

Campi elettromagnetici: quanto ne sappiamo realmente?

di Diego Ercolani

Onda elettromagnetica: dietro questa definizione si nasconde in realtà la paura atavica dell'ignoto. Molto probabilmente, la paura incondizionata che ognuno di noi ha quando si parla di onde radio, è dovuta alla loro natura astratta e pertanto difficile da definire.

Tutto ciò può suscitare numerosi quesiti:

- Esiste realmente il pericolo di un inquinamento elettromagnetico?
- Cosa fare per limitarne l'entità?
- È possibile evitarlo?
- Cosa comporta rinunciarvi?

Inquinamento elettromagnetico

Come in una piazza affollata il vociare non regolato di tante persone diventa un chiasso infernale ed informe, allo stesso modo, l'affollarsi di trasmettitori localizzati in determinate zone e senza norme precise, rischia di provocare solo reciproco disturbo. Gli "schiamazzi eterei" di trasmettitori troppo potenti, generando interferenza reciproca, non permettono agli interlocutori di ascoltare il messaggio trasmesso. Da ciò ne deriva che, per garantire una buona intelligibilità dello stesso, sia necessaria una limitazione della potenza trasmessa. Infatti, se nella stessa piazza affollata anziché urlare, ciascuno bisbiglia, è possibile parlare con il proprio vicino senza dare fastidio a chi non vuole ascoltare la nostra conversazione. In altre parole, se un impianto "alza troppo la voce", gli altri impianti vengono di fatto oscurati ed il loro messaggio è ricevuto disturbato dai ricevitori. Tutto questo è inquinamento elettromagnetico.

Un po' di fisica

Le onde elettromagnetiche, ora prese in esame, vengono definite dai fisici come facenti parte delle cosiddette radiazioni non ionizzanti; radiazioni cioè che non lasciano al loro passaggio dei residui di radioattività e che non possiedono sufficiente energia per ionizzare la materia. Il campo elettromagnetico, costituito da campo elettrico e campo magnetico, indica l'intensità dell'onda elettromagnetica. Per campo magnetico si intende la distribuzione nello spazio delle forze che agiscono sui dipoli magnetici. Per cercare di esemplificare la natura delle suddette forze, può essere utile ricordare il processo che ha portato alla loro definizione. Un

filo attraversato da corrente genera un insieme di forze (campo magnetico) che è capace di deviare un ago magnetizzato posto nelle vicinanze. L'intensità del campo si misura in Tesla in onore del fisico Nicola Tesla. 1 Tesla è definito come il campo



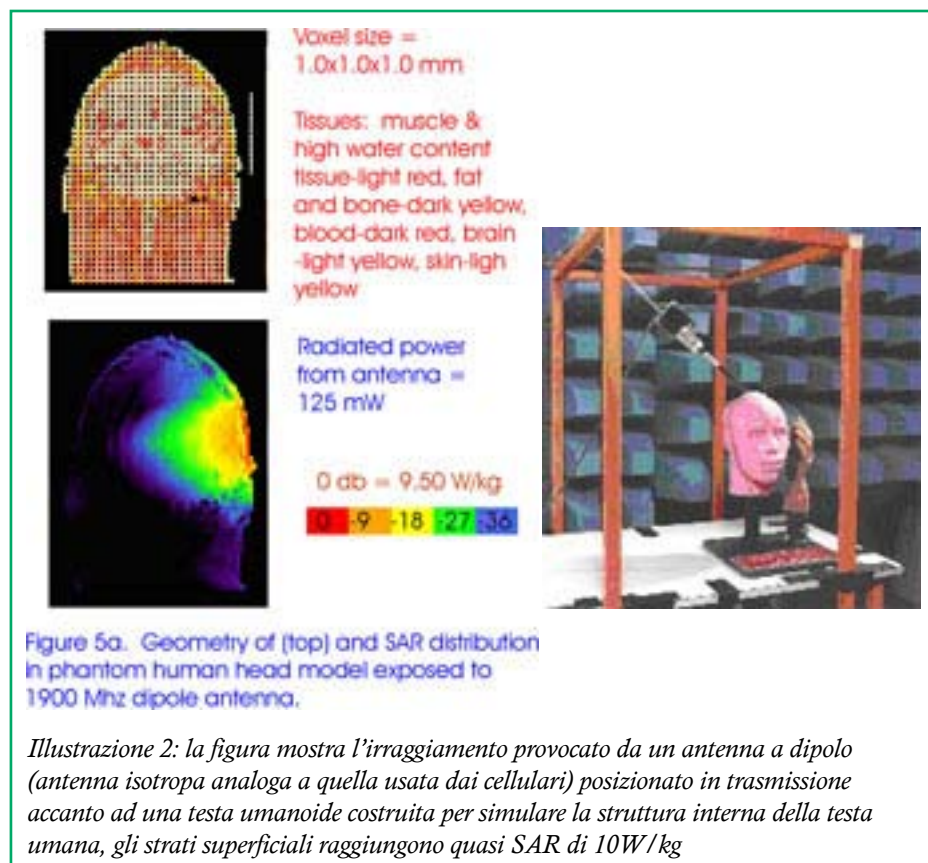
Illustrazione 1: misuratore di campo elettromagnetico portatile per alta frequenza

magnetico presente quando un filo conduttore lungo 1 metro e percorso da una corrente di 1 Ampere subisce la forza di 1 Newton. Analogamente, l'intensità del campo elettrico misura la forza cui è sottoposta una carica elettrica in quel punto. Si misura in Newton/Coulomb oppure, più comunemente, in Volt/metro. La forza che viene misurata è quella generata da un'altra carica elettrica. Se le due cariche hanno stesso segno la forza agente è repulsiva; se il segno è opposto la forza è attrattiva. Il campo elettrico, ad esempio, si genera strofinando un oggetto di plastica (biro) su una maglia di lana. La biro di bachelite si carica elettrostaticamente di segno positivo mentre la lana si carica di segno negativo. Avvicinando la biro ad un foglio di carta senza toccarlo, il campo elettrico che si crea tende ad attrarre il foglio di carta. Alla natura elettrica della forza è legato il fenomeno della polarizzazione, cioè il fatto che le cariche elettriche di un oggetto polarizzabile (ad esempio l'acqua in un tessuto biologico), immerso in un campo elettrico, tendono a disporsi in maniera ordinata lungo le linee di forza da esso generate. Analogamente, avvicinando un magnete permanente ad un oggetto di ferro dolce, sono i dipoli magnetici che si orientano in maniera ordinata (magnetizzazione). Nelle onde elettromagnetiche, il campo elettrico è variabile nel tempo. La variazione del campo elettrico agisce sulle molecole polarizzabili (acqua all'interno del tessuto

biologico) facendole oscillare. Per attrito quindi il tessuto biologico, sottoposto a irraggiamento da parte di una onda elettromagnetica, tende a scaldarsi. Ecco spiegato il funzionamento del forno a microonde.

SAR

Si può per semplicità paragonare l'onda elettromagnetica ad un'automobile in viaggio. Come all'aumentare dello spazio percorso diminuisce la quantità di carburante nel serbatoio fino al suo completo esaurimento ed al conseguente arresto del veicolo, così l'onda elettromagnetica, viaggiando nell'etere, cede energia alla materia che attraversa, fino a svanire. La suddetta onda nell'avanzare può incontrare ostacoli o spazi liberi; se nel suo cammino si trova ad attraversare un tessuto biologico, la misura dell'energia che viene persa dall'onda e acquisita dal tessuto biologico sotto forma di calore, viene misurata tramite il SAR acronimo che indica lo "Specific Absorption Ratio" o tasso di assorbimento



specifico, cioè la quantità di energia nell'unità di tempo ceduta dall'onda per chilogrammo di tessuto biologico. Per valutare questo parametro e razionalizzarlo con esempi pratici, si pensi che il corpo umano normalmente è mantenuto a 37 °C da meccanismi di termoregolazione legati al metabolismo. Ebbene la "SAR equivalente" del metabolismo, cioè la potenza media per chilogrammo che una eventuale onda radio dovrebbe fornire al corpo umano medio per mantenerlo a 37°C se non ci fossero meccanismi propri di termoregolazione, è di circa 1W/kg. Ciò che avviene nella realtà è che vi sono casi in cui

la potenza irradiata si concentra solo in alcune zone provocando in queste parti SAR piuttosto elevate. Alcuni esperimenti hanno mostrato come si possa arrivare a livelli di esposizione (SAR) di oltre 2 W/Kg nelle zone cerebrali, soprattutto con i vecchi telefoni analogici DECT (telefoni portatili da casa), appoggiati alla testa durante una telefonata. Si pensi che una stazione radio base che irradia 1000 W di potenza irradiata efficace (ERP), irradia solo 0.1 W/mq a 28 metri di distanza, mentre per avere una SAR di 4W/kg è necessaria una densità di potenza di 1000 W/mq.

E la salute?

Gli studi in materia non hanno evidenziato una significativa correlazione tra esposizione ad onde elettromagnetiche e mutazioni geniche. Gli unici effetti riscontrati sono imputabili all'aumento di temperatura indotto, tali effetti possono essere ad esempio di natura comportamentale. Per SAR>4W/kg, in alcuni esperimenti si è riscontrata una accelerazione di processi tumorali in tessuti di topi già affetti da alcune forme di tumore (oncotopi), in nessun caso si è riscontrato un tumore indotto nella cavia, e comunque gli effetti acceleranti si hanno solo per campi elevati e per tempi di esposizione lunghi. Al contrario, per i medesimi valori di SAR, si sono evidenziati casi di cecità, cataratta e sterilità maschile direttamente imputabile all'aumento della temperatura che non fa in tempo ad essere compensato dalla termoregolazione. Gli studi che riguardano la biocompatibilità degli impianti di comunicazione per telefonia cellulare, sono relativamente recenti, solo dieci anni addietro, la tecnologia cellulare non era così diffusa come oggi e le frequenze in gioco erano diverse. Inevitabilmente, uno studio totalmente attendibile richiede una monitorizzazione continuativa da effettuare su cavie in condizioni perfettamente controllate per diversi lustri. Tale studio quindi è, e sarà, difficilmente attuabile in maniera

completa. Sarebbe eticamente condannabile la limitazione di libertà di movimento e la necessità di irradiare ad alte dosi e per periodi continuativi gruppi di persone senza conoscere le conseguenze che lo studio stesso dovrebbe evidenziare. Gli esperimenti di irraggiamento che fino ad ora sono stati eseguiti riguardano tipicamente tessuti in vitro, cavie animali di laboratorio e esame di persone che per la loro professione sono sottoposti a alte intensità (ma non note con precisione) di irraggiamento per periodi continuativi. L'unica strada possibile consiste nell'evidenziare in maniera indiretta la correlazione tra onde elettromagnetiche a potenza

e frequenze utilizzate normalmente negli impianti installati e salute. Per uno studio fattivo è però necessario epurare queste ricerche da errori sperimentali, statistici e metodologici che sono purtroppo frequenti quando la ricerca non può svolgersi in regime completamente controllato. Questo è uno dei motivi per cui la comunità scientifica è d'accordo nel non evidenziare troppo i risultati di ricerche che siano estremi sia nella direzione di assolvere o di incriminare gli effetti sul corpo delle elettromagnetiche. Non potendo definire precisamente una eventuale soglia di pericolosità, le linee guida cercano di fissare dei limiti utilizzando il cosiddetto "principio di cautela", i limiti sono fissati diversi ordini di grandezza sotto i valori che fanno constatare l'evidenza di qualche effetto.

Le antenne

La potenza irradiata da una stazione radio base (SRB) si definisce potenza irradiata ERP (Effective Radiated Power o potenza irradiata efficace) in quanto le antenne comunemente utilizzate non irradiano la stessa potenza in tutte le direzioni ma hanno una direzione preferita, in cui viene fatta la misura. Si può paragonare l'antenna di una SRB ad un faro. Come il faro emette luce in maniera anisotropa, cioè preferenzialmente in una sola direzione, allo stesso modo, l'antenna SRB è costruita per irradiare in direzioni ben stabilite in fase di progettazione. Al contrario, possiamo raffrontare l'antenna di un cellulare ad una lampadina ad incandescenza sospesa al centro di una stanza, la quale emette luce in ogni direzione con la stessa intensità. Mentre il cellulare non conosce la sua posizione rispetto la SRB, quest'ultima invece fa parte di una rete di stazioni radio base e quindi può essere deciso a tavolino quale sarà la sua zona di pertinenza; contestualmente antenne e potenze vengono progettate in maniera tale da trasmettere solo nella direzione necessaria, esattamente come i fari. Da misure sperimentali, a causa dell'anisotropicità delle

antenne usate dalle stazioni radio base per telefonia cellulare, una SRB da 1000W ERP, può irradiare meno di 1 W in direzione verticale. Questa potenza risulta essere inferiore rispetto a quella di un singolo cellulare posto nella stessa posizione la cui antenna è omnidirezionale, cioè emette la stessa intensità in tutte le direzioni; senza

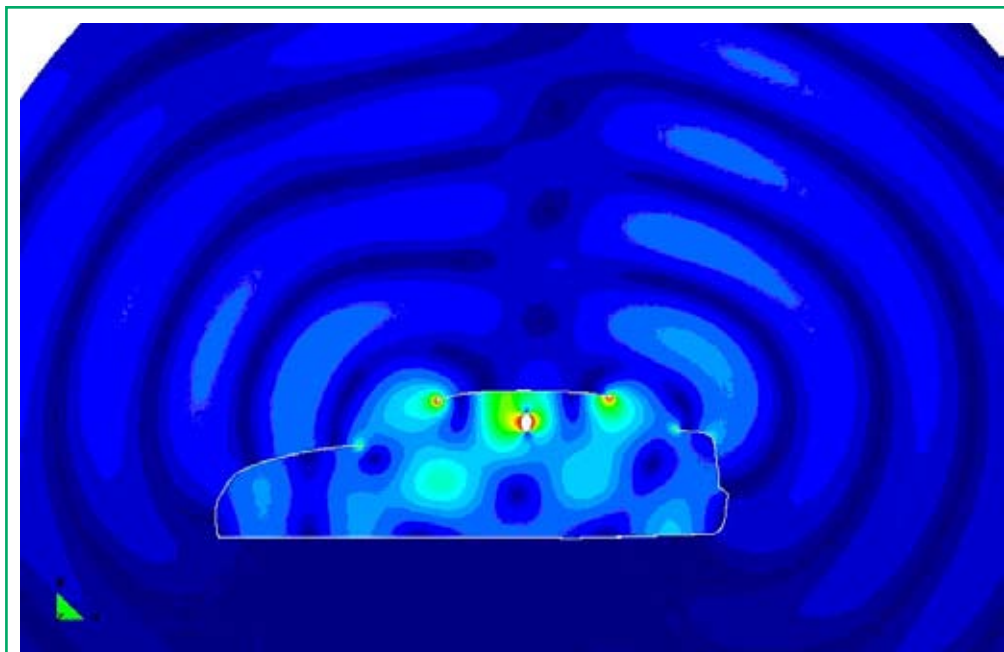


Illustrazione 3: simulazione della distribuzione qualitativa istantanea dell'intensità del campo elettrico dovuto ad una antenna a dipolo disposta al centro di una sagoma metallica simulante la scocca di una automobile. Da notare come il campo elettrico (e quindi magnetico) subisca rifrazioni e riflessioni che portano in alcune zone relativamente lontano dall'antenna trasmissiva valori elevati di campo elettrico (zone verdi, gialle, rosse e bianche)

considerare che il solaio su cui di solito è installata la stessa, attenua enormemente la già debole potenza. Tutto ciò fa tornare alla mente il vecchio detto: «il posto più buio è ai piedi della candela», anche se saremmo tentati di dire il contrario...

Riscontri

Nella ricerca, come già precedentemente evidenziato, non si sono riscontrati "risultati statistici rilevanti" che indichino che l'energia irradiata dai trasmettitori normalmente utilizzati per telefonia mobile o per la radiodiffusione locale, sia sufficiente a modificare il DNA o tantomeno interferire con gli organi interni. Le antenne utilizzate hanno un diagramma di irradiazione fortemente anisotropo e per evitare di esporre la popolazione a campi elettrici elevati vengono installate solitamente in posti alti. Questa scelta consente inoltre di massimizzare la distanza coperta a vantaggio di chi installa l'antenna. Nella realtà il valore del SAR è difficilmente misurabile e prevedibile in quanto dipende da molti fattori quali: la potenza del trasmettitore, il tipo di antenna, la posizione rispetto la sorgente, da come si sviluppa nello

Calcolo molto approssimativo del raggio di una cella GSM

Potenza di uscita di una stazione radio base (SRB)	<46dBm
Attenuazione in <u>spazio libero</u> del segnale in radiofrequenza	≈-27dBm/km
Sensibilità ricevitore	≈-100dBm

Tabella 1: alcuni parametri qualitativi per progettare la disposizione grossolana di RBS

spazio e nel tempo il campo elettromagnetico. Tipicamente infatti, l'intensità della radiazione elettromagnetica ha valori diversi in ogni punto dello spazio e tende a diminuire, come è ovvio, con l'aumentare della distanza dall'antenna. Bisogna però tenere presente che la sua distribuzione può essere modificata sia dalla presenza che dalla natura degli ostacoli

dietro cemento armato o altro tipo di ostacoli, non è sempre accesa in trasmissione, periodicamente verifica lo stato dei telefoni in zona ed eventualmente gestisce le conversazioni. Un telefono cellulare invece ha una potenza trasmittiva di circa 2W, quindi circa un decimo di una stazione radiobase metropolitana, ma si trova, quando acceso in trasmissione, a

Tipo di Cella (Nome)	Raggio tipico di azione	Posizionamento tipico dell'antenna SRB e note
Macro-cell	1km a 30km	All'esterno; installata sopra il tetto di una costruzione di altezza media, l'altezza delle costruzioni circostanti è inferiore a quella su cui è montata l'antenna.
Small macro-cell	0.5 km a 3 km	All'esterno; installata sopra il tetto di una costruzione di altezza media, l'altezza delle costruzioni circostanti può essere inferiore a quella su cui è montata l'antenna.
Micro cell	Fino a 1 km	All'esterno; installata normalmente sotto tettoie di costruzioni mediamente alte.
Pico-cell/indoor	Fino 500 m	All'interno o all'esterno; installata normalmente sotto tettoia o all'interno di costruzioni.

Tabella 2: classificazione delle celle utilizzate nella telefonia cellulare sulla base della collocazione dell'antenna

immersi nel campo elettromagnetico. Vi sono, per esempio, fenomeni di rifrazione, diffrazione e di riflessione, che possono incrementare l'intensità in alcune zone. Così come succede se, in una giornata assolata d'estate, si concentra, con una lente di ingrandimento la luce solare su un foglio di carta, questa è capace di provocare la combustione del foglio. Nel caso dei cellulari inoltre, gli impianti sono progettati per modificare la potenza con cui trasmettono in base al numero di conversazioni e alla distanza dei cellulari dall'antenna. Avviene che, più antenne ci sono (micro-celle o pico-celle), minore sarà il campo elettrico anche vicino agli impianti di trasmissione in quanto gli stessi possono essere meno potenti, di dimensioni contenute e facilmente occultabili. Anche questa considerazione sembra contraria al buon senso ma, alla luce dei ragionamenti fatti, è facilmente dimostrabile. Impianti piccoli e antenne piccole danno un maggior senso di sicurezza; in fondo, spesso, nelle stanze da letto, sono installati telefoni senza filo (DECT) o collegamenti a internet senza fili (WiFi) di analoga potenza rispetto micro o pico celle e non si ha timore ad utilizzarli.

Un po' di logica

La presente trattazione vuole solo fornire qualche spunto sull'argomento, non si vuole certamente fornire al lettore la ricetta per calcolare i complicati modelli di propagazione elettromagnetica. Si può tentare allora di utilizzare qualche considerazione qualitativa: l'antenna trasmittiva di una stazione radio base in area metropolitana trasmette con potenze che, per rimanere nei limiti di legge, sono mediamente di circa 15-50W. Normalmente questa antenna si trova comunque a qualche decina di metri di altezza, magari

qualche centimetro dal nostro cervello, cioè ad 1/1000 della distanza di una stazione radiobase. Sapendo che la potenza del campo elettromagnetico tende a dimezzarsi con il raddoppiare della distanza (senza considerare l'effetto schermante degli ostacoli e edifici), è chiaro che è potenzialmente più dannoso un telefono cellulare attaccato alle tempie o in tasca, vicino gli organi genitali, piuttosto che un'antenna posizionata a soli 10 metri di distanza. Va considerato, inoltre, che il telefonino è usato anche dai bambini, persone, la cui salute, abbiamo l'obbligo morale di salvaguardare. I telefoni cellulari, sono enormemente diffusi e sono divenuti compagni continui della nostra vita. Quanti di noi si sono trovati nel bel mezzo di una telefonata e, quando è caduta la comunicazione, hanno maledetto questo o quel gestore, questo o quella marca di telefono perché non era possibile proseguire la telefonata? Ebbene, sarà un'ovvietà ma la presenza delle stazioni radio base abbastanza vicine al cellulare è necessaria affinché sia possibile instradare la telefonata fino a destinazione. Qualcuno potrà pensare che si può ovviare all'installazione di

Il numero di persone che usano il sistema GSM è di circa 1.8 miliardi ripartiti in 213 paesi
(fonte Key4biz – 7 aprile 2006);

Negli USA la penetrazione mobile è attualmente del 70%, pari a 200 milioni di utenti
(fonte Key4biz – 7 aprile 2006);

Secondo il "Rapporto nazionale sulla condizione dell'infanzia e dell'adolescenza", (2004, Telefono Azzurro), il 51,6% dei bambini tra i 7 e gli 11 anni possiede un telefono cellulare
(fonte Repubblica.it - 18 luglio 2005).

stazioni radio base attraverso l'uso della telefonia satellitare; utilizzando qualche semplice considerazione si può capire come non sia una soluzione praticabile se l'obiettivo è la salute e la minimizzazione dell'irraggiamento. I satelliti geostazionari si trovano a 36000 km sopra l'equatore, quelli per comunicazione di telefonia satellitare sono posti a quote che vanno da 500 a 2000km. È logico constatare che le potenze trasmissive richieste agli apparati cellulari satellitari sono ben al di sopra di quella richiesta per coprire i pochi chilometri che separano il cellulare dalla stazione radiobase terrestre. Va ricordato che la comunicazione cellulare richiede una comunicazione bidirezionale: se da un lato il cellulare deve essere raggiunto dal segnale della stazione radiobase, dall'altro, il segnale del cellulare deve essere sufficiente a raggiungere la SRB. Più la SRB è lontana, maggiore è la potenza irradiata che attraversa il corpo della persona che sta telefonando.

E San Marino Telecom?

In queste poche considerazioni, analizzando la situazione sammarinese, si va però a delineare un dilemma, che mutuato dall'Amleto (con buona pace di Sir. William Shakespeare) si potrebbe enunciare più o meno così: "San Marino Telecom" o non "San Marino Telecom"? Questo è il problema. Sono infatti le piccole considerazioni logiche, che ho cercato di usare per spiegare come in fondo nella nostra società non si possa rinunciare alle onde elettromagnetiche, che possono fare avere qualche dubbio sulla natura del progetto industriale di San Marino Telecom. Essa è una società di diritto sammarinese che ha avuto la possibilità di creare una propria rete cellulare all'interno dei confini di San Marino, ma sebbene le onde elettromagnetiche siano potenzialmente in grado di attraversare i confini nazionali, vi sono dei limiti fisici dovuti a ostacoli o distanza dagli apparati di radiotrasmissione. Si ricordi che se da una parte c'è una stazione radiobase, fosse anche da 1000W, dall'altra c'è un apparato alimentato a batterie capace di irradiare con una potenza di 2W. La comunicazione deve per sua natura essere bidirezionale, questo significa che la radiobase può

Classe	Potenza massima impulsiva (di Picco)
I	320-640W (55-58dBm)
II	160-320W (52-55dBm)
III	80-160W (49-52dBm)
IV	40-80W (46-49dBm)
V	20-40W (43-46dBm)
VI	10-20W (40-43 dBm)
VII	5-10W (37-40dBm)
VIII	2,5-5W(34-37dBm)
(Micro BTS)	
M1	0,08-0,25W(19-24 dBm)
M2	0,03-0,08W (14-19dBm)
M3	0,01-0,03W (9-14dBm)

Tabella 3: classificazione delle Stazioni Radio Base (RBS) sulla base della potenza ERP, la potenza ERP è la potenza misurata nel punto massimo di irradiazione nel momento di massima potenza. La potenza della RBS è infatti modulata sulla base delle condizioni di traffico e di topologia

fare squillare il telefono a 100km di distanza (per assurdo) ma poi la stessa non è in grado di captare l'informazione che "si è alzata la cornetta" perché il telefonino non ha potenza sufficiente per fare giungere l'informazione alla stazione radiobase. Quindi, a meno che non ci siano accordi (di roaming) con operatori radiomobili italiani, il "bacino d'utenza" di San Marino Telecom è confinato a San Marino e zone limitrofe. Chi comprenderebbe allora un telefono cellulare che funziona solo intorno a casa? Questa semplice considerazione, e non problemi sull'installazione delle antenne, fanno rimanere perplessi. Do per scontato che per gli impianti di trasmissione vengano rispettate le normative che regolamentano le installazioni e che vengano monitorate nel tempo, ma questa è un'altra storia.....

Classe	Potenza massima impulsiva (di Picco)	Potenza Media	Impiego
I (non più usata)	20W (43 dBm)	2,5W	veicolare o trasportabile
II	8W (39 dBm)	1W	veicolare o trasportabile
III	5W (37dBm)	0,625W	portatile
IV (tipico cellulare)	2W (33dBm)	0,25W	portatile
V	0,8W (29dBm)	0,1W	portatile

Tabella 4: classificazione dei terminali GSM/UMTS sulla base della loro potenza di trasmissione, i cellulari sono costruiti, come le RBS per modulare in ogni momento la potenza d'uscita, la potenza media cerca di definire qual'è la potenza che mediamente viene irradiata quindi anche verso l'utente

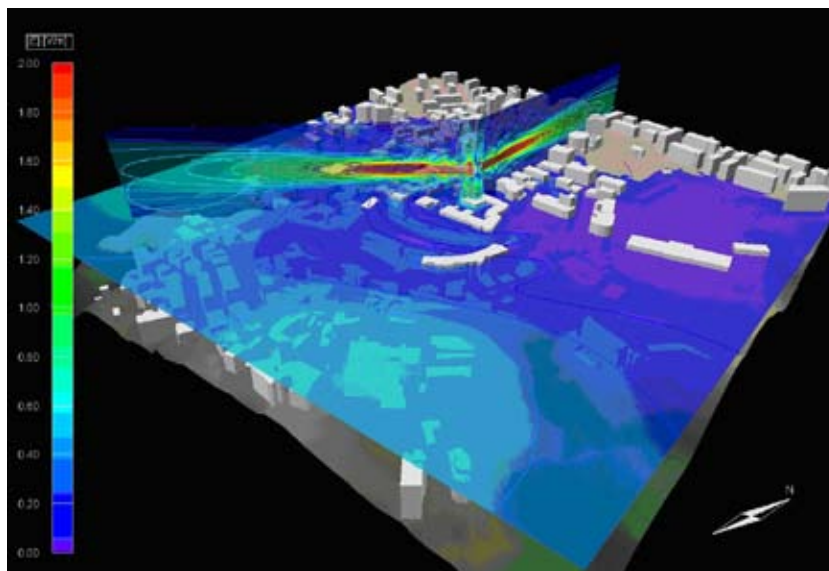


Illustrazione 4: simulazione del diagramma radiativo di una RBS posizionata sul tetto di una costruzione (al solito i colori corrispondono a diversi valori del campo elettrico)

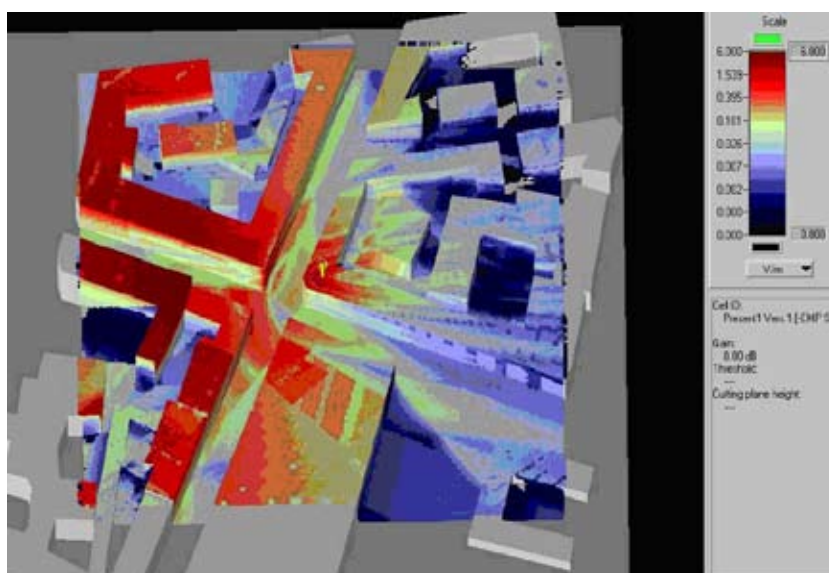


Illustrazione 5: simulazione della distribuzione del campo elettrico a falsi colori realizzata da un software per il dimensionamento degli apparati trasmissivi cellulari. La simulazione permette di valutare quale possa essere il campo radiativo capace di irradiare la parte esterna degli edifici. L'antenna è posizionata in cima ad una costruzione all'angolo tra due strade (centro figura) i colori evidenziano il campo elettrico sulla superficie esterna degli ostacoli, notare come la prima costruzione incontrata porti il campo elettrico a valori bassissimi



Illustrazione 6: anche la satira cerca di spiegare a suo modo qual'è il significato sociale della nuova tecnologia legata alla telefonia cellulare e i nuovi servizi

GSM	GPRS	UMTS
Chiamate vocali	Chiamate vocali	Chiamate vocali di alta qualità
Brevi messaggi di testo (SMS)	Messaggi di testo, messaggi con foto a colori e alcuni messaggi multimediali	Intera gamma dei messaggi multimediali (foto, filmati) con suoni e colori
Limitato accesso ad Internet (via wap)	Servizi Internet con connessione perenne (limitati) (max 56kbit/s o 384 kbit/sec EDGE)	Servizi Internet più veloci e completi con connessione perenne (always on), max 2Mbit/s (simile ADSL)
-----	Servizi di localizzazione (la farmacia o il ristorante più vicino, mappe stradali, etc.)	Servizi di localizzazione (la farmacia o il ristorante più vicino, mappe stradali, etc.)
-----	-----	Videotelefonate e flusso di filmati dal vivo (streaming)
Copertura panaeuropea	Copertura panaeuropea	Copertura in corso di realizzazione nelle grandi città e lungo le principali arterie di traffico. La copertura panaeuropea è attesa a fine decennio. Funziona anche su rete GPRS

Tabella 5: tabella esemplificativa delle tecnologie cellulari diffuse attualmente. All'aumentare della banda dati disponibile, aumenta la qualità dei servizi

APPARECCHIATURA ELETTRICA	INTENSITA' CAMPO ELETTRICO (V/m)
Ricevitore stereo	180
Ferro da stiro	120
Frigorifero	120
Frullatore	100
Tostpane	80
Asciugacapelli	80
Televisore a colori	60
Caffettiera elettrica	60
Aspirapolvere	50
Forno elettrico	8
Lampada a incandescenza	5
Valore limite delle linee guida per frequenza 50Hz	5000

Tabella 6: tipiche intensità di campo elettrico misurate in prossimità di apparecchiature domestiche (alla distanza di 30 cm), attenzione: in questo caso la frequenza è quella di rete 50Hz (Fonte: Ufficio Federale per la Sicurezza dalle Radiazioni, Germania, 1999)

Alcuni riferimenti in internet per approfondire l'argomento:

Documento divulgativo sulle reti GSM: <http://www.ericsson.com/it/docs/retiditelefoniam.pdf>

Linee Guida ICNIRP che hanno prodotto le varie normative nazionali/europee (articolo inglese):

<http://www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf> (traduzione italiana) <http://www.icnirp.org/documents/emfgdlita.pdf>

Arpa Emilia Romagna: <http://www.arpa.emr.it/cem/index.asp?idarea=24>

SAR in a human head: <http://www.arrl.org/rfsafety/lapin/2002/07/21/?nc=1>

Nozioni su GSM: <http://it.wikipedia.org/wiki/GSM>

Effetti delle radiofrequenze sulla proliferazione dei linfociti umani:

http://www.emprotect.enea.it/Pdf/EventiConclusi/Convegno_01_04_2004/Atti/Capri.pdf

<http://www.arcetri.astro.it/~comore/campiem/radiofaq/faq2.html>

Normativa sammarinese sugli impianti di produzione campi elettromagnetici:

http://www.consigliograndeegenerale.sm/upload/leggi_6479.pdf

Il rischio e.m. a radiofrequenza: <http://fisica.cib.na.cnr.it/~monaco/IFTS2.pdf>

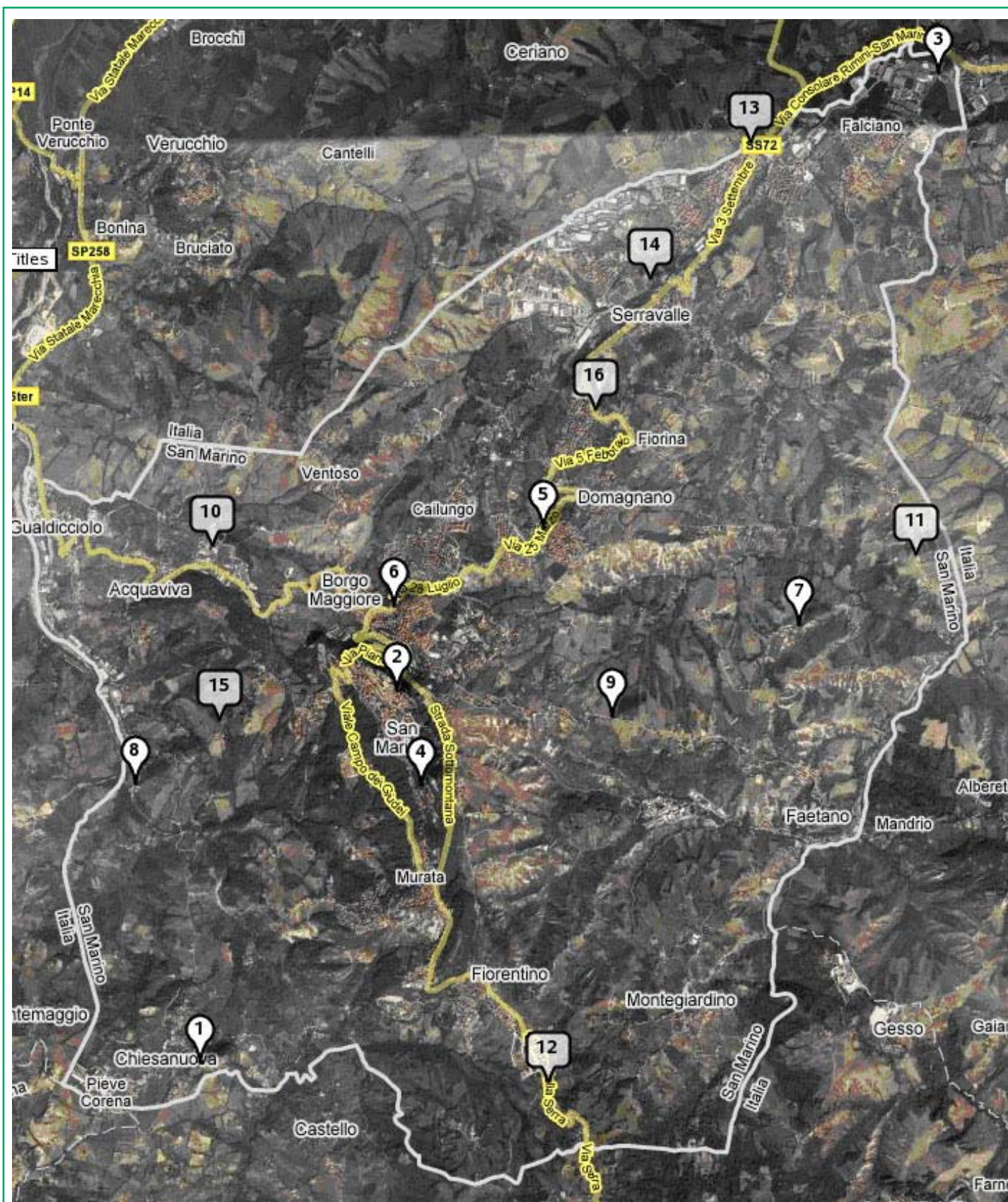


Illustrazione 7: mappa della distribuzione delle antenne secondo la delibera della Commissione per la Tutela Ambientale (14 settembre 2006) [mappa ricavata da Google Maps utilizzando l'elenco delle strade come da delibera]