

Impatto delle tecnologie di comunicazione terrestri e satellitari

Carla Young

**Ultimo aggiornamento
20-12-2020**

PREFAZIONE

Come riflesso del blocco a singhiozzo delle varie attività economiche – con l'esclusione di poche, non coinvolte o addirittura favorite dall'incantesimo del lockdown, tra cui quelle connesse al dispiegamento della rete di comunicazione 5G – anche il mio lavoro abituale si è ridotto enormemente. Ho allora dedicato un po' di tempo a produrre, in collaborazione con l'Associazione IppocrateOrg (www.ippocrateorg.org), che ha lanciato l'iniziativa, un documento che raccoglie in maniera organica informazioni riguardanti le nuove tecnologie di comunicazione, con particolare riferimento alla rete 5G e alle comunicazioni satellitari.

Un notevole contributo sia al reperimento di gran parte del materiale utilizzato sia alla correzione delle bozze è stato fornito da Mauro Rango, fondatore dell'Associazione IppocrateOrg, da Cristina Landi, da Graziella Cordeddu, e da Annalisa Ghiglia. Ho cercato di fare del mio meglio per quanto riguarda la selezione delle informazioni, ma non garantisco l'affidabilità totale di quanto esposto, e invito chiunque rilevi errori o imprecisioni ad inviarmi comunicazione scritta all'indirizzo e-mail indicato sotto in modo che possa provvedere alla correzione. Ho cercato di delineare i principi della propagazione dei campi elettromagnetici e di trasmissione dei segnali in modo che i concetti di base siano accessibili a chiunque abbia un titolo di studio delle scuole medie superiori. Chiedo una qualche indulgenza da parte del lettore che abbia maggiori conoscenze in ambito fisico o ingegneristico, ma accetto volentieri suggerimenti migliorativi.

Lo sfondo in copertina mostra un evento astronomico a cui ho assistito personalmente il 24 dicembre 2019, intorno alle 18.40, un fenomeno che non avevo mai osservato in precedenza. Una processione di corpi luminosi (a destra nella figura) attraversa la volta celeste valchiusellese in direzione ovest-est spegnendosi allo zenit: si tratta dei satelliti lanciati con l'ultima missione di SpaceX del 2019.

Chiunque è libero di scaricare, stampare, e divulgare con qualunque mezzo il presente opuscolo a titolo gratuito.

Carla Young, 20 dicembre 2020

cyaorulnag@gmail.com

INDICE

1	Introduzione.....	1
2	Comunicazioni cellulari e nuove frontiere	4
2.1	Alcuni concetti basilari di trasmissioni radio	4
2.2	Breve cenno sui sistemi di trasmissione cellulari	7
2.3	La nuova frontiera delle comunicazioni terrestri: il 5G	9
2.3.1	Bande di frequenza	10
2.3.2	Gestione della potenza.....	12
2.3.3	Caratteristiche della tecnologia 5G	15
2.3.4	Applicazioni in ambito civile	16
2.3.5	Applicazioni in ambito militare.....	16
2.4	La nuova frontiera delle comunicazioni satellitari: Starlink	17
2.4.1	Modalità di comunicazione	21
2.4.2	Applicazioni in ambito civile	23
2.4.3	Applicazioni in ambito militare.....	24
2.4.4	Impatto sull'ambiente terrestre e spaziale	25
3	Campi elettromagnetici e inquadramento normativo	29
3.1	Classificazione dei campi elettromagnetici e inquinamento elettromagnetico.....	30
3.2	Criteri per la definizione dei limiti di esposizione	32
3.2.1	OMS	33
3.2.2	IARC	33
3.2.3	ICNIRP	36
3.2.4	ISS	37
3.3	Limiti di intensità di campo e densità di potenza in Europa	38
3.3.1	Normativa di riferimento.....	39
3.3.2	Normativa di riferimento per sorgenti mobili.....	41
3.3.3	Valori limite nei Paesi europei	41
3.3.4	Valori limite in Italia	42
3.3.5	Opportunità di ridurre i limiti e previsioni in vista del dispiegamento del 5G	47
4	Inquinamento elettromagnetico e salute.....	49
4.1	Effetti acuti termici ed elettrici.....	51
4.2	Ipersensibilità elettromagnetica.....	52
4.3	Studi e osservazioni riguardanti batteri, cellule, insetti, uccelli	59
4.3.1	Batteri	59
4.3.2	Cellule vegetali.....	60
4.3.3	Cellule umane.....	61
4.3.4	Insetti e uccelli.....	62

4.4	Osservazioni, studi, sentenze riguardanti la cancerogenicità	64
4.5	Altri effetti biologici	68
4.5.1	Danni alla barriera emato-encefalica e disturbi neurologici e comportamentali.....	69
4.5.2	Aumento del consumo del glucosio cerebrale durante la telefonata	70
4.5.3	Effetti sulla melatonina	71
4.5.4	Effetti sul sistema immunitario	72
4.6	Effetti delle onde millimetriche (5G).....	73
5	Consigli sull'utilizzo dei dispositivi mobili	75
5.1	Campo emesso dai cellulari	76
5.2	Consigli d'uso generali	78
5.3	Avvertenze particolari per bambini e donne incinte	80
5.4	Evoluzione verso gli smartphone 5G	82
6	Risvolti sociopolitici e cenni di carattere giuridico.....	83
6.1	Problematiche evidenziate dagli operatori riguardo allo sviluppo del 5G	84
6.2	Pervasività nella vita privata	86
6.2.1	Big data	86
6.2.2	Intelligenza artificiale, <i>machine learning</i> , e industria 4.0.....	88
6.2.3	Agenda digitale e COVID: <i>Great Reset</i> e <i>COVID Action Platform</i>	90
6.2.4	Classifica sociale: l'esempio del Sistema di Credito Sociale Cinese (SCS)	96
6.2.5	Droni	98
6.3	Iniziative per la tutela della salute dall'esposizione elettromagnetica	98
6.3.1	Applicazione del Principio di Precauzione e del Codice di Norimberga	101
6.3.2	Orientamenti attuali.....	102
6.4	Associazioni	103

1 INTRODUZIONE

Negli ultimi venticinque anni si è assistito ad una rapida transizione dalle tradizionali comunicazioni telefoniche fisse via cavo a comunicazioni senza filo tra dispositivi associati a persone o oggetti in movimento, le quali, avvalendosi dell'utilizzo di antenne, sfruttano la propagazione di segnali elettromagnetici. La frequenza di questi segnali ricade nella gamma delle onde radio e delle microonde.

Con l'avvento della nuova tecnologia di quinta generazione (5G), la cui implementazione è già iniziata, e con la futura tecnologia di sesta generazione (6G), di cui già si parla, si intende pervenire, come si vedrà, ad un significativo aumento del traffico e delle velocità di trasmissione dei dati e si prevede l'occupazione, non soltanto della porzione di spettro elettromagnetico in uso attualmente, ma anche di gamme di frequenza ad ora inesplorate, corrispondenti alle onde millimetriche. Quest'ultima è infatti una necessità dettata, oltre che dall'aumento delle velocità di trasmissione, anche dal fatto che, nella gran parte dei luoghi abitati, con le tecnologie pre-esistenti, la gamma dalle onde radio alle microonde risulta già saturata a livelli di intensità di segnale che hanno ormai raggiunto i limiti massimi di emissione consentiti dalla legge.

La nuova tecnologia 5G non intende soppiantare le tecnologie pre-esistenti; anzi, essa richiede, almeno in fase iniziale, addirittura un potenziamento della già affermata tecnologia 4G per potere operare al meglio. Il previsto marcato incremento di traffico, combinato alla necessità di lavorare a frequenze più elevate, per le quali a parità di distanza dalla sorgente emissiva si ha maggiore attenuazione del segnale, richiede una moltiplicazione delle antenne di comunicazione radiomobile sul territorio. Al fine di garantire massima copertura cercando al contempo di contenere tale proliferazione, la quale risulterebbe in una moltiplicazione dei costi infrastrutturali, e al fine altresì di riuscire ad operare anche in bande di frequenza in cui i livelli limite di emissioni elettromagnetiche sono già stati raggiunti, i gestori impegnati nel 5G stanno già facendo pressione sui governi per ottenere una modifica delle leggi nazionali nel senso di un aumento dei livelli massimi di intensità di segnale consentiti dalla legge.

Si prevede, pertanto, l'occupazione di tutto lo spettro elettromagnetico dalle frequenze radio fino alle onde millimetriche, con livelli di intensità tuttora da definire.

Simultaneamente allo sviluppo delle reti 5G, in una competizione che sta vedendo come principali attori Cina e Stati Uniti, sta procedendo a ritmi serrati l'invio nello spazio di satelliti

artificiali per le telecomunicazioni. Degna di particolare attenzione è la Space-X Starlink Mission, una rete formata da una flotta che entro il 2027 dovrebbe già contare oltre una decina di migliaia di satelliti ad orbita bassa in comunicazione con i dispositivi utente sulla Terra e in comunicazione tra loro, con l'obiettivo di garantire connessione Internet satellitare veloce in ogni punto del globo.

Si prospetta in pratica l'onnipresenza di radiazioni elettromagnetiche a radiofrequenza a cui nessun essere vivente potrà sottrarsi e le cui conseguenze dannose sulla biologia umana e animale sono solo parzialmente note e documentate. In ogni caso, le migliaia di documenti già reperibili nella letteratura scientifica soggetta a revisione paritaria (*peer reviewed*) evidenziano effetti nocivi sugli esseri viventi, che sono spesso minimizzati, quando non totalmente ignorati, persino dagli organismi nazionali e internazionali preposti alla salvaguardia della salute umana, non di rado a causa di conflitti d'interessi.

I vantaggi che offrono queste nuove tecnologie sono la possibilità di connettersi ovunque, la possibilità, come anticipato, di scambiare enormi moli di dati a velocità molto più elevate rispetto a quelle attuali, il risparmio delle batterie dei dispositivi connessi, ecc.

Tali caratteristiche dovrebbero quindi favorire il perseguimento di obiettivi applicativi che vanno dall'Internet delle cose (IoT – *Internet of Things*), che prevede la comunicazione tra oggetti (per esempio, per domotica, monitoraggio, sorveglianza, ecc.) – peraltro già implementabile in maniera più che soddisfacente, per le necessità ordinarie, con le attuali tecnologie –, il traffico a guida automatica, l'automazione dell'agricoltura e dell'industria, la telemedicina, e poi, obiettivi a quanto pare ancor più irrinunciabili, la realtà virtuale e la realtà aumentata.

Da non dimenticare sono le applicazioni, più sottaciute ma certamente non meno rilevanti, di natura strategico-militare. Nel caso di Starlink, per esempio, satelliti a scopo commerciale possono essere utilizzati per mascherare satelliti di intelligence militari. Nel caso del 5G, sta già partendo la sperimentazione di questa tecnologia per il coordinamento automatico di missioni militari condotte da sciame di veicoli militari autonomi, senza pilotaggio a distanza.

Nel panorama generale delineato sopra, si stanno via via attivando diverse associazioni spontanee di medici, ricercatori, scienziati, giuristi, cittadini con l'obiettivo comune di colmare il vuoto informativo e di opporsi all'implementazione di queste nuove tecnologie in assenza di alcuna garanzia di innocuità. Anche a livello di amministrazioni pubbliche, infatti, si riscontra spesso notevole ignoranza in materia, e ciò spiega, in parte, la difficoltà o impossibilità di ottenere dalle istituzioni una moratoria alla prosecuzione della loro

implementazione. Le varie associazioni rivendicano l'ottemperamento del dovere primario di fornire informazione corretta ed esaustiva, non solo da parte dei soggetti privati detentori e gestori delle nuove tecnologie, ma anche da parte delle istituzioni governative che, spesso in aperto conflitto d'interessi, hanno dato il via libera a tali soggetti privati, assegnando bande e permettendo l'implementazione delle tecnologie senza informare né consultare minimamente la cittadinanza e senza neppure acquisire idonea documentazione scientifica che attesti l'assenza di nocività per la salute umana e l'ecosistema.

Scopo del presente opuscolo è di fornire informazioni generali riguardo alle caratteristiche di funzionamento delle tecnologie citate e all'afferente legislazione e di analizzare in maniera più dettagliata gli effetti dell'esposizione alle radiofrequenze sulla biologia degli esseri viventi.

Si intende anche fornire qualche spunto in merito a tematiche correlate, più complesse e non di minore rilevanza, relative ad eventuali risvolti di rilievo sociopolitico che si potrebbero prospettare in ragione di una possibilità di sorveglianza molto più capillare dei singoli individui.

Verranno trattate invece in maniera molto marginale tematiche delicate, anch'esse di notevole interesse e meritevoli di approfondimento, relative alle conseguenze di natura neuropsichiatrica derivanti da un eccessivo utilizzo di dispositivi elettronici e/o dalla fruizione di determinati contenuti, che possono prevedere anche l'implementazione di tecniche di stimolazione e manipolazione del sistema nervoso tramite campi elettromagnetici.

Tutte le informazioni contenute in questo documento sono desunte da vari contributi forniti dalle associazioni menzionate sopra e da diversi articoli e studi reperibili in rete.

2 COMUNICAZIONI CELLULARI E NUOVE FRONTIERE

In questo capitolo si descriveranno dal punto di vista fisico e applicativo nuove tecnologie per comunicazioni a radiofrequenze che sono attualmente in corso di dispiegamento. Ad una presentazione sommaria dei fondamenti su cui si basa il funzionamento delle comunicazioni a radiofrequenze, seguirà un'analisi più approfondita dello standard di comunicazione di quinta generazione (5G) e dei sistemi di comunicazione satellitare, con particolare riferimento al sistema Starlink.

2.1 Alcuni concetti basilari di trasmissioni radio

Se in un oggetto conduttore di geometria opportuna si determina il passaggio di una corrente sinusoidale di cariche elettriche, cioè una corrente che percorre l'oggetto in opposte direzioni in maniera ciclica a una data frequenza f , il moto di cariche generato determina una forza, misurata in newton (N), la quale va ad agire sulle cariche di altri oggetti conduttori posti nello spazio a distanza dal conduttore su cui è stata generata la corrente. Questa forza, detta *forza elettromagnetica*, perché costituita da una componente elettrica e una componente magnetica, induce negli oggetti conduttori una corrente sinusoidale alla stessa frequenza di quella generata.

L'oggetto conduttore su cui si genera la corrente funziona come antenna trasmittente; gli oggetti conduttori su cui la corrente viene indotta per via della forza elettromagnetica funzionano come antenne riceventi. Per semplicità ci si riferirà nel seguito a queste due tipologie di oggetti col nome della loro funzione, anche se non necessariamente si tratta effettivamente di antenne, cioè di oggetti progettati e dimensionati specificatamente per la trasmissione e la ricezione di segnali in una determinata banda di frequenze.

Il fenomeno descritto sopra si verifica in ogni punto dello spazio in cui possono essere poste le antenne riceventi. Quindi è conveniente associare alla forza prodotta dall'antenna trasmittente un campo, che descrive punto per punto come agisce la forza per unità di carica, cioè con quale intensità, in quale direzione, ecc. Il campo associato alla forza elettromagnetica è detto *campo elettromagnetico* e anch'esso, rappresentando la forza per unità di carica, ha una componente magnetica e una componente elettrica.

L'intensità della componente magnetica del campo, detta *campo magnetico*, si misura in ampere al metro (A/m).

L'intensità della componente elettrica del campo, detta *campo elettrico*, si misura in newton per coulomb (N/C) o volt al metro (V/m).

Il campo irradiato ha caratteristiche di propagazione ondulatorie, il che significa che si comporta come un'onda che si propaga nello spazio.

Dal momento che il comportamento del campo irradiato è ondulatorio, esso può essere modellato come un'onda.

La velocità alla quale quest'onda si propaga nello spazio è detta *velocità della luce* ed è simboleggiata con la lettera "c". Essa è costante, nel senso che un campo irradiato, indipendentemente dalla frequenza, si propaga in un dato mezzo sempre a una stessa velocità fissa, che dipende unicamente dalle proprietà di quel mezzo. Essendo una velocità, si misura in metri al secondo (m/s), e nello spazio libero (vuoto) il suo valore è circa uguale a $3 \cdot 10^8$ m/s (300.000 km/s).

Fissato un punto dello spazio, si osserva che il campo che si misura (tramite un'antenna ricevente) in quel punto oscilla, ossia aumenta raggiungendo un valore massimo, per poi diminuire raggiungendo un valore minimo in maniera ciclica. Il tempo che intercorre tra due massimi o due picchi consecutivi (o indifferentemente tra due minimi o due valli consecutive) è detto *periodo* T e si misura in secondi (s). Il numero di oscillazioni o cicli nell'unità di tempo, per esempio in un secondo, è la *frequenza* di oscillazione f ed è l'inverso del periodo ($f = 1/T$); la frequenza si misura in hertz (Hz; $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$). Il periodo T e la frequenza f sono pari al periodo e alla frequenza di oscillazione della corrente applicata all'oggetto conduttore, ossia all'antenna trasmittente.

Fissato un istante, e immaginando di misurare punto per punto il campo su una data lunghezza spaziale, questo campo alterna nello spazio valori massimi a valori minimi con profilo sinusoidale; la distanza tra due picchi consecutivi (o indifferentemente tra due valli consecutive) di quest'onda è detta *lunghezza d'onda* λ e si misura in metri (m).

Visto che l'onda si propaga alla velocità della luce c, se il tempo che intercorre tra la comparsa di due picchi successivi in uno stesso punto dello spazio è $T = 1/f$, la lunghezza d'onda λ , che è pari alla distanza spaziale tra due picchi successivi, è data dalla velocità di propagazione dell'onda moltiplicata per il tempo intercorso tra i due picchi, quindi in formule: $\lambda = c \cdot T = c/f$. Ciò significa che frequenza e lunghezza d'onda sono inversamente proporzionali: tanto maggiore è la frequenza, tanto minore è la lunghezza d'onda, e viceversa.

Quando si considera una data tipologia di campo, si può far riferimento indifferentemente alla lunghezza d'onda o alla frequenza.

La propagazione dei campi può essere utilizzata per trasferire informazione. Questo si ottiene modulando il segnale sinusoidale applicato all'antenna trasmittente. La modulazione può avvenire secondo diverse tecniche, per esempio variando, a seconda dei dati (analogici o digitali) da trasmettere, l'ampiezza del segnale applicato, cioè l'altezza dei suoi picchi, in un dato intervallo di valori di ampiezza, oppure variando la frequenza in un dato intervallo intorno alla frequenza fondamentale f , oppure applicando altre tecniche, anche miste. Il segnale non modulato è detto *portante* perché serve per portare l'informazione. Il segnale che modula la portante è detto *modulante*.

Tanto maggiore è la frequenza della portante, tanto maggiore è la quantità di dati con cui è possibile modulare la portante nell'unità di tempo: quindi, all'aumentare della frequenza, è possibile aumentare la velocità di trasferimento dei dati. Questo lo si può comprendere in maniera abbastanza intuitiva considerando una modulazione di ampiezza con cui, per fissare le idee, si immagina per esempio di voler trasmettere due dati corrispondenti ai valori numerici "2" e "3", raddoppiando l'ampiezza della portante con il primo dato e triplicando l'ampiezza della portante col successivo: si osserva immediatamente che occorre aspettare almeno il tempo corrispondente a due picchi successivi per poter eseguire questa operazione. Se i picchi sono temporalmente vicini, e quindi la frequenza è elevata, si riescono a trasmettere questi due valori rapidamente; tanto più l'intervallo di tempo tra i due picchi è corto, e quindi tanto maggiore è la frequenza, tanto maggiore è la velocità a cui i due valori si riescono a trasmettere, e viceversa.

Vi sono varie tecniche ulteriori, su cui non ci si addenterà, le quali permettono, lavorando con più portanti a diverse frequenze, quindi operando su una larga banda di frequenze, di aumentare la sicurezza delle comunicazioni e la robustezza a segnali interferenti naturali e non. Tanto più larga è la banda richiesta, tanto più elevata dev'essere la frequenza su cui tale banda è centrata.

A un campo di una data intensità è associata una potenza per unità di superficie, detta *densità di potenza* S . La densità di potenza S , misurata in watt al metro quadro (W/m^2) è legata all'intensità del campo elettrico E . Ad una sufficiente distanza, pari a qualche lunghezza d'onda, dalla sorgente emissiva (o antenna trasmittente) vale la relazione $S = E^2/Z_0$. Z_0 è detta *impedenza caratteristica del vuoto*, è misurata in ohm (Ω), ed è circa pari a 377Ω . La distanza a partire dalla quale vale questa relazione è detta *zona di campo lontano*: in questa

zona l'onda emessa è approssimabile con un'onda piana, ossia con un'onda i cui fronti d'onda sono piani perpendicolari alla direzione di propagazione.

L'onda, propagandosi in ogni direzione a partire dalla sorgente emissiva, decresce di intensità e quindi di potenza, attenuandosi progressivamente, esattamente come avviene quando si lancia un sasso in acqua: le onde che vanno a formarsi a partire dal punto in cui è caduto il sasso sono via via più basse tanto più ci si allontana da quel punto. Quindi, per trasferire un segnale su lunghe distanze, occorre periodicamente captarlo, riamplicarlo, e ritrasmetterlo: questa operazione viene eseguita dalle stazioni radio base. L'attenuazione spaziale a cui va incontro l'onda durante la sua propagazione, detta *attenuazione di spazio libero*, è una funzione della frequenza: tanto più alta è la frequenza, tanto più rapida è l'attenuazione, e viceversa.

Vi è poi un ulteriore fenomeno che dipende dalla frequenza: all'aumentare della frequenza, infatti, e quindi al diminuire della lunghezza d'onda, decresce la penetrazione del campo negli oggetti; quindi, se a frequenze relativamente basse una montagna può ostacolare la propagazione del segnale ma un edificio no perché il segnale lo attraversa indisturbato, ad alte frequenze persino il fogliame di una pianta può non permettere la propagazione del segnale.

2.2 Breve cenno sui sistemi di trasmissione cellulari

I sistemi di trasmissione cellulare attuale si caratterizzano per la suddivisione del territorio coperto in più celle, ognuna servita da una stazione radio base. La funzione delle stazioni radio base è di ricevere e ritrasmettere i segnali provenienti dai dispositivi mobili (per esempio telefoni cellulari) presenti nelle varie celle.

In generale, in una trasmissione digitale, come lo sono le trasmissioni delle comunicazioni cellulari, tutta l'informazione (video, audio, testi) viene digitalizzata, ossia trasmessa come sequenze di numeri, i quali vengono rappresentati su base binaria, ossia con due cifre "0" e "1", dette *bit* (contrazione di *binary digit*). La velocità di trasmissione e ricezione dei dati si misura in bit al secondo (bps).

Per trasferire informazione da un dispositivo trasmittente ad un dispositivo ricevente remoto, il dispositivo trasmittente modula, con l'informazione da trasferire, una portante ad una frequenza opportuna e, tramite la propria antenna, invia il segnale modulato all'antenna della stazione radio base della cella in cui si trova.

A sua volta, la stazione radio base cui fa capo il dispositivo trasmittente trasmette il segnale – tramite ponte radio, terrestre o satellitare, oppure tramite collegamento per esempio

in fibra ottica – alla stazione radio base della cella in cui si trova il dispositivo ricevente, la quale irradia il segnale all'interno della cella.

A questo punto, il dispositivo ricevente capta, tramite la propria antenna, il segnale irradiato nella cella dalla stazione radio base, lo demodula, e ricava l'informazione trasmessa.

La trasmissione del segnale dal dispositivo trasmittente alla stazione radio base è detta *uplink*.

La trasmissione del segnale dalla stazione radio base al dispositivo ricevente è detta *downlink*.

Una stessa antenna della stazione radio base può servire contemporaneamente in downlink più dispositivi mobili presenti nella cella di propria competenza, diffondendo all'interno della cella stessa un unico segnale che è la combinazione di tutti i segnali relativi a tutti i dispositivi serviti. Ogni dispositivo selezionerà da questo unico segnale la porzione di propria pertinenza in base a una banda di frequenza, ad una finestra temporale, e/o a una codifica assegnate in maniera dinamica al dispositivo. Un ragionamento analogo vale per la trasmissione in uplink.

Quindi gli attuali sistemi di comunicazione determinano un'irradiazione del campo elettromagnetico da parte delle antenne delle stazioni radio base che interessa tutta la cella.

Le bande di frequenza occupate allo stato attuale dalle comunicazioni cellulari vanno dagli 700 MHz ai 2600 MHz, corrispondenti a lunghezze d'onda che decrescono, all'aumentare della frequenza, da 42,9 cm a 11,5 cm. Esse si collocano nella porzione dello spettro elettromagnetico che va dalle onde radio alle microonde.

Il previsto aumento della densità dei terminali mobili connessi alla rete richiede una riduzione dell'estensione delle celle, con conseguente aumento della densità di antenne delle stazioni radio base.

A parità di frequenza di lavoro, un aumento del numero di antenne permette sia la riduzione della potenza emessa dai terminali in trasmissione (per esempio un cellulare, come mostrato in Figura 1), sia la riduzione della potenza emessa dall'antenna: in prossimità di un'antenna che serve una cella di grandi dimensioni l'intensità di campo misurata può essere molto più elevata rispetto a quella misurata in prossimità di un'antenna che serve una cella di piccole dimensioni. In altre parole, non necessariamente un aumento della densità delle celle implica un aumento delle emissioni elettromagnetiche.

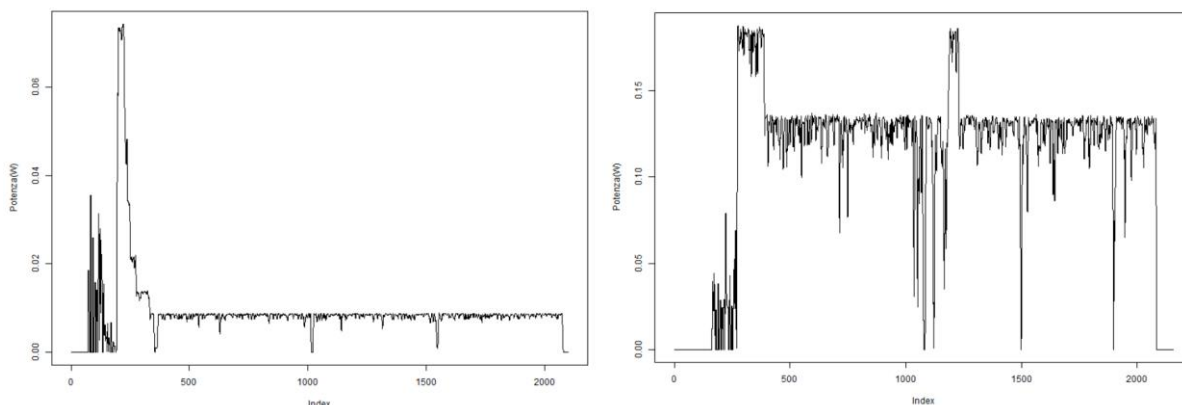


Figura 1 - Andamento nel tempo della potenza emessa da due cellulari 2G durante una chiamata in condizioni di buona copertura (sinistra) e in condizioni di cattiva copertura (destra). Fonte: [ARPA Piemonte](#) [1].

Come detto in precedenza, tanto più si sale in frequenza, tanto più è possibile aumentare la velocità e la banda di trasmissione dei dati. Tuttavia, tanto più si sale in frequenza, tanto maggiori sono le attenuazioni. Per far fronte a questo problema, occorrerebbe o ridurre l'estensione delle celle anche al di sotto delle necessità dettate dall'incremento previsto della densità di dispositivi connessi – ma ciò implica una proliferazione delle antenne delle stazioni radio base e quindi maggiori costi di dispiegamento della rete –, oppure, per contenere tali costi, innalzare i limiti massimi di potenza irradiata; in questa direzione si vedrà nei prossimi capitoli che vi sono notevoli pressioni.

2.3 La nuova frontiera delle comunicazioni terrestri: il 5G

Con l'acronimo 5G si fa riferimento alle tecnologie e agli standard di quinta generazione per la telefonia mobile.

Si è assistito, nel corso degli anni, ad una rapida evoluzione dalle reti mobili di prima generazione, che consentivano unicamente il traffico voce, alle reti di seconda generazione, che hanno permesso anche l'invio di messaggi di testo, a quelle di terza generazione, che hanno introdotto la possibilità di trasmissione di dati, a quelle di quarta generazione, con notevole miglioramento delle prestazioni nella navigazione in Internet. Il 5G, come vedremo, si orienta verso nuovi obiettivi tecnologici (robotica, guida automatica, realtà virtuale, IoT).

I requisiti minimi per definire le caratteristiche tecniche del 5G sono descritti nel documento “[Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface\(s\)](#)”, 2017 [3]. ITU è la International Telecommunications Union, un'agenzia ONU che stabilisce le politiche internazionali sullo spettro radio.

In Italia il MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) ha recepito il 5G Action Plan della Commissione europea, lanciato il 14 settembre 2016, per promuovere uno sviluppo di questa tecnologia quanto più possibile armonico tra i diversi Stati, con l'obiettivo di realizzare il 5G entro il 2020 e di portarlo ad una copertura totale entro il 2025.

Dal 2019 è iniziato il dispiegamento della rete 5G a partire dalle città di Milano, Torino, Napoli. Nonostante la forte opposizione da parte di diversi rappresentanti del mondo scientifico, associazioni, e sindaci di numerosi Comuni, la rete si sta estendendo via via su tutto il territorio nazionale.

Entro la fine del 2024 si stima che il 5G raggiungerà oltre il 40% della popolazione globale e che ci saranno 1,5 miliardi di abbonamenti alla nuova tecnologia.

Il 5G prevede sia un aumento della velocità e della banda di trasmissione dei dati, sia una maggior densità di dispositivi connessi simultaneamente; di conseguenza, le celle sono piccole e densamente raggruppate.

2.3.1 Bande di frequenza

Per consentire al tempo stesso un'alta velocità di trasmissione, un'ampia banda, e la comunicazione simultanea da parte di numerosi dispositivi interconnessi, il 5G prevede di operare fino a frequenze molto elevate (che, in base allo standard, raggiungono i 300 GHz), corrispondenti alle onde millimetriche. Le alte frequenze presentano scarsissima penetrazione in ostacoli che abbiano uno spessore superiore alla lunghezza d'onda. Quindi sia ostacoli naturali (soprattutto alberi e vegetazione, ma, alle frequenze più elevate, anche pioggia, neve, grandine) sia ostacoli artificiali (muri di edifici, e manufatti in generale) possono impedire la trasmissione: il segnale al di là dell'ostacolo non risulta più visibile, e quindi non lo si riesce a captare.

Da quanto detto sopra discende la necessità di un'elevata densità di antenne, che saranno presenti ovunque a distanze molto ravvicinate, dell'ordine dei 100 m o anche inferiori, su lampioni, rotonde, ecc., con soluzioni previste per l'irradiazione anche l'interno degli edifici. Esse comunicheranno tra loro in visibilità diretta, o tramite ponte radio satellitare, o mediante fibra ottica.

Per l'implementazione della tecnologia 5G sono previste tre bande:

- la banda alta (banda MMW – *MilliMetre Wave*), che opera tra 24 GHz e 300 GHz;
- la banda media (banda sub-6), che opera tra 1 GHz e 6 GHz; e
- la banda bassa, al di sotto di 1 GHz.

Le compagnie di telecomunicazione cinesi, in particolare Huawei e ZTE, all'avanguardia nella tecnologia 5G, sono focalizzate sulla banda sub-6, che permette realizzazioni meno costose rispetto alla banda MMW.

Le compagnie statunitensi, dirette concorrenti, Verizon, AT&T, Sprint, e T-Mobile, stanno proseguendo la ricerca e lo sviluppo di tecnologie che operano nella banda delle onde millimetriche. Questa banda offre il vantaggio di permettere velocità superiori e livelli di sicurezza più elevati, ma la contropartita è un maggiore costo tecnologico, sia per la necessità di risolvere i problemi legati all'interferenza degli ostacoli sia per via del maggior numero di stazioni base richiesto. Nel tentativo di sbaragliare un'estensione a livello globale della meno costosa tecnologia cinese operante nella banda sub-6 – coi notevoli vantaggi economico-strategici che per la Cina una tale estensione potrebbe comportare – le compagnie statunitensi si stanno anche orientando verso le bande inferiori. Tuttavia, si trovano a dover far fronte a qualche difficoltà. Infatti, per quanto riguarda la banda bassa, intorno ai 700 MHz essa è occupata dalla precedente tecnologia LTE sviluppata su larga scala negli Stati Uniti da AT&T e Verizon. Per quanto riguarda, invece, la banda sub-6, il Dipartimento della Difesa (DoD) americano utilizza questa porzione dello spettro per la maggioranza delle proprie applicazioni; per alcune applicazioni militari di alto profilo utilizza anche le frequenze corrispondenti alle onde millimetriche. Negli Stati Uniti vi è quindi minore disponibilità di banda sub-6 per scopi commerciali rispetto ad altri Paesi, ed è per questo motivo che gli Stati Uniti, all'avanguardia nello sviluppo della precedente tecnologia 4G LTE, si trovano ora in ritardo rispetto alla Cina nello sviluppo della tecnologia 5G [6], se non altro per quanto riguarda l'implementazione della rete terrestre.

In Italia, nel 2018 il MISE ha stabilito il Piano nazionale di ripartizione delle frequenze e indetto l'asta per la loro assegnazione ai gestori. L'asta si è chiusa il 2 ottobre 2018 ed è stata approvata con la determina di aggiudicazione del 9 ottobre 2018.

Sono state assegnate, agli operatori di telefonia mobile aggiudicatari, tre bande distinte: la banda 694-790 MHz, già adoperata dalle televisioni RAI e Mediaset (a cui è stato richiesto di liberare lo spazio e trasferirsi su altre frequenze messe all'asta), e le bande 3600-3800 MHz (lunghezza d'onda dell'ordine della decina di centimetri) e 26,5-27,5 GHz (lunghezza d'onda dell'ordine del centimetro), cosiddette “pioniere”, perché in precedenza inesplorate. Gli assegnatari, le cui offerte hanno raggiunto un ammontare complessivo di oltre 6 miliardi di Euro, da saldare entro quattro anni, sono stati gli operatori Vodafone, TIM, Iliad, Wind Tre, Fastweb.

La banda a frequenza più elevata garantisce maggiori velocità di trasferimento dati, e il suo utilizzo è previsto per offrire la connettività 5G a prestazioni elevate, mentre le frequenze più basse sono state scelte proprio per la loro capacità di penetrazione, in quanto consentono il più agile superamento degli ostacoli e quindi una diffusione capillare della rete.

Allo stato attuale il 5G utilizza per il 31% la banda a 700 MHz, per il 66% quella a 3700 MHz, e per il restante 3% quella a 27 GHz.

2.3.2 Gestione della potenza

A differenza dei sistemi di comunicazione pre-esistenti, la tecnologia 5G si caratterizza per una gestione dinamica e adattativa del segnale di antenna, che non verrebbe più irradiato a potenza costante in tutte le direzioni coinvolgendo l'intera cella, ma, tramite applicazione di tecniche dette di *beamforming* e *beam steering*, verrebbe indirizzato come fascio concentrato direzionabile sulla singola utenza da servire, in base alla sua posizione. Il beamforming e il beam steering si ottengono facendo ricorso ad antenne intelligenti (*smart*) adattative di tipo mMIMO (massive Multiple-Input Multiple-Output) per ottimizzare la possibilità di invio e ricezione simultanea dei dati verso un maggior numero di dispositivi connessi.

Il fatto che il fascio sia mirato in direzione dell'utente potrebbe in linea teorica determinare livelli medi ambientali più bassi, ma, stando a quanto afferma ARPA Piemonte nell'articolo online "[La tecnologia 5G](#)" [1] del 4/5/2020, "*si possono verificare valori di picco più elevati in brevi periodi temporali (inferiori a 6 minuti)*" con la possibilità di "*esposizioni di picco significative*".

Di fatto occorre in primo luogo osservare che comunque il fascio non coinvolge unicamente l'utente interessato, ma anche tutti gli individui non connessi che risultino presenti lungo il cammino tra l'antenna e il terminale ricevente entro l'angolo solido o cono del fascio emesso, la cui ampiezza di apertura peraltro non può essere ridotta a piacere. Infatti, fissate le dimensioni di un'antenna, che opera su una determinata banda di frequenze, l'ampiezza del cono del fascio emesso è inversamente proporzionale alla frequenza: tanto più la frequenza del segnale trasmesso è bassa, tanto più largo è il fascio.

Se poi si considera la possibilità che più dispositivi utente siano connessi contemporaneamente ad una singola antenna mMIMO, ognuno sarà raggiunto dal proprio fascio con rispettiva direzione e rispettivo cono di apertura, e quindi il volume effettivo della cella interessato dal campo è rappresentato dalla sovrapposizione dei vari fasci.

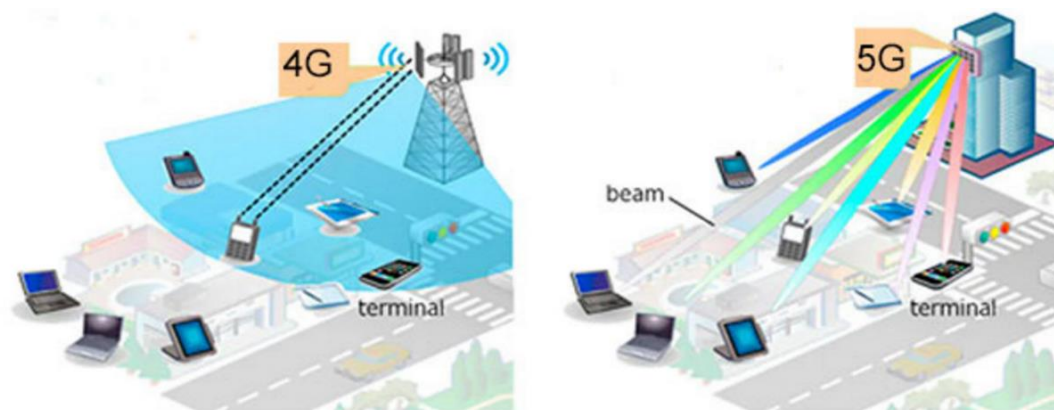


Figura 2 - Immagini tratte dal sito [ARPA Emilia Romagna](https://arpa.emilia-romagna.it/) [2], rappresentazioni un po' mistificatorie aventi lo scopo di evidenziare come con la tecnologia 5G (figura a destra) si otterrebbe una minore esposizione elettromagnetica nelle aree non interessate dalla trasmissione rispetto alla tecnologia pre-esistente 4G (figura a sinistra).

Quanto detto sopra vale in linea teorica. In pratica, infatti, dalla descrizione fisica e da un'analisi delle specifiche tecniche delle antenne 5G prodotte dalla multinazionale Ericsson, si evince che di fatto non si utilizza il classico beamforming, che prevede l'emissione di un unico fascio in direzione dell'utente, come vorrebbe la narrazione prevalente, ma si utilizza la tecnica del *beamforming generalizzato*, la quale sfrutta anche le riflessioni multiple determinate dagli oggetti fissi (edifici, ecc.).

Quindi, per raggiungere un singolo utente, non viene emesso un unico fascio, ma vengono emessi molteplici fasci, generati da una schiera costituita da un numero configurabile di sottoschiere di antenne. Tali fasci vengono emessi in molteplici direzioni e con parametri fisici determinati numericamente in modo da creare interferenza costruttiva (somma di segnali) al dispositivo ricevitore e interferenza distruttiva (attenuazione o annullamento tra segnali) ai dispositivi non collegati. In tutto il restante volume della cella ci possono essere zone di interferenza costruttiva, zone di interferenza distruttiva, con tutte le possibili combinazioni intermedie a seconda delle proprietà dei fasci emessi e delle riflessioni multiple dovute alla presenza degli oggetti.

C'è poi un altro fattore da tenere in conto: per aumentare il numero di utenze servite (vedere le rappresentazioni semplificate delle figure 3a e 3b che prevedono un massimo di 64 utenze servite) o comunque per aumentare del numero di fasci emessi, occorre ridurre il numero di elementi che costituiscono le sottoschiere. Questo determina un fascio con angolo di apertura tanto più ampio (ossia tanto meno concentrato) quanto maggiore è il numero di fasci emessi.

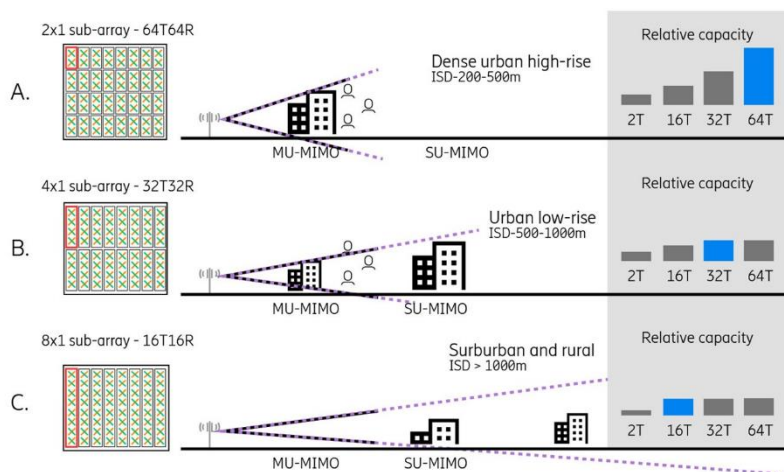


Figura 3a – Schema di un’antenna 5G semplificata che permette di configurare, nel solo piano verticale, guadagno e direzione del fascio emesso, con relativi scenari di configurazione: dall’alto al basso, all’aumentare del numero di elementi delle sottoschiere utilizzate per formare un unico fascio, il numero di fasci che è possibile emettere, e quindi il numero di possibili utenze servite diminuisce, mentre aumenta la direttività ed è quindi possibile aumentare la massima distanza ISD tra i siti di installazione delle antenne; nella rappresentazione C il fascio non è direzionabile. Fonte: [Ericsson](#) [4].

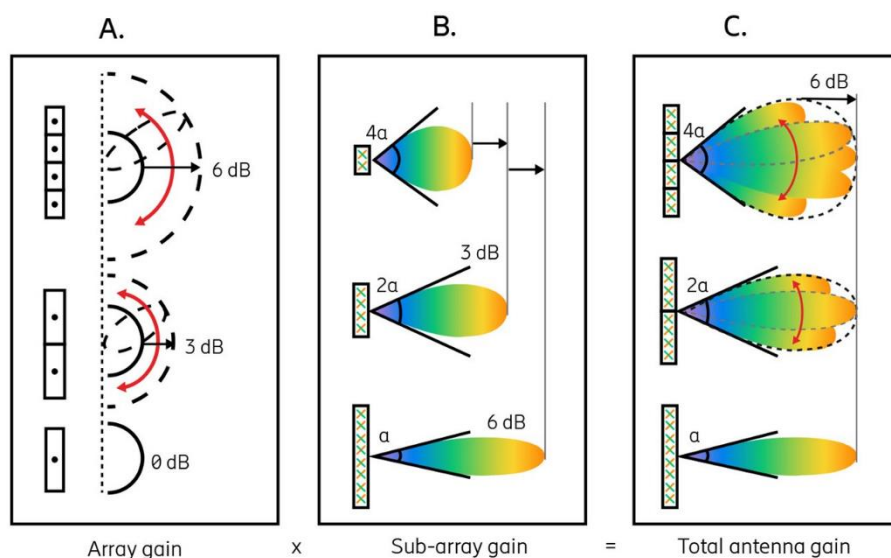


Figura 3b - Schema dell’irradiazione di un’antenna 5G semplificata che permette di configurare, nel solo piano verticale, guadagno e direzione del fascio emesso. Dall’alto al basso, all’aumentare del numero di elementi delle sottoschiere, il numero di fasci che è possibile emettere diminuisce, ma la direttività aumenta; nella rappresentazione C il fascio non è direzionabile. Fonte: [Ericsson](#) [4].

L’intensità di campo specificata dalla stessa Ericsson per queste antenne risulta di 61 V/m ad una distanza di 25 m dall’antenna e sale, man mano che ci si avvicina all’antenna, fino a 120 V/m a 11,1 m dall’antenna; da qui parte la zona rossa, accessibile solo agli addetti ai lavori, oltre la quale è sconsigliato sostare per più di qualche minuto. Questo è quindi il livello dichiarato di possibile esposizione. Si tratta di un livello assolutamente incompatibile con l’attuale limite previsto in Italia, che è di 6 V/m mediato sulle 24 ore.

Occorre altresì aggiungere che, in ogni caso, la tecnologia 5G non è concepita come sostitutiva delle tecnologie pre-esistenti, ma si integrerà con queste. Quindi non comporta la

soppressione delle emissioni elettromagnetiche determinate dalle precedenti tecnologie. Anzi, per massimizzare la qualità e le prestazioni, la nuova tecnologia richiede, almeno per l'implementazione iniziale, addirittura un potenziamento della tecnologia 4G, come spiega Ari Leppä, direttore della Gestione Tecnica FDD-LTE di Nokia nel video “[#5G relies on strong #4G](#)” [5] disponibile su Youtube.

In definitiva, l'intensità totale di campo sarà la somma di quello determinato dal 5G e di quello già determinato dalle tecnologie pre-esistenti. Peraltro, l'intensità derivante dal 5G risulta di difficile misurazione, stante la caratteristica di emissione non costante, non uniforme, e con direzione variabile nello spazio.

Poiché, nella gran parte dei luoghi densamente abitati, con le tecnologie già esistenti, i livelli di intensità di segnale hanno ormai raggiunto i limiti massimi di emissione consentiti dalla legge, i gestori che si sono aggiudicati le bande per implementare il 5G e le multinazionali che si stanno occupando della realizzazione fisica della rete stanno già da alcuni anni facendo pressione sui governi per ottenere una modifica delle leggi nazionali nel senso di un aumento di tali livelli limite, perché altrimenti il funzionamento risulterebbe compromesso. Un altro vantaggio che essi otterrebbero da un aumento dei limiti di emissione, come accennato in precedenza, è la possibilità di ridurre il numero di antenne, con conseguente riduzione dei costi infrastrutturali.

2.3.3 Caratteristiche della tecnologia 5G

La tecnologia 5G prevede di soddisfare le seguenti caratteristiche:

- una velocità di trasmissione dei dati fino a 100 volte superiore a quella attuale: la velocità potenziale massima di 20 Gbps permette di scaricare rapidamente grandi quantità di dati;
- un consumo energetico molto limitato sia per i dispositivi sia per le antenne, anche quando saranno sotto carico; le antenne dovranno essere dotate di una modalità di risparmio energetico nei periodi di non utilizzo;
- un'aumentata capacità di trasmissione dati, per far fronte al crescente traffico;
- un intervallo di tempo (latenza) tra l'invio del segnale e la sua ricezione dell'ordine del millisecondo, da 30 a 50 volte inferiore a quello attuale;
- una densità di oggetti interconnessi per unità di superficie 100 volte superiore a quella attuale, senza impatto sulla velocità di connessione.

2.3.4 Applicazioni in ambito civile

Tutte queste caratteristiche, in particolare l'ultima, dovrebbero favorire lo sviluppo dell'Internet delle cose (IoT, Internet of Things): si sta già assistendo a un'evoluzione delle reti, che non sono più soltanto dedicate ad esclusivo servizio dei dispositivi mobili (quali smartphone o telefoni cellulari), ma si stanno rapidamente estendendo verso la comunicazione tra oggetti, permettendo, per esempio, la possibilità di dialogo tra numerosi elettrodomestici di uso comune, o tra dispositivi e sensori di vario tipo (ad es., colloquio di un veicolo con la strada).

La ridotta latenza tra la trasmissione e la ricezione dei dati permette di governare a distanza e in tempo reale dispositivi e apparecchi, consentendo per esempio il controllo remoto o il coordinamento autonomo di veicoli a guida automatica, la telemedicina, la gestione del traffico su strade, in porti e aeroporti, ecc., la domotica avanzata, l'automazione industriale e la robotica, l'agricoltura, la sorveglianza, il monitoraggio in tempo reale dello stato delle infrastrutture, la simulazione e l'intrattenimento (realtà virtuale e aumentata).

Sono già in commercio microchip impiantabili che permettono la trasmissione di dati in modo da poter fruire di disparati servizi, o chip dotati di sensori per le applicazioni più svariate, come quelli da applicare al pannolino del bambino per avvertire quando il pannolino è da cambiare o quelli da applicare al sedile dell'auto per evitare di dimenticare il bambino in auto.

2.3.5 Applicazioni in ambito militare

A queste applicazioni ad uso civile, si aggiungono anche applicazioni di tipo strategico-militare.

Il documento statunitense [“The 5G ecosystem: risks & opportunities for DoD”](#) [6], pubblicato il 3 aprile 2019 dal Defense Innovation Board, comitato che fornisce consulenza al Dipartimento della Difesa (DoD) americano, evidenzia la capacità del 5G di combinare le attuali reti frammentate del DoD in un'unica rete, per migliorare la consapevolezza situazionale e rendere il processo decisionale più veloce ed efficace. La connettività ad elevate prestazioni favorisce il dispiegamento di nuove tecnologie, ad esempio per l'utilizzo di armi ipersoniche, ossia armi che viaggiano a velocità superiori a 5 volte la velocità del suono, o per la difesa dalle stesse, e potenzialmente rinforza le missioni esistenti, come il comando, il controllo, e le comunicazioni nell'ambito degli armamenti nucleari, il cosiddetto NC3 (*Nuclear Command, Control, Communications*).

Il documento statunitense del Servizio di Ricerca del Congresso intitolato “[National Security Implications of Fifth Generation 5G Mobile Technologies](#)” [7] pubblicato il 22 maggio 2020 prospetta l'utilizzo della rete in ambito militare per: ottimizzare i sistemi di intelligence, sorveglianza e ricognizione (ISR); mettere a disposizione nuovi metodi di comando e controllo; migliorare l'efficienza della logistica; permettere, tramite la realtà virtuale e aumentata, simulazioni ai fini dell'addestramento.

In particolare, questo documento spiega che un'applicazione può riguardare i veicoli militari autonomi, che sono veicoli robotici terrestri, navali, e aerei in grado di effettuare autonomamente operazioni militari senza pilotaggio a distanza. Ciò richiede l'archiviazione e l'elaborazione di un'enorme mole di dati, operazioni che non potrebbero essere effettuate unicamente a bordo del veicolo autonomo. Il 5G permetterebbe a questo tipo di veicoli di utilizzare un sistema esterno di archiviazione ed elaborazione dati, di tipo cloud, il quale può rendere possibili nuovi concetti operativi militari, come quello dello *swarming* in cui ciascun veicolo dello sciame si coordina automaticamente con gli altri per effettuare la missione.

A fine maggio 2020 alla Nellis Air Force Base, Nevada, è stato avviato lo sviluppo di una rete 5G mobile innovativa per uso sia militare che civile. Questa rete, come descritto nell'articolo “[DoD, USAF Warfare Center to Build a 5G Network, Test Prototype Software at Nellis](#)” [8] pubblicato il 28 maggio 2020 sul sito del DoD, è costituita da stazioni base, o torri, rilocabili, le quali possono essere smontate e montate in meno di un'ora. L'inizio della sperimentazione è prevista per gennaio 2021.

2.4 La nuova frontiera delle comunicazioni satellitari: Starlink

Se non è agevole reperire informazioni precise e dettagliate sulla rete 5G sotto il profilo tecnico, ancora più nebulose e frammentarie sono le informazioni riguardanti il progetto Starlink sviluppato dalla compagnia spaziale SpaceX di Elon Musk. Si tratta di una rete satellitare che prevede lanci in orbita di un enorme numero di satelliti, fino a prospettare un dispiegamento di 42.000 unità, per garantire copertura Internet veloce in ogni punto del globo. I lanci sono iniziati nel maggio 2019 e stanno proseguendo a ritmo rapidissimo.

Progetti analoghi ma di portata più limitata sono in corso di esecuzione da parte di altri concorrenti, come Kuiper di Amazon (che prevede il lancio di 3236 satelliti), Samsung (4600 satelliti), One Web (650 satelliti), Telecom, e Boeing; Facebook e Google stanno progettando proprie reti Internet satellitari, e la compagnia canadese Telesat sta sviluppando una costellazione globale, la Telesat LEO. Anche Russia, India, e Cina hanno programmi satellitari, quest'ultima anche a supporto della rete 5G.

D'altra parte la rete Starlink stessa intende anche essere complementare alla rete 5G, e questa competizione tra Cina e Stati Uniti spiega il rapido ritmo di lancio di satelliti da parte di Space X [9].

Per dare un'idea della portata del progetto Starlink e del significato del numero di satelliti previsto, in tutto il corso della storia dagli albori della conquista spaziale (1957) fino a fine 2019, in base all'indice (Online Index of Objects Launched into Outer Space) stilato dall'Ufficio delle Nazioni Unite per gli Affari dello Spazio Extra-Atmosferico (UNOOSA), sono stati lanciati poco più di 9000 satelliti artificiali, di cui circa 5000 sono ancora in orbita e solo 2000 operativi.

Circa 400 di questi satelliti operano in **orbita geostazionaria** (GEO), fissi rispetto alla Terra in precise posizioni determinate da accordi internazionali. L'orbita geostazionaria si trova ad una distanza di circa 36.000 km (35.786 km) dalla superficie terrestre, che è proprio la distanza che garantisce una velocità di rivoluzione del satellite intorno alla Terra (velocità di orbita) pari alla velocità di rotazione della Terra intorno al proprio asse e, di conseguenza, una posizione fissa del satellite rispetto a qualsiasi punto sulla Terra. Per garantire una copertura globale, è sufficiente una costellazione di tre satelliti.

I satelliti geostazionari sono utilizzati per diverse applicazioni, ma principalmente, in ambito civile, per la radio e telediffusione e la meteorologia. Trovano scarso impiego nel campo delle telecomunicazioni – utilizzo limitato a zone allo stato attuale non raggiunte dai sistemi di telecomunicazioni terrestri oppure come servizio di emergenza in caso di guasto ai sistemi terrestri in seguito a calamità naturali o eventi bellici – e nel campo della trasmissione dati (Internet satellitare), e questo a motivo dell'elevata latenza (ritardo di propagazione) dovuta alla notevole distanza. La latenza teorica minima, nel caso di trasmissione unidirezionale, supera 0,2 secondi, ma nella pratica può arrivare a 0,6 secondi. Sarebbe quindi impensabile creare una rete di telecomunicazioni per collegamenti veloci sfruttando questo tipo di satelliti ad orbita geostazionaria.

La funzione principale dei satelliti è quella di stabilire un ponte radio per il trasferimento dei segnali a, o tra, diversi punti della Terra. Il segnale viene trasmesso in uplink da stazioni di Terra fisse e captato dalle antenne del satellite; qui viene opportunamente amplificato e ritrasmesso in downlink a Terra, dove viene captato da stazioni di terra fisse o mobili o, nel caso di trasmissioni radiotelevisive, dalle postazioni fisse dell'utente finale, cioè dalle antenne paraboliche delle abitazioni, orientate in direzione del satellite.

Dal punto di vista della ricezione dei segnali trasmessi dai satelliti, la distanza che separa il satellite dalle antenne riceventi provoca un'inevitabile attenuazione; pertanto, quando il segnale viene captato da un'antenna parabolica, esso è molto debole di intensità. Per questo motivo, la qualità della ricezione può essere influenzata dalle condizioni atmosferiche e da ogni possibile e minimo ostacolo che si frappone tra il satellite e l'antenna.

I satelliti geostazionari utilizzano principalmente due bande di frequenze delle microonde: la banda C con frequenze fra i 5.925 e i 6.425 GHz per l'uplink e frequenze tra i 3.7 e 4.2 GHz per il downlink, e la banda K con frequenze tra 14 e 14.5 GHz per l'uplink e da 12.75 a 13.25 GHz per il downlink.

Ad orbite inferiori, nell'**orbita terrestre media** (MEO, Middle Earth Orbit, dai 2000 ai 35.786 km), si trovano i satelliti utilizzati per geolocalizzazione. I satelliti operanti nell'orbita MEO sono circa il 10% dei satelliti attualmente in orbita. I vantaggi di operare a orbite inferiori rispetto all'orbita geostazionaria sono una potenza di trasmissione richiesta inferiore e una minore latenza (che su questi sistemi vale circa 100-130 ms), ma si perde la proprietà di avere il satellite in un punto fisso del cielo rispetto ad un osservatore al suolo. Il satellite passa abbastanza velocemente nel cielo e, per poter garantire una continuità di servizio, occorre farlo seguire immediatamente da un altro, coi due satelliti che devono operare in maniera coordinata. Per poter coprire l'intero globo è necessaria una flotta di almeno 10-15 satelliti (il numero aumenta al diminuire del raggio orbitale). Un tale sistema fornisce un servizio di posizionamento geo-spaziale a copertura globale che consente a piccoli ed appositi ricevitori elettronici di determinare le loro coordinate geografiche (longitudine, latitudine ed altitudine) su un qualunque punto della superficie terrestre o dell'atmosfera con un errore di pochi metri; le coordinate geografiche vengono ottenute elaborando i segnali nella banda L dello spettro a microonde (tra 1,2 e 1,6 GHz) trasmessi, in linea di vista, da tali satelliti.

Per la telefonia e, a maggior ragione, per la trasmissione dati, se si desidera garantire un servizio ottimale, occorre ridurre ulteriormente le latenze. Ciò significa lavorare ad orbite ancora più basse, le **orbite basse** (LEO, Low Earth Orbit, tra i 300 e i 1000 km), il che richiede un numero molto maggiore di satelliti per garantire una copertura globale. Questo numero cresce al diminuire del raggio orbitale, ossia al diminuire dell'altezza dell'orbita. Orbite più basse, oltre a garantire minore latenza, permettono di aumentare il livello di segnale a Terra, rendendo in tal modo il segnale stesso meno sensibile a fenomeni atmosferici o alla presenza di ostacoli.

In queste orbite a fine 2019 erano collocati poco oltre il migliaio di satelliti, ed è a questo livello ed al livello VLEO (Very Low Earth Orbit, da 335 a 346 km) che saranno operativi i satelliti della costellazione Starlink. La bassa quota garantirebbe, oltre ai vantaggi enunciati sopra in termini di potenza di segnale e latenza, la cattura dall'atmosfera terrestre dei detriti determinati dalla distruzione dei satelliti, in tal modo evitando di contribuire all'aumento dei detriti spaziali. La contropartita è la necessità di predisporre un elevato numero di satelliti, che devono peraltro essere costantemente rimpiazzati con successivi lanci, per via della loro durata relativamente breve, dell'ordine di circa cinque anni.

Il progetto iniziale, annunciato a Seattle da Elon Musk nel gennaio 2015, prevedeva, per garantire la copertura globale, una flotta di 4425 satelliti che sarebbero dovuti essere operativi ad un'altitudine compresa tra 1150 e 1325 km. Tuttavia, SpaceX ha poi deciso di mantenere i satelliti a quote più basse non oltre i 1150 km, a causa di preoccupazioni derivanti dall'ambiente spaziale e per garantire una deorbitazione più rapida alla fine della vita utile. Quindi il numero iniziale previsto è cresciuto rapidamente, e nel 2018 la FCC (*Federal Communications Commission*) ha dato l'autorizzazione alla costruzione, al lancio e alla messa in opera di circa 12.000 satelliti, ma si prevede che questo numero possa incrementare di ulteriori 30.000 unità.

Ai primi lanci di test del 2018, è seguito, il 23 maggio 2019, il lancio di 60 satelliti a una quota di 550 km. I lanci successivi hanno visto la messa in orbita di una media di 90 satelliti al mese; il progetto prevedrebbe di effettuare due lanci di una sessantina di satelliti al mese. Il costo di lancio di un singolo satellite è stimato nell'ordine della decina di milioni di dollari.

Le stazioni satellitari comunicano con stazioni utente terrestri, e SpaceX ha già richiesto ed ottenuto dalla FCC l'autorizzazione all'installazione di un milione di stazioni radio base, con le quali comunicheranno i dispositivi utente per ricevere e trasmettere dati.

Elon Musk ha annunciato una minima copertura Internet già col lancio e la messa in esercizio dei primi 400 satelliti, mentre con un migliaio di satelliti si avrebbe una copertura moderata.

Verso il 20 giugno 2010 SpaceX, sul proprio [sito web](#) ha ufficialmente aperto le pre-iscrizioni per testare il servizio. La fase di Beta test privata è prevista entro la fine dell'estate, mentre quella pubblica avverrà a seguire. Col lancio del 13 giugno 2020, il numero di satelliti Starlink in orbita ha raggiunto le 538 unità.

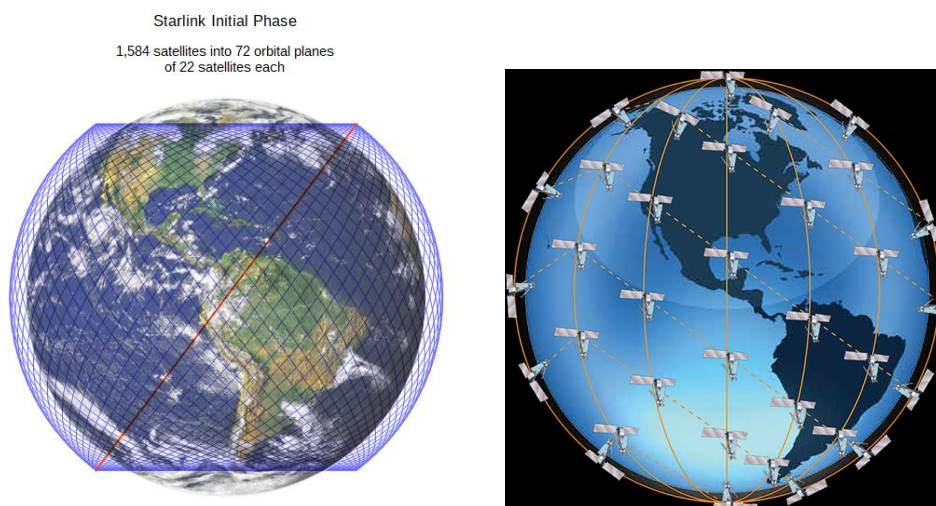


Figura 4 - Costellazione [Starlink](#) [10] (Internet) per i primi 1584 satelliti, a distanza di 550 km dalla superficie terrestre, e costellazione [Iridium](#) [11] (traffico voce, messaggistica) a confronto.

2.4.1 Modalità di comunicazione

Nei sistemi convenzionali per la telefonia satellitare in orbita LEO, i satelliti della costellazione fungono da ponte radio, e la comunicazione dei segnali avviene con le seguenti modalità:

- in downlink dal satellite direttamente al terminale mobile, il quale è provvisto di un'antenna omnidirezionale, oppure alla stazione di terra, che a sua volta comunica col terminale mobile;
- in uplink dal terminale mobile alla stazione di terra, la quale invia il segnale al satellite.

Le comunicazioni col terminale mobile avvengono intorno alla frequenza di 1600 MHz.

La copertura globale si ottiene con un numero limitato di satelliti, in genere sotto le 100 unità, e la trasmissione è garantita anche in caso di distruzione di qualche stazione di terra. Tipicamente la trasmissione di dati è limitata ad SMS e ad e-mail di pochi kilobyte.

Diverso è il caso di progetti come Starlink o simili, il cui l'obiettivo è di permettere un trasferimento di grandi moli di dati ad alte velocità in modo da garantire i servizi disponibili su Internet per un'elevata densità di utenti contemporaneamente. È quindi necessario predisporre un numero di satelliti immensamente maggiore rispetto al caso delle telecomunicazioni satellitari convenzionali. La velocità di trasferimento dei dati prevista per Starlink è confrontabile con quella della fibra ottica, con la differenza che la posa della fibra ottica in vari punti del globo (ad esempio, oceani o luoghi difficilmente raggiungibili) risulterebbe eccessivamente costosa o irrealizzabile. Il tempo di latenza previsto, cioè il ritardo di propagazione tra la trasmissione e la ricezione dei dati, è di 25-35 ms.

Riguardo al dettaglio delle modalità di comunicazione di Starlink, le informazioni in generale sono relativamente difficili, quando non impossibili, da reperire. Spesso vengono rese pubbliche poco per volta man mano che il progetto procede.

Al contrario dei sistemi convenzionali descritti sopra, i satelliti della costellazione Starlink non comunicano direttamente con i dispositivi mobili utente, ma comunicano con stazioni di terra utente fisse, definite *terminali utente*. Si tratta di stazioni radio base, che possono essere montate ovunque purché a linea di vista col cielo. Sono oggetti piatti del diametro di 48 cm, “*piccoli UFO su un bastone*”, secondo la famosa anticipazione a scarso contenuto informativo fatta da Elon Musk tempo prima della pubblicazione su Internet delle prime foto; sono provvisti di antenne a schiera, le quali si orientano e inseguono automaticamente i satelliti, con tecniche di beamforming e beam steering. Le prime foto di questi oggetti comparse in Internet risalgono soltanto a giugno 2020, circa tre mesi dopo che la FCC ha concesso una licenza di quindici anni a Starlink per la costruzione e l’installazione di un milione di tali terminali ovunque negli Stati Uniti, in Alaska, alle Hawaii, a Portorico, e alle Isole Vergini. Al contrario delle licenze normali, che specificano precise locazioni, la FCC ha dato il permesso per copertura illimitata (“*blanket earth stations*”).

Le stazioni di terra opereranno nella banda K_u delle microonde, da 14.0 a 14.5 GHz in trasmissione e da 10.7 a 12.7 GHz in ricezione.

Tuttavia è prevedibile che anche altre bande vengano utilizzate in un prossimo futuro. Già nel 2015, infatti, SpaceX aveva richiesto alla FCC di prendere in considerazione i futuri utilizzi innovativi dello spettro in banda K_a (da 12 a 40 GHz) prima di definire per il 5G regolamenti di comunicazione che rischiassero di creare per SpaceX barriere d'ingresso. E d'altra parte, stando al progetto attuale, si prevedono, per i 12.000 satelliti schierati entro la metà del 2027, le seguenti bande:

- per i primi 1600 satelliti, posizionati ad un'altitudine di 550 km, la banda K_u da 14.0 a 14.5 GHz in ricezione e da 10.7 a 12.7 GHz in trasmissione;
- per ulteriori 2800 satelliti, posizionati ad un'altitudine di esercizio di 1150 km, le bande K_u e K_a ;
- infine, per circa 7500 satelliti, posizionati ad un'altitudine di 340 km, la banda V; la banda V (da 40 a 75 GHz), che si trova immediatamente dopo la banda K_a , non è stata ancora utilizzata per telecomunicazioni ed è quindi sperimentale; questa banda di frequenze è considerata promettente perché consente flussi molto ampi ma è sensibile alle fluttuazioni meteorologiche (pioggia, maltempo), e richiede soluzioni che minimizzino i disservizi.

A loro volta i terminali utente, cioè le stazioni di terra fisse descritte sopra, dovranno comunicare con i dispositivi finali, che possono essere computer, tablet, smartphone, ecc.; quindi occorrerà stabilire una connessione tra queste due entità che permetta il flusso bidirezionale dei dati. Perché questa connessione non vada a costituire un collo di bottiglia in relazione alla velocità di trasferimento dei dati, dovrà anche questa garantire elevate prestazioni.

A parte la comunicazione tra i satelliti e le stazioni terrestri e tra le stazioni terrestri e i dispositivi utente, occorre anche prevedere la comunicazione tra i satelliti della costellazione per garantire il loro coordinamento; essa avverrebbe a vista tramite collegamento laser con frequenze intorno ai 10 THz. Tuttavia, i dettagli tecnici riguardanti la comunicazione intersatellitare sono coperti da riservatezza.

2.4.2 Applicazioni in ambito civile

Scopo primario di Starlink sarebbe la fornitura Internet globale, e di conseguenza la trasmissione bidirezionale di dati, anche in luoghi dove ad ora il servizio è instabile, costoso, o addirittura assente, come in mare aperto o in località di difficile accesso.

Secondo la rivista americana di economia Forbes i 42.000 satelliti Starlink (*sic*: in realtà ad ora ne è stato autorizzato il lancio di 12.000) potrebbero semplicemente salvare il mondo (John Koetsier, “[Elon Musk’s 42,000 StarLink Satellites Could Just Save The World](#)” [12], 09/01/2020). Infatti – spiega l’articolo – se in alcuni Paesi come Cina, Iran, Siria, Vietnam, India, Russia, ci sono indiscutibili meccanismi di censura, Starlink sarebbe in grado di scavalcarli permettendo la connessione Internet a chiunque sia dotato di apposito terminale da qualunque luogo, in quanto i terminali Starlink, secondo quanto afferma lo stesso Elon Musk, sono provvisti di motori in grado di autoregolare l’angolo ottimale per puntare al satellite. Sarebbe così molto difficoltoso da parte di Paesi dove vige censura e controllo capillare dell’informazione bloccare questo tipo di fornitura ovunque su un dato territorio, e anche qualora ciò fosse in qualche misura possibile, in ogni caso il sistema, permettendo l’accesso, seppur con qualche difficoltà o per tempi brevi, a informazioni alternative, comunque sbreccerebbe il meccanismo di censura alla base.

Dalla lettura di questo articolo si intuisce la valenza strategica, dal punto di vista economico e socio-politico, che può avere un sistema di telecomunicazioni globale come Starlink, data la possibilità che offre di convogliare informazioni anche potenzialmente capaci di sovvertire equilibri nazionali.

In ambito civile il sistema si potrebbe prestare anche a scopi accessori, come la telemetria, la meteorologia, l'astronomia, e altre applicazioni scientifiche.

2.4.3 Applicazioni in ambito militare

In un articolo pubblicato sul sito web della NATO il 13 marzo 2020, intitolato “[Space: NATO’s latest frontier](#)” [13] si legge che, al Vertice di Bruxelles del luglio 2018, i leader alleati hanno riconosciuto che lo spazio è un luogo strategico essenziale dal punto di vista militare sia per scopi deterrenti sia per scopi difensivi. Già a dicembre 2019, i ministri della difesa della NATO hanno concordato di sviluppare una politica spaziale riconoscendo lo spazio come nuovo dominio operativo, che va ad aggiungersi ad aria, terra, mare e ciberspazio.

Mentre gli Stati Uniti hanno dato avvio alla creazione della forza spaziale USSF (United States Space Force), anche la Francia ha adottato la sua prima Strategia di Difesa Spaziale e si sta apprestando a riorganizzare la propria Forza Aerea in Forza Aerea e Spaziale.

In base al Trattato sullo spazio extra-atmosferico, siglato nel 1967, lo spazio è una risorsa comune su cui è proibito agli Stati firmatari rivendicare proprietà e in cui è vietato collocare armi di distruzione di massa.

Di fatto, però, si sta in pratica assistendo ad una privatizzazione via via più rapida dello spazio. Infatti, l'articolo citato, riconoscendo ai sistemi spaziali l'impatto che hanno sull'ambiente, l'agricoltura, i trasporti, le comunicazioni, la ricerca scientifica, le attività bancarie, afferma che gli Stati Uniti considerano lo spazio come parte delle loro infrastrutture nazionali critiche, e l'accesso ad esso e la libertà di operarvi come interesse vitale nazionale. Aggiunge che, ad esempio, un satellite mascherato come satellite meteorologico può in realtà essere un satellite che raccoglie informazioni di intelligence, oppure uno stesso satellite può effettuare contemporaneamente entrambe le operazioni. Anzi, di fatto sono pochi i satelliti che effettuano unicamente operazioni militari, come, ad esempio, comando e controllo nucleare, avvertimento della presenza di missili e loro puntamento: la maggioranza dei satelliti hanno funzioni multiple civili, commerciali, e di sicurezza.

La NATO controlla più del 50% di tutti i satelliti attivi, e questo ha permesso un vantaggio già nella prima Guerra del Golfo del 1991 (detta da alcuni “prima guerra spaziale”). Ci sono tuttavia vulnerabilità che occorre tenere in conto, dovute a possibili manomissioni sia dei satelliti in orbita, sia dei terminali di controllo terrestri, sia dei collegamenti verso l'utenza. È sufficiente attaccare uno di questi tre segmenti (anche solo dal punto di vista software come attacco cibernetico) per compromettere l'intero sistema.

Dall'articolo "[Air Force awards \\$739 million in launch contracts to ULA and SpaceX](#)" [14] pubblicato su Space News il 19 febbraio 2019, si apprende che la USAF (U.S. Air Force) ha firmato contratti di lancio, per una cifra totale di 739 milioni di dollari, divisi tra United Launch Alliance (442 milioni) e SpaceX (297 milioni), per sei missioni finalizzate alla sicurezza, tre delle quali coperte da segreto, che avranno luogo tra il 2021 e 2022.

2.4.4 Impatto sull'ambiente terrestre e spaziale

Si parlerà in un capitolo a parte degli effetti dei campi elettromagnetici in generale sull'ambiente e sulla salute. Qui si fa un rapido accenno ad effetti sull'ambiente derivanti dal lancio in orbita dei satelliti e dalla limitata operatività dei satelliti stessi. Occorre infatti considerare che la vita utile dei satelliti Starlink è stimata intorno ai 5 anni, il che richiede da un lato una strategia di smaltimento del satellite dismesso, dall'altro numerosi lanci in orbita ripetuti nel tempo.

Al momento non c'è normativa vincolante che regolamenti il lancio di razzi e la messa in orbita di satelliti, al fine di limitare i danni ambientali da essi creati. Esistono allo stato attuale soltanto linee guida rispettate su base volontaria, come l'*Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC, Comitato inter-agenzia per i detriti spaziali) lo *UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UNCOPUOS, Commissione delle Nazioni Unite sull'uso pacifico dello spazio extra-atmosferico).

"Inquinamento" luminoso

Con il lancio dei primi 60 Starlink a maggio 2019, è emerso subito un problema che probabilmente gli ingegneri di SpaceX avevano sottovalutato: la forte riflettività dei satelliti.

La comunità degli astronomi, quindi, ha iniziato a protestare contro il progetto della società di Elon Musk, mostrando il grave impatto negativo che i satelliti Starlink porteranno alle osservazioni astronomiche.

Oltre alle osservazioni ottiche della volta celeste, i satelliti Starlink potrebbero danneggiare anche quelle effettuate tramite i radiotelescopi, che misurano gli spettri dei campi elettromagnetici emessi dalle stelle. Infatti le bande di frequenza utilizzate dai satelliti potrebbero disturbare tali campi.

Per evitare di danneggiare la comunità scientifica e la ricerca in campo spaziale, SpaceX ha iniziato a collaborare con i principali enti astronomici a livello mondiale, come il *National Radio Astronomy Observatory*, il *Green Bank Observatory* e la *National Science Foundation*.

Tra i satelliti lanciati il 7 gennaio 2020, uno presentava un trattamento sperimentale della scocca, per renderla più scura e meno riflettente; anche in lanci successivi si sono utilizzati trattamenti e altre strategie per oscurare i satelliti. Ma una soluzione efficace a questo problema di fatto non è stata ancora trovata. Infatti, è facile che anche satelliti non visibili lascino comunque traccia del loro passaggio in foto astronomiche a lunga esposizione. Conoscendo con precisione i passaggi si potrebbero realizzare programmi in grado di cancellare la scia dei satelliti, ma in ogni caso, anche se i satelliti fossero totalmente scuri, le loro tracce potrebbero oscurare la luce proveniente da altri corpi celesti.

Un possibile rimedio accennato da Elon Musk sarebbe quello di dotare in futuro gli Starlink di telescopi spaziali, così da fornire allo stesso tempo un servizio a cui gli astronomi si possano connettere per osservazioni.

Inquinamento ambientale terrestre

Il lancio dei satelliti avviene tramite razzi. Le emissioni dei razzi hanno due effetti principali sull'atmosfera: in primo luogo la riduzione dello strato dell'ozono, in secondo luogo il fatto che le particelle contenute nei fumi di combustione iniettate nell'atmosfera assorbono e riflettono l'energia solare, mutando il flusso radiativo nell'atmosfera, con conseguente riscaldamento della stratosfera e contemporaneo raffreddamento della superficie terrestre, con effetti a medio e lungo termine poco prevedibili. Si ha come risultato anche un cambiamento dell'albedo terrestre (ossia della quantità di luce solare riflessa dalla Terra).

Inquinamento spaziale

La gran maggioranza degli oggetti artificiali orbitanti intorno alla Terra non sono satelliti in funzione, bensì detriti spaziali. Sono presenti circa 23.000 detriti catalogati e tracciati di dimensioni maggiori di 5-10 cm, ma centinaia di milioni di dimensioni inferiori non sono visibili.

Per evitare collisioni durante la vita utile, i satelliti Starlink ricevono dati dai sistemi di tracciamento dei detriti spaziali del Dipartimento della Difesa (DoD). Alla fine della loro vita utile è previsto che i satelliti deorbitino, nel giro di un anno, verso l'atmosfera, dove si incendiano, con disintegrazione completa prevista in un periodo di tempo che va da un anno a cinque anni. L'affidabilità della deorbitazione è del 90%, quindi mediamente un 10% dei satelliti può non fare la fine prevista e andare a costituire detrito spaziale; questa percentuale corrisponde a un numero non piccolo, se si considera la numerosità dei satelliti che costituiscono la costellazione, ed è destinato ad aumentare negli anni, vista la vita utile

limitata. Ad aprile 2020 Space X ha chiesto alla FCC di poter operare con tutti i primi 4400 satelliti in orbite più basse rispetto a quelle già approvate, cioè tra 540 e 570 km invece che tra 1100 e 1325 km: un'orbita più bassa dei 650 km permetterebbe ai satelliti non più operativi di essere attratti verso l'atmosfera terrestre in 25 anni [15].

I rifiuti spaziali possono ricadere sulla Terra, evento al momento raro, ma che è destinato a diventare via via più comune all'aumentare della densità di detriti presenti nello spazio, con tutti i rischi distruttivi connessi.

Alterazione della ionosfera

La [ionosfera](#) [16] è la fascia dell'atmosfera terrestre nella quale le radiazioni del Sole, e in misura molto minore i raggi cosmici provenienti dallo spazio, provocano la ionizzazione dei gas componenti. Essa si estende fra i 60 e i 1000 km di altitudine.

La ionosfera svolge un ruolo importante in alcune applicazioni radio a causa delle peculiari proprietà elettriche sopra citate; sotto opportune condizioni, un'onda a radiofrequenza incidente su uno strato ionizzato può essere totalmente riflessa. Di conseguenza è possibile utilizzare un modello di propagazione basato su riflessioni multiple fra la superficie terrestre e la ionosfera.

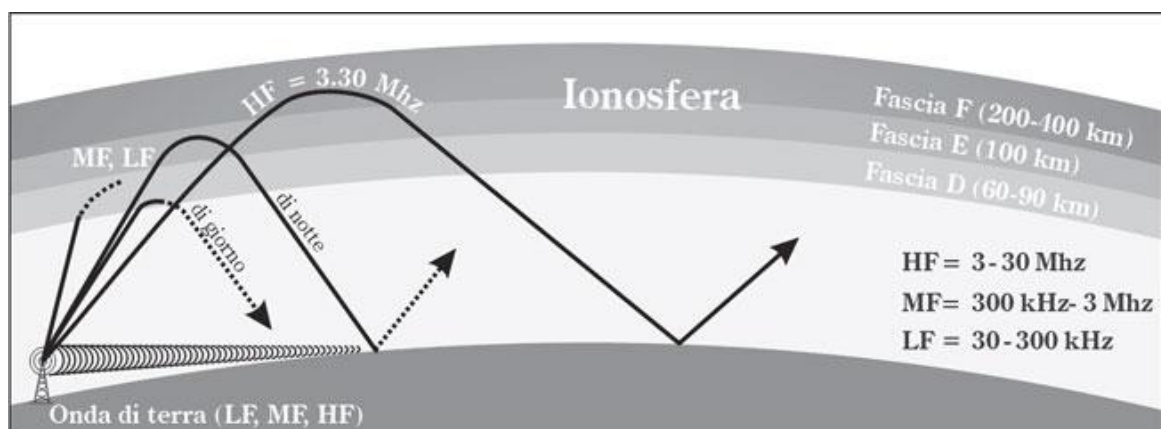


Figura 5 – Rappresentazione schematica della ionosfera, le cui proprietà elettriche sono utilizzate per la trasmissione di segnali radio.

I lanci dei razzi causano la formazione di gigantesche onde di pressione acustica che creano squarci nella ionosfera, come evidenziato già nel 2017 e descritto nell'articolo pubblicato su Research Gate, intitolato "[Gigantic Circular Shock Acoustic Waves in the Ionosphere Triggered by the Launch of FORMOSAT-5 Satellite](#)" [17]; questo articolo descrive un buco del diametro di 900 km creato a seguito del lancio del razzo Falcon 9

SpaceX per la messa in orbita del satellite FORMOSAT-5. Si tratta della stessa tipologia di razzo utilizzata per il lancio dei satelliti Starlink. Il buco causato da quel lancio è stato temporaneo, ma non si possono escludere effetti più deleteri all'aumentare della frequenza dei lanci.

Nello stesso articolo citato sopra si legge anche che le alterazioni della ionosfera come quella causata dal lancio del Falcon 9 possono alterare le comunicazioni radio e causare imprecisioni nei sistemi di posizionamento globale.

3 CAMPI ELETTROMAGNETICI E INQUADRAMENTO NORMATIVO

In questo capitolo verrà presentata una classificazione delle radiazioni in base alla loro frequenza, o indifferentemente alla lunghezza d'onda, pari, nello spazio libero, al rapporto tra la velocità della luce e la frequenza. Una prima classificazione grossolana si fa tra radiazioni non ionizzanti, che comprendono le frequenze basse fino alla luce visibile, e radiazioni ionizzanti, oltre la luce visibile. Quando ci si riferisce all'inquinamento elettromagnetico, normalmente si considera unicamente quello dovuto alle radiazioni non ionizzanti.

Poiché nel corso del tempo sono stati documentati effetti sulla salute umana dovuti ai campi elettromagnetici, è stato necessario definire a livello normativo dei limiti sui livelli massimi emessi dalle sorgenti di campo.

Questi limiti, tuttavia, non tengono conto, o tengono conto in minima parte, degli effetti a lungo termine che i campi possono avere sulla biologia degli organismi viventi, in particolare dell'uomo; in pratica, sono mirati ad assicurare l'assenza di effetti a breve termine, come il riscaldamento dei tessuti, l'interazione con i segnali elettrici neuronali e neuromuscolari, la variazione della permeabilità della membrana cellulare. Infatti, secondo i vari organismi tecnico-scientifici che si occupano di definire tali limiti, gli studi presenti in letteratura non fornirebbero elementi sufficienti ad indicare una chiara correlazione tra effetti biologici a lungo termine e radiazioni elettromagnetiche per valori di intensità al di sotto delle soglie a cui si rilevano effetti acuti.

A livello nazionale, i limiti di esposizione (cioè i limiti massimi a cui può essere esposta la popolazione residenziale) previsti per i campi irradiati da installazioni fisse sono inferiori rispetto a quelli indicati dalla raccomandazione del consiglio europeo in merito. Tuttavia c'è attualmente una forte pressione da parte degli operatori impegnati nel dispiegamento della rete 5G ad innalzarli ai livelli applicati su gran parte del territorio europeo, i quali si rifanno alla raccomandazione europea. Secondo organismi indipendenti che sono impegnati nello studio degli effetti a lungo termine delle esposizioni, tali limiti andrebbero al contrario ridotti a un centesimo rispetto ai valori attuali previsti per i campi dalla suddetta raccomandazione.

Per quanto riguarda i terminali mobili si applicano invece i limiti previsti per l'Unione Europea, che sono superiori a quelli previsti negli Stati Uniti. Questi limiti massimi relativi ai

terminali mobili, peraltro autocertificati dai produttori dei terminali, sono tali per cui i campi elettrici irradiati quando il cellulare è tenuto vicino alla testa, come avviene durante una normale conversazione telefonica, possano essere di ordini di grandezza superiori rispetto alle soglie definite per le radiazioni derivanti da sorgenti fisse.

3.1 Classificazione dei campi elettromagnetici e inquinamento elettromagnetico

Con riferimento alla figura 6, i campi elettromagnetici si distinguono in:

- campi elettromagnetici **non ionizzanti**, con frequenze che vanno da 0 Hz (campi statici) a 750 THz (luce visibile violetta) e comprendono le frequenze estremamente basse (ELF, Extremely Low Frequency), da 0 a 300 Hz, le radiofrequenze (RF), da 300 Hz a 300 GHz, la radiazione infrarossa, dai 300 GHz ai 410 THz, e la luce visibile, dai 410 THz ai 750 THz; e
- campi elettromagnetici **ionizzanti**, con frequenze che vanno dai 750 THz a frequenze superiori ai 10^{11} THz e comprendono la radiazione ultravioletta (UV), i raggi X, e i raggi gamma; questi campi hanno un'energia associata ai loro fotoni (con riferimento al modello quantistico delle radiazioni) tale da creare ioni scalzando elettroni da atomi e molecole e tale da rompere i legami molecolari.

I campi RF con frequenze dai 300 MHz ai 300 GHz sono detti “microonde” (MW, *MicroWaves*). A loro volta le microonde con frequenze che vanno dai 30 ai 300 GHz sono dette onde millimetriche (MMW, *MilliMetre Waves*), in quanto la lunghezza d'onda è dell'ordine del millimetro (a una frequenza di 30 GHz corrisponde una lunghezza d'onda di 10 mm; a una frequenza di 300 GHz corrisponde una lunghezza d'onda di 1 mm).

Quando si parla di inquinamento elettromagnetico, si fa riferimento all'inquinamento derivante dalle radiazioni non ionizzanti. Gli effetti cancerogeni e mutageni delle radiazioni ionizzanti sono ampiamente riconosciuti, e queste radiazioni non sono qui considerate.

Fino all'inizio del 1900 la radiazione elettromagnetica terrestre era costituita solamente dal fondo elettromagnetico naturale. Essa è stata aumentata enormemente dalle tecnologie di origine antropica, in particolare le reti di trasporto dell'energia elettrica, i radar, le telecomunicazioni (radiodiffusione, telediffusione, telefonia, impianti wireless, reti satellitari).

Le radiazioni non ionizzanti possono causare nell'uomo sia effetti acuti, a breve termine, sia effetti cronici, a medio e lungo termine. Gli **effetti acuti**, che si riscontrano nell'immediato con radiazione oltre determinati livelli di potenza, possono essere di tipo termico, i quali danno luogo ad un apprezzabile riscaldamento tissutale, oppure di interazione

con l'attività elettrica dell'organismo. Tuttavia, anche a livelli bassi di potenza, le radiazioni possono avere **effetti a medio e lungo termine** sulla biologia degli organismi viventi, che possono portare a conseguenze di natura sanitaria.

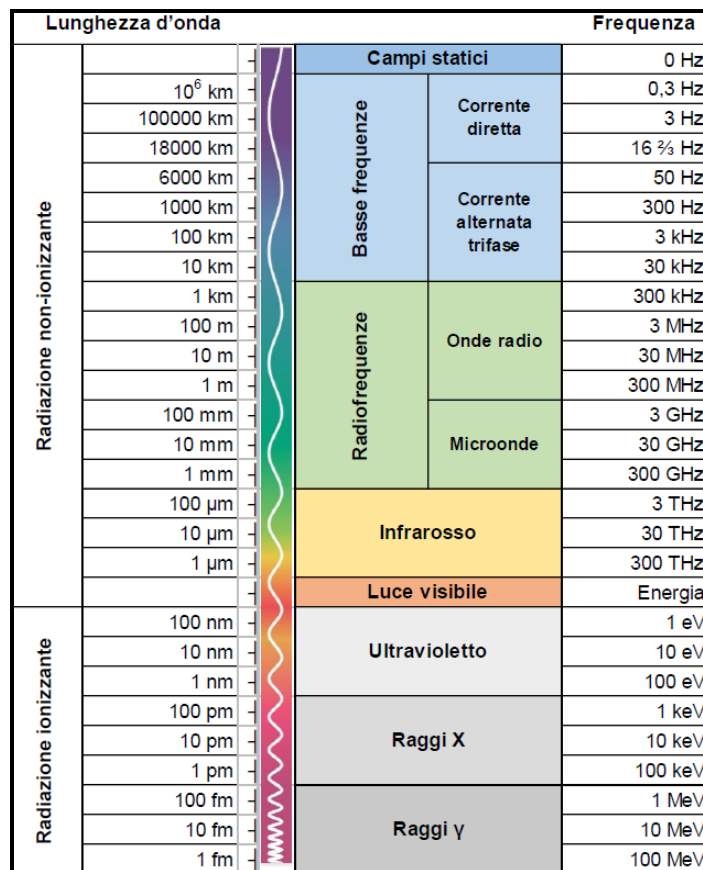


Figura 6 - Spettro elettromagnetico: lunghezze d'onda, frequenze, energie fotoniche; fonte: "[Rapporto ISTISAN](#)" [18].

Gli effetti termici seguono una curva di tipo dose-risposta, cioè a un aumento della dose, quindi della densità di potenza della radiazione, segue in genere un aumento dell'effetto, in questo caso termico. Inoltre, tanto maggiore è la frequenza, tanto minore è la penetrazione della radiazione all'interno dei tessuti, e quindi, all'aumentare della frequenza, il riscaldamento diventa sempre più superficiale. Gli effetti biologici possono avvenire anche in assenza di effetti termici e quindi con potenze molto inferiori rispetto a quelle che causano un riscaldamento sensibile, e non necessariamente dipendono dalla potenza: essi, a parità di potenza media assorbita e di frequenza della portante, possono per esempio variare a seconda che il segnale sia continuo o impulsato, in quanto, a parità di potenza media, un segnale impulsato raggiunge picchi più elevati, seppure per intervalli di tempo che possono essere anche brevissimi.

3.2 Criteri per la definizione dei limiti di esposizione

La definizione dei limiti di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche viene effettuata sulla base di una valutazione dei rischi per la salute umana. Esistono numerosissimi studi che evidenziano sia effetti acuti (di tipo termico o di interazione elettrica) che effetti biologici a medio o a lungo termine. Per quanto riguarda gli effetti biologici, i primi studi in ordine di tempo che evidenziano le conseguenze dell'esposizione alle radiazioni elettromagnetiche nel campo delle microonde a livelli anche molto al di sotto di quelli che causano riscaldamento tissutale (cioè molto al di sotto dei 10 mW/cm^2 , ossia dei 100 W/m^2) risalgono alla metà degli anni '60 del secolo scorso e sono prevalentemente studi condotti nell'Unione Sovietica e nell'Est Europeo. Nel corso degli anni si sono moltiplicati studi, molti dei quali pubblicati anche su riviste sottoposte a revisione paritaria (*peer reviewed*), che evidenziano sia effetti termici a breve termine che effetti biologici a medio o lungo termine.

Si vedrà nel Capitolo 4 il dettaglio di questi studi e si accennerà ad alcune sentenze giudiziarie che hanno riconosciuto il danno biologico e l'insorgenza di tumori derivanti dalla prolungata esposizione a campi elettromagnetici di telefoni mobili cellulari. Qui preme solo evidenziare il fatto che, nonostante tutte queste evidenze, il riconoscimento dei rischi da parte di enti che hanno influenza a livello decisionale in merito alla definizione dei massimi limiti di esposizione, in particolare l'OMS, la IARC, l'ICNIRP, e in Italia l'ISS, è spesso molto parziale e in pratica limitato al solo riconoscimento degli effetti a breve termine, questo a causa, non di rado, di conflitti di interesse. A questo proposito, si invita alla lettura dell'articolo comparso su Il Fatto Quotidiano del 16/02/2019 intitolato "[5G, i conflitti d'interessi che delegittimano studi e comitati dell'UE](#)" [19]: fondatori, presidenti, e membri di commissioni, organizzazioni, e comitati scientifici (primo fra tutti l'ICNIRP) che si occupano di fornire pareri ai fini della valutazione dei rischi delle emissioni elettromagnetiche e della conseguente normazione hanno legami con l'industria delle telecomunicazioni.

Talvolta, si osserva persino un approccio di censura da parte delle istituzioni verso coloro che sollevano perplessità riguardanti gli effetti delle radiazioni elettromagnetiche sulla salute umana. Per citare un esempio piuttosto emblematico, nella Risoluzione del Parlamento Europeo n. 1815 del 27 maggio 2011, intitolata "[Dare forma al futuro digitale d'Europa](#)" [20], si legge che il Consiglio d'Europa "*ESPRIME l'importanza di lottare contro la diffusione di disinformazioni legate alle reti 5G, con particolare riferimento a false affermazioni che tali reti costituiscano rischio per la salute o che siano legate al COVID-19*".

3.2.1 OMS

L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), agenzia delle Nazioni Unite, in un articolo dell'8 ottobre 2014 intitolato "[Electromagnetic fields and public health: mobile phones](#)" [21] afferma che *"ad oggi, nessun effetto dannoso per la salute è stato riconosciuto come causato dall'uso di telefoni mobili."*

È del 5 giugno del 2017 un articolo pubblicato su *International Journal of Oncology* da Lennart Hardell, oncologo svedese che da anni studia gli effetti delle radiazioni non ionizzanti sulla salute, intitolato "[World Health Organization, radiofrequency radiation and health – a hard nut to crack](#)" [22]. Tale articolo spiega, tra le altre cose, che il biofisico australiano Michael Repacholi, fondatore nel 1992 e presidente fino al 1996 dell'ICNIRP (organismo di cui si parlerà nel paragrafo 3.2.3), aveva proposto nel 1995 all'OMS di avviare un progetto per studiare gli effetti dei campi elettromagnetici, l'EMF Project, che fu lanciato l'anno seguente. Nel decennio 1996-2006 Repacholi era presidente del dipartimento di radiazioni dell'OMS, nato con lo scopo di portare avanti il progetto, il quale aveva i seguenti due obiettivi:

- 1) fornire informazioni sulla gestione dei programmi di protezione dai campi elettromagnetici alle autorità nazionali e ad altre istituzioni, producendo monografie riguardanti rischi, comunicazione, e gestione;
- 2) informare le autorità nazionali, altre istituzioni, la cittadinanza, e i lavoratori sui rischi relativi all'esposizione e su possibili misure per la riduzione dei rischi.

Come dirigente sia nell'OMS che nell'ICNIRP, Michael Repacholi avviò immediatamente una collaborazione stretta tra le due organizzazioni, invitando alle conferenze le industrie elettriche, di telecomunicazioni, e militari. Fece anche in modo che gran parte del progetto venisse finanziato dalle lobby dell'industria delle telecomunicazioni.

Quando si licenziò dall'OMS nel 2006, divenne immediatamente consulente industriale ("[Will WHO Kick Its ICNIRP Habit?](#)" [23], Microwave News, 04/11/2019).

3.2.2 IARC

La IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), un organismo dell'OMS, ha definito le seguenti quattro categorie di agenti cancerogeni e mutageni:

CATEGORIE DI SOSTANZE CANCEROGENE SECONDO IARC
(International Agency for Research on Cancer)

Gruppo 1: cancerogeno accertato per l'uomo
Gruppo 2A: probabile cancerogeno per l'uomo
Gruppo 2B: possibile cancerogeno per l'uomo
Gruppo 3: non classificato cancerogeno per l'uomo
Gruppo 4: probabilmente non cancerogeno per l'uomo

Figura 7 - Categorie di classificazione previste dalla IARC. I campi elettromagnetici sono classificati nel gruppo 2B.

Nel 2001 la IARC ha riconosciuto un fattore di rischio di leucemia infantile raddoppiato nel caso di esposizione a campi magnetici a bassissima frequenza (ELF) con valori di induzione magnetica B superiori a $0,4 \mu\text{T}$ (corrispondenti a un'intensità di campo magnetico H di circa $0,3 \text{ A/m}$), ma ha inserito tali campi magnetici residenziali nel gruppo 2B (possibile cancerogeno per l'uomo). Come spiega il documento del 2015 "[IARC Monographs Questions and Answers](#)" [24], un agente rientra nel gruppo 2B quando le evidenze di cancerogenicità sono limitate negli umani e insufficienti negli animali da laboratorio, oppure inadeguate negli umani (non permettendo di trarre conclusioni), ma sufficienti negli animali da laboratorio, mentre rientra nel gruppo 2A quando le evidenze di cancerogenicità non sono conclusive negli umani, ma sono convincenti negli animali da laboratorio. Per *evidenze limitate* si intende che è stata rilevata una correlazione, ma senza possibilità di escludere la presenza di fattori confondenti. Quindi, la IARC ha comunque classificato questi campi come *possibili* cancerogeni nell'uomo, e non come cancerogeni *probabili* (gruppo 2A), o in maniera ancora più appropriata, *accertati* (gruppo 1).

Il 31 maggio 2011 la IARC, nel documento "[IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans](#)" [25], ha classificato anche i campi elettromagnetici ad alta frequenza come possibili cancerogeni per gli umani (gruppo 2B), sulla base di un incrementato rischio di gliomi (tumori delle cellule della glia che, insieme ai vasi sanguigni e ai neuroni, costituiscono il sistema nervoso), e neurinomi (tumori delle cellule nervose), associato all'utilizzo di telefoni mobili. Si legge in questo documento che le evidenze disponibili sono state valutate come *limitate* tra gli utilizzatori di telefoni cellulari quanto ad aumentato rischio di glioma e neurinoma acustico, e *inadeguate* per quanto riguarda altre tipologie di cancro. Il rischio non è stato quantificato dal Gruppo di Lavoro che ha condotto la valutazione, ma il documento fa riferimento a un incremento del 40% del rischio di gliomi riportato da uno studio del 2004 effettuato su utilizzatori assidui di telefoni cellulari (per una media di 30 minuti al giorno durante un periodo di 10 anni). L'articolo della

IARC citato prosegue riportando un'affermazione del Presidente del Gruppo di Lavoro Dr. Jonathan Samet: *“le evidenze, che si stanno via via accumulando, sono sufficientemente forti per sostenere una conclusione e una classificazione 2B. La conclusione implica che ci può essere rischio, e quindi dobbiamo monitorare strettamente il legame tra cellulari e rischio di cancro”*. L'articolo riporta anche un'affermazione del Direttore della IARC Christopher Wild: *“Date le potenziali conseguenze per la salute pubblica di questa classificazione e di queste osservazioni, è importante condurre ulteriore ricerca sull'utilizzo prolungato e intenso dei telefoni cellulari. Fintantoché tale informazione non è disponibile, è importante prendere misure pratiche per ridurre l'esposizione, per esempio utilizzando dispositivi vivavoce o messaggistica”*.

Quindi è evidente che questa classificazione iniziale era stata adottata ai fini di un richiamo alla cautela nell'utilizzo delle sorgenti a radiofrequenze e di invito all'esecuzione di studi più approfonditi degli effetti, dal momento che gli studi al tempo disponibili, seppur limitati, già suggerivano potenziale rischio.

Nonostante vari studi osservazionali successivi corroborino tali evidenze circa la cancerogenicità dei campi elettromagnetici, e nonostante anche esperimenti condotti su animali abbiano portato a conclusioni nella stessa direzione, la classificazione IARC dei campi a RF è rimasta invariata dal 2011. Nel documento del 2015 [“IARC Monographs Questions and Answers”](#) [24] già citato, questa classificazione nel gruppo 2B viene motivata in un inciso come segue: *“i campi elettromagnetici a radiofrequenza sono classificati nel gruppo 2B perché c'è evidenza che non arriva ad esser conclusiva che l'esposizione possa causare cancro negli esseri umani e negli animali”*.

Risulta peraltro evidente che la classificazione prevista dalla IARC è definita in maniera estremamente vaga, col ricorso ad aggettivi come *“convincente”, “sufficiente”, “limitato”, “conclusivo”, “accertato”, “inadeguato”,* che lasciano ampio spazio all'applicazione di criteri tutt'altro che oggettivi.

Il fatto stesso di invocare la sperimentazione animale ai fini di stabilire un criterio di classificazione applicabile all'uomo è alquanto discutibile: un articolo a firma del professore di matematica dell'Università di Perugia Marco Mamone Capria pubblicato a giugno 2003 sulla rivista Biologi Italiani, intitolato [“Pseudoscienza nella scienza biomedica contemporanea: il caso della vivisezione”](#) [25], evidenzia come spesso la sperimentazione su animali non è riproducibile non solo in animali appartenenti a una stessa specie, ma neppure in animali appartenenti a uno stesso ceppo; inoltre, al contrario di quanto si sostiene comunemente, tale tipo di sperimentazione non è assolutamente esente da fattori confondenti;

ne consegue che la trasposizione all'uomo delle conclusioni ottenute dalle sperimentazioni animali, oltre ad essere tutt'altro che scientificamente rigorosa, non è scevra di potenziali conseguenze. Come si legge nelle conclusioni, *“Dovrebbe quindi essere chiaro che, se esistono motivazioni per continuare gli esperimenti su animali, la tutela della salute umana non è fra queste. Al contrario, essa è gravemente messa a rischio dall'accreditamento normativo della vivisezione. (...) Anche la valutazione degli effetti nocivi dei campi elettromagnetici a bassissima frequenza e di quelli delle antenne radiotelevisive rischia di essere ritardata e distorta dall'irrazionale fiducia riposta sui 'modelli animali'”*.

3.2.3 ICNIRP

L'ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti), un organismo non governativo con sede a Francoforte in Germania, composto da una commissione di esperti scientifici e, come già accennato nel paragrafo 3.2.1, referente dell'OMS, si occupa di ricerca in materia di possibili effetti nocivi dell'esposizione a radiazioni non ionizzanti sul corpo umano e definisce linee guida, le quali vengono recepite come riferimento dall'OMS e dalle normative che regolamentano l'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici. La versione aggiornata al 19 ottobre 2013 di tali [linee guida](#) [27] ribadisce parola per parola quanto affermato nella [versione del 1998](#) [28], continuando a non riconoscere la validità dei vari studi che, nel corso degli anni, hanno messo in evidenza gli effetti biologici: *“solo gli effetti accertati sono stati utilizzati come base per le restrizioni qui proposte. Si è giudicato che l'induzione di tumori per effetto di esposizioni a lungo termine a campi elettromagnetici non sia stata accertata e pertanto queste linee guida si basano sugli effetti sanitari immediati delle esposizioni a breve termine, come stimolazione dei nervi periferici e dei muscoli, scosse e ustioni derivanti dal contatto con oggetti conduttori o innalzamenti della temperatura dei tessuti in conseguenza dell'assorbimento di energia durante l'esposizione a campi elettromagnetici. Per ciò che riguarda potenziali effetti a lungo termine, come un aumento del rischio di cancro, l'ICNIRP ha concluso che i dati disponibili costituiscono una base insufficiente per stabilire delle restrizioni all'esposizione, anche se la ricerca epidemiologica ha fornito dei dati che suggeriscono, ma in modo non convincente, un'associazione tra possibili effetti cancerogeni e l'esposizione a livelli di induzione magnetica a 50/60 Hz che sono molto inferiori a quelli raccomandati in queste linee guida”*.

3.2.4 ISS

In Italia, l'ISS (Istituto Superiore della Sanità) è un ente che, in base alla [legge 833/78](#) [29], Capo II, ha la funzione di fornire il proprio parere sanitario al Governo. Anche la valutazione dell'ISS riflette le conclusioni della IARC, che di fatto non sono state aggiornate dal 2011.

Nel documento dell'ISS "[Emissioni elettromagnetiche del 5G e rischi per la salute](#)" [30], l'autore, Alessandro Polichetti, afferma:

“Gli unici effetti sulla salute umana dei campi elettromagnetici a radiofrequenza che siano stati accertati dalla ricerca scientifica sono gli effetti a breve termine, di natura termica, dovuti a meccanismi di interazione tra i campi e gli organismi biologici ben compresi (...) L'energia elettromagnetica assorbita dai tessuti del corpo umano viene convertita in calore provocando quindi un aumento della temperatura del corpo, generalizzato o localizzato a seconda delle modalità di esposizione (...). L'organismo può tollerare aumenti di temperatura inferiori a 1°C, soglia al di sotto della quale non si verificano pertanto effetti di danno per la salute (...).

La possibilità di rischi per la salute a lungo termine, connessi alle esposizioni ai campi elettromagnetici a radiofrequenza a livelli inferiori a quelli raccomandati dagli standard internazionali di protezione, è stata e continua ad essere oggetto di numerosissimi studi scientifici, sia di tipo osservazionale direttamente sugli esseri umani (studi epidemiologici), sia di tipo sperimentale su animali in vivo e su cellule in vitro (...).

Secondo la IARC, il complesso degli studi esaminati non supporta l'ipotesi di cancerogenicità dei campi elettromagnetici, con l'eccezione di alcuni studi epidemiologici di tipo caso-controllo che hanno evidenziato, a differenza di altri analoghi studi, un aumento del rischio di glioma (un tumore maligno del cervello) e di neurinoma del nervo acustico (un tumore benigno) in relazione all'uso intenso di telefoni cellulari. Un problema comune agli studi caso-controllo era che l'utilizzo di telefoni cellulari veniva accertato retrospettivamente sulla base di questionari con i quali veniva chiesto ai partecipanti (casi affetti dalle patologie e controlli sani) di ricordare numero e durata delle conversazioni telefoniche, anche a distanza di molti anni dall'inizio d'uso. Per questo motivo la IARC ha definito l'evidenza proveniente da questi studi come “limitata” in quanto, anche se potrebbe essere dovuta ad un reale nesso di causa-effetto tra esposizione ai campi elettromagnetici emessi dai telefoni cellulari e insorgenza dei tumori, non si possono escludere altre spiegazioni come una distorsione dei risultati dovuta al fatto che la valutazione dell'utilizzo dei telefoni cellulari era totalmente affidata al ricordo dei partecipanti agli studi, con la possibilità che i soggetti

malati, pienamente consapevoli della natura dello studio cui stavano partecipando, tendessero a sovrastimare nel ricordo, rispetto ai controlli, il passato utilizzo del telefono cellulare.

Inoltre, questo aumento di rischio non è stato osservato in altri studi epidemiologici e non è stato confermato dai numerosi studi sperimentali condotti su animali e su cellule. Per questi motivi la IARC ha classificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza solo come “*possibilmente cancerogeni per gli esseri umani*” (gruppo 2B) e non come “*probabilmente cancerogeni per gli esseri umani*” (gruppo 2A), né come “*cancerogeni per gli esseri umani*” (gruppo 1”).

Si vedrà, nelle sezioni dedicate agli effetti sulla salute, come, al contrario, diversi studi sperimentali confutano molte delle affermazioni contenute in questi stralci e nel resto del documento.

Il documento prosegue poi citando quanto espresso in “[IARC Monographs Questions and Answers](#)” [24] a cui si è fatto riferimento sopra: “*i campi a radiofrequenza sono classificati nel gruppo 2B perché c’è un’evidenza tutt’altro che conclusiva che possano provocare il cancro negli esseri umani*”. Questa traduzione distorce radicalmente il significato della frase del testo originale in lingua inglese, dove i campi elettromagnetici vengono nominati come un possibile esempio di classificazione nel gruppo 2B e dove, nel motivare questa classificazione, viene utilizzata l’espressione “*that falls short of being conclusive*”, che non significa affatto “*tutt’altro che conclusiva*”, bensì: “*che non arriva ad essere conclusiva*”.

La stessa traduzione svisata è riportata anche nel rapporto ISTISAN già citato in precedenza pubblicato ad agosto 2019 dall’Istituto Superiore di Sanità intitolato “[Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche](#)” [18], e qui all’affermazione si attribuiscono oltretutto un’enfasi e un contesto che nel documento originale IARC non esistono: “*Pertanto, la IARC ha ritenuto utile ribadire che i campi elettromagnetici a radiofrequenza sono classificati nel gruppo 2B perché c’è un’evidenza tutt’altro che conclusiva che l’esposizione possa causare il cancro negli esseri umani o negli animali*”.

3.3 Limiti di intensità di campo e densità di potenza in Europa

Le normative europee in merito ai limiti di esposizione della popolazione generale e dei lavoratori alle radiazioni si differenziano a seconda che le radiazioni siano generate da sorgenti fisse o mobili.

3.3.1 Normativa di riferimento

In Europa la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici non ionizzanti è affidata alla Raccomandazione del Consiglio Europeo del 12 luglio 1999 [R.E. 1999/519/CE](#) [31], che definisce limiti sulla base delle [linee guida](#) [28] fornite nel 1998 dall'ICNIRP (paragrafo 3.2.3).

La definizione dei limiti massimi di esposizione, detti **limiti di base**, è fondata su criteri che dipendono dalla frequenza della radiazione. Come si legge nella Raccomandazione, tali criteri sono tuttavia stati definiti considerando *“effetti accertati. L'insorgere del cancro per gli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici di lungo periodo non è considerato accertato”*.

Quindi i limiti di base definiti dalla raccomandazione [R.E. 1999/519/CE](#) [31] sono volti alla prevenzione di effetti diretti acuti, e non tengono conto, se non indirettamente, di eventuali effetti biologici dovuti ad esposizione prolungata alle radiazioni.

In particolare:

- per campi statici fino a frequenze di 100 kHz i limiti sono determinati in base alla corrente indotta, al fine di evitare effetti sul sistema cardiovascolare e sul sistema nervoso;
- dai 100 kHz fino ai 10 MHz sono determinati sia in base alla corrente indotta, al fine di evitare effetti sul sistema nervoso, sia in base al tasso di assorbimento specifico, il SAR (*Specific Absorption Ratio*, valore medio dell'energia assorbita, espresso in watt al chilogrammo, W/kg), al fine di evitare lo stress da calore sul corpo e l'eccessivo riscaldamento localizzato dei tessuti; il SAR è calcolato come media su 6 minuti;
- dai 10 MHz ai 10 GHz sono determinati in base al SAR, al fine di evitare lo stress da calore sul corpo e l'eccessivo riscaldamento localizzato dei tessuti; il SAR è calcolato come media su 6 minuti;
- dai 10 GHz ai 300 GHz sono determinati in base alla densità di potenza S (espressa in watt al metro quadro, W/m^2 , ossia la potenza del campo che incide perpendicolare alla superficie divisa per l'area della superficie stessa), al fine di evitare il riscaldamento dei tessuti sulla superficie del corpo o in prossimità di essa; la densità di potenza S è calcolata come media su un periodo di tempo che, all'aumentare della frequenza, diminuisce da 6 minuti a 10 secondi, con la legge $68/f^{1,05}$ (dove f è la frequenza espressa in gigahertz, GHz).

Poiché all'atto pratico la misura delle suddette grandezze è problematica, sono stati definiti, per le sorgenti fisse, **livelli di riferimento** per l'intensità di campo elettrico e magnetico, livelli che, se non superati, garantiscono il rispetto dei valori limite di base definiti

considerando corrente indotta ed effetto termico; se i valori di campo misurati o calcolati superano i livelli di riferimento, non necessariamente i valori limite sono violati. Questi livelli di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

**Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
(0 Hz-300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)**

Intervallo di frequenza	Intensità di campo E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda piana equivalente S_{eq} (W/m ²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Note:

1. f come indicato nella colonna della gamma di frequenza.
2. Per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , e B^2 devono essere calcolati come media su qualsiasi periodo di 6 minuti.
3. Per le frequenze che superano 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , e B^2 devono essere ottenuti come media su qualsiasi periodo di $68/f^{1,05}$ minuti (f in GHz).

Figura 8 - Livelli di riferimento dei campi previsti dalla [R.E. 1999/519/CE](#) [31].

Quindi, per esempio, alle frequenze delle reti cellulari, 5G compresa, cioè a frequenze a partire dai 700 MHz, il livello di riferimento del campo elettrico aumenta, in funzione della frequenza, da 36 V/m a 61 V/m, calcolato come media su qualunque intervallo di tempo che per le frequenze fino a 10 GHz è di 6 minuti, poi, all'aumentare della frequenza oltre i 10 GHz, decresce, in rapporto alla frequenza, con la legge $68/f^{1,05}$, dove f è la frequenza espressa in gigahertz.

Come avverte la raccomandazione, “*in talune situazioni in cui l'esposizione è altamente localizzata, come l'esposizione del capo nel caso di radiotelefoni portatili, l'impiego dei livelli di riferimento non risulta adeguato. In tali casi l'osservanza dei limiti di base relativi ad esposizioni localizzate dovrà essere valutata direttamente.*”

Pertanto, i livelli di riferimento sono da applicare a sorgenti fisse, ossia ad antenne, non a terminali mobili, per i quali occorre applicare criteri alternativi, che verranno esposti nel prossimo paragrafo.

3.3.2 Normativa di riferimento per sorgenti mobili

Per quanto riguarda i dispositivi mobili, nell'Unione Europea si fa riferimento ai limiti definiti dal CENELEC (Comitato Europeo di Normazione Elettrotecnica), i quali sono stati posti sulla quantità massima di energia elettromagnetica che può essere assorbita dalla testa di un utilizzatore durante una telefonata. Si tratta del tasso di assorbimento specifico SAR (*Specific Absorption Ratio*). Questo limite è di 2 W/kg, mediato su 10 grammi di tessuto in un periodo di 6 minuti (sebbene una telefonata possa durare molto di più di 6 minuti). Negli Stati Uniti il limite è di 1,6 W/kg, mediato su 1 grammo di tessuto in un periodo di 30 minuti.

L'esposizione prolungata con SAR maggiore di 4 W/kg provoca aumenti di temperatura interna superiori a 1-2°C e può causare danni irreversibili.

Le attuali normative sui test di conformità SAR per dispositivi wireless prevedono l'autocertificazione da parte delle aziende produttrici, le quali effettuano le misure su un manichino di materiale plastico riempito di gel proteico. Queste normative consentono ai produttori di stabilire una distanza di separazione (in genere di circa 15 mm, cioè 1,5 cm) tra il telefono e il manichino di prova. Normalmente, però, un utilizzatore tiene il terminale aderente all'orecchio, quindi quello dichiarato dal produttore non è necessariamente il SAR effettivo che verrà sperimentato durante l'utilizzo. In ogni caso, come fa notare il biologo del CNR di Bologna Fiorenzo Marinelli nella presentazione "[Effetti biologici dei campi elettromagnetici](#)" del 29 aprile 2015 (Bolzano) [32], un SAR di 2 W/kg può corrispondere a un livello di campo di 307 V/m.

3.3.3 Valori limite nei Paesi europei

La maggioranza dei Paesi europei ha recepito come limiti massimi di esposizione derivante da installazioni fisse la raccomandazione [R.E. 1999/519/CE](#) [31]. Paesi come Italia, Svizzera, Polonia, Belgio, Catalogna hanno adottato limiti più stringenti rispetto a quelli definiti da tale raccomandazione.

Tabelle comparative dei livelli nei Paesi europei e in alcuni Paesi extraeuropei sono fornite sul sito [Elettra 2000](#) [33].

Per i terminali mobili, su tutto il territorio dell'Unione Europea, Italia compresa, si fa riferimento alla normativa CENELEC che prevede un valore limite di SAR di 2 W/kg, mediato su 10 grammi di tessuto in un periodo di 6 minuti, valore che, come si è visto, può arrivare a corrispondere a livelli di campo di 307 V/m. Spesso, soprattutto in zone a bassa copertura, il campo emesso da un dispositivo mobile per mantenere il collegamento con

l'antenna risulta ben superiore ai limiti di campo definiti dalla normativa europea per le installazioni fisse.

3.3.4 Valori limite in Italia

In Italia, in base all'art. 4 della [legge n. 36 del 22 febbraio 2001](#), “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” [34], spetta allo Stato il compito di determinare i limiti di esposizione, i valori di attenzione, e gli obiettivi di qualità delle emissioni di campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici, nonché il compito di promuovere attività di ricerca e sperimentazione tecnico-scientifica, e di coordinare attività di raccolta, elaborazione, e diffusione dei dati, informando annualmente il Parlamento. In base all'art. 3:

- il **limite di esposizione** è il limite che non dev'essere mai superato, né in luoghi accessibili soltanto ad operatori, né tantomeno in zone residenziali;
- il **valore di attenzione** è il limite che non deve essere superato all'interno di edifici dove la permanenza delle persone supera le 4 ore;
- gli **obiettivi di qualità** si applicano nelle aree intensamente frequentate all'aperto e riguardano la localizzazione delle sorgenti a radiofrequenze e la definizione di valori di campo atti a minimizzare l'esposizione.

Secondo il **Codice delle Comunicazioni**, [D.Lgs. 259/2003](#) [35], art. 87 co. 1, spetta agli Enti locali l'autorizzazione dell'installazione di torri, tralicci, impianti radio-trasmittenti, ripetitori, stazioni radio base per reti di comunicazioni mobili, per reti dedicate alla televisione digitale terrestre, per reti a radiofrequenza dedicate alle emergenze sanitarie ed alla protezione civile, nonché per reti radio, previo accertamento della compatibilità del progetto con i limiti di esposizione, i valori di attenzione, e gli obiettivi di qualità stabiliti dallo Stato.

Per quanto riguarda le sorgenti mobili, come detto nel precedente paragrafo, si fa riferimento alla normativa CENELEC che prevede un valore limite di SAR di 2 W/kg, mediato su 10 grammi di tessuto in un periodo di 6 minuti

Per quanto riguarda le sorgenti fisse, i livelli previsti dalla [legge n. 36/2001](#) [34], cioè il limite di esposizione, il valore di attenzione in luoghi dove la permanenza supera le quattro ore, e l'obiettivo di qualità, sono stati definiti per la prima volta dal [d.p.c.m. dell'8 luglio 2003](#) [36] (G.U. 199 28-8-2003).

Il valore di attenzione per l'intensità di campo elettrico in luoghi dove la permanenza prevista supera le quattro ore è stato fissato a 6 V/m calcolato come media su qualsiasi intervallo di 6 minuti e sulla sezione trasversale del corpo umano.

Il valore limite di intensità di campo elettrico per l'esposizione a impianti emissivi, laddove la permanenza sia inferiore alle quattro ore, è stato fissato, sempre come media su 6 minuti e sulla sezione trasversale del corpo umano, a 60 V/m per frequenze fino a 3 MHz, a 20 V/m per frequenze da 3 MHz a 3 GHz, e a 40 V/m a partire dai 3 GHz.

L'obiettivo di qualità coincide col valore di attenzione.

Si tratta di valori conservativi rispetto ai valori di riferimento definiti dalla raccomandazione del Consiglio Europeo [R.E. 1999/519/CE](#) [31].

Spetta alle ARPA (Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale) il compito di effettuare le valutazioni tecniche ai fini dell'autorizzazione di nuove installazioni, eseguire i controlli su richiesta dei cittadini tramite i comuni, o su programma secondo un piano annuale di attività, verificando i livelli complessivi di campo elettromagnetico presenti.

Gli interventi di controllo e vigilanza che esse effettuano consistono nello svolgimento di sopralluoghi conoscitivi e rilievi strumentali di campo elettromagnetico, al fine di verificare il rispetto dei valori di riferimento normativo (limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità) previsti dalla normativa nazionale vigente, e nel monitoraggio ambientale in continuo, che affianca e integra gli interventi di vigilanza attraverso l'utilizzo di centraline rilocabili sul territorio.

È inoltre in corso di costituzione da parte delle ARPA regionali un catasto delle sorgenti a radiofrequenza con potenza media superiore a 5 W, reso pubblico unitamente alle misure dei livelli di campo effettuate sul territorio.

Da sottolineare, tuttavia, che un eventuale superamento delle soglie di legge non comporta alcuna sanzione amministrativa per il gestore dell'installazione, ma richiede unicamente l'adeguamento dei livelli di emissione ai limiti di legge.

Nel 2012, sotto il governo Monti, in base all'art. 14 comma 8 del [decreto legge n. 179](#) [37], recante "Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese", convertito con **legge 221 del 2012**, il valore di attenzione per il campo elettrico da sorgenti fisse di 6 V/m, che in precedenza era calcolato come media su qualsiasi intervallo di 6 minuti, è stato esteso come media dei valori sulle 24 ore. Lo stesso vale per l'obiettivo di qualità. Il valore di limite di esposizione è rimasto invariato. Questo significa che è possibile esporre la popolazione

residenziale a un campo molto più elevato rispetto a quello definito dal precedente [d.p.c.m. dell'8 luglio 2003](#) [36], a patto di rispettare il limite di esposizione e la media di 6 V/m calcolata sulle 24 ore.

Per esempio, un campo elettrico misurato in zona residenziale alla frequenza delle comunicazioni cellulari fino a 3 GHz con intensità pari:

- al limite di esposizione di 20 V/m per una durata di 6 ore complessive,
 - a 2 V/m per un totale di altre 12 ore, e
 - a 0 V/m per le 6 ore notturne rimanenti a completare le 24 ore,
- soddisfarebbe il limite imposto di 6 V/m in 24 ore.

Analogo discorso per campi oltre i 3 GHz con intensità pari, ad esempio:

- al limite di esposizione di 40 V/m per una durata di 3 ore complessive,
- a 2 V/m per un totale di altre 12 ore, e
- a 0 V/m per le 6 ore notturne rimanenti a completare le 24 ore.

Una tale emissione soddisferebbe il limite imposto di 6 V/m in 24 ore.

Quindi, non è molto appropriato affermare, come spesso si legge e come si vedrà fra poco, che in Italia, stante la legge attuale, i livelli di campo ammessi sono “*assai più bassi dei livelli consigliati dai competenti organismi tecnici internazionali*”.

Nonostante ciò risultano evidentemente troppo bassi per permettere lo sviluppo della rete 5G, e a questo riguardo, nel dicembre 2017, la multinazionale svedese Ericsson nel documento “[EMF challenges for 5G](#)” [38] ha evidenziato le grosse difficoltà di sviluppo della rete 5G in Paesi con limiti di campo significativamente al di sotto dei limiti internazionali ICNIRP fondati su basi scientifiche (come in Italia, Tabella 1).

Frequenza	R.E. 1999/519/CE (Europa)	Limite di Esposizione (Italia)	Valore di attenzione (Italia)	Obiettivo di qualità (Italia)
694 - 790 MHz	36.2 - 38.6 V/m (Mediato su 6 min)	20 V/m (Mediato su 6 min)	6 V/m (Mediato su 24 h)	6 V/m (Mediato su 24 h)
3.6 - 3.8 GHz	61 V/m (Mediato su 6 min)	40 V/m (Mediato su 6 min)	6 V/m (Mediato su 24 h)	6 V/m (Mediato su 24 h)
26.5 - 27.5 GHz	61 V/m (Mediato su 2.2 min @ 26 GHz)	40 V/m (Mediato su 6 min)	6 V/m (Mediato su 24 h)	6 V/m (Mediato su 24 h)

Tabella 1 - In Italia, nelle bande di frequenza assegnate al 5G, allo stato attuale i livelli di intensità di campo elettrico accettati sono quelli definiti dal [decreto legge n. 179](#) [37], convertito con legge 221/2012.

Il **18/04/2018** è stata stilata una [bozza di d.p.c.m.](#) [39], che all’articolo 4, comma 1 e comma 4, prevede che la valutazione, la misurazione e il calcolo dei livelli dei campi

elettromagnetici ai quali è esposta la popolazione sia effettuata rispettando le restrizioni previste dalla [R.E. 1999/519/CE](#) [31], considerando i livelli di riferimento contenuti nella stessa raccomandazione come indicazione ai fini pratici della valutazione dell'esposizione, in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base.

Anche il [piano di rilancio dell'Italia](#) [40], “Iniziative per il rilancio – Italia 2020-2022”, presentato alla Presidenza del Consiglio il **9 giugno 2020** dal Comitato di esperti in materia economica guidato da Vittorio Colao per indicare le linee di sviluppo della Fase 3 reputa indispensabile l'innalzamento dei limiti per potere attuare il 5G.

Nel programma si fa riferimento alla necessità di “*Adeguare i livelli di emissione elettromagnetica in Italia ai valori europei, oggi circa 3 volte più alti e radicalmente inferiori ai livelli di soglia di rischio, per accelerare lo sviluppo delle reti 5G. Escludere opponibilità locale se protocolli nazionali sono rispettati*”.

Per inciso, Vittorio Colao ha coperto dal 2008 al 2018 il ruolo di amministratore delegato di Vodafone e attualmente è consigliere d'amministrazione di Verizon, il colosso mondiale del 5G, e sta quindi operando in aperto conflitto d'interessi.

Il **9 luglio 2020** la IX Commissione Permanente della Camera dei Deputati (Trasporti, Poste e Telecomunicazioni) ha pubblicato il documento finale di un'[indagine conoscitiva riguardante la tecnologia 5G](#) [41], che ha visto anche la partecipazione, nella seduta del 26 febbraio 2019, di rappresentanti di organizzazioni indipendenti che si occupano dello studio degli effetti dei campi sulla salute, tra cui l'Istituto Ramazzini di Bologna di cui si parlerà nel Capitolo 4. Nel paragrafo 2.2 del documento in questione si legge che la gestione dinamica del segnale con le antenne mMIMO che inseguono il dispositivo permette una riduzione della potenza sia da parte dell'antenna che da parte del dispositivo, e ciò ha effetti sulle emissioni del dispositivo, “*che dovrebbero ridursi*”. Tuttavia nel paragrafo 2.5 si evidenzia che una delle problematiche avanzate dagli operatori che potrebbero compromettere la realizzazione della rete 5G riguarda proprio la “*ridefinizione dei limiti emissione che, in Italia, sono assai più bassi dei livelli consigliati dai competenti organismi tecnici internazionali*”; questa affermazione palesa una contraddizione rispetto a quanto precedentemente affermato: se le potenze dovrebbero ridursi, non si vede tutta questa necessità di elevare i limiti. Riguardo ai rischi sulla salute le conclusioni appaiono eccessivamente rassicuranti alla luce dei numerosissimi studi presenti nella letteratura scientifica (vedere Capitolo 4) che evidenziano gli effetti non termici dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti: “*L'introduzione della*

nuova tecnologia del 5G, sulla base delle attuali conoscenze scientifiche e nel rispetto dei limiti alle emissioni imposti dalla normativa, non risulta comunque comportare rischi maggiori di quelli delle altre tecnologie delle telecomunicazioni, oramai in uso da molti anni.

Occorre in proposito richiamare l'attenzione su una corretta informazione della popolazione, che, in assenza di dati chiari, semplici e precisi relativi alle conoscenze scientifiche sulle emissioni elettromagnetiche, è soggetta a campagne inutilmente allarmistiche che diffondono dati confusi, spesso infondati, ed in alcuni casi vere e proprie fake news. La disinformazione riguarda spesso non solo i cittadini ma – cosa ancor più grave – gli amministratori locali, talora indotti a rallentare i procedimenti relativi alle nuove tecnologie.

Allo stesso modo i cittadini devono essere informati sui comportamenti da adottare, in via meramente cautelativa, al fine di minimizzare i rischi eventualmente legati ad un uso molto intenso dei cellulari, rischi che le attuali conoscenze scientifiche non hanno ancora escluso in via definitiva (...) Occorre inoltre assicurare una significativa semplificazione dei regimi autorizzatori a livello locale per il dispiegamento delle connessioni su rete fissa e mobile.

Sarebbe pertanto importante, oltre ad interventi normativi di semplificazione, assumere le iniziative per il raggiungimento di un protocollo di intesa (...), favorendo tuttavia un approccio che privilegi il dialogo, il supporto tecnico e anche un'iniziativa di informazione nei confronti delle strutture amministrative e politiche locali che contribuisca a generare un clima di fiducia e sicurezza sulle implicazioni delle nuove tecnologie.”

Il 16 luglio 2020 è stato approvato il [decreto legge n. 76](#) [42] recante “Semplificazioni in materia di attività d’impresa, ambiente e green economy”, poi convertito con legge 11 settembre 2020 n. 120. Non c’è al momento una modifica dei limiti di campo, ma si comincia già a recepire il suggerimento di “Escludere opponibilità locale” contenuto nel programma “[Iniziative per il rilancio](#)” [40]. Infatti, nell’art. 38 co. 6 del decreto legge n. 76, l’articolo 8 co. 6 della legge n. 36 del 22/02/01 viene modificato con l’aggiunta sottolineata “I comuni possono adottare un regolamento per assicurare il corretto insediamento urbanistico e territoriale degli impianti e minimizzare l’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici con riferimento a siti sensibili individuati in modo specifico, con esclusione della possibilità di introdurre limitazioni alla localizzazione in aree generalizzate del territorio di stazioni radio base per reti di comunicazioni elettroniche di qualsiasi tipologia e, in ogni caso, di incidere, anche in via indiretta o mediante provvedimenti contingibili e

urgenti, sui limiti di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, sui valori di attenzione e sugli obiettivi di qualità, riservati allo Stato ai sensi dell'articolo 4" della legge n. 36 del 22/02/01. Ciò implica che i comuni non si possono opporre a nuove installazioni neanche in previsione di un possibile futuro innalzamento dei limiti di campo da parte dello Stato – necessario per assicurare il funzionamento di quelle installazioni – sulla base di quanto suggerito nel programma Colao "[Iniziative per il rilancio – Italia 2020-2022](#)" [40]. In pratica questo decreto legge rende inefficace l'art. 87 co. 1 del [D.Lgs. 259/2003](#) [35], in quanto i comuni si vedono privati della possibilità di impedire installazioni sul proprio territorio.

3.3.5 Opportunità di ridurre i limiti e previsioni in vista del dispiegamento del 5G

A parere di diverse organizzazioni indipendenti dall'industria, tutti i limiti presentati nei paragrafi precedenti andrebbero rivisti nettamente al ribasso, alla luce degli effetti evidenziati sulla salute dai numerosi studi in letteratura.

Per quanto riguarda le radiazioni provenienti da sorgenti fisse, l'[ICEMS](#) [43] (*International Commission for Electromagnetic Safety*) aveva già nel 2003 proposto il limite per l'intensità del campo elettrico di 0,6 V/m (corrispondente a una densità di potenza di 1 mW/m²).

Anche secondo il rapporto [Bioinitiative 2012](#) [44] i limiti di campo dovrebbero essere ridotti a 0,6 V/m, e nelle zone dedicate a riposo notturno addirittura al di sotto dei 0,05 V/m.

Per quanto riguarda le radiazioni provenienti dai terminali mobili, l'[ECRR](#) [45] (*European Committee Radiation Risk*), sulla base di studi su roditori, propone una nuova unità di misura di esposizione e un limite massimo giornaliero, valutato a un terzo dell'esposizione di un'ora che determina un SAR di 1 W/kg, cioè all'esposizione che si ha mediamente con un'ora di conversazione con cellulare.

Ma va in direzione nettamente contraria a queste proposte l'ICNIRP, che a marzo 2020 ha stilato nuove [linee guida](#) [46] per le frequenze da 100 kHz a 300 GHz, che nell'appendice B spiegano come mai, anche sulla base di una recensione effettuata nel 2014 dall'OMS, non sarebbe possibile confermare le risultanze degli studi che evidenziano effetti biologici e pertanto non sarebbe possibile prenderle in considerazione per la definizione dei livelli massimi di esposizione.

Queste nuove linee guida (grafico a destra in figura) distinguono tra esposizione locale (linea a tratto e punto) ed esposizione totale del corpo (linea continua).

Con riferimento all'esposizione totale, per frequenze inferiori a 30 MHz i livelli massimi di campo sono stati aumentati rispetto a quelli previsti nelle linee guida del 1998 (grafico a destra, rettangolo rosso). Per frequenze dai 30 MHz in su (e quindi anche nelle bande utilizzate per le telecomunicazioni) i limiti di riferimento di intensità di campo e di densità di potenza sono sovrapponibili (lievemente più bassi) rispetto ai livelli definiti in precedenza.

Con riferimento, invece, all'esposizione locale, dai 400 MHz in su, i livelli ammessi sono molto più elevati, e nella banda delle telecomunicazioni essi possono raggiungere addirittura densità di potenza di 40 W/m^2 , ben quattro volte superiore ai livelli attuali, corrispondenti a un'intensità di campo elettrico di 125 V/m .

E per di più tutti questi livelli non sono più da misurare come media su un intervallo di tempo di 6 minuti, come previsto dalle [linee guida](#) del 1998 [28], ma su un intervallo di 30 minuti, cinque volte più ampio; ciò permette di avere picchi di intensità molto più elevati.

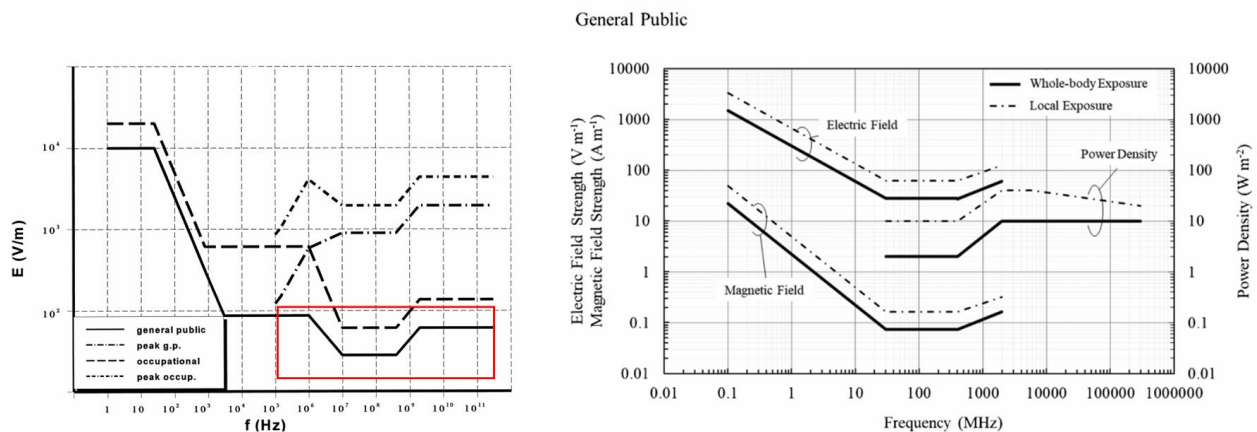


Figura 9 - Livelli di riferimento ICNIRP previsti dalle [linee guida 1998](#) [28] (grafico a sinistra - campo elettrico, porzione compresa nel rettangolo rosso) a confronto con quelli previsti dalle [linee guida 2020](#) [46] valevoli per l'intervallo di frequenze da 100 kHz a 300 GHz (grafico a destra - campo elettrico, campo magnetico, densità di potenza per esposizione totale, linea continua, e per esposizione locale, linea tratteggiata).

È prevedibile che queste [linee guida](#) portino a una ridefinizione dei limiti normativi al rialzo, anche alla luce della necessità di innalzare i livelli massimi consentiti per permettere un efficace dispiegamento della rete 5G.

E a questo proposito occorre dire, riguardo ai dispositivi mobili, la cui potenza attuale massima di uscita è di 2 W, che negli Stati Uniti, per quelli di quinta generazione, la [FCC](#) [47] (*Federal Communication Commission*) ha adottato delle regole che consentono alla potenza effettiva dei fasci emessi dalle loro antenne, che si prevede siano più direttive rispetto a quelle attuali, di arrivare a 43 dBm, corrispondenti a 20 W, cioè 10 volte i livelli di potenza di uscita attualmente ammessi, ciò anche per consentire lo scambio di segnali coi satelliti.

4 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO E SALUTE

Come accennato nel Capitolo 3, l'esposizione ai campi elettromagnetici può causare nell'uomo **effetti acuti di natura essenzialmente fisica**, in pratica effetti termici o elettrici, i quali insorgono a livelli di potenza oltre determinate soglie che dipendono dalla frequenza, ed **effetti biologici a breve o lungo termine**, che possono insorgere anche molto al di sotto di tali soglie di potenza.

In questo capitolo ci si occuperà abbastanza marginalmente degli effetti acuti, in quanto sono immediatamente osservabili e sono già tenuti in conto dalle normative nazionali e internazionali che stabiliscono i livelli massimi.

Si considereranno invece nel dettaglio i risultati di alcune ricerche e alcuni dei numerosissimi studi in base ai quali si sono osservate alterazioni biologiche a livello molecolare, cellulare, o sistemico, spesso più difficili da studiare rispetto alle reazioni acute perché ad evoluzione più lenta e in alcuni casi soggettive. Nonostante migliaia di studi evidenzino tali alterazioni, esse non sono minimamente tenute in conto dagli organismi internazionali che si occupano di stabilire i limiti di sicurezza.

La maggioranza degli studi finanziati dall'industria sono rassicuranti in termini di rischio per la salute, e di fatto i conflitti di interesse sembrano avere notevole influenza sui risultati degli studi: se nel caso degli studi indipendenti circa il 70% riscontra correlazioni tra danni biologici ed esposizione, negli studi finanziati da soggetti legati all'industria delle comunicazioni radiomobili solo il 32% correla i danni biologici all'esposizione: in pratica, le percentuali sono quasi esattamente ribaltate.

Utili riferimenti riguardo agli effetti biologici dei campi sono i due testi seguenti:

- [“5G, cellulari, Wi-Fi – Un esperimento sulla salute di tutti”](#) [48], AA.VV. con consulenza e revisione del Dott. Fiorenzo Marinelli (biologo e ricercatore del CNR) e Prof. Livio Giuliani (ex Dirigente di Ricerca dell'Unità Radiazioni dell'ISPESL, ora al SSN), 2019
- [“Rapporto Indipendente sui campi elettromagnetici e diffusione del 5G”](#) [49], di: P.M. Bianco, E. Odorifero, M. Tiberti (European Consumers); A. Di Ciaula, P. Gentilini (ISDE), 10-09-2019

entrambi scaricabili gratuitamente. Da questi testi sono tratte molte delle informazioni contenute in questo capitolo.

Ci si soffermerà prevalentemente sui campi elettromagnetici alle frequenze delle comunicazioni cellulari e wireless, con particolare riferimento alle frequenze previste per il 5G, mentre non verranno trattati gli effetti dei campi a frequenze più basse.

Per chi fosse interessato anche ai campi a basse frequenze, dovuti ad elettrodomesti, ad apparecchi elettrici domestici, a mezzi di locomozione elettrica, si consiglia la lettura dei cap. 3 e cap. 21 pp. 345-352 (sorgenti), cap. 18 (misura), cap. 22 pp. 362-369 (schermatura) del testo “[5G, cellulari, Wi-Fi – Un esperimento sulla salute di tutti](#)” [48].

In particolare, riguardo ai veicoli elettrici, il testo di cui sopra cita a p. 352 due studi, Tell et al. (2016) e Vedholm (1996), il primo dei quali rileva che i veicoli elettrici producono livelli di induzione magnetica molto superiori rispetto a quelli a benzina, mentre il secondo mostra come nel 25% delle auto ibride in movimento i valori di induzione magnetica a bassa frequenza (5 Hz - 2 kHz) superano i 6 μ T. Si ricorda che i valori limite di induzione magnetica a queste frequenze vanno da 0,4 μ T a 6,25 μ T (vedere Figura 8 nel Capitolo 3). Alle basse frequenze, infatti, livelli di induzione magnetica superiori a 0,4 μ T sono stati correlati ad un incrementato rischio di leucemia infantile.

Effetti delle radiazioni elettromagnetiche anche al di sotto delle soglie che determinano riscaldamento dei tessuti sono stati osservati sugli esseri umani già a partire dagli anni '60 del secolo scorso. Numerosi sono gli studi condotti negli anni '70 nei Paesi dell'Est Europeo, non citati dai due testi a cui si è fatto riferimento sopra, ma interessantissimi sotto molti punti di vista.

Più recentemente si sono osservati gli effetti su cellule vegetali e sulla biologia e il comportamento di insetti, pesci, anfibi, uccelli, mammiferi, con conseguenze che rischiano di sconvolgere tutto l'ecosistema.

Numerosi studi mostrano che gli effetti variano non solo in base alla frequenza e all'intensità della radiazione, ma anche in base al tipo di modulazione: si possono osservare differenze a seconda che i campi utilizzati siano, per esempio, continui o pulsati.

Nell'uomo, danni biologici come il cancro, seppure siano le conseguenze più temibili, non sono le uniche conseguenze dell'esposizione sulla salute. Una problematica ancora non riconosciuta in Italia come malattia invalidante, al contrario di quanto è avvenuto in altri Paesi, come la Svezia, è l'ipersensibilità elettromagnetica, un complesso di disturbi, secondo alcuni studi derivante da effetti delle radiazioni sul sistema immunitario che scatenano una risposta autoimmune, con risvolti negativi anche notevoli sulla qualità della vita di chi ne è affetto; essa è già relativamente diffusa nella popolazione, e la sua diffusione è in costante aumento. Potrebbero essere correlati all'esposizione elettromagnetica anche disturbi

comportamentali, come deficit di attenzione, iperattività, autismo, e malattie neurodegenerative (morbo di Alzheimer, morbo di Parkinson). Altri effetti riguardano, la fertilità, il sistema cardiovascolare e circolatorio, il sistema metabolico, ecc.

Con l'avvento del 5G è prevedibile una presenza molto più capillare sia di antenne che di dispositivi interconnessi, ed è ragionevole presumere un aumento dei livelli e della copertura di campo a cui tutta la popolazione, anche coloro che non sono connessi alla rete tramite i propri dispositivi, sarà sottoposta. Questo vale a maggior ragione nel caso in cui i livelli di soglia previsti per legge venissero innalzati. Si contempla anche l'utilizzo dello spettro delle onde millimetriche, uno spettro ad ora del tutto inesplorato nel campo delle telecomunicazioni.

Nei prossimi paragrafi seguirà una breve panoramica delle varie osservazioni e dei vari studi a cui si è qui accennato.

4.1 Effetti acuti termici ed elettrici

Gli effetti acuti dei campi considerati dalle normative sono essenzialmente effetti termici ed effetti di natura elettrica determinati dall'interazione coi meccanismi di generazione dei segnali elettrici a livello delle membrane cellulari e trasmissione tra cellule nervose diverse o tra cellule nervose e fibre muscolari innervate.

Gli effetti termici consistono nel danneggiamento del tessuto dovuto a riscaldamento per assorbimento dell'energia della radiazione. Come anticipato nel Capitolo 3, essi sono dose-dipendenti, cioè a un aumento della dose di radiazione (quindi della densità di potenza) segue in genere un aumento dell'effetto. Inoltre, tanto maggiore è la frequenza, tanto minore è la penetrazione della radiazione all'interno dei tessuti, e quindi, all'aumentare della frequenza, il riscaldamento diventa sempre più superficiale. Molto sensibili agli effetti termici sono gli occhi: l'esposizione a livelli di potenza eccessivi causa opacizzazione del cristallino e anomalie alla cornea.

Gli effetti elettrici dipendono sia dalla potenza del segnale che dalla frequenza; per esempio, a frequenze intorno alla frequenza di rete (50 Hz) si possono avere extrasistole e fibrillazione ventricolare, che non si osservano a frequenze elevate. In ogni caso, effetti sui meccanismi di conduzione dei segnali nervosi e sul sistema nervoso centrale e periferico si possono riscontrare a tutte le frequenze.

Questi meccanismi sono tenuti in conto nella definizione dei limiti di riferimento per l'esposizione ai campi. Come si vede dal grafico seguente, tratto dalle [linee guida dell'ICNIRP del 2020 \[46\]](#), la soglia di intensità di campo (o equivalentemente di densità di

potenza) oltre la quale si possono osservare effetti acuti, elettrici o termici, non è costante al variare della frequenza. È minima nell'intervallo tra i 30 e i 400 MHz e ai margini sale, il che significa che il corpo umano è meno sensibile ai meccanismi descritti per frequenze esterne a tale intervallo. Quindi, mentre, fissato un valore di frequenza, il rischio di insorgenza di effetti acuti dannosi aumenta all'aumentare della potenza, non è detto che, fissato un dato valore di potenza, tale rischio aumenti all'aumentare della frequenza.

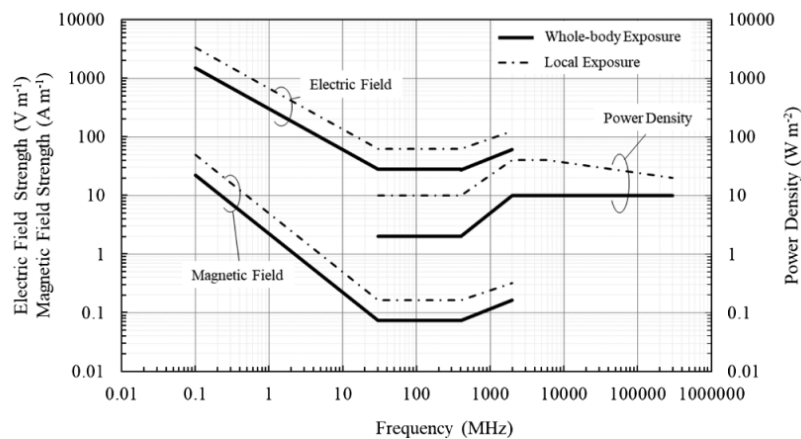


Figura 10 - Livelli di riferimento previsti dalle linee guida 2020 [linee guida 2020](#) [46] valevoli per l'intervallo di frequenze da 100 kHz a 300 GHz (grafico a destra - campo elettrico, campo magnetico, densità di potenza per esposizione totale, linea continua, e per esposizione locale, linea tratteggiata).

4.2 Ipersensibilità elettromagnetica

Quelli descritti nel precedente paragrafo sono gli effetti acuti di natura termica e elettrica. Ma l'esposizione può determinare effetti biologici anche in assenza degli effetti acuti descritti sopra, quindi anche molto al di sotto delle soglie rappresentate nel grafico di figura 10, e non necessariamente questi effetti dipendono dalla potenza. Essi, infatti, a parità di potenza media assorbita e di frequenza della portante, possono per esempio variare a seconda che il segnale sia continuo o modulato in ampiezza e/o in frequenza. Se si pensa ad esempio a un segnale impulsato, a parità di potenza media e di frequenza rispetto a un segnale continuo, esso raggiunge picchi di potenza tanto più elevati quanto più i picchi sono distanti nel tempo (figura 11), e questi picchi, nonostante possano essere anche brevissimi, possono dar luogo a risposte inaspettate.

Gli effetti non termici dovuti all'esposizione a onde radio, microonde, e onde millimetriche erano stati osservati già a partire dalla seconda metà del secolo scorso su tecnici dell'Est Europeo e della Russia Sovietica che lavoravano con tecnologie civili e militari operanti in tali bande di frequenza esposti a densità di potenza anche relativamente basse (entro i 10 W/m^2 , corrispondenti a circa 61 V/m , pari al livello di riferimento previsto dalla

Raccomandazione del Consiglio Europeo [R.E. 1999/519/CE](#) [31] e considerato in molti Paesi europei).

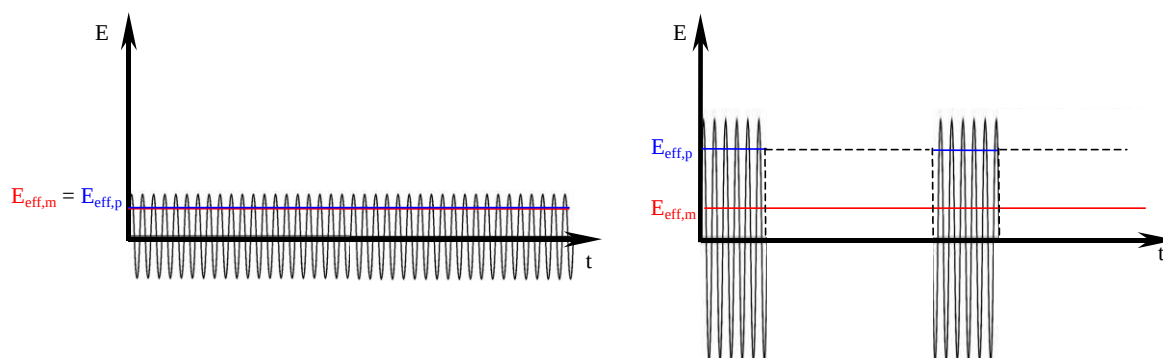


Figura 11 - Segnale continuo (a sinistra) e segnale impulsato a pari frequenza e con pari valore efficace medio (linea rossa) del campo elettrico. Nel segnale impulsato si osserva che il valore efficace di picco (linea blu) può essere molto maggiore del valore efficace medio, mentre nel segnale continuo i due valori coincidono. La densità di potenza è proporzionale al quadrato del valore efficace del campo. A parità di densità di potenza media e a parità di frequenza, gli effetti biologici possono differire notevolmente anche per via della diversa densità di potenza di picco.

Secondo i vari studi del periodo, in una percentuale intorno al 15% di tale categoria di operatori, si riscontravano variazioni funzionali del sistema nervoso, del sistema circolatorio, del sistema cardiovascolare, del metabolismo, con lo sviluppo di un complesso di sintomi specifici che avevano permesso di caratterizzare una particolare forma nosologica, non determinata da effetti acuti di origine termica, la quale fu allora denominata *radiowave disease* o *radiowave sickness* (malattia da onde radio). I sintomi comprendevano cefalea, affaticamento, debolezza, disturbi del sonno, tinnito, vertigini, riduzione della memoria, disfunzioni sessuali, sensibilità alla luce, palpitazioni e aritmie, dolori trafittivi nella regione cardiaca, fiato corto, e disturbi dell'umore come irritabilità, instabilità emotiva, ansia e depressione, in alcuni casi manie e paranoie. All'esame fisico si riscontravano in alcuni casi acrocianosi (dita delle mani e dei piedi blu), ridotta sensibilità agli odori, sudorazione, tremori, riflessi alterati, anisocoria delle pupille (pupille di dimensioni diverse), cataratta, aritmie, pressione arteriosa instabile, anomalie nell'elettroencefalogramma e nell'elettrocardiogramma, alterazioni dei valori ematici, in particolare riduzione dell'emoglobina e degli eritrociti, e, in stadi avanzati, segni di ridotta ossigenazione del cuore e del cervello. Circa il 2% degli operatori colpiti si trovavano costretti a lasciare il lavoro.

Riscontri analoghi a quelli osservati sugli esseri umani si erano poi avuti anche da numerosissimi esperimenti su animali ed erano stati ampiamente documentati già negli anni '70 - '80 da vasta letteratura sia sovietica che statunitense, anche derivante da programmi di

collaborazione volti ad uniformare le metodologie di sperimentazione; infatti, inizialmente, gli studi statunitensi si concentravano prevalentemente sugli effetti acuti e quindi non pervenivano agli stessi risultati evidenziati dagli studi sovietici.

Data al gennaio del 1980, per esempio, una rassegna statunitense di studi condotti nell'Unione Sovietica e nell'Est Europeo, "[Soviet and Eastern European Research on Biological Effects of Microwave Radiation](#)" [50], a cura di D.I. Mcree, riguardante effetti dell'esposizione di esseri umani ed animali a radiazioni a microonde (in particolare onde centimetriche e millimetriche, che corrispondono a quelle che si prevede di utilizzare per il 5G) anche a bassissima intensità. La rassegna, che includeva principalmente ricerche condotte a partire dal 1976, con qualche ricerca successiva al 1973, (33 studi su esseri umani e/o su animali, purtroppo solo in minima parte reperibili in rete), giungeva alla conclusione che si poteva riscontrare un numero elevato di alterazioni biologiche (sul metabolismo, sul sistema nervoso centrale, sul sistema neuroendocrino, sul sistema cardiovascolare e sanguigno, sul sistema immunitario, sul sistema riproduttivo) a livelli di densità di potenza al di sotto di 10 mW/cm^2 (100 W/m^2 , corrispondenti a un campo elettrico di circa 194 V/m) e un numero significativo di alterazioni biologiche al di sotto di 1 mW/cm^2 (10 W/m^2 , corrispondenti a un campo elettrico di circa 61 V/m).

Uno studio del 1978 citato in questa rassegna, N.P. Zalyubovskaya, R.I. Kiselev "Effect of radio waves of a millimeter frequency range on the body of man and animals", riguardava le onde millimetriche, cioè quelle radiazioni che costituiscono nel 5G la cosiddetta *banda pioniera*. Lo studio era stato condotto su 72 ingegneri e tecnici esposti per un lasso di tempo da 1 a 10 anni a onde millimetriche con potenze che in alcuni casi raggiungevano 1 mW/cm^2 (10 W/m^2 , corrispondenti a un campo elettrico di circa 61 V/m , pari al livello di riferimento previsto dalla Raccomandazione [R.E. 1999/519/CE](#) [31] citata sopra per queste bande di frequenza). Essi lamentavano affaticamento, sonnolenza, mal di testa, perdita di memoria. Da studi della composizione del sangue periferico, si osservava, rispetto a 30 lavoratori non esposti reclutati come gruppo di controllo, una riduzione di emoglobina e del numero di eritrociti, un aumento dei linfociti e una riduzione dei neutrofili, tendenza ad ipercoagulazione, riduzione di reticolociti e dei trombociti (piastrine). Da test della reattività immunobiologica, emergeva la presenza di una disbiosi della flora batterica nella cavità orale e una ridotta azione battericida della pelle. Analoghe osservazioni si erano riscontrate tramite sperimentazione descritta nello stesso studio effettuata su topi della linea CBA, con 250 irradiati e 100 di controllo.

Di N.P. Zalyubovskaya è anche uno studio precedente, “[Biological effect of millimeter radiowaves](#)” [51], del 1977, desecretato dalla CIA il 10/05/2012, che riguardava l’individuazione dei processi fisiologici e chimici alla base delle mutazioni che avvengono negli animali per effetto di radiazione con lunghezza d’onda di 5-8 mm (60 GHz - 37 GHz) con una densità di potenza di 1 mW/cm² (10 W/m²). Ratti Wistar e topi CBA erano stati irradiati per 15 minuti al giorno per 60 giorni. A queste frequenze le radiazioni hanno scarsa penetrabilità (in quanto la penetrazione è dell’ordine di 1/10 della lunghezza l’onda) e quindi vanno ad interessare principalmente la pelle e i nervi periferici. Nell’epidermide si osservavano agglomerati di fibre nervose con ipertrofia di una porzione delle fibre e porzioni demielinizzate. Anche nel derma, risultavano fenomeni di demielinizzazione. Inoltre si osservavano disordini nell’attività dei riflessi condizionati, in particolare, una ridotta stimolazione dei neuroni (osservata come risposta a stimoli esterni quali luce, rumore, dolore) e un’aumentata inibizione dei neuroni. I valori ottenuti tramite l’analisi del plasma erano indicativi di un’influenza delle radiazioni sull’ipotalamo e sull’ipofisi. Oltre a variazioni nella composizione eritrocitaria e leucocitaria del sangue, con riduzione dell’emoglobina e del numero di eritrociti, indicante soppressione della funzione ematopoietica del midollo e del sistema linfatico, si evidenziava la riduzione del consumo di ossigeno nelle cellule del fegato, dei reni, del cuore, del cervello nello stato di fosforilazione attiva e la riduzione della frequenza respiratoria cellulare, dovute a variazioni enzimatiche. Nel fegato, nei reni, nella milza, nel cuore, nei polmoni si osservava anche una riduzione del contenuto di acidi nucleici. I risultati dell’analisi istopatologica mostravano micronecrosi e distrofie tissutali nelle strutture tissutali funzionalmente attive del miocardio, del fegato, dei reni, e della milza.

I risultati ottenuti erano compatibili con le analisi biochimiche effettuate su 97 persone che operavano a stretto contatto con generatori di radiazioni millimetriche.

Un altro interessantissimo documento del periodo sempre a riguardo della malattia da onde radio fu redatto per conto dell’Ufficio del Chirurgo Generale dell’Agenzia di Intelligence e Informazione del Dipartimento della Difesa americana a marzo del 1976, ed è intitolato “[Biological Effects of Electromagnetic Radiation \(Radiowaves and Microwaves\) Eurasian Communist Countries](#)” [52], di R.L Adams, R.A. Williams, con informazioni tratte da riviste mediche, scientifiche, militari, di intelligence, nonché da libri e altre pubblicazioni del periodo. Degno di nota è tra gli altri il fatto, nominato nel riassunto introduttivo, che già allora era stata evidenziata l’insorgenza, in animali esposti a microonde a bassa intensità, di patologie neurologiche dovute alla rottura della barriera ematoencefalica, come confermato poi anche da osservazioni recenti, quale quella pubblicata nel 2012 di Leif Salford,

dell'Università di Lund in Svezia, di cui si parlerà più avanti. La barriera ematoencefalica è una struttura funzionale interposta tra sangue e tessuto cerebrale, costituita dalle cellule endoteliali dei capillari del cervello, che non permette il passaggio nel liquor cerebrale degli elementi, ad esempio molecole, contenuti nel sangue che sono nocivi per le cellule cerebrali. Per le frequenze UHF anche a densità di potenza estremamente basse (da 0,005 a 0,015 mW/cm²) si osservavano sclerosi e la formazione di vacuoli nelle cellule della corteccia cerebrale.

Sempre nel riassunto e a p. 15 del documento, si legge che da studi pubblicati in URSS, nell'Est Europeo, e in Occidente, è possibile indurre la percezione di suoni e anche parole tramite l'esposizione a segnali a microonde modulati con densità di potenza media molto basse, e si contempla la possibilità di utilizzare i risultati di tali studi per applicazioni antiuomo. Il primo studio relativo all'evocazione di suoni è statunitense: esso prevedeva di utilizzare microonde modulate con densità media di potenza di 0.005 mW/cm² e con densità di potenza di picco di 80 mW/cm². Da un successivo studio russo emergeva che la soglia di reazione evocata aumentava notevolmente all'aumentare della frequenza da 2050 a 2500 MHz, ma a 3000 MHz non si osservava reazione dei centri uditivi.

Più recentemente sintomi eterogenei come disturbi del sonno, tinnito, affaticamento, perdita di memoria, cefalea, vertigini, aritmie, tachicardia o bradicardia, tremori, depressione, cioè gli stessi sintomi riscontrati dai ricercatori sovietici nella seconda metà del secolo scorso, sono stati correlati alla frequenza di utilizzo dei cellulari o alla vicinanza dell'abitazione di coloro che sono affetti da tali disturbi a stazioni radio. L'incidenza, spesso sottostimata vista l'aspecificità della sintomatologia, è in crescita esponenziale e secondo i dati dell'OMS ammonta già al 3% dell'intera popolazione; nel 10% delle persone colpite si può trattare di un disturbo altamente debilitante che può includere anche manifestazioni cutanee evidenti e sintomatologie fortemente dolorose. Oggi però non è considerato una "malattia" e ad esso non è neppure attribuito un nome specifico, anche se la denominazione prevalente è *ipersensibilità elettromagnetica* (EHS, *Electromagnetic HyperSensitivity*).

L'unica soluzione per chi soffre di questo disturbo sarebbe l'isolamento dalle sorgenti elettromagnetiche, ma questo diventa via via più difficile, se non impossibile, man mano che si estendono sempre più capillarmente le reti di comunicazione radiomobili, e a maggior ragione in vista del dispiegamento della rete 5G, che prevede da un lato una moltiplicazione dei dispositivi di comunicazione, dall'altro una moltiplicazione di antenne trasmettenti con trasmissione di segnali di tipo impulsivo caratterizzati da impulsi di ampiezza anche molto

elevata. È prevedibile quindi che aumenti non solo l'intensità della sintomatologia di chi è già affetto da questo disturbo, ma anche il tasso di popolazione colpita.

Nonostante la risoluzione del Parlamento Europeo del 2 aprile 2009, "[Health concerns associated with electromagnetic fields \(EMF\)](#)" [53] richieda che gli stati membri riconoscano l'elettrosensibilità come disabilità e nonostante la [Risoluzione 1815/2011](#) [20] del Consiglio d'Europa preveda la creazione di zone *wireless free*, cioè non coperte da segnali wireless, per gli elettrosensibili, in Italia e in molti Paesi nel mondo, questo disturbo non è riconosciuto come disabilità. Quindi, non sono previste agevolazioni di sorta, né per l'accesso alla sanità, né per quanto riguarda l'occupazione, né di natura edilizia (data la necessità di prevedere schermature elettromagnetiche adeguate). D'altra parte, neppure l'OMS include l'EHS nei codici ICD (*International Classification of Disease*).

Uno studio molto completo riguardante osservazioni fisiologiche condotte su persone che soffrono di elettrosensibilità è quello pubblicato nel 2013 da Magda Havas, esperta internazionale di EHS dell'Università di Trent, Ontario, Canada, studio intitolato "[Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system](#)" [54].

In questo documento si mostra come l'esposizione ai campi elettromagnetici causa effetti fisiologici come la tendenza dei globuli rossi ad aggregarsi e formare i cosiddetti *rouleaux* o come l'insorgenza di aritmie, palpitazioni, dolore o pressione toracica accompagnati da ansia. Entrambi questi effetti erano peraltro già stati descritti, per quanto riguarda l'esposizione ad onde millimetriche, nello studio N.P. Zalyubovskaya, R.I. Kiselev del 1978, a cui si è fatto riferimento sopra.

La tendenza dei globuli rossi ad aggregarsi potrebbe essere dovuta a una riduzione del potenziale elettrico della membrana cellulare dei globuli rossi stessi che indebolisce le forze repulsive tra queste cellule. Essa può avere come conseguenze aumento della pressione arteriosa, acrocianosi (dita delle mani e dei piedi blu), cefalea, nausea.

L'insorgenza di aritmie e palpitazioni sembra essere conseguenza di un'iperattivazione (regolazione verso l'alto, *up-regulation*) del sistema nervoso simpatico e una ipoattivazione (regolazione verso il basso, *down-regulation*) del sistema nervoso parasimpatico tipici della reazione di "attacco o fuga".

Lo studio dimostra che questa risposta all'esposizione elettromagnetica è misurabile, quindi non di natura psicosomatica, sebbene i soggetti affetti dal disturbo in forma grave possano anche sviluppare problemi di natura psicologica derivanti dalla loro limitata capacità

lavorativa e di movimento nella maggior parte dei contesti tecnologici moderni e dallo stigma sociale che attribuisce la loro sintomatologia all'immaginazione piuttosto che a disturbi effettivamente presenti.

Le figure seguenti, tratte dallo studio, mostrano gli effetti dell'esposizione a campi elettromagnetici sul sangue e sul ritmo cardiaco.

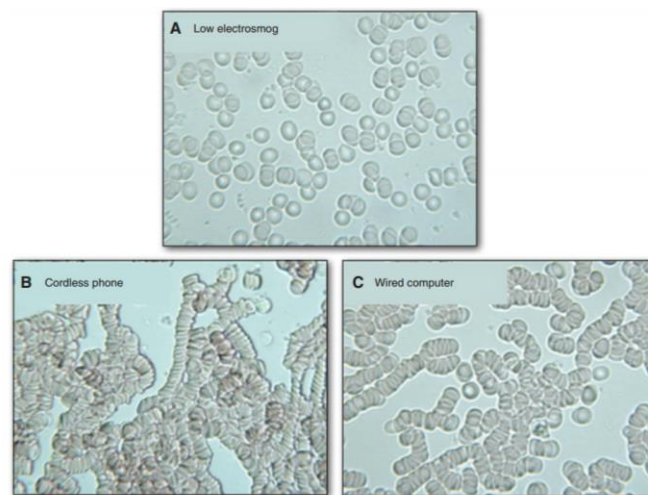


Figura 12 - Globuli rossi prelevati da soggetti in ambiente a basso livello di inquinamento elettromagnetico (A), dopo l'utilizzo di cordless per 10 minuti (B), e dopo l'utilizzo di un PC cablato per 70 minuti (C) (fonte: M. Havas, [“Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system”](#) [54]).

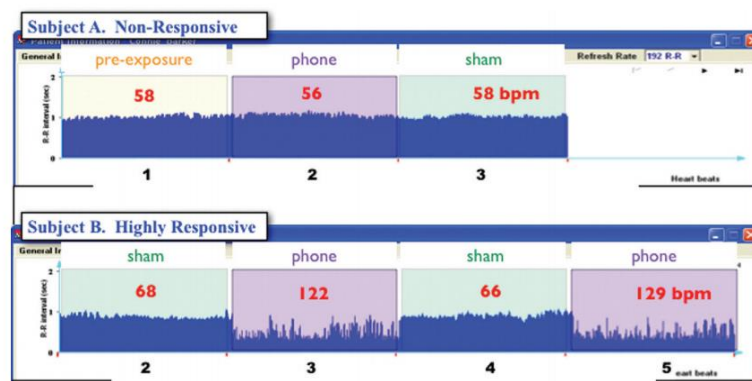


Figura 13 - Ritmo cardiaco di due soggetti, uno non sensibile (A) e uno sensibile (B), sottoposti in alternanza a esposizione da cordless operante a 2,4 GHz e a finta esposizione. Nel soggetto sensibile si osserva un marcato aumento del ritmo cardiaco in caso di esposizione a cordless (fonte: M. Havas, [“Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system”](#) [54]).

Si fornisce qui di seguito una lista dei sintomi che sono compresi nell'ipersensibilità elettromagnetica, tratta dal documento del 2013 reperibile in rete [“Elecromagnetic Sensitivity”](#) [55] e integrata con dati che si desumono dai vari documenti citati sopra. La presenza di ciascuno dei sintomi e la gravità degli stessi varia da un individuo all'altro e varia

a seconda dell'intensità, della durata, e della frequenza di esposizione, perché la suscettibilità ai campi è molto soggettiva.

Sintomi legati al sistema nervoso centrale: disturbi del sonno o insonnia, sudorazione, affaticamento, perdita di memoria, cefalea, vertigini, irritabilità, agitazione, tensione, ansia, depressione, scarsa concentrazione.

Sintomi cardiovascolari: angiodistonia (cambiamenti anormali nel tono dei vasi sanguigni), formazione di rouleaux, palpitazioni, aritmie, dolore o pressione a livello del torace, ipertensione o ipotensione arteriosa, tachicardia o bradicardia, fiato corto.

Sintomi respiratori: sinusite, bronchite, polmonite, asma.

Sintomi dermatologici: eritemi, prurito, bruciore, arrossamento della faccia.

Sintomi oculari: dolore o bruciore oculare, pressione intraoculare o retro-oculare, deterioramento della vista, miodesopsie, cataratta.

Sintomi uditivi: tinnito; riduzione o perdita dell'udito.

Altri sintomi: problemi digestivi; edema gengivale; deterioramento dei denti; dolore addominale; aumento del volume tiroideo; dolore a ovaie/testicoli; disfunzioni sessuali; disturbi mestruali; secchezza delle fauci e degli occhi; disidratazione; epistassi nasali; iperglicemia; anomalie del sistema immunitario; perdita di capelli; alterazione dell'olfatto; fotosensibilità.

L'ipersensibilità elettromagnetica è spesso associata alla sensibilità chimica multipla (MCS – *Multiple Chemical Sensitivity*), una malattia cronica caratterizzata da intolleranza a un certo ambiente chimico o una certa classe di sostanze, a livelli inferiori a quelli generalmente tollerati da altri individui.

4.3 Studi e osservazioni riguardanti batteri, cellule, insetti, uccelli

Una rassegna degli effetti delle radiazioni sull'ambiente e sulle varie forme di vita, batteri, insetti, protozoi, molluschi, crostacei, pesci, anfibi, uccelli, mammiferi è reperibile nel testo "[Rapporto indipendente sui campi elettromagnetici e diffusione del 5G](#)" [49] già citato nell'introduzione. Qui si considereranno alcuni studi descritti nei testi di riferimento elencati nell'introduzione, ed altri studi reperibili in Internet che appaiono di particolare interesse.

4.3.1 Batteri

L'effetto delle microonde sui batteri è di aumentare la resistenza agli antibiotici, come evidenzia uno studio iracheno condotto da A.A. Al-Mayah ed E.T. Ali e pubblicato sulla rivista *Iraqi Academic Scientific Journal* il 9 giugno 2010, intitolato "[Mobile Microwave](#)

[Effect on Bacterial Antibiotic Sensitivity](#)” [56]. Da 100 tamponi raccolti dalle orecchie di utilizzatori di telefono cellulare sono stati selezionati 43 campioni corrispondenti a ceppi di *Staphylococcus aureus* identici tra loro e sono stati divisi in otto gruppi a seconda delle durate totali delle comunicazioni telefoniche effettuate dagli utilizzatori, da 0 ore (gruppo di controllo) a 306 ore. Si è osservato un effetto significativo delle microonde emesse dal telefono cellulare sulla sensibilità dei batteri a 17 tipi di antibiotici, con forte correlazione tra la durata dell’esposizione e la riduzione della sensibilità: tanto maggiore era la durata totale delle comunicazioni, tanto maggiore era l’antibiotico-resistenza.

4.3.2 Cellule vegetali

In uno studio russo del 2012 condotto da D.S. Presnya e A.V. Romanovsky, “[Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particle and mobile phone GSM-900 radiation in the Allium cepa test](#)” [57], sono stati messi a confronto, sulle cellule di una cipolla, gli effetti delle radiazioni ionizzanti (particelle alfa del plutonio-239) con quelli delle radiazioni non ionizzanti modulate intorno ai 900 MHz emesse da un telefonino Sony Ericsson K550i operante col sistema GSM-900: le radiazioni ionizzanti sono note per causare rottura dei legami molecolari; quelle non-ionizzanti apparentemente non dovrebbero causare tali rotture.

L'obiettivo dello studio era di confrontare gli effetti citotossici e genotossici delle particelle alfa del plutonio-239 con quelli indotti da un telefono cellulare modulato GSM-900. Il risultato dell’esperimento è stato che il danno biologico, nei due casi (radiazioni ionizzanti e radiazioni non-ionizzanti), risulta essere praticamente sovrapponibile, e consiste in: aumento della mitosi cellulare, alterazione dei cromosomi, deformazione dei micronuclei, etc. Le radiazioni del telefono cellulare GSM-900 e le radiazioni alfa del plutonio-239 inducevano effetti sia clastogeni (una forma di mutagenesi che può essere all’origine di una carcinogenesi) sia aneugenici (cioè mutageni a carico del numero di cromosomi). Nel caso della radiazione da telefono cellulare l’attività aneugenica risultava più pronunciata. Sia l’attività aneugenica che l’indice mitotico (cioè il tasso di proliferazione) aumentavano, per entrambi i tipi di radiazione, all’aumentare del tempo di esposizione.

Una rassegna di studi del 2015 intitolata “[Oxidative mechanisms of biological activity of low intensity radiofrequency radiation](#)” [58], di Yakymenko *et al.*, spiega come può avvenire questo danno biologico dovuto a radiazioni ionizzanti a bassa intensità. Le **radiazioni ionizzanti**, come detto sopra, hanno un **effetto diretto** sulle molecole tramite rottura diretta dei legami molecolari. L’effetto delle **radiazioni non ionizzanti** a bassa intensità è invece

indiretto: esse favoriscono la generazione di specie reattive dell'ossigeno, attivando la perossidazione, che causa danno ossidativo del DNA e cambiamenti nell'attività degli enzimi antiossidanti. Il danno ossidativo è alla base di tutta una gamma di effetti biologici che includono malattie anche tumorali.

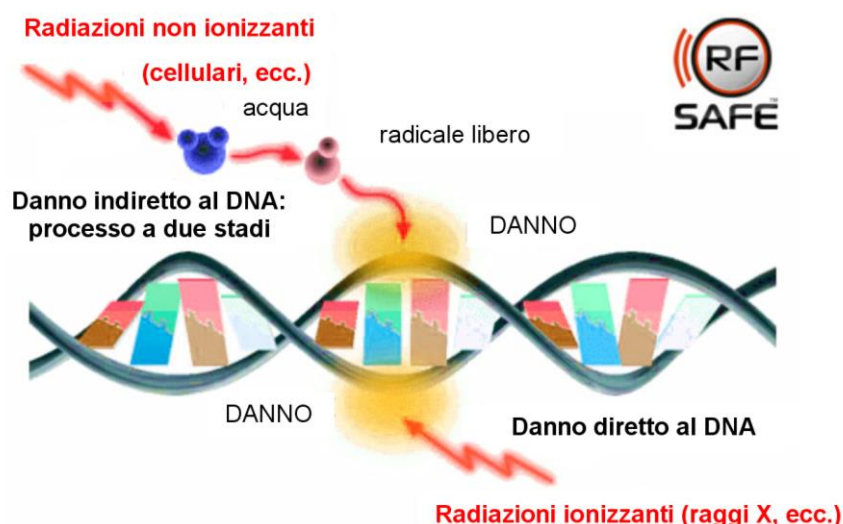


Figura 14 - Confronto tra l'effetto delle radiazioni non-ionizzanti e l'effetto delle radiazioni ionizzanti sul DNA. Le seconde creano un danno diretto, le prime un danno indiretto determinato da sovrapproduzione di specie reattive dell'ossigeno, le quali vanno a danneggiare il DNA (fonte: [“Scientists End 13 Year Debate Proving Non-ionizing RF Microwave Effect Causes Cell Phone Radiation DNA Damage”](#) [59])

4.3.3 Cellule umane

Il biologo Fiorenzo Marinelli dell'Istituto di Genetica Molecolare del CNR di Bologna ha effettuato col suo gruppo di ricerca tra il 2017 e il 2019 uno studio (descritto nel video [“Antenne di telefonia mobile e le cellule esposte muoiono o vanno in tilt”](#) [60]) a Pedavena, un paesino vicino a Belluno, per determinare gli effetti di una stazione radio base per telefonia cellulare installata nel 2014 (BU33) su colture di cellule umane.

In alcune abitazioni poste nel raggio di 50 m dall'antenna, in cui il livello medio di campo misurato era di 0,9-2,1 V/m, quindi ben inferiore al limite fissato di 6 V/m, erano stati collocati incubatori da laboratorio con cellule di coltura THP-1 e HL-60. Sia le cellule esposte alle radiazioni, sia le colture di cellule di controllo (mantenute in ambiente privo di inquinamento elettromagnetico tramite schermatura in alluminio), erano state “addittivate” con un colorante biologico che, una volta metabolizzato, causa inscurimento delle cellule. Ciò che si è osservato è che le cellule esposte erano rimaste pallide in quanto non avevano

metabolizzato il colorante, segno questo che erano sofferenti o morte, mentre al contrario le cellule non esposte si erano inscurite. Analisi più approfondite delle cellule che erano state esposte alle radiazioni provenienti dall'antenna hanno mostrato che si attivano dei geni della metilazione del DNA che alterano la regolazione genica. Addirittura, prevale l'espressione di enzimi pro-apoptotici, come le caspasi, enzimi che la cellula esprime quando deve autoeliminarsi perché è troppo danneggiata (meccanismo di apoptosi). Dunque, le cellule esposte hanno mostrato danni alla riproduzione cellulare e alterazione di geni chiave.

Questi ed altri risultati di studi condotti dal gruppo di ricerca, che hanno evidenziato da un lato eccessiva apoptosi, dall'altro stimolazione di cellule danneggiate, la quale può causare proliferazione di cellule aberranti, cancerose, sono di interesse, non tanto perché possano essere trasposti sulla biologia degli organismi viventi da questi studi *in vitro* ad *in vivo* (cosa non immediata in quanto negli organismi viventi intervengono complessi meccanismi di difesa), quanto per capire i meccanismi di azione delle radiazioni non ionizzanti a intensità tali da non causare effetti termici (si veda a questo proposito il video "[Elettrosmog - cellule e cellulari - Fiorenzo Marinelli CNR](#)" [61]).

4.3.4 Insetti e uccelli

Oltre agli effetti delle radiazioni sulla biologia degli esseri umani, occorre anche tenere in conto le conseguenze sull'intero ecosistema di cui tutte le specie viventi, uomo compreso, fanno parte, e che quindi vanno necessariamente ad incidere, seppur indirettamente, sulla vita della specie umana.

Un esperimento sugli effetti delle radiazioni del 5G descritto in un'[intervista](#) su Oasisana del 19-01-2020 [62] è stato condotto su blatte da Nuovo Saline Onlus, un'associazione culturale tecnico-scientifica con sede a Montesilvano (Pescara) in Abruzzo. Le blatte sono gli insetti tra i più resistenti a radiazioni, a inquinamento chimico, a pesticidi, e a molti tipi di contaminazione microbiologica, quindi la scelta di utilizzare questo insetto era finalizzata ad avere un indicatore biologico che permettesse di capire come gli effetti delle radiazioni si sarebbero ripercossi in maniera amplificata sulle altre specie di insetti. Le blatte sono state soggette a irradiazione a bassa intensità negli spettri di frequenza previsti per il 5G, e si è osservato un radicale cambiamento comportamentale rispetto alla loro normale etologia. Mentre in natura questi insetti sono lucifughi, cioè fuggono la luce come meccanismo di difesa contro i loro predatori, si è osservato che all'esposizione alla luce, come reazione immediata, mostravano una forma di innervosimento e non fuggivano più la luce. Questa mancata reazione in natura rischia di esporli a predatori oppure li induce a migrare e ad

espandere di conseguenza la loro presenza in altre località, andando ad alterare la catena trofica ed ecologica dell'intero contesto entomologico. Si è inoltre notato che smettevano di compiere altre funzioni biologiche comuni, come la riproduzione e l'alimentazione. Quindi queste radiazioni sono potenzialmente suscettibili di creare un'interruzione nella catena ecologica, causando una riduzione delle popolazioni di insetti, con ripercussioni sull'intero ecosistema.

Nell'articolo indiano [“Report on possible impacts of communication towers on wildlife including birds and bees”](#) [63] pubblicato nel 2011 dalla FCC (Federal Communications Commission), fornito di una consistente bibliografia anche per quanto riguarda gli effetti sugli umani, si legge *“La rassegna della letteratura esistente mostra che le radiazioni elettromagnetiche (EMR) stanno interferendo coi sistemi biologici in più di una maniera. Ci sono già stati campanelli di allarme nel caso di api e uccelli, che probabilmente annunciano la gravità di questo problema e indicano la vulnerabilità anche di altre specie. Le radiazioni elettromagnetiche sono state associate al declino nella popolazione di passerì osservato a Londra e in numerose altre città europee (Balmori, 2002, Balmori, 2009, Balmori & Hallberg, 2007). Nel caso delle api, vari studi recenti hanno correlato le radiazioni elettromagnetiche ad un fenomeno inusuale noto come sindrome dello spopolamento degli alveari (SSA). La gran maggioranza della letteratura scientifica pubblicata nel mondo indica gli effetti deleteri dei CEM anche in varie altre specie”*. Prosegue dicendo che in India, a fronte di una rapida diffusione di stazioni di comunicazione telefonica, si è vista una drastica riduzione nella popolazione delle api, che giocano uno dei ruoli più importanti nell'agricoltura indiana. Al contrario di molti altri inquinanti, i campi elettromagnetici sono molto più insidiosi in quanto non direttamente percettibili dall'uomo ma possono avere effetti deleteri su vari organismi viventi.

Per quanto riguarda le api, esse sembrano molto sensibili ai campi elettromagnetici, e la loro risposta comportamentale potrebbe essere utilizzata come indicatore di inquinamento elettromagnetico. La sindrome dello spopolamento degli alveari (SSA) consiste nell'abbandono dell'alveare da parte di tutte le api operaie; esse lasciano nell'alveare unicamente le regine, le uova e poche operaie immature e non vengono più ritrovate, ma probabilmente vanno a morire in solitaria. Questa sindrome, in rapida diffusione in vari Paesi del mondo di pari passo con l'estensione delle reti cellulari, potrebbe essere spiegata con un disorientamento del sistema di navigazione, che fa sì che le api non riescano a ritrovare la

strada verso l'alveare. Anche altri predatori o altre api che potrebbero andare a saccheggiare il miele e il polline si rifiutano di avvicinarsi all'alveare abbandonato. Già nel 1973 Wellenstein aveva osservato che le linee elettriche ad alta tensione avevano effetti sull'orientamento delle api. In uno studio recente (Stefan et al., 2010) si è osservato che in un gruppo di api non irradiato allontanato dall'alveare, il 40% ritornava all'alveare, mentre in un gruppo irradiato, solo il 7,3% riusciva a rientrare.

Per quanto riguarda gli uccelli, come accennato, si sono osservate riduzioni notevoli nelle popolazioni di passeri (*Passer domesticus*) in numerose città nel mondo, a fronte di un aumento dell'inquinamento elettromagnetico. Vari studi hanno evidenziato danni nello sviluppo embrionale in uova di passero esposte a campi elettromagnetici.

In Spagna a Valladolid un monitoraggio della popolazione cicogna bianca (*Ciconia ciconia*) in prossimità di un'antenna per telefonia mobile ha evidenziato una probabile interferenza delle microonde con la riproduzione di questi uccelli (Balmori, 2005, 2010). In particolare, la percentuale di coppie senza pulli è cresciuta dal 5-10% prima della costruzione dell'antenna al 40% dopo la costruzione. Si osservava che le cicogne non costruivano il nido oppure non completavano la costruzione.

4.4 Osservazioni, studi, sentenze riguardanti la cancerogenicità

Nel 2011 la [IARC](#) [25] ha classificato le radiazioni elettromagnetiche ad alta frequenza nel gruppo 2B, come possibili cancerogeni per l'uomo, esattamente come le radiazioni a bassa frequenza. La classificazione era stata effettuata in un momento in cui, come visto nel Capitolo 3, Sezione 2.2, nonostante le osservazioni sulla popolazione esposta fornissero indicazioni in tal senso, mancavano studi su animali che potessero confermare le osservazioni.

Da allora sono stati condotti numerosi studi epidemiologici sugli esseri umani, i quali hanno evidenziato la correlazione tra utilizzo prolungato di telefoni wireless e tumori rari che interessano il cervello (gliomi e glioblastomi) e i nervi cranici (acustico, trigemino), più in particolare le cellule di Schwann, che sono le cellule, disposte lungo gli assoni dei nervi, che rivestono gli assoni di mielina; questi tumori delle cellule di Schwann possono essere benigni (neurinomi o Schwannomi), o maligni (neuroblastomi).

Un esempio di tali studi epidemiologici è lo studio inglese pubblicato nel 2018 sul *Journal of Environmental and Public Health*, "[Brain Tumours: Rise in Glioblastoma Multiforme Incidence in England 1995-2015 Suggests an Adverse Environmental or Lifestyle Factor](#)" [64], di A. Philips, et al., il quale evidenzia in Gran Bretagna in tutte le fasce di età un

aumento progressivo lineare molto significativo nell'incidenza del glioblastoma multiforme, un tumore cerebrale altamente aggressivo e rapidamente fatale.

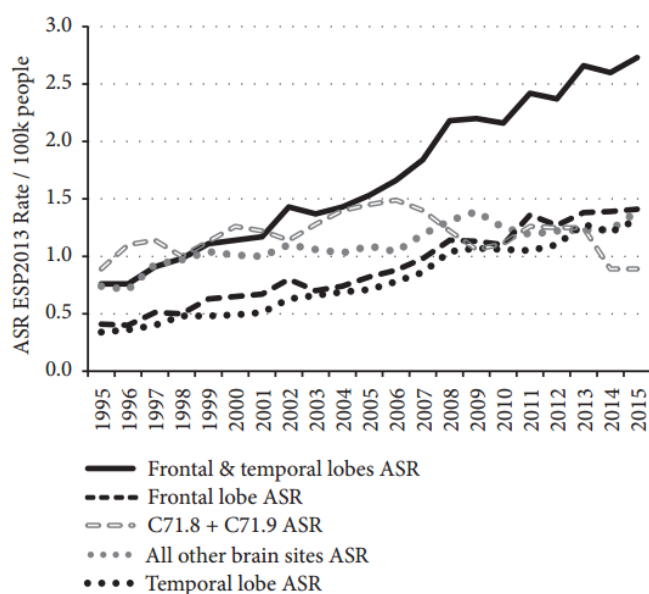


Figura 15 - Dal grafico emerge un aumento dell'incidenza del glioblastoma dei lobi frontale (linea punteggiata nera) e temporale (linea tratteggiata nera). Il grafico tracciato con linea continua nera rappresenta l'andamento dell'incidenza dei tumori in entrambi questi siti (fonte: A. Philips, *et al.*, "[Brain Tumours: Rise in Glioblastoma Multiforme Incidence in England 1995-2015 Suggests an Adverse Environmental or Lifestyle Factor](#)" [64]).

Un'analisi pubblicata nel 2014 "[Trends in central nervous system tumor incidence relative to other common cancers in adults, adolescents, and children in the United States, 2000 to 2010](#)" [65] di H.R. Gittleman, *et al.*, che ha esaminato i dati 2000-2010 della *United States Cancer Statistics Publication* e del *Central Brain Tumor Registry* degli Stati Uniti, ha rilevato aumenti significativi nelle neoplasie maligne e non maligne del sistema nervoso centrale negli adolescenti e anche aumenti significativi nella leucemia linfatica acuta, linfoma non Hodgkin, e tumori maligni del sistema nervoso centrale nei bambini.

I *Center for Disease Control* (CDC) statunitensi hanno registrato l'aumento di tumori cerebrali, renali, epatici e tiroidei tra gli individui sotto i 20 anni.

Evidenze simili sono state riscontrate in Svezia: si veda per esempio lo studio pubblicato su *Pathophysiology* (Elsevier) nel 2015 da L. Hardell e M. Carlberg, "[Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma – analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009](#)" [66] che correla l'insorgenza di gliomi di alto grado all'utilizzo delle tecnologie cellulari e wireless. I tumori cerebrali possono richiedere decine di anni per svilupparsi dopo l'esposizione.

Studi precedenti del gruppo di Hardell, tra cui la meta-analisi intitolata “[Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours](#)” [67] pubblicata nel 2009 su *International Journal of Oncology* e meta-analisi successive, ad esempio quella del 2012 pubblicata su *Pathophysiology* “[Use of mobile phones and cordless phones is associated with increased risk for glioma and acoustic neuroma](#)” [68], hanno messo in evidenza l’associazione tra l’uso intenso e prolungato di telefoni cellulari e cordless e l’insorgenza di gliomi, meningiomi, e neurinomi ipsilaterali (che si formano, cioè, dallo stesso lato dell’orecchio a cui il telefono viene appoggiato).

Gli studi di Hardell, pur non ancora ritenuti sufficientemente convincenti dagli organismi tecnico-scientifici internazionali competenti, troppo spesso asserviti agli interessi dell’industria delle telecomunicazioni, sono stati presi in seria considerazione nella formulazione di importanti sentenze giudiziarie in Italia riguardanti due lavoratori, un manager di Brescia ([sentenza Corte di Cassazione 17438/2012](#) [69]) e un dipendente Telecom di Ivrea ([sentenza Corte D’Appello di Torino 721/2017](#) [70]), che avevano sviluppato neurinomi, a seguito di utilizzo intenso di cellulari e cordless: in particolare, nel primo caso il tumore aveva colpito il nervo trigemino, nel secondo caso aveva colpito il nervo acustico.

Come detto nel Capitolo 3, la IARC, in mancanza di evidenze conclusive sugli esseri umani, classifica un agente in un determinato gruppo di cancerogenicità anche sulla base di eventuali evidenze derivanti da studi condotti su animali di laboratorio. Benché questo criterio, come già accennato, sia altamente discutibile, si descrivono nel seguito i risultati di due studi pluriennali indipendenti pubblicati di recente su riviste peer-reviewed, che sono stati condotti al fine di corroborare le evidenze, non considerate conclusive, di cancerogenicità dell’esposizione ai campi elettromagnetici negli esseri umani. Si mostrerà poi come le risultanze di questi due studi, all’atto pratico, non siano state prese in considerazione dall’ISS. Gli studi sono stati condotti dall’Istituto Ramazzini di Bologna e dal National Toxicology Program negli Stati Uniti su ratti Sprague-Dawley, animali considerati come modello “uomo-equivalente” in relazione all’incidenza dei vari tumori. I due centri citati sono all’avanguardia nel mondo nello studio della cancerogenicità dei composti chimici.

Lo studio condotto dall’Istituto Ramazzini (“[Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission](#)” [71], G. Falcioni *et al.*, Elsevier, 2018) prevedeva la sperimentazione di campi

simulati prodotti da stazioni radio base alla frequenza di 1,8 GHz (GSM1800), con livelli di esposizione di 0 V/m (gruppo di controllo), 5 V/m, 25 V/m, 50 V/m (corrispondenti a SAR da 0,001 W/kg a 0,1 W/kg) per 19 ore al giorno dal concepimento fino alla morte spontanea.

Lo studio condotto dall’NTP ([“Report of Partial Findings from the National Toxicology Program carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley® SD rats \(Whole Body Exposures\)”](#) [72], M. Wyde, *et al.*, 5-19-2016) valutava, invece, l’effetto dei campi generati da telefonini a 900 MHz (GSM900), con esposizione totale per 9 ore al giorno con SAR di 0 W/kg (gruppo di controllo), 1,5 W/kg, 3 W/kg, 6 W/kg; gli animali in questo secondo studio venivano sacrificati alla 106-esima settimana (circa 2 anni di età), corrispondenti a 65 anni di età per l’uomo.

Entrambi gli studi sono giunti a conclusioni molto simili. Sia nello studio italiano che in quello americano si è osservata l’insorgenza di due tipi di tumore normalmente molto rari: i gliomi maligni del cervello (nello studio americano, si osservava un aumento statisticamente significativo nei ratti maschi; in quello italiano, si osservava un aumento dose-dipendente non statisticamente significativo nei ratti femmina); e gli Schwannomi maligni del cuore (in entrambi gli studi, aumento statisticamente significativo dose-dipendente nei ratti maschi) e le iperplasie delle cellule di Schwann (nello studio americano, aumento statisticamente significativo nei ratti maschi; nello studio italiano, aumento non statisticamente significativo nei ratti di entrambi i sessi).

A proposito di questi studi, nell’[Indagine conoscitiva nelle telecomunicazioni](#) [41] già presentata in precedenza si afferma che: *“Il significato dei risultati (...) sono [sic] peraltro controversi a livello scientifico”* (non viene fornito alcun documento scientifico a sostegno di tale affermazione) e si aggiunge: *“il citato Documento divulgativo dell’Istituto superiore di sanità [“[Emissioni elettromagnetiche del 5G e rischi per la salute](#)” [30]] evidenzia però che: ‘questi due nuovi studi forniscono evidenze sicuramente importanti, ma presentano anche aspetti poco chiari e risultati non coerenti tra loro e con i risultati di molti altri studi sperimentali sulla cancerogenicità dei campi a radiofrequenza. Questi due studi non sembrano pertanto modificare in modo sostanziale il quadro d’insieme delle evidenze scientifiche riguardo al potenziale rischio cancerogeno (...) né ridurre le incertezze. Le evidenze fornite da questi studi possono tuttavia fornire indicazioni per ulteriori ricerche al riguardo”*. È interessante la stilosa vaghezza e ambivalenza del giudizio complessivo con cui

si liquidano i due studi, ma la citazione evidenzia come è stato possibile rigettare risultati di sperimentazioni animali proprio sulla base della non coerenza delle osservazioni, la quale – innegabile – mette di fatto implicitamente in discussione il criterio stesso stabilito dalla IARC. Nelle pagine successive dell'[Indagine conoscitiva](#) [41], dove non si tralascia un accenno all'ipotesi di adeguare i livelli di campo italiani a quelli (più elevati) raccomandati a livello internazionale ed europeo, il discorso sugli effetti dell'esposizione termina come segue: *“L'Istituto superiore di sanità conclude nel senso che i dati disponibili non fanno ipotizzare particolari rischi per la salute della popolazione connessi all'introduzione del 5G. Considera che l'introduzione di questa tecnologia sia affiancata da un attento monitoraggio dei livelli di esposizione e che proseguano le ricerche sui possibili effetti a lungo termine”*. Può essere utile rivedere la citazione fornita alla fine della Sezione 2.2 del Capitolo 3.

4.5 Altri effetti biologici

Altri effetti biologici non termici, che, come si vedrà, erano già stati in gran parte evidenziati dagli studi russi condotti negli anni '60-'80 del secolo scorso, comprendono:

- danni alla barriera emato-encefalica;
- aumento dello stress ossidativo e diminuzione degli antiossidanti;
- danni al DNA cellulare e mitocondriale;
- aumento dei marcatori apoptotici (morte cellulare);
- danni testicolari e allo sperma, infertilità maschile;
- cambiamenti metabolici ed endocrini: variazioni nelle catecolamine, prolattina, progesterone ed estrogeni, disfunzione endocrina pancreatica, alterazioni nei livelli di melatonina, variazioni nel metabolismo del glucosio, possibile ruolo nel diabete; danni alla tiroide, possibile correlazione con l'incremento dell'incidenza del tumore alla tiroide; danni alle ghiandole salivari;
- effetti sul sistema immunitario;
- effetti neuropsichiatrici, con variazione dell'elettroencefalogramma (EEG), aumento della colinesterasi; diminuito apprendimento, ridotta capacità di distinguere gli oggetti familiari da quelli nuovi, cambiamenti nel GABA (neurotrasmettitore inibitorio) e nella trasmissione colinergica; aumento del rischio di malattie neurodegenerative;
- danni al feto e sviluppo postnatale anormale;
- alterazione dello sviluppo dei denti;
- alterazione della pressione arteriosa e del ritmo cardiaco;

- alterazione dei valori ematici;
- stimolazione della crescita delle cellule staminali adipose e possibile ruolo nell'obesità.

Il testo “[Rapporto indipendente sui campi elettromagnetici e diffusione del 5G](#)” [49] contiene diverse tabelle che riportano una breve presentazione dei vari studi riguardanti gli effetti sulla salute in base alla densità di potenza e alla frequenza di emissione nelle varie bande della telefonia mobile.

Una lista di studi riguardanti effetti delle radiazioni elettromagnetiche suddivisi per densità di potenza delle emissioni è anche contenuta nel documento “[Power density: radio frequency non-ionizing radiation](#)” del 2007 [73].

Qui ci si soffermerà solo su alcuni di questi studi.

4.5.1 Danni alla barriera emato-encefalica e disturbi neurologici e comportamentali

Nel 2012 ricercatori guidati dal neurochirurgo Leif Salford, dell'Università di Lund in Svezia hanno studiato le conseguenze sul tessuto cerebrale dovute all'esposizione per 2 ore del cervello di ratti alla chiamata di un cellulare (video “[Electromagnetic Fields and Leakage of the Blood Brain Barrier: Dr. Leif Salford](#)” [74]).

Osservando al microscopio una sezione dell'encefalo dei ratti trattati, hanno notato che la barriera ematoencefalica si era dilatata (vedere anche figura 16). Questo aveva permesso il passaggio di sostanze nocive per il tessuto cerebrale, che si erano localizzate in sette distretti dell'encefalo, in particolare a livello dell'ippocampo, la parte del cervello deputata all'apprendimento e alla memoria. Lo studio è stato poi replicato su femmine incinte di topi, e si è osservato che i piccoli nati da queste mamme manifestavano iperattività. Danni alla barriera ematoencefalica aumentano il rischio di malattie neurodegenerative; non è infatti esclusa la correlazione tra esposizione alle microonde e malattie di questo tipo, come il morbo di Alzheimer (X. Zhang, “[Microwaves and Alzheimer's disease](#)” [75], Exp. Ther. Med, ott. 2016).

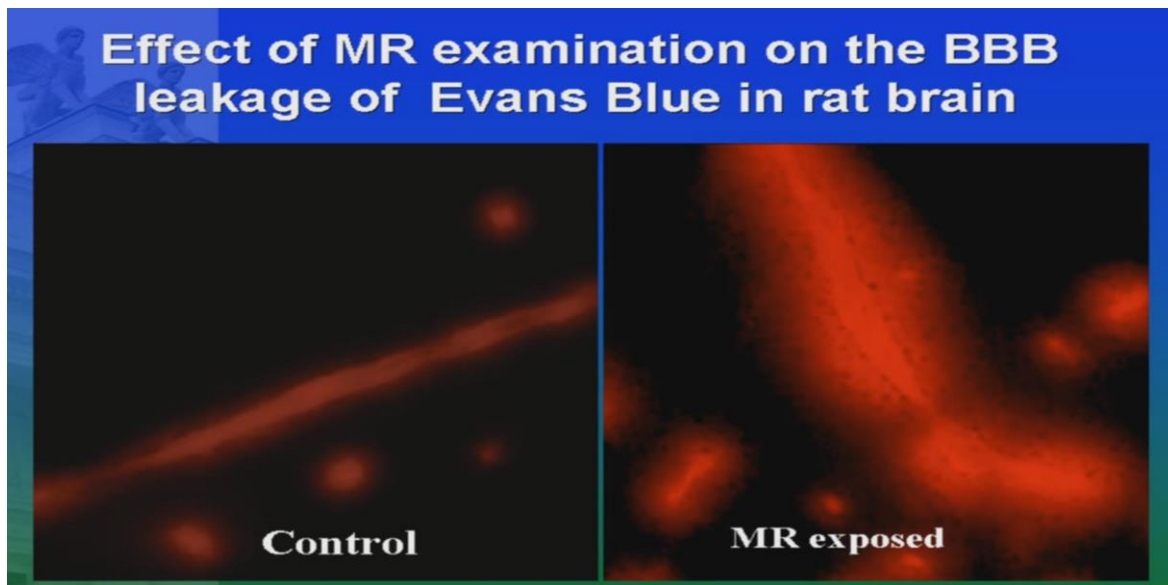


Figura 16 - Risonanza magnetica del cervello di ratti, da cui si osservano perdite della barriera ematoencefalica nell'animale esposto (a destra) (fonte: [“Electromagnetic Fields and Leakage of the Blood Brain Barrier: Dr. Leif Salford”](#) [74]).

Uno studio pubblicato a giugno 2018 [“Hippocampal lipidome and transcriptome profile alterations triggered by acute exposure of mice to GSM 1800 MHz mobile phone radiation: An exploratory study”](#) [76] di A.F. Fragopoulou, *et al.* dà una possibile spiegazione, basata su alterazioni osservate su topi, di come l'esposizione alle microonde può portare a deficit della memoria.

Una correlazione tra disturbi come deficit di apprendimento e di memoria e l'inquinamento elettromagnetico è suggerita dallo studio pubblicato nel 1996 dal *The Lancet* [“Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia”](#) [77] di A.A. Kolodynski e V.V. Kolodynska, che evidenzia una capacità di memoria e un livello di attenzione meno sviluppati, e funzioni motorie e di resistenza dell'apparato neuromuscolare ridotte, in bambini e adolescenti esposti alle radiazioni della Skrunda Radio Location Station (RLS) in Lettonia, una stazione radar con emissioni nella banda 154-162 MHz ad impulsi di 0.8 ms separati tra loro di 41 ms (frequenza di impulso 24.4 Hz) con densità di potenza media bassissima ($3,2 \text{ mW/m}^2$ a 3,7 km dalla stazione) e con densità di potenza di picco 50 volte più elevata ($0,16 \text{ W/m}^2$), ma in ogni caso relativamente contenuta.

4.5.2 Aumento del consumo del glucosio cerebrale durante la telefonata

Un'altra interessante osservazione riguarda l'aumento del consumo di glucosio da parte della corteccia frontale e temporale del cervello, in prossimità dell'antenna del telefonino,

durante una conversazione telefonica (messaggio preregistrato di 50 minuti con microfono muto per evitare effetti confondenti dovuti alla stimolazione uditiva), come evidenzia lo studio del 2012 “[Effects of Cell Phone Radiofrequency Signal Exposure on Brain Glucose Metabolism](#)” [78], N.D. Volkow, *et al.* L'associazione lineare che si è osservata tra l'aumento del metabolismo del glucosio e l'intensità campo suggerisce che gli aumenti metabolici siano secondari all'assorbimento delle radiazioni dei telefoni cellulari. I meccanismi attraverso cui queste radiazioni potrebbero influenzare il metabolismo del glucosio nel cervello non sono chiari. Tuttavia, sulla base dei risultati di esperimenti *in vivo* su animali e *in vitro*, è stato ipotizzato che ciò potrebbe essere dovuto a cambiamenti nella permeabilità della membrana cellulare, nell'efflusso di calcio, nell'eccitabilità cellulare e/o nel rilascio di neurotrasmettitori. L'interruzione della barriera emato-encefalica è stata anche invocata come potenziale meccanismo mediante il quale i campi a radiofrequenza potrebbero influenzare l'attività cerebrale.

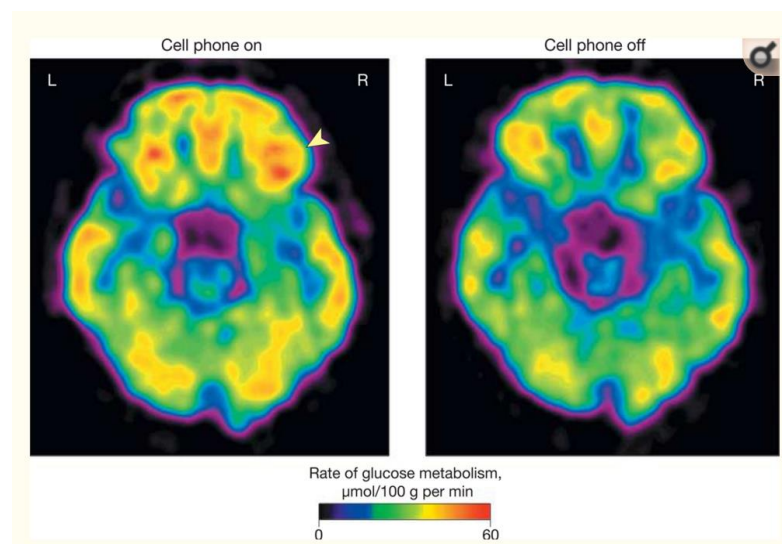


Figura 17 - Immagini che rappresentano il metabolismo del glucosio cerebrale nel piano assiale prese da un unico soggetto. Si osserva un maggiore metabolismo nell'orbita frontale nella condizione in cui il cellulare è acceso (a destra) (fonte: N.D. Volkow, *et al.*, “[Effects of Cell Phone Radiofrequency Signal Exposure on Brain Glucose Metabolism](#)” [78])

4.5.3 Effetti sulla melatonina

Anche i livelli di melatonina sembrano essere influenzati dall'esposizione ai campi elettromagnetici. La melatonina è un ormone secreto dall'epifisi o ghiandola pineale, una ghiandola posta nella parte posteriore del cervello, e ha la funzione di regolare il ritmo circadiano sonno-veglia, ed è inoltre oncostatico; blocca cioè la riproduzione delle cellule tumorali. Lo studio “[1800 MHz electromagnetic field effects on melatonin release from](#)

[isolated pineal glands](#)” [79] di I. Sukhotina, *et al.*, pubblicato nel 2006 dal Journal of Pineal Research è interessante perché mette a confronto gli effetti di una radiazione a 1800 MHz non modulata (CW – *continuous wave*) e una radiazione modulata GSM, quindi a impulsi (o *burst*) su ghiandole pineali isolate. Si è osservato un comportamento diverso a seconda del tipo di modulazione e del livello di esposizione. Con un SAR di 800 mW/kg, si è evidenziato un aumento nel livello di melatonina per entrambi i segnali. Con un SAR di 2700 mW/kg, si sono osservati un aumento nella produzione di melatonina nel caso di esposizione al segnale CW e una diminuzione nel caso di esposizione al segnale modulato.

4.5.4 Effetti sul sistema immunitario

Alterazioni del sistema immunitario erano già state documentate dai vari studi dell’Est Europeo nella seconda metà dello scorso secolo citati nel paragrafo 4.2. Diversi studi evidenziano effetti sul sistema immunitario dei campi a basse frequenze. Per quanto riguarda le frequenze delle comunicazioni telefoniche, uno studio italiano del 2007, intitolato “[Combined effects of electromagnetic fields on immune and nervous responses](#)” [80], di P. Boscolo, *et al.*, basato su osservazioni sia su animali che su esseri umani, suggerisce che l’azione dei campi elettromagnetici sul sistema immunitario e sul sistema endocrino segua leggi estremamente sensibili a stati precedenti e non dipendenti dalla dose, e che gli effetti siano più evidenti in soggetti con sistema immunitario e nervoso vulnerabile; lo stress sembra un fattore che può influenzare tale azione.

Olle Johansson, ex-direttore dell’Unità Sperimentale di Dermatologia, Dipartimento di Neuroscienze, Karolinska Institutet, Stoccolma, da anni impegnato nella ricerca sugli effetti dei campi elettromagnetici, in un articolo pubblicato nel 2009 su Elsevier, *Physiopathology*, intitolato “[Disturbance of the immune system by electromagnetic fields – A potentially underlying cause for cellular damage and tissue repair reduction which could lead to disease and impairment](#)” [81], avanza l’ipotesi che alterazioni del sistema immunitario che determinano risposte autoimmuni siano alla base dell’ipersensibilità elettromagnetica. Infatti, l’esposizione ai campi determina cambiamenti fisiologici misurabili (come l’incremento e l’alterazione morfologica dei mastociti), che sono indicativi di risposta allergica e condizioni infiammatorie. È quindi possibile che l’esposizione cronica determini disfunzione immunitaria, risposte allergiche croniche, e risposte infiammatorie che possono dar luogo a danno di cellule, tessuti, organi. I dati epidemiologici riguardanti il rapido aumento

nell'incidenza di allergie, asma, e malattie autoimmuni costituiscono un chiaro segnale di allarme. In conclusione, ci sono indicazioni molto forti che i campi elettromagnetici possano alterare il sistema immunitario e in tal modo aumentare il rischio di malattie, cancro incluso.

4.6 Effetti delle onde millimetriche (5G)

Con l'avvento del 5G è prevedibile, come detto, una presenza molto più capillare sia di antenne che di dispositivi interconnessi; quindi aumenteranno le radiazioni elettromagnetiche a cui tutta la popolazione sarà esposta, a maggior ragione se, come auspicerebbero i gestori della nuova rete, i livelli massimi di campo verranno innalzati. In una prima fase le frequenze utilizzate saranno quelle intorno ai 700 MHz e la banda sub-6 (cioè sotto i 6 GHz), e la nuova rete funzionerà in combinazione con la rete 4G già esistente, la quale verrà estesa più capillarmente in modo da poter supportare la rete 5G. In una seconda fase, si prevede che il 5G operi come tecnologia a sé stante (*stand alone*), e si prevede anche l'utilizzo dello spettro delle onde millimetriche, con frequenze fino a 300 GHz, uno spettro ad ora del tutto inesplorato nel campo delle telecomunicazioni. Oltre ai danni già evidenziati nel precedente paragrafo che riguardano le frequenze dei sistemi finora in uso, si profilano nuovi potenziali rischi.

Alcune ricerche sugli effetti non termici hanno dimostrato che radiazioni a queste lunghezze d'onda colpiscono le membrane cellulari con effetti biologici avversi, e possono causare cataratta, alterazioni del sistema immunitario, ed effetti sul sistema circolatorio.

Uno studio israeliano del 2008 "[Human Skin as Arrays of Helical Antennas in the Millimeter and Submillimeter Wave Range](#)" [82], di Y. Feldman, *et al.*, ha mostrato come i dotti sudoripari, che sono strutture a spirale negli strati superiori della pelle, possono fungere da antenne riceventi nella banda 75 GHz to 110 GHz. In un successivo articolo del 2018 di N. Betzalel, P.B. Ishai, e Y. Feldman "[The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?](#)" [83] gli autori forniscono simulazioni al calcolatore dell'assorbimento delle radiazioni sub-THz (da 50 a 700 GHz) da parte della pelle modellata tenendo in conto l'effetto antenna dei dotti sudoripari.

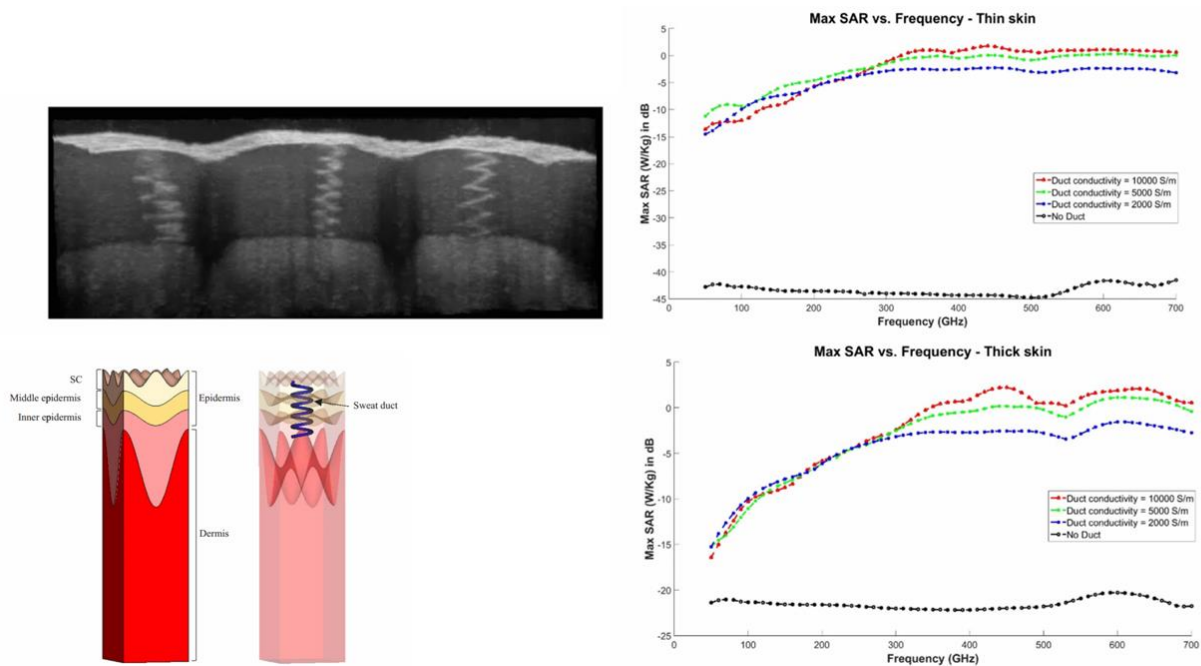


Figura 18 - A sinistra: in alto, tomografia ottica computerizzata che mostra i dotti sudoripari presenti sulla punta delle dita della mano; in basso: rappresentazione schematica degli strati della pelle. A destra: SAR, in funzione della frequenza, ottenuto con simulazione numerica tenendo in conto l'effetto antenna dei dotti sudoripari (grafici a puntini colorati) per diversi valori di umidità (sudore), e quindi di conduttanza a confronto con SAR in assenza di pori (puntini neri); in alto: simulazione di pelle sottile; in basso: simulazione di pelle spessa (fonte: N. Betzalel, P.B. Ishaï, e Y. Feldman "[The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?](#)" [82]). Si osserva che la pelle di un bambino, essendo più sottile rispetto a quella di un adulto, rischia di essere più soggetta agli effetti delle onde millimetriche.

In effetti, nonostante a quelle frequenze la penetrazione teoricamente sia molto ridotta, il tasso di assorbimento specifico (SAR), cioè la porzione di radiazione effettivamente assorbita dal corpo, può risultare molto maggiore rispetto al valore teorico proprio per l'effetto antenna creato dai pori.

Gli autori concludono: *“La necessità di elevate velocità di trasmissione, associata ai progressi nella tecnologia dei semiconduttori, sta spingendo l'industria delle comunicazioni verso lo spettro di frequenza sub-THz. Sebbene le promesse di un futuro glorioso, risplendente di uno streaming di dati quasi infinito, possano essere attraenti, c'è un prezzo da pagare per un tale lusso. Troveremo le nostre città, i nostri posti di lavoro e le nostre abitazioni allagate di stazioni base 5G e vivremo in un elettrosmog senza precedenti. I benefici alla nostra società sempre più connessa non possono ignorare possibili rischi per la salute, fino ad ora sconosciuti”*.

Per concludere, sempre riguardo agli effetti delle onde millimetriche su uomini e animali, si richiama ancora l'attenzione sui due studi russi pubblicati di [N.P. Zalyubovskaya](#) del 1977 [51] e di N.P. Zalyubovskaya e R.I. Kiselev del 1978, descritti nel paragrafo 4.2.

5 CONSIGLI SULL'UTILIZZO DEI DISPOSITIVI MOBILI

Negli ambienti attuali in cui quotidianamente si trova a lavorare e a vivere la maggior parte della popolazione, contrariamente a quanto spesso si immagina, la maggiore esposizione del corpo umano alle radiazioni elettromagnetiche non è dovuta al campo generato dalle antenne delle stazioni radio, ma a quello generato dalle antenne WiFi, e soprattutto dai dispositivi mobili (telefoni cellulari, portatili connessi in modalità wireless, ecc.) prevalentemente durante le comunicazioni telefoniche, ma anche durante trasferimento di dati.

Si forniscono in questo capitolo alcuni consigli di prudenza, tratti dai capitoli 12 e 13 del testo “[5G, cellulari, Wi-Fi – Un esperimento sulla salute di tutti](#)” [48] citato nel Capitolo 4, utili a ridurre l'esposizione ai terminali mobili.

Il campo generato dal telefonino decade rapidamente con la distanza (il decadimento è tanto più rapido quanto maggiore è la frequenza operativa), per cui è sempre consigliabile tenere i dispositivi alla maggiore distanza possibile dal corpo durante le comunicazioni o il trasferimento di dati, privilegiando l'utilizzo della modalità vivavoce o di auricolari con filo. Anche quando sono in standby, i cellulari si collegano comunque periodicamente all'antenna, quindi, a meno che il telefonino non sia offline (modalità aereo) o spento, è sconsigliabile tenerlo in tasca o in ogni caso vicino al corpo.

Si mostrerà che la potenza irradiata dal telefonino è tanto maggiore quanto peggiore è la copertura, quindi durante una comunicazione telefonica conviene permanere nelle zone dove il campo d'antenna è più elevato, cioè dove il numero di tacche rappresentato sullo schermo del dispositivo è maggiore. Il telefonino infatti gestisce dinamicamente la potenza di uscita in base alla qualità del segnale ricevuto dall'antenna: tanto maggiore è la qualità del segnale ricevuto dall'antenna, tanto minore è la potenza di uscita del cellulare.

Quanto detto sopra è da tenere in conto soprattutto quando si viaggia su un mezzo di trasporto chiuso, visto l'effetto schermante della scocca metallica del veicolo, che fa sì che il segnale che giunge all'antenna sia molto ridotto. Un'ulteriore problematica si aggiunge nel caso in cui il mezzo di trasporto è in movimento, perché il cellulare, passando da una cella all'altra, si collega in successione ad antenne diverse, innalzando il livello di potenza al massimo, ad ogni nuovo collegamento.

Altro fattore importantissimo da considerare è che molti studi mostrano come i bambini sono più suscettibili alle radiazioni rispetto agli adulti. Per questo occorre osservare maggiori precauzioni ed evitare al massimo l'utilizzo del cellulare da parte di bambini e donne in gravidanza.

Si presenteranno ora più nel dettaglio gli argomenti a cui si è accennato in questo paragrafo introduttivo.

5.1 Campo emesso dai cellulari

Attualmente le antenne dei cellulari e degli smartphone emettono in tutte le direzioni a una potenza massima di circa 2 W; durante il funzionamento solitamente esse operano ad una potenza inferiore a 1 W.

Per via delle caratteristiche del campo emesso da una qualunque antenna, in prossimità dell'antenna la radiazione può essere problematica da caratterizzare in termini di componente elettrica e componente magnetica e densità di potenza. Quando ci si allontana dall'antenna oltre una distanza dell'ordine della lunghezza d'onda, l'onda si può assimilare ad un'onda piana e in questa regione, detta di **campo lontano**, è possibile misurare agevolmente il campo elettrico e magnetico.

Ma un telefonino operante con le tecnologie attuali, dai 900 MHz (GSM900) ai 2600 MHz (4G-LTE), viene utilizzato, durante una conversazione telefonica, nella regione di **campo vicino** (il cui raggio, a queste frequenze, può andare da una trentina di centimetri a una decina di centimetri). Poiché in questa regione risulta problematica una misura diretta del campo, per definire i limiti massimi di emissione è stato introdotto il **tasso di assorbimento specifico o SAR** (*Specific Absorption Ratio*), che corrisponde alla quantità di energia elettromagnetica che viene assorbita nell'unità di tempo da una massa pari a 1 kg di un sistema biologico; tale limite, che per i dispositivi wireless è stato posto in Europa a 2 W/kg (1,6 W/kg negli Stati Uniti), viene autocertificato dai produttori dei telefonini tramite misure su un manichino di prova di materiale plastico riempito di un gel proteico che dovrebbe simulare la composizione dei tessuti umani.

Le attuali normative sui test di conformità del SAR per tali dispositivi consentono ai produttori di stabilire una distanza di separazione (in genere di circa 1,5 cm) tra il telefono e il manichino di prova. Non tutti i produttori eseguono le misure alla stessa distanza di separazione, per cui, se sulle istruzioni d'uso di un telefonino si garantisce un dato valore di SAR alla distanza di 1,5 cm mentre sulle istruzioni d'uso di un altro si garantisce un valore di SAR più basso alla distanza di 2 o 2,5 cm, non è detto che il primo abbia emissioni più

elevate del secondo. Infatti bisogna considerare che la potenza di emissione diminuisce col quadrato della distanza dalla sorgente.

Di fatto però, durante una normale conversazione telefonica, tipicamente il cellulare non viene tenuto a uno o due centimetri dalla testa, ma al contrario viene tenuto a stretto contatto con la tempia e l'orecchio. Misurando il SAR col cellulare posto a stretto contatto col manichino si osserva che il valore di SAR può arrivare, a seconda del modello, anche a più del triplo rispetto ai limiti europei, come evidenziato dall'Agenzia Nazionale Francese per le Frequenze il 1 giugno 2017 ([“Cell phone radiation scandal: French government data indicates cell phones expose consumers to radiation levels higher than manufacturers claim”](#) [84], Marc Arazi, 03/06/2017) a seguito di una vertenza legale avanzata dal medico francese Marc Arazi (figura 19).

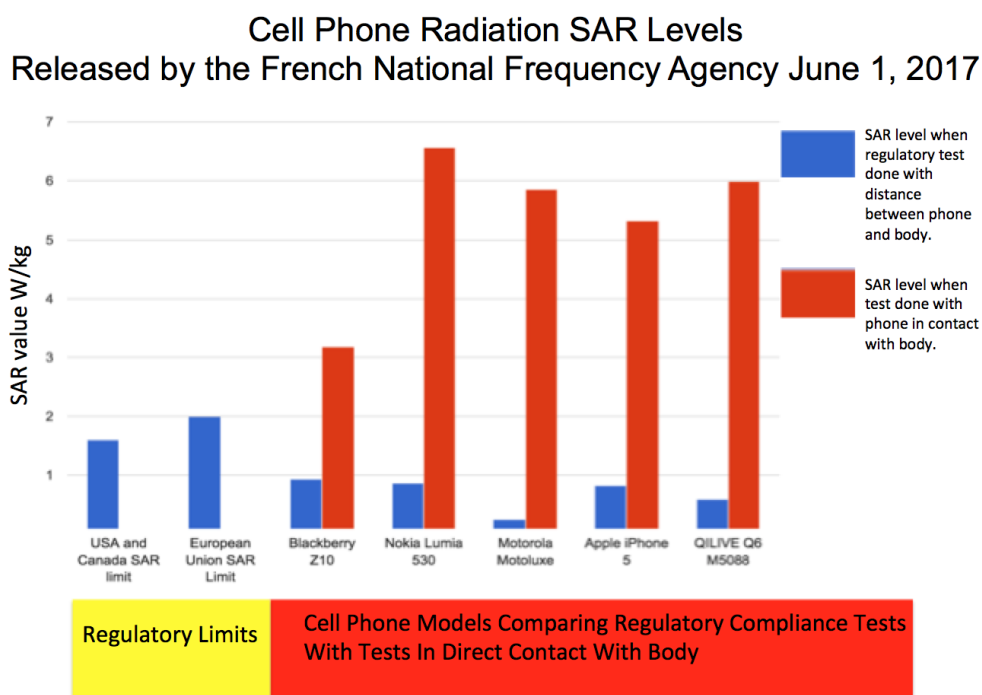


Figura 19 - Confronto tra SAR di diversi modelli di telefonino a contatto col corpo, SAR dichiarato dai produttori, e SAR previsto dalle normative statunitensi e europee (fonte: [“Cell phone radiation scandal: French government data indicates cell phones expose consumers to radiation levels higher than manufacturers claim”](#) [84], Marc Arazi, 03/06/2017).

Occorre comunque tenere in conto, come ha fatto anche notare il biologo Fiorenzo Marinelli, che anche un SAR di 2 W/kg può corrispondere ad un'emissione di un campo di intensità fino a 307 V/m, cioè più di cinque volte superiore rispetto alla soglia prevista dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE per le radiazioni elettromagnetiche provenienti da sorgente fissa.

Durante una comunicazione telefonica, il telefonino implementa una **gestione dinamica della potenza** di uscita. All'avvio della comunicazione telefonica, se non è già agganciato ad un'antenna, esso va alla ricerca emettendo alla massima potenza. Durante la comunicazione, l'antenna trasmette al telefonino dati sulla qualità del segnale ricevuto, e, in base a quei dati, il telefonino adatta dinamicamente la potenza, riducendola o aumentandola al valore opportuno affinché l'antenna riesca comunque a captare il segnale. Quindi tanto migliore è la qualità del collegamento, tanto inferiore è la potenza di uscita del telefonino.

Se il telefonino si muove da una cella all'altra o da una zona all'altra con coperture di campo diverse all'interno di una stessa cella, continua a comunicare a potenza elevata per non rischiare di perdere la connessione. Nei mezzi di trasporto, in particolare, la scocca metallica del veicolo crea una sorta di **gabbia di Faraday**, che impedisce al campo emesso dal telefonino di uscire, e l'unica frazione che riesce a raggiungere l'antenna è quella che può passare attraverso i finestrini, per cui il telefonino si ritrova ad operare in condizioni particolarmente sfavorevoli e di conseguenza ad elevare la propria potenza. Se poi il veicolo è in movimento, il continuo passaggio da una cella all'altra, e quindi i collegamenti in successione ad antenne diverse, fanno sì che il telefonino si trovi a comunicare sempre a potenze elevate. A causa di questi fenomeni e del fatto che all'interno della gabbia formata dalla scocca si creano fenomeni di risonanza, nei mezzi di trasporto su cui viaggiano più utenti che utilizzano il telefonino, si possano rilevare campi addirittura dell'ordine dei 100 V/m.

Il telefonino si collega periodicamente all'antenna anche quando è in standby, e quindi anche in questa condizione emette radiazioni elettromagnetiche, seppure a livelli medi molto inferiori rispetto ai livelli che raggiunge durante una chiamata. Quando l'antenna GPS è accesa, le emissioni possono essere molto elevate. Se poi il collegamento dati non è disattivato, il cellulare può anche collegarsi periodicamente in automatico alla rete per scaricare aggiornamenti. L'unico modo per impedire emissioni è quindi la modalità offline (aereo) o lo spegnimento del dispositivo.

5.2 Consigli d'uso generali

Da quanto detto nei paragrafi precedenti, appare evidente che è fortemente consigliabile:

- evitare di tenere qualunque dispositivo che emette costantemente campi elettromagnetici a contatto col corpo, specialmente a contatto con le parti più vulnerabili; nel caso del cellulare, se, per esempio, il SAR specificato dal produttore è di 2 W/kg a 1,5 cm dal

corpo, visto che la potenza decade col quadrato della distanza, già a 15 cm dal corpo sarà ridotto di 100 volte e sarà quindi di 20 mW/kg;

- non tenere il cellulare in tasca, a meno che non sia spento; in caso di utilizzo di portatile o laptop con collegamento wireless (es. WiFi) evitare di tenerlo sulle gambe, a meno che il collegamento all'antenna non sia disattivato;
- non tenere il cellulare acceso in prossimità della testa di notte; nel caso in cui sia indispensabile tenerlo acceso, lasciarlo ad almeno un metro di distanza dalla testa;
- accertarsi che l'antenna GPS sia disattivata quando la navigazione satellitare non è necessaria;
- utilizzare in modalità "aereo" apparecchi acustici digitali dotati di Bluetooth per permettere il collegamento a cellulare e TV (sebbene i produttori spesso garantiscano livelli di SAR al di sotto dei limiti previsti dalle normative);
- all'atto della chiamata con cellulare, attendere che si stabilisca il collegamento prima di avvicinare il cellulare alla testa;
- durante le chiamate, utilizzare il cellulare almeno alla distanza dalla testa prevista nelle istruzioni del dispositivo (1,5-2,5 cm a seconda dei modelli); possibilmente utilizzare il vivavoce oppure auricolari preferibilmente con filo (auricolari e cuffie wireless emettono anch'essi nello spettro delle microonde, per quando le emissioni siano più limitate rispetto a quelle del cellulare);
- evitare conversazioni prolungate;
- limitare l'utilizzo del cellulare quando non si sta bene di salute, perché l'esposizione potrebbe peggiorare il senso di malessere;
- cercare di effettuare comunicazioni telefoniche dove la qualità della copertura è migliore (maggiore numero di tacche sullo schermo) ed evitare di muoversi durante la comunicazione;
- evitare l'utilizzo di dispositivi wireless su mezzi di trasporto chiusi, a maggior ragione se in movimento;
- non coprire il cellulare con i cosiddetti schermi elettromagnetici quando è in uso; a meno che il cellulare non sia spento, infatti, esso eleva dinamicamente la propria potenza in modo da riuscire ad oltrepassare lo schermo e a mantenere comunque la comunicazione con l'antenna: di conseguenza le emissioni (nonché il consumo della batteria) aumentano;
- diffidare dagli schermi elettromagnetici che emetterebbero una radiazione inversa atta ad annullare la radiazione nociva; si tratta di truffe: l'unico modo per creare un campo inverso a quello emesso dal telefonino è creare una radiazione dello stesso livello con

onda perfettamente in controfase, in modo che le due radiazioni, quella emessa dal cellulare e quella emessa dallo schermo interferiscano distruttivamente e si annullino vicendevolmente, ma, ammesso e non concesso che sia possibile creare un tale campo con un circuito passivo (cioè privo di alimentazione), il campo emesso dal cellulare sarebbe totalmente annullato dal campo emesso dallo schermo, quindi il cellulare non avrebbe più la capacità di comunicare.

5.3 Avvertenze particolari per bambini e donne incinte

Nel 2008 la Francia ha emesso un avvertimento nazionale contro l'eccessivo uso del cellulare e, un anno dopo, ha annunciato il divieto della pubblicità di telefoni cellulari per bambini di età inferiore ai 12 anni. Sempre in Francia, nel 2015 è entrata in vigore una legge (Loi n. 2015-136, 9 febbraio 2015) che vieta l'utilizzo delle reti Wi-Fi negli asili nido e ne limita l'utilizzo nelle scuole primarie. I bambini e gli adolescenti, infatti, per le loro caratteristiche anatomico-funzionali, sono molto più vulnerabili rispetto agli adulti ai campi elettromagnetici. La ragione sta essenzialmente nel fatto che essi non hanno ancora sviluppato totalmente i loro tessuti.

Mentre negli adulti l'azione di riscaldamento dovuto al campo emesso dal telefonino durante una conversazione telefonica, quando il telefono è tenuto a contatto con la testa, coinvolge solo la parte della testa e del cervello in prossimità del telefonino, nei bambini interessa una porzione molto più estesa del cervello. A parità di potenza emessa dal telefonino, la penetrazione nella testa di un bambino può essere più di una volta e mezzo la penetrazione in un soggetto adulto; si veda a questo proposito anche l'articolo pubblicato sul sito ARPA Piemonte il 22 marzo 2016 intitolato "[Qual è l'esposizione ai campi elettromagnetici dei cellulari?](#)" [1], già citato nel Capitolo 2. Come si nota dalla figura 20, in un bambino di 5 anni e in un bambino di 10 anni la penetrazione della radiazione è molto maggiore rispetto all'adulto a fronte di una stessa potenza irradiata di 600 mW.

Dal momento, poi, che le ossa del cranio nei bambini hanno una densità inferiore rispetto a quelle degli adulti e il sistema nervoso è ancora in via di sviluppo, i bambini potrebbero essere maggiormente a rischio per i tumori correlati all'utilizzo del cellulare.

Per questi motivi, il cellulare è fortemente sconsigliato a bambini e ragazzini al di sotto dei 14 anni, e, comunque, in caso di necessità di utilizzo, è sempre bene avere l'accortezza, che vale per tutti, di mantenere il cellulare il più possibile distante dal corpo, attivando il vivavoce o utilizzando gli auricolari. Si sottolinea che questi ultimi dovrebbero essere collegati al cellulare con filo: gli auricolari wireless sono infatti essi stessi sorgenti di campo

(lo standard BlueTooth opera nelle microonde intorno a 2450 MHz), sebbene a un'intensità ridotta rispetto a quella del cellulare.

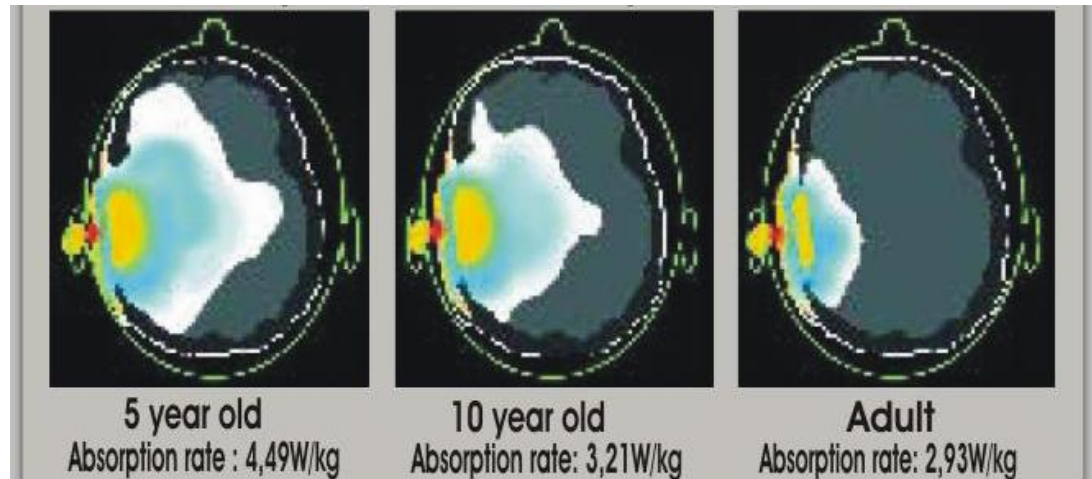


Figura 20 - Tasso di assorbimento del cervello in un bambino di 5 anni, in un bambino di 10 anni e in un adulto a parità di potenza irradiata (600 mW) (fonte: “Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 MHz and 1900 MHz”, Gandhi *et al.*, 1996).

Si sconsiglia altresì:

- l'utilizzo dei vari monitor per bambini (*baby monitor*), apparecchi di comunicazione a radiofrequenza mono o bidirezionale da posizionare in prossimità della testa dei bambini ed atti ad allertare i genitori del risveglio o di anomalie del sonno;
- l'utilizzo di dispositivi antiabbandono wireless per evitare di dimenticare il bambino in auto (i dispositivi antiabbandono sono diventati ormai obbligatori per bambini inferiori a 4 anni);
- l'utilizzo di chip come quello pubblicizzato nell'articolo dell'Huffington Post del 21/07/2019 “[Un chip nel pannolino e un sms per avvertirvi se il bebè fa pipì, cacca o dorme](#)” [85], un'idea di una nota casa produttrice di pannolini volta ad incrementare il mercato dei pannolini visto il calo delle nascite.

Quelli nominati sopra sono alcuni tra i tanti dispositivi (unitamente a microchip impiantabili e applicazioni nanotecnologiche, come i *quantum dot* per sensoristica biometrica) che vengono spesso citati per dare un senso tangibile dell'importanza irrinunciabile dell'Internet delle cose, che può essere implementata appieno solo col dispiegamento del 5G. I dispositivi descritti – oltre a dare false sicurezze (visto anche che possono essere soggetti a

malfunzionamento) e a favorire comunque la delega della responsabilità genitoriale ad un sensore, assecondando di fatto distrazione e passività, se non vera e propria negligenza – costituiscono sorgenti di campo che rimangono attive per periodi di tempo prolungati in corrispondenza di zone estremamente vulnerabili.

Anche per le donne incinte è sconsigliabile l'utilizzo del cellulare, soprattutto se tenuto in prossimità del ventre, visti gli effetti dei campi sullo sviluppo dei feti evidenziati da diversi studi.

5.4 Evoluzione verso gli smartphone 5G

Come detto, i cellulari e gli smartphone attuali non sono provvisti di antenne direttive: la loro antenna emette in tutte le direzioni a una potenza massima intorno ai 2 W.

Con la tecnologia 5G, al pari delle stazioni base che utilizzano le antenne a schiera configurabili mMIMO per dirigere il fascio selettivamente verso i terminali, anche gli smartphone potrebbero essere dotati di schiere di antenne per dirigere dinamicamente il proprio fascio verso le varie stazioni presenti nella rete; queste, nel sistema 5G, possono essere rappresentate non solo da stazioni base fisse, ma anche da altri terminali mobili (cioè smartphone e dispositivi portatili in generale) o da terminali trasportabili (cioè apparecchiature come *hub* per reti locali wireless).

Come si è visto nel Capitolo 3, negli Stati Uniti la [FCC](#) [47] (*Federal Communication Commission*) ha adottato delle regole che consentono alla potenza effettiva di tali fasci emessi dai terminali mobili di arrivare a 20 W (43 dBm), cioè 10 volte i livelli attuali, ciò anche per consentire lo scambio di segnali da e verso i satelliti.

Per proteggere la schiera di antenne e la circuiteria di elaborazione e dalle interferenze causate dal display sarà presente uno schermo elettromagnetico interposto tra il display e la circuiteria di rice-trasmissione ed elaborazione. Questo schermo impedirà anche alla maggior parte delle radiazioni di penetrare direttamente nella testa durante le conversazioni telefoniche, ma non è sufficiente a garantire, quando lo *smartphone* è tenuto in prossimità del corpo o in tasca, che la circuiteria d'antenna sia rivolta verso l'esterno in modo da non irradiare il corpo con livelli di potenza che possono arrivare a dieci volte i livelli attuali.

6 RISVOLTI SOCIOPOLITICI E CENNI DI CARATTERE GIURIDICO

Si fornirà in questo capitolo un accenno ad alcuni aspetti di rilievo socio-politico che si prospettano a seguito di una diffusione via via più capillare di reti di comunicazione che, dal consentire la mera comunicazione tra individui, si sono allargati in poco tempo anche alla condivisione di contenuti audio e video, e ora si stanno avviando verso la comunicazione automatica tra oggetti: con il dispiegamento della tecnologia 5G e lo sviluppo dell'Internet delle cose, infatti, le comunicazioni vanno a coinvolgere capillarmente molteplici attività, dati sensibili, e beni privati degli individui.

Le attuali tecnologie già prevedono la raccolta di enormi moli di dati (i cosiddetti *big data*). Col 5G la collezione di dati in forma aggregata diventa funzionale al sistema, in quanto gli stessi dispositivi per dialogare e organizzarsi tra loro necessitano di accedere all'informazione disponibile. Tutte le problematiche relative alla conservazione, alla diffusione, alla condivisione, alla commercializzazione dei dati, con potenziale utilizzo per scopi promozionali mirati, o per finalità politiche o di controllo della popolazione, risultano pertanto fortemente amplificate. Le analisi che seguiranno sono basate in gran parte sulle informazioni fornite dall'[Indagine conoscitiva nelle telecomunicazioni, con particolare riguardo alla transizione verso il 5G e alla gestione dei Big Data](#) [41], citata nel Capitolo 3.

Quali degli aspetti che si andranno ad analizzare siano già attuali e quali siano incombenti o futuri non è sempre chiarissimo, soprattutto se si considera che, come si evince dal documento [41] citato, *“I lavori per la standardizzazione e lo sviluppo dei sistemi 5G, iniziati nel 2013 a partire dall’iniziativa della Commissione UE: «5G Public Private Partnership» e del gruppo di lavoro «5G Architecture Working Group», sono tuttora in corso, con impiego di risorse europee che stanno finanziando numerosi progetti di ricerca (19 progetti)”*. In altre parole, al di là dei numerosi proclami, sembra che l'effettiva implementazione in Italia sia tuttora estremamente limitata. Anche dalla descrizione dei progetti di sperimentazione del 5G nelle città pilota italiane, che hanno visto uno stanziamento complessivo di 45 milioni di Euro (Decreto Ministero dello sviluppo economico 26 marzo 2019), sembra emergere che allo stato attuale si tratti in larga misura di sperimentazioni a livello prototipale: gli esempi più suggestivi sono un sistema di videosorveglianza evoluta ad altissima definizione con

conteggio delle persone (*people counting*) al porto di Bari e la guida da remoto di un veicolo non meglio specificato da Roma a Torino.

Si tratteranno alcuni aspetti giuridici relativi al dispiegamento di una tecnologia di cui poco o nulla è dato a sapere al comune cittadino, non solo per quanto riguarda le implicazioni a livello di pervasività del sistema nella vita privata, ma anche per quanto attiene i possibili effetti sulla salute dovuti ad una diffusione via via più capillare di dispositivi emittenti anche in porzioni dello spettro elettromagnetico ad ora inesplorate.

In tema di diritto alla salute, si presenteranno altresì, a titolo esemplificativo, alcune iniziative che sono state promosse da varie associazioni da anni impegnate nella lotta all'inquinamento elettromagnetico, iniziative che hanno lo scopo di contrastare la diffusione della rete 5G per via degli effetti dei campi elettromagnetici sulla salute, e di ottenere una moratoria fintantoché non sia accertata la totale sicurezza dei livelli e delle frequenze dei segnali elettromagnetici che si intendono utilizzare per la trasmissione. Il risultato netto non è stato purtroppo finora molto incoraggiante, e l'implementazione sta praticamente procedendo secondo l'agenda preposta, sfruttando in numerosi Paesi, tra i quali l'Italia, un'emergenza pandemica del tutto artificiale – quella determinata dal virus SARS-CoV-2 – per l'emanazione di decreti mirati ad agevolare il dispiegamento della rete e a contrastare ogni eventuale opposizione.

A titolo di premessa generale, si ricorda che l'articolo 41 della Costituzione Italiana, il quale sancisce che *“l'iniziativa economica privata è libera”*, precisa che essa *“non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana”*.

Da tenere in considerazione, oltre alla Costituzione, sono la Carta dei Diritti Fondamentali dell'Unione Europea, in particolare il Titolo I, Articoli 7 (riguardante il diritto al rispetto delle comunicazioni), 8 (riguardante il diritto alla protezione dei dati di carattere personale) e 11 (riguardante la libertà di espressione e di informazione senza ingerenza da parte delle autorità pubbliche e senza limiti di frontiera), e la Dichiarazione Universale dei Diritti Umani.

6.1 Problematiche evidenziate dagli operatori riguardo allo sviluppo del 5G

Nel corso delle audizioni in relazione all'[Indagine conoscitiva](#) [41] citata nel paragrafo introduttivo gli operatori hanno segnalato alcune problematiche che potrebbero ritardare o addirittura compromettere lo sviluppo in Italia della rete 5G, la quale già dalle

sperimentazioni effettuate nelle città pilota si profilerebbe come *“driver di innovazione”* e *“leva fondamentale per l’efficienza e la competitività dei settori produttivi”*.

Un primo problema riguarda la realizzazione della rete fissa a banda ultralarga. Vi è infatti una limitata domanda da parte dell’utenza italiana di servizi di connessione fissa ultraveloce: per far fronte a questo problema gli operatori auspicano una semplificazione degli iter e dei permessi necessari all’installazione degli impianti, ed eventualmente il ricorso a incentivi.

Un secondo problema, come menzionato anche nel Capitolo 4, concerne la ridefinizione dei limiti di emissione radio *“che, in Italia, sono assai più bassi dei livelli consigliati dai competenti organismi tecnici internazionali”*.

Un terzo problema concerne la progressiva contrazione dei ricavi per i fornitori dei servizi a fronte degli ingenti investimenti previsti. Essi segnalano un’ipercompetitività sul mercato italiano che ha causato un eccessivo crollo dei prezzi.

Un quarto problema riguarda la necessità di uno sviluppo rapido della rete, cosa possibile solo prevedendo una forte collaborazione tra operatori e fruitori del servizio (cittadini, pubbliche amministrazioni, imprese) con scambio di conoscenze utili allo sviluppo di specifiche applicazioni nei vari settori.

Da osservare che queste problematiche, da cui pare emergere che non ci sia una richiesta da parte dell’utenza tale da giustificare lo stesso dispiegamento della rete – per la quale peraltro, come accennato nel paragrafo introduttivo, i lavori di standardizzazione e sviluppo tecnologico sono tuttora in corso – sono state sollevate dagli operatori nel corso di un’indagine parlamentare anni dopo che il motore è stato messo in moto, con ingenti finanziamenti pubblici per un ammontare complessivo previsto di 3,5 miliardi di Euro (delibera n. 65-2015 del CIPE; risorsa: Fondo Sviluppo e Coesione 2014-2020), di cui 2,2 miliardi per interventi di immediata attivazione, e con l’eventuale previsione di un incremento fino ad un totale di 4,9 miliardi di euro, facendo ricorso ad ulteriori risorse. Si ricorda che le aste per l’assegnazione, nel 2018, delle bande del 5G hanno raggiunto un totale di oltre 6 miliardi, che gli aggiudicatari potranno tuttavia saldare entro il 2022.

Dato questo quadro, si comprende come mai le pressioni degli operatori (v. Capitolo 3) per un rilassamento delle normative relative ai livelli di emissione non trovano molto ostacolo a livello governativo, e si comprende altresì la ragione per cui il governo ha designato un personaggio del mondo delle telecomunicazioni, Vittorio Colao (ex amministratore delegato

Vodafone, ora membro del comitato direttivo di Verizon), a guida del Comitato di esperti in materia economica istituito ad aprile 2020, durante l'emergenza pandemica dovuta al COVID-19, asseritamente per la "ricostruzione economica" del Paese. Come si è visto nel Capitolo 3, infatti, non si è fatta attendere la stesura del [piano di rilancio dell'Italia](#) [40], "Iniziative per il rilancio – Italia 2020-2022", presentato alla Presidenza del Consiglio il 9 giugno 2020, in cui si invoca la necessità di *"Adeguare i livelli di emissione elettromagnetica in Italia ai valori europei, oggi circa 3 volte più alti e radicalmente inferiori ai livelli di soglia di rischio, per accelerare lo sviluppo delle reti 5G. Escludere opponibilità locale se protocolli nazionali sono rispettati"*. Ad esso è poi seguita a ruota l'approvazione, il 16 luglio 2020, del [decreto legge n. 76](#) [42] recante "Semplificazioni in materia di attività d'impresa, ambiente e green economy", convertito con legge n. 120 dell'11 settembre 2020, il quale priva appunto i comuni della possibilità di impedire installazioni sul proprio territorio.

6.2 Pervasività nella vita privata

I progressi delle tecnologie di comunicazione e l'impiego diffuso di dispositivi elettronici e di monitoraggio hanno portato ad una forte interconnessione e al rapido scambio di informazione a livello globale. Questo permette la raccolta di una gigantesca mole di dati e informazioni compresi dati di natura personale e sensibile (i cosiddetti *big data*). Essi sono necessari per l'elaborazione effettuata dai sistemi di intelligenza artificiale ma rivestono anche utilità enorme per scopo commerciale e promozionale, strategico, e politico.

6.2.1 Big data

Il 5G, prevedendo estesa copertura di rete, grande velocità di trasferimento ed elevato numero di connessioni simultanee a bassissima latenza, farà esplodere l'utilizzo dell'Internet of Things (IoT) e dei big data all'interno della società. Si prevede che entro il 2020 saranno connessi alla rete circa 50 miliardi di dispositivi smart con un mercato potenziale di 12 trilioni di dollari entro il 2035, un mercato derivante non soltanto dalla vendita della tecnologia, ma anche dalla monetizzazione dei dati. Tuttavia, la tecnologia digitale è fondamentale non solo per dare valore ai dati, ma anche per perseguire l'obiettivo finale che essi diventino *"la base del processo decisionale, strategico e operativo a tutti i livelli di governo"* [41].

Come spiega l'[indagine conoscitiva](#) [41] citata, per dare valore a queste enormi quantità di dati generati da un numero incalcolabile di sorgenti sono necessarie soluzioni tecnologiche che permettano di trasformare i dati grezzi in informazioni. I dati devono quindi essere organizzati e strutturati nell'ambito di nuovi sistemi di immagazzinamento (*data storage*)

inseriti in enormi centri (*data centre*), in grado di gestire quantità innumerevoli di informazioni a velocità elevatissima. Quindi le nuove tecnologie richiedono: un ampliamento delle capacità di immagazzinamento dei dati acquisiti; l'individuazione e lo sviluppo di algoritmi in grado di analizzare le informazioni contenute e le loro correlazioni, di importanza fondamentale ai fini di trarre informazioni sintetiche e utili; la formazione specializzata, con la formazione di professionalità adeguate, prevedendo percorsi di alfabetizzazione informatica già a partire dalle scuole primarie.

Architetture complesse e interconnesse come quelle attuali presentano rischi in termini di accessi non autorizzati, vulnerabilità delle diverse partizioni di rete, e intercettazione del traffico, quindi rischi di hackeraggio non solo a scopo di truffa ed estorsione ma anche con finalità più insidiose di spionaggio industriale o politico. Esistono poi rischi relativi ad un'evoluzione verso una società distopica, autoritaria, fondata sulla sorveglianza automatizzata, sulla coercizione e sulla repressione del dissenso assicurati con livelli di efficienza prima impossibili, evenienza, questa, da non sottovalutare nemmeno in Paesi attualmente a cultura democratica dal momento che una deriva autoritaria non si può mai escludere. In ultimo, non certo di minore importanza, sono i rischi relativi al condizionamento determinato da operatori sovranazionali, detentori dei dati e degli algoritmi in grado di trarre informazioni dagli stessi. Come spiega il documento finale dell'[indagine conoscitiva](#) del 9 luglio 2020 [41]:

“Il fulcro della decisione e del potere finirebbe per spostarsi dai Parlamenti e dai Governi nazionali a pochi grandi operatori spesso sovranazionali capaci di condizionare (fino a determinare) come si organizza la vita dei cittadini. Tale massa di dati, consentendo analisi assai approfondite, potrebbe portare ad avere un «ritratto digitale» delle persone assai realistico con intuibili rischi sia con riguardo alla privacy dei cittadini medesimi, sia con riferimento alla possibilità di condizionarne le decisioni e le scelte con evidenti rischi per la libera formazione del pensiero. Tuttavia, allo stato, non esiste alcun diritto dell'individuo ad essere considerato «proprietario» dei dati che genera, sebbene le nuove disposizioni (in particolare il nuovo regolamento europeo sulla protezione dei dati personali, il GDPR) tendono a garantire un maggior controllo sui propri dati personali.”

A proposito dei rischi sopra paventati, si sta attualmente assistendo ad una censura sempre più invasiva, in gran parte automatizzata, da parte delle principali piattaforme, applicazioni di messaggistica, e reti sociali (Youtube, Facebook, WhatsApp, Twitter). Il fine dichiarato è quello di contenimento delle cosiddette *fake news* (notizie false) “in una realtà di fruitori ed utilizzatori di tali tecnologie che in parti assai significative sono del tutto privi

degli strumenti culturali per farne un uso consapevole e che, proprio in conseguenza del funzionamento delle reti di comunicazione [le quali in maniera automatica, tramite dati di profilazione, mettono a disposizione i contenuti più pertinenti agli interessi del fruitore, n.d.r.], diventano sempre più polarizzati e difficili da indurre al pensiero critico”, come affermato dal prof. Rasetti nel corso della sua audizione nell’ambito dell’[indagine conoscitiva](#) [41] sopra menzionata. Di fatto lo scopo reale è di limitare per quanto possibile la diffusione di contenuti che contestano la narrativa prevalente divulgata dalle fonti ufficiali.

Nonostante da più parti si avverta l’esigenza di una definizione di nuove regole di garanzia per la produzione, la raccolta, l’analisi, e la comunicazione dei dati, pare verosimile che in ogni caso qualunque garanzia legislativa non possa comunque mai essere sufficiente a tutelare adeguatamente la riservatezza dell’individuo.

6.2.2 Intelligenza artificiale, *machine learning*, e industria 4.0

Strettamente dipendente dall’implementazione della rete 5G, la quale assicura la trasmissione di grandi quantità di dati, con estrema rapidità e bassissima latenza, è lo sviluppo dell’intelligenza artificiale.

Di fatto, come si evince dall’[indagine conoscitiva](#) [41] citata sopra, allo stato attuale, la tecnologia è ancora ben lontana dallo sviluppo di un’intelligenza artificiale in grado di soppiantare le capacità umane in maniera completa ed in ogni campo di azione. Ciononostante negli ultimi anni si è assistito ad un rapidissimo progresso, favorito dall’aumento della potenza di calcolo, dalla disponibilità di big data organizzati in maniera più o meno raffinata, che forniscono le informazioni indispensabili al funzionamento dell’intelligenza artificiale, e dalla riesplorazione della ricerca nel campo delle reti neurali.

In ambito informatico questa evoluzione è stata tangibile; si cita in proposito il seguente esempio:

“Imagenet, uno dei prodotti di deep learning nel 2015 riuscì a realizzare 152 livelli di astrazione, e questo consente alla macchina di classificare in maniera efficiente e gerarchizzata un numero estremamente ampio di informazioni, portando la capacità di comprensione della realtà dei computer a livelli inimmaginabili solo pochi anni fa in quanto i computer possono in maniera del tutto automatica, riconoscere, elaborare e persino creare immagini, testi in maniera simile (ma ancora non identica quanto alla qualità dei risultati) a quanto fa l’uomo.” [41]

Per quanto riguarda l’automazione industriale, ciò che soprattutto sta attualmente subendo una profonda trasformazione è il *machine learning*, ossia l’apprendimento

automatizzato delle macchine. Fino a pochi anni fa esso richiedeva il contributo umano. Oggi l'apprendimento avviene a partire da grandi quantità di esempi in base a dati e input non più forniti dall'uomo, ma reperiti automaticamente, tramite potenti algoritmi di selezione, classificazione, e analisi.

In un panorama di questo tipo sta divenendo sempre più attuale il tema delle ripercussioni che un'automazione sempre più diffusa in tutti i campi, in particolare nel campo dell'industria, con la cosiddetta Quarta Rivoluzione Industriale, o Industria 4.0, genera sul mercato del lavoro.

Se è vero infatti che l'automazione dei processi produttivi crea posti di lavoro nel campo di ricerca, progettazione, e sviluppo, è altrettanto vero che si tratta di posti di lavoro altamente specializzati, che raramente possono andare a costituire un'alternativa valida per lavoratori attualmente impiegati a svolgere quelle mansioni più pratiche e automatiche che si prevede vengano sostituite in maniera via via crescente da processi automatizzati. Peraltro, l'automazione non interessa soltanto il lavoro manuale, ma anche e sempre più mansioni di tipo intellettuale (si pensi ad esempio al campo delle traduzioni, o del giornalismo, con la lettura dei telegiornali effettuata tramite strumenti di informatica grafica che permettono di rappresentare il giornalista in maniera relativamente fedele).

Quindi questa rivoluzione, attualmente propagandata con grande enfasi e ottimismo per raggiungere la quale è indispensabile un dispiegamento massivo del 5G, rischia di creare un impoverimento incontrollato e grossi squilibri all'interno della società. Sebbene qualche studioso ottimista, come il prof. Miles Brundage dell'Università di Oxford nel suo contributo allo *Science and Technology Options Assessment* (STOA) del Parlamento europeo, pubblicato a marzo 2018 "[Should we fear artificial intelligence?](#)" [86], ipotizzi nel lungo termine la possibilità di pervenire ad una società del tempo libero (*leisure society*) – ossia una società utopistica in cui l'uomo si dedica a ciò che gli è gradito (creazioni artistiche, studio, gioco, educazione dei figli, frequentazione di amici o partner romantici) – è evidente a chiunque che la produzione di beni e servizi richiede necessariamente uno sbocco sul mercato, e che una società disoccupata e quindi non retribuita non ha neppure la disponibilità economica per l'acquisto dei beni prodotti o per la fruizione dei servizi messi a disposizione; di conseguenza la produzione si arresta automaticamente: infatti la produzione, anche nel caso in cui sia completamente automatizzata, ha un costo; se tale costo non viene superato dal ricavato, chiaramente non conviene più produrre. Il professore in questione, rendendosi probabilmente conto dell'assurdo logico contro cui si schianta la sua ipotesi, prospetta la possibilità che

venga distribuito all'interno della società un salario minimo, ma non si pone neppure la domanda riguardo a quale possa essere la provenienza di tale salario.

In ogni caso, al di là di ogni altra considerazione, in un'economia altamente digitalizzata, da non sottovalutare è il possibile rischio di attacchi cibernetici. Un attacco da parte di *hacker* al software di controllo di un'impresa può minare l'intera produzione e ha un impatto tanto maggiore tanto più estesa è l'impresa e tanto più interconnessi sono i propri rami produttivi. Nulla esclude, peraltro, anche la possibilità di falsi attacchi con scopi fraudolenti messi in atto internamente al fine, per esempio, di incamerare risarcimenti assicurativi.

6.2.3 Agenda digitale e COVID: *Great Reset* e *COVID Action Platform*

Il sito del *World Economic Forum* (WEF), un'organizzazione presieduta dall'economista tedesco Klaus Schwab che ogni anno riunisce a Davos i principali esponenti internazionali del mondo della politica, della finanza, e dell'industria per definire e implementare strategie future per dirigere la globalizzazione, fornisce una piattaforma, la *COVID Action Platform*. Essa è fruibile tramite un articolato diagramma con 200 livelli interconnessi, ognuno dei quali contiene link a video ed [articoli](#) che via via vengono prodotti, i quali suggeriscono, con un apparente bilanciamento obiettivo dei pro e dei contro rispetto agli interessi della popolazione e degli attori economici coinvolti, strategie globali da implementare, sfruttando l'"opportunità" offerta dalla pandemia COVID, per mettere a punto il cosiddetto "[Great Reset](#)" [87], il grande ripristino, finalizzato a "*migliorare lo stato del mondo*": per citare lo stesso Klaus Schwab, "*La pandemia rappresenta una rara ma stretta finestra di opportunità per riflettere, reimmaginare, e ripristinare il nostro mondo*". Lo scopo propagandato sarebbe di mettere a punto una strategia economica diretta a livello globale per superare l'attuale economia basata sul libero mercato e così distribuire la ricchezza in maniera più equa, prestando particolare attenzione ai temi del clima e delle risorse rinnovabili (*green economy*). Lo scopo reale è con ogni probabilità quello molto più prosaico di accentrare la ricchezza e il potere nelle mani di pochi magnati a discapito di una popolazione globale resa sempre più dipendente dalle risorse messe da essi a disposizione e sempre più depauperata della proprietà privata, di stabilire sostanzialmente una plutocrazia mondiale.

Si ricorda che, in occasione del convegno del WEF di Davos di fine ottobre 2019, due mesi prima della comunicazione, effettuata il 31/12/2019, dei primi casi a Wuhan di infezione da un nuovo virus poi denominato SARS-CoV-2, fu proiettato un filmato (Event 201), disponibile su [Youtube](#) [88]: si tratta, come si legge nella presentazione dello [scenario](#) [89], della simulazione degli effetti, a livello sociale ed economico mondiale, di una pandemia

dovuta a un coronavirus zoonotico trasmesso dai pipistrelli ai maiali all'uomo, simile al SARS, ma con trasmissibilità maggiore e con sintomatologia più lieve, la quale in un anno e mezzo mieterebbe 65 milioni di vittime in tutto il mondo.

L'agenda COVID, schematizzata dalla piattaforma COVID Action Platform, affronta molteplici tematiche del *Great Reset*, tra cui appunto il dispiegamento del 5G, con tutto ciò che ad esso può direttamente o indirettamente correlarsi in relazione al COVID, inclusi il tracciamento dei contatti, lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e dell'automazione, e la sostituzione del denaro contante con la moneta elettronica.

È interessante osservare che la piattaforma, estremamente dettagliata e corredata di numerosi documenti, interviste, e video, è pienamente attiva e accessibile già a partire dall'11 marzo 2020, come dimostra il video di presentazione "[How can we collaborate to stop the spread of COVID-19?](#)" [90], ossia meno di due mesi e mezzo dopo la comunicazione dei primi casi di Wuhan: l'agenda, come spiegato nel video stesso, è infatti stata pianificata nei dettagli nel corso di svariati decenni.

D'altra parte è già del maggio 2010 un documento della Rockefeller Foundation, un'organizzazione statunitense sostenuta da finanziamenti pubblici e privati, creata nel 1913 da John Davison Rockefeller Sr. (1839 – 1937) e da suo figlio John Davison Rockefeller Jr. (1874-1960), proprietari della società petrolifera Standard Oil, con lo scopo dichiarato di "*promuovere il benessere del genere umano in tutto il mondo*". Il documento in questione, intitolato "[Scenarios for the Future of Technology and International Development](#)" [91], ipotizza possibili scenari di reazione dei governi mondiali a fronte di incertezze dovute a crisi economiche, malattie, e disastri naturali, e per ciascuno scenario suggerisce possibili ruoli delle organizzazioni filantropiche ed evidenzia probabili opportunità di evoluzione tecnologica. Tali scenari sono forniti a titolo esemplificativo con l'obiettivo di stimolare l'immaginazione dei vari attori e azionisti coinvolti affinché operino le proprie scelte in funzione del futuro che intendono realizzare.

In un piano rappresentato da "capacità adattativa" (asse orizzontale) e "allineamento politico-economico" (asse verticale), gli scenari prospettati sono di quattro tipologie:

- lo scenario HACK ATTACK (bassa capacità adattativa, scarso allineamento politico-economico) rappresenta un mondo disorganizzato, economicamente instabile, con innovazioni tecnologiche pericolose, e dove la criminalità prospera;
- lo scenario SMART SCRAMBLE (elevata capacità adattativa, scarso allineamento politico-economico) rappresenta un mondo economicamente depresso con soluzioni

individuali locali improvvisate e senza coordinazione alle problematiche che si presentano;

- lo scenario LOCK STEP (bassa capacità adattativa, forte allineamento politico-economico) rappresenta un mondo con controllo dall'alto restrittivo e autoritario; l'innovazione tecnologica è limitata, l'adattabilità all'evoluzione della situazione è scarsa, ma l'economia e la politica sono rafforzate;
- lo scenario CLEVER TOGETHER (elevata capacità adattativa, forte allineamento politico-economico) rappresenta un mondo virtuoso in cui si mettono a punto strategie ben coordinate per fronteggiare in maniera dinamica i vari problemi che via via si presentano.

Particolarmente illuminanti sono gli ultimi due scenari.

Per quanto riguarda lo scenario “*Lock Step*” (che significa “Marcia a ranghi serrati”), si immagina per il 2012 una pandemia influenzale che nel giro di sette mesi causa 8 milioni di decessi nel mondo, in maggioranza giovani in salute, con effetti deleteri su svariati settori dell'economia. Si ha una gestione differenziata tra vari Paesi, ma uno dei pochi Paesi che riescono a contenere rapidamente l'epidemia è la Cina, che, con le sue politiche di quarantena obbligatoria per tutti e la quasi immediata chiusura dei confini, riesce ad evitare la diffusione con notevole anticipo rispetto agli altri Paesi e va quindi incontro ad una più rapida ripresa economica. Anche altri Paesi adottano misure di contenimento, sconsigliando fortemente gli spostamenti, imponendo l'utilizzo di mascherine e la rilevazione della temperatura all'ingresso di stazioni e supermercati, e mettendo in atto modalità di governo più autoritarie. Inizialmente la popolazione è tollerante e anzi auspica un maggiore controllo dall'alto, e, grazie anche ad una regolamentazione più stretta delle industrie chiave, si assiste gradualmente a una ripresa economica. Questa forma di autorità dall'alto al basso si esplica in maniera differenziata nei vari Paesi, anche a seconda delle mire dei vari capi di governo, e in alcuni Paesi, governati da élite irresponsabili che utilizzano il maggiore potere per perseguire interessi personali, la reazione della popolazione non tarda a farsi sentire. Tuttavia, anche negli altri Paesi il controllo serrato dell'economia, dell'industria, e della ricerca genera situazioni via via più conflittuali, per il fatto che anche coloro che lì per lì auspicavano maggior controllo si trovano vincolati da regole eccessivamente restrittive che schiacciano gli interessi individuali.

In questo scenario il progresso tecnologico potrebbe riguardare:

- lo sviluppo di scanner a risonanza magnetica funzionale (fMRI – *functional Magnetic Resonance Imaging*) per aeroporti e aree pubbliche in modo da rilevare comportamenti indicativi di “intento antisociale”;

- *smart packaging* dei prodotti alimentari, ossia confezionamento con monitoraggio delle condizioni del contenuto e ambientali;
- nuovi metodi diagnostici per rilevare malattie trasmissibili, con screening che diventa prerequisito per le dimissioni da ospedali o prigioni;
- creazione di reti Internet indipendenti.

Per quanto riguarda invece lo scenario “*Clever Together*” (che si può tradurre con “Insieme con ingegno”), si immagina che alla crisi economica del 2008-2010 segua una crescita incontrollata dell’economia di alcuni Paesi con notevole inquinamento atmosferico ed aumento precipitoso dei livelli di anidride carbonica, i quali causano riscaldamento del pianeta, innalzamento del livello dei mari, tempeste rovinose. Il problema coinvolge tutti i Paesi, e quindi occorre una soluzione coordinata. Inizia una gestione centralizzata globale, non solo per quanto riguarda lo sfruttamento delle risorse energetiche ma anche per garantire controllo delle malattie e raggiungere elevati standard tecnologici. Questi sistemi richiedono trasparenza molto maggiore, con raccolta e elaborazione di dati automatizzata. Sistemi di “subveglianza” benevola (tramite l’utilizzo di dispositivi di monitoraggio individuali) permettono ai cittadini in tempo reale di accedere ai dati, tutti disponibili al pubblico, e di reagire di conseguenza. Gli stati nazionali perdono parte del loro potere e della loro importanza, mentre l’architettura globale si rafforza per creare soluzioni che migliorino la qualità della vita di ognuno, con la partecipazione e la collaborazione tra associazioni non governative, aziende, e governi. Si arriva addirittura all’unione di tali attori in un consorzio in grado di fornire in tempo reale informazione su costi e benefici di ciascuna applicazione tecnologica e scelta economica. I colossi farmaceutici rendono fruibile al pubblico migliaia di componenti farmaceutici efficaci contro la malaria, come parte di un’agenda di *open innovation*, e promuovono la ricerca e lo sviluppo nel campo di malattie non ritenute commercialmente redditizie. L’innovazione coinvolge anche le risorse energetiche pulite e lo sfruttamento dell’acqua, con assegnazione di territori disabitati e ben esposti dell’Africa e dell’India a campi solari.

L’atmosfera di cooperazione e trasparenza permette una migliore gestione e allocazione delle risorse finanziarie e ambientali, con soluzioni tecnologiche che riguardano:

- l’acquisizione dei dati con nanosensori e dispositivi di subveglianza;
- la distribuzione intelligente di elettricità e acqua, lo sviluppo dei trasporti e di *smart cities*, con l’accesso a Internet considerato come diritto basilare;
- lo sviluppo e distribuzione a livello mondiale di un vaccino contro la malaria;

- l'incremento dell'efficienza dei sistemi ad energia solare, utilizzata anche per la desalinizzazione dell'acqua destinata all'agricoltura e per le reti Wi-Fi;
- lo sviluppo di sistemi di pagamento flessibile e rapido.

Tracciamento dei contatti (e non solo)

Ritornando all'agenda COVID di cui si è parlato sopra, un articolo intitolato “[A new data governance model for contact tracing: Authorized Public Purpose Access](#)” del 12 agosto 2020 [92] permeato dalla stessa aura filantropica che ispira il documento della Rockefeller Foundation, spiega che il successo nel tenere il virus sotto controllo dipende dalle politiche di tracciamento dei contatti: laddove si è utilizzato un sistema di adesione su base volontaria, il controllo della diffusione sarebbe stato in alcuni casi inadeguato, mentre Paesi che hanno fatto ampio utilizzo di dati personali avrebbero raggiunto, nel complesso, un contenimento migliore.

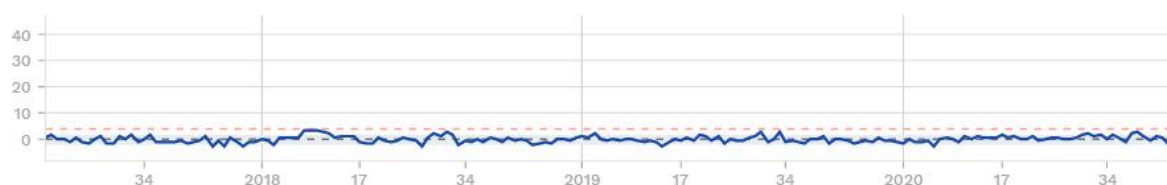
L'articolo prosegue asserendo che, durante una pandemia mortale, la sfida è di equilibrare i diritti degli individui con le necessità della società nel suo complesso. Pertanto gli autori propongono un modello di tracciamento dei contatti, alternativo rispetto a quelli correntemente in uso, che miri appunto a raggiungere questo equilibrio tra i diritti dell'individuo, gli interessi della società, e gli utili del soggetto detentore dei dati, sia questo centralizzato o decentralizzato.

Sorvolando momentaneamente sulla definizione di “pandemia mortale”, a smentire quanto sostenuto dagli estensori dell'articolo riguardo all'efficacia del sistema di tracciamento dei contatti sul controllo della diffusione, basti osservare il fatto che Germania ed Estonia, citati nell'articolo come esempi di Paesi che, avendo fatto uso di sistemi di tracciamento di contatti con adesione su base volontaria non sarebbero riusciti a tenere sotto controllo adeguatamente i contagi, non hanno registrato un benché minimo picco di decessi: questo perché in tali Paesi si è fatta adeguata terapia domiciliare all'insorgere dei primi sintomi, anche con utilizzo di farmaci come l'idrossiclorochina, altrove irragionevolmente osteggiati.

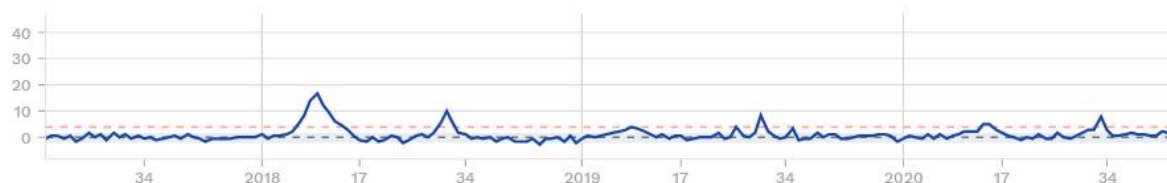
Si rileva infatti che la malattia in questione, con terapie adeguate all'insorgenza dei primi sintomi, anche in soggetti anziani e debilitati, ha una mortalità paragonabile, se non inferiore, rispetto a quella che caratterizza molte forme influenzali stagionali, e nulla rileva nella mortalità rilevata nei vari Paesi il numero di cosiddetti contagi o la presenza/assenza di misure di contenimento (confinamento più o meno spinto, tracciamento dei contatti più o meno invasivo). Quindi non sussistono nemmeno le premesse logiche per prendere in considerazione una tale ipotesi di invasione della sfera privata degli individui e delle relazioni

interpersonali. Questo senza considerare gli incalcolabili risvolti psicologici, sociali, ed economici che ha un tracciamento dei contatti basato, come è quello messo a punto per il controllo dei contagi da SARS-CoV-2, sul rilevamento dei contagi non in base a presenza/assenza di sintomatologia, bensì in base a positività al virus rilevata tramite test di

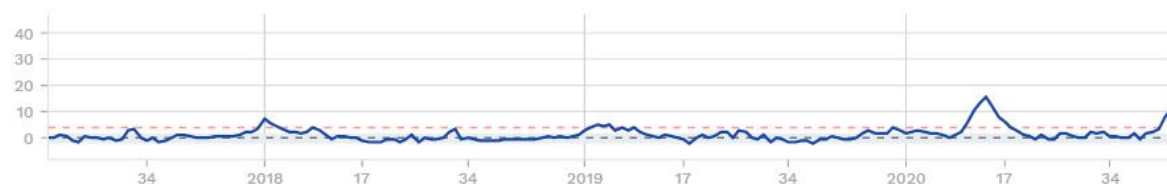
Estonia



Germany



Italy



discutibile valore diagnostico.

Figura 21 – Decessi settimanali per qualunque causa (scarto rispetto al valore medio dei decessi settimanali) in Estonia e Germania dal 2017 fino alla 48-esima settimana (inizio novembre) del 2020 (fonte: [EuroMOMO](#) [93]). Non si osserva alcun picco di decessi intorno a fine marzo 2020 (17-esima settimana), come si osserva al contrario in altri Paesi europei, Italia compresa.

È quindi legittimo il sospetto che lo scopo reale del contact tracing, piuttosto che essere quello dichiarato di contenimento dei contagi, sia lo sviluppo, l'implementazione, e la sperimentazione, di algoritmi di analisi e incrocio di informazione finalizzati a mettere a punto strategie di controllo economico, di controllo politico, e di sorveglianza.

Sempre in ambito di tracciamento e in tema COVID-19, si segnala che il 14 settembre 2020 si è concluso un [contratto](#) [94] dell'ammontare di 1.500.000 sterline (IVA esclusa) tra l'MHRA, l'agenzia regolatrice inglese dei farmaci, e Genpact (UK) Ltd per lo sviluppo urgente di un software di intelligenza artificiale *“per elaborare l'attesa elevata mole di reazioni avverse (Adverse Drug Reactions – ADR) al vaccino contro il COVID-19”*, contratto concluso senza gara d'appalto in ragione dell'urgenza della commessa.

Moneta elettronica

Strettamente connesso col potenziamento delle comunicazioni in generale e col dispiegamento del 5G in particolare, è l'obiettivo, già espresso in seno al *World Economic Forum* nel convegno tenuto a Davos a fine ottobre 2019, di sostituire il denaro contante con la moneta elettronica.

L'articolo disponibile sul sito del WEF del 14 agosto 2020 "[Why it's time to take central banks' digital currencies seriously](#)" [95] spiega come mai, vista l'asserita permanenza del virus SARS-CoV-2 sulle banconote per un periodo di tempo che può arrivare a 17 giorni (per inciso, non per altrettanto tempo pare permanere il virus sui plichi postali relativi ad acquisti online, notevolmente promossi), risulta fondamentale, ai fini del contenimento di pandemie, passare alla moneta digitale, come ha già fatto la Banca Popolare Cinese (PBOC) con la sostituzione del contante con la moneta digitale della banca centrale (CBDC – *Central-Bank Digital Currency*), la e-RMB, utilizzata nella città pilota di Shenzhen, la prima città cinese ad avere completa copertura 5G, ed in altre città cinesi.

Se col denaro contante risulta in qualche maniera possibile, per una popolazione oppressa da un sistema fiscale iniquo, difendersi in modo da poter fruire di quanto necessario per condurre comunque una vita dignitosa, la cancellazione del contante consente un tracciamento capillare di tutte le transazioni, con la possibilità per qualunque governo di impoverire senza limite la popolazione, espropriandola più o meno gradualmente, fino a ridurla sostanzialmente alla schiavitù o addirittura all'indigenza.

6.2.4 Classifica sociale: l'esempio del Sistema di Credito Sociale Cinese (SCS)

Le tecnologie di aggregazione di big data tramite algoritmi di intelligenza artificiale sono state adottate sia dal settore pubblico che dal settore privato per sviluppare ed espandere le capacità di sorveglianza. La Cina sta completando l'implementazione del Sistema di Credito Sociale, un sistema di classifica sociale (*social ranking*), il quale centralizza le piattaforme dati in un'infrastruttura di sorveglianza che aggrega dati di videosorveglianza, fiscali, finanziari, giuridici, medici, e di relazione interpersonale per la gestione, il monitoraggio, e la predizione dell'affidabilità di cittadini, imprese, organizzazioni, e governi. Il sistema prevede una politica di sanzione/ricompensa basata su punteggio creditizio che determina la possibilità di accesso ai servizi economici e sociali o l'inaccessibilità ad essi – fino all'esclusione totale – in base a quattro criteri: onestà negli affari di governo, integrità commerciale, integrità sociale, e credibilità giudiziaria.

In pratica, si tratta di un sistema molto pervasivo e capillare che si avvale di tutta la tecnologia a disposizione – telecamere intelligenti che effettuano riconoscimento facciale, geolocalizzazione, rilevamento del *voice stream*, ecc. – per ricavare tutte le informazioni che servono a tracciare il profilo del cittadino e alla sua sorveglianza. Comportamenti virtuosi, come la donazione di sangue, il sostegno a una campagna di partito, la denuncia di chi infrange le norme, determinano un aumento del punteggio, e se il punteggio è alto si hanno agevolazioni fino addirittura all'affissione dell'immagine con frasi di elogio sui muri della città. In caso di comportamenti negativi, al contrario, il punteggio scende e, sotto una determinata soglia, il cittadino viene inserito in una blacklist, con pesanti ricadute: è messo alla gogna con l'affissione o proiezione della propria immagine nei posti pubblici, sul suo telefonino viene inserita una suoneria particolare che riproduce la sirena della polizia, gli viene negato o limitato l'accesso a tutti i servizi (ricerca di alloggi e lavoro, accesso per i figli alla scuola privata, commercio, utilizzo dei mezzi di trasporto pubblici, ecc.), gli vengono congelati i risparmi, e non ha la possibilità di utilizzare carte di credito.

C'è da aggiungere a questo proposito che l'Articolo 77 della Legge cinese per la Sicurezza dello Stato impone l'obbligo per organizzazioni e individui, e quindi anche per le aziende che operano nel settore delle telecomunicazioni, di fornire assistenza per operazioni riguardanti la sicurezza dello Stato. Questo significa che, se lo Stato cinese lo richiede, le aziende di telecomunicazioni hanno l'obbligo di fornire tutti i dati relativi alle comunicazioni di ciascun individuo.

Un tale sistema, aperto a qualunque prevedibile deriva, sacrifica il diritto alla riservatezza in nome della collettività, ai fini della realizzazione dell'ideale di società armoniosa, elemento caratterizzante della filosofia cinese, ed è ben infiorettato, non solo – come immaginabile – dai mezzi di comunicazione cinesi, ma persino da giornali occidentali. Si veda, per esempio, l'articolo di Orizzonti Politici “[Il Sistema di Credito Sociale: ecco perché Xi non è Orwell](#)” del 22 luglio 2020 [96].

Non si può escludere che il sistema venga adottato in un futuro più o meno prossimo anche in Paesi caratterizzati da una cultura di tipo democratico. D'altra parte si sta già assistendo nel nostro Paese, nel contesto dell'emergenza del COVID-19, ad una rapida transizione da una mentalità basata sulla centralità dell'individuo ad una mentalità basata sulla centralità della società, dove la tutela dei diritti dell'individuo (compreso il diritto alla salute) scivola in secondo piano rispetto all'asserita tutela di un bene collettivo superiore, nel caso di specie la “salute pubblica”. In questo contesto, si osserva da parte della popolazione una

progressiva apertura verso sistemi di controllo sempre più pervasivi – come applicazioni per il tracciamento dei contatti – e una premurosa attività di controllo reciproco e di segnalazione alle Autorità di casi di violazione delle misure di contenimento (una solerzia che peraltro evidenzia la minore propensione da parte della cittadinanza a denunciare franchi atti criminali che a denunciare violazioni di norme di discutibile legittimità e di dubbia utilità anche per quanto attiene quella salute pubblica che si sostiene di voler tutelare).

Risulta evidente che un sistema come quello del Credito Sociale, associato alla sostituzione del contante con valuta digitale, si presta ad essere un'arma micidiale per qualunque potere nei confronti della cittadinanza.

6.2.5 Droni

In tema di videosorveglianza un capitolo di notevole attualità è quello dei droni, ossia di dispositivi volanti comandati in remoto, di dimensioni anche estremamente contenute, atti a svolgere le funzioni più disparate, non solo in ambito militare, ma anche in ambito civile, per esempio per videosorveglianza, complementando le funzioni effettuate tramite le videocamere fisse. Tali dispositivi potrebbero beneficiare dell'installazione della rete 5G per pilotarsi autonomamente anche in coordinazione con altri droni, con opportuni algoritmi di intelligenza artificiale in fase di studio. Anche in questo contesto si aprono tutta una serie di problematiche relative alla potenziale notevole invasività di questi oggetti nella sfera privata.

6.3 Iniziative per la tutela della salute dall'esposizione elettromagnetica

Da anni ormai si stanno moltiplicando gli sforzi da parte di associazioni e amministrazioni locali che mirano ad ottenere anche a livello governativo una maggiore tutela della salute, invocando la limitazione dei campi irradiati dalle antenne e dai dispositivi di telecomunicazione e una corretta informazione rispetto ai rischi di una crescente diffusione e un eccessivo utilizzo di dispositivi emissivi. La maggioranza delle informazioni contenute in questo paragrafo sono tratte dal “[Rapporto indipendente sui campi elettromagnetici e diffusione del 5G](#)” [49], di cui si consiglia la lettura per ulteriore approfondimento.

In Italia il primo sindaco ad agire contro la proliferazione dei campi elettromagnetici è stato Livio Tola, sindaco di Borgofranco d'Ivrea (TO), nel Canavese, che nel 2016 ha vietato in tutte le scuole del comune la rete senza fili.

“A casa sua ognuno faccia quel che vuole. Ma io non farò l'errore di riempire il territorio di Wi-Fi. Se uno voleva mettersi l'amianto in casa quarant'anni fa, poteva farlo. E adesso è la stessa cosa. Non vorrei che si facesse questa fine col Wi-Fi; per l'Eternit ci sono

stati migliaia di morti”. Si ricorda che in Francia vige dal 2015 (L. n. 2015-136, 9 febbraio 2015) il divieto di installare reti Wi-Fi negli asili nido e ne limita l'utilizzo nelle scuole primarie.

Il 13 novembre 2018 una sentenza del TAR del Lazio, accogliendo un ricorso dell'Associazione per la prevenzione e la lotta all'elettrosmog (A.P.P.L.E.), ha obbligato le istituzioni a fare una seria campagna informativa sulle corrette modalità d'uso dei telefoni mobili e sui rischi per la salute connessi all'esposizione:

“Nella sentenza i Giudici sottolineano come l'Associazione abbia prodotto documenti tratti dalla letteratura scientifica dai quali emerge che l'utilizzo inadeguato dei telefoni cellulari e cordless, comportando l'esposizione di parti sensibili del corpo umano ai campi elettromagnetici, può avere effetti nocivi sulla salute umana, soprattutto riguardo ai soggetti più giovani e quindi più vulnerabili, potendo incidere negativamente sul loro sviluppo psico-fisico. I giudici sottolineano anche come i rischi paventati da A.P.P.L.E. non siano stati efficacemente contestati dalle Amministrazioni resistenti e che quindi i Ministeri debbano individuare le precauzioni da adottare (sia da parte degli utenti che dei produttori) per limitare gli effetti potenzialmente nocivi per la salute e sensibilizzare gli utenti in merito ad un uso più consapevole degli apparecchi di telefonia mobile, al fine di salvaguardare il diritto alla salute che è un diritto costituzionalmente sancito (art. 32 della Costituzione)”.

Nello specifico, la sentenza richiedeva ai ministeri dell'Ambiente, della Salute e dell'Istruzione, Università e Ricerca di provvedere ad adottare entro sei mesi una campagna informativa sull'uso corretto dei telefonini. Non pare che tale campagna sia stata messa seriamente in atto.

Anzi, al contrario, ora, in concomitanza coi vari lockdown, mirati asseritamente al contenimento dei contagi da COVID-19, il cosiddetto *smart working*, l'apprendimento online (*e-learning*), e il ricorso alle comunicazioni tramite messaggistica e videochiamate sono stati enormemente incoraggiati, con tutti i risvolti in termini di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici emessi dagli impianti Wi-Fi domestici e dai dispositivi (computer, laptop, smartphone) collegati in rete, che vanno ad interessare anche bambini molto piccoli.

Come accennato nel Capitolo 4, vi sono state tra l'altro sentenze che hanno sancito giuridicamente il nesso fra uso prolungato della telefonia mobile e alcune forme tumorali. Su tutte si ricorda la sentenza della Corte di Cassazione italiana n. 17438 - 2012, formulata nell'ottobre del 2012 che ha confermato una sentenza del 2009 della Corte d'Appello di

Brescia – Sezione Lavoro (v. Capitolo 4), riconoscendo come «*probabile la relazione causale*» o almeno «*concausale*» tra il tumore al cervello di un ex manager e l'uso eccessivo del cellulare e del cordless per lavoro, condannando l'INAIL al risarcimento dei danni per l'invalidità subita, stimata dell'80%.

Per quanto riguarda più prettamente il dispiegamento della rete 5G, che richiede una preventiva diffusione su vasta scala della rete 4G e prevede, per un adeguato funzionamento, una proliferazione capillare di sorgenti emmissive, ci sono state pressioni da parte di diversi Paesi europei, di comuni, regioni, e province italiane, e di varie associazioni medico-scientifiche (es. l'[ISDE](#) [97]) per una moratoria a nuove installazioni e alla sperimentazione fino a che non siano prodotte sufficienti evidenze scientifiche relativamente all'innocuità ambientale e alla salute umana.

Da più parti si sostiene la necessità di mettere in atto campagne di informazione sul rischio di possibili effetti nocivi a lungo termine sull'ambiente e sulla salute umana, specialmente indirizzate a bambini, adolescenti, e giovani.

Inoltre si richiedono limitazioni e divieti di installazione in luoghi sensibili, come asili e scuole frequentate da bambini e ragazzi al di sotto dei 16 anni, dal momento che la precoce esposizione ai campi rappresenta, come visto nei capitoli precedenti, un aumentato rischio di sviluppo di cancro per effetto accumulo, e dal momento che svariati studi indicano una correlazione tra esposizione e disturbi neuro-comportamentali e dell'apprendimento.

A titolo di esempio, l'associazione A.P.P.L.E. ha fatto nel 2015 un [appello all'ONU](#) [98], richiedendo che:

- “1. Vengano protetti i bambini e le donne incinta;*
- 2. Si rinforzino le linee guida e gli standard regolamentari;*
- 3. I produttori vengano incoraggiati a sviluppare tecnologia più sicura;*
- 4. I servizi di utilità pubblica (società dell'energia elettrica, telefonia, etc.) responsabili della produzione, trasmissione, distribuzione, e monitoraggio del mantenimento dell'elettricità, mantengano di un'adeguata qualità della corrente elettrica e assicurino cavi elettrici appropriati per minimizzare i danni prodotti dalla corrente a terra;*
- 5. Il pubblico venga pienamente informato riguardo ai rischi potenziali per la salute derivanti dall'energia elettromagnetica e vengano loro insegnate le strategie per la riduzione del danno;*

6. *Ai professionisti del campo medico si provveda un'educazione adeguata riguardo agli effetti biologici dell'energia elettromagnetica e sia provvista una formazione al trattamento di pazienti che soffrono di elettrosensibilità;*

7. *I governi finanzino formazione e ricerca sui campi elettromagnetici e la salute che sia indipendente dall'industria e impongano la cooperazione tra industria e ricercatori;*

8. *I mass media rivelino i rapporti tra gli esperti della finanza con l'industria quando citano le loro opinioni riguardo gli aspetti sulla salute e la sicurezza delle tecnologie di emissione di EMF; e*

9. *Vengano stabilite delle zone-bianche (aree libere da radiazioni)."*

6.3.1 Applicazione del Principio di Precauzione e del Codice di Norimberga

Molte associazioni sia italiane che estere richiedono l'applicazione del principio di precauzione citato nell'Articolo 191 del [Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea](#) [100] e riconosciuto dalla normativa nazionale italiana, il cui scopo è garantire un alto livello di protezione dell'ambiente grazie a prese di posizione preventive in caso di rischio. Esso si applica quando la valutazione scientifica non permette di determinare con sufficiente certezza il rischio, un rischio crescente, dato il contesto di previsto aumento dell'esposizione di tutta la popolazione, ivi inclusi gruppi particolarmente vulnerabili come i giovani ed i bambini.

La tecnologia 5G, cosiccome lo sono state d'altra parte tutte le tecnologie di comunicazione implementate finora che sfruttano per la diffusione campi irradiati, sottopone la popolazione a un'esposizione passiva involontaria, andando pertanto a costituire un potenziale *vulnus* alla salute, in palese violazione dell'Articolo 32 della Costituzione.

Di fatto si connota come un esperimento condotto sulla popolazione civile, in violazione del [Codice di Norimberga](#) [101], il quale stabilisce il divieto di effettuare una sperimentazione se si sa che essa può causare danni o morte, nonché di effettuare una sperimentazione sugli esseri umani senza consenso informato.

In effetti, diritto primario della popolazione è proprio quello di essere informata relativamente alla tecnologia che si intende implementare e ai potenziali rischi, e i detentori della tecnologia hanno l'obbligo di informazione: sono essi che devono fornire tutte le conoscenze per mettere la popolazione nella posizione di accettare o meno l'implementazione di tale tecnologia.

A tale riguardo, l'Associazione A.M.I.C.A., in un [comunicato stampa](#) pubblicato il 30 maggio 2019 [102], ha messo in evidenza il fatto che le frequenze per il dispiegamento del 5G sono state aggiudicate all'asta senza che fosse stato preliminarmente richiesto dal Governo

alcun parere sanitario sul 5G ai sensi della [Legge di Riforma Sanitaria 833 del 1978](#) [99], quindi non solo alla cittadinanza non era stata fornita alcuna informazione sui rischi sanitari, ma neppure al Governo. D'altra parte il documento finale dell'[indagine conoscitiva](#) [41] a cui si è fatto riferimento in questo capitolo risale soltanto al 9 luglio 2020.

Il [comunicato stampa](#) in questione riporta quanto segue:

“Così, non appena il Governo Italiano ha venduto le frequenze del 5G, l'Associazione Malattie da Intossicazione Cronica e Ambientale (A.M.I.C.A.), che da oltre quindici anni si occupa di tutela della salute e dell'ambiente, ha richiesto un accesso agli atti per sapere se il Ministero dello Sviluppo Economico avesse richiesto il parere sanitario sulla sicurezza di questi campi elettromagnetici.

La Legge di Riforma Sanitaria n. 833 del 1978, al Capo II sulle “Competenze dello Stato” in materia di “commercio e impiego di forme di energia capaci di alterare l'equilibrio biologico ed ecologico” (Articolo 6, Comma i), dà al Governo la competenza per chiedere un parere sanitario a due agenzie di salute pubblica: l'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL), ente abrogato le cui funzioni sono oggi state assunte dall'INAIL, e l'Istituto Superiore di Sanità.

*Dall'accesso agli atti di A.M.I.C.A. al Consiglio Superiore di Sanità, al Ministero della Salute, all'INAIL e all'Istituto Superiore di Sanità è emerso che **il governo non ha chiesto alcun parere sanitario e anche che non c'è stata alcuna interlocuzione tra Ministero della Salute e Ministero dello Sviluppo Economico prima della concessione all'industria delle reti 5G.***

6.3.2 Orientamenti attuali

Per tutelare la salute pubblica dai rischi legati all'esposizione elettromagnetica si rende indispensabile recepire gli studi scientifici più recenti e, sulla base del Principio di Precauzione ridurre, come evidenziato nei Capitoli 3 e 4, i limiti di emissione attuali.

Qualsiasi innalzamento rispetto ai limiti attuali, considerati i numerosi studi in merito che attestano i rischi per la salute, è da considerarsi criminale, ma, come visto in questo capitolo e nel Capitolo 3, si sta andando in direzione diametralmente opposta, e il [decreto legge n. 76](#) [42], convertito in legge, già esclude l'opponibilità da parte degli enti locali all'installazione di sorgenti emmissive sul territorio di loro competenza. Peraltro è ancora concessa agli enti locali la possibilità di pianificare la dislocazione di tali installazioni all'interno del territorio.

A questo proposito, si segnala una sentenza che dovrebbe fare riflettere sulla piega generale che sta assumendo la gestione di questo importante tema. Il 13 luglio 2020 si era

tenuta al Tribunale Ordinario di Torino l'udienza per una causa intentata dall'avvocato Edoardo Valentino, dal professore e giurista Ugo Mattei, presidente del Comitato per la Difesa dei Beni Pubblici e Comuni "Stefano Rodotà", e dal Comitato Uniti in Val Noce contro il consorzio Topix, il Comune di Frossasco, e la Città Metropolitana di Torino. I ricorrenti chiedevano, in applicazione del Principio di Precauzione, di bloccare l'installazione di un palo porta antenne di 25 m a ridosso di una scuola di Frossasco, nel torinese. Il 14 settembre il giudice Ludovico Sburlati ha respinto il ricorso e ha emesso una condanna esemplare a una spesa di quasi 15.000 euro, utilizzando in maniera meschina l'arma delle spese legali per scoraggiare ulteriori azioni in tal senso e mettendo a tutti gli effetti in atto quanto auspicato nel già citato [piano di rilancio dell'Italia](#) [40] della cosiddetta *Task force* presieduta da Antonio Colao, ossia: "*Escludere opponibilità locale ...*"

In questo quadro non certo incoraggiante, sembra tuttavia aprire una luce di speranza il traguardo raggiunto a luglio dagli avvocati del comitato sardo Giuristi per la legalità [Francesco Scifo e Alberto Appeddu](#) [103], che si sono visti accogliere da parte della Commissione dell'UE le istanze da essi presentate per una rivalutazione, da parte di organismi indipendenti dall'ICNIRP, dei rischi dei campi prodotti dalla tecnologia 5G. Si ricorda che nelle sue linee guida l'ICNIRP (Commissione Internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti), una società privata con legami nell'industria delle telecomunicazioni, ha sempre escluso i rischi per la salute derivanti da esposizione per lunghi periodi a radiazioni con livelli inferiori a quelli per i quali si riscontrano effetti termici e ignorano i numerosi studi indipendenti che dimostrano gli effetti a lungo termine.

6.4 Associazioni

Per concludere, si fornisce una lista di alcune associazioni indipendenti che in Italia da decenni stanno affrontando con studi e iniziative i problemi relativi alle esposizioni elettromagnetiche.

Oasisana Alleanza Stop 5G <https://oasisana.com/>

European Consumers <http://www.europeanconsumers.it/>

ISDE Italia – Associazione Medici per l'Ambiente <https://www.isde.it/>

Associazione A.M.I.C.A. <https://www.infoamica.it/>

Associazione italiana elettrosensibili <https://www.elettrosensibili.it/>

Comitato "Stefano Rodotà" <https://generazionifuture.org/>

A.P.P.L.E. elettrosmog <http://www.applelettrosmog.it/>

Nogeoingegneria <https://www.nogeoingegneria.com/>

RIFERIMENTI

- [1] **Qual è l'esposizione ai campi elettromagnetici dei cellulari?**, ARPA Piemonte,
<http://www.arpa.piemonte.it/news/esposizione-ai-telefoni-cellulari>
- [2] **Lo standard 5G**, ARPA Emilia Romagna,
https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=4149&idlivello=2145
- [3] **Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)**, ITU, 2017
https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf
- [4] **Advanced Antenna Systems for 5G Networks**, Ericsson
<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/advanced-antenna-systems-for-5g-networks>
- [5] **#5G relies on strong #4G**
<https://www.youtube.com/watch?v=qZVxYPToMAk>
- [6] **The 5G ecosystem: risks & opportunities for DoD**, DIB, 03/04/2019,
https://media.defense.gov/2019/Apr/03/2002109302/-1/-1/0/DIB_5G_STUDY_04.03.19.PDF
- [7] **National Security Implications of Fifth Generation 5G Mobile Technologies**, CRS, 22/05/2020
<https://fas.org/sgp/crs/natsec/IF11251.pdf>
- [8] **DoD, USAF Warfare Center to Build a 5G Network, Test Prototype Software at Nellis**, DoD, 28/05/2020
<https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/2200307/dod-usaf-warfare-center-to-build-a-5g-network-test-prototype-software-at-nellis/>
- [9] **Are Elon Musk's Starlink Satellites Being Used For 5G?**, Derick David, Medium
<https://medium.com/@drckangelo/are-starlink-satellites-being-used-for-5g-38df3b79ebf2>
- [10] **Starlink**
<https://www.starlink.com/>
- [11] **Iridium**
<https://www.iridium.com/>
- [12] **Elon Musk's 42,000 StarLink Satellites Could Just Save The World**, Forbes, 09/01/2020
<https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2020/01/09/elon-musks-42000-starlink-satellites-could-just-save-the-world/#2a05892c4c2c>
- [13] **Space: NATO's latest frontier**, NATO, 13/03/2020
<https://www.nato.int/docu/review/articles/2020/03/13/space-natos-latest-frontier/index.html>

- [14] **Air Force awards \$739 million in launch contracts to ULA and SpaceX**, Space News, 19/02/2019
<https://spacenews.com/air-force-awards-739-million-in-launch-contracts-to-ula-and-spacex/>
- [15] **SpaceX seeks FCC permission for operating all first-gen Starlink in lower orbit**, Space News, 21/04/2020
<https://spacenews.com/spacex-seeks-fcc-permission-for-operating-all-first-gen-starlink-in-lower-orbit/>
- [16] **Ionosfera**, Wikipedia
<https://it.wikipedia.org/wiki/Ionosfera>
- [17] **Gigantic Circular Shock Acoustic Waves in the Ionosphere Triggered by the Launch of FORMOSAT-5 Satellite**, Research Gate, 01/2018
https://www.researchgate.net/publication/322787309_Gigantic_Circular_Shock_Acoustic_Waves_in_the_Ionosphere_Triggered_by_the_Launch_of_FORMOSAT-5_Satellite
- [18] **Rapporto ISTISAN Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche**, 08/2019
<http://www.anma.it/wp-content/uploads/2019/08/ISTISAN-CELLULARI-allegato2057654.pdf>
- [19] **5G, i conflitti d'interessi che delegittimano studi e comitati dell'UE**, Il Fatto Quotidiano, 16/02/2019
<https://www.nogoeingegneria.com/campo-elettromagnetico/5g-i-conflitti-dinteressi-che-delegittimano-studi-e-comitati-dellue/o standard 5G>
- [20] **Risoluzione del Parlamento Europeo n. 1815 del 27 maggio 2011, *Dare forma al futuro digitale d'Europa***
http://www.conacem.it/novita/Risoluzione-europea_campi-elettromagnetici.pdf
- [21] **Electromagnetic fields and public health: mobile phones**, OMS, 08/10/2014
<https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>
- [22] **World Health Organization, radiofrequency radiation and health – a hard nut to crack**, L. Hardell, 05/06/2017, International Journal of Oncology
<https://www.spandidos-publications.com/10.3892/ijo.2017.4046>
- [23] **Will WHO Kick Its ICNIRP Habit?**, Microwave News, 04/11/2019
<https://microwavenews.com/news-center/can-who-kick-icnirp-habit>
- [24] **IARC Monographs Questions and Answers**, 2015
<https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/Monographs-QA.pdf>
- [25] **IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans**, IARC, 31/05/2011
https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf

- [26] **Pseudoscienza nella scienza biomedica contemporanea: il caso della vivisezione**, M. Mamone Capria, 06/2003, Biologi Italiani
<http://www.dmi.unipg.it/mamone/sems/big03.pdf>
- [27] **Linee guida CEM**, ICNIRP, 19 ottobre 2013
<https://web.archive.org/web/20131019062756/http://www.icnirp.de/documents/emfgdlita.pdf>
- [28] **Linee guida CEM**, ICNIRP, 1998
<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>
- [29] **Legge n. 833/78**
<http://www.handylex.org/stato/l231278.shtml>
- [30] **Emissioni elettromagnetiche del 5G e rischi per la salute**, A. Polichetti, ISS
http://old.iss.it/binary/elet/cont/5G_e_rischi_per_la_salute.pdf
- [31] **R.E. 1999/519/CE**
https://www.minambiente.it/sites/default/files/rac_consiglio_1999_519_CE.pdf
- [32] **Effetti biologici dei campi elettromagnetici**, F. Marinelli, 29/04/2015 (Bolzano)
https://www.consiglio-bz.org/it/banche-dati-raccolte/audizioni.asp?somepubl_action=300&somepubl_image_id=361796
- [33] **Elettra 2000**
<https://www.elettra2000.it/it/raccolta-normative/99-limiti.html>
- [34] **Legge n. 36**, 22/02/2001
<https://www.minambiente.it/normative/l-22-febbraio-2001-n-36-legge-quadro-sulla-protezione-dalle-esposizioni-campi-elettrici>
- [35] **D.Lgs. 259/2003**
<https://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/testi/03259dl.htm> [34]
- [36] **D.p.c.m. 8/07/2003** (G.U. 199 28-8-2003)
<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2003/08/28/03A09711/sg>
- [37] **D.L. n. 179/2012**
https://www.gazzettaufficiale.it/moduli/DL_181012_179.pdf
- [38] **EMF challenges for 5G**, Ericsson, 05/12/2017
https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/20171205/Documents/S3_Christer_Tornevik.pdf

- [39] **Bozza di d.p.c.m.**, 18/04/2018
https://comitatotutelamonteporzioeatone.files.wordpress.com/2018/06/bozza_innalzamento_limiti_leggeminister_o_ambiente.pdf
- [40] **Iniziative per il rilancio – Italia 2020-2022**, 9/06/2020
http://www.governo.it/sites/new.governo.it/files/comitato_rapporto.pdf
- [41] **Indagine conoscitiva nelle telecomunicazioni, con particolare riguardo alla transizione verso il 5G e alla gestione dei Big Data**, Camera dei Deputati – IX Commissione Permanente, 09/07/2020
<https://associazionerousseau.s3-eu-west-1.amazonaws.com/documenti/Indagine+conoscitiva+5G+-+Documento+conclusivo.pdf>
- [42] **D.L. n. 76/2020**
<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/07/16/20G00096/sg>
- [43] **ICEMS**
<http://www.icems.eu/>
- [44] **Bioinitiative 2012**
<https://bioinitiative.org>
- [45] **ECRR**
<https://euradcom.eu/ecrr/>
- [46] **Linee guida CEM**, ICNIRP, 03/2020
<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>
- [47] **5G NR Physical Layer/Waveforms**, FCC, 04/2019
<https://transition.fcc.gov/oet/ea/presentations/files/apr19/3.0-5G-and-above-6-GHz-Measurements.pdf>
- [48] **5G, cellulari, Wi-Fi – Un esperimento sulla salute di tutti**, AA.VV., 2019
<https://www.inquinamento-italia.com/libro-5g-cellulari-wi-fi-un-esperimento-sulla-salute-di-tutti-scarica-pdf-gratuito/>
- [49] **Rapporto Indipendente sui campi elettromagnetici e diffusione del 5G**, P.M. Bianco, E. Odorifero, M. Tiberti (European Consumers); A. Di Ciaula, P. Gentilini (ISDE), 10/09/2019
https://www.isde.it/wp-content/uploads/2019/09/Rapporto-indipendente-isde_ec-sui-campi-elettromagnetici-1.pdf
- [50] **Soviet and Eastern European Research on Biological Effects of Microwave Radiation**, D.I. Mcree, 1980
https://avaate.org/IMG/pdf/mcree80_rev_soviet.pdf

- [51] **Biological effect of millimeter radiowaves**, Zalyubovskaya, 1977
<https://mdsafetech.files.wordpress.com/2019/02/biological-effects-of-millimeter-wavelengths.-zalyubovskaya-declassif-by-cia-1977-biol-eff-mm-waves.pdf>
- [52] **Biological Effects of Electromagnetic Radiation (Radiowaves and Microwaves) Eurasian Communist Countries**, R.L Adams, R.A. Williams, 1976
[https://ecfsapi.fcc.gov/file/1072413517811/Defense%20Intelligence%20Agency-Biological%20Effects%20of%20Electromagnetic%20Radiation%20\(Radiowaves%20and%20Microwaves\)%20Eurasian%20Communist%20Countries-U.S.%20Army%20Medical%20Intelligence-1975.pdf](https://ecfsapi.fcc.gov/file/1072413517811/Defense%20Intelligence%20Agency-Biological%20Effects%20of%20Electromagnetic%20Radiation%20(Radiowaves%20and%20Microwaves)%20Eurasian%20Communist%20Countries-U.S.%20Army%20Medical%20Intelligence-1975.pdf)
- [53] **Risoluzione del Parlamento Europeo, Health concerns associated with electromagnetic fields (EMF)**, 02/04/2009
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d5bedf8-d1dd-4631-85d7-6c54c18f32b0/language-en>
- [54] **Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system**, M. Havas, 2013
https://www.researchgate.net/publication/258313941_Radiation_from_wireless_technology_affects_the_blood_the_heart_and_the_autonomic_nervous_system1
- [55] **Electromagnetic Sensitivity**, 2013
https://stopsmartmetersau.files.wordpress.com/2013/01/electromagnetic_hypersensitivity.pdf
- [56] **Mobile Microwave Effect on Bacterial Antibiotic Sensitivity**, A.A. Al-Mayah, E.T. Ali, 09/06/2010 Iraqi Academic Scientific Journal
<https://www.iasj.net/iasj/download/5f1d11267adf488d>
- [57] **Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particle and mobile phone GSM-900 radiation in the *Allium cepa* test**, D.S. Presnya e A.V. Romanovsky, 2012
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23059817/>
- [58] **Oxidative mechanisms of biological activity of low intensity radiofrequency radiation**, I. Yakymenko, *et al.*, 2015
<https://ecfsapi.fcc.gov/file/60001122232.pdf>
- [59] **Scientists End 13 Year Debate Proving Non-ionizing RF Microwave Effect Causes Cell Phone Radiation DNA Damage**, RFSafe
<https://www.rfsafe.com/scientists-end-13-year-debate-proving-non-ionizing-rf-microwave-effect-causes-cell-phone-radiation-dna-damage/>
- [60] **Antenne di telefonia mobile e le cellule esposte muoiono o vanno in tilt**, Fiorenzo Marinelli, 2019
<https://www.youtube.com/watch?v=D24mgRHNXxk>

- [61] **Elettrosmog - cellule e cellulari - Fiorenzo Marinelli CNR**
<https://www.youtube.com/watch?v=yTUDjItAPVU>
- [62] **5G killer silenzioso**, Oasisana, 19/01/2020
<https://oasisana.com/2020/01/19/5g-killer-silenzioso-esperimento-sugli-insetti-in-abruzzo-guardate-che-succede-video/>
- [63] **Report on possible impacts of communication towers on wildlife including birds and bees**, FCC (Federal Communications Commission), 2011
<https://ecfsapi.fcc.gov/file/7520958381.pdf>
- [64] **Brain Tumours: Rise in Glioblastoma Multiforme Incidence in England 1995-2015 Suggests an Adverse Environmental or Lifestyle Factor**, A. Philips, *et al.*, 2018, Journal of Environmental and Public Health
<http://downloads.hindawi.com/journals/jep/2018/7910754.pdf>
- [66] **Trends in central nervous system tumor incidence relative to other common cancers in adults, adolescents, and children in the United States, 2000 to 2010**, H.R. Gittleman, *et al.*, 2014
<https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cncr.29015>
- [66] **Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma – analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009**, L. Hardell, M. Carlberg, 2015, Pathophysiology (Elsevier),
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928468014000649>
- [67] **Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours**, L. Hardell, 2009, International Journal of Oncology
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19513546/>
- [68] **Use of mobile phones and cordless phones is associated with increased risk for glioma and acoustic neuroma**, L. Hardell, *et al.*, 2012, Pathophysiology (Elsevier)
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23261330/>
- [69] **Sentenza Corte di Cassazione 17438/2012**
http://www.bollettinoadapt.it/wp-content/uploads/2017/05/20121015-snciv@sL0@a2012@n17438@tS.clean_.pdf
- [70] **Sentenza Corte D'Appello di Torino 721/2017**
https://www.diritto24.ilsole24ore.com/ Allegati/Free/Ca_torino_vers_1.pdf
- [71] **Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission**, G. Falcioni, *et al.*, 2018, Elsevier
<https://www.avaate.org/IMG/pdf/belpoggi-heart-and-brain-tumors-base-station-2018.pdf>

- [72] **Report of Partial Findings from the National Toxicology Program carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley® SD rats (Whole Body Exposures)**, M. Wyde, *et al.* 05/19/2016
<https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2016/05/26/055699.full.pdf>
- [73] **Power Density: Radio frequency Non-Ionizing Radiation**, 2007
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0019/62515/cavi_society_attachment.pdf
- [74] **Electromagnetic Fields and Leakage of the Blood Brain Barrier: Dr. Leif Salford**, 2012
<http://phiremedical.org/electromagnetic-fields-and-leakage-of-the-blood-brain-barrier-dr-leif-salford/>
- [75] **Microwaves and Alzheimer's disease**, X. Zhang, *ott.* 2016, *Exp. Ther. Med.*,
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27698682/>
- [76] **Hippocampal lipidome and transcriptome profile alterations triggered by acute exposure of mice to GSM 1800 MHz mobile phone radiation: An exploratory study**, A.F. Fragopoulou, *et al.*, 06/2018
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29786969/>
- [77] **Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia**, A.A. Kolodynski, V.V.Kolodynska, 1996, *The Lancet*
https://www.avaate.org/IMG/pdf/Kolodynski_1_.pdf
- [78] **Effects of Cell Phone Radiofrequency Signal Exposure on Brain Glucose Metabolism**, N.D. Volkow, *et al.*, 2012
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3184892/>
- [79] **1800 MHz electromagnetic field effects on melatonin release from isolated pineal glands**”, I. Sukhotina, *et al.*, 2006, *Journal of Pineal Research*
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16313503/>
- [80] **Combined Effects Of Electromagnetic Fields On Immune And Nervous Responses**, P. Boscolo, *et al.*, 2007
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/03946320070200S212>
- [81] **Disturbance of the immune system by electromagnetic fields – A potentially underlying cause for cellular damage and tissue repair reduction which could lead to disease and impairment**, O. Johansson, 2009, *Physiopathology* (Elsevier)
<http://wifiinschools.org.uk/resources/Johansson+2009.pdf>
- [82] **Human Skin as Arrays of Helical Antennas in the Millimeter and Submillimeter Wave Range**, Y. Feldman, *et al.*, 2008
<https://ecfsapi.fcc.gov/file/10612658527753/Human%20Skin%20as%20Arrays%20of%20Helical%20Antennas%20in%20the%20Millimeter%20and%20Submillimeter%20Wave%20Range.pdf>

- [83] **The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?**, N. Betzalel, *et al.*, 2018
[https://ecfsapi.fcc.gov/file/1210030663890/The%20human%20skin%20as%20a%20sub-THz%20receiver%20%E2%80%93%20Does%205G%20pose%20a%20danger%20to%20it%20or%20not%20\(1\).pdf](https://ecfsapi.fcc.gov/file/1210030663890/The%20human%20skin%20as%20a%20sub-THz%20receiver%20%E2%80%93%20Does%205G%20pose%20a%20danger%20to%20it%20or%20not%20(1).pdf)

- [84] **Cell phone radiation scandal: French government data indicates cell phones expose consumers to radiation levels higher than manufacturers claim**, M. Arazi, 03/06/2017
<http://arazi.fr/wp2/2017/06/press-releasecell-phone-radiation-scandal-french-government-data/>

- [85] **Un chip nel pannolino e un sms per avvertirvi se il bebè fa pipì, cacca o dorme**, 21/07/2019, Huffington Post
https://www.huffingtonpost.it/entry/un-chip-nel-pannolino-e-un-sms-per-avvertirvi-se-il-bebe-fa-pipi-cacca-o-dorme_it_5d3420abe4b004b6adb10ac7

- [86] **Should we fear artificial intelligence?**, M. Brundage, 03/2018
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2018/614547/EPRS_IDA\(2018\)614547_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2018/614547/EPRS_IDA(2018)614547_EN.pdf)

- [87] **The Great Reset Launch**, WEF, 05/06/2020
<https://www.youtube.com/watch?v=u5pxhSnDr4U>

- [88] **Event 201 Pandemic Exercise: Highlights Reel**, WEF, 04/11/2019
<https://www.youtube.com/watch?v=AoLw-Q8X174>

- [89] **The Event 201 Scenario**
<https://www.centerforhealthsecurity.org/event201/scenario.html>

- [90] **How can we collaborate to stop the spread of COVID-19?**, WEF, 11/03/2020
<https://www.youtube.com/watch?v=NAKr79WQsJ8>

- [91] **Scenarios for the Future of Technology and International Development**, Rockefeller Foundation, 05/2010
<https://www.nommeraadio.ee/meedia/pdf/RRS/Rockefeller%20Foundation.pdf>

- [92] **A new data governance model for contact tracing: Authorized Public Purpose Access**, WEF, 12/08/2020
<https://www.weforum.org/agenda/2020/08/contact-tracing-apps-privacy-framework-appa-data-governance/>

- [93] **EuroMOMO**
<https://www.euromomo.eu/graphs-and-maps>

- [94] **Supplies - 506291-2020**, Aggiudicazione di contratto
<https://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:506291-2020:TEXT:EN:HTML&src=0>

- [95] **Why it's time to take central banks' digital currencies seriously**, WEF, 14/08/2020
<https://www.weforum.org/agenda/2020/08/why-its-time-to-take-central-banks-digital-currencies-seriously/>
- [96] **Il Sistema di Credito Sociale: ecco perché Xi non è Orwell**, Orizzonti Politici, 22/07/2020
<https://www.euromomo.eu/graphs-and-maps>
- [97] **Richiesta moratoria per le sperimentazioni 5G su tutto il territorio nazionale**, ISDE, 06/09/2017
https://www.isde.it/richiesta-moratoria-per-le-sperimentazioni-5g-su-tutto-il-territorio-nazionale/#_ENREF_18
- [98] **Appello all'ONU**, A.P.P.L.E. elettrosmog, 2015
http://www.applelettrosmog.it/file/news/Italian_EMF_Scientist_Appello_2015.pdf
- [99] **Legge di Riforma Sanitaria 833 del 1978**
<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1978/12/28/078U0833/sg>
- [100] **Trattato sul funzionamento dell'Unione europea**
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:12012E/TXT>
- [101] **Codice di Norimberga**
https://it.wikipedia.org/wiki/Codice_di_Norimberga
- [102] **Comunicato stampa**, Associazione A.M.I.C.A., 30/05/2019
<https://www.infoamica.it/sperimentazione-5g-manca-il-parere-sanitario/>
- [103] **Claudia Zuncheddu: «L'Europa accoglie le istanze degli avvocati sardi Scifo e Appeddu sul 5G»**, La Provincia del Sulcis Iglesiente, 16/07/2020
<https://www.laprovinciadelsulcisiglesiente.com/wordpress/2020/07/claudia-zuncheddu-leuropa-accoglie-le-istanze-degli-avvocati-sardi-scifo-e-appeddu-sul-5g/>