



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



Livelli di campo elettromagnetico prodotti da tecnologie emergenti

Mauro Feliziani

Università de L'Aquila

Email: mauro.feliziani@univaq.it

Valerio De Santis

IT'IS Foundation – ETH Zurich

Email: desantis@itis.ethz.ch

Sommario:

- Introduzione**
- Tecnologie emergenti**
- Livelli di campo**
- Conclusioni**



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.

Introduzione (1)

La Legge n. 36 si prefigge di:

- assicurare la tutela della salute → limiti di esposizione
- attivare misure di cautela → valori di attenzione
- minimizzare l'intensità dei campi → obiettivi di qualità'

La normativa italiana ha introdotto valori di attenzione e obiettivi di qualità per:

- Elettrodotti a 50 Hz (DPCM 8 luglio 2003 ELF)
- Sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz (DPCM 8 luglio 2003 RF)



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

Introduzione (2)

Per altre applicazioni la normativa di riferimento e' la Raccomandazione Europea 1999-519-EC, mutuata dalle linee guida dell'ICNIRP 1998/2010. L'obiettivo dichiarato delle ICNIRP e' la limitazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici, per fornire una protezione contro effetti conosciuti a breve termine considerati nocivi per la salute.

I limiti ICNIRP si suddividono in:

- Reference Levels (grandezze ambientali misurabili: E, B, H, S)**
- Basic Restrictions (grandezze fisiche interne al corpo umano: J, E, S, SAR)**

Se i valori di campo superano i livelli di riferimento, occorre verificare il rispetto delle restrizioni di base (dosimetria).



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

Tecnologie emergenti

Applicazioni in Alta Frequenza

- **Sistemi LTE (terminali e SRB)**
- **Body Area Network (BAN)**
- **UWB Radar Imaging**

Applicazioni in Bassa/Media Frequenza

- **Full/Hybrid Electrical Vehicle (FEV/HEV)**
- **Inductive applications**
 - **Wireless Power Transfer (WPT)**
 - **therapeutic magnetic mats**
 - **induction heating**





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



Tecnologie emergenti

Alta Frequenza

La normativa esistente prevede valori di attenzione e obiettivi di qualità per gli impianti fissi.

Dosimetria numerica sufficientemente consolidata e chiara

Bassa Frequenza

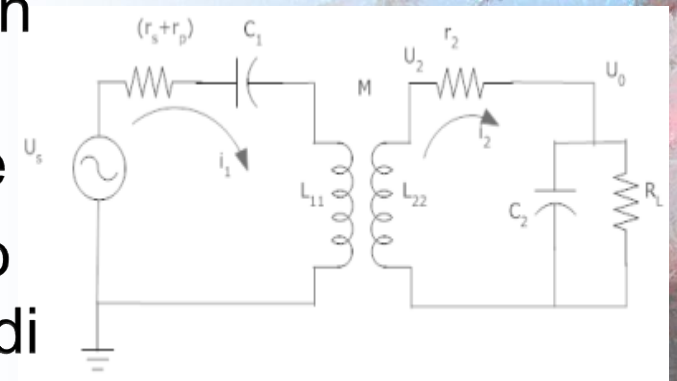
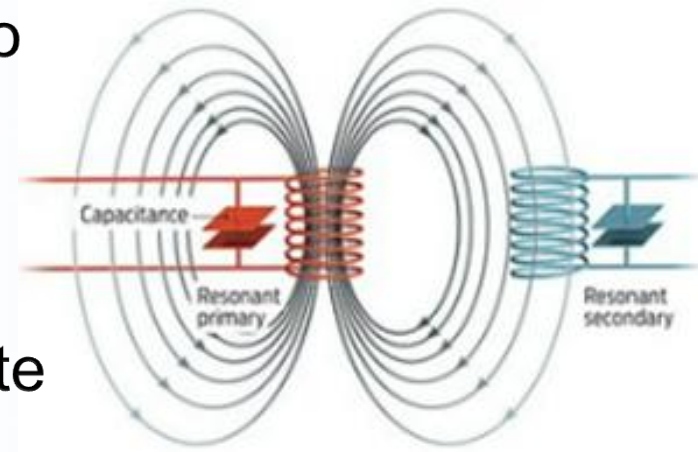
Inesistenza dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità se non per elettrodotti

Dosimetria numerica non sufficientemente consolidata e ambigua

**Esistono inoltre standard di prodotto per alcune categorie
(per es. cellulari, elettrodomestici, lampade,...)**

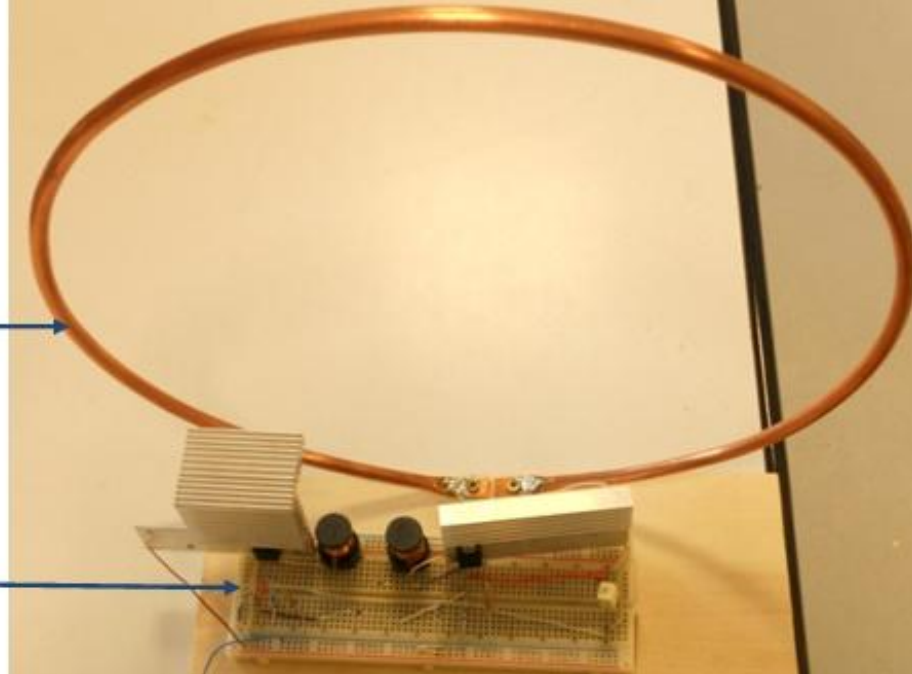
Wireless Power Transfer

- Trasmissione di energia da un punto ad un altro senza l'uso di fili.
- Basato sull'accoppiamento elettromagnetico tra loop risonanti
- I dispositivi sono accoppiati mediante campi magnetici
- Il trasferimento di energia avviene in campo vicino tra primario e secondario come in un trasformatore
- I circuiti primario e secondario sono posti in risonanza mediante l'ausilio di condensatori



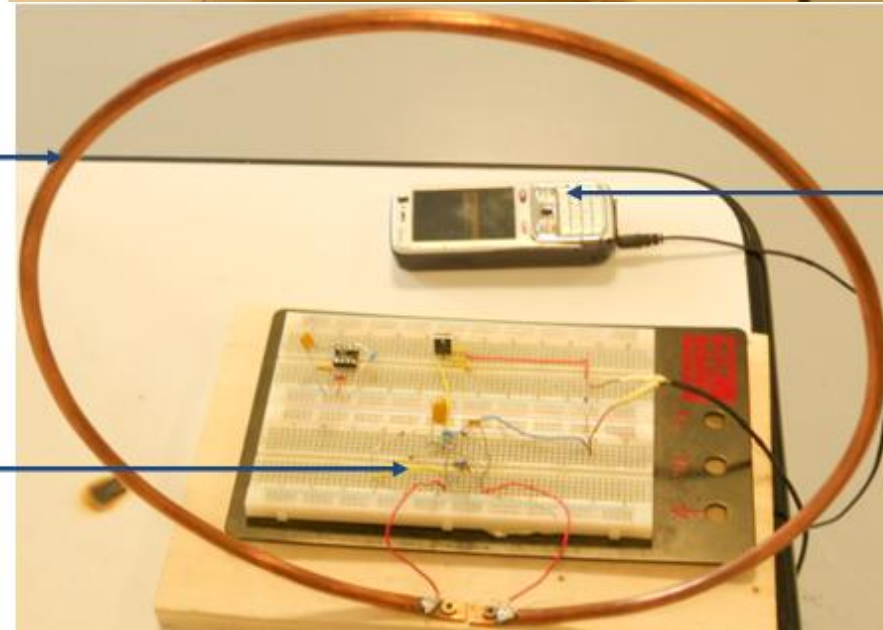
**Loop
primario**

Oscillatore



**Loop
secondario**

**Raddrizzatore
+ charge pump**



Carico



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Convegno

Stato dell'arte della normativa ambientale sui campi elettromagnetici

19 aprile 2012

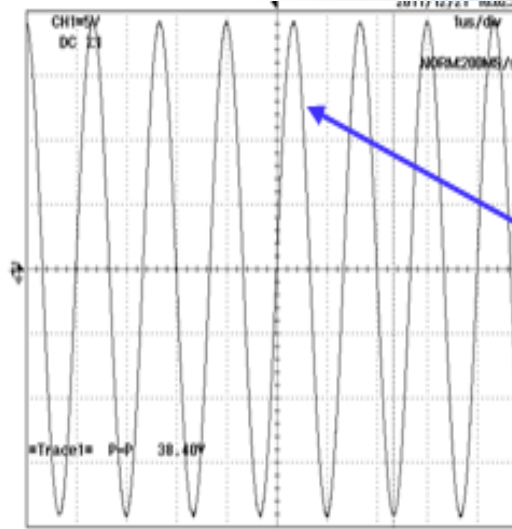
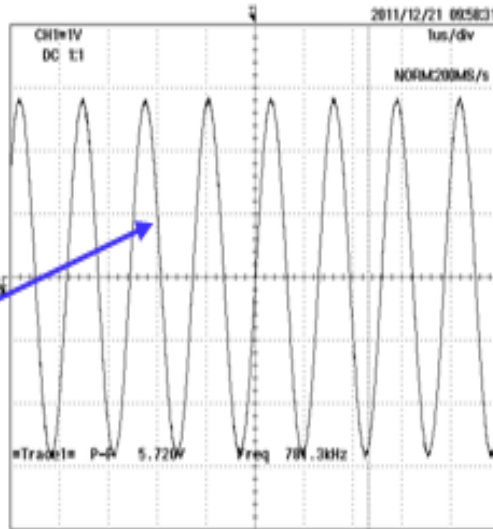


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

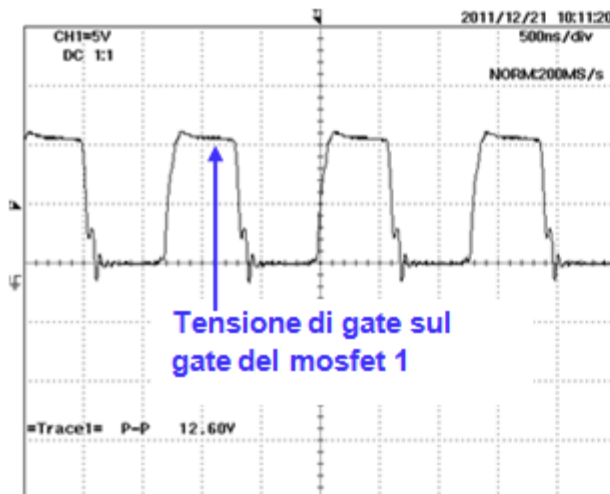


FEDERAZIONE ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni

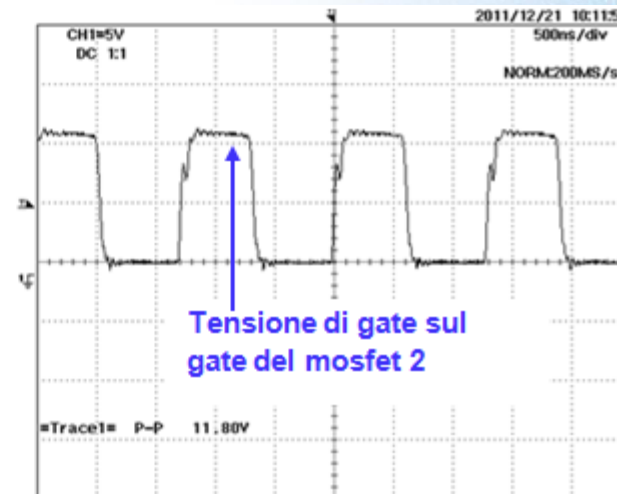
Tensione sul coil
1 misurata con
l'oscilloscopio



Tensione sul coil
2 misurata con
l'oscilloscopio



Tensione di gate sul
gate del mosfet 1



Tensione di gate sul
gate del mosfet 2



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Convegno

Stato dell'arte della normativa ambientale sui campi elettromagnetici

19 aprile 2012

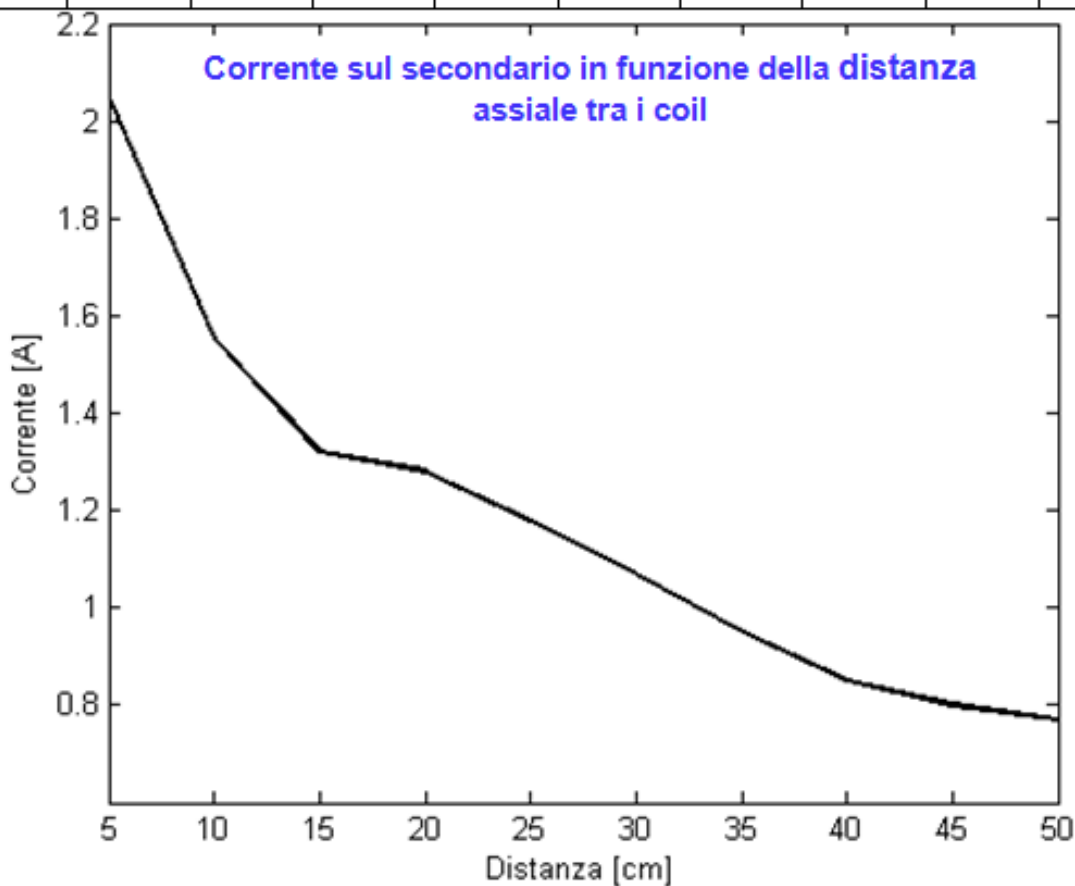


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



FEDERAZIONE ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni

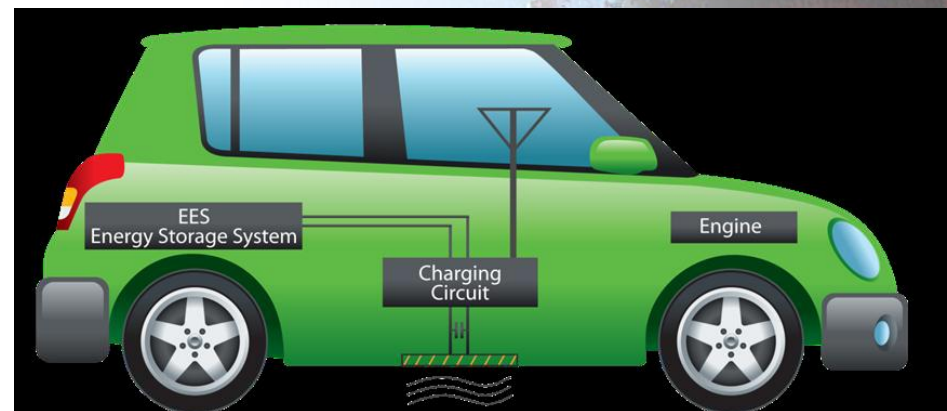
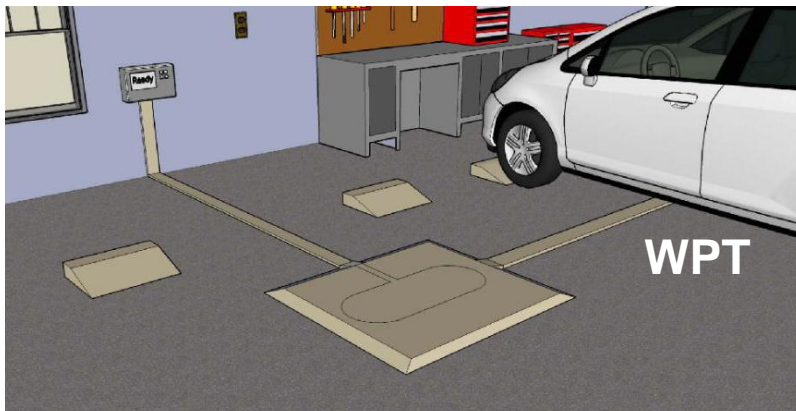
5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm
2.05A	1.55A	1.32A	1.28A	1.18A	1.07A	0.95A	0.85A	0.8A	0.77A





Electric vehicle charging by WPT system

- Safe, compact and efficient in order to be convenient for customers
- Power levels : 3 kW to 7 kW residential and garage , >50 kW station



WPT

Online electric vehicle (OLEV) KAIST

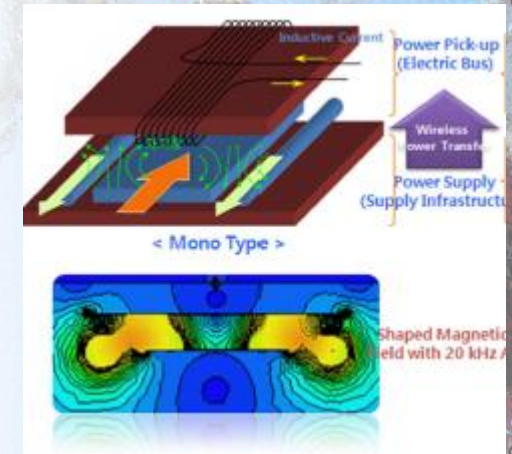
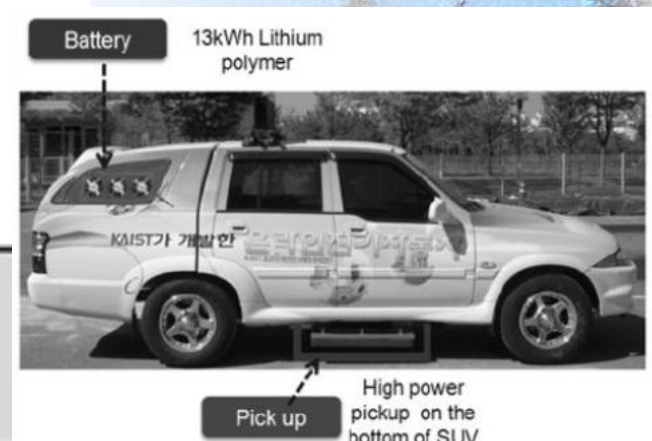
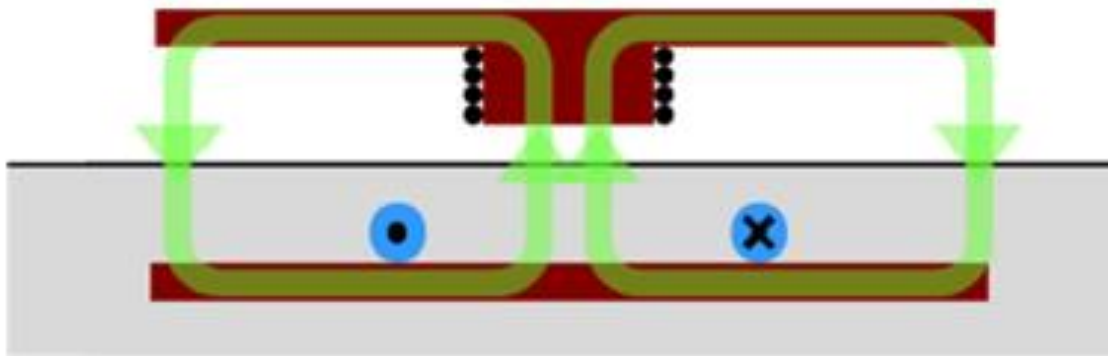


Figure 5: Schematic diagram of SMFIR technology system [9]





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Convegno

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

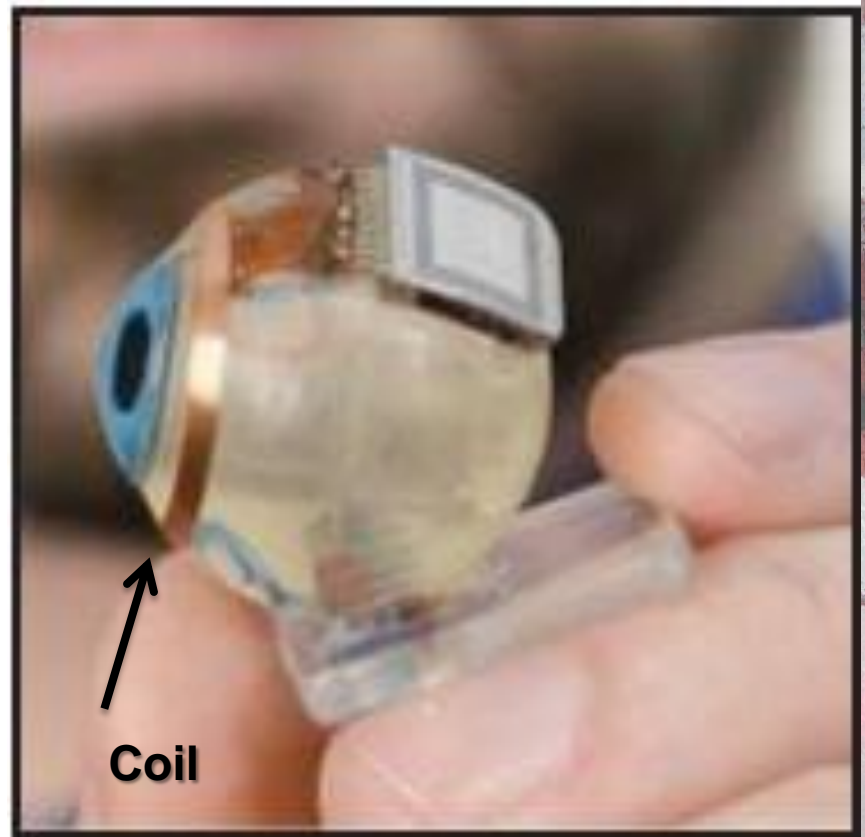
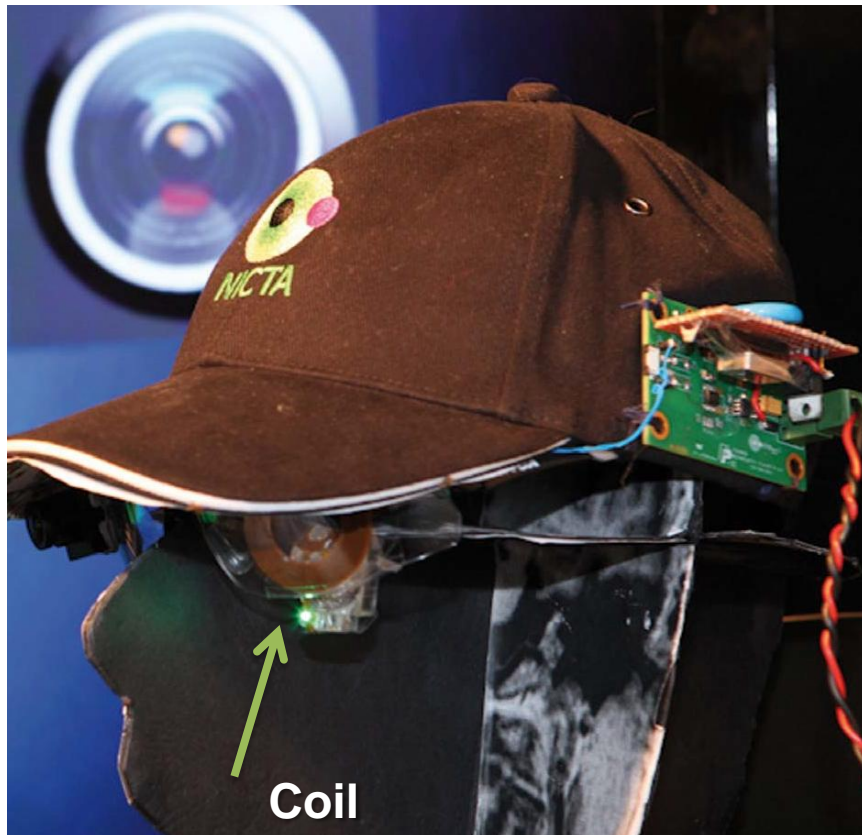
19 aprile 2012



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



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



Bionic Eye (NICTA)



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Convegno

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

19 aprile 2012

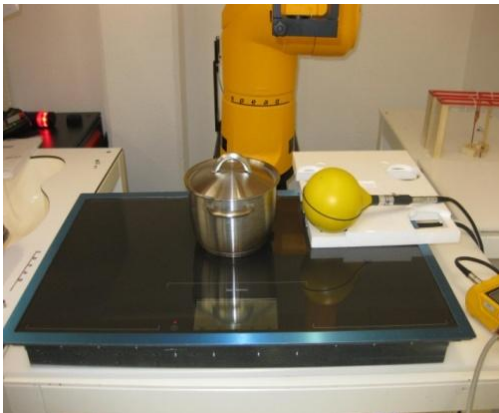
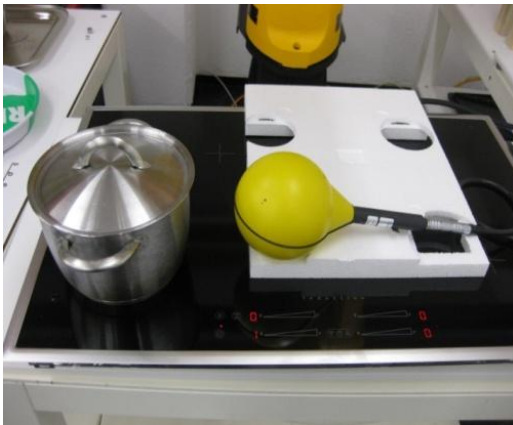


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



AET FEDERAZIONE
ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni.

Inductive Heating





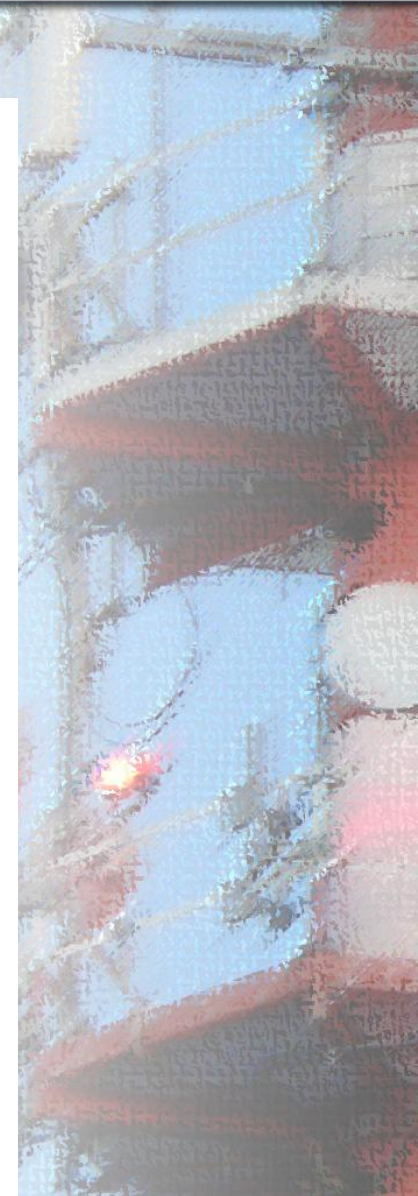
Virtual family



Figure 1: Anatomical models (from left to right): Duke, Ella, Thelonious, Ella 3rd month, Ella 7th month, and Ella 9th month).

Table 3: Characteristics of the selected anatomical models

Name	Age [years]	Sex	Height [m]	Weight [kg]	BMI [kg/m ²]
Duke	34	male	1.74	70	23.1
Ella	26	female	1.60	58	22.7
Thelonious	6	male	1.17	20	14.2
Ella 3 rd month	26	female	1.60	59	23.0
Ella 7 th month	26	female	1.60	61	23.8
Ella 9 th month	26	female	1.60	63	24.6





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

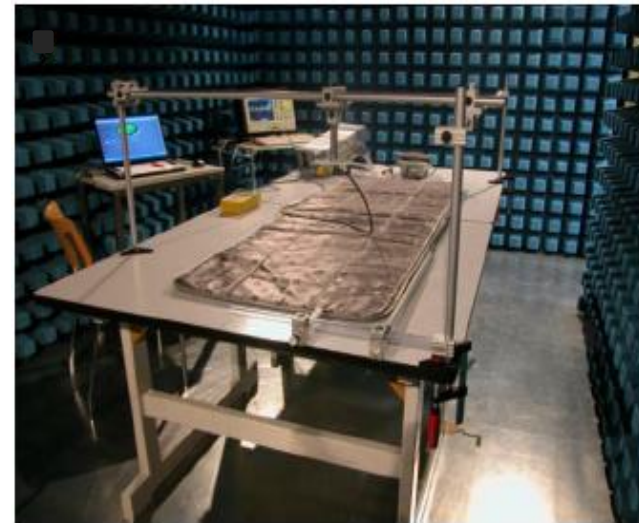


Measurement Results

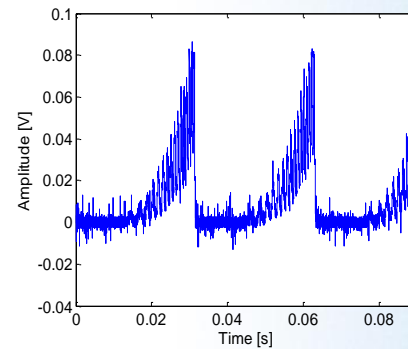
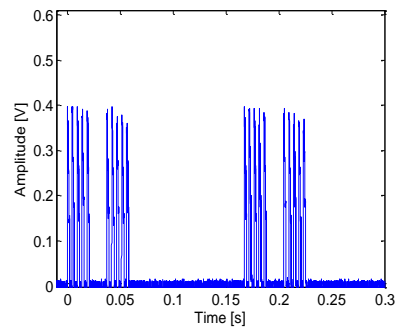
- **B-field measurement of new appliances has been performed**
 - incident filed evaluation (EN 62233 measurements, volume scans)
 - induced field evaluation (generic stove)
- **reference levels (B-field) for the general public (both ICNIRP 1998 and 2010) are never exceeded at the EN 62233 distance (i.e., 30 cm)**
 - reference levels (specially ICNIRP 1998) could be exceeded at closer distances
- **basic restrictions (induced current density) for the general public are exceeded for some configurations**



Materassini magnetici



Campi
pulsati





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Convegno

Stato dell'arte della normativa ambientale sui campi elettromagnetici

19 aprile 2012

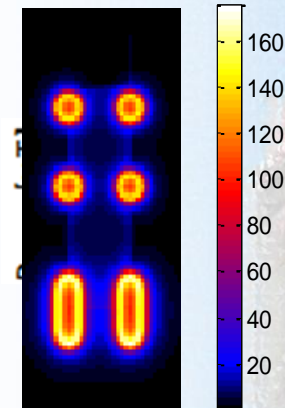
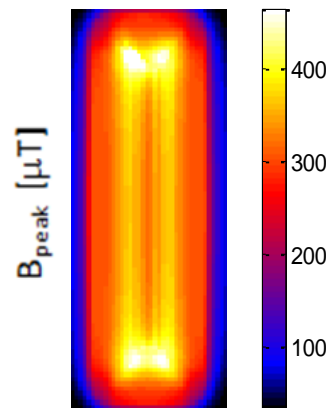
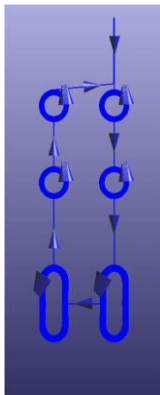
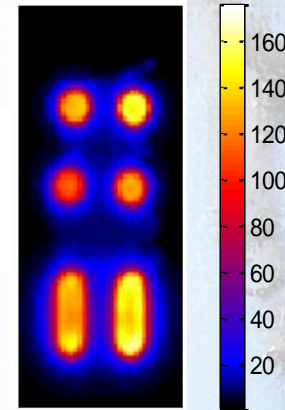
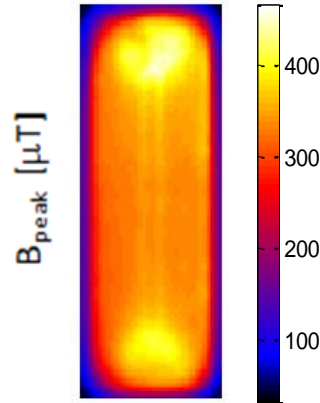
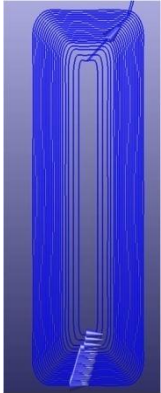


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



FEDERAZIONE ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni

Plane @ 1.5 cm above the mat



measurements

simulations



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Convegno

Stato dell'arte della normativa ambientale sui campi elettromagnetici

19 aprile 2012

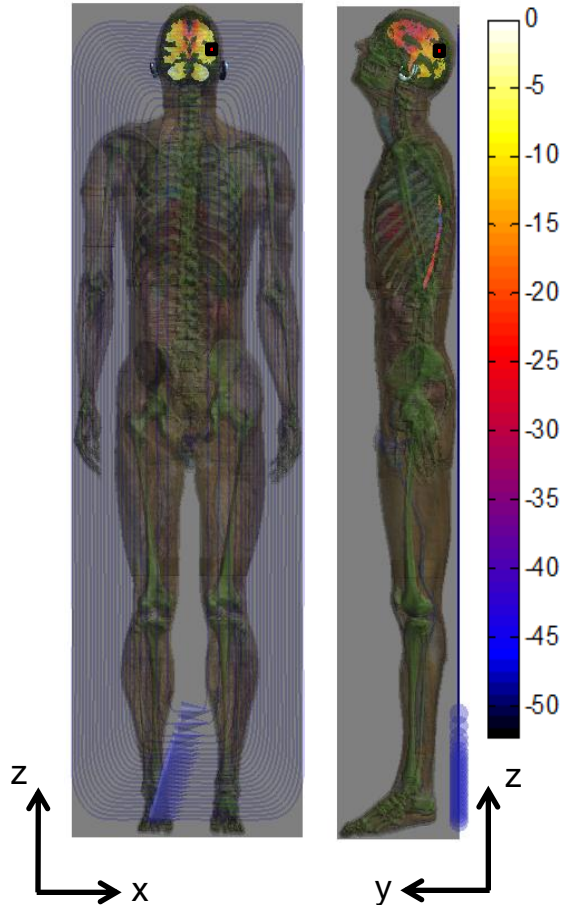


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

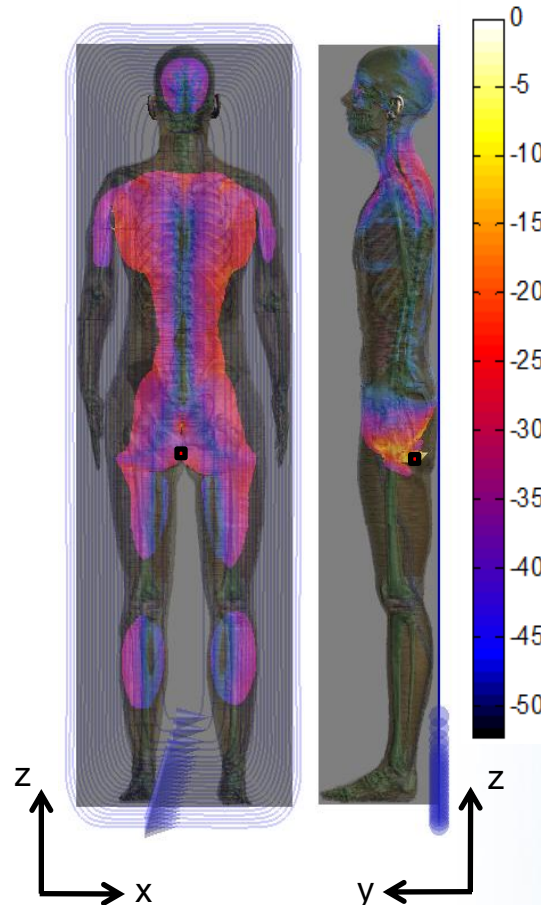


AEIT FEDERAZIONE ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni.

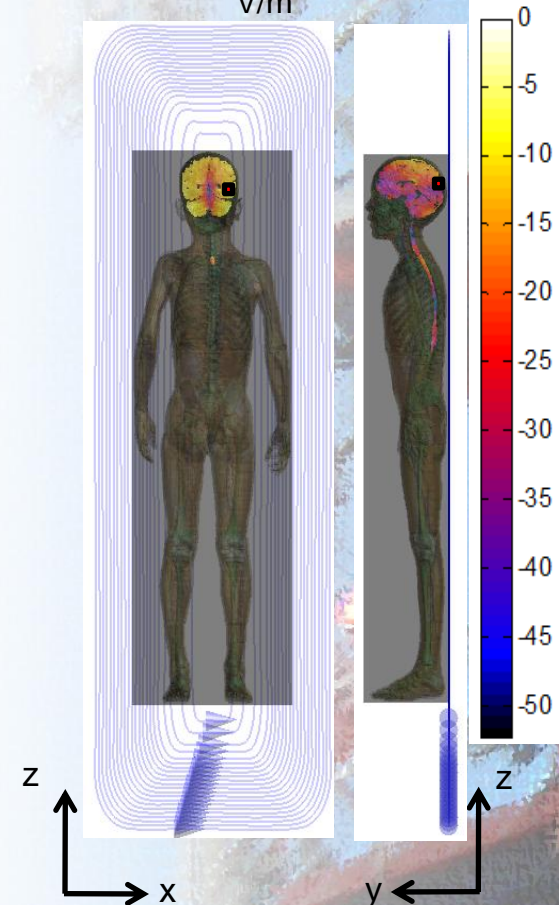
$J_{CNS,av}$ ICNIRP 1998
dB normalized to 0.049
mA/m²



$E_{PNS,av}$ ICNIRP 2010
dB normalized to 0.022 V/m



$E_{CNS,av}$ ICNIRP 2010
dB normalized to 0.0017
V/m





ISPR

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



Problemi della dosimetria numerica in BF

ICNIRP 1998/2010

Parametri fisici

- Caratteristiche specifiche (ϵ_r , σ) dei tessuti alla varie frequenze
- Anisotropia delle fibre muscolari e del sistema nervoso

Parametri geometrici

- Standardizzazione modelli corpo umano (HBM)

Calcolo numerico

- Modelli voxel  staircase
- Approssimazioni utilizzate nelle equazioni ($\sigma \gg \omega\epsilon$)
- Convergenza



Basic Restrictions: ICNIRP 1998

Table 4 Basic restrictions for time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 GHz.

Exposure characteristics	Frequency range	Current density for head and trunk (mA m ⁻²)(rms)	Whole-body average SAR (W kg ⁻¹)	Localized SAR (head and trunk) (W kg ⁻¹)	Localized SAR (limbs) (W kg ⁻¹)
Occupational exposure	up to 1 Hz	40	—	—	—
	1–4 Hz	40/f	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	10	—	—	—
	1–100 kHz	f/100	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	f/100	0.4	10	20
	10 MHz–10 GHz	—	0.4	10	20
General public exposure	up to 1 Hz	8	—	—	—
	1–4 Hz	8/f	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	2	—	—	—
	1–100 kHz	f/500	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	f/500	0.08	2	4
	10 MHz–10 GHz	—	0.08	2	4

Notes:

1. *f* is the frequency in hertz.
2. Because of electrical inhomogeneity of the body, current densities should be averaged over a cross-section of 1 cm² perpendicular to the current direction.
3. For frequencies up to 100 kHz, peak current density values can be obtained by multiplying the rms value by $\sqrt{2}$ (~1.414). For pulses of duration *t_p*, the equivalent frequency to apply in the basic restrictions should be calculated as $f = 1/(2t_p)$.
4. For frequencies up to 100 kHz and for pulsed magnetic fields, the maximum current density associated with the pulses can be calculated from the rise/fall times and the maximum rate of change of magnetic flux density. The induced current density can then be compared with the appropriate basic restriction.
5. All SAR values are to be averaged over any 6-minute period.
6. Localized SAR averaging mass is any 10 g of contiguous tissue; the maximum SAR so obtained should be the value used for the estimation of exposure.
7. For pulses of duration *t_p*, the equivalent frequency to apply in the basic restrictions should be calculated as $f = 1/(2t_p)$. Additionally, for pulsed exposures, in the frequency range 0.3 to 10 GHz and for localized exposure of the head, in order to limit or avoid auditory effects caused by thermoelastic expansion, an additional basic restriction is recommended. This is that the SA should not exceed 10 mJ kg⁻¹ for workers and 2 mJ kg⁻¹ for the general public averaged over 10 g tissue.

J_{CNS,av}
J_{PNS,av}



Basic Restrictions: ICNIRP 2010

Table 2. Basic restrictions for human exposure to time-varying electric and magnetic fields.

Exposure characteristic	Frequency range	Internal electric field (V m ⁻¹)
Occupational exposure		
CNS tissue of the head	1-10 Hz	0.5/f
	10 Hz-25 Hz	0.05
	25 Hz-400 Hz	2 × 10 ⁻³ f
	400 Hz-3 kHz	0.8
	3 kHz-10 MHz	2.7 × 10 ⁻⁴ f
All tissues of head and body	1 Hz-3 kHz	0.8
	3 kHz-10 MHz	2.7 × 10 ⁻⁴ f
General public exposure		
CNS tissue of the head	1-10 Hz	0.1/f
	10 Hz-25 Hz	0.01
	25 Hz-1000 Hz	4 × 10 ⁻⁴ f
	1000 Hz-3 kHz	0.4
	3 kHz-10 MHz	1.35 × 10 ⁻⁴ f
All tissues of head and body	1 Hz-3 kHz	0.4
	3 kHz-10 MHz	1.35 × 10 ⁻⁴ f

Note: In the frequency range above 100 kHz, basic restrictions preventing the adverse effects of RF heating also need to be considered.

Internal electric field

$$E_{PNS,av}$$

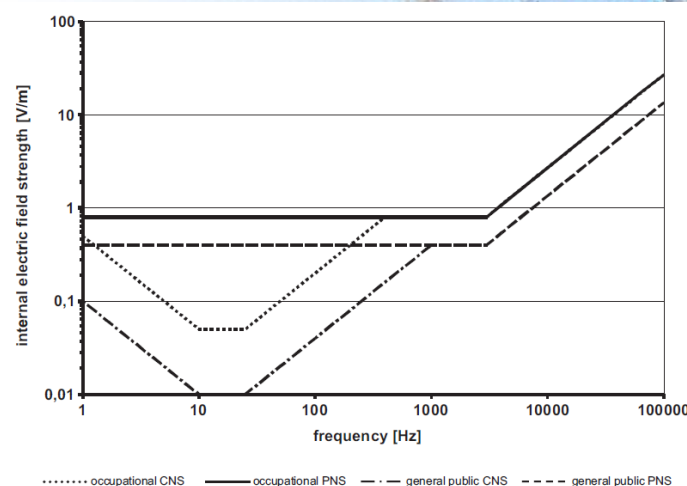
$$E_{CNS,av}$$

$$E_{PNS,99,cont,av}$$

$$E_{PNS,99,non-cont,av}$$

$$E_{CNS,99,cont,av}$$

$$E_{CNS,99,non-cont,av}$$





ICNIRP 2010

- not clear scenario

induced electric field must be averaged. As a practical compromise, satisfying requirements for a sound biological basis and computational constraints, ICNIRP recommends determining the induced electric field as a vector average of the electric field in a small contiguous tissue volume of $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$. For a specific tissue, the 99th percentile value of the electric field is the relevant value to be compared with the basic restriction.

measure it. Maximal values in one voxel in a specific tissue are prone to large stair-casing errors associated with sharp corners of the cubical voxel. A solution to obtain more stable peak approximations is based on choosing for the peak value a value representing the 99th percentile value of the induced field in a specific tissue. From the biological point of view however, this is a somewhat arbitrary choice because the peak value de-

- no specifications on the 99th averaging strategy

- » set of selected tissues or **non-contiguous** (underestimation)
- » tissue-specific or **contiguous** (lab dependent)

$E_{\text{PNS,av}}$ (V/m)	$E_{\text{PNS,av,99,non-cont}}$ (V/m)	$E_{\text{PNS,av,99,cont1}}$ (V/m)	$E_{\text{PNS,av,99,cont2}}$ (V/m)
0.00398	0.00056	0.00083	0.00125



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



Proprietà dielettriche dei tessuti

- Incertezza nei parametri dielettrici [2]-[3]
 - $\pm 5-15\%$ ($f > 1$ MHz)
 - $\pm 15-25\%$ ($f < 1$ MHz)
 - Diversi ordini di grandezza per la costante dielettrica in bassa frequenza
- Incertezza per le conducibilità della pelle [4]-[5]
 - Gabriel 0.0002 S/m -Dimbylow 0.1 S/m

[2] Gabriel. S., Lau. R. W., and Gabriel. C, "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz," *Physics in Medicine and Biology*, 41(11):2251(2269), 1996.

[3] C. Gabriel, A. Peyman, and E. Grant, "Electrical conductivity of tissue at frequencies below 1 MHz," *Phys. Med. Biol.*, vol. 54, pp. 4863–4878, 2009.

[4] C. Gabriel, "Comments on 'dielectric properties of the skin'." *Phys. Med. Biol.*, vol. 42, no. 8, pp. 1671–1674, 1997.

[5] T. Lahtinen, J. Nuutinen, and E. Alanen, "Dielectric properties of the skin," *Phys. Med. Biol.*, vol. 42, pp. 1471–1472, 1997.



Dielectric properties of tissues @ 50 Hz

Tissue	σ [S/m]	ϵ_r	p
Aorta	0.2611	8096000	11.59961
Bladder	0.2054	481600	153.3984
Blood	0.7	5260	47865.12
BloodVessel	0.2611	8096000	11.59961
BodyFluid	1.5	99	5449579
BoneCancellous	0.0807	788900	36.79243
BoneCortical	0.02006	8868	813.6022
BoneMarrow	0.001649	166700	3.557885
BrainGreyMatter	0.07526	12110000	2.235254
BrainWhiteMatter	0.05327	5290000	3.621879
BreastFat	0.02265	1137000	7.164974
Cartilage	0.1714	1638000	37.63603
Cerebellum	0.09526	12110000	2.829263
CerebroSpinalFluid	2	109	6599490
Cervix	0.3445	32140000	3.855229
Colon	0.05454	32100000	0.611107
Cornea	0.4214	1642000	92.30564
Duodenum	0.5214	1637000	114.559
Dura	0.5005	48370	3721.644
EyeSclera	0.5027	293000	617.0894
Fat	0.01955	1473000	4.773653
GallBladder	0.9	1449	223398.9
GallBladderBile	1.4	120	4196176
Gland	0.5214	1638000	114.4891
Heart	0.08273	8665000	3.434008
Kidney	0.08924	10120000	3.171655
Lens	0.3214	1737000	66.55074

$$p = \frac{\sigma}{\omega \epsilon}$$

Tissue	σ [S/m]	ϵ_r	p
Liver	0.03668	1832000	7.201297
LungInflated	0.06842	5759000	4.273098
Lymph	0.5214	1638000	114.4891
MucousMembrane	0.000427	51270	2.996917
Muscle	0.2333	17720000	4.735413
Nail	0.02006	8868	813.6022
Nerve	0.0274	1609000	6.138833
Oesophagus	0.5214	1637000	114.559
Ovary	0.3214	1634000	70.7458
Pancreas	0.5214	1638000	114.4891
Prostate	0.4214	1640000	92.41821
Retina	0.5027	293000	617.0894
SkinDry	0.0002	1136	63.32257
SkinWet	0.000427	51270	2.996917
SmallIntestine	0.5215	2032000	92.3076
SpinalChord	0.0274	1609000	6.124933
Spleen	0.0857	10190000	3.024917
Stomach	0.5214	1637000	114.559
Tendon	0.2698	17100000	5.678828
Testis	0.4214	1640000	92.41821
Thymus	0.5214	1638000	114.4891
Thyroid	0.5214	1638000	114.4891
Tongue	0.2714	1639000	59.55768
Tooth	0.02006	8868	813.6022
Trachea	0.3005	88670	1218.918
Uterus	0.2293	31790000	2.594301
VitreousHumor	1.5	99	5449579



Conducibilita'

IT'IS Database

Tissue	σ [S/m]	Tissue	σ [S/m]
Adrenal_gland	0.52142	Hypophysis	0.52142
Artery	0.70000	Hypothalamus	0.52142
Bladder	0.20537	Intervertebral_disc	0.17143
Blood_vessel	0.70000	Kidney_cortex	0.08924
Bone	0.020055	Kidney_medulla	0.08924
Brain_grey_matter	0.075258	Large_intestine	0.05454
Brain_white_matter	0.053274	Large_intestine_lumen	0.23329
Bronchi	0.26115	Larynx	0.17143
Bronchi_lumen	0.00000	Liver	0.03668
Cartilage	0.17143	Lung	0.13694
Cerebellum	0.095258	Mandible	0.020055
Cerebrospinal_fluid	2.00000	Marrow_red	0.001649
Commissura_anter	0.053274	Medulla_oblongata	0.064266
Commissura_post	0.053274	Meniscus	0.17143
Connective_tissue	0.14466	Midbrain	0.064266
Cornea	0.42140	Mucosa	0.000427
Diaphragm	0.23329	Muscle	0.23329
Epididymis	0.52142	Nerve	0.0274
Esophagus	0.52142	Pancreas	0.52142
Esophagus_lumen	0.000427	Patella	0.020055
Eye_Sclera	0.50270	Penis	0.70000
Eye_lens	0.32143	Pinealbody	0.52142
Eye_vitreous_hum	1.50000	Pons	0.064266
Fat	0.019555	Prostate	0.42142
Gallbladder	1.40000	SAT	0.019555
Heart_lumen	0.70000	Skin	0.0004
Heart_muscle	0.082729	Skull	0.020055
Hippocampus	0.075258	Small Intestine	0.52151

Dimbylow/Hirata

Table 2. Conductivity values of organs at 50 Hz.

Conductivity (S m ⁻¹)			
Adrenals	0.09	Kidney	0.09
Bile	1.40	Liver	0.07
Bladder	0.21	Lung	0.07
Blood	0.70	Muscle	0.35
Bone cortical	0.02	Oesophagus	0.52
Bone trabecular	0.07	Ovaries/fallopian	0.32
Brain(grey matter)	0.1	Pancreas	0.21
Brain(white matter)	0.06	Prostate	0.42
Breast	0.06	Skin	0.1
Cartilage(nose)	0.18	Spinal cord	0.03
Csf	2.00	Spleen	0.09
Duodenum	1.09	Stomach	0.52
Eye humour	1.50	Stomach contents	2.00
Eye lens	0.26	Tendon	0.27
Eye sclera/retina	0.5	Testis	0.42
Fat	0.04	Thymus	0.52
Gall bladder	0.90	Thyroid	0.52
Heart muscle	0.08	Urine	3.30
Intestine large L	1.20	Uterus	0.23
Intestine large U	1.28	Vagina	0.23
Intestine small	1.09		

$$\sigma_{\text{skin}} = 0.0004 - 0.1 \text{ S/m}$$



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



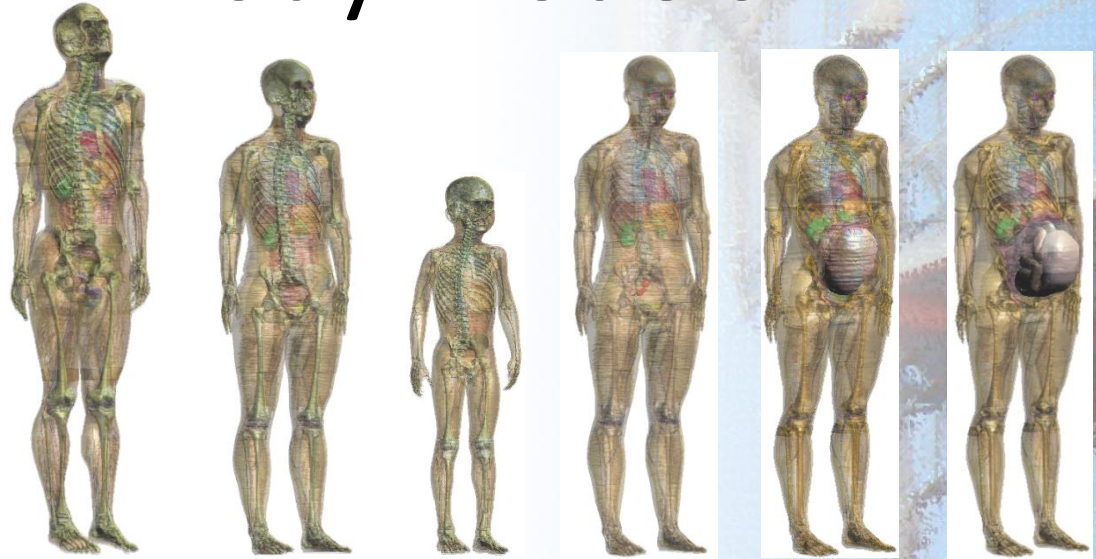
AEIT FEDERAZIONE
ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni.

Human Body Models

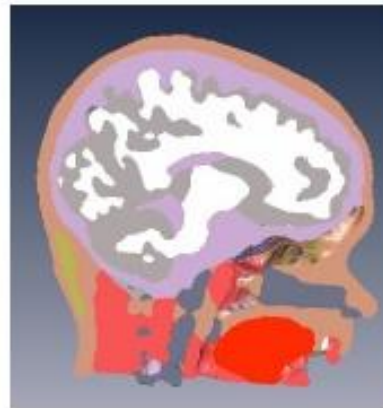
Virtual Family



Virtual Population



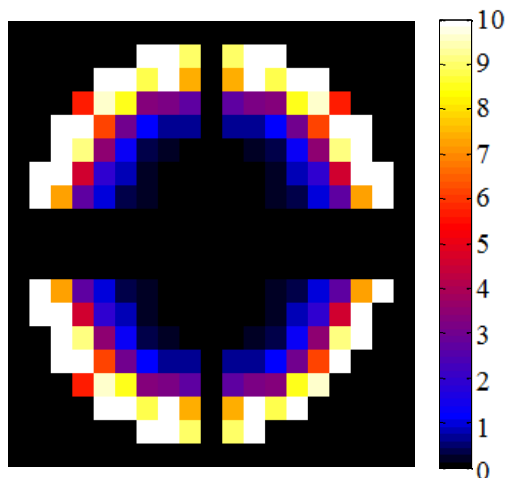
HBM ottenuto da
immagini MRI personali
tramite segmentazione



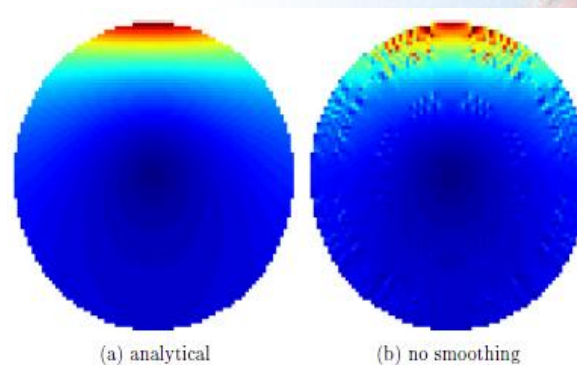
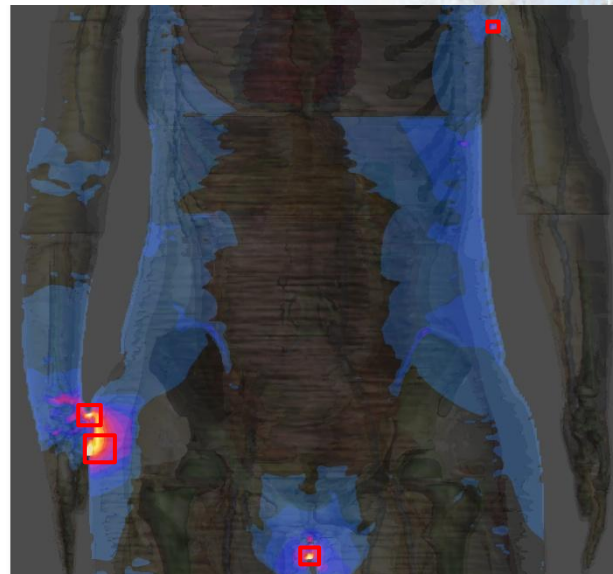
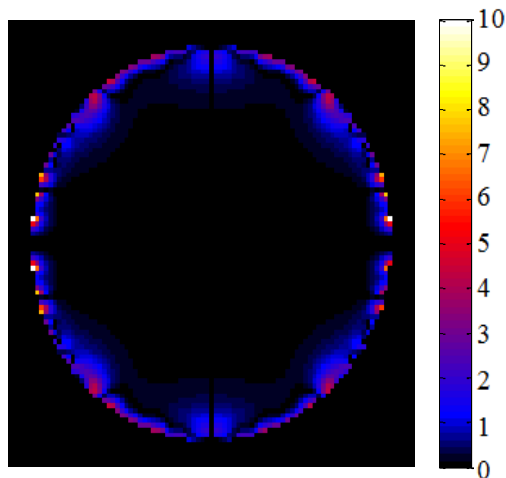
Staircase / skin errors

E-field error (%)

2653
Cells



279380
Cells





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.

Conclusioni

La normativa esistente e' cautelativa rispetto a possibili effetti a lungo termine solo per gli elettrodotti e per gli impianti fissi per telecomunicazioni.

Nuove tecnologie si stanno rapidamente affermando e potranno creare nell'ambiente intensi campi magnetici variabili nel tempo.

La valutazione delle grandezze dosimetriche attraverso l'ausilio di tecniche numeriche non e' ancora ben consolidata (modelli fisici da perfezionare, ambiguita' introdotte dalla guida ICNIRP 2010, complessita' di calcolo , modelli HBM non standardizzati).



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

International Agency for Research on Cancer



**World Health
Organization**

PRESS RELEASE

N° 208

31 May 2011

IARC CLASSIFIES RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AS POSSIBLY CARCINOGENIC TO HUMANS

Lyon, France, May 31, 2011 -- The WHO/International Agency for Research on Cancer (IARC) has classified radiofrequency electromagnetic fields as **possibly carcinogenic to humans (Group 2B)**, based on an increased risk for **glioma**, a malignant type of brain cancer¹, associated with wireless phone use.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Convegno

Stato dell'arte della normativa ambientale sui campi elettromagnetici

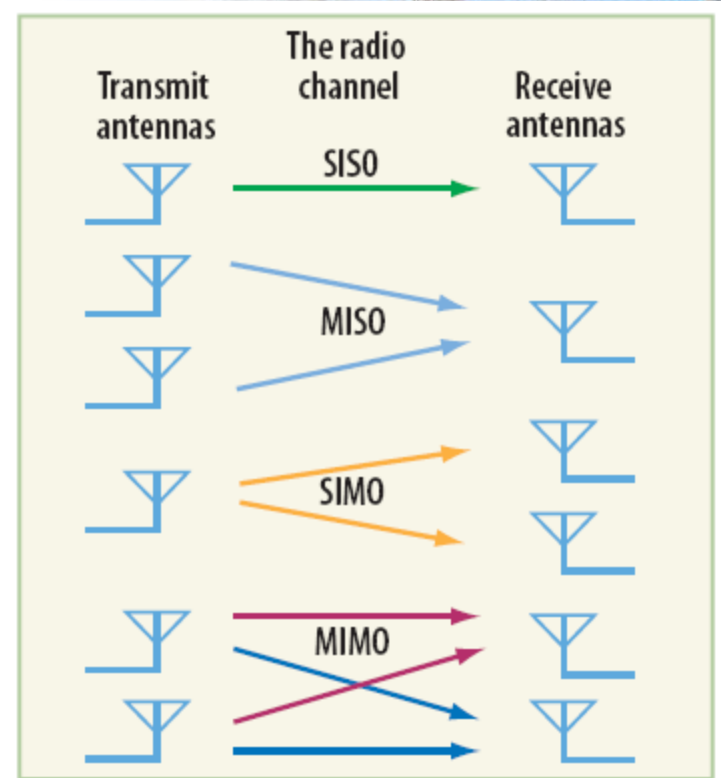
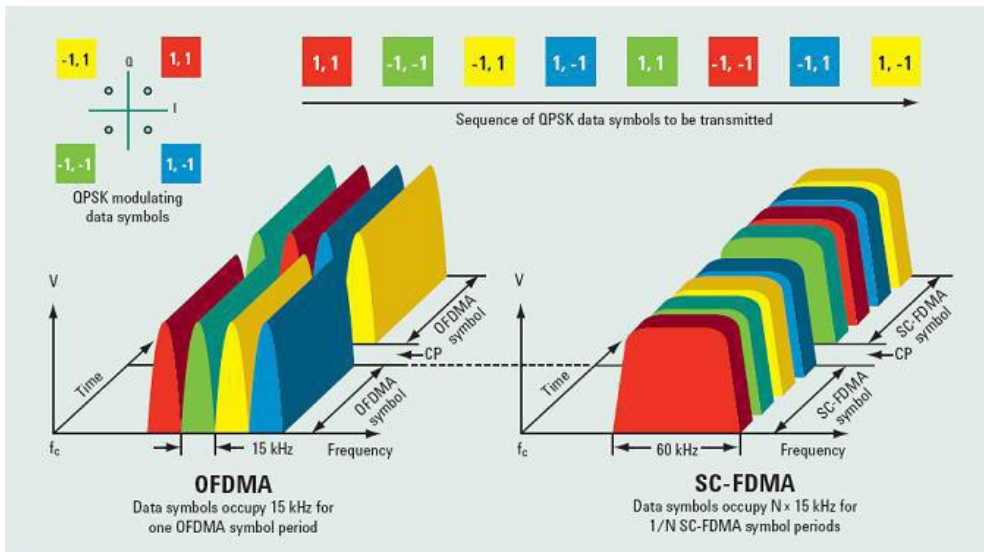
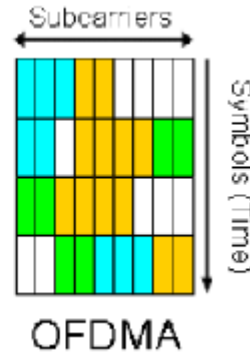
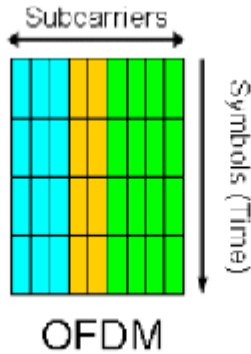
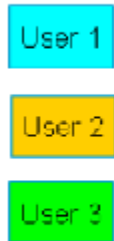
19 aprile 2012



SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA



LTE



1. These diagrams show different single- and multiple-antenna techniques.



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

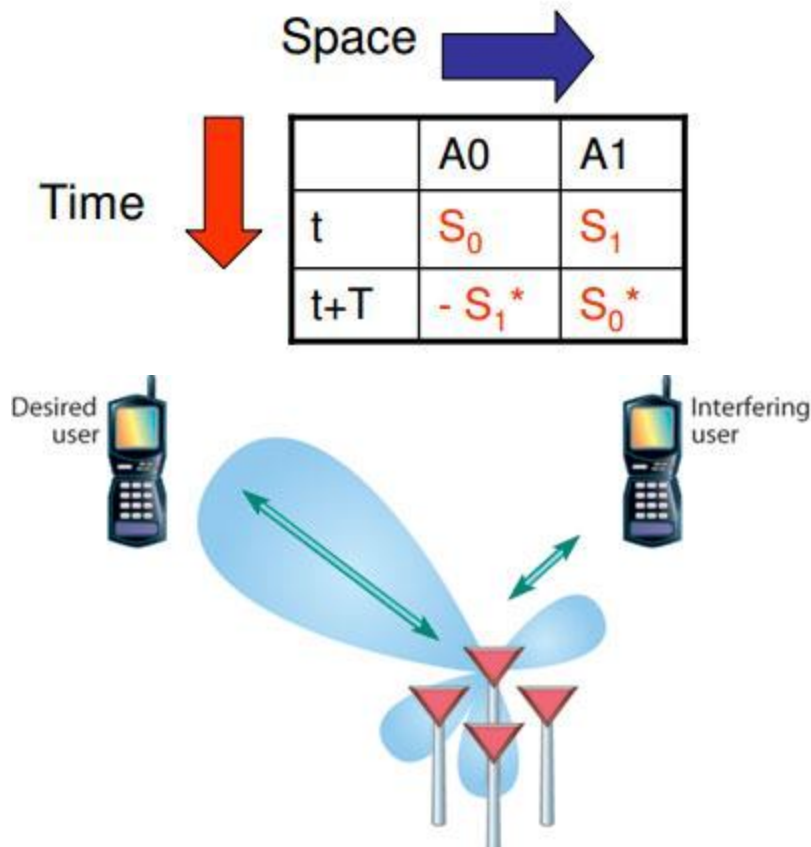
MIMO

Insieme di tecniche che permettono l'incremento della capacità di canale. Prevedono:

- l'utilizzo di più canali contemporaneamente
- tecniche per l'incremento del rapporto SNR

Realizzazione:

- tecniche di diversità
- beam forming
- spatial multiplexing



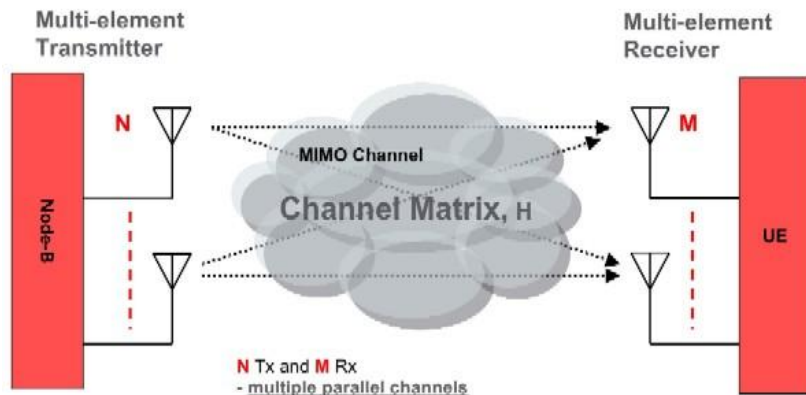
TECNICHE DI DIVERSITA':

Combinazione di diversità in spazio e nel tempo.

- A0 e A1: antenne in diversità spaziale
- T e t+T: diversità nel tempo

BEAM FORMING:

Sagomatura del diagramma di radiazione (beam forming) delle antenne in modo da diminuire le interferenze ed incrementare il SNR



SPATIAL MULTIPLEXING:

Utilizzo di N canali in parallelo. Incrementa di N volte la capacità del canale. N dipende dalle caratteristiche del mezzo trasmissivo



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



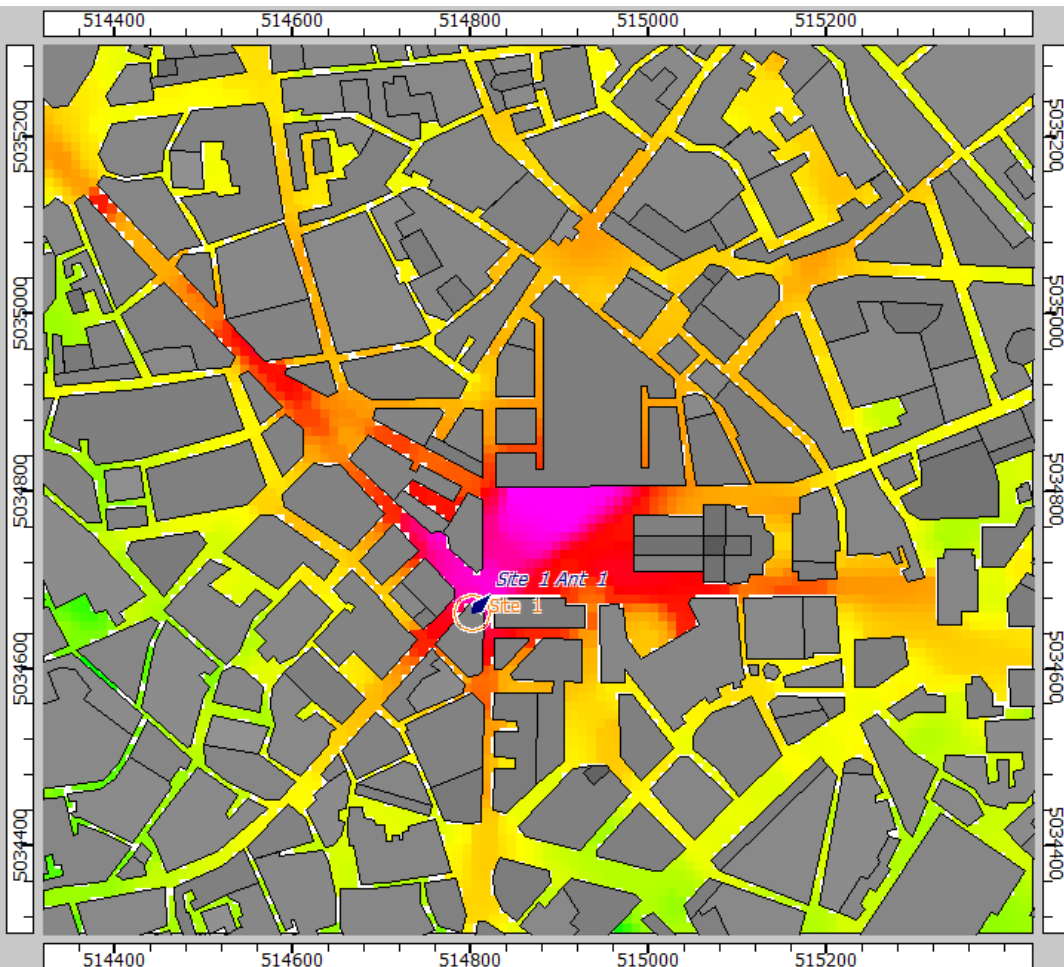
AEIT FEDERAZIONE
ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni

Ambiente Urbano



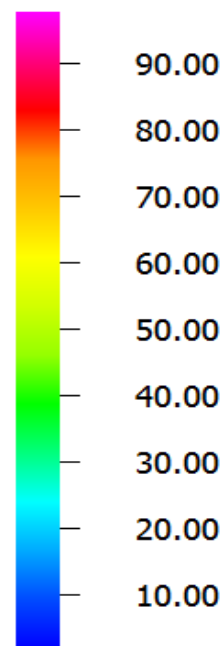


Distribuzione del campo elettrico



ANF
COMMUNICATIONS

Field Strength
[dB μ V/m]

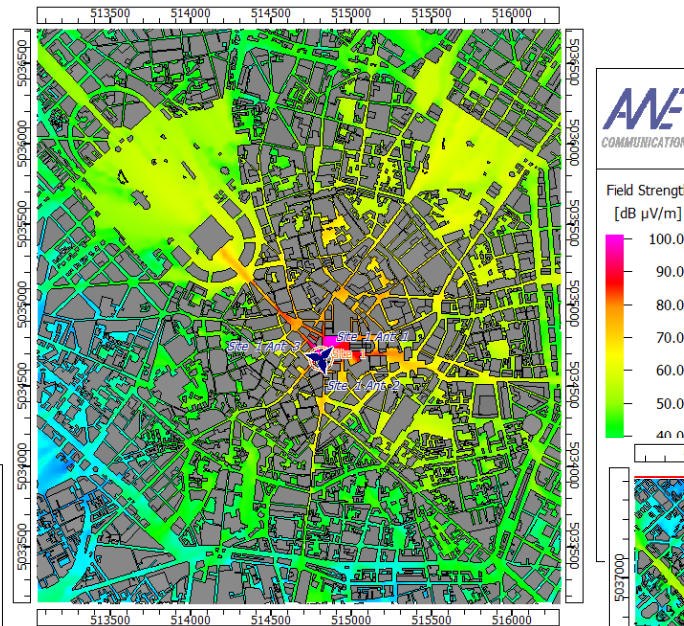


- *Frequenza: 800 MHz*
- *Potenza: 40W*
- *Altezza dal suolo: 33 metri*
- *Altezza edificio: 25 m*
- *Rilievo Campo Elettrico: 1,5 metri dal suolo*



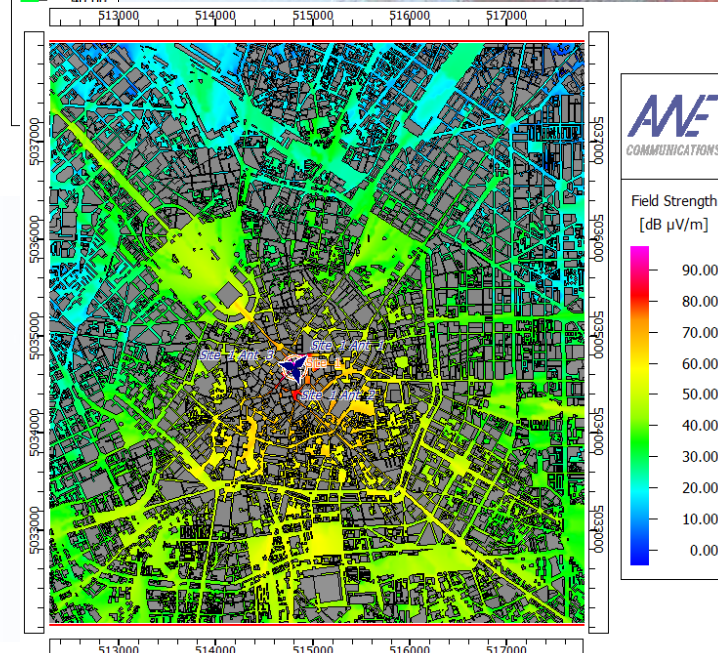
Distribuzione del campo elettrico

Antenna 1

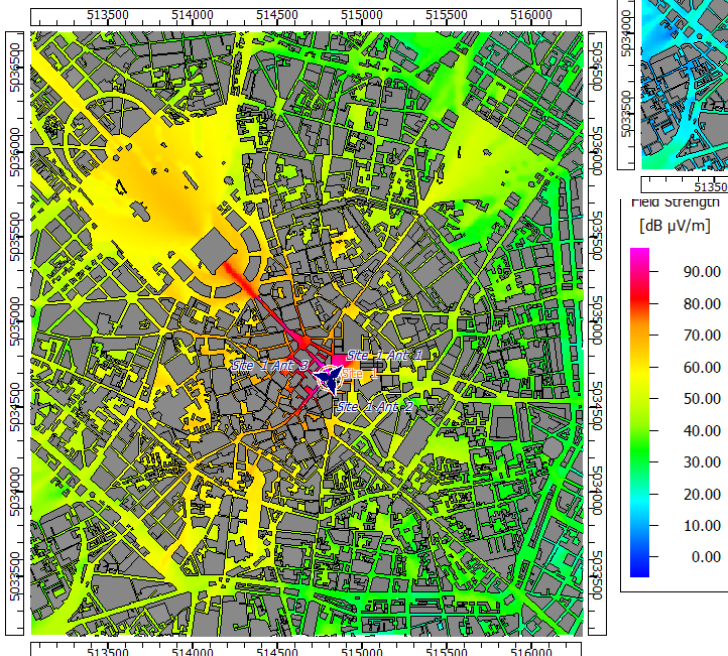


- **Frequenza: banda 3 - 6**
- **Potenza: 20W**
- **Altezza dal suolo: 33 metri**
- **Altezza dall'edificio: 8 metri**
- **Rilievo Campo Elettrico: 1,5 metri dal suolo**

Antenna 2

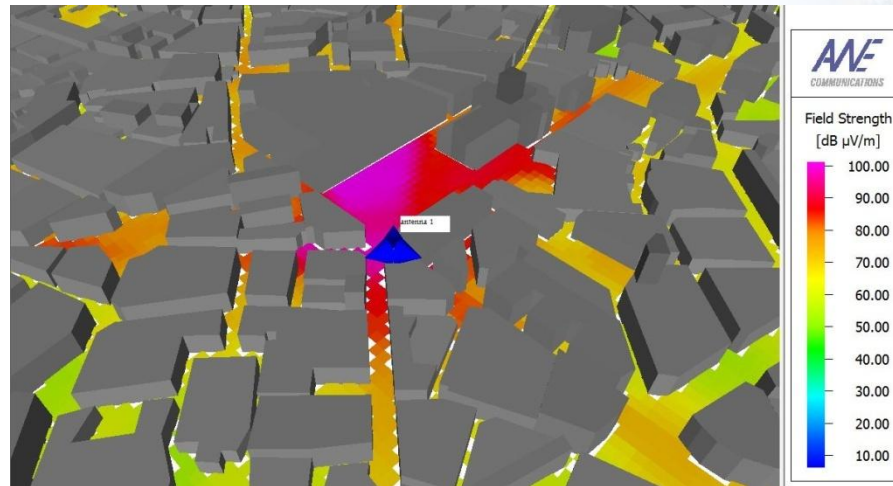


Antenna 3



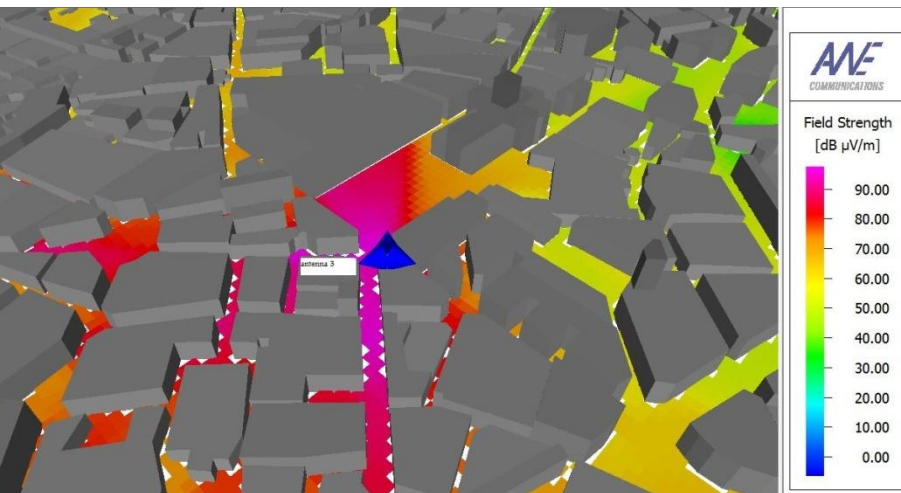
Distribuzione del campo elettrico

Antenna 1

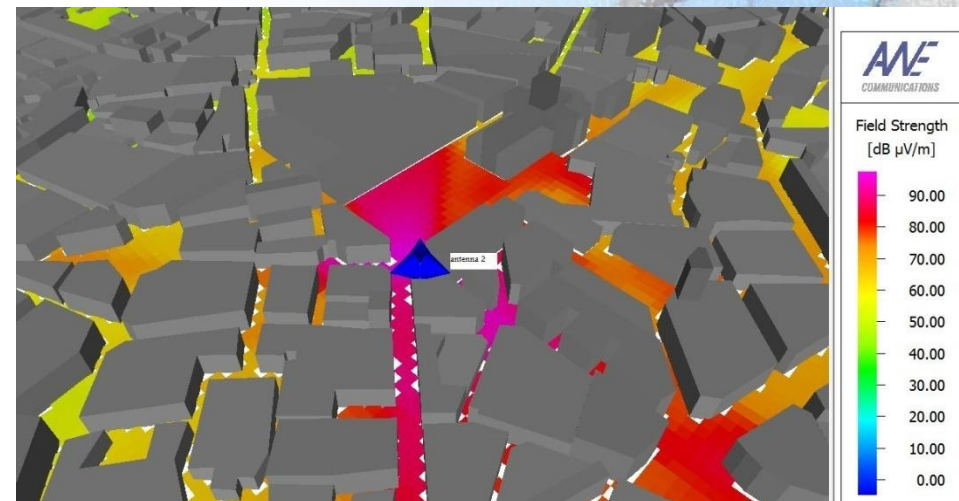


- **Frequenza: banda 3 - 6**
- **Potenza: 20W**
- **Altezza dal suolo: 33 metri**
- **Altezza dall'edificio: 8 metri**
- **Rilievo Campo Elettrico: 1,5 metri dal suolo**

Antenna 3

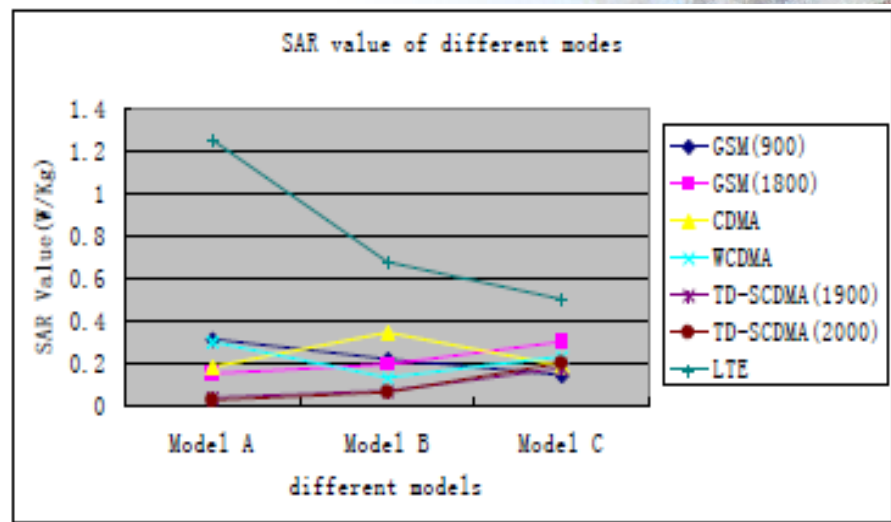
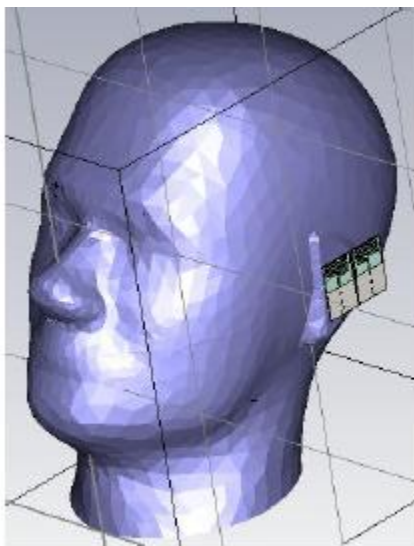
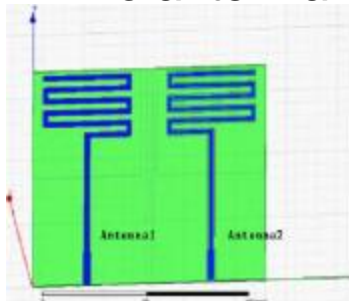


Antenna 2



Terminali LTE

Mimo antenna





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Convegno

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

19 aprile 2012

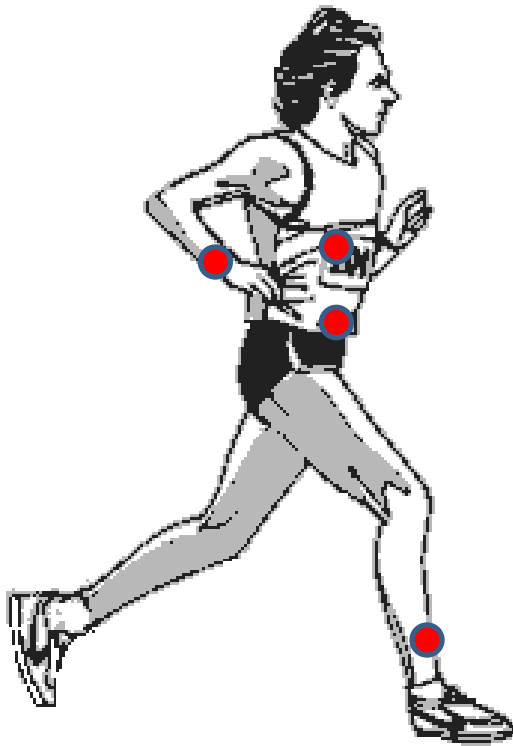


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

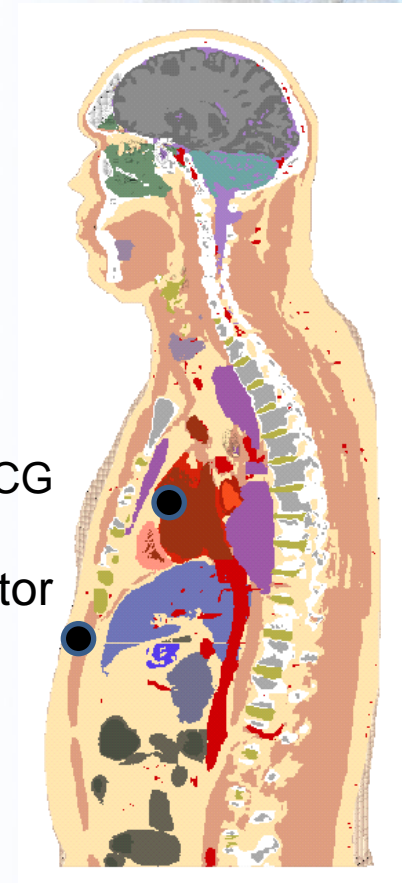


AEIT FEDERAZIONE
ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni.

BAN

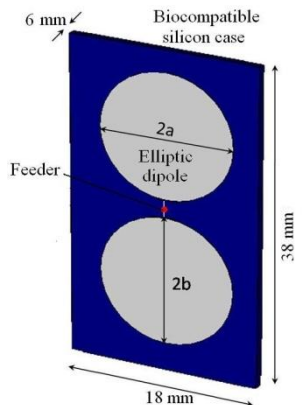
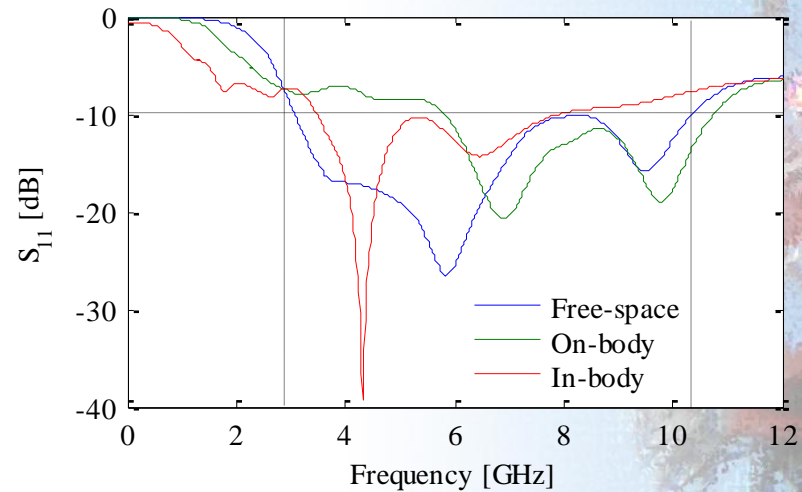


● On-body Wireless Sensor



● In-body Wireless Implantable Biosensor

Modello CAD da immagini MRI

**Antenna UWB**



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

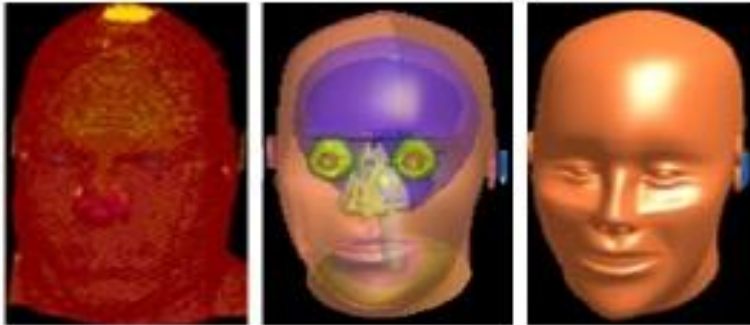


FEDERAZIONE ITALIANA di
Elettrotecnica, Elettronica, Automazione
Informatica e Telecomunicazioni

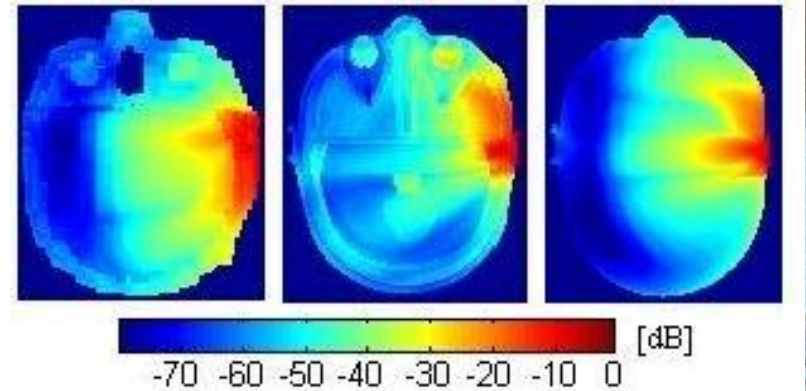
$$SA(t) = \int_0^{T_{\max}} \frac{\mathbf{E}(t) \cdot \mathbf{J}(t)}{\rho} dt$$

$$T_{\max} = N_{\max} \Delta t$$

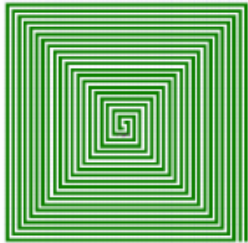
$$SA^n = \sum_{n=1}^{N_{\max}} \frac{\mathbf{E}^n(i, j, k) \cdot \mathbf{J}^n(i, j, k)}{\rho(i, j, k)} \Delta t$$



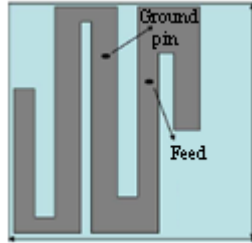
VHP model CAD model SAM model



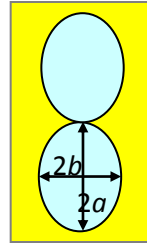
V. De Santis, M. Feliziani, and F. Maradei, "Safety assessment of UWB radio systems for body area network by the FD²TD method," *IEEE Transactions on Magnetics*.



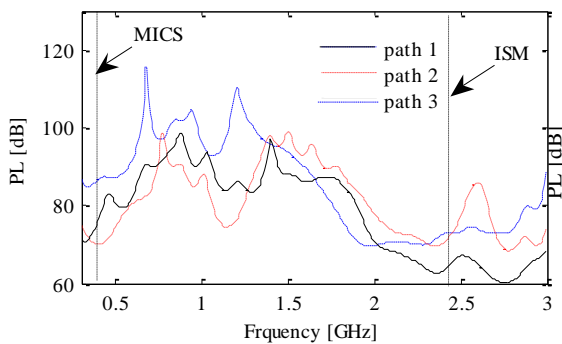
Planar loop
MICS antenna



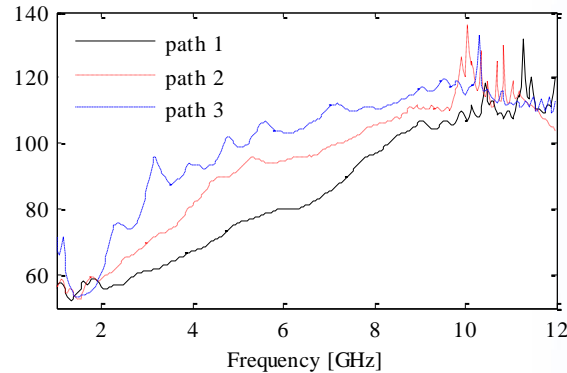
Dual-band
MICS/ISM
patch antenna



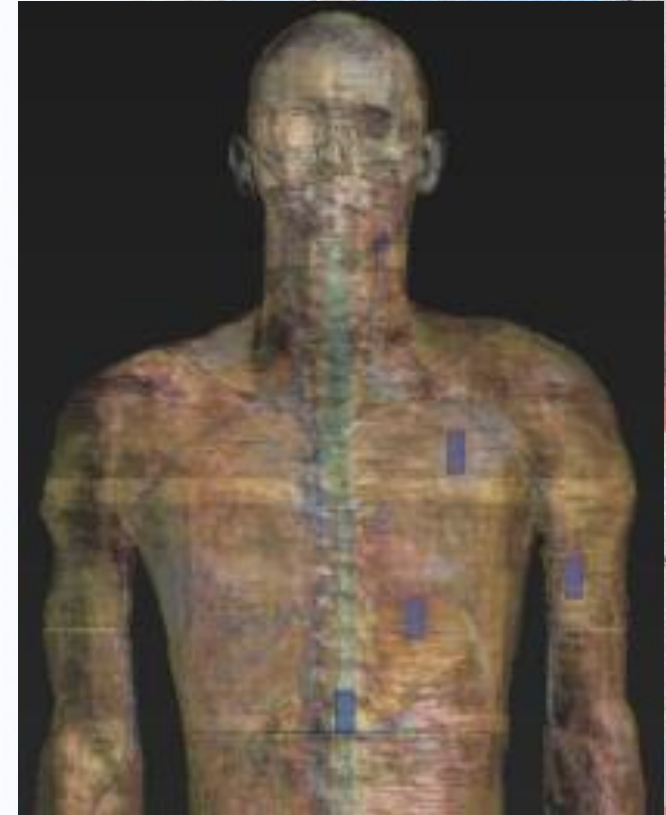
UWB elliptic
dipole
antenna.



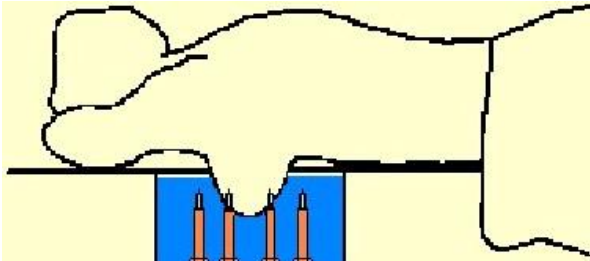
MICS/ISM channel response



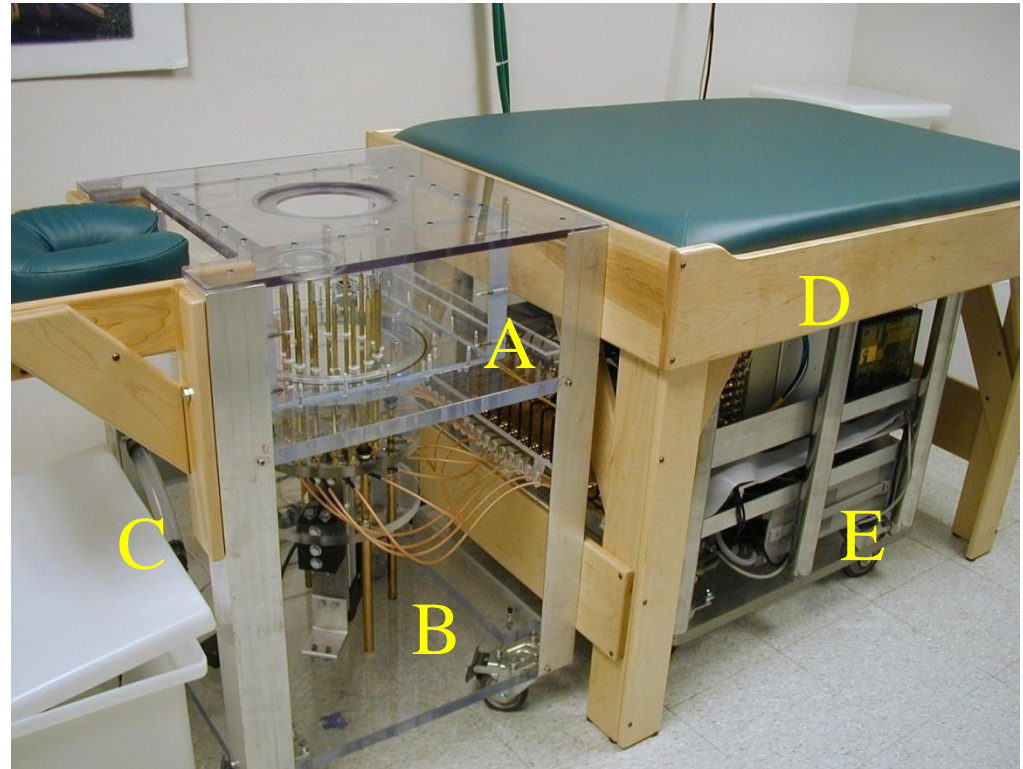
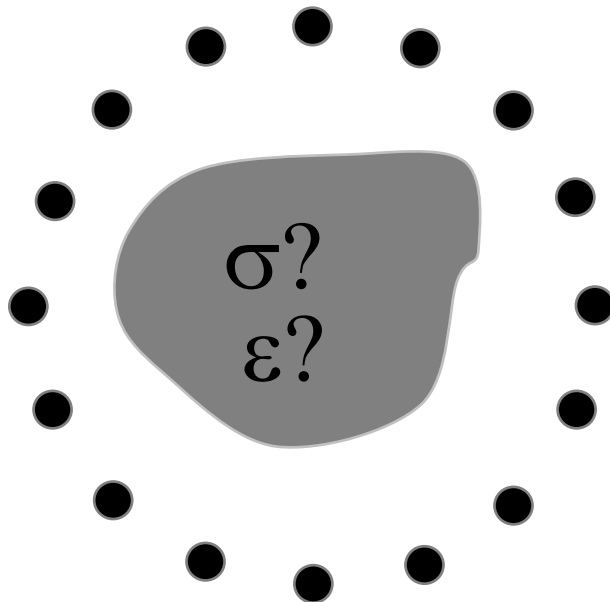
UWB channel response



Microwave Tomography



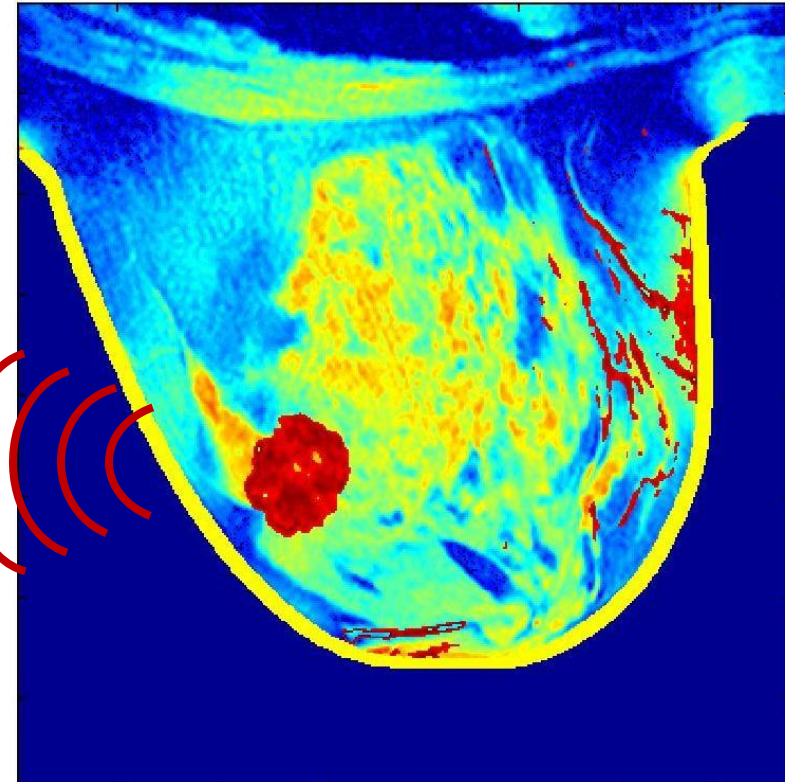
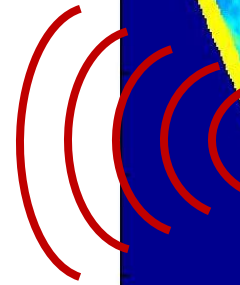
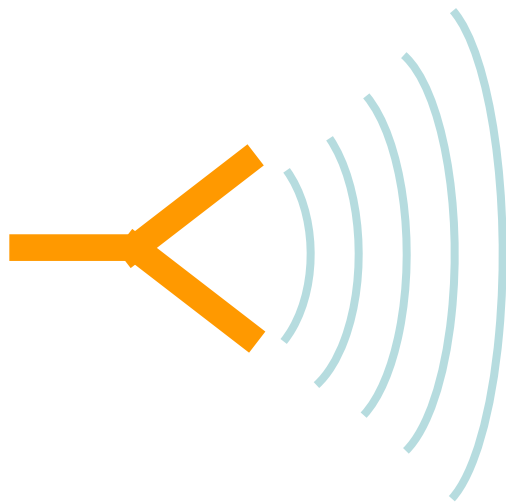
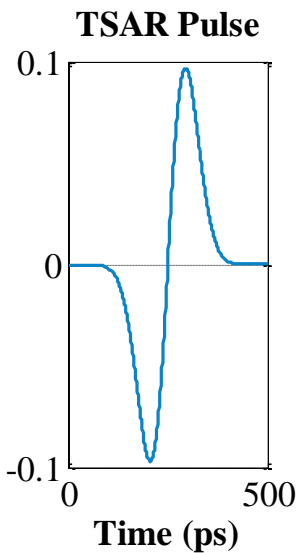
Antenna Array during Patient Exam



(A) Microwave illumination tank; (B) Antenna motion actuator; (C) the coupling medium reservoir; (D) Patient examination table; and (E) Electronics cart

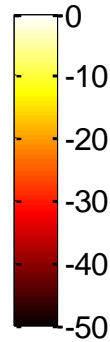
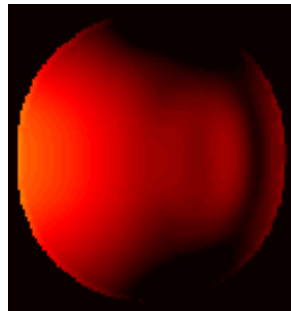
Microwave Radar Imaging

- Radar Based Technique
- Sensor UWB antenna

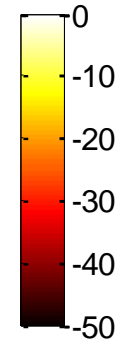
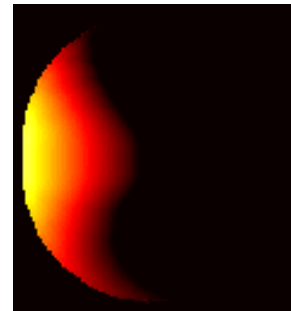


Safety Assessment

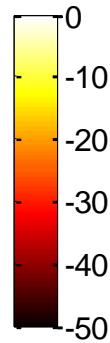
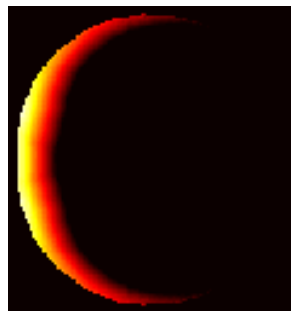
SAR at 1 GHz



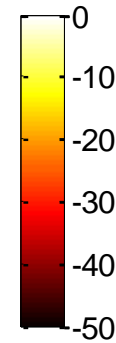
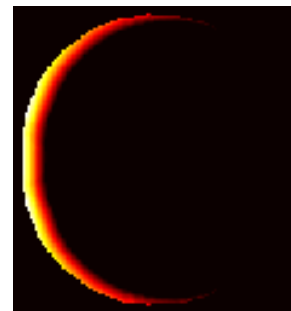
SAR at 5 GHz



SAR at 10 GHz



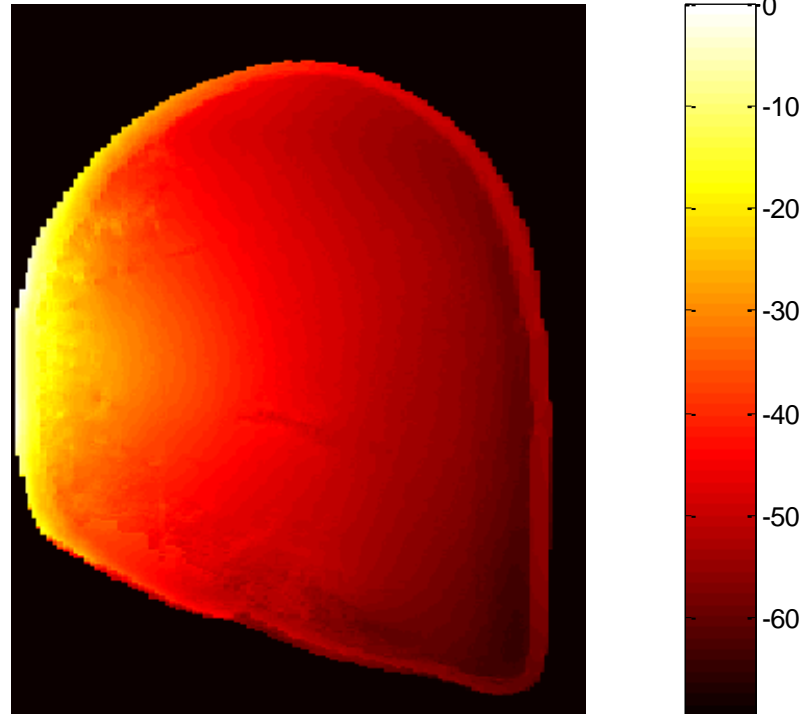
SAR at 15 GHz



V. De Santis, J. M. Sill, J. Bourquie, and E. C. Fear, "Safety assessment of of Ultra-wideband Antennas for Microwave Breast Imaging," *Bioelectromagnetics*.

Safety Assessment

SA in dB normalized to 0.049802 J/kg



BAVA

V. De Santis, J. M. Sill, J. Bourquie, and E. C. Fear, "Safety assessment of of Ultra-wideband Antennas for Microwave Breast Imaging," † submitted for *Bioelectromagnetics*.