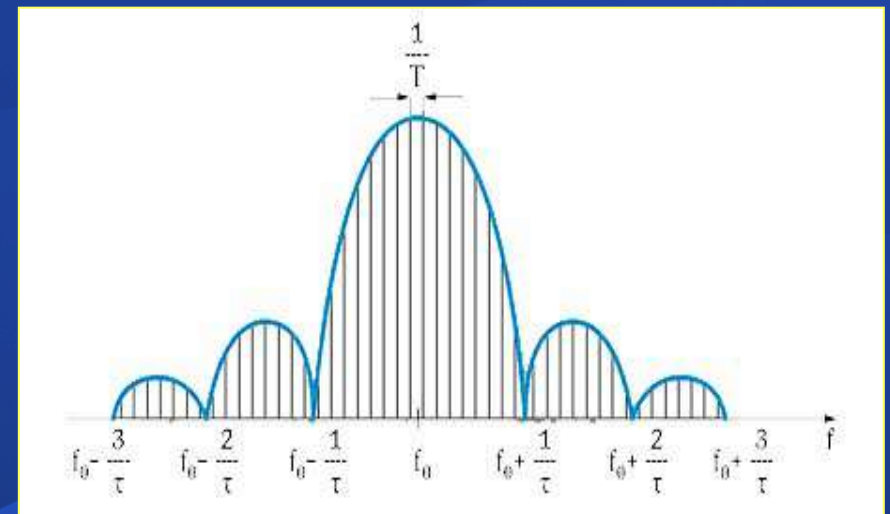
Diametro	5 metri
Ampiezza fascio	0.9 gradi
Guadagno	46 dB
Velocità di rotazione	20 gradi/sec

# Il segnale RADAR

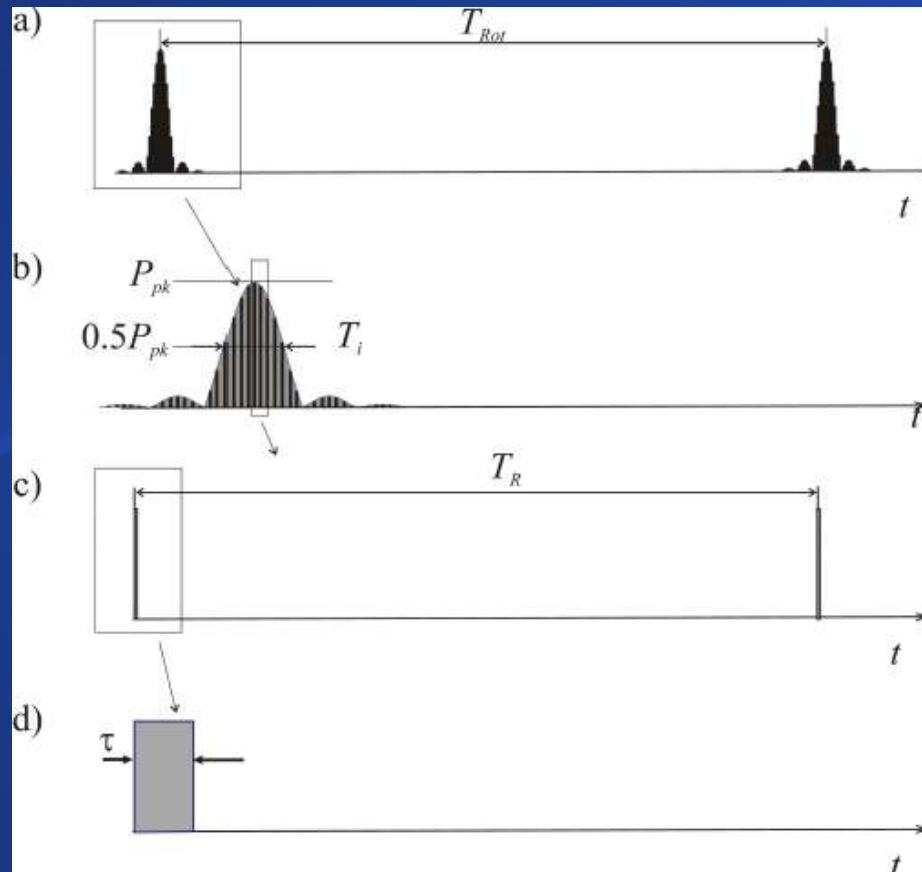
Tempo



Frequenza

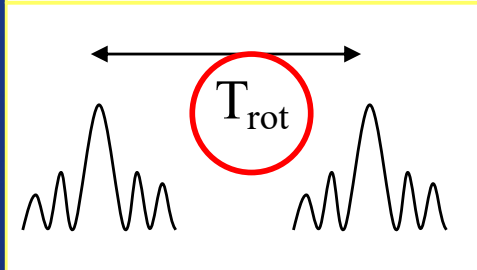
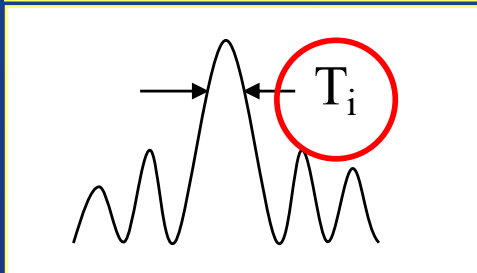
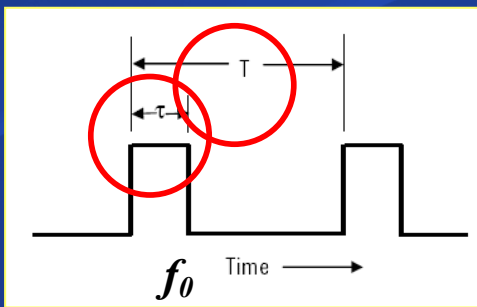
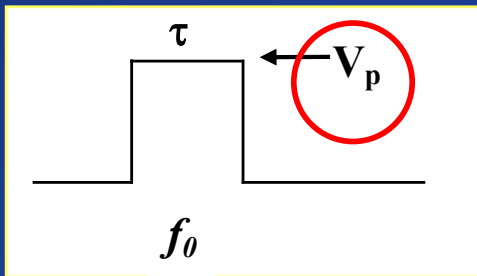


# Segnale Radar – antenna rotante



- a) scala temporale del tempo di rotazione dell'antenna ( $T_{Rot}$ ), **alcuni secondi**
- b) scala temporale del passaggio del fascio ( $T_i$ ), alcune **decine di ms** (si distinguono lobo principale e secondari dell'antenna)
- c) scala temporale del tempo di ripetizione degli impulsi  $T_R \cong 1 \text{ ms}$
- d) scala temporale della durata degli impulsi  $\tau \cong 1 \mu\text{s}$





## Misura

## Risultato

$V_p$



$E_p$

- Antenna Factor
- Insertion Loss Att. e Cavi
- Taratura diodo e PADS

$\tau, T$



$$E_{m_T} = E_p \sqrt{\frac{\tau}{T}}$$

$T_i(\theta)$



$$E_m = E_{m_T} \sqrt{\frac{T_i}{T_{Rot}}}$$

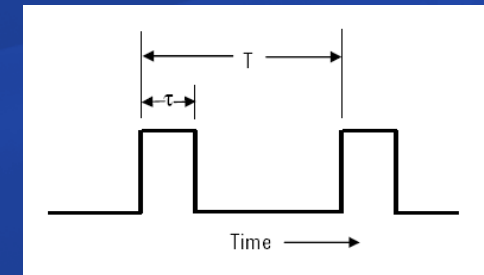
$T_{rot}(360^\circ)$

# Sorgenti pulsate : campo elettrico

1) campo elettrico di **picco**  $E_p$



Valore di campo elettrico determinato al recettore durante il tempo di accensione  $\tau$

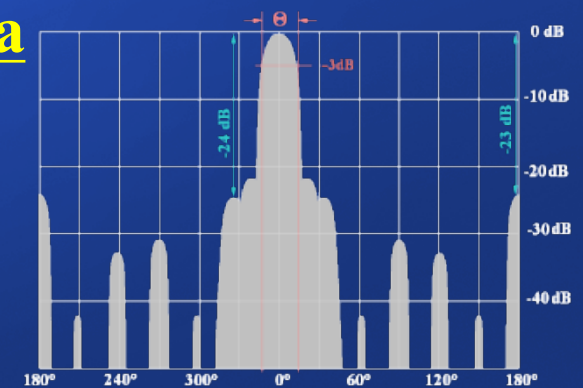


2) campo elettrico **medio**  $E_M$



Valore di campo elettrico determinato al recettore tenendo conto del duty cycle  $\delta = \tau/T$  e dell'eventuale rotazione dell'antenna

$$E_M = E_p * \sqrt{\delta * \Theta / \alpha}$$



# Esperienza di ARPAT

- Misure presso sito RADAR Livorno
- Misure presso RADAR meteo Emilia R.



# Sito RADAR di Livorno



Fa parte della Rete Radar per il controllo del traffico gestita dall'ENAV ed è costituito da:

- radar **PRIMARIO (PSR)**
- radar **SECONDARIO (SSR)**
- Sistema di comunicazione **Terra Base Terra (TBT)** (Banda VHF)



# Sito RADAR Livorno: Antenne

radar SECONDARIO (SSR):

- SIR-S
- Antenna ALE-9



radar PRIMARIO (PSR):

- ATCR-44
- Antenna G14

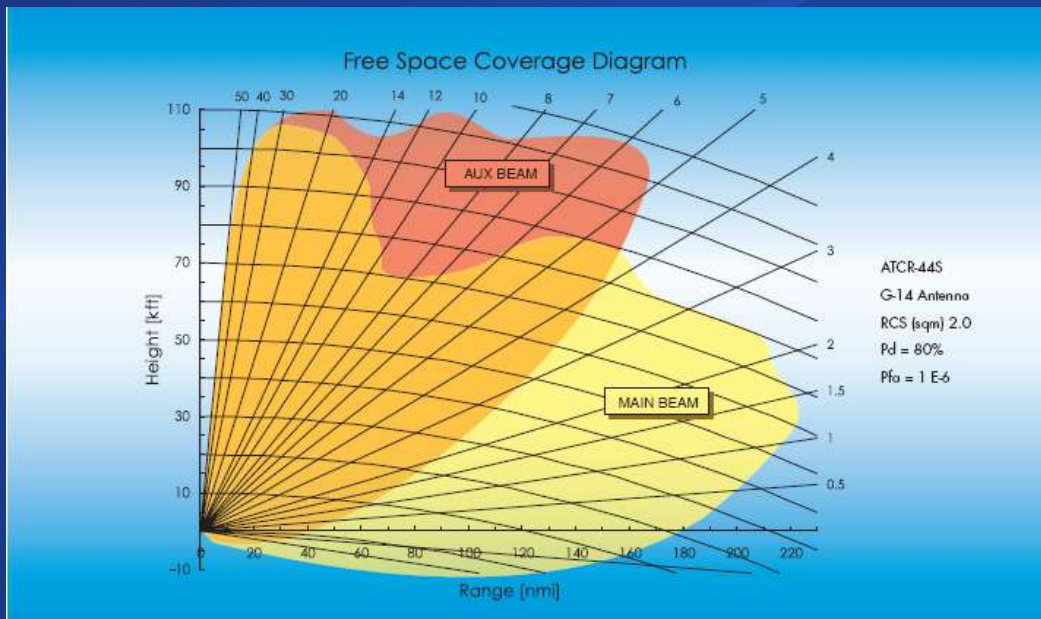
# Caratteristiche PSR

## ATCR-44

- Banda L (da 1 a 2 GHz)
- Funzionamento in diversity (2 frequenze)
- Durata impulso  $\tau$ :  $\approx 2.8 \mu\text{s}$
- Tempo ripetizione impulsi T:  $\approx 2.2 \text{ ms}$  (PRF  $\approx 450 \text{ Hz}$ )
- Potenza di picco:  $\approx \text{MW}$
- Potenza media:  $\approx \text{kW}$



# Caratteristiche Antenna G14



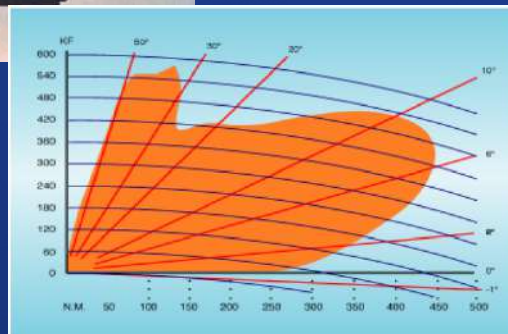
## Caratteristiche:

- Banda frequenza: L
- Dimensioni: 13.7x9.8 m
- Feed system: Dual Horn
- Polarizzazione: Orizz./Circolare
- Largh. Fascio azimutale:  $1.2^\circ$
- Guadagno : 36 dBi (nominale)
- Livelli lobi secondari:  $\leq -25$  dB
- Velocità rotazione: 5, 6, 7.5 rpm

# Caratteristiche SSR

## SIR-S

- Comunicazione con gli aerei (modo-S)
- banda L
- Potenza di picco:  $\approx$  kW
- Antenna: ALE-9



### Caratteristiche:

- Banda frequenza: L (Uplink– Downlink)
- Dimensioni: 1.85x8.40 m
- Polarizzazione: Verticale
- Largh. Fascio azimutale:  $2.35^\circ$
- Guadagno : 27 dBi (nominale)
- Livelli lobi secondari:  $\leq -29$  dB
- Velocità rotazione: solidale al PSR

# Campagna misure Livorno (2002)

- Misure all'esterno del sito radar
- Misure all'interno del sito radar



# Misure in situ: radar primario Livorno



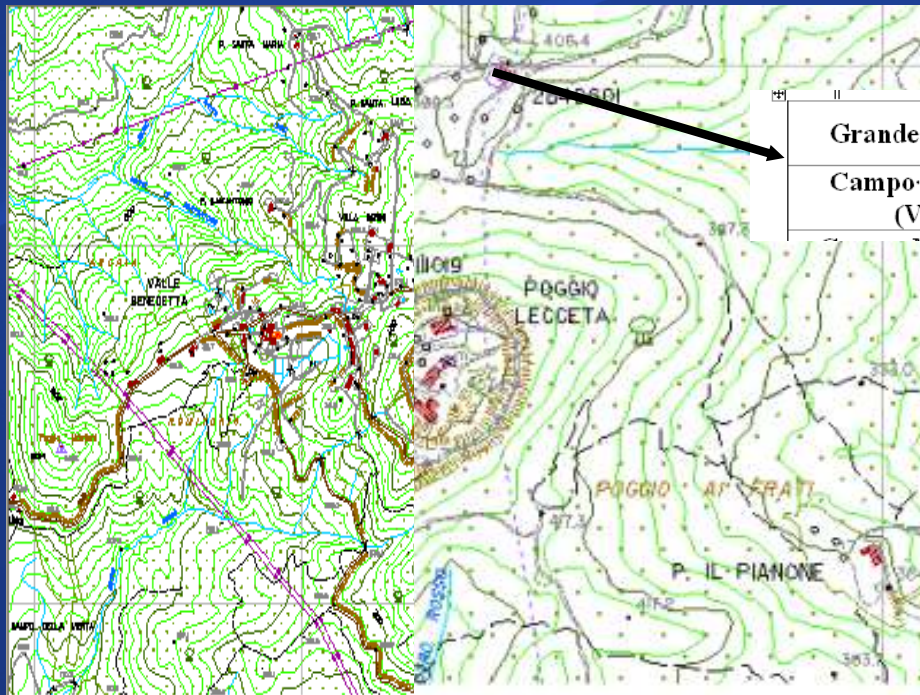
**Antenna EMCO  
mod.3102 (1-10 GHz)**



**Analizzatore di spettro  
Agilent E4402B  
(9 kHz - 3 GHz)**

# Campagna misure Livorno (2002)

La misura tiene conto del funzionamento in diversity del radar



Grandezza fisica	Valore di picco	Valore medio in caso di ant. ferma	Valore medio in caso di ant. rotante
Campo Elettrico (V/m)	41.4	1.5	<0.1

## Limiti ICNIRP (banda L)

Frequenza $f$ (MHz)	Valore efficace di intensità del campo elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità del campo magnetico (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente ( $W/m^2$ )
Radar Poggio Lecceta	48.8	0.13	6.3

Frequenza $f$ (MHz)	Valore efficace di intensità del campo elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità del campo magnetico (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente ( $W/m^2$ )
Radar Poggio Lecceta	1562	4.2	6300



# Campagna misure Livorno (2002)



## Massimo valore misurato

Grandezza fisica	Valore di picco	Valore medio su un periodo di ripetizione (ipotesi antenna ferma)	Valore medio su sei minuti (antenna in rotazione)
Campo Elettrico (V/m)	637	23	1.2

## Limiti ICNIRP (banda L)

Frequenza $f$ (MHz)	Valore efficace di intensità del campo elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità del campo magnetico (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente ( $W/m^2$ )
Radar Poggio Lecceta	48.8	0.13	6.3

Frequenza $f$ (MHz)	Valore efficace di intensità del campo elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità del campo magnetico (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente ( $W/m^2$ )
Radar Poggio Lecceta	1562	4.2	6300





# Misure radar meteo Emilia R. (2002)

S.Pietro Capofiume



Gattatico



# Radar meteo Emilia Romagna

Radar Meteo GPM500	S.Pietro			Gattatico		
Frequenza di lavoro (GHz)	5.43÷5.64			5.43÷5.64		
Potenza di picco (kW)	200÷500			200÷500		
$\tau$ ( $\mu$ s)	0.5	1.5	3.0	0.5	1.5	3.0
PRF (Hz)	1200	600	300	1200	600	300
Ampiezza lobo ( $^{\circ}$ )	0.9			0.9		
Guadagno antenna (dBi)	46			46		
Polarizzazione	Orizzontale			Orizzontale		
Velocità rotazione ( $^{\circ}$ /s)	20			20		
Tilt minimo operativo ( $^{\circ}$ )	0.5			0.5		
Tilt minimo sicurezza ( $^{\circ}$ )	-1			-1		
Diametro antenna (m)	5			5		
Altezza c.e. (m)	19.1			25.4		



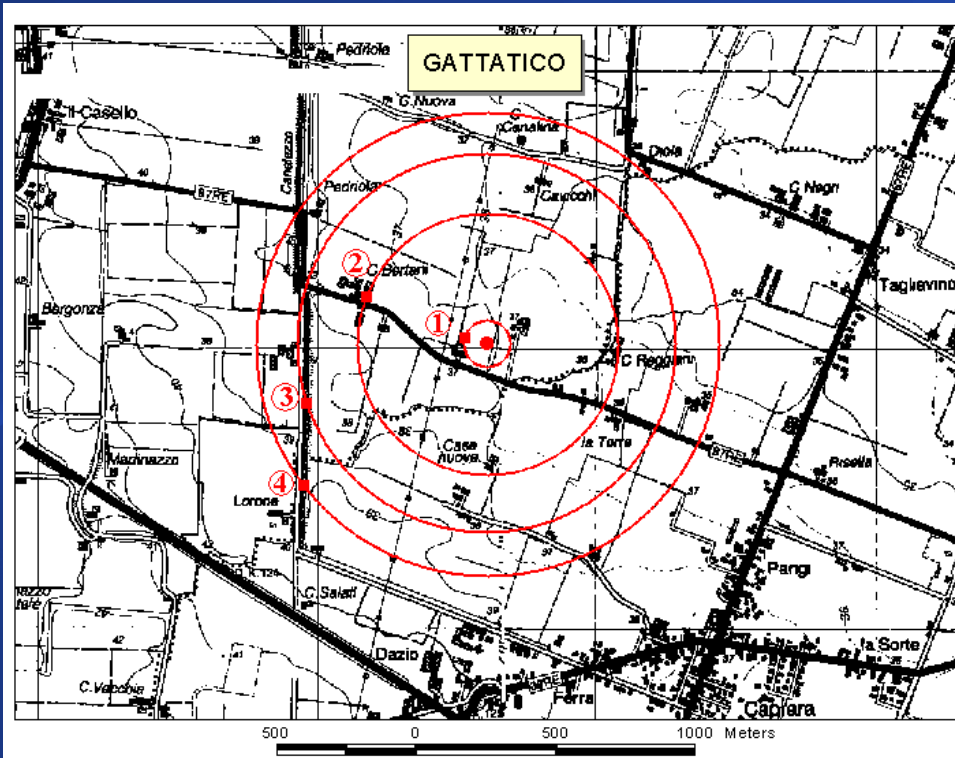
# Radar meteo E.R.: misure

## $E_{\text{picco}}$

Punto	Distanza (m)	$E_p$ (V/m) Tilt=-0.2°	$E_p$ (V/m) Tilt=-1.7°
1	91	8.8	13.5
2	446	16.9	18.2
3	694	19.0	232.6
4	841	19.0	230.6

## $E_{\text{medio}}$

Punto	Distanza (m)	$E_m$ (V/m) Tilt=-0.2°	$E_m$ (V/m) Tilt=-1.7°
1	91	<0.1	<0.1
2	446	<0.1	<0.1
3	694	<0.1	0.3
4	841	<0.1	0.3



## Limiti ICNIRP

Frequenze	Campo elettrico $E^*$
2-300 GHz	61 V/m (valore di picco 1952 V/m)

# Conclusioni

- Le normative e i limiti a livello nazionale per le sorgenti impulsate (radar) sono ancora incomplete.
- Le normative internazionali a cui si fa riferimento nel transitorio sono adottate comunque dai paesi europei e la Commissione Europea fa riferimento nelle proprie normative alle linee guida ICNIRP.
- La sorgente RADAR per costruzione non ha interesse ad illuminare ostacoli, per cui i recettori sono esposti a livelli nettamente più bassi dei limiti.
- Esistono standard di misura CEI e strumentazione complessa dedicata che consentono di verificare i limiti anche per sorgenti pulsate.