



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

*19 aprile 2012*



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Utilizzo del Fattore di Impatto Ambientale Elettromagnetico (**FIAE**) sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca “MONICEM” (ISPRA-ICE<sub>m</sub>B/2008)

Graziano Cerri – Paola Russo

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Università Politecnica delle Marche - Ancona



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



**AEIT** FEDERAZIONE  
ITALIANA di  
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione,  
Informatica e Telecomunicazioni

# Monitoraggio e Controllo dei Campi Elettromagnetici (MoniCEM)

responsabile Prof. G. D'Inzeo

- **WP1** - Coordinamento
- **WP2** - Ricognizione delle metodiche per la minimizzazione del CEM irradiato dagli impianti a RF
- **WP3** - Analisi e valutazione comparativa dei modelli e degli strumenti attualmente esistenti
- **WP4** - Preparazione di linee-guida sui metodi e tecniche per la minimizzazione del CEM a parità di efficienza del servizio
- **WP5** - Preparazione di linee-guida operative per il best-siting degli impianti
- **WP6** - Identificazione di criteri e modalità di riferimento per gli accordi relativi al posizionamento degli impianti e allo sviluppo di reti di servizi
- **WP7** - Disseminazione dei risultati e delle attività del progetto
- **WP8** - Monitoraggio dell'effettiva adozione delle linee-guida\*



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Monitoraggio e Controllo dei Campi Elettromagnetici (MoniCEM)

responsabili WPs e unità coinvolte

- WP1 – Prof. Guglielmo D'Inzeo – Uniroma1
- WP2 – Prof.ssa Rita Massa – Unina
- WP3 – Dott.ssa Francesca Apollonio – Uniroma1
- WP4 – Prof. Luciano Tarricone – Unile
- WP5 – Prof. Graziano Cerri – Univpm
- WP6 – Dott. Giorgio Lovisolo – ENEA
- WP7 – Prof. Paolo Ravazzani – ISIB-CNR-MI
- WP8 – Dott. Martino Grandolfo - ISS



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

*19 aprile 2012*



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# L'IDEA

E' possibile considerare l'impatto ambientale del campo elettromagnetico tra i vincoli di progetto di una rete per comunicazioni mobili ?



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Ottimizzazione del posizionamento delle SRB

**Impatto Ambientale**

**Efficienza /  
Redditività**



**Copertura**

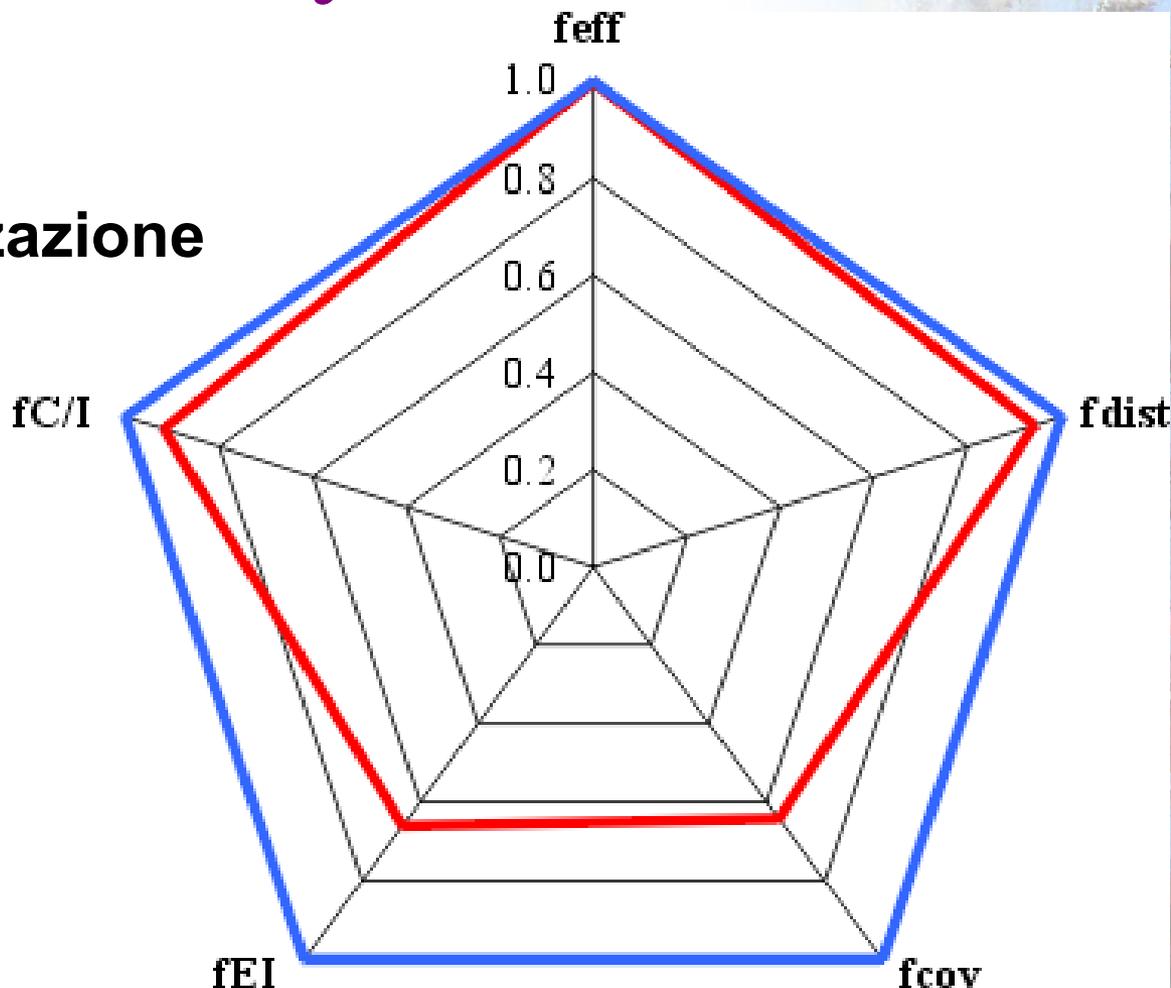
**Distanza SRB-  
Sorgenti di traffico**

**C/I**



# A case study: la città' di Ancona

**Risultato  
dell'ottimizzazione**





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



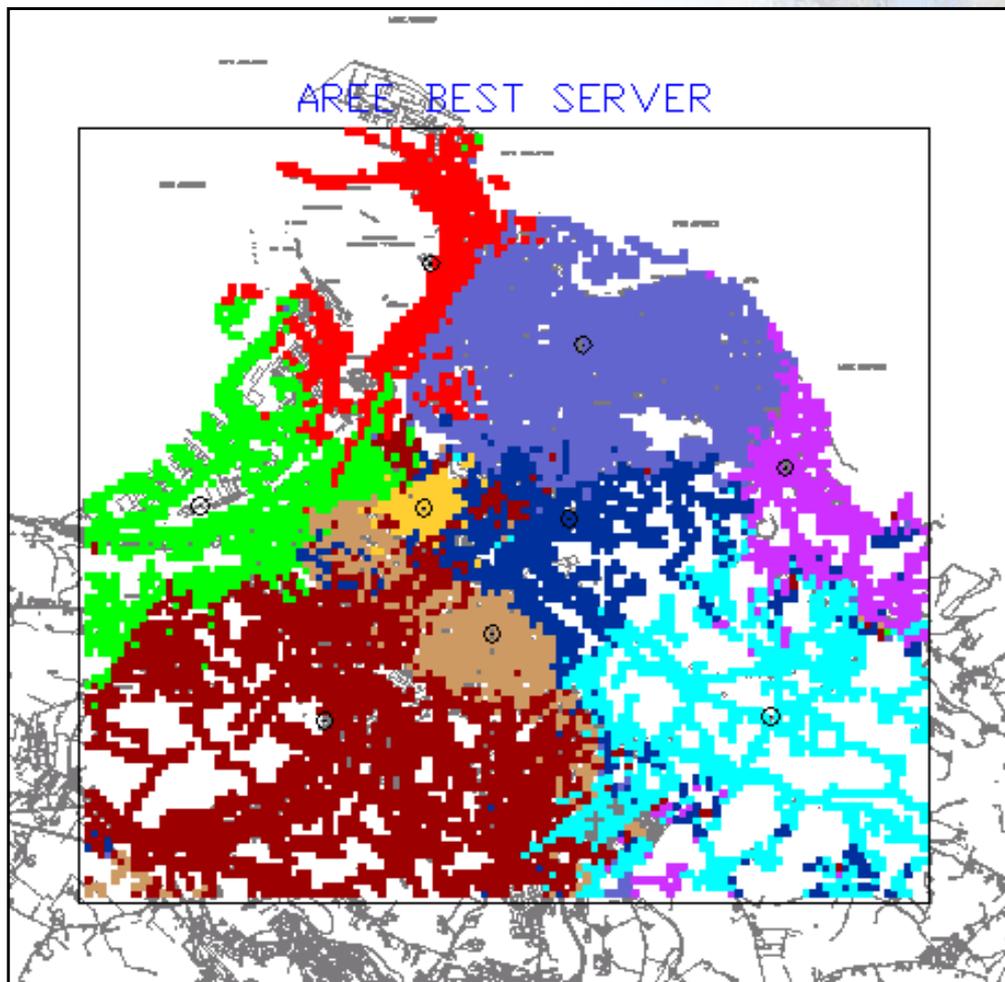
**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



**AEIT** FEDERAZIONE  
ITALIANA di  
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione,  
Informatica e Telecomunicazioni

# A case study: la città' di Ancona

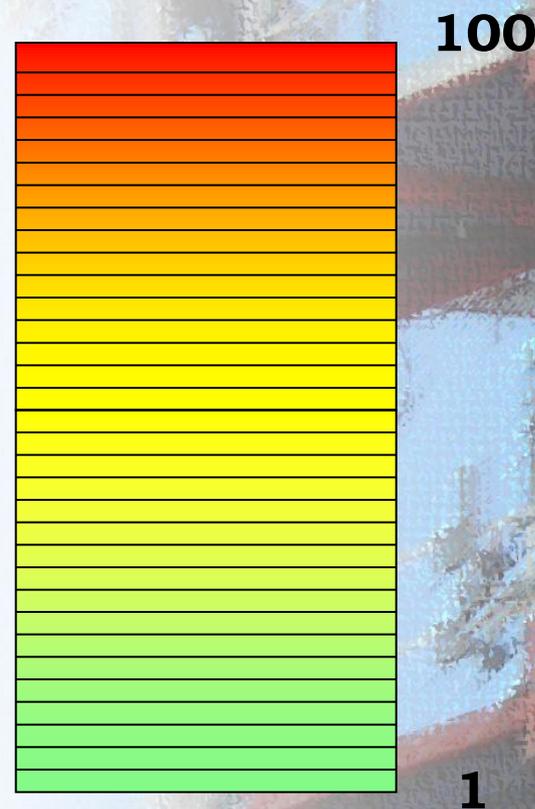
**Posizionamento  
SRB**





# Proposta

Costruzione di un  
coefficiente numerico  
chiamato “**Fattore di  
Impatto Ambientale  
Elettromagnetico (FIAE)**”  
basato sui livelli di  
campo e.m.  
effettivamente presenti  
nell'ambiente.





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

*19 aprile 2012*



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Scopo del FIAE

Fornire uno strumento  
oggettivo per il

**confronto**

tra diverse ipotesi di  
allocazione di SRB





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Parametri considerati:

- Specifiche di antenna:

Potenza in ingresso

Diagramma di radiazione

Tilt

Altezza tx

- Struttura urbana

# Ipotesi di lavoro:

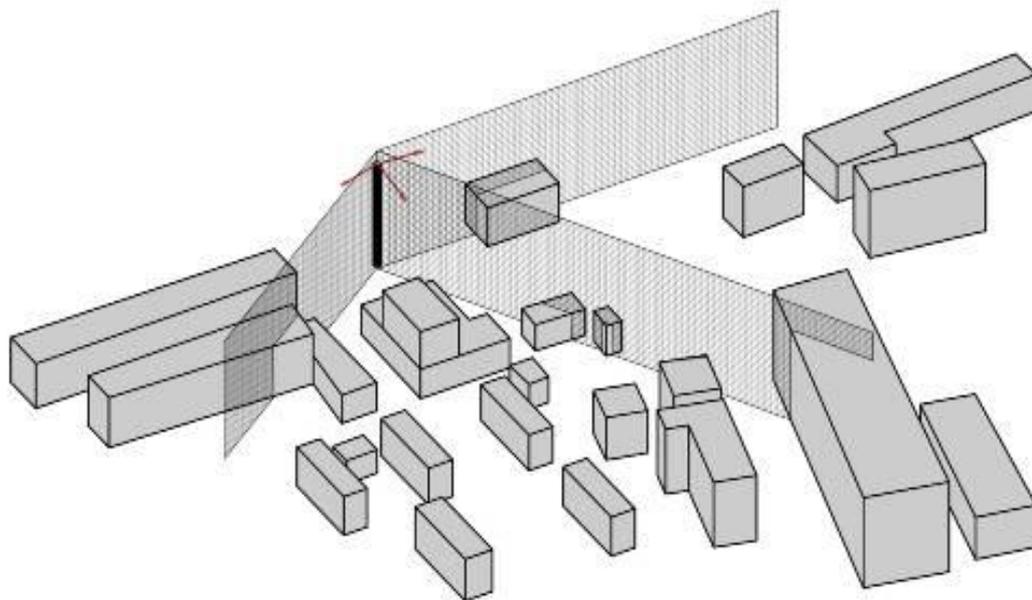
- Diffrazione non implementata

- Superfici totalmente riflettenti

- Regione di osservazione di  
raggio 200 m dal piede  
dell'antenna

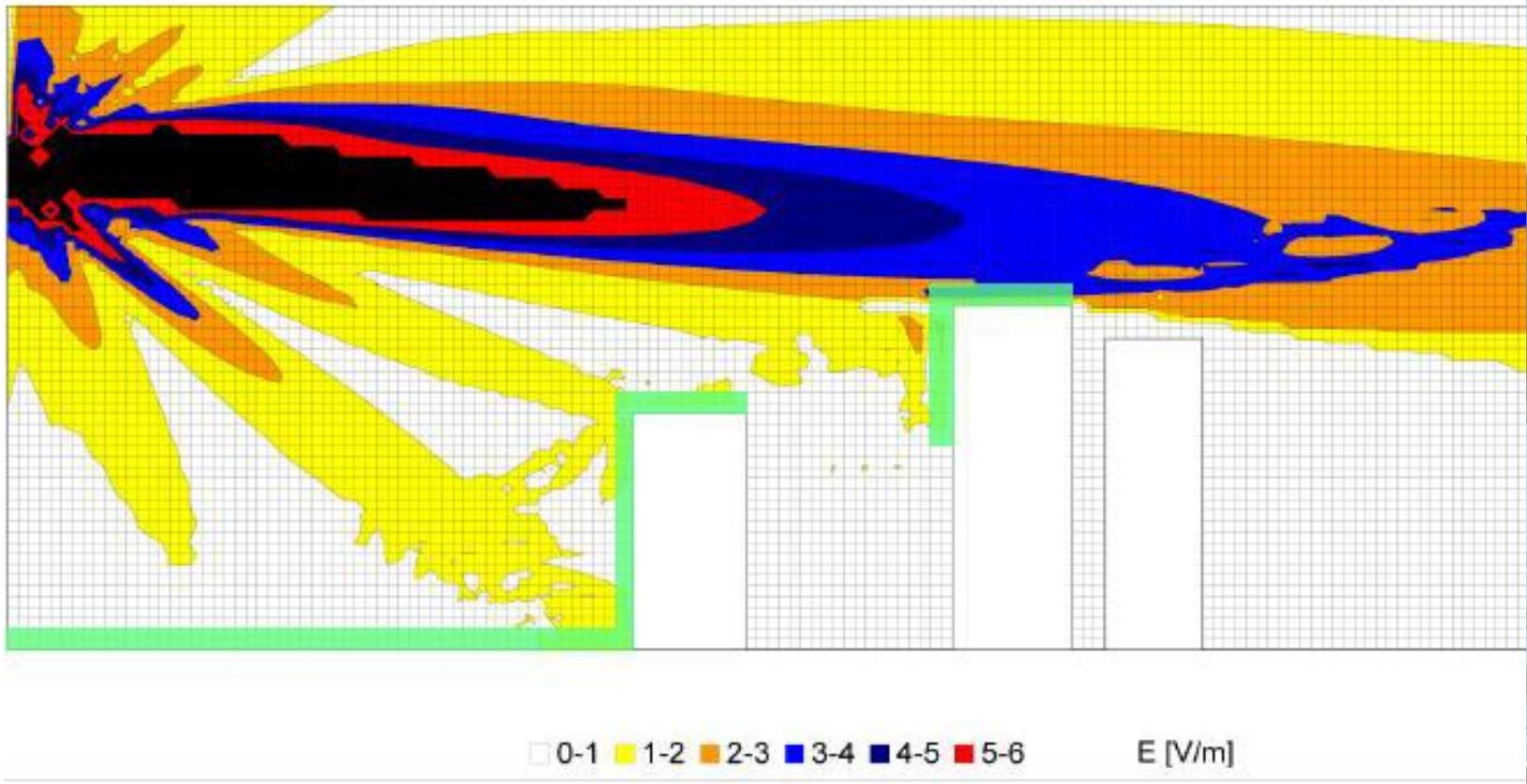


# Metodo di calcolo del FIAE (1)

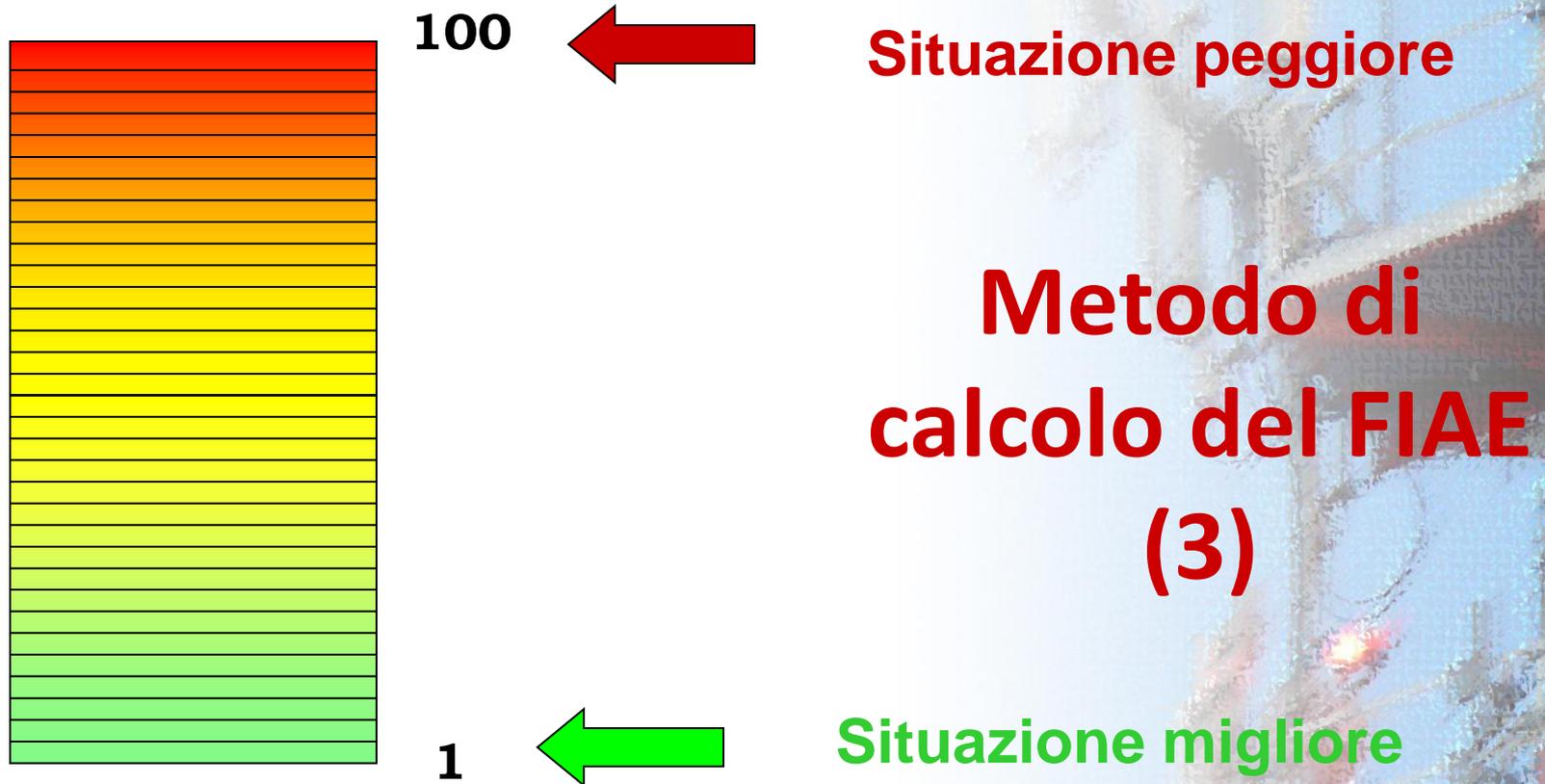


**Il FIAE viene calcolato in un numero significativo di piani verticali (tre sono mostrati in figura), scelti per esempio in base alla criticità della situazione, ed il valore più alto viene assunto come FIAE della SRB considerata**

# Metodo di calcolo del FIAE (2)



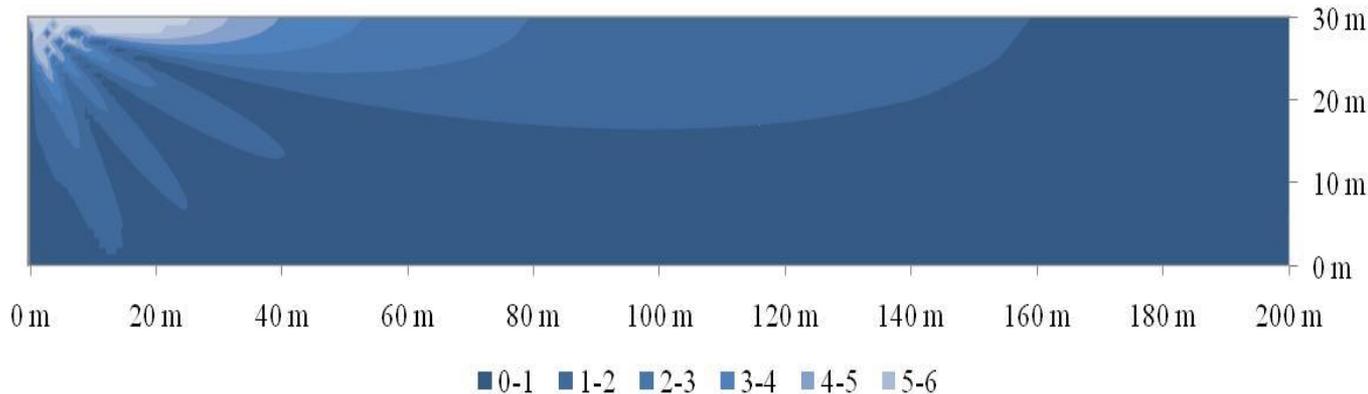
Sono considerati solo i campioni di campo nell'area **verde**:  
**solo punti illuminati da raggi diretti**



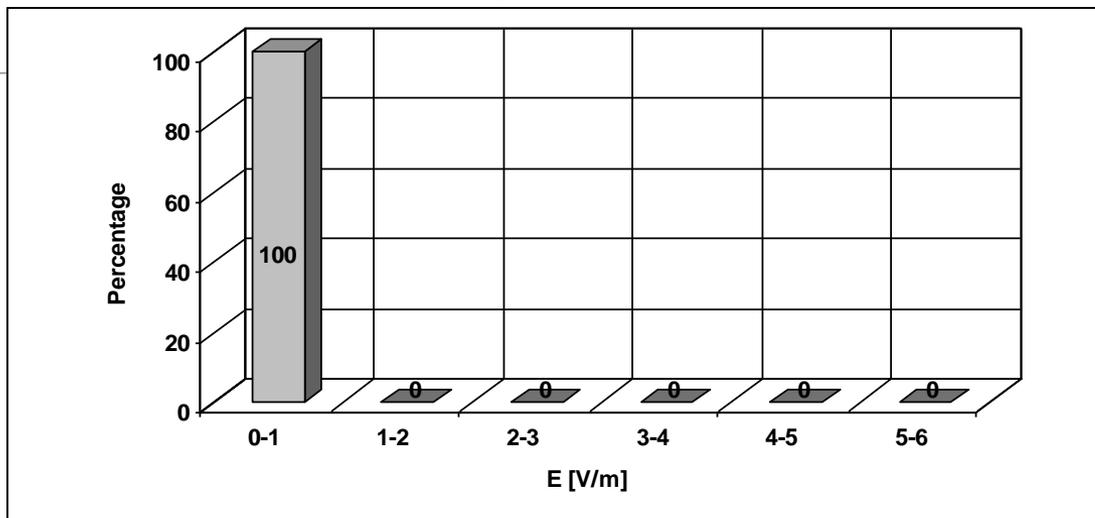
**Determinazione di una scala di valori**



# La situazione migliore: FIAE=1

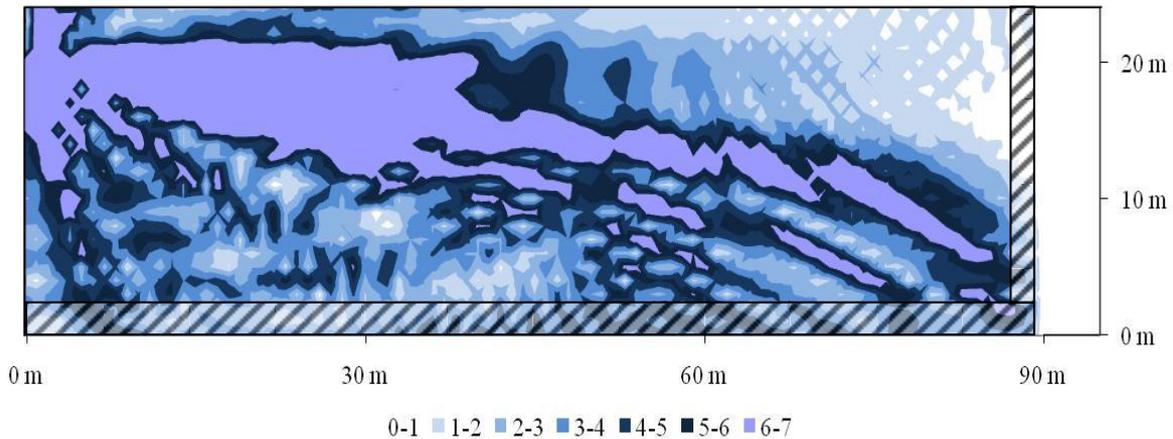


Zona rurale  
 $P = 35 \text{ W}$   
 $h = 30 \text{ m}$   
Suolo assorbente



Distribuzione  
campioni di campo

# La situazione peggiore + ...



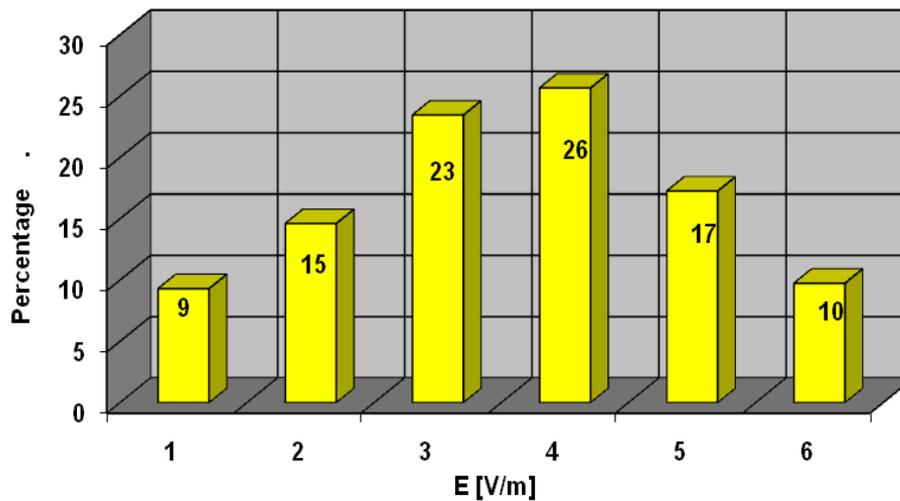
Zona urbana

$P = 100 \text{ W}$

$h = 21 \text{ m}$

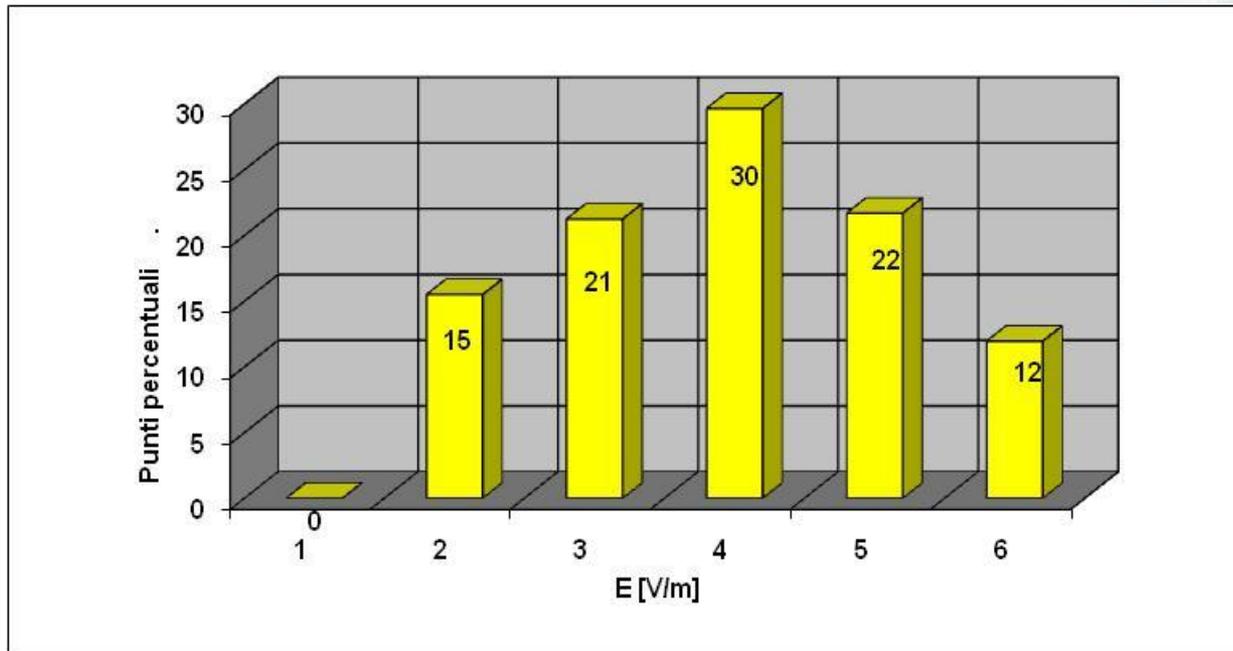
Pareti riflettenti

tilt =  $6^\circ$



Distribuzione  
campioni di campo

# ... + effetto campo di fondo: FIAE = 100



Zona urbana

**P = 97 W**

h = 21m

Pareti riflettenti

tilt = 6°

$$E_{\text{fondo}} = 1.5 \text{ V/m}$$

# Algoritmo di calcolo del FIAE

$$D_w = \sum_{i=1}^6 |n_x^i - n_0^i| \cdot (i-1)$$

**Differenze pesate**

$$\langle E \rangle = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |\vec{E}_n|$$

**Valor Medio**

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N \left( |\vec{E}_n| - \langle E \rangle \right)^2$$

**Varianza**



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Convegno

Stato dell'arte della normativa ambientale sui campi elettromagnetici

19 aprile 2012

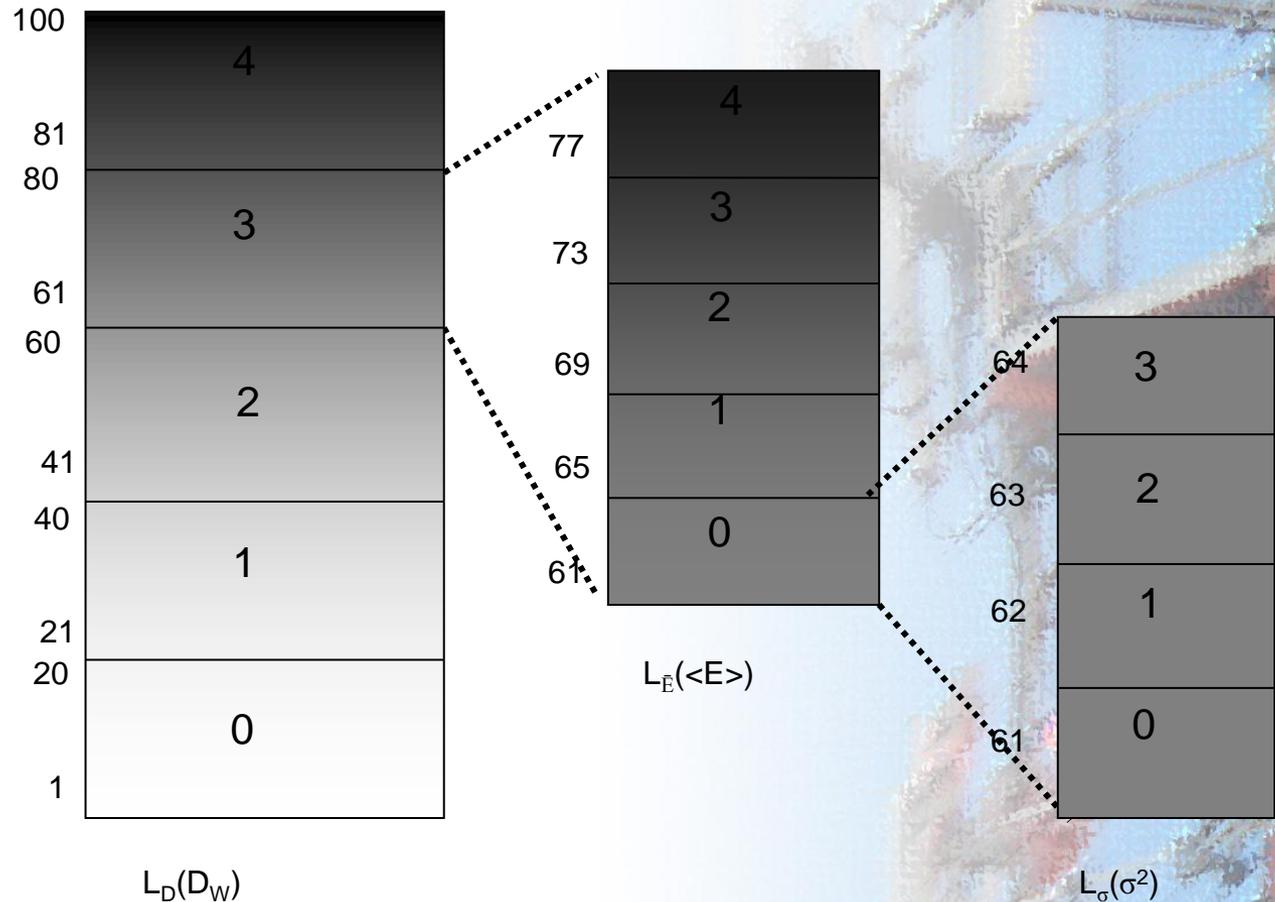


SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



FEDERAZIONE ITALIANA di  
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione  
Informatica e Telecomunicazioni

# Schema a tre livelli



$$FIAE = 20 \cdot L_D + 4 \cdot L_{\bar{E}} + L_{\sigma} + 1$$



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



FEDERAZIONE  
ITALIANA di  
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione  
Informatica e Telecomunicazioni

# Calcolo del livello $L_D$

$D_w$	$[0 ; 50)$	$[50 ; 105)$	$[105 ; 165)$	$[165 ; 230)$	$[230 ; \infty)$
$L_D$	0	1	2	3	4

# Calcolo del livello $L_{\langle E \rangle}$

$L_D = 0$					
$\langle E \rangle$	$[0 ; 0.6)$	$[0.6 ; 0.7)$	$[0.7 ; 0.8)$	$[0.8 ; 0.9)$	$[0.9 ; \infty)$
$L_{\bar{E}}$	0	1	2	3	4
$L_D = 1$					
$\langle E \rangle$	$[0 ; 1)$	$[1 ; 1.1)$	$[1.1 ; 1.2)$	$[1.2 ; 1.3)$	$[1.3 ; \infty)$
$L_{\bar{E}}$	0	1	2	3	4
$L_D = 2$					
$\langle E \rangle$	$[0 ; 1,4)$	$[1,4 ; 1,6)$	$[1,6 ; 1,8)$	$[1,8 ; 2)$	$[2 ; \infty)$
$L_{\bar{E}}$	0	1	2	3	4
$L_D = 3$					
$\langle E \rangle$	$[0 ; 2.1)$	$[2.1 ; 2,3)$	$[2,3 ; 2.5)$	$[2.5 ; 2.7)$	$[2,7 ; \infty)$
$L_{\bar{E}}$	0	1	2	3	4
$L_D = 4$					
$\langle E \rangle$	$[0 ; 2.9)$	$[2,9 ; 3.1)$	$[3.1 ; 3,3)$	$[3,3 ; 3,5)$	$[3,5 ; \infty)$
$L_{\bar{E}}$	0	1	2	3	4



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



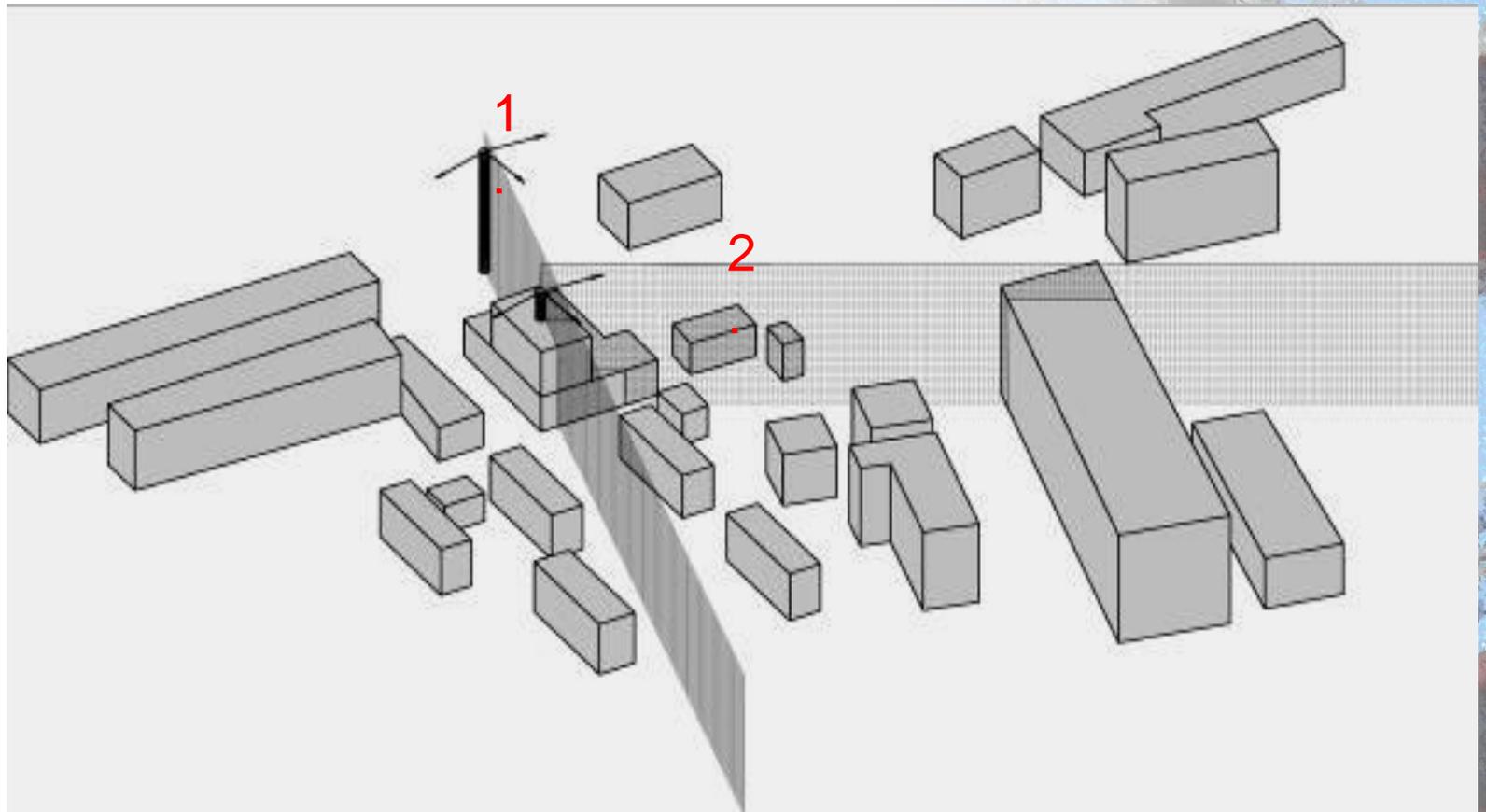
**AEIT** FEDERAZIONE  
ITALIANA di  
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione  
Informatica e Telecomunicazioni

# Calcolo del livello $L_{\sigma}$

$\sigma^2$	$[0 ; 0.5)$	$[0.5 ; 1)$	$[1 ; 1.5)$	$[1.5 ; \infty)$
$L_{\sigma}$	0	1	2	3



# Esempio





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Case study #1

**$P = 100 \text{ W}$ ,**

**altezza dell'antenna  $h = 25\text{m}$ ,**

**tilt  $\theta = 3^\circ$ ,**

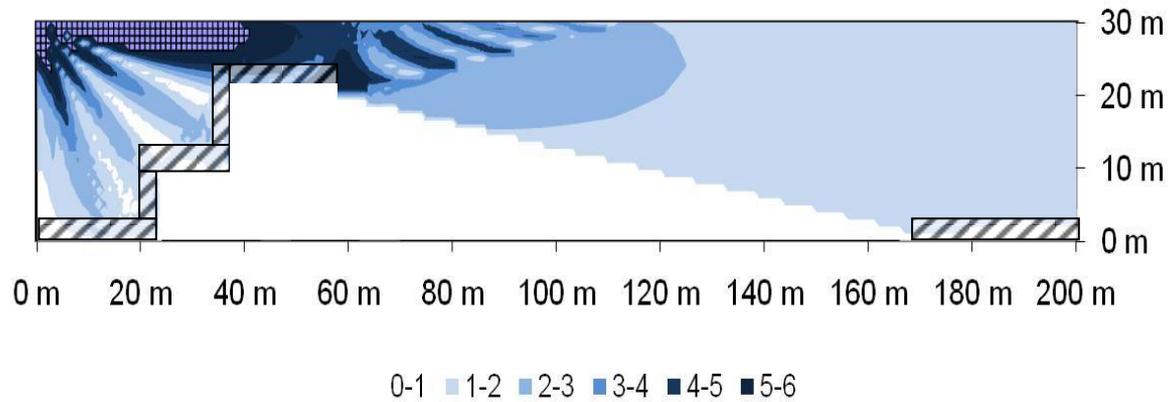
**frequenza  $f = 900 \text{ MHz}$ ,**

**guadagno d'antenna  $G = 14.5 \text{ dBi}$ ,**

**pareti metalliche degli edifici.**

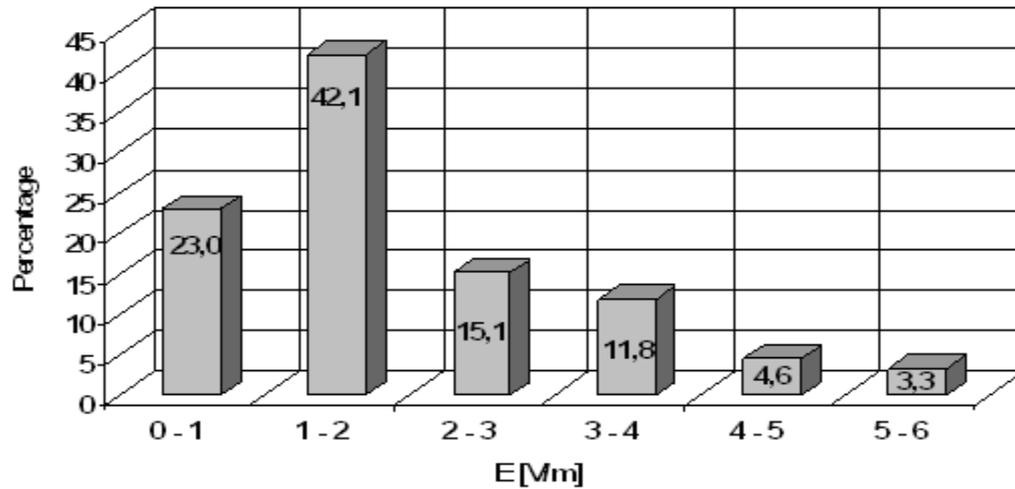
La simulazione mostra che circa il 10% dei campioni di campo nell'area accessibile **supera il limite di legge di 6 V/m**, cosicché l'algoritmo blocca l'esecuzione della procedura in quanto **configurazione inaccettabile**.

# Case study #1bis



**h = 30 m**

**FIAE = 56**



$$D_W = 143$$

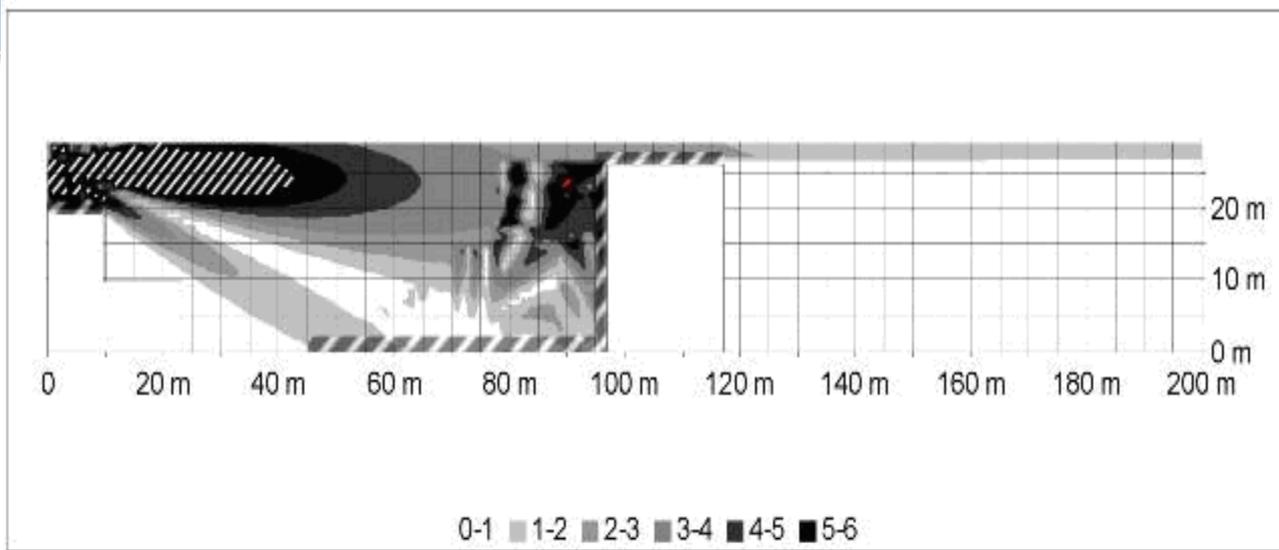
$$\langle E \rangle = 1,9 \text{ V/m}$$

$$\sigma^2 = 1,59 \text{ (V/m)}^2$$

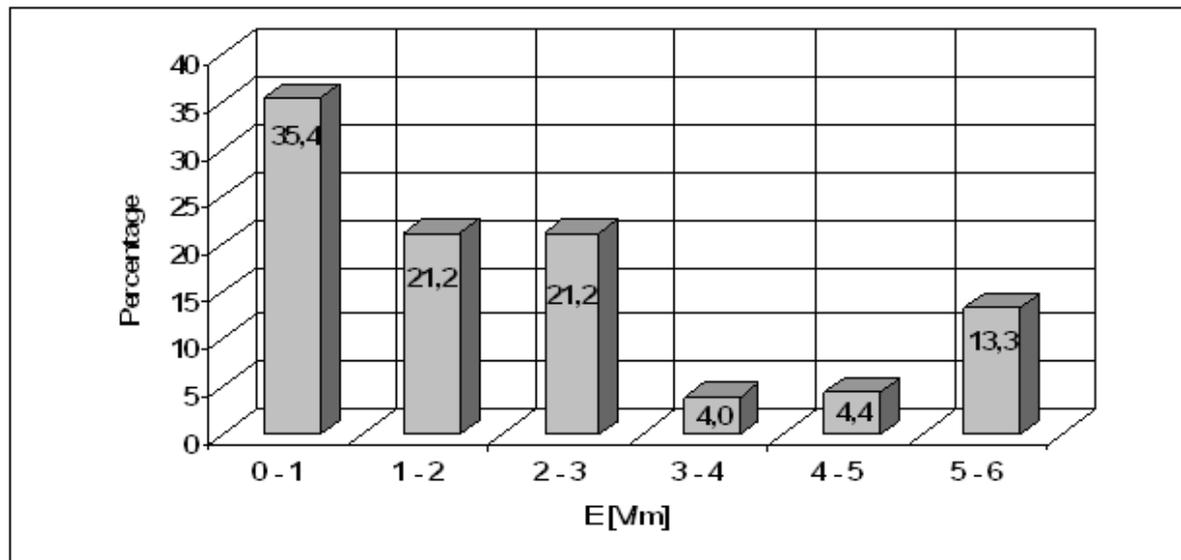
$$L_D = 2$$

$$L_{\langle E \rangle} = 3$$

$$L_\sigma = 3$$



# Case study #2



**FIAE = 60**



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

19 aprile 2012

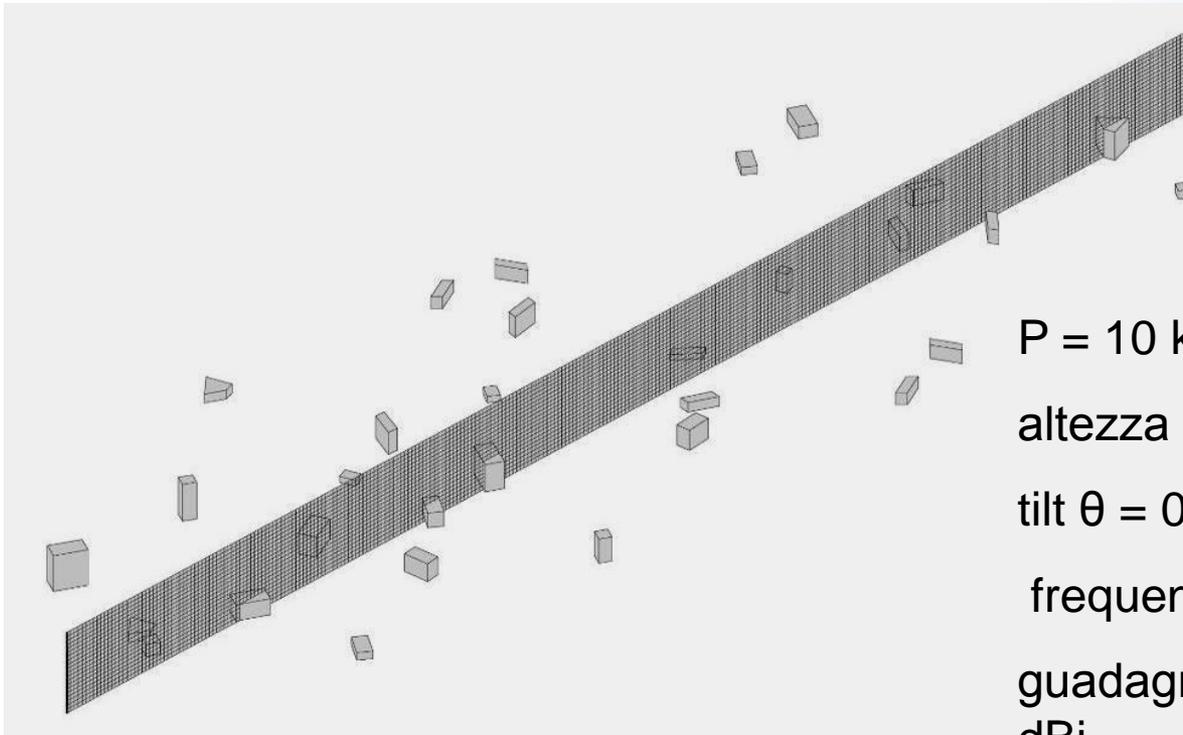


**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



**AEIT** FEDERAZIONE  
ITALIANA di  
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione  
Informatica e Telecomunicazioni.

# Case study #3 – Radio/TV



$P = 10 \text{ kW}$ ,

altezza dell'antenna  $h = 100\text{m}$ ,

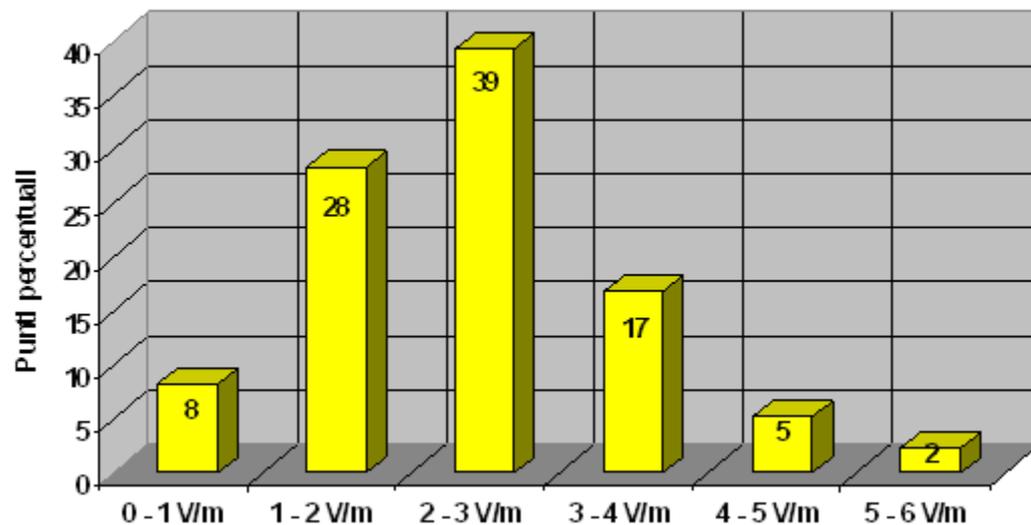
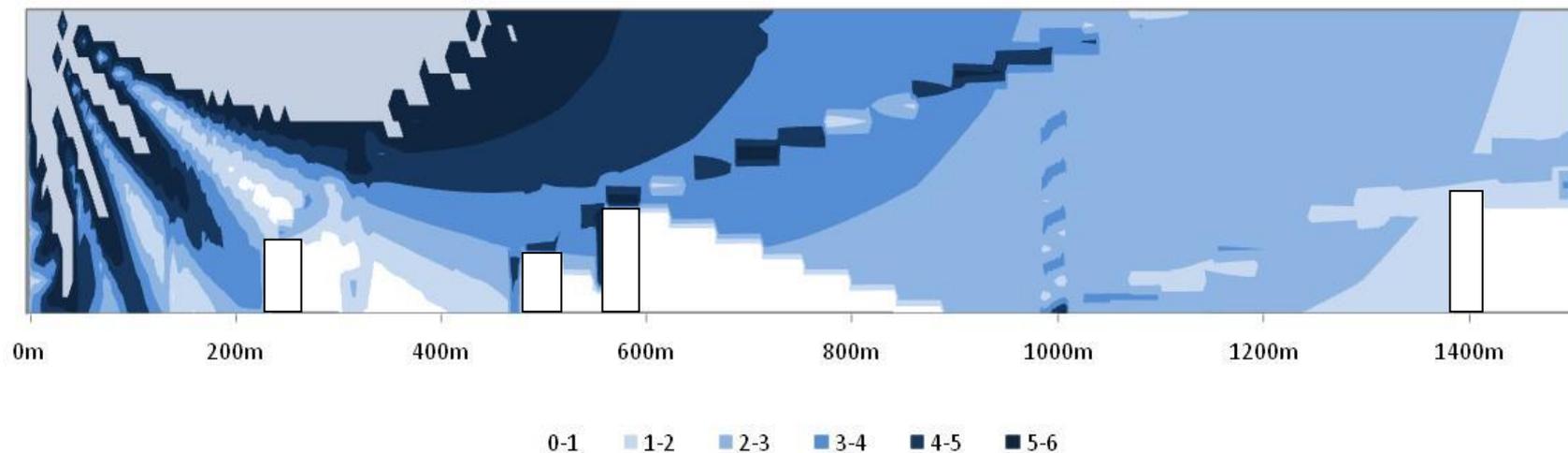
tilt  $\theta = 0^\circ$ ,

frequenza  $f = 100 \text{ MHz}$ ,

guadagno d'antenna  $G = 14.5$   
dBi,

pareti metalliche degli edifici.

# Case study #3 – Radio/TV



**FIAE = 71**



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Convegno

**Stato dell'arte della normativa ambientale sui  
campi elettromagnetici**

*19 aprile 2012*



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Conclusioni

- E' stato sviluppato il FIAE
- Dipende solo dai valori di campo (calcolati o misurati)
- Utile per il confronto dell' impatto ambientale di SRB
- Facilmente utilizzabile anche per sistemi di radiodiffusione