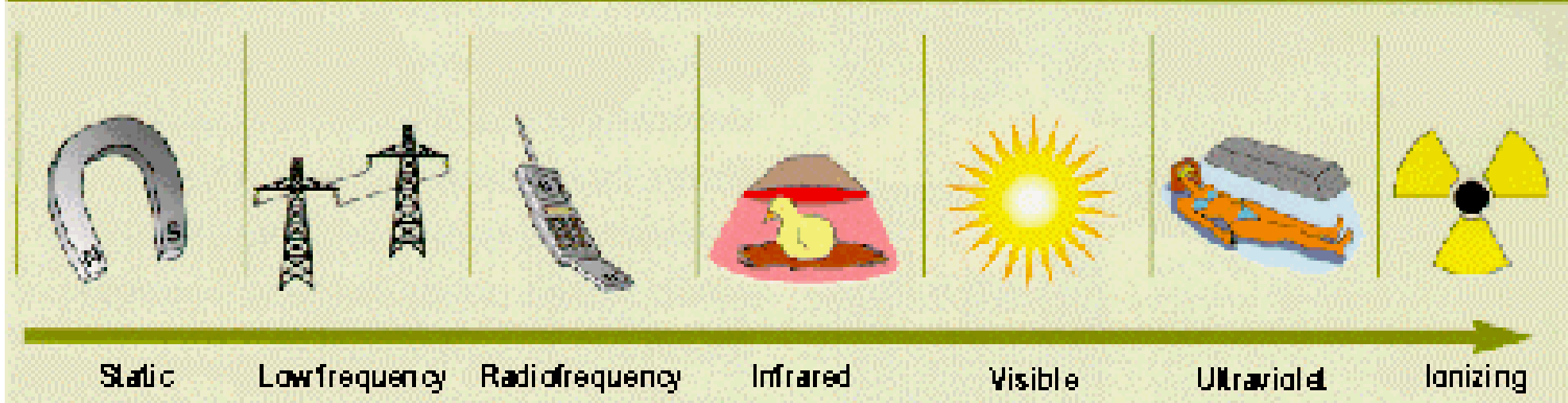


# Misure di Campi elettromagnetici

## THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



**PMM**

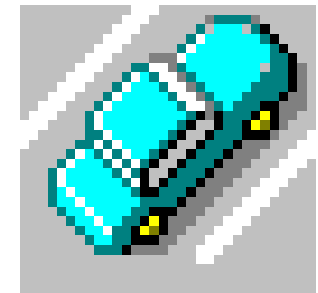
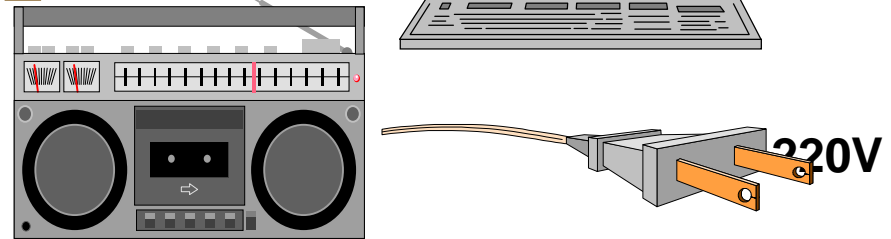
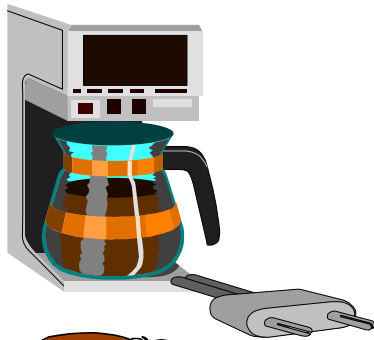
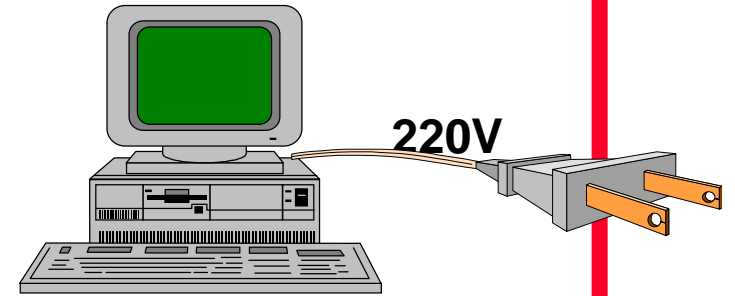
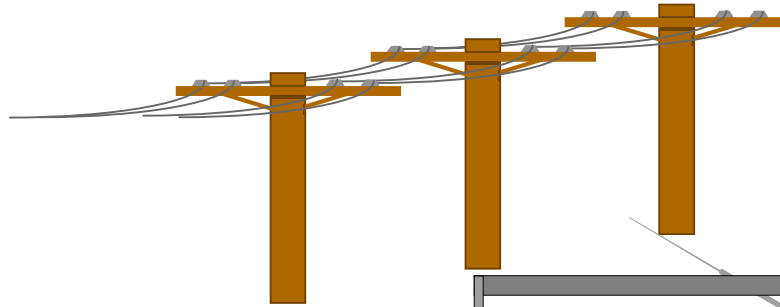
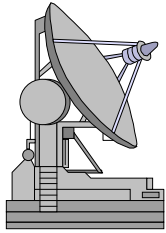
Stelvio Pistolato - Vicenza 11/05/00

## **Elettrosmog: che cos'è?**

- E' termine comune per descrivere qualsiasi fenomeno associato all'inquinamento artificiale da campi elettrici o magnetici
- Ogni dispositivo elettrico o elettronico può causare dei rischi da onde elettromagnetiche
- L'impatto estetico (cioè visto dalla popolazione) è spesso associato alla sua pericolosità



# Possibili sorgenti



**P M**

## Chi sono coinvolti

- Gestori delle telecomunicazioni
- Possessori di reti TLC private
- Installatori di impianti
- ARPA, ASL, PMIP, Min. Sanità, ISPESL, Comuni e provincie
- Studi professionisti ambientali
- Studi di bio-architettura
- Produttori e distributori di energia elettrica
- Università e Centri di ricerca
- Produttori di macchine che usano RF (DL 626)
- Utilizzatori di macchine che usano la RF(DL 626)
- Ministero delle comunicazioni
- FS / Autostrade
- Produttori di elettrodomestici



# Spettri di frequenze

- DC Sistemi di trasporto su rotaie in Italia
- $16\frac{2}{3}$  Hz Treni/metro europei
- 50 Hz Impianti civili
- 3-30 kHz Trasmissioni marittime
- 30-300 kHz Trasmissioni navali Loran
- 300-3000 kHz Trasmissioni AM, Forni, saldatrici a fusione
- 3-30 MHz Radioamatori, saldatrici, diatermia, essiccatori, sterilizzatori
- 30-300 MHz FM, VHF, cordless, radiomobili, CB
- 300 MHz-3 GHz UHF, cellulari, diatermia, radar, telemetria, TV
- 3 - 30 GHz ponti radio, satellitari, radar, altimetri
- 30-300 GHz satelliti, astronomia, spettroscopia



# Misure di campi elettromagnetici

## PROCEDURE E METODI DI MISURA

- ⇒ grandezze da misurare
- ⇒ caratteristiche delle sorgenti
- ⇒ strumentazione di misura
- ⇒ sorgenti di errore
- ⇒ Norme ENV50166-1/2 (ritirate dal CENELEC)
- ⇒ Norme CEI (non ancora pubblicate)
- ⇒ Linee guida ANPA- ARPA
- ⇒ Guida tecnica ANPA-ARPA
- ⇒ D.M. 381/Leggi regionali



# Grandezze da misurare

- **energia assorbita dall'organismo umano:**
  - **misure dosimetriche (S.A.R.)**
- **intensità di campo:**
  - **misure di esposizione**



# Misure di esposizione

- **Le grandezze associate sono:**
  - Intensità di campo elettrico (V/m)
  - Intensità di campo magnetico (A/m)
  - Densità di potenza (W/m<sup>2</sup>)
- **La scelta dipende dalle caratteristiche della sorgente e dal punto in cui si effettuano le misure**



# Principali caratteristiche delle sorgenti RF

- **Tipologia del generatore**
- **Frequenza operativa ed armoniche prodotte**
- **Tipo di modulazione (AM,FM,Fase, Impulsi,ecc.)**
- **Tipologia della antenna**
- **Polarizzazione e tilt dell'antenna**



## Strumentazione di misura

- ♣ A banda larga (es.:PMM 8053).  
Misura semplice ed immediata per valutare se siamo **sopra i limiti**
- ♠ A banda stretta (es.: PMM SA-7270) con indicazione della frequenza (Analizzatore di spettro).  
Misura complessa e lunga



## **Sonde di misura**

- **Rispondere ad un solo parametro (E o H)**
- **Piccole dimensioni tali da non disturbare il campo**
- **Cavi di collegamento tali da non comportarsi a loro volta come delle antenne**



## **Strumenti a banda larga sono costituiti da:**

- **Sensore di campo elettrico o magnetico**
- **trasduttore del campo in segnale elettrico  
proporzionale a  $E$  ( $E^2$ ) o  $H$  ( $H^2$ )**
- **collegamento all'unità di misura (cavo ad  
alta impedenza, fibra ottica ecc.)**
- **unità di misura e registrazione**



## **Strumenti a banda stretta sono costituiti da:**

- **Antenna con supporto**
- **cavo di collegamento**
- **unità di misura e processamento**



# Tipologia delle sonde

- ◆ **a diodo** (il più diffuso)
- ◆ **bolometrico** (uso di termistore per misurare l'innalzamento della temperatura). Poco usato in quanto sensibile alle variazioni della temperatura ambientale.
- ◆ **a termocoppia** (limitato a misure di piccoli campi)



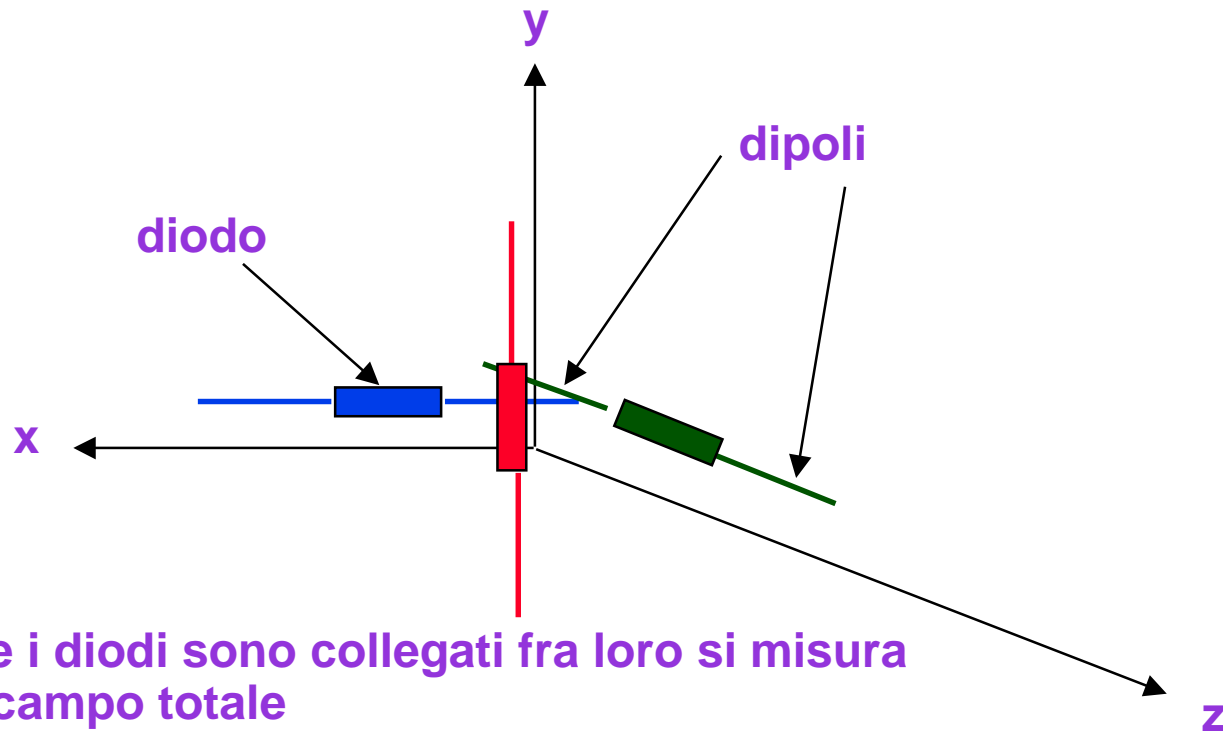
# Strumenti a diodi

- **Isotropici (i più diffusi)**
- **Non isotropici**



# Sensori isotropici

- sono costituiti da diodi multipli collegati a dipoli d'antenna ortogonali fra loro.



## Considerazioni sui sensori a diodo

- **risposta quadratica per piccoli segnali**
- **risposta lineare per segnali medi (nella gamma tipica di lavoro)**
- **saturazione per segnali elevati**
- **rottura delle giunzioni per segnali estremamente elevati (anche se il sensore non viene collegato)**



## **Fonti di errori di misura**

- **onda incidente non piana**
- **modulazione elevata**
- **sensibilità alla luce**
- **presenza di elevati gradienti di temperatura**
- **presenza di segnali spuri**
- **accoppiamento dei cavi**
- **accoppiamento in vicinanza di corpi conduttori**
- **presenza di campi intensi fuori banda**
- **presenza del corpo umano**
- **presenza nelle vicinanze di strutture metalliche**



## Onda non piana

- quando si è vicino alla sorgente (in prossimità dell'antenna) cioè per distanze minori tra:  
 $\lambda$  e  $D^2/\lambda$  (dove  $D$  è la dimensione del radiante)

es.: per un GSM è sufficiente stare a 10/12 m dall'antenna

- In questo caso si devono misurare separatamente le componenti elettriche e magnetiche
- per distanze inferiori le misure sono dipendenti dalla dimensione della sonda e della sua posizione spaziale



## Condizioni di onda piana

- **condizioni ottimali di misura**
- **eseguire misure in diversi punti nello spazio**
- **fissare il sensore ad 1 m da terra**
- **fissare l'antenna o il sensore lontano dall'operatore**
- **usare cavi di collegamento in fibra ottica**
- **eseguire misure su un arco di tempo sufficientemente lungo (almeno 6 minuti)**



## Misure di campi vicini

- la sonda (dipolo) deve essere più piccola di  $\lambda / 4$
- usare una sonda isotropica
- mappare il campo nell'area di interesse per trovare il punto di massima intensità
- usare il ripetitore ottico per evitare l'interferenza del corpo umano



# Misure a 50 Hz



## **Decreto ministeriale del 23 aprile 1992**

- **Limiti di esposizione:**
  - 5 kV/m e 0.1 mT per la popolazione
  - 10 kV/m e 1 mT per i lavoratori
- **La norma ENV 50166-1 riporta:**
  - 10 KV/m e 0.64 mT per la popolazione
  - 30 kV/m e 1.6 mT per i lavoratori



## Misure a 50 Hz

- si misura sia il **campo elettrico**  $E$  (V/m) che il **campo magnetico**  $H$  (A/m)

**Nota: 1 mT = 796 A/m = 10 Gauss**



# Tensioni industriali

frequenza = 50 Hz

I campi sotto i tralicci possono assumere il valore tipico di:

- impianti ad altissima tensione: 380kV\*

$E = 4.500-8000 \text{ V/m}$  ed  $H = 15-20 \mu\text{T}$

- impianti ad alta tensione: 132 kV, 150 kV, 60kV\*\*

$E = 2000-3000 \text{ V/m}$  ed  $H = 10 \mu\text{T}$

- la rete a media tensione: 10 - 30 kV

$E = 200 \text{ V/m}$  ed  $H = 5 \mu\text{T}$

- cabine secondarie a BT: 220 e 380 V

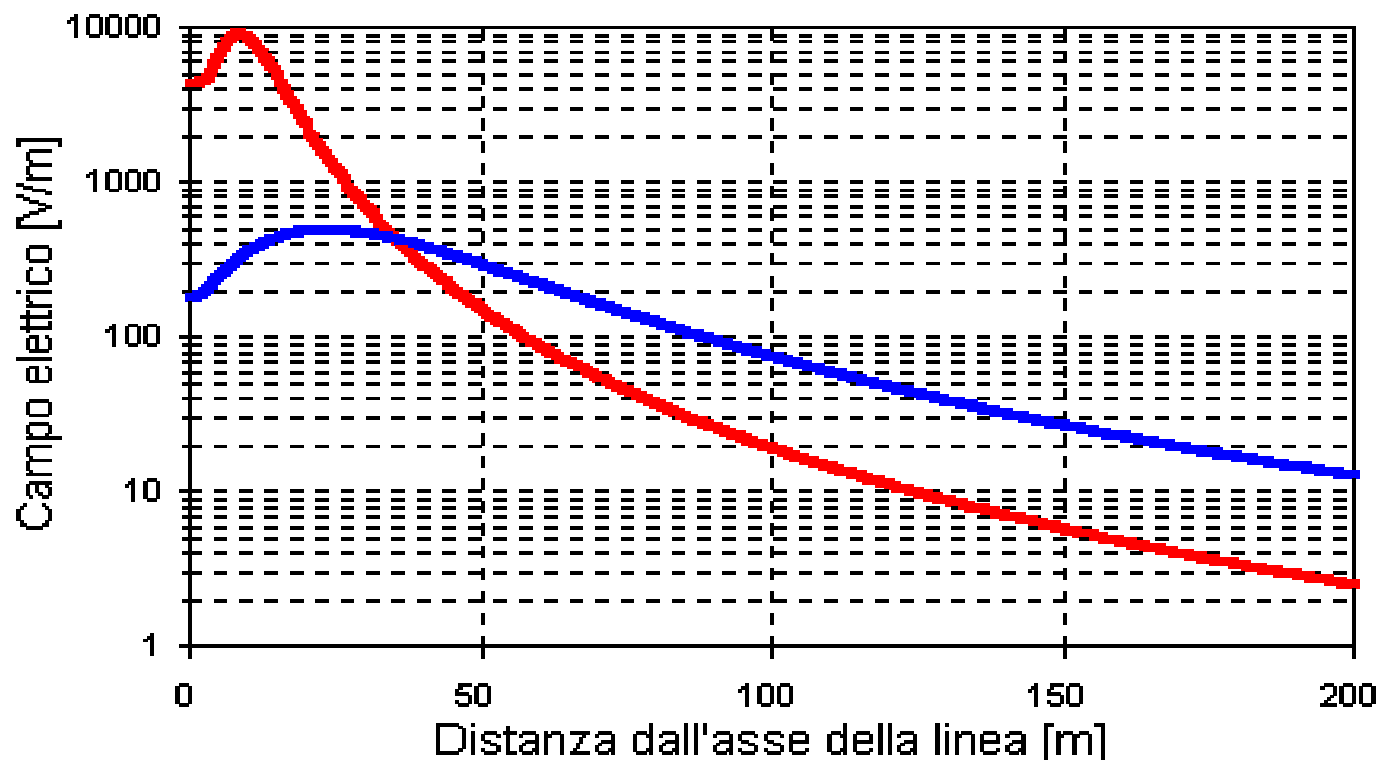
- \* standard europeo

- \*\* sono ormai in disuso



## Campo elettrico prodotto da un elettrodotto 380 kV

Figura 1-E

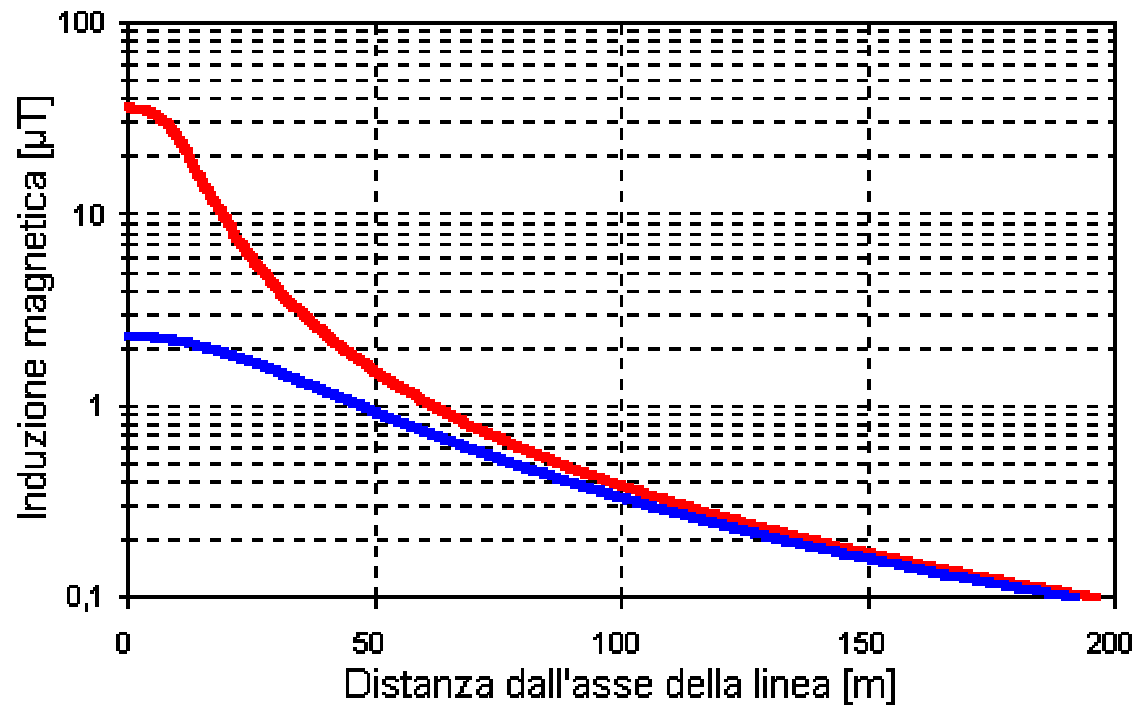


- Altezza dei cavi dal suolo: 40 m (curva rossa)
- 7.8 m (curva blu)

**P M**

## Campo magnetico prodotto da un elettrodotto da 380 kV semplice terna

Figura 1

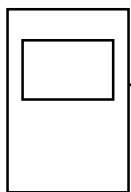


- Curva rossa: altezza dei cavi di 7,8 metri dal suolo
- Curva blu: altezza dei cavi di 40 m dal suolo

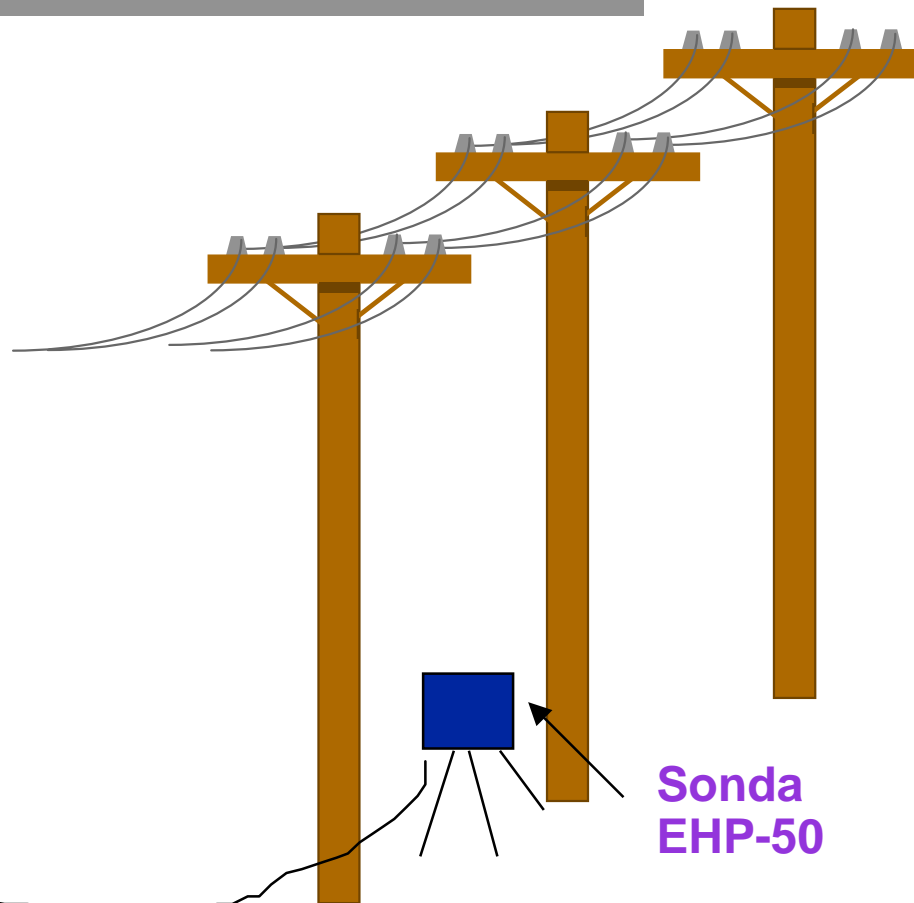


# Tipico set-up di misura in prossimità di tralicci

PMM8053



Fibra  
ottica

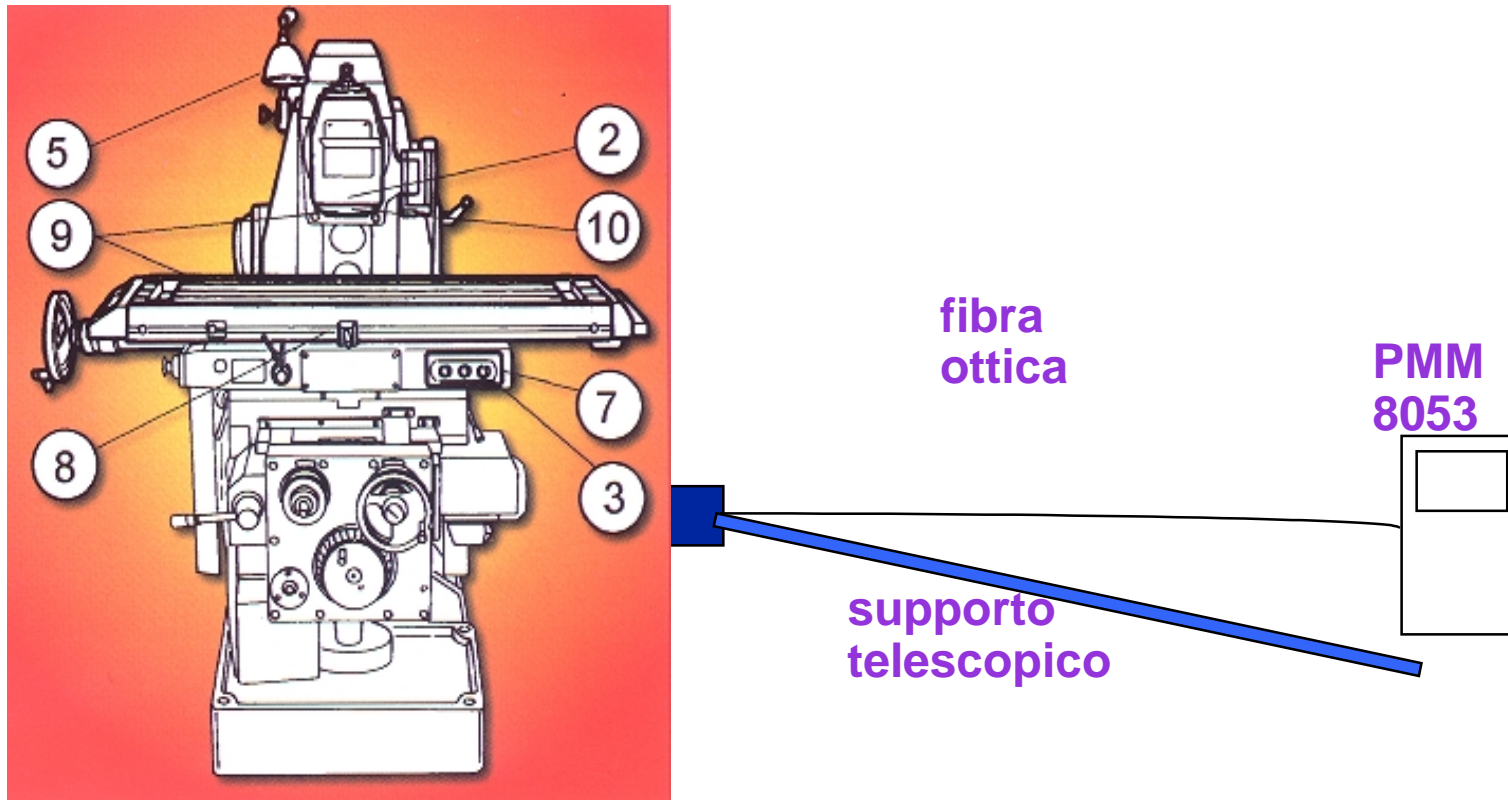


Sonda  
EHP-50



**PMM**

# Tipico set-up di misura in prossimità di macchine



# PMM

## Misure in prossimità di macchine

- **Conoscenza della frequenza di lavoro**
- **Layout dell'impianto**
- **Posizione dove il lavoratore staziona per lunghi periodi**
- **Preparare una pianta con i punti di misura**
- **Fissare la durata della misura (almeno 6 minuti)**
- **Verificare che l'operatore di misura non venga esposto a campi elevati**
- **Acquisire i valori dei campi elettrici e magnetici**
- **Ripetere la misura con maggiore definizione se i valori misurati sono alquanto diversi fra loro**



# Campi a radiofrequenza



**P.M.**

# Limiti di esposizione del D.M. 381

Frequenza	Campo Elet. (V/m)	Campo Magn. H (A/m)	Densità di potenza (W/m <sup>2</sup> )
0.1 - 3 MHz	60	0.2	-
>3 - 3000 MHz	20	0.05	1
>3 - 300GHz	40	0.1	4

Per aree con permanenze >a 4 ore:

$$E = 6 \text{ V/m}$$

$$H = 0.016 \text{ A/m}$$

$$D = 0.1 \text{ W/m}^2$$

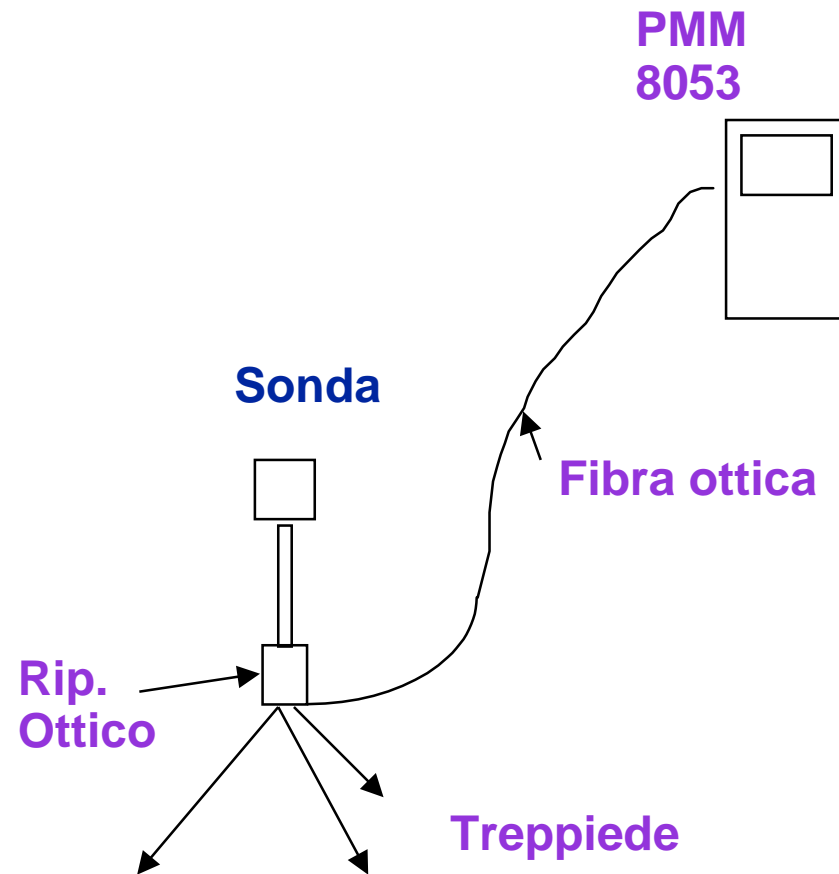
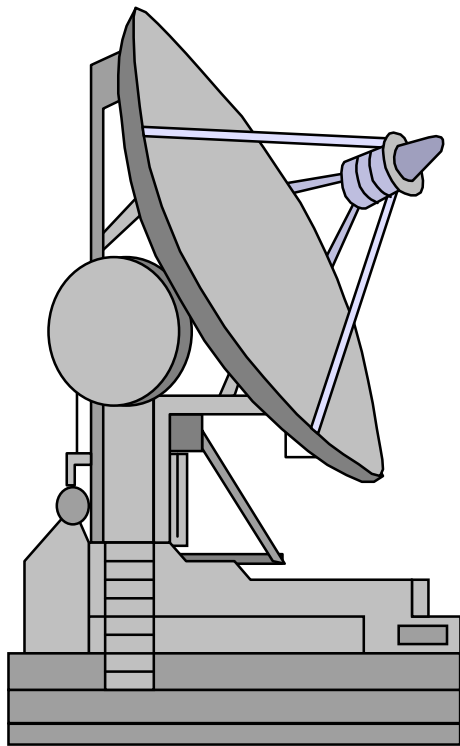


## Modalità di esecuzione

- **Misure spaziali a 1.1 e a 1.9 m da terra. Se la differenza è > del 25% del valore più elevato, si misura anche a 0.5 m. Poi si calcola la media.**
- **Ogni misura è il risultato della media temporale su 6 minuti.**
- **Gli impianti devono rispecchiare la massima potenzialità (effettiva o calcolata)**
- **Gli strumenti devono avere:**
  - Isotropicità = < 1 dB
  - Incertezza = < 2 dB
- **Gli strumenti devono essere tarati secondo le norme ISO 9000 o SIT**



# Tipico set-up di misura



**PMM**

# **PMM 8053**

## **Portable Field Strength Meter**

- **Soluzione a basso costo per misure di campi E & H**
- **da 5 Hz a 18 GHz**
- **facile da usare**
- **Ideale per mappature di territori**
- **conforme al decreto DM 381**



**PMM**

# Caratteristiche salienti del PMM 8053

- **Test dei diodi di misura**
- **Alta dinamica > 66 dB/120 dB**
- **Grande display**
- **completezza di accessori**
- **data logger intelligente** con acquisizioni:
  - 1, 10-900 secondi (del valore peggiore)
  - data change
  - over the limit
  - la media ad ogni 6 minuti
- **Media aritmetica e quadratica**
- **misure con associato il commento**



## **SONDE del PMM 8053**

- **EP-330: ideale per il decreto 381. Misura il campo elettrico da 100 kHz a 3 GHz**
- **HP-102: ideale per il decreto 381. Misura il campo magnetico da 30 MHz a 1 GHz**
- **HP-32 Sensore di campi magnetici da 0.1 - 30 MHz**
- **EP-183: da 1 GHz a 18 GHz**



## Misure ELF

**EHP-50 Sensore intelligente per misure di E ed H da 5 Hz a 100 kHz.**

**E: Range: da 0.1 V/m a 100 kV/m;**

**Sensibilità: 0.1 V/m**

**Risoluzione: 0.01 V/m**

**H: Range: da 10 nT a 10 mT**

**Sensibilità: 10 nT**

**Risoluzione: 1 nT**

**Il sensore ha incorporato un Analizzatore di Spettro in tempo reale**



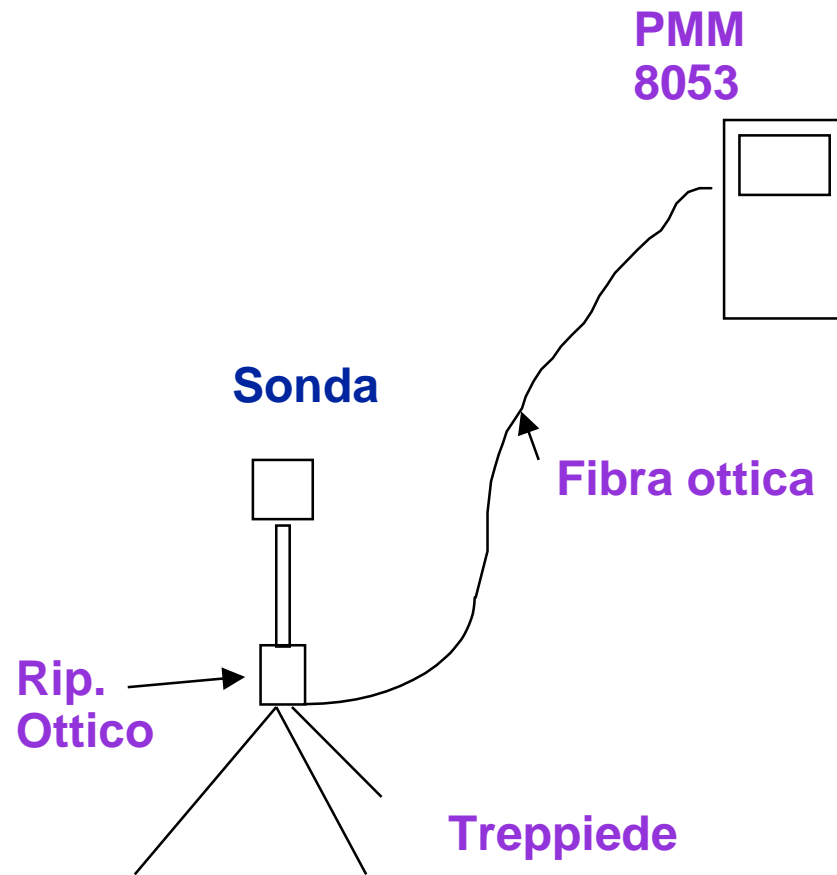
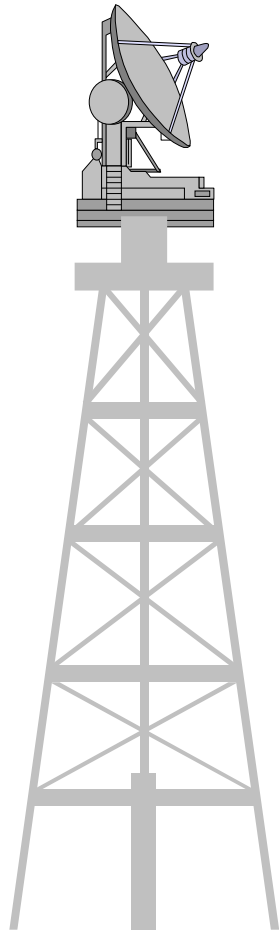
**P M**

## Accessori del PMM 8053

- **TR-02** Cavalletto (per 8053 o ripetitore ottico)
- **OR-02** Ripetitore ottico
- **TT-01** Tubo telescopico
- **SW-02** Software di acquisizione ed elaborazione
- **SB-04** Sistema di acquisizione continua fino a 4 canali contemporanei (ELF+RF/MW) + GPS



# Tipico set up di misura



**PMM**

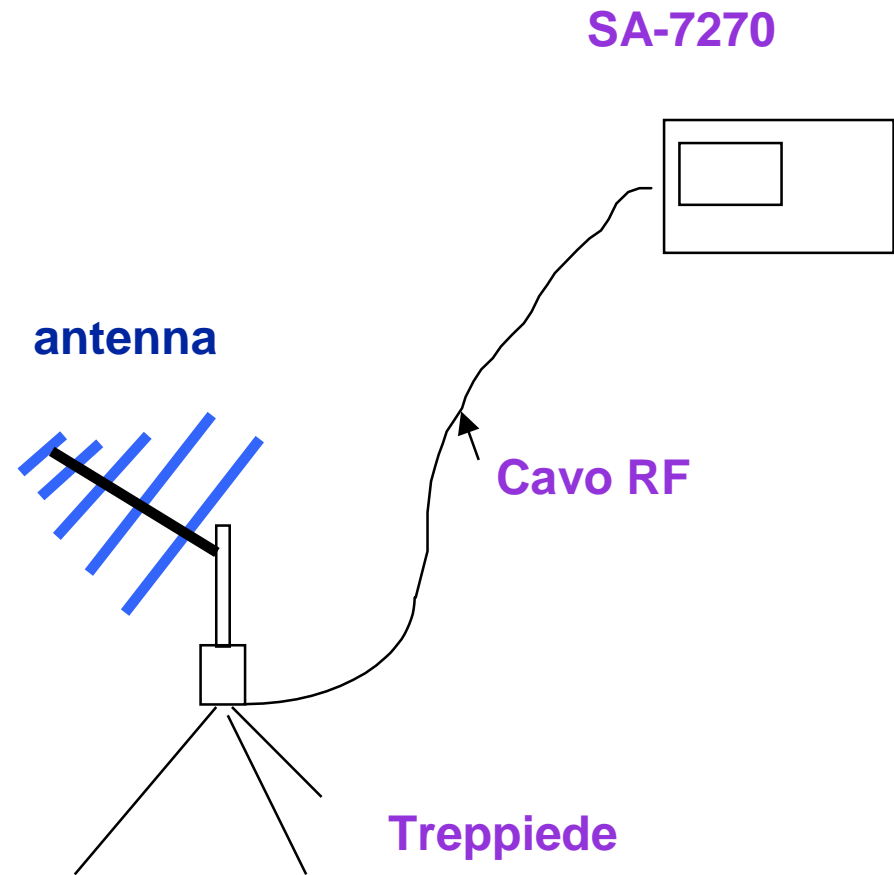
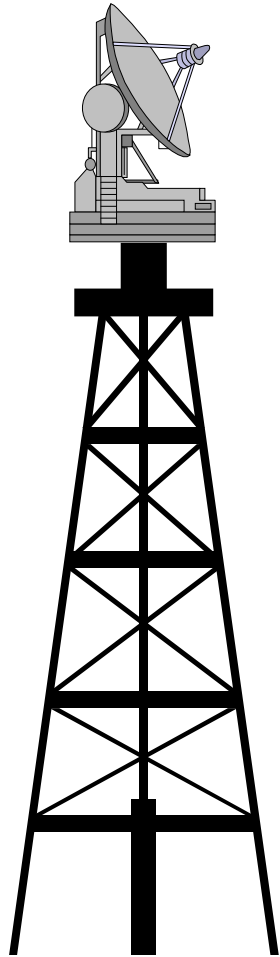
# Analizzatore di spettro SA-7270

- Frequenza: 9 kHz - 2.7 GHz
- Risoluzione: 1 Hz
- Livello: +20 -120 dBm
- Precisione: +/- 1.5 dB
- Display LCD: 7.4"
- Memoria: 20 misure
- RS232: standard



**P M**

# Tipico set up di misura



**P M**