

ARRIVA IL 5G, SIAMO PRONTI?

Prospettive e incognite della nuova generazione di comunicazione mobile

La tecnologia 5G potrebbe rappresentare una nuova rivoluzione della comunicazione mobile, che non si limita a un incremento della velocità di connessione: basti pensare che il 5G è ritenuto un elemento chiave, tra le altre cose, per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale, della *Internet of things*, della guida autonoma dei veicoli. Come ogni innovazione tecnologica, anche il 5G porta con sé una serie di incognite e suscita preoccupazioni. Da evidenziare, in particolare, le questioni della sicurezza dei dati (con il blocco da parte degli Stati Uniti agli impianti dei colossi cinesi dell'elettronica per timore di attività di spionaggio) e quella dei potenziali effetti sulla salute, che in misura diversa ha sempre accompagnato i passaggi di tecnologia in questo campo.

Per le Agenzie ambientali, chiamate a esprimere pareri preventivi sulla compatibilità elettromagnetica

dei nuovi impianti (in una situazione che in ambito urbano inizia già a presentare molte situazioni di "saturazione") e in seguito a controllare il rispetto dei limiti normativi, sarà necessario aggiornare l'approccio, per valutare adeguatamente l'esposizione ai campi elettromagnetici, che con le antenne di nuova generazione cambierà notevolmente (con una trasmissione non più uniforme su un'area vasta, ma centrata sull'utente e sul dispositivo).

Nel frattempo, è in corso di realizzazione un unico catasto nazionale delle sorgenti di campi elettromagnetici, che metterà a sistema tutti i dati su autorizzazioni, monitoraggio e controllo.

Con questo servizio, *Ecoscienza* intende fornire alcuni elementi di conoscenza e di riflessione, non esaustivi di una tematica in continua e rapida evoluzione.
(SF)

5G, PRIME INDICAZIONI SUL CONTROLLO AMBIENTALE

DI FRONTE ALL'INTRODUZIONE DELLE NUOVE TECNOLOGIE DI COMUNICAZIONE MOBILE 5G, IL SISTEMA NAZIONALE DI PROTEZIONE AMBIENTALE HA ISTITUITO UN GRUPPO DI LAVORO E REDATTO LINEE GUIDA PER RENDERE OMOGENEI SU TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE I CRITERI DI VALUTAZIONE DA PARTE DELLE AGENZIE AMBIENTALI.

Il termine 5G fa comunemente riferimento alle nuove tecnologie di telefonia mobile di quinta generazione, le quali rappresentano l'evoluzione di quelle attualmente utilizzate nel campo della telefonia mobile. Il 5G, infatti, consentirà sia di incrementare le prestazioni dei servizi già presenti, in termini di velocità e tempi di latenza della connessione, sia di implementare nuovi servizi – come ad esempio i sistemi di guida autonoma delle automobili, i servizi *smart city*, i dispositivi *smart home* e *smart agrifood* – ma anche di supplire a situazioni di *digital divide*, ovvero alle difficoltà da parte di singoli individui o di gruppi sociali ad accedere ai servizi online. Inoltre, tutto ciò consentirà di implementare il cosiddetto Iot (*Internet of things*), che porterà a una rivoluzione negli ambiti di energia e servizi, produzione, sicurezza pubblica, sanità, trasporto pubblico, servizi finanziari, agricoltura e in definitiva nel modo di vivere quotidiano di ciascuno.

A oggi questa tecnologia è presente in Italia solo attraverso alcuni impianti sperimentali, installati in alcuni comuni, che svolgono il compito di “casi pilota”.

Il controllo ambientale sui campi elettromagnetici

Relativamente alle emissioni della tecnologia 5G, si prevede l'utilizzo di bande di frequenza più elevate rispetto a quelle attualmente in uso per la telefonia mobile. Ma la caratteristica che distingue profondamente il 5G da quelle precedenti tecnologie consiste nell'adozione di sistemi che consentono di ottenere fasci direzionali di emissione d'antenna con caratteristiche spaziali di tipo “dinamico”. Questa modalità di esercizio consente di “seguire” l'utilizzatore del servizio in tempo reale e nello spazio. Pertanto, nell'ambito dell'esposizione ai campi elettromagnetici, si pone il problema di riconsiderare i criteri di valutazione rispetto alle normative in attualmente in vigore, in quanto le caratteristiche peculiari della rete 5G suggeriscono l'utilizzo di metodi basati su modelli statistici.

Per quanto attiene al controllo ambientale di questi impianti, la valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici è una delle competenze delle Agenzie regionali e delle Province autonome, che

svolgono attività inerenti al rilascio delle autorizzazioni e alle verifiche dei livelli di emissione.

In particolare, le agenzie verificano già in fase progettuale il rispetto dei livelli di campo elettromagnetico, confrontando i valori dichiarati dai gestori degli impianti con i limiti di legge stabiliti a livello nazionale, per poi effettuare i relativi monitoraggi strumentali una volta che gli impianti stessi siano messi in esercizio.

Il Gruppo di lavoro e le Linee guida Snpa sul 5G

Per far fronte alla necessità di valutare le richieste degli operatori in ambito 5G, Snpa ha istituito nell'ambito del Tavolo istruttorio del consiglio (Tic) VII, che ha come oggetto la ricerca applicata, il Gruppo di lavoro Tic VII/08 “*Esposizione a campi elettromagnetici*”.

Il coordinamento del Gruppo di lavoro è stato affidato a Ispra e vede una nutrita partecipazione delle agenzie regionali: Piemonte, Toscana, Puglia, Lazio, Veneto, Valle d'Aosta, Friuli Venezia Giulia, Molise, Sicilia, Lombardia, Calabria, Marche, Sardegna e Umbria.

Nell'ambito dei lavori del Gdl Tic VII/08, è stato preparato un documento di indirizzo finalizzato a rendere omogenei su tutto il territorio nazionale i criteri di valutazione per questa tecnologia, in quanto la normativa in vigore, non prevedendo ancora una metodologia specifica per gli impianti 5G, non risulta applicabile. I criteri di valutazione adottati hanno tenuto conto delle indicazioni fornite dallo standard internazionale pubblicato dall'*International Electrotechnical Commission Technical Report Iec TR62669:2019 "Case studies supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure"*, al fine di sopperire all'attuale lacuna della normativa nazionale per questa tipologia di impianti. Tale standard rappresenta lo "stato dell'arte" a livello internazionale nell'ambito degli studi effettuati nella valutazione dell'esposizione, ma non fornisce una metodologia univoca e unitaria. Il compito svolto dal Gdl è stato, quindi, quello di estrapolare da una serie di indicazioni suggerite dal *Technical Report* dell'Iec dei criteri che consentano il rispetto dei valori limite previsti dalla normativa vigente. Il documento prevede le informazioni minime che i gestori degli impianti di telecomunicazione per telefonia mobile devono fornire alle agenzie,

ai fini dell'espressione del parere tecnico di competenza per il rilascio dell'autorizzazione. In fase di emissione di un parere preventivo, il confronto con i limiti deve essere effettuato su valori di campo elettromagnetico mediati su 6 minuti, considerando un fattore di riduzione statistico della potenza massima emessa dall'impianto, che tiene conto della capacità del sistema 5G di muovere nello spazio il fascio elettromagnetico. I fattori statistici proposti dallo standard Iec sono il risultato di sperimentazioni effettuate su impianti pilota per periodi variabili e in diversi contesti territoriali. Il documento Snpa, però, consente di utilizzare un fattore statistico soltanto se il gestore garantirà un monitoraggio dei parametri di esercizio degli impianti, assicurando all'organo di controllo l'accesso ai suddetti dati. Questo monitoraggio dei parametri di emissione è fondamentale, in quanto il *Technical Report* dell'Iec stesso stabilisce che l'utilizzo dei fattori di riduzione proposti è subordinato a una serie di condizioni che garantiscono la veridicità dei livelli di campo elettromagnetico calcolati attraverso tale procedura di riduzione della potenza emessa.

Per quanto attiene, invece, al confronto con i valori limite sull'arco delle 24 ore, il documento Snpa consente di utilizzare un fattore di riduzione orario denominato α_{24} , purché sia fornita alle agenzie regionali un'adeguata giustificazione in merito alle modalità

con le quali essi siano stati determinati. Nel caso non sia possibile disporre di tali dati, soprattutto all'inizio della vita degli impianti, il gestore potrà utilizzare il fattore di riduzione statistico della potenza. In ogni caso, però, nell'utilizzo del fattore α_{24} non è possibile includere anche il fattore di riduzione statistico, in quanto entrambi rappresentano lo stesso fenomeno visto da punti di osservazione differenti e devono essere utilizzati per finalità diverse.

Si tiene a precisare che il documento prodotto non è concepito come "chiuso", in quanto dovrà seguire lo sviluppo della tecnologia e sarà oggetto di successive revisioni, sulla base di quanto emergerà dagli studi a livello nazionale e internazionale.

È auspicabile, infine, che il documento prodotto da Snpa abbia un'ampia diffusione tra tutti i soggetti coinvolti nella predisposizione, quali ad esempio i gestori ma anche i professionisti coinvolti nelle valutazioni di impatto, nonché nella valutazione, ovvero gli enti di controllo e i comitati tecnici di normazione (Cei, Comitato elettrotecnico italiano), al fine di contribuire anche ad accrescere una cultura e un'informazione corretta della tecnologia 5G.

Giuseppe Marsico

Ispra

CONCLUSA LA GARA PER LE FREQUENZE 5G

L'IMPORTO COMPLESSIVO DELLE FREQUENZE 5G ASSEGNATE IN ITALIA SUPERA I 6,5 MILIARDI DI EURO

La procedura per l'assegnazione dei diritti d'uso delle frequenze per il 5G, avviata dal ministero dello Sviluppo economico (Mise) il 13 settembre 2018, si è conclusa il 2 ottobre 2018.

L'introito raggiunto ha superato del 164% il valore delle offerte iniziali e del 130,5% la base d'asta.

L'ammontare totale delle offerte per le bande messe a gara ha raggiunto i 6.550.422.258,00 euro, superando di oltre 4 miliardi l'introito minimo fissato nella legge di bilancio.

In particolare:

- i lotti per la banda 700 MHz FDD hanno raggiunto la quota di circa 2 miliardi di euro
- i lotti per la banda 3.700 MHz hanno raggiunto la quota di circa 4,3 miliardi di euro
- i lotti per la banda 26 GHz hanno raggiunto la quota di 163 circa milioni di euro.

Nessuna offerta è stata fatta per i lotti 700 MHz SDL, pertanto i soggetti che ne abbiano manifestato l'interesse potranno partecipare alla fase di gara successiva.

Il lotto riservato ai nuovi entranti di 10 MHz in banda 700 MHz FDD è stato aggiudicato da Iliad Italia per circa 676

milioni di euro, mentre gli altri lotti della stessa sono stati aggiudicati a Vodafone (2 lotti, per un totale di 10 MHz, alla cifra complessiva di circa 683 milioni di euro) e Telecom Italia (2 lotti generici, per un totale di 10 MHz, per un importo complessivo di circa 680 milioni di euro).

I 5 lotti in banda 26 GHz sono stati aggiudicati uno per ogni società: Telecom Italia (circa 33 milioni di euro), Iliad Italia (32,9 milioni di euro), Fastweb (32,6 milioni di euro), Wind 3 (circa 32,5 milioni di euro) e Vodafone Italia (circa 32,5 milioni di euro).

La fase dei miglioramenti competitivi ha visto una vivace competizione da parte delle società partecipanti, in particolare sulla banda 3.700 MHz. A valle di tale competizione, Telecom Italia si è aggiudicata il lotto specifico (C1) di 80 MHz per 1,694 miliardi di euro, Vodafone Italia si è aggiudicata il lotto generico di 80 MHz per 1,685 miliardi di euro, Wind 3 si è aggiudicata un lotto generico di 20 MHz per 483,92 milioni di euro e Iliad Italia si è aggiudicata il secondo lotto generico di 20 MHz per 483,9 milioni di euro.

[Il comunicato originale è disponibile sul sito del Mise.](#)

LA RIVOLUZIONE DELLE TELECOMUNICAZIONI

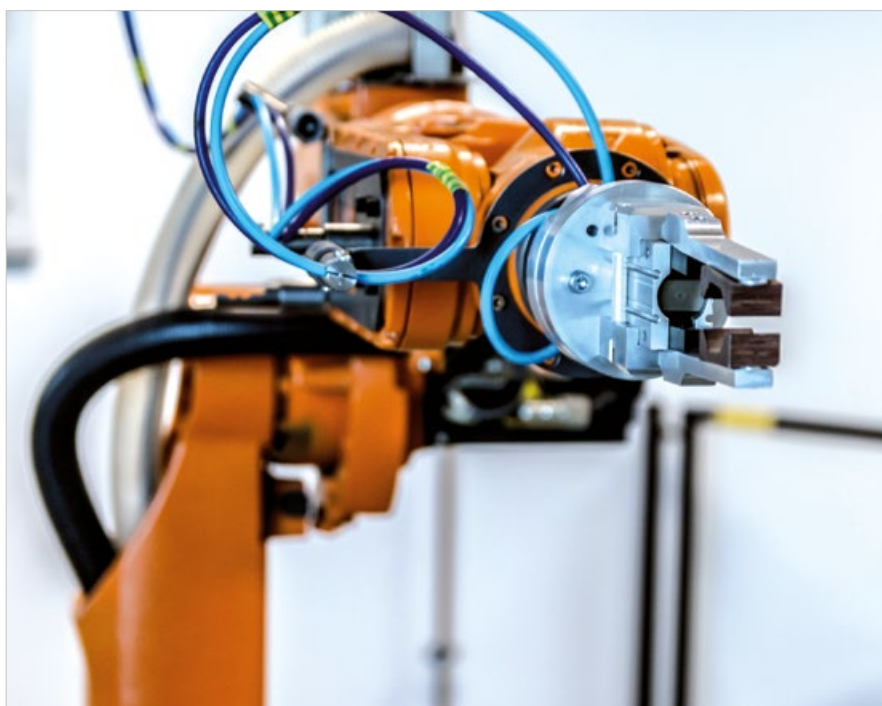
IL 5G NON SARÀ SOLO UNA NUOVA GENERAZIONE DI TELEFONIA MOBILE. LE CONTEMPORANEE E SINERGICHE EVOLUZIONI NELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE E DEL WEB 3.0 BASATO SULLE TECNOLOGIE DELLA BLOCKCHAIN CAMBIERANNO IL PARADIGMA D'USO DI RETI E OGGETTI. SERVE UNA RICERCA INTERDISCIPLINARE CHE SAPPIA GUARDARE AVANTI.

Mi è capitato spesso di scrivere a proposito delle nuove reti della quinta generazione mobile e dei loro effetti su tutti i settori industriali e sulla trasformazione di tutti i servizi. Il 5G è stato, negli ultimi due anni, al centro delle riflessioni di molti e mi sono spesso trovato a misurarne gli effetti in ambiti diversi: dalla gestione dello spettro alla ricerca, dalla rivoluzione industriale prossima ventura alle sinergie con le altre due rivoluzioni del nostro tempo: *l'intelligenza artificiale* e il *web distribuito* (memoria, computazione, "trust"). In questo articolo ho ripreso alcuni dei temi trattati e ho provato a rileggerli in uno schema unitario. Mi scuso per possibili ripetizioni ma, forse, in questo caso *repetita iuvant*.

Il 5G e la "scoperta del valore"

Il 5G non è soltanto la quinta generazione di telefonia mobile, ma rappresenta un salto quantico nel settore delle telecomunicazioni. Per la prima volta abbiamo uno standard di connessione che abilita e prevede non solo il collegamento Internet tra umani per mezzo di oggetti intelligenti, ma anche lo scambio di informazioni tra milioni di oggetti per chilometro quadrato; la cosiddetta *Internet of things (Iot)*. Si tratta di un salto quantico perché finora Internet ha sviluppato le sue potenzialità come abilitatrice della comunicazione tra umani (*social*) mentre, con la nuova generazione, oggetti come le automobili, le macchine utensili, i sistemi di generazione dell'energia e le flotte di navi e autotreni, per dirne alcuni, diverranno produttori e consumatori di dati e, più in generale, produttori di valore.

Il 5G consente di realizzare reti di oggetti connessi in settori industriali dove la connessione non esisteva: reti di automobili, reti di macchine utensili e robot, reti di generatori di energia (*smart-grid*), reti di veicoli da trasporto merci e



infine reti di oggetti trasportati lungo le catene logistiche. Interi settori industriali scopriranno che mettere in rete i propri oggetti finora sconnessi consente di produrre valore aggiunto, anche di proporzioni inattese.

Avremo dunque una fase di "scoperta del valore" della rete dei propri oggetti (auto, autotreni, generatori di energia, lampioni, infrastrutture di porti e stazioni), dei nuovi dati generabili e del potere contrattuale che questa "scoperta del valore" garantisce ai vari settori industriali nei confronti di coloro che fino a oggi avevano connesso gli umani (operatori di telecomunicazioni) o avevano scoperto e raccolto il valore di queste connessioni tra umani (gli operatori delle grandi piattaforme di internet).

Un esempio per tutti: le reti di automobili. Finora le auto sono state oggetti "non connessi". Raggiunte in modalità *broadcast* dalle radio (molto) e dalle televisioni (poco), hanno consentito

a questi operatori di raccogliere il valore di questa connessione unidirezionale. I dati prodotti dalle automobili sono stati finora raccolti *offline* dalle case automobilistiche e costituiscono un patrimonio informativo riservato di queste ultime. Il proprietario dell'auto non ha mai forse neanche saputo di raccogliere dati e informazioni molto preziose per le case costruttrici. Ora tutto cambia. Con la tecnologia 5G, le auto possono essere connesse tra loro e scambiarsi informazioni sul traffico a breve e lunga distanza. Le strade saranno attrezzate con infrastrutture intelligenti e sistemi di comunicazione a bassissima latenza: computer in grado di processare velocemente i dati e aiutare il guidatore fino a sostituirsi a lui. Ovviamente le case automobilistiche cercheranno di valorizzare i dati prodotti da queste nuove reti di auto, sensori e computer. Ma, nella logica della "scoperta del valore", altrettanto faranno i proprietari dei veicoli, i gestori di strade e autostrade

che vorranno valorizzare i dati raccolti e processati dai loro apparati, i proprietari degli algoritmi di intelligenza artificiale che renderanno possibile la guida autonoma e gli operatori di telecomunicazioni che avranno reso possibile la comunicazione. Come si vede, produzione di nuovo valore e nuova competizione su dati e informazioni.

Esempi analoghi possono essere formulati con riferimento alle fabbriche di Industria 4.0, alle *smart-grid* energetiche e alle reti legate alla catena logistica (navi, camion, treni, porti, stazioni, nodi di interscambio).

Il 5G non arriverà da solo. Sarà accompagnato e potenziato dallo sviluppo accelerato di altre due grandi novità tecnologiche: l'intelligenza artificiale (AI) e la *blockchain*. Il 5G incrementerà le nostre capacità di raccolta dati in tempo reale (i più preziosi) e quindi l'efficienza degli algoritmi di AI. A loro volta, le reti 5G saranno gestite e orchestrate sempre meno dal progettista umano e sempre di più, e in tempo reale, da algoritmi di ottimizzazione: saranno reti intelligenti e *software-defined*. La *blockchain*, infine, consentirà micro-transazioni sicure tra oggetti dell'IoT e *smart-contracts* per facilitare e potenziare la generazione di valore nel mercato dei dati in tempo reale.

Le reti 5G saranno *reti di reti*. Ad esempio, la rete delle auto connesse

e quella delle stazioni di ricarica, oltre a consentire la connessione delle auto e delle colonnine tra loro, saranno interconnesse per consentire l'ottimizzazione delle ricariche o l'effettuazione dei pagamenti. Dunque la rete 5G sarà composta da tante fette (*slice*) logiche, ciascuna composta da una o più reti fisiche tra loro interconnesse. Le *slice* si riconfigureranno in modo dinamico, orchestrate da algoritmi di ottimizzazione. Osservazione importante: le *slice* non saranno fette della rete che conosciamo, ma sottoreti specializzate (*automotive*, distribuzione dei contenuti, energia), logicamente distinte, ma parti di una unica rete fisica.

In questo scenario, il ruolo delle reti dei classici operatori di telecomunicazioni cambia radicalmente. Finora avevano lo scopo di abilitare le comunicazioni tra utenti finali (privati e imprese) e l'*incumbent* aveva prima il monopolio e ora la fetta più grande di queste connessioni. In futuro questo scenario cambierà.

Grandi reti di oggetti (veicoli, *wearable*, infrastrutture di ogni tipo) potrebbero connettersi tra loro senza bisogno di un operatore di telecomunicazioni specializzato, magari utilizzando frequenze ad accesso libero (WiFi) o partecipando alle aste future per frequenze licenziate.

La connessione delle abitazioni potrebbe non essere più l'obiettivo principale della rete. L'acronimo Ftth (*Fiber-to-*

the-home, cioè la fibra all'abitazione) potrebbe non essere più l'unico sinonimo di "infrastrutture a prova di futuro" ed essere affiancato dalla "fibra alle *base station*" o dalla "fibra alle infrastrutture" o dalla "fibra ad Industria 4.0". O, più in generale, dall'obiettivo più generale della copertura (fissa, wireless, rame o fibra) ad alta capacità e bassa latenza del 100% del territorio.

Gli operatori di telecomunicazioni non saranno i soli a estrarre valore dal collegamento di milioni di oggetti e dallo sviluppo di nuove applicazioni basate sulle reti dei clienti verticali (case automobilistiche, *utilities*, operatori della catena logistica). Al contrario, saranno costretti ad accordarsi con questi ultimi per realizzare le *slice* logiche della rete 5G. Un accordo e una collaborazione che potrebbe facilitare gli investimenti nel 5G (previsti per centinaia di miliardi di dollari a livello mondiale) e accelerare il passo di questa indispensabile trasformazione industriale.

La competizione per lo spettro

Le nuove reti 5G consentono la realizzazione di reti eterogenee, composte da un "mix" di macro e micro celle che utilizzano in modo coordinato nuove bande di frequenza con coperture molto diverse. Questa maggior complessità ha come conseguenza l'aumento dell'attività computazionale nei nodi di rete e la



necessità di una gestione ottimizzata e centralizzata dei punti di trasmissione. Non dobbiamo dunque meravigliarci della sempre più diffusa definizione di accordi tra operatori di telecomunicazioni per la gestione comune delle torri e dello spettro e della nascita di operatori *wholesale only* o di *neutral host* per la gestione delle frequenze nelle reti virtualizzate.

L'elemento di novità nell'attuale panorama della gestione dello spettro è piuttosto la forte richiesta, da parte di nuovi attori di mercato, di porzioni dedicate dello spettro per un uso definito "regionale" e "locale", ma che sarebbe meglio definire specializzato o, per essere in sintonia con l'universo 5G, verticale. La richiesta di "spettro dedicato" viene infatti dai grandi operatori dominanti nei mercati verticali dell'automotive, dell'energia o dell'*e-health*. Si tratta spesso di grandi campioni nazionali (come le grandi case automobilistiche o il complesso delle manifatturiere), che stanno a cuore ai governi e che presentano la richiesta di un accesso preferenziale a porzioni dedicate dello spettro come uno dei punti qualificanti di una politica industriale nazionale. Rispondendo a questa pressione, l'asta 5G tedesca ha riservato, nella preziosissima banda 3,4-3,8 GHz, un blocco di 100 MHz per un uso "regionale". In realtà, una lettura accurata delle motivazioni alla base delle regole di gara mostra che uno degli obiettivi del regolatore tedesco era quello di mettere a disposizione spettro dedicato per l'importantissimo "vertical" dell'automotive. Certamente non su base "locale" o "regionale". Questa

sceita ha ovviamente reso molto più dura la competizione degli operatori di telecomunicazioni sui 300 MHz residui. A rendere il quadro ancora più complesso, si aggiunge la circostanza che la richiesta di riservare porzioni di spettro a uso "locale" non viene esclusivamente dalle grandi *industry* verticali del nascente mercato 5G, ma anche dai cosiddetti micro-operatori, ovvero operatori che hanno un ruolo di *local incumbent* in mercati molto ristretti: un porto, una stazione ferroviaria, un aeroporto, un ufficio postale, una grande installazione industriale. Potrebbe trattarsi di Isp, di operatori specializzati o degli stessi gestori o proprietari dell'infrastruttura. Recenti studi hanno mostrato come il ruolo dei micro-operatori sia molto competitivo con quello dei grandi provider di connettività.

Le competenze specifiche richieste per garantire il servizio sulle micro-reti 5G, la necessità di controllare e gestire in tempo reale reti di sensori e attuatori ad altissima densità, l'obiettivo di gestire "in casa" dell'utente, e con le massime garanzie di sicurezza, enormi moli di dati, sono obiettivi molto diversi da quelli del business classico dell'operatore di telecomunicazioni, certamente abituato a connettere migliaia di utenti ma non a garantire l'azione coordinata di uomini e apparati per il raggiungimento di sofisticati obiettivi industriali o di servizio. Dunque, piattaforme hardware e software flessibili, gestite da micro-operatori specializzati, potrebbero essere in grado di rispondere meglio alle esigenze di Industria 4.0 o dei futuri servizi *data intensive* agli utenti e, quindi,

richiedere l'uso di spettro dedicato e non più gestito dagli operatori di telecomunicazioni.

Quali conclusioni trarre da queste dinamiche di mercato. Certamente la prima è che la richiesta spesso avanzata dagli operatori di telecomunicazioni ai governi di mettere a disposizione in modo gratuito le risorse frequenziali non risponde più alle mutate condizioni tecnologiche e di mercato. Piuttosto, gli operatori di telecomunicazioni dovrebbero riconoscere che uno dei loro maggiori vantaggi competitivi nello scenario attuale deriva dal controllo dello spettro e, strategicamente, ricordare ai governi di aver pagato (e molto) per averne l'uso esclusivo e pretendere che, anche in futuro, ogni porzione di spettro venga assegnata con le procedure competitive che meglio ne rivelano il grande valore industriale e sociale. Le Istituzioni, a loro volta, dovrebbero meglio valutare la qualità e l'attuale utilizzazione dello spettro elettromagnetico, evitando le situazioni di sottoutilizzazione e accaparramento e, soprattutto, evitando accuratamente di assegnare a operatori in concorrenza tra loro porzioni di spettro equivalenti a condizioni economiche o con impegni di copertura molto diversi.

Orientare sperimentazione e ricerca

Guardare all'evoluzione tecnologica causata dal solo avvento del 5G, dimenticando le contemporanee e sinergiche evoluzioni nell'intelligenza artificiale e dell'avvento del web 3.0, decentralizzato e basato sulle tecnologie di *distributed ledger (blockchain)*, è certamente un errore per gli addetti ai lavori ma è un doppio errore per il mondo della ricerca scientifica. La convergenza di queste tre rivoluzioni epocali dice con chiarezza che nessuno dei tre temi può essere studiato da solo e con l'armamentario metodologico di una sola delle comunità scientifiche di riferimento. Un ingegnere delle telecomunicazioni che non conosca gli ultimi sviluppi dell'*Ottimizzazione combinatoria* o del *Deep learning* o un ottimizzatore che non abbia padronanza della teoria dei protocolli e della crittografia e delle tecnologie del web 3.0 non hanno alcuna possibilità di contribuire all'avanzamento delle conoscenze in questi tre settori fondamentali per il nostro futuro. Alcuni esempi:

- l'efficienza della *blockchain* richiede reti a bassa latenza (come le reti 5G) per il



broadcasting degli aggiornamenti; a sua volta il progetto e la gestione delle reti 5G richiede efficienti algoritmi di AI - l'efficienza degli algoritmi di AI richiede le grandi quantità di dati che verranno prodotti dall'*Internet of things*. L'Iot a sua volta genererà milioni di micro-transazioni al secondo; micro-transazioni che potranno essere gestite soltanto in modo automatico e con i micro-pagamenti diretti resi possibili dalla *blockchain*

- oggetti autonomi (auto, robot...)

potranno essere controllati in modalità remota dall'AI solo con reti 5G a bassa latenza

- l'accesso al livello MAC delle reti 5G sarà garantito a milioni di oggetti per km² dalla tecnologia *blockchain* e da algoritmi di *clustering* e AI.

Dunque, sembrerebbe essere necessaria una ricerca interdisciplinare su questi temi decisivi per il nostro futuro.

E, parallelamente a questa, la formazione di esperti in un settore totalmente nuovo, che nasce dalla convergenza di temi che sono stati studiati finora da gruppi di ricerca diversi; con formazione, obiettivi e sensibilità scientifiche diverse. Molto difficile.

Difficile perché molti, e io fra questi, credono che la ricerca interdisciplinare non esista e che l'evoluzione dei paradigmi scientifici (che invece esiste) sia sempre interna alle dinamiche dei singoli gruppi disciplinari. Ma se anche questa visione epistemologica fosse falsa (ed è possibile), sarebbe la struttura stessa dell'università italiana, organizzata per raggruppamenti scientifico/disciplinari raramente comunicanti, a rendere complesso lo sforzo di organizzare gruppi di ricerca interdisciplinari.

Cosa fare dunque? Certamente il Cnr è la migliore alternativa per la creazione di istituti e centri dedicati allo studio di temi che affondano le loro radici in settori disciplinari diversi. Dobbiamo però riconoscere che i tempi di reazione del nostro sistema scientifico non sono compatibili con la tumultuosa accelerazione della tecnologia. Quanto ci vorrebbe a mettere in piedi un istituto dedicato allo studio di questi tre settori, a concentrare le competenze e a focalizzare gli obiettivi? Temo un tempo troppo lungo per dare risposte avanzate alle questioni che ponevo sopra.

E allora? Dobbiamo rassegnarci all'idea che saranno gli altri a farlo per noi? Ma quali altri? Non le università o i centri di ricerca di altri paesi. I gruppi disciplinari non sono certo nazionali. Sappiamo perfettamente che i colleghi



di altri paesi della nostra stessa disciplina hanno obiettivi analoghi ai nostri e la stessa nostra difficoltà di comunicazione verso altri settori scientifici. Dunque quando dico *altri*, dico i grandi *players* industriali di questo settore. Le Telco, i produttori di apparati, ma soprattutto i grandi dinosauri di questa era del web 2.0: gli Ott (*over-the-top*, le imprese che forniscono servizi, contenuti e applicazioni).

Non credo sia una buona idea lasciare solo a loro un compito così importante come quello di dare forma e sostenibilità alle reti di comunicazione del futuro, all'intelligenza artificiale e al prossimo web 3.0 della *blockchain*. Potremmo ritrovarci in un web 3.0 a immagine e somiglianza del web centralizzato attuale e non arrivare mai a realizzare le promesse di decentralizzazione che ora appaiono all'orizzonte con la *blockchain*. Chi allora? Provo a dare una risposta. La nostra soluzione deve essere quella di una massiccia e convinta partecipazione ai programmi che la DG Connect e l'Unione europea stanno lanciando. Credo che solo a livello comunitario e nel naturale approccio interdisciplinare e di collaborazione tra Accademia e Industria dei progetti promossi dall'Unione europea ci sia la risposta all'esigenza di studio combinato delle tre rivoluzioni tecnologiche del nostro tempo. Iniziative europee quali l'Osservatorio della *blockchain*, lo sviluppo dei Corridoi europei 5G, i progetti 2020 5G, Big-Data e e-Health, la creazione di Centri di competenza regionale sono appuntamenti ai quali l'Italia non potrà mancare. È tuttavia necessario non presentarsi

a livello europeo in ordine sparso. Si deve creare un ecosistema nazionale, finanziare la ricerca, favorire la sperimentazione delle aziende private e incoraggiare la nascita di startup innovative. Ho l'impressione che, con una visione bipartisan e lungimirante, il governo abbia intenzione di seguire questo percorso virtuoso, potenziando le iniziative già in atto sulla diffusione della banda larga, sull'uso dello spettro e sulla sperimentazione 5G in molti comuni italiani. La focalizzazione dei finanziamenti sui temi della *blockchain* e dell'intelligenza artificiale e la definizione di tavoli di coordinamento su questi due temi centrali sono certamente iniziative positive e destinate a contrastare la tendenza del mondo della ricerca a lavorare per "silos", a favorire la comunicazione tra gruppi di ricerca pubblici e privati e a incoraggiare la sperimentazione delle nuove tecnologie. In particolare, suggerirei, con progetti pilota nella pubblica amministrazione che, proprio per la sua storica "lentezza" nell'adozione di nuove tecnologie e la sua altrettanto storica resistenza al cambiamento tecnologico deve, contrariamente a quanto fanno le aziende private, guardare non al domani, ma al dopodomani. Ogni politica pragmatica del "risultati subito" sarebbe, a mio avviso, destinata a produrre scarsi frutti.

Antonio Sassano

Presidente della Fondazione Ugo Bordoni

COME MISURARE L'ESPOSIZIONE, COSA CAMBIA CON IL 5G

CON IL 5G CAMBIA IL PARADIGMA DI TRASMISSIONE, CHE DIVENTA CENTRATA SULL'UTENTE, CON L'EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA MIMO E IL BEAMFORMING. QUESTO COMPORTA ALCUNI INTERROGATIVI SULLA METODOLOGIA DI MISURAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI. L'APPROCCIO DELLE AGENZIE AMBIENTALI DOVRÀ ESSERE RIVISTO.

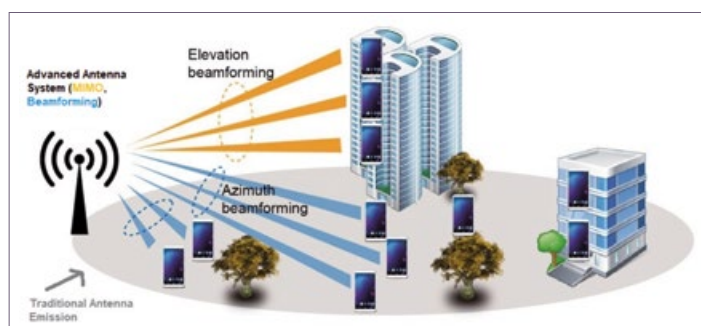
Sin dalla nascita della telefonia mobile, gli operatori si sono sempre espressi in termini di copertura del territorio e della popolazione per indicare la capacità del proprio sistema cellulare di raggiungere gli utenti. La copertura viene garantita tramite l'installazione di Stazioni radio base (Srb), le cui antenne generano un segnale il cui involuppo di potenza si riduce progressivamente all'aumentare della distanza angolare tra la direzione di massima radiazione (di solito perpendicolare al piano principale dell'antenna o al più diretta verso il basso di circa 5°) e il punto di osservazione. La direzione di massima radiazione è definita in fase progettuale ed è parametro che, insieme alla potenza, determina quale area del territorio sia coperta da una determinata cella della Srb. Secondo il paradigma attuale, la progettazione non guarda all'utente, al dispositivo mobile, ma all'area entro cui esso può circolare. Un primo allontanamento da questo modo di vedere il concetto di copertura si è avuto con l'impiego, nella tecnologia 4G, delle tecniche Mimo (*Multiple Input Multiple Output*) che, grazie alla disponibilità di più antenne in ricezione e trasmissione, consente l'impiego di modalità di trasmissione che tengono conto della posizione dell'utente all'interno della cella.

Con la modalità *transmit diversity* si può trasmettere lo stesso segnale su due diverse antenne, confidando nel fatto che i due segnali incontreranno qualità diverse nella propagazione fra eNodeB (la Srb del sistema 4G) e *User Equipment* (UE), lasciando poi al ricevitore il compito di determinare, in base a opportuni parametri di qualità del canale, quale sia lo *stream* di qualità migliore. Con lo *spatial multiplexing*, invece, flussi di dati diversi vengono trasmessi su canali diversi, aumentando così il *throughput* del sistema, ovvero la capacità di trasmettere informazioni.

Con il 5G, il paradigma di copertura cambia ancora e diventa definitivamente

FIG. 1
ANTENNE 5G

Le antenne massive Mimo sono costituite da elementi attivi in grado di modellare il fascio, dando ai lobi di trasmissione la forma e direzione più opportuna per ottimizzare il collegamento.



user-centric. La tecnologia Mimo, già utilizzata con il 4G, si evolve in *massive Mimo*, che prevede un numero di antenne in trasmissione tale da riuscire a modellare il fascio, dando ai lobi di trasmissione la forma e direzione più opportuna per ottimizzare il collegamento. Questa nuova filosofia, nota come *beamforming*, contribuisce a realizzare un sistema di trasmissione più efficiente per un particolare utente o gruppo di utenti, che favorisce anche la riduzione delle interferenze e indirizza la potenza solo laddove ci sia una reale necessità.

Come misurare il campo elettromagnetico con il 5G

È evidente che la presenza di più lobi a copertura di un territorio anziché un unico lobo principale e di tanti lobi secondari di ampiezza decrescente pone significativi problemi e interrogativi sulle modalità più opportune per la misurazione dei livelli di esposizione al campo elettromagnetico, sia in ottica di estrapolazione a massima potenza (per la determinazione del caso peggiore di esposizione ai fini di un approccio conservativo) sia per l'estrapolazione sulle 24 ore (utile per un confronto con i limiti di attenzione e gli obiettivi di qualità). Il CT 106 "Esposizione umana ai campi elettromagnetici" del Comitato elettrotecnico italiano (Cei), nella nuova

versione (di prossima pubblicazione) dell'Appendice E "Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G, 5G)" della CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz-300 GHz, con riferimento all'esposizione umana", affronta il problema della misura dei livelli di esposizione dovuti a sistemi 5G. Senza entrare nel dettaglio tecnico, va rilevato come la stessa Appendice evidenzia che una misura effettuata sul sistema 5G che impieghi il *massive Mimo* sia significativa esclusivamente per il punto misurato e non per l'intera area di copertura della cella. Ciò è la diretta conseguenza del *beamforming* che, come anticipato, presenta più lobi con l'obiettivo di fornire una copertura differenziata a zone diverse dell'area di pertinenza di una cella. Se tale è la situazione per un sistema dotato di *beamforming* statico, si comprende come del tutto aperto sia il problema della determinazione delle metodologie di misura a minore incertezza per la valutazione dei livelli di esposizione in presenza di sistemi che implementino il *beamforming* dinamico, in grado di "seguire" l'utente nel suo percorso all'interno della cella.

L'approccio delle Arpa per garantire l'attività di vigilanza e controllo deve necessariamente essere rivisto e adattarsi al nuovo scenario. I due momenti

principali in cui si esplica tale attività istituzionale sono la fase preventiva, ovvero quella del rilascio del parere di compatibilità della sorgente con i limiti di esposizione, di attenzione e con gli obiettivi di qualità previsti dalla normativa vigente, rilasciato sulla base del progetto presentato dall'operatore cellulare, e la fase di controllo ad impianto attivo, secondo il dettato della legge che attribuisce alle Arpa il compito di effettuare opportune attività di monitoraggio.

Attualmente le istanze dei gestori vengono valutate inserendo i parametri radioelettrici presenti nella documentazione tecnica allegata alla richiesta di parere in un opportuno software di simulazione del campo elettromagnetico generato dalla nuova Srb. Ciò è stato finora sufficiente a determinare, pur con un approccio numerico affetto, per sua natura, a incertezza, la conformità delle emissioni o la sussistenza di elementi di criticità da sanare già in fase progettuale o da sottoporre a verifica sperimentale *ex post*, ovvero a valle della prima attivazione. Con la tecnologia 5G, come in precedenza indicato, il diagramma di radiazione viene modellato, potenzialmente in modo dinamico, per adattarlo alle esigenze di copertura dell'utenza più che dell'area. Se dal punto di vista ambientale ciò è sicuramente un vantaggio, poiché il campo tende a concentrarsi solo sull'utente e non interessa un'area in modo indifferenziato come nelle tecnologie fino al 4G, è pur vero che le caratteristiche di radiazione del 5G rendono più complessa la modellazione mediante software, e riducono notevolmente la significatività dell'attività di rilevazione sul campo dei livelli di esposizione, perché essa potrebbe essere attuata in condizioni di scarsa potenza irradiata sul punto di misura. A oggi le Srb con 5G per le quali è stato richiesto un parere non presentano ancora implementazioni del *beamforming* dinamico, limitandosi a configurazioni statiche, per cui esse vengono gestite in modo analogo alle Srb con 4G, applicando un fattore correttivo (coefficiente di riduzione della massima potenza) conservativo.

Nel momento in cui l'applicazione della tecnologia 5G sarà completata e il *beamforming* sarà dinamico bisognerà considerare un fattore correttivo sulle potenze in antenna per tener conto del fatto che l'esposizione in un determinato punto dello spazio si ha solo in presenza di richiesta e sarà comunque diretta funzione del numero di utenti. Risulta evidente che l'attività preventiva



FOTO: ARPA CAMPANIA

diventa ancora più importante e che l'approccio deterministico utilizzato sinora dovrà mutare verso uno statistico, implementato su un insieme di dati sufficientemente ampio da garantire la significatività del valore numerico del parametro di riduzione della potenza.

Un modo potrebbe essere, in analogia con quanto accade con i siti che utilizzano il fattore di riduzione α_{24} , di richiedere ai gestori degli impianti la registrazione dei valori di potenza trasmessa e renderli disponibili alle Arpa, possibilmente insieme alla configurazione dinamica dei lobi di radiazione.

Tuttavia, una delle principali criticità che i tecnici Arpa devono affrontare non è un problema strettamente "tecnico" o legato alla applicazione della normativa vigente, ma è relativo all'impatto psicologico che l'installazione (o la modifica) di una Srb ha sulla popolazione. Le antenne con il progredire della tecnologia sono andate sempre più riducendosi in termini di dimensione e peso, nonché potenza. La tecnologia 5G, benché preveda antenne di potenza analoga a quelle 4G, presenta una criticità dovuta alla necessità di garantire il giusto disaccoppiamento elettromagnetico con le antenne degli altri sistemi. Ciò si può ottenere aumentando la distanza tra i sistemi radianti con l'inevitabile aumento dell'impatto visivo di una Srb, principalmente in ambiente urbano. Inoltre, nelle Srb 5G, al maggiore numero di antenne (necessario per il *beamforming*) si aggiunge l'integrazione degli amplificatori nel sistema radiante, con un aumento dell'ingombro totale.

Le Arpa saranno quindi chiamate ad un maggiore sforzo per offrire una corretta informazione alla popolazione ed evidenziare l'assenza di una correlazione tra l'impatto visivo delle nuove Srb e gli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici generati.

Per affrontare il problema della valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici generati da sistemi 5G con un approccio metodologicamente solido, basato su consolidate competenze scientifiche, Arpa Campania ha firmato un protocollo di intesa con il Dipartimento di Ingegneria elettrica e delle tecnologie dell'informazione dell'Università di Napoli Federico II, che ha come obiettivo lo sviluppo di attività di ricerca congiunta finalizzata allo studio delle metodologie per l'estrapolazione a massima potenza e su intervalli di 24 ore dei livelli di esposizione. Lo studio si svilupperà confrontando le prestazioni metrologiche di più metodologie per determinare quale sia quella a minore incertezza e avvierà la ricerca su base statistica dei fattori correttivi che consentano di riportare le valutazioni conservative, ovvero riferite ai massimi livelli misurati, a quelle caratteristiche di situazioni reali, ovvero rilevate in condizioni reali di traffico sostenuto dalla rete cellulare.

Giovanni Improta¹, Nicola Pasquino²

1. Arpa Campania, dirigente responsabile Unità operativa Agenti fisici, Dipartimento di Napoli

2. Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Ingegneria elettrica e delle tecnologie dell'informazione

I LIMITI DI ESPOSIZIONE E LE NUOVE LINEE GUIDA ICNIRP

IN EUROPA LA PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI È AFFIDATA A UNA RACCOMANDAZIONE CHE RECEPISCE IL PARERE ICNIRP. NEL 2018 ICNIRP HA PUBBLICATO UNA BOZZA DELLE NUOVE LINEE GUIDA, CHE DERIVANO DALL'ANALISI DI STUDI EPIDEMIOLOGICI E SPERIMENTALI. LA NORMATIVA ITALIANA È PIÙ RESTRITTIVA DI QUELLA INTERNAZIONALE.

Alla fine del 2017 il governo italiano ha avviato la sperimentazione pre-commerciale della nuova tecnologia di telefonia mobile di quinta generazione (5G) in cinque città italiane (Milano, Matera, Bari, L'Aquila e Prato). In questo modo è stata data attuazione al "5G Action Plan" della Commissione europea, che considera questa tecnologia un'opportunità strategica per l'Europa. Una delle particolarità di questa nuova tecnologia è che permetterà non soltanto la fruizione dei servizi classici forniti attualmente dalla telefonia mobile, ma verrà applicata al cosiddetto *Internet delle cose*, in cui vari dispositivi wireless, in ambiente *indoor*, comunicano tra di loro e con i nuovi sistemi di comunicazione previsti per lo sviluppo delle *smart cities*. Questi due ultimi scenari rappresentano la piattaforma "chiave" su cui si testerà l'efficacia e la portata innovativa del 5G. Saranno necessari ancora alcuni anni prima che questa tecnologia soppianti l'attuale generazione di telefonia mobile 4G-Lte, ma, certamente, il cambiamento è in atto e porterà a nuovi scenari di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF). In Italia il 5G utilizzerà le bande di frequenza 694-790 MHz (di seguito citata come "banda 700 MHz"), 3,6-3,8 GHz e 26,5-27,5 GHz (di seguito citata come "banda 26 GHz"). Al momento

COS'È L'ICNIRP

La Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (Icnirp) è un organismo indipendente che fornisce consulenza scientifica e linee guida sugli effetti sulla salute e sull'ambiente delle radiazioni non ionizzanti (Nir) per tutelare le persone e l'ambiente dai danni da esposizione



alle Nir, ossia alle radiazioni elettromagnetiche come quelle provenienti da raggi ultravioletti, luce, raggi infrarossi e onde radio e onde meccaniche quali gli infrarossi e gli ultrasuoni. Le fonti comuni di Nir comprendono il sole, gli elettrodomestici, i telefoni cellulari, il WiFi e i forni a microonde.

È riconosciuta formalmente come Organizzazione non governativa che collabora ufficialmente con l'Organizzazione mondiale della sanità (Who-Oms) e l'Organizzazione internazionale del lavoro (Ilo-Oil). Viene consultata dalla Commissione europea e collabora a progetti di molte organizzazioni impegnate nella protezione dalle Nir in tutto il mondo.

Costituita ufficialmente nel 1992, prosegue il lavoro del Comitato internazionale per le radiazioni non ionizzanti (Inirc), costituito a partire dal 1973 all'interno dell'Associazione internazionale di protezione dalle radiazioni (International radiation protection association, Irpa). La sede del Segretariato Icnirp è a Monaco (Germania).

Icnirp è indipendente da interessi commerciali, nazionali e acquisiti. I suoi membri non rappresentano il loro paese di origine, né il loro istituto e non possono svolgere attività che compromettano la loro indipendenza scientifica. La Commissione è finanziata attraverso sussidi concessi da istituzioni pubbliche nazionali e internazionali come il Ministero federale tedesco per l'ambiente, la conservazione della natura e la sicurezza nucleare (Bmu), il Programma dell'Unione europea per l'occupazione e l'innovazione sociale ("EaSI") 2014-2020 (CE - Direzione generale Affari sociali) e la International radiation protection association (Irpa).

TAB. 1
LIVELLI DI
ESPOSIZIONE

Livelli di esposizione a corpo intero per le tre bande di frequenza di utilizzo della tecnologia 5G nella normativa europea e italiana e nella bozza Icnirp 2018.

Frequenza	Raccomandazione europea 1999/519/CE	Legislazione Italiana			Bozza Icnirp 2018
		Limite di esposizione	Valore di attenzione	Obiettivo di qualità	
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	36,2-38,6 V/m Valori quadratici mediati su 30 min
3,6-3,8 GHz	61 V/m Mediato su 6 min	40 V/m Mediato su 6 min	6 V/m Valori quadratici mediati su 24 h	6 V/m Mediato su 24 h	61 V/m Valori quadratici mediati su 30 min
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	61 V/m Valori quadratici mediati su 30 min

le frequenze utilizzate per i servizi di telefonia mobile (2G, 3G e 4G) ricadono, nel loro complesso, nell'intervallo 800 MHz - 2,6 GHz, con una parziale sovrapposizione, quindi, con la banda 700 MHz. Per le nuove applicazioni le frequenze più utilizzate ricadranno nella banda 26 GHz, che, molte volte, vengono indicate impropriamente come onde millimetriche (corrispondenti, invece, alle frequenze appartenenti alla banda 30-300 GHz). A queste frequenze così elevate i campi elettromagnetici non riescono a propagarsi a lunga distanza, in quanto non riescono a penetrare gli edifici e vengono facilmente assorbiti dalla vegetazione o dalla pioggia. Per fornire una copertura ottimale del segnale a RF, quindi, si dovranno utilizzare *small cells* (porzioni di territorio servite da una singola antenna). Le dimensioni di queste celle (qualche decina di metri in ambiente *indoor* e qualche centinaio di metri in ambienti *outdoor*) sono molto inferiori rispetto a quelle servite dalle classiche macrocelle (fino a qualche decina di chilometri) attualmente presenti sul territorio. Di conseguenza, il numero di antenne aumenterà progressivamente, anche se, vista la piccola dimensione delle celle, le loro potenze di emissione saranno notevolmente inferiori rispetto a quelle delle attuali stazioni radiobase, con picchi

di emissione più bassi in prossimità delle antenne stesse.

In Europa la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici è affidata alla Raccomandazione del Consiglio europeo del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE) [1]. In questa Raccomandazione, il Consiglio europeo stabilisce i requisiti minimi a cui gli stati membri devono attenersi per "...proteggere i singoli cittadini dagli effetti negativi certi sulla salute, che possono derivare dall'esposizione ai campi elettromagnetici". Gli unici effetti negativi certi sulla salute umana dei campi elettromagnetici a RF, accertati dalla ricerca scientifica, sono gli effetti termici a breve termine, dovuti a meccanismi di interazione tra i campi a RF e gli organismi biologici che sono stati ampiamente studiati nel corso degli anni. Per questo motivo il Consiglio europeo ha adottato *in toto* il parere dell'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (Icnirp) del 1998 [2]. Questo organismo internazionale di esperti ha eseguito un attento esame della letteratura scientifica che ha riguardato non solo gli effetti

termici relativi alle RF, ma anche altri possibili effetti sia a breve che a lungo termine, in base al quale ha concluso che gli effetti termici sono gli unici effetti accertati, per prevenire i quali è possibile stabilire un sistema di protezione basato su restrizioni di base (grandezze dosimetriche) e livelli di riferimento (grandezze misurabili in ambiente). In [1], comunque, si stabilisce che "...il quadro dovrebbe essere riesaminato e rivalutato regolarmente alla luce delle nuove conoscenze e degli sviluppi nel settore tecnologico e nell'impiego di sorgenti e nelle utilizzazioni che danno luogo ad un'esposizione a campi elettromagnetici". Nel 2018 l'Icnirp ha pubblicato una bozza delle nuove linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici nella banda di frequenza 100 kHz-300 GHz, ai fini di una consultazione pubblica, il cui esame porterà entro il 2019 alla pubblicazione ufficiale di nuove linee guida a RF [3].

In Italia la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici a RF è garantita dalla legge n. 36 del 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [4] e dal Dpcm 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di



qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz” [5]. Tale decreto fissa i limiti di esposizione (da rispettare sempre) e i valori di attenzione (da rispettare nei luoghi adibiti a permanenze prolungate dei soggetti della popolazione) per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella popolazione, dovuti alla esposizione ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse, con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Il decreto fissa inoltre gli obiettivi di qualità, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi e l'individuazione delle tecniche di misurazione dei livelli di esposizione. L'impianto normativo e i limiti indicati in [5] sono però validi solo per le sorgenti riconducibili ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi, per tutte le altre sorgenti a RF si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite in [1]. Alla fine del 2014 il governo italiano con un decreto legge [6] ha definito le modalità con cui eseguire le valutazioni dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici: i livelli di campo elettrico da confrontare con i limiti di esposizione devono essere mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti, i livelli di campo elettrico da confrontare con i valori di attenzione sono da intendersi come media quadratica dei valori nell'arco delle 24 ore, i livelli di campo elettrico da confrontare con gli obiettivi di qualità sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore.

Questa disposizione nasce con l'esplicita volontà del Governo "... di consentire lo sviluppo delle reti mobili a larga banda e di garantirne l'operatività nell'ottica della diffusione delle tecnologie digitali". In tabella 1 sono presentati i livelli di esposizione a corpo intero per le tre bande di frequenza di utilizzo della tecnologia 5G stabiliti nei documenti sopra citati, Raccomandazione 1999/519/CE, Dpcm 2003 e Decreto del 2014, bozza Icnirp 2018.

Dal confronto dei dati in tabella è evidente come in Italia per i sistemi fissi per le telecomunicazioni e radiotelevisivi, e quindi anche per quelli destinati alla tecnologia 5G, sono previsti limiti di esposizione e valori di attenzione più

restrittivi dei limiti internazionali, anche quelli, come le nuove linee guida Icnirp, che derivano dall'analisi dei più recenti studi epidemiologici e sperimentali *in vivo* e *in vitro* che saranno pubblicate e rese definitivamente disponibili nei prossimi mesi.

Rosanna Pinto¹, Carmela Marino^{1,2}

1. Divisione Tecnologie e metodologie per la salvaguardia della salute, Dipartimento Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, Enea

2. Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (Icnirp)

RIFERIMENTI

[1] 1999/519/CE, Raccomandazione del Consiglio, del 12 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A31999H0519>

[2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", *Health Phys.*, 1998, Apr;74(4):494-522.

[3] www.icnirp.org

[4] Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", GU n. 55 del 07-03-2001.

[5] Dpcm 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz", GU n.199 del 28-08-2003.

[6] Decreto 2 dicembre 2014, "Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'Ispra e alle Arpa/Appa i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime previsionali per tener conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore", GU n.296 del 22-12-2014.

UN BANDO DEL MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

PROGRAMMA DI SUPPORTO ALLE TECNOLOGIE EMERGENTI 5G, FINANZIAMENTI PER PROGETTI DI RICERCA E SVILUPPO

In attuazione della delibera del Cipe n. 61/2018, il ministero dello Sviluppo economico ha approvato, con Dm 26 marzo 2019, il *Programma di supporto alle tecnologie emergenti 5G*. L'obiettivo del Programma è quello di realizzare progetti di sperimentazione, ricerca applicata e trasferimento tecnologico, basati sull'utilizzo delle tecnologie emergenti, quali blockchain, intelligenza artificiale, internet delle cose, collegate allo sviluppo delle reti di nuova generazione. Il Piano è finanziato da risorse del Fondo sviluppo e coesione 2014-2020 come previsto dal Piano di investimenti per la diffusione della banda ultra larga.

Il Programma è diviso in due Assi di intervento tra loro sinergici:

Asse I - Casa delle tecnologie emergenti

Nei Comuni oggetto di sperimentazione di reti e servizi 5G - Torino, Roma, Catania, Cagliari, Genova, Milano, Prato, L'Aquila, Bari e Matera saranno realizzate, attraverso proposte progettuali, le Case delle tecnologie emergenti, centri di

trasferimento tecnologico finalizzati a supportare progetti di ricerca e sperimentazione, a sostenere la creazione di startup e a favorire il trasferimento tecnologico verso le Pmi.

Asse II - Progetti di ricerca e sviluppo

Le pubbliche amministrazioni, gli enti pubblici, le agenzie, gli enti di ricerca e le università potranno candidarsi per la realizzazione di specifici progetti di sperimentazione e ricerca, orientati all'utilizzo delle tecnologie emergenti, attuati attraverso la cooperazione tra più soggetti, in collaborazione con gli operatori titolari di frequenze utilizzabili per il 5G. I progetti oggetto di finanziamento in questo asse dovranno avere caratteristiche di sostenibilità e replicabilità sul territorio nazionale. È possibile la partecipazione di soggetti privati funzionali all'utilizzo di infrastrutture o servizi necessari all'attuazione del progetto.

Le domande di partecipazione dovranno essere inviate entro il 4 novembre 2019.

Per informazioni: <http://bit.ly/2lRywBt>

IL RAPPORTO DEL EUROPEAN 5G OBSERVATORY

LO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO DI AZIONE UE SUL 5G. SPERIMENTAZIONI E LANCI COMMERCIALI

La Commissione europea ha lanciato il 5G Action Plan, per favorire lo sviluppo e l'installazione di infrastrutture e servizi per la quinta generazione di comunicazione mobile, con l'obiettivo di arrivare all'avvio di servizi commerciali entro il 2020 e alla copertura completa entro il 2025. Ogni quattro mesi l'Osservatorio europeo 5G (<http://5gobservatory.eu>), affidato a Idate Digiworld, rilascia un rapporto sullo stato di avanzamento. L'ultimo rapporto, uscito a luglio 2019, fa il punto sulla situazione nei diversi stati dell'Unione europea e anche di quelli più avanti nel resto del mondo.

Nei paesi dell'Unione a 28, si sono svolte 153 sperimentazioni, per lo più sulla banda 3,4-3,8 GHz (187 se si includono anche Russia, San Marino, Norvegia, Turchia e Svizzera). La maggioranza delle sperimentazioni ha riguardato il settore media e intrattenimento, seguito da trasporti e *automotive*. Le sperimentazioni si stanno però esaurendo, in quanto gli operatori della comunicazione mobile europei sono ora maggiormente concentrati nel lancio della fase commerciale. Nel 2019 sono infatti stati resi disponibili i primi modelli di smartphone 5G. Servizi commerciali sono disponibili in diverse città europee e l'installazione di decine di stazioni radio base è in corso. Quattro operatori hanno attivato il 5G (Elisa in Finlandia ed Estonia, T-Mobile in Austria, EE nel Regno Unito, Vodafone in Spagna), mentre altri lanci sono stati annunciati a breve, tra cui quelli in Italia da parte di Vodafone e Tim.

L'Italia è stato uno dei paesi (insieme a Spagna, Francia e Germania) in cui è stato effettuato il numero più alto di sperimentazioni. Il numero di città abilitate al 5G è cresciuto molto negli ultimi mesi ed è stimato a 132 a giugno 2019. Tra le città italiane citate nel rapporto, oltre a quelle interessate dalle sperimentazioni ufficiali, c'è la città di Lucca, che partecipa al progetto Horizon 2020 5G City (www.5gcity.eu) per la sperimentazione delle infrastrutture di rete nello sviluppo di servizi digitali per la pubblica amministrazione.

Per quanto riguarda l'assegnazione delle frequenze, la banda a 700 MHz è stata assegnata in 6 paesi europei (Germania,

Francia, Finlandia, Italia, Svezia e Danimarca), quella a 3,6 GHz in 10. La banda con la frequenza più alta (26 GHz) è stata assegnata solo in Italia, secondo paese al mondo dopo la Corea del Sud

11 paesi hanno pubblicato una roadmap nazionale completa, altri 6 ne hanno annunciato la pubblicazione entro il 2019. In 13 paesi è stata completata la gara per l'assegnazione di almeno uno spettro delle frequenze. In 6 paesi è stata assegnata la banda a 700 MHz, in 9 quella a 3,6 GHz (Austria, Repubblica Ceca, Finlandia, Germania, Ungheria, Irlanda, Italia, Lettonia, Spagna e Regno Unito). L'Italia è l'unico paese ad avere assegnato lo spettro delle onde millimetriche, nella banda a 26 GHz.

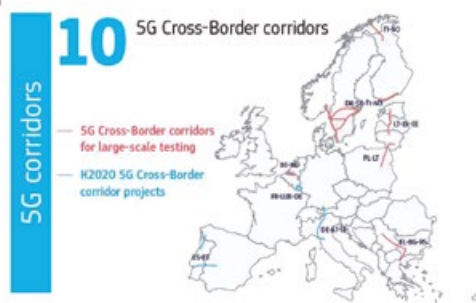
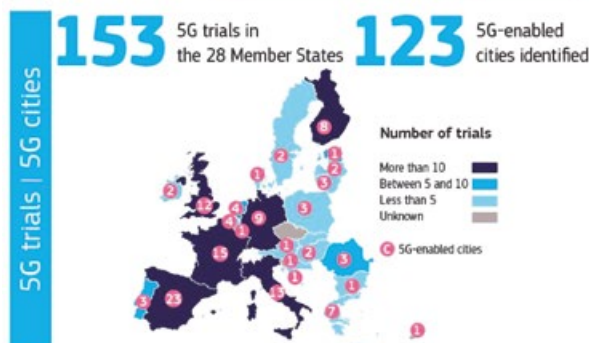
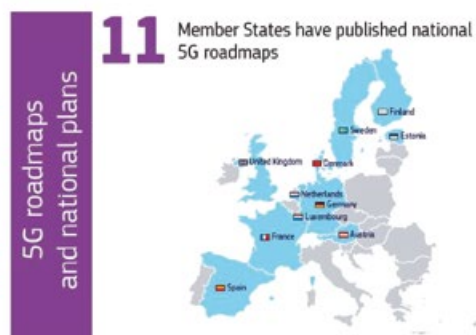
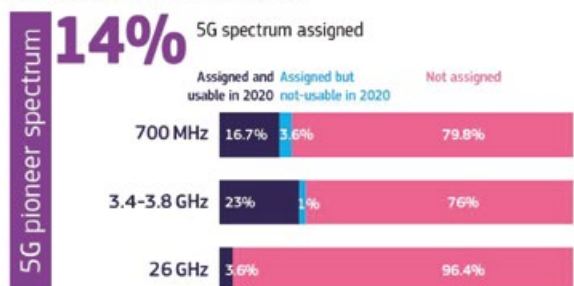
Nel 2017 è stato anche siglato un accordo di alto livello per l'identificazione e la sperimentazione dei servizi in "corridoi transfrontalieri", principalmente per la verifica delle infrastrutture di connettività per veicoli a guida autonoma. Sono stati identificati 10 corridoi, tra cui quello dell'autostrada del Brennero tra Austria e Italia.

La situazione fuori dall'Europa

Il paese più avanzato è probabilmente la Corea del sud, che nelle Olimpiadi invernali di febbraio 2018 aveva già sperimentato l'utilizzo delle reti per trasmissioni video 4k. Nel paese sono già state installate più di 85 mila stazioni radio base 5G da parte dei tre operatori attivi, che hanno lanciato contemporaneamente i servizi 5G per gli utenti finali ad aprile 2019.

Altri paesi che hanno annunciato il lancio di servizi commerciali sono Svizzera, Australia, paesi dell'area del Golfo Persico (Bahrain, Qatar, Emirati Arabi Uniti, Kuwait, Arabia Saudita) e Stati Uniti d'America. In Cina il programma, con un forte supporto governativo, prevede l'avvio di servizi pre-commerciali nel 2019 e lancio effettivo nel 2020. In Giappone l'avvio è previsto in occasione dei Giochi olimpici in programma ad agosto 2020. (SF)

5G SCOREBOARD: EU-28



CEM A RADIOFREQUENZE: EFFETTI SULLA SALUTE

LO SPETTRO DI EFFETTI CONSIDERATI DALLE RICERCHE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI È MOLTO AMPIO. L'OMS STA CONDUCENDO UNA REVISIONE SISTEMATICA. PER IL 5G, A CONDIZIONE CHE L'ESPOSIZIONE PERSONALE COMPLESSIVA NON SUPERI I LIMITI SUGGERITI DALLE LINEE GUIDA INTERNAZIONALI, NON SI PREVEDONO EFFETTI NEGATIVI SULLA SALUTE.

L'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenze (Rf; 100 kHz-300 GHz) è ubiquitaria e dovuta a numerosi sorgenti. Parte della popolazione è preoccupata per i possibili rischi per la salute da sorgenti fisse ambientali, come i Wi-Fi nelle scuole o le antenne di telefonia mobile, negli scenari attuali e in previsione dello standard 5G. Le sorgenti più temute non sono quelle che forniscono il maggior contributo all'esposizione individuale. Il 90-95% della radiazione a Rf assorbita quotidianamente deriva dai dispositivi utilizzati a stretto contatto, in particolare da cellulari/smartphone utilizzati per chiamate vocali e traffico dati su reti wireless [1].

Le Rf possono penetrare nel corpo: maggiore è la frequenza, minore è la profondità di penetrazione. Gli standard internazionali sono finalizzati alla prevenzione degli effetti nocivi accertati, che si verificano in conseguenza di eccessivi assorbimenti di energia elettromagnetica (stress termico generale ed eccessivo riscaldamento localizzato). A tutt'oggi, nessun altro effetto nocivo dell'esposizione a Rf risulta scientificamente comprovato [2].

fertilità e gravidanza, effetti indiretti (compatibilità elettromagnetica). Gli studi epidemiologici sulle Rf hanno esaminato diverse relazioni esposizione-effetto, con particolare attenzione ai telefoni cellulari tra le sorgenti di esposizione e ai tumori per quanto riguarda gli effetti (figura 2). Le indagini sperimentali (sull'uomo, su modelli animali o su sistemi biologici isolati) vengono effettuate in condizioni di esposizione controllata e in cieco, evitando così l'influenza di bias di informazione sui risultati. Tuttavia, l'oggetto degli studi di provocazione nell'uomo è ristretto agli effetti reversibili e possono esserci problemi di estrapolazione dei risultati dai modelli animali all'uomo e dagli studi su sistemi cellulari all'organismo in toto.

D'altra parte, gli studi epidemiologici osservazionali forniscono evidenze di diretta rilevanza per l'uomo, ma sono molto più suscettibili degli studi sperimentali a errori e distorsioni. Per queste ragioni, le valutazioni dei potenziali effetti nocivi dell'esposizione ad agenti ambientali e altri fattori di rischio si basano su rassegne sistematiche integrate delle evidenze scientifiche prodotte in tutti gli ambiti di ricerca.

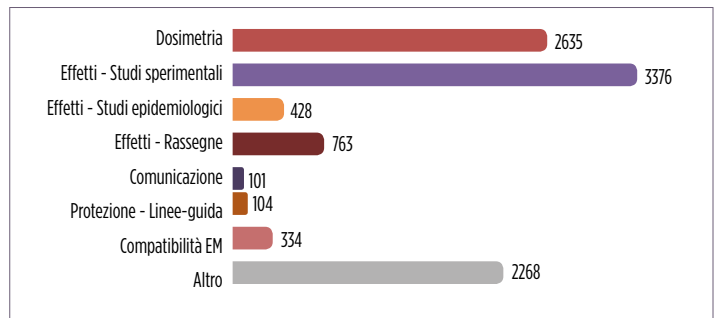
La valutazione della IARC

Nel maggio 2011 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (Iarc) ha esaminato le evidenze scientifiche sulla potenziale

FIG. 1
VOLUMI DELLA RICERCA

Numero di pubblicazioni scientifiche sui campi a radiofrequenze per argomento e linea di ricerca.

Fonte: Elaborazione dell'autore di dati estratti da Emf-Portal (16/6/2019).



Il volume della ricerca

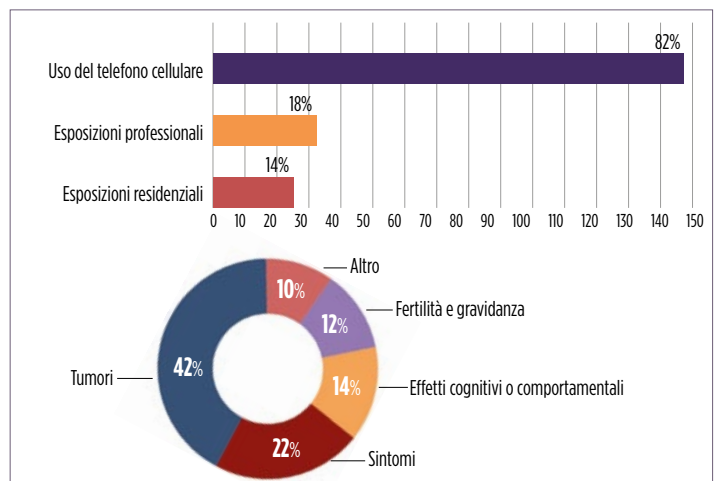
Lo stato attuale delle conoscenze poggia su una voluminosa base scientifica. Emf-Portal, la banca dati della letteratura sugli effetti dei campi elettromagnetici sulla salute (<https://www.emf-portal.org/en>), conta oggi più di 28000 pubblicazioni, oltre un terzo delle quali relative alle Rf (figura 1).

Lo spettro di effetti considerati è molto ampio e include tumori, genotossicità, ipersensibilità ai campi elettromagnetici, attività cerebrale (elettroencefalografia e permeabilità della barriera ematoencefalica), funzioni cognitive e psicomotorie, sonno, comportamento,

FIG. 2
EPIDEMIOLOGIA RF

Studi epidemiologici sui rischi da radiofrequenze per esposizioni e patologie esaminate.

Fonte: Elaborazione dell'autore di dati estratti da Emf-Portal (16/6/2019).



Le "esposizioni residenziali" includono studi incentrati su trasmettitori radio-Tv e stazioni radio base per la telefonia mobile. Gli effetti dell'esposizione personale complessiva da sorgenti multiple sono stati esaminati in un piccolo numero di studi recenti.

cancerogenicità delle Rf [3, 4]. Sulla base dei risultati di alcuni studi caso-controllo sull'uso del telefono cellulare e il rischio di tumori cerebrali (lo studio internazionale Interphone e una serie di studi caso-controllo effettuati in Svezia da Hardell e collaboratori), il gruppo di lavoro ha concluso che gli studi sull'uomo fornivano limitata evidenza di un effetto dell'esposizione a Rf sul rischio di glioma e neuroma acustico. I risultati di uno studio prospettico di coorte (che non evidenziava alcuna associazione) venivano giudicati attribuibili a misclassificazione dell'esposizione, mentre le analisi di trend temporale dei tumori cerebrali (che non rilevavano alcun incremento d'incidenza) venivano considerati non informativi per la copertura temporale troppo breve. La valutazione non era unanime: un'opinione di minoranza classificava le evidenze epidemiologiche come inadeguate, sottolineando l'incoerenza tra i risultati degli studi caso-controllo e la stabilità dei tassi di glioma e neuroma acustico. Nella valutazione complessiva, il panel Iarc classificava i campi a Rf come "possibili cancerogeni" (gruppo 2B), una categoria utilizzata quando "ci sono evidenze non convincenti che l'esposizione possa causare il cancro nell'uomo e negli animali" (<https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/Monographs-QA.pdf>).

L'evoluzione delle evidenze

Dopo la valutazione della Iarc, sono stati pubblicati numerosi studi caso-controllo e di coorte con periodi di osservazione di 10-15 anni, analisi dei trend temporali dei tumori cerebrali a quasi 30 anni di distanza dall'introduzione dei cellulari, nonché studi di simulazione dell'andamento dei tassi d'incidenza in diversi scenari di rischio. L'Organizzazione mondiale della sanità (Oms) sta conducendo una revisione sistematica dei rischi per la salute da Rf, inclusi i tumori. Nel frattempo, il comitato scientifico della Commissione europea (Scenih) e altri gruppi di esperti hanno prodotto valutazioni aggiornate le cui conclusioni concordano nel ritenere che le evidenze scientifiche sulla potenziale cancerogenicità delle Rf siano deboli e non richiedano modifiche all'impostazione degli standard di protezione correnti [5-13]. Le motivazioni sottostanti a queste conclusioni vengono illustrate nei paragrafi seguenti, attraverso una sintesi aggiornata delle evidenze

epidemiologiche sulla relazione cellulari-tumori, accompagnata da una guida all'interpretazione dei risultati basata su considerazioni di validità delle stime di associazione, riproducibilità dei risultati e coerenza con altre evidenze. L'argomento è trattato più estesamente in un recente articolo in inglese [14] e in un rapporto tecnico in italiano [15], ai quali si rimanda per approfondimenti.

Uso del cellulare e tumori

Data la stretta localizzazione dell'esposizione a Rf da uso del cellulare, le neoplasie di maggiore interesse sono i tumori intracranici e delle ghiandole salivari. Si tratta di tumori rari ed eterogenei per molte caratteristiche. I gliomi sono prevalentemente maligni; i meningiomi sono generalmente benigni e due volte più frequenti tra le donne che tra gli uomini; i neuromi del nervo acustico sono neoplasie benigne a lenta crescita; tra i tumori della parotide e delle altre ghiandole salivari gli adenomi sono più frequenti dei carcinomi. Le radiazioni ionizzanti ad alte dosi (terapeutiche) sono gli unici fattori di rischio ambientali accertati. Sul periodo 1999-2017 sono stati pubblicati numerosi studi sull'incidenza di tumori nell'area della testa in rapporto all'uso del cellulare (24 sul glioma, 19 sul meningioma, 20 sul neuroma acustico e 8 sulle neoplasie salivari). A causa della rarità delle neoplasie in esame, il disegno di studio più utilizzato è quello caso-controllo, con due soli studi di coorte [16-19]. La quasi totalità degli studi è incentrata su adulti. L'unico studio sui tumori infantili finora disponibile non ha osservato relazioni esposizione-effetto coerenti, né incrementi del rischio nelle regioni cerebrali che nei bambini ricevono i più alti livelli di esposizione a Rf durante l'uso del cellulare [20]. I risultati di un secondo studio caso-controllo su bambini e adolescenti (Mobi-Kids [21]) non sono ancora stati presentati.

Validità delle stime di associazione

La valutazione dell'esposizione è la principale criticità degli studi epidemiologici su Rf e salute [22]. Questa difficoltà è stata d'impulso per lo sviluppo di nuovi strumenti e tecniche di misura [23-25]. Purtroppo, né gli esposimetri portatili multi-banda, né i modelli di predizione sono in grado di risolvere i problemi di stima dell'esposizione individuale a Rf

da dispositivi wireless utilizzati in stretto contatto.

L'esposizione a Rf durante l'uso del cellulare è estremamente localizzata e l'energia emessa viene assorbita dai tessuti circostanti per una profondità ≤ 5 cm circa. Nelle condizioni di esposizione in campo vicino la grandezza dosimetrica appropriata è il rateo di assorbimento specifico di energia (Sar in W/kg). Il Sar durante una chiamata dipende da molti parametri (soprattutto: distanza dalla stazione radio base, network e uso di dispositivi a mani-libere). La misura di tutti questi parametri sull'intero periodo d'interesse per gli studi sui tumori (dalla prima esposizione alla diagnosi) è impossibile. Pertanto, gli studi epidemiologici finora effettuati hanno utilizzato come indicatori di esposizione a Rf le storie d'uso del cellulare auto-riferite o, più raramente, la titolarità di un'utenza di telefonia mobile. Agli inizi degli anni 2000, con le reti in via di sviluppo e livelli subottimali di copertura del territorio, molte chiamate venivano effettuate in condizioni di potenza massima e la potenza totale registrata in continuo su alcuni mesi era abbastanza ben correlata alla durata totale d'uso riferita [26]. La validità delle ore totali d'uso, come indicatore di esposizione cumulativa a Rf, è peggiorata nel tempo. Infatti, mentre l'intensità d'uso è cresciuta in parallelo al diminuire dei costi del servizio, l'efficienza del controllo adattativo della potenza in risposta alla qualità della rete è molto aumentata nel passaggio dallo standard Gsm (2G) all'Umts (3G). Il sistema Umts comporta emissioni 500-1000 volte inferiori al Gsm [27], che a sua volta era caratterizzato da potenze medie 3-7 volte inferiori rispetto ai sistemi analogici di prima generazione. Di conseguenza, due utenti che abbiano utilizzato il telefono cellulare per un identico numero di ore in periodi differenti avranno accumulato livelli di esposizione a Rf molto diversi. Studi di validazione dell'uso auto-riferito con dati di traffico hanno documentato larghe imprecisioni nel ricordo (errori *random*), errori sistematici associati all'intensità di esposizione (con sottostima dell'intensità d'uso da parte degli utenti moderati e sovrastima da parte dei forti utilizzatori), come pure errori differenziali associati alla malattia (con sovrastima del tempo totale d'uso tra i casi, ma non tra i controlli, in misura crescente per i periodi più distanti dal momento dell'intervista). La misclassificazione *random* dell'esposizione comporta generalmente una diluizione di eventuali vere

associazioni. Gli errori sistematici possono determinare false relazioni esposizione-risposta o accentuare trend reali. Gli errori differenziali (*recall bias*) possono produrre false associazioni tra esposizione e malattia. È importante sottolineare che il *recall bias* può verificarsi solo negli studi caso-controllo, perché negli studi di coorte la valutazione dell'esposizione avviene prima e indipendentemente dall'accertamento della malattia.

Gli studi epidemiologici sono anche suscettibili ad altre sorgenti di distorsione. Negli studi di coorte è importante che l'accertamento dei casi sia esaustivo, per evitare *bias* da perdite al *follow-up* associate allo stato di esposizione. I due studi di coorte su uso del cellulare e tumori soddisfano questo requisito. Negli studi caso-controllo la partecipazione può essere influenzata dall'esposizione e dalla malattia (*bias* di partecipazione). Se i controlli che aderiscono allo studio non rappresentano correttamente la distribuzione dell'esposizione nella popolazione di riferimento, le misure di effetto risulteranno distorte e l'impatto del *bias* andrà nella direzione opposta a quella dell'errore di rappresentazione (cioè, se la frequenza di esposizione tra i controlli è inferiore a quella reale si avranno sovrastime o associazioni spurie e viceversa nel caso opposto). Sono inoltre possibili fenomeni di causalità inversa, nei quali è la malattia che influenza l'esposizione, piuttosto che il contrario. Ad esempio, in un'analisi dell'impatto dell'uso del cellulare sulla sopravvivenza dopo la diagnosi di glioma [28], è stato osservato un apparente effetto protettivo dell'esposizione. Il deficit di mortalità tra gli utilizzatori rispetto ai non utilizzatori, concentrato nella categoria più breve di durata dell'esposizione (1-5 anni), potrebbe essere spiegato da un effetto "dissuasivo" dei sintomi prodromici della malattia nei confronti dell'uso del cellulare. Un secondo esempio, tratto dallo studio svedese Sotan sul rischio di neuroma acustico in relazione all'uso del cellulare [29], illustra due effetti di causalità inversa di segno opposto, a seconda del tipo di analisi. Nel confronto utilizzatori vs non utilizzatori e nelle analisi per intensità cumulativa d'uso si osservavano incrementi di rischio solo nel sottoinsieme di casi senza conferma istologica (non operati), ascrivibili al fatto che il telefono cellulare può facilitare la consapevolezza di lievi deficit uditivi

unilaterali e anticipare la diagnosi di neoplasie di piccole dimensioni che altrimenti rimarrebbero clinicamente silenti. Nello stesso studio, veniva anche evidenziata l'influenza dei sintomi precoci della neoplasia sul lato d'uso del cellulare (il 52% dei casi riferiva di aver cambiato il lato d'uso preferito nel tempo, contro l'8% dei controlli) e nelle analisi di lateralità si osservavano deficit di rischio per l'uso ipsilaterale e incrementi di rischio per l'uso controlaterale, già evidenti 10 anni prima della diagnosi [29].

Data la scarsità di fattori di rischio noti per i tumori intracranici e delle ghiandole salivari, le distorsioni da confondimento (dovute a cause della malattia d'interesse correlate all'esposizione in studio) sono un problema minore.

Riproducibilità dei risultati

Gli studi sugli adulti sono sufficientemente numerosi per consentire una meta-analisi delle osservazioni e quantificare l'eventuale eterogeneità di risultati.

Le peculiarità dei dati disponibili richiedono accortezza sia nella aggregazione degli studi, sia nella scelta dei contrasti di esposizione da analizzare. I problemi di aggregazione derivano dalla presenza nei dataset delle tre neoplasie più studiate (glioma, meningioma e neuroma acustico) sia di studi primari, sia di analisi combinate di studi originali (analisi *pooled* della serie di Hardell; analisi nazionali, multicentriche e internazionali dello studio Interphone). Per effettuare meta-analisi corrette, bisogna quindi creare sottoinsiemi rappresentativi evitando di

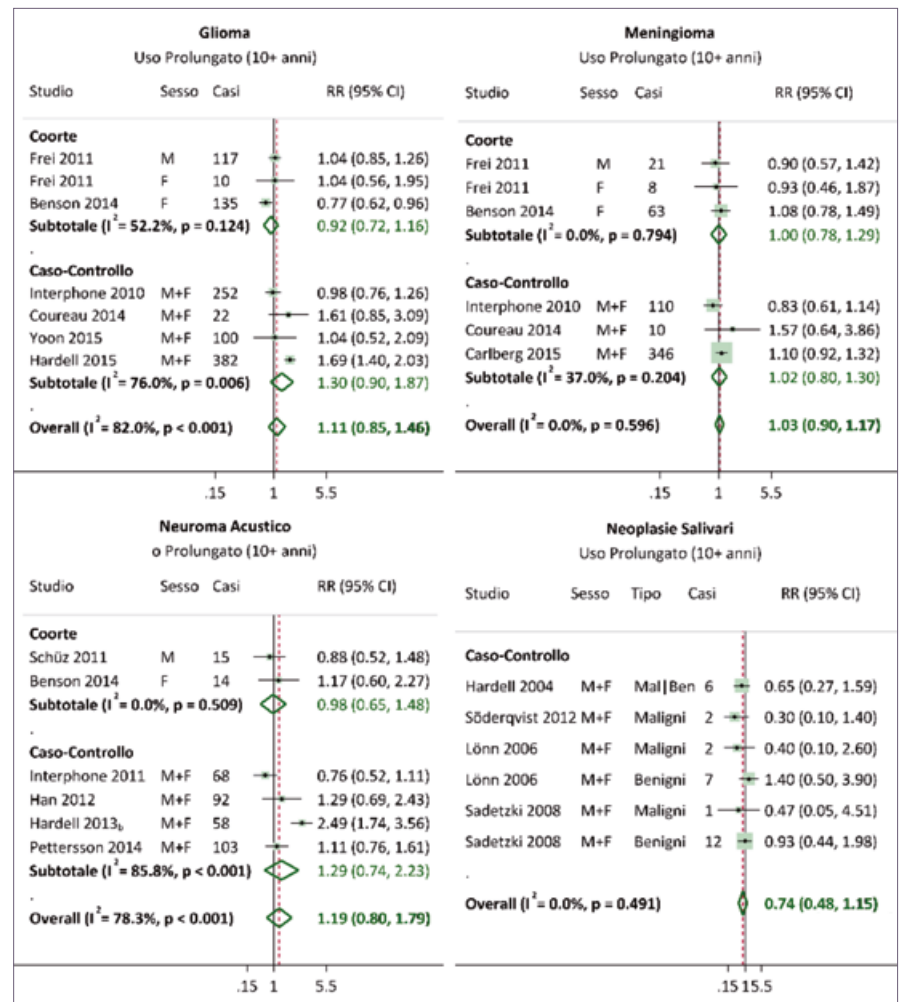


FIG. 3 USO DEL CELLULARE E TUMORI

Risultati della meta-analisi degli studi epidemiologici sul rischio di glioma, meningioma, neuroma acustico e tumori delle ghiandole salivari in relazione all'uso prolungato del telefono cellulare.

Note: Gli odds ratio degli studi di Hardell 2015 (glioma), Carlberg 2015 (meningioma) e Hardell 2013b (neuroma acustico) sono medie pesate delle stime originali per tutte le categorie di latenza superiori a 10 anni.

La linea tratteggiata arancione rappresenta il meta-rischio (mRR) medio sull'insieme degli studi nel grafico corrispondente.

Abbreviazioni: CI = intervallo di confidenza; F= femmina; I² = percentuale di variazione tra gli studi dovuta all'eterogeneità piuttosto che alla variabilità casuale; M = maschio; p = valore p del test di eterogeneità; RR = rischio relativo.

Fonte: Rielaborazione dell'autore dei dati pubblicati in Röösi M., Lagorio S. et al., *Annu Rev Public Health*, 2019, 40(1): 221-238 [14].

combinare studi con popolazioni del tutto o in parte sovrapposte. Per quanto riguarda la scelta delle metriche di esposizione, la progressiva riduzione nel tempo dei livelli di esposizione dell'utente durante le chiamate vocali complica l'interpretazione dei risultati delle analisi per esposizione cumulativa (ore totali d'uso) nei diversi studi caso-controllo. Inoltre, dato che gli studi prospettici a oggi pubblicati non dispongono di informazioni dettagliate sull'uso del telefono cellulare, è impossibile utilizzare il confronto tra studi di coorte e caso-controllo per valutare se e quanto i risultati di queste analisi siano influenzate da *recall bias*. Pertanto, a fini di valutazione della riproducibilità delle osservazioni e di sintesi quantitativa dei risultati, le analisi per tempo trascorso dalla prima esposizione possono essere

considerate più informative di quelle per ore totali d'uso. La meta-analisi effettuata sul sottoinsieme di dati con il maggior numero di casi esposti (costituito dalle analisi internazionali di Interphone [30, 31], dalle analisi *pooled* più recenti della serie degli studi di Hardell [32-34] e da tutti gli altri studi primari) non ha rilevato nell'insieme incrementi d'incidenza di nessuna delle neoplasie esaminate in relazione all'uso prolungato (≥ 10 anni), ma ha evidenziato una notevole eterogeneità nei risultati relativi al glioma e al neuroma acustico (figura 3). Le analisi di sensibilità, effettuate su altre quattro diverse combinazioni di studi, indicano che le stime ottenute in questa meta-analisi sono robuste (figura 4) e suggeriscono che gli incrementi del rischio di tumori cerebrali in relazione all'uso protratto del cellulare riportati in

altre meta-analisi recenti siano attribuibili a identificazione incompleta degli studi rilevanti e *bias* di aggregazione delle indagini.

Coerenza con altre evidenze

Gli incrementi del rischio di glioma e neuroma acustico in relazione all'uso intenso e prolungato del cellulare, osservati in alcuni studi caso-controllo, non sono coerenti con l'andamento temporale dei tassi d'incidenza dei tumori cerebrali a quasi 30 anni di distanza dall'introduzione dei telefoni cellulari palmari [35-38,] non sono avvalorati dagli studi di simulazione [39-41] e sono verosimilmente dovuti a *recall bias* e/o altre distorsioni.

Le indagini sui trend temporali, in questa particolare area di ricerca, sono considerate molto informative in considerazione del rapido e notevole aumento della prevalenza di esposizione, della disponibilità di dati praticamente completi sull'incidenza dei tumori in molti paesi e del numero limitato di fattori di confondimento. Inoltre, dati i tempi medi di latenza dei tumori cerebrali indotti da radiazioni ionizzanti (9-18 anni per il glioma e 17-23 anni per il meningioma) [42], un analogo effetto dell'esposizione a Rf sarebbe ormai ben evidente.

Gli studi in corso (Cosmos [43], Mobi-Kids [21], Geronimo [44]), affiancati dal monitoraggio dei trend temporali d'incidenza, contribuiranno a chiarire le incertezze residue riguardo alle neoplasie cerebrali a più lenta crescita e agli effetti dell'uso del cellulare iniziato durante l'infanzia.

L'eventuale cancerogenicità dei campi elettromagnetici a Rf è stata esaminata in gran numero di studi sperimentali in vivo ben condotti e basati su un'ampia varietà di modelli animali che hanno prodotto risultati prevalentemente negativi [5, 10]. Due recenti studi su roditori hanno segnalato un incremento dell'incidenza di schwannoma cardiaco, un tumore rarissimo nell'uomo (ne risultano descritti in letteratura meno di 20 casi) [45]. Lo studio del *National Toxicology Program* (Ntp) [46, 47] ha valutato gli effetti dell'esposizione a Rf (900 MHz, Gsm o Cdma) nei ratti e nei topi, osservando un eccesso di questa neoplasia tra i ratti maschi al livello più elevato di Sar a corpo intero (6 W/kg), ma non nei ratti femmine, né nei topi maschi o femmine. Lo studio dell'Istituto Ramazzini [48] ha riportato un aumento dello stesso tumore nei ratti maschi esposti al livello più elevato (50 V/m = 0.1 W/kg) di Rf (Gsm 1835 MHz). Queste osservazioni

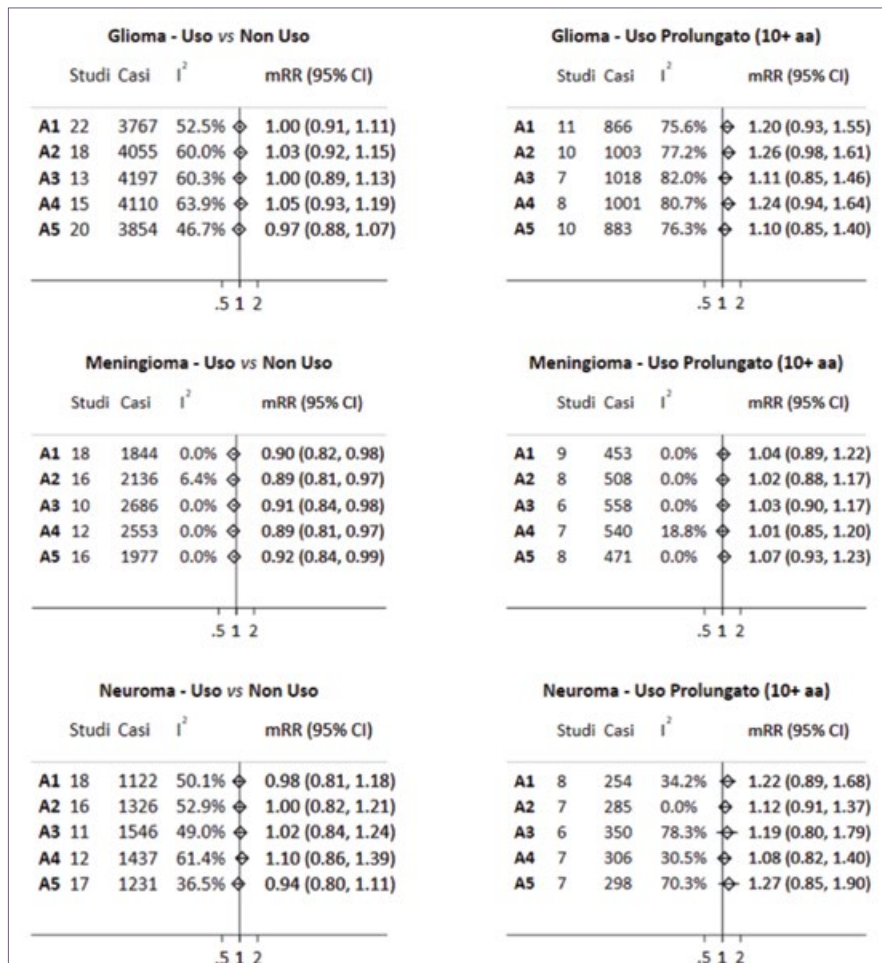


FIG.4 SENSIBILITÀ DELLA META-ANALISI A VARIAZIONI NELL'AGGREGAZIONE DEGLI STUDI

Il grafico illustra l'analogia dei risultati di cinque meta-analisi dei rischi di glioma, meningioma e neuroma acustico in relazione all'uso del cellulare, basate su diverse aggregazioni rappresentative degli studi disponibili (A1-A5) ma senza sovrapposizione di dati individuali.

Abbreviazioni: A1 = Solo studi primari; A2 = Studi Interphone multicentrici più tutti gli altri studi primari con dati non sovrapposti; A3 = Analisi internazionali di Interphone, analisi combinate dei quattro studi di Hardell et al., più altri studi primari con dati non sovrapposti (meta-analisi principale); A4 = Analisi internazionali di Interphone più altri studi primari con dati non sovrapposti; A5 = Analisi combinate dei quattro studi di Hardell et al. più altri studi primari con dati non sovrapposti.

CI = intervallo di confidenza; I² = percentuale di variazione tra gli studi dovuta all'eterogeneità piuttosto che alla variabilità casuale; mRR = meta stima del rischio relativo.

Fonte: Rielaborazione dell'autore dei dati pubblicati in Röösi M., Lagorio S. et al., *Annu Rev Public Health*, 2019, 40(1): 221-238 [14].

possono riflettere una relazione causale, ma sono anche compatibili con spiegazioni alternative (associazioni *random* da confronti multipli o effetti dell'incremento di temperatura, documentato tra i ratti maschi nello studio Ntp, che potrebbe anche spiegare l'inatteso vantaggio di sopravvivenza tra gli esposti rispetto ai controlli) [49]. I livelli di esposizione ai quali si osservano effetti non sono coerenti tra i due studi, ma in entrambi i casi sono superiori agli standard internazionali per la popolazione generale ($Sar = 0,08 \text{ W/kg}$) e ai limiti in vigore in Italia (6 V/m). I numerosi studi su sistemi cellulari in vitro non forniscono, nell'insieme, prove convincenti di effetti genotossici dell'esposizione a Rf [50].

Quanto sono rilevanti queste evidenze per gli scenari di esposizione futuri?

I sistemi 5G opereranno in Italia nelle bande di frequenza 694-790 MHz, 3,6-3,8 GHz e 26,5-27,5 GHz. La banda inferiore della gamma è molto vicina alle frequenze impiegate nel Gsm800. Le evidenze scientifiche precedentemente illustrate sono quindi pertinenti e offrono scarso supporto all'ipotesi che l'uso del telefono cellulare comporti un incremento del rischio di tumori cerebrali. Le frequenze tra 3,5 e 30 GHz rappresentano una novità per le reti di telefonia mobile, ma sono in uso da molti anni in altre applicazioni (ad esempio, i ponti radio). La profondità di penetrazione dell'energia elettromagnetica a Rf nei tessuti diminuisce all'aumentare della frequenza, riducendosi a meno di 8 mm nell'intervallo tra 6 e 300 GHz, dove l'effetto predominante è il riscaldamento di tessuti superficiali (cute e occhi). Al momento non è possibile stimare l'impatto del 5G sul livello di esposizione personale a Rf, ma non sono previsti rischi per la salute, a condizione che siano rispettati i limiti raccomandati dalle linee guida internazionali. Gli approfondimenti scientifici suggeriti consistono in ulteriori ricerche sugli effetti sulla pelle (per esposizioni di basso livello a lungo termine) e sulla cornea (per esposizioni ad alta intensità e di breve durata) [5, 51].

Susanna Lagorio

Istituto superiore di sanità, Dipartimento di Oncologia e medicina molecolare



BIBLIOGRAFIA

- [1] Roser K., Schoeni A., Struchen B. et al., "Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents", *Environment international*, 2017;99:303-14.
- [2] Who, *Electromagnetic fields and public health: mobile phones*, Factsheet 193: World Health Organization, 2014:4.
- [3] Baan R., Grosse Y., Lauby-Secretan B. et al., "Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields", *The Lancet Oncology*, 2011;12:624-6.
- [4] Iarc Working Group on the evaluation of carcinogenic risks to humans, *Non-ionizing radiation*, "Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields", Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2013.
- [5] Scenihir, *Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)*, Luxembourg: European Commission, 2015.
- [6] Agnir (Advisory Group on non-Ionising Radiation), *Health effects from radiofrequency electromagnetic fields*, London, Health Protection Agency, 2012.
- [7] Anses, *Radiofréquences et santé. Mise à jour de l'expertise*, Maisons-Alfort, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail, 2013.
- [8] Arpana Radiofrequency Expert Panel, *Review of radiofrequency health effects research - Scientific literature 2000 - 2012*, Yallambie, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2014.
- [9] Demers P., Findlay R., Foster K.R. et al., *Expert panel report on a review of safety code 6 (2013): health Canada's safety limits for exposure to radiofrequency fields*, Ottawa, Royal Society of Canada, 2014.
- [10] Hcnl (Health Council of The Netherlands), *Mobile phones and cancer Part 3 - Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies*, The Hague: Health Council of the Netherlands; 2016.
- [11] Ccars (Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud), *Informe sobre Radiofrecuencia y Salud (2013-2016)*, Madrid, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (Coit), 2017.
- [12] New Zealand Ministry of Health, *Interagency Committee on the Health Effects of Non-ionising Fields - Report to Ministers*, Wellington, Ministry of Health, 2018.
- [13] Feychting M., Schüz J., "Electromagnetic Fields", in Thun M., Linet M.S., Cerhan J.R., Haiman C.A., Schottenfeld D. (eds.), *Cancer Epidemiology and Prevention*, 4 ed., New York, Oxford University Press, 2017:260-74.
- [14] Röösl M., Lagorio S., Schoemaker M.J., Schüz J., Feychting M., "Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs", *Annu Rev Public Health*, 2019;40:221-38.
- [15] Lagorio S., Anglesio L., d'Amore G., Marino C., Scarfi M.R., *Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche*, Roma, Istituto superiore di sanità, 2019 (in corso di stampa).
- [16] Frei P., Poulsen A.H., Johansen C., Olsen J.H., Steding-Jessen M., Schüz J., "Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study", *BMJ (Clinical research ed)*, 2011;343:d6387.
- [17] Schüz J., Steding-Jessen M., Hansen S. et al., "Long-term mobile phone use and the risk of vestibular schwannoma: a Danish nationwide cohort study", *Am J Epidemiol*, 2011;174:416-22.
- [18] Benson V.S., Pirie K., Schüz J., Reeves G.K., Beral V., Green J., "Authors' response to: the case of acoustic neuroma: comment on mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers", *Int J Epidemiol*, 2014;43:275.

BIBLIOGRAFIA

- [19] Benson V.S., Pirie K., Schüz J. et al., "Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study", *Int J Epidemiol*, 2013;42:792-802.
- [20] Aydin D., Feychting M., Schüz J. et al., WMobile phone use and brain tumors in children and adolescents: a multicenter case-control study", *Journal of the National Cancer Institute*, 2011;103:1264-76.
- [21] Sadetzki S., Langer C.E., Bruchim R. et al., "The MOBI-Kids study protocol: challenges in assessing childhood and adolescent exposure to electromagnetic fields from wireless telecommunication technologies and possible association with brain tumor risk", *Frontiers in public health*, 2014;2:124.
- [22] Frei P., Mohler E., Burgi A. et al., "Classification of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields (RF-EMF) for epidemiological research: Evaluation of different exposure assessment methods", *Environment international*, 2010;36:714-20.
- [23] Rööslä M., Frei P., Bolte J. et al., "Conduct of a personal radiofrequency electromagnetic field measurement study: proposed study protocol", *Environmental health: a global access science source*, 2010;9:23.
- [24] Aminzadeh R., Thielens A., Agneessens S. et al., "A multi-band body-worn distributed radio-frequency exposure meter: design, on-body calibration and study of body morphology", *Sensors*, Basel (Switzerland), 2018;18.
- [25] Van Wel L., Huss A., Bachmann P. et al., "Context-sensitive ecological momentary assessments; integrating real-time exposure measurements, data-analytics and health assessment using a smartphone application", *Environment international*, 2017;103:8-12.
- [26] Vrijheid M., Mann S., Vecchia P. et al., "Determinants of mobile phone output power in a multinational study: implications for exposure assessment", *Occupational and environmental medicine*, 2009;66:664-71.
- [27] Persson T., Tornevik C., Larsson L.E., Loven J., "Output power distributions of terminals in a 3G mobile communication network", *Bioelectromagnetics*, 2012;33:320-5.
- [28] Olsson A., Bouaoun L., Auvinen A. et al., "Survival of glioma patients in relation to mobile phone use in Denmark, Finland and Sweden", *Journal of neuro-oncology*, 2019;141:139-49.
- [29] Pettersson D., Mathiesen T., Prochazka M. et al., "Long-term mobile phone use and acoustic neuroma risk", *Epidemiology*, 2014;25:233-41.
- [30] Interphone Study Group, "Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the Interphone international case-control study", *International journal of epidemiology*, 2010;39:675-94.
- [31] Interphone Study Group, "Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the Interphone international case-control study", *Cancer epidemiology*, 2011;35:453-64.
- [32] Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F., Mild K.H., "Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones", *Int J Oncol*, 2013;43:1036-44.
- [33] Hardell L., Carlberg M., "Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009", *Pathophysiology: the official journal of the International Society for Pathophysiology*, ISP 2015;22:1-13.
- [34] Carlberg M., Hardell L., "Pooled analysis of Swedish case-control studies during 1997-2003 and 2007-2009 on meningioma risk associated with the use of mobile and cordless phones", *Oncology reports* 2015;33:3093-8.
- [35] Nilsson J., Jaras J., Henriksson R. et al., "No evidence for increased brain tumour incidence in the Swedish national cancer register between years 1980-2012", *Anticancer research*, 2019;39:791-6.
- [36] Natukka T., Raitanen J., Haapasalo H., Auvinen A., "Incidence trends of adult malignant brain tumors in Finland, 1990-2016", *Acta oncologica*, 2019;1-7.
- [37] Lorez M., Nanieva R., Arndt V., Rohrmann S., "Benign and malignant primary brain tumours in the Swiss population (2010-2014)", *Schweizer Krebsbulletin*, 2018;2:188-96.
- [38] Keinan-Boker L., Friedman E., Silverman B.G., "Trends in the incidence of primary brain, central nervous system and intracranial tumors in Israel, 1990-2015", *Cancer epidemiology*, 2018;56:6-13.
- [39] Deltour I., Auvinen A., Feychting M. et al., "Mobile phone use and incidence of glioma in the Nordic countries 1979-2008: consistency check", *Epidemiology*, 2012;23:301-7.
- [40] Karipidis K., Elwood M., Benke G., Sanagou M., Tjong L., Croft R.J., "Mobile phone use and incidence of brain tumour histological types, grading or anatomical location: a population-based ecological study", *BMJ open*, 2018;8:e024489.
- [41] Little M.P., Rajaraman P., Curtis R.E. et al., "Mobile phone use and glioma risk: comparison of epidemiological study results with incidence trends in the United States", *BMJ (Clinical research ed)*, 2012;344:e1147.
- [42] McNeill K.A., "Epidemiology of brain tumors", *Neurologic clinics*, 2016;34:981-98.
- [43] Schüz J., Elliott P., Auvinen A. et al., "An international prospective cohort study of mobile phone users and health (Cosmos): design considerations and enrolment", *Cancer Epidemiol*, 2011;35:37-43.
- [44] Birks L.E., Struchen B., Eeftens M. et al., "Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe", *Environ Int*, 2018;117:204-14.
- [45] Koujanian S., Pawlowicz B., Landry D., Alexopoulou I., Nair V., "Benign cardiac schwannoma: A case report", *Human Pathology: Case Reports*, 2017;8:24-6.
- [46] Ntp, *Toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radiofrequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (Gsm and Cdma) used by cell phones*, Ntp Technical Report 596. Research Triangle Park, National Toxicology Program, 2018.
- [47] Ntp, *Toxicology and carcinogenesis studies in Hsd: Sprague-Dawley SD rats exposed to whole-body radiofrequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (Gsm and Cdma) used by cell phones*, Ntp Technical Report 595. Research Triangle Park, National Toxicology Program, 2018.
- [48] Falcioni L., Bua L., Tibaldi E. et al., "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 1.8GHz GSM base station environmental emission", *Environ Res*, 2018;165:496-503.
- [49] Icnirp, *Note on recent animal studies*, Munich, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2018:8.
- [50] Vijayalaxmi, Prihoda T.J., "Comprehensive review of quality of publications and meta-analysis of genetic damage in mammalian cells exposed to non-ionizing radiofrequency fields", *Radiat Res*, 2019;191:20-30.
- [51] Arpana, *Radiofrequency electromagnetic fields and health: research needs*, Yallambie: Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2017.

IN PARTENZA UN PROGETTO DI RICERCA SU CEM E SALUTE

IL MINISTERO DELL'AMBIENTE HA FINANZIATO UN PROGETTO SUGLI EFFETTI SANITARI DOVUTI ALL'ESPOSIZIONE UMANA AI CAMPI ELETTROMAGNETICI, CHE SARÀ SVOLTO DAL SNPA CON IL COINVOLGIMENTO DI ISS, CNR ED ENEA. IN PROGRAMMA LINEE DI RICERCA SULL'ESPOSIZIONE INDOOR E OUTDOOR, DI EPIDEMIOLOGIA E DI CANCEROGENESI SPERIMENTALE.

Le Agenzie regionali e provinciali per l'ambiente (Arpa/Appa), che assieme a Ispra (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) costituiscono Snpa (Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente), operano sul territorio per la verifica del rispetto dei limiti di legge previsti dalle norme vigenti in merito alla tutela dai campi elettromagnetici in bassa e alta frequenza. Le Agenzie effettuano, inoltre, attività di approfondimento delle conoscenze sugli effetti dell'esposizione a campi elettromagnetici, attività di omogeneizzazione delle metodiche e delle procedure, nonché attività finalizzate a migliorare la qualità e l'affidabilità dei dati prodotti, mediante partecipazione a progetti comuni, studi collaborativi e campagne di interconfronto. In tale ambito, il ministero dell'Ambiente e del mare (Mattm) ha emanato, nel corso di novembre 2018, un bando di finanziamento per attività di ricerca, riservato alle agenzie stesse, denominato "Progetto ricerca Cem", che riguarda le tematiche connesse agli effetti sanitari dovuti all'esposizione umana ai campi elettromagnetici. Il bando del Mattm definisce tre aree di ricerca: esposizione, epidemiologia e cancerogenesi sperimentale. Le attività saranno svolte da tutte le Agenzie, da Ispra che svolgerà il ruolo di coordinatore e da altri enti coinvolti per il supporto nelle linee di ricerca relative alla epidemiologia e alla cancerogenesi sperimentale: Iss (Istituto superiore di sanità), Cnr (Consiglio superiore delle ricerche) ed Enea (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile).

Linea di ricerca "Esposizione"

In primo luogo, le Agenzie elaboreranno una metodologia di determinazione di indicatori sintetici di esposizione



basata sui dati delle sorgenti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico (elettrodotti, impianti per telecomunicazione) associate ai livelli stimati di esposizione la popolazione residente in determinate aree del territorio. Un ulteriore elemento per la messa a punto della metodologia sarà costituito dalle misure sul territorio che consentiranno di introdurre fattori correttivi nelle stime teoriche per tenere conto delle reali condizioni di esercizio degli impianti. A seguito della condivisione della metodologia e degli strumenti da adottare per implementarla, si potrà procedere con il popolamento degli indicatori scelti su base sovregionale. Tali analisi consentiranno la determinazione di tendenze di esposizione al fine di valutare il contributo delle nuove tecnologie e le modifiche inerenti le tecnologie già in uso. Per una determinazione completa dell'esposizione a campi elettromagnetici, inoltre, alle valutazioni basate sulle sorgenti installate in ambiente esterno, che danno luogo a una esposizione

ambientale, saranno aggiunti anche i contributi dovuti a sorgenti di uso personale e a sorgenti *indoor* (ad esempio i dispositivi WiFi). Tali contributi saranno determinati per mezzo di dosimetri personali, che consentiranno di individuare anche i segnali in determinate bande di frequenza e, quindi, le diverse sorgenti che causano l'esposizione dell'individuo. Con l'acquisizione di dosimetri personali e la definizione di un "diario giornaliero" saranno realizzate campagne di misura orientate a misurare i contributi all'esposizione individuale dovuti alle sorgenti *indoor* e a quelle di uso personale, quale il telefono cellulare. Si potrà inoltre confrontare l'esposizione individuale con quella ambientale dovuta alle sorgenti fisse *outdoor*. Infine, sarà presa in considerazione la nuova tecnologia di comunicazione mobile 5G, la cui fase di sperimentazione ha già avuto inizio in alcune città pilota, che può dare luogo nei prossimi anni a cambiamenti radicali negli scenari espositivi a campi elettromagnetici a radiofrequenza. Da un lato si

prevede infatti un uso capillare della nuova tecnologia non solo per la comunicazione in mobilità, ma anche in molteplici ambiti quali ad esempio quello dell'industria, dell'automazione e dei servizi. Dall'altro, la modalità della trasmissione del segnale e la sua variabilità in funzione dell'utenza fa sì che i nuovi sistemi trasmissivi non possono essere valutati secondo le metodologie utilizzate per i precedenti sistemi di telecomunicazione. Le modifiche introdotte dal nuovo standard di trasmissione 5G rendono altresì necessaria la definizione e la validazione di opportune tecniche di misura del segnale e di estrapolazione per determinare i livelli espositivi prodotti.

Linea di ricerca "Epidemiologia"

Una prima attività legata all'epidemiologia riguarderà l'analisi dell'andamento temporale dell'incidenza di tumori cerebrali, mediante collaborazione con i registri tumori. Le analisi potranno considerare, ove possibile, una correlazione con i dati dell'uso retroattivo dei cellulari in combinazione con dati di popolazione sull'esposizione legati all'utilizzo di telefoni cellulari. Un secondo studio sarà focalizzato sui bambini residenti in edifici nei quali sono presenti trasformatori elettrici e contribuirà a risolvere l'incertezza sulla

natura dell'associazione tra esposizione a campi magnetici in bassa frequenza e l'insorgere di leucemie infantili. La base di dati attingerà in modo prevalente allo studio internazionale "TransExpo" e potrà essere integrata con i dati raccolti in progetti nazionali e regionali. La terza attività di carattere epidemiologico vedrà lo sviluppo di una metodologia adatta a identificare le correlazioni tra le esposizioni a campi elettromagnetici e le patologie non tumorali, soprattutto per quanto riguarda i giovani e i bambini, con particolare attenzione ai disturbi neurocomportamentali, ai disturbi del sonno, iperattività e deficit dell'attenzione, alterazioni nelle modalità relazionali. Una parte delle informazioni saranno raccolte sia mediante un "diario giornaliero", sia tramite applicativi per *smartphone* in grado di registrare la potenza di emissione, ma anche le diverse modalità d'uso.

Linea di ricerca "Cancerogenesi sperimentale"

Infine, anche la parte del progetto riguardante gli studi di cancerogenesi sperimentale, cui parteciperanno Arpa Emilia-Romagna, Enea e Cnr, riguarderà entrambe le tematiche previste dal bando del Mattm. La letteratura internazionale in questo ambito non può considerarsi esaustiva

per la valutazione di rischio sanitario per le popolazioni esposte. Inoltre molti programmi di ricerca finanziati da istituzioni nazionali e internazionali finalizzati a valutare la correlazione tra l'esposizione al campo magnetico in bassa frequenza e l'insorgenza di tumori non hanno fornito sufficienti basi scientifiche per spiegare alcune evidenze epidemiologiche. Per le ragioni esposte, una prima attività sarà rivolta a effettuare ulteriori studi della cancerogenicità dei campi magnetici in bassa frequenza, basati sui modelli murini. In tale ambito, si utilizzeranno sistemi *in vitro*, *in vivo* (pur in un'ottica di riduzione dei test sugli animali) ed *ex vivo*. Un ulteriore tema che è stato affrontato senza risposte definitive è quello della possibile interazione tra campi magnetici ed elettromagnetici e agenti chimici, fisici già noti come mutageni e/o cancerogeni. La seconda attività, quindi, è rivolta a ulteriori studi sugli effetti della co-esposizione a campi elettromagnetici a bassa o alta frequenza e agenti cancerogeni (radiazioni ionizzanti e agenti chimici).

Il progetto avrà una durata di 18 mesi e un costo di circa 5 milioni di euro.

Giuseppe Marsico¹, Lucia Ardoino²

1. Ispra
2. Enea



SPERIMENTAZIONI 5G IN ITALIA, MISURAZIONI DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO E PROSPETTIVE

Le sperimentazioni condotte sul 5G in Italia sono state accompagnate da attività di monitoraggio da parte delle agenzie ambientali del territorio. Da tutte le esperienze emergono alcuni elementi comuni di valutazione: la nuova tecnologia necessiterà di un nuovo approccio di valutazione delle esposizioni al campo elettromagnetico, sia in fase preventiva, sia in fase di controllo di rispetto dei limiti fissati. Con l'attivazione di servizi commerciali 5G bisognerà rivalutare le situazioni analizzate in fase di sperimentazione, anche alla luce delle disposizioni tecniche ufficiali in via di elaborazione. Servono norme tecniche specifiche, sia in ambito modellistico che di misura e sarebbe opportuno un aggiornamento del quadro normativo, per favorire un uso ottimizzato e più consapevole dello spazio elettromagnetico. (SF)

La sperimentazione a Milano

Con la Determina ministeriale del 25 settembre 2017, Vodafone ha ricevuto, in via provvisoria e sino al termine prorogabile del 31 dicembre 2021, i diritti d'uso delle frequenze da 3,7 a 3,8 GHz per la realizzazione di una sperimentazione pre-commerciale 5G sulla città di Milano.

Vodafone ha iniziato a realizzare la propria rete 5G nei primi mesi del 2018, programmando la copertura totale di Milano entro il 2019, attivando collaborazioni con Università, centri di ricerca, partner tecnologici e industriali presenti sul territorio lombardo, con l'obiettivo di sperimentare applicazioni in diversi campi, fra i quali sanità, sicurezza, mobilità, educazione, turismo, servizi pubblici.

Allo scopo di seguire da vicino lo sviluppo della nuova rete e affrontare aspetti connessi con valutazioni, pareri e misure di campo elettromagnetico, Arpa Lombardia ha organizzato con il gestore un tavolo di lavoro.

A Milano, a causa dell'elevato numero di stazioni radiobase (1.200 circa) e di sistemi trasmissivi autorizzati, è notevolmente aumentata, negli ultimi anni, l'estensione di aree con spazio elettromagnetico saturo, poiché numerosi sono ormai i siti nell'intorno dei quali i valori di campo elettromagnetico simulati sulla base della potenza autorizzata, danno luogo al superamento del valore di attenzione. Di conseguenza, pareri ambientali preventivi all'implementazione di nuove tecniche trasmissive emessi da Arpa Lombardia ai sensi dell'art.87 e 87bis del Dlgs 259/2003, spesso sono negativi, e non consentono pertanto l'installazione in queste aree della tecnica in fase di sviluppo (5G).



L'utilizzo nel 5G della nuova tecnologia *massive MIMO* (*beamforming*) consente di focalizzare fascio e, di conseguenza, il campo elettromagnetico verso singoli utenti o gruppi ravvicinati, senza dispersioni in direzioni non utili. Per stimare in fase preliminare l'effettivo campo elettromagnetico ambientale, pertanto, oltre alla potenza massima in antenna è necessario considerare il diagramma di irradiazione costituito da un inviluppo e un fattore di riduzione statistica della potenza massima. Per quanto attiene al confronto con i valori di attenzione, quindi, dovrà essere considerato un fattore di attenuazione che tenga conto della riduzione statistica

della potenza massima, del Tdd e della variabilità nelle 24 ore.

La potenza massima in antenna utilizzata per la sperimentazione di Vodafone è di 200 W.

In questa fase sperimentale preliminare e in assenza di una normativa italiana specifica, i riferimenti tecnici sono la Iec 62232:2017 (recepita nella Cei EN 62232) che rimanda per i dettagli al documento Iec TR62669. In questa fase si è convenuto di utilizzare il 95° percentile della potenza nominale massima per la valutazione del campo elettromagnetico generato da un'antenna con tecnica M-MIMO e Tdd attive. Il modello elaborato fornisce, per tale valore, un coefficiente pari al 25%.

Si è poi tenuto conto delle condizioni

sperimentali, per cui, in assenza di utenti, il traffico telefonico è limitato alle prove sperimentali e per questo è stato considerato il valore medio α_{24} delle stazioni radio base Vodafone in tecnica 4G della città di Milano, valore che non supera il 17%. Da quanto sopra illustrato, la potenza massima in antenna è stata considerata pari a 8,5 W; e, associando a essa la dimensione della superficie radiante inferiore a 0,5 metri quadrati, risultano soddisfatte le condizioni per ricorrere al regime di comunicazione ai sensi dell'art. 35 comma 4 legge n.111 del 15 luglio 2011.

Nella fase commerciale del servizio 5G verranno invece rivalutate le situazioni per confermare o meno il regime di comunicazione e per applicare quanto le disposizioni tecniche ufficiali stabiliranno (criteri del sistema Snpa, norme Cei).

Per quanto attiene le verifiche in campo sul segnale 5G, sempre grazie alla collaborazione di Vodafone che ha predisposto il sito per le misure e l'antenna per la generazione del segnale nonché l'opportuna strumentazione, si è potuto constatare per ora solo l'utilizzo del *beamforming*.

Le misure eseguite hanno mostrato l'efficacia della focalizzazione spaziale dei fasci, mentre le misure 5G in termini di quantificazione dei segnali di controllo sono state programmate per una data successiva, in attesa del completamento delle specifiche tecniche dell'interfaccia radio da parte del consorzio internazionale 3GPP per la standardizzazione dei sistemi di telecomunicazione.

Daniela de Bartolo, Giuseppe Gianforma

Arpa Lombardia



FOTO: ALE DESIDERIO - FLEKOP - CC

Il 5G in Piemonte

In Piemonte partirà a breve la sperimentazione Tim con il Comune di Torino e inoltre diversi operatori stanno iniziando a progettare i primi impianti per lo sviluppo delle reti. L'Arpa sta iniziando a valutare le richieste di autorizzazione per gli impianti a 3,7 GHz, mentre quelli nella banda a 700 MHz non vengono a oggi autorizzati in quanto la loro installazione sarà possibile solamente quando la banda sarà resa disponibile (2022). Non sono per ora pervenute richieste per impianti nella banda a 27 GHz.

La valutazione dell'impatto di questi impianti, effettuata in fase autorizzativa, è finalizzata a garantire il rispetto dei limiti fissati dalla normativa, con un approccio cautelativo. Tale approccio è in via di condivisione a livello di Sistema nazionale di protezione ambientale, tramite la stesura di un documento di indicazioni sulle valutazioni preventive all'installazione di impianti, curato da un gruppo di lavoro di cui fanno parte, oltre al Piemonte, le Agenzie di Toscana, Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna, Puglia, Valle d'Aosta e Lazio. Il metodo prevede una trattazione del calcolo delle emissioni di antenne con sistemi *massive Mimo* (sistemi che generano fasci di radiazione che si attivano e si spostano per "inseguire" gli utenti), basandosi su quanto indicato nello standard Iec TR 62669:2019: considerando un diagramma di radiazione che rappresenti la massima emissione possibile in tutte le direzioni intorno all'antenna, si

ricava il valore di esposizione media su 6 minuti (da confrontare con i limiti) grazie all'applicazione di un fattore di attenuazione il cui valore è stimato con metodi statistici proprio nel documento Iec.

In un dato punto, di interesse per valutare l'esposizione, il segnale è presente o meno in funzione del movimento dei fasci di radiazione, e anche del fatto che l'antenna 5G non trasmette continuamente nel tempo, in quanto alcuni intervalli di tempo sono dedicati all'"ascolto" del segnale proveniente dagli utenti. Questo fa sì che se da un lato il livello medio di esposizione su 6 minuti è di gran lunga inferiore a quello per una trasmissione continua, dall'altro ci possono essere picchi di breve durata con livelli di esposizione più elevati.

La tutela dall'esposizione a tali picchi non è a oggi contemplata nella normativa italiana del 2003, mentre sono in via di adeguamento le norme europee, sulla base degli ultimi studi biologici ed epidemiologici. Nelle proprie valutazioni finalizzate al rilascio di pareri preventivi all'installazione dei nuovi impianti, Arpa

Piemonte terrà comunque conto delle indicazioni internazionali in merito.

Un aspetto critico nella valutazione dei nuovi sistemi 5G è rappresentato dalla necessità di adeguare la strumentazione per la misura dei segnali e la determinazione sperimentale dei livelli di esposizione.

Per la misura di segnali Ofdm (modulazione del 5G) e trasmissione discontinua, Arpa Piemonte ha effettuato dei test su segnali 4G con questo tipo di tecnologia (in collaborazione con Arpa Lazio), portando questa esperienza nel comitato tecnico CT 106 del Cei al fine di definirne le tecniche di misura nell'appendice E alla norma Cei 211-7 (ora in inchiesta pubblica). In questa stessa appendice, il gruppo di lavoro ha inoltre fornito alcune prime indicazioni di massima per la misura dei segnali 5G, in attesa della definizione degli standard internazionali.

Sara Adda, Laura Anglesio, Giovanni d'Amore

Arpa Piemonte



La sperimentazione a Prato

Nella città di Prato, Wind Tre ha condotto la sperimentazione su tecnologia 5G, nella banda 3700-3800 MHz, modificando la configurazione di dodici impianti, inseriti prevalentemente in un contesto fortemente urbanizzato e in misura minore in aree a carattere artigianale-industriale.

La configurazione del sistema 5G, presentata nell'ambito del procedimento Dlgs 259/03, prevede antenne Zte dedicate, con potenza al connettore compresa tra 100 W e 200 W per settore, a diagramma di radiazione tempo-variante, senza fattori di riduzione di tipo statistico. Il gestore fornisce un diagramma di radiazione singolo, non il diagramma involuppo dei possibili orientamenti del fascio: in risposta alla richiesta di precisare il metodo di generazione di tale diagramma, il gestore dichiara che questo corrisponde ai "diagrammi di radiazione dei canali di broadcast" e che ritiene tale modalità di stima dell'impatto elettromagnetico più appropriata in questa fase sperimentale. Sulla base della documentazione presentata dal gestore, abbiamo valutato l'impatto elettromagnetico del progetto per il sistema 5G in modo ordinario, con simulazione analitica mediante programma di calcolo a norma Cei 211-10, utilizzando il diagramma di radiazione fornito.

Tale modalità di stima, come precisato dal gestore stesso, è rappresentativa dell'impatto e quindi adeguata solo nell'ambito della attuale sperimentazione – cioè sostanzialmente in assenza di apparecchi utenti. Il parere espresso da Arpat, pertanto, è da ritenere valido solo per il periodo di autorizzazione



FOTO: ROLANDO VALDISERRI - CC-BY-SA-2.5

ministeriale provvisoria: entro giugno 2020, come anticipato dal Sueap di Prato (Sportello unico edilizia e attività produttive), l'attuale attività del sistema 5G dovrà concludersi e sarà da ritenere decaduto il titolo abilitativo temporaneamente acquisito per tale sistema. L'impatto elettromagnetico per l'attivazione commerciale andrà quindi rivalutato, in modo adeguatamente cautelativo, sulla base delle norme tecniche e di legge che saranno di riferimento.

In relazione alla potenza e alla densità degli impianti presenti nelle aree scelte, per tutti i procedimenti interessati dalla sperimentazione il campo stimato è risultato vicino ai limiti di legge (L 36/01 e relativo Dpcm 8/7/03). Il parere positivo Arpat indica pertanto la necessità che il gestore esegua verifiche strumentali (collaudo) all'attivazione dell'impianto, adottando il criterio

previsto dal Dm 381/98 di svolgere misure quando il campo simulato sia superiore a metà del limite di riferimento. Abbiamo recentemente ricevuto le prime relazioni di collaudo, prodotte da studi tecnici incaricati dal gestore, che abbiamo esaminato in particolare per valutarne l'adeguatezza nella stima dell'impatto massimo – cioè nella estrapolazione del valore di campo misurato alla massima potenza di progetto. Nonostante le nostre richieste di chiarimenti e integrazioni, tale estrapolazione non è stata riportata per il sistema 5G.

Oltre ai progetti per la sperimentazione Wind Tre, in altri comuni sono stati presentati progetti di modifica con inserimento del sistema 5G per l'uso commerciale. Per le antenne che utilizzano diagrammi tempo-varianti, l'impatto elettromagnetico di tali progetti sarà valutato, in assenza di una specifica norma di riferimento, sulla base del diagramma di involuppo del fascio di radiazione, senza introdurre il coefficiente di riduzione statistico di orientamento del fascio stesso.

Complessivamente, per la nostra esperienza, la documentazione fornita nell'ambito dei procedimenti autorizzativi per la sperimentazione 5G risulta ancora di scarsa consistenza tecnica specifica in relazione alle modalità radioelettriche di esercizio e, di conseguenza, alla stima di impatto e alla elaborazione dei segnali misurati sull'impianto attivo.

Andrea Corridori, Cristina Giannardi, Giuseppe Nesti

Arpa Toscana

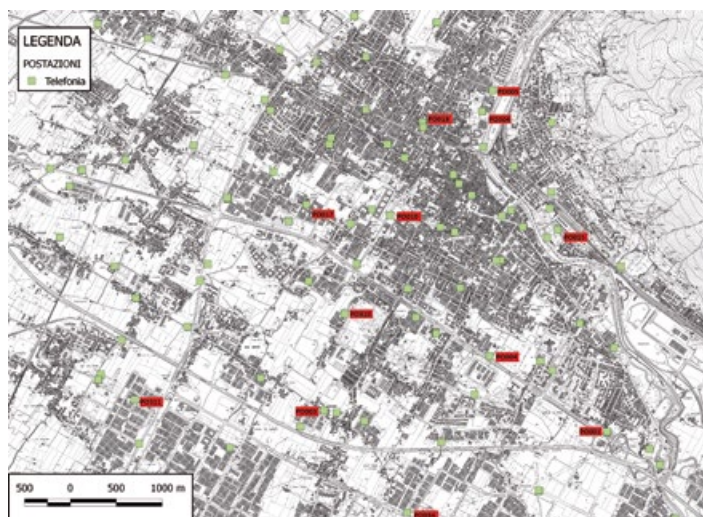


FIG. 1
SPERIMENTAZIONE
5G A PRATO

Localizzazione degli impianti di Wind Tre per la sperimentazione del sistema 5G a Prato (etichette evidenziate in rosso).

La sperimentazione a Roma

Nell'ambito del progetto “#Roma 5G”, promosso da Roma Capitale in collaborazione con Fastweb Spa ed Ericsson Italia, nel dicembre 2018 è stato presentato il primo scenario d'uso di *realtà virtuale* e *realtà aumentata*, in rete 5G, applicata al settore del turismo all'interno del complesso museale delle Terme di Diocleziano (foto). L'impianto, operante nella banda delle onde millimetriche [1-3], va ad arricchire il panorama delle sperimentazioni 5G disseminate su tutto il territorio nazionale e originariamente previste nelle città di Milano, Prato, L'Aquila, Bari e Matera.

L'introduzione della nuova tecnologia e la previsione delle numerose utilizzazioni della stessa in differenti nuovi settori come la mobilità il turismo e più in generale i servizi, determina la necessità della messa a punto di nuove e adeguate metodologie di esame e valutazione dei segnali generati da tali impianti, al fine di assicurare la compatibilità delle emissioni ai limiti fissati dalla normativa per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

In tale ottica, l'Arpa Lazio ha colto l'opportunità fornita dall'impianto oggetto della sperimentazione conducendo una campagna di misure finalizzata alla messa a punto delle prime procedure per la valutazione di segnali in tecnologia 5G, i cui risultati sono già stati occasione di confronto all'interno del Snpa, nonché di contributi tecnici presentati nei convegni scientifici di settore. Da un punto di vista tecnico, il segnale, implementato nella banda delle onde millimetriche, è caratterizzato da una frequenza centrale pari a 27.742,06 MHz e una larghezza di banda di 100 MHz. La numerologia utilizzata per i canali di controllo (SS-Block) è $\mu=4$, che corrisponde a sottoportanti con occupazione spettrali pari a 240 kHz. Per i canali dedicati al traffico, invece, il segnale implementa una numerologia diversa ($\mu=3$ e sottoportanti con occupazioni spettrali pari a 120 kHz) sfruttando così la possibilità della tecnologia 5G di organizzare la risorsa radio in *bandwidth parts* distinte e indipendenti. Il segnale è caratterizzato da 12 SS-Blocks attivi per frame. Infine, il segnale implementa il duplexing Tdd. La figura 1 mostra lo spettro del segnale 5G acquisito in campo, che risulta essere del tutto simile allo spettro caratteristico dei segnali in tecnologia 4G, tranne che



Impianto 5G presso le Terme di Diocleziano e postazione di misura.

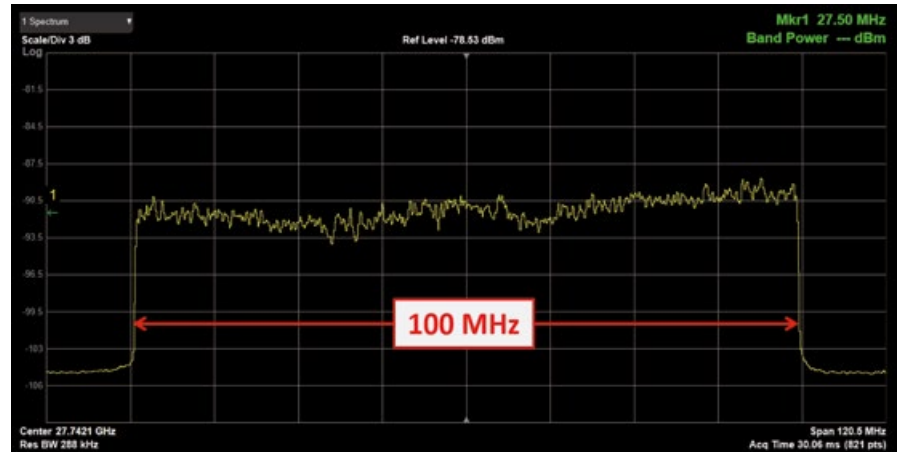


FIG. 1 - Spettro del segnale 5G.

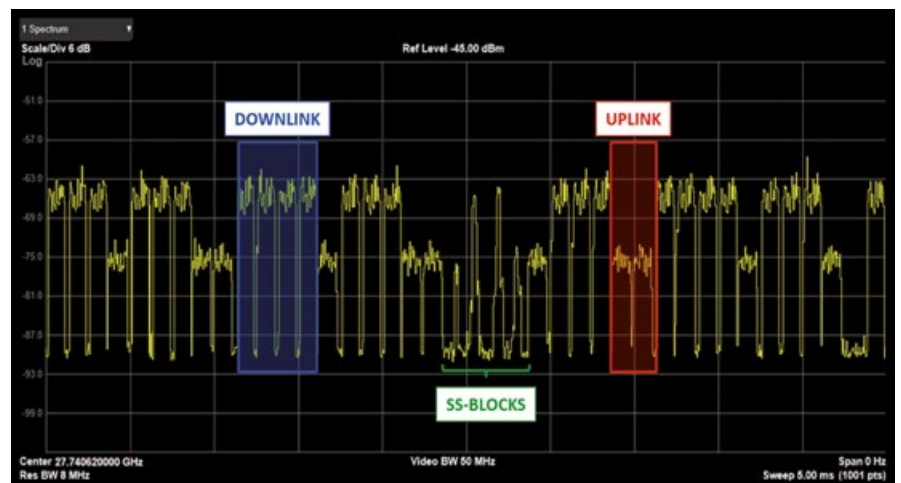


FIG. 2 - Misura in span zero e sweep time 5 ms.

per la larghezza di banda che per il 5G si estende fino a 100 MHz.

La struttura della trama è stata poi studiata nel dettaglio attraverso una misura in *span zero*, impostando uno *sweep time* pari a 5 ms (figura 2).

All'interno della trama possono essere riconosciuti con facilità gli slot temporali dedicati alle trasmissioni in *downlink* e *uplink*. La sostanziale differenza tra le due tipologie di slot risiede nel livello di potenza ricevuta, più elevato per la trasmissione in *downlink*. Nella trama possono anche essere riconosciuti i picchi relativi ai 12 SS-Blocks che caratterizzano il frame del segnale. Successivamente l'analisi è stata approfondita sugli SS-Blocks mediante

un'ulteriore acquisizione in *span zero* con uno *sweep time* molto più ridotto (500 μ s), in modo da visualizzare nella traccia acquisita esclusivamente i picchi relativi ai blocchi contenenti i canali di controllo.

La figura 3 mostra l'acquisizione in *span zero* in cui è possibile distinguere gran parte dei 12 SS-Block che caratterizzano il frame. È interessante notare che la potenza associata ai diversi SS-Block acquisiti non è costante. Tale peculiarità può essere facilmente spiegata attraverso il fenomeno del *beam sweeping*, caratteristico della tecnologia 5G. Le speciali antenne attive utilizzate per irradiare il segnale di nuova generazione hanno infatti la possibilità di modificare

nel tempo il proprio diagramma di irraggiamento. Nel fenomeno del *beam sweeping*, la Srb irradia in diversi SS-Blocks attraverso dei *beam* caratterizzati da forme e direzioni di puntamento differenti. Ciò si traduce in potenze ricevute variabili a seconda dell'intensità con cui lo specifico *beam* investe l'antenna in ricezione.

L'ultima misura effettuata è stata la demodulazione del segnale 5G mediante uno specifico software esterno dedicato (figura 4). Tale misura consente di apprezzare in maniera comprensiva le caratteristiche del segnale in esame. Nello specifico è possibile evidenziare le modulazioni dei canali di controllo, attraverso la visualizzazione del diagramma IQ. Da notare che i canali di controllo del segnale 5G coincidono con quelli della tecnologia precedente, con i quali condividono anche le particolari modulazioni utilizzate. Il software di analisi fornisce anche la potenza media ricevuta per i canali di sincronizzazione *Primary* e *Secondary Synchronization Signal* (Pss e Sss), per il *Physical Broadcast Channel* (Pbch) e per il *Reference Signal* (RS), tutti contenuti all'interno degli SS-Blocks. Infine, il software riporta una tabella riepilogativa delle potenze associate ai diversi SS-Blocks.

I risultati ottenuti consentiranno di valutare appieno l'impatto che questa tecnologia avrà, non appena si passerà alla fase commerciale e permetteranno una valutazione delle emissioni di tali impianti ai limiti fissati dalla normativa per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici.

Daniele Franci, Settimio Pavoncello, Enrico Grillo, Stefano Coltellacci, Rossana Cintoli, Tommaso Aureli

Arpa Lazio, Dipartimento Pressioni sull'ambiente

RIFERIMENTI

- [1] Iec TR 62669:2019, "Case studies supporting Iec 62232 - Determination of RF field strength, power density and Sar in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure".
- [2] Etsi TR 138 912 "5G; Study on New Radio (NR) access technology".
- [3] Quick Reference 5G/NR http://www.sharetechnote.com/html/5G/Handbook_5G_Index.html

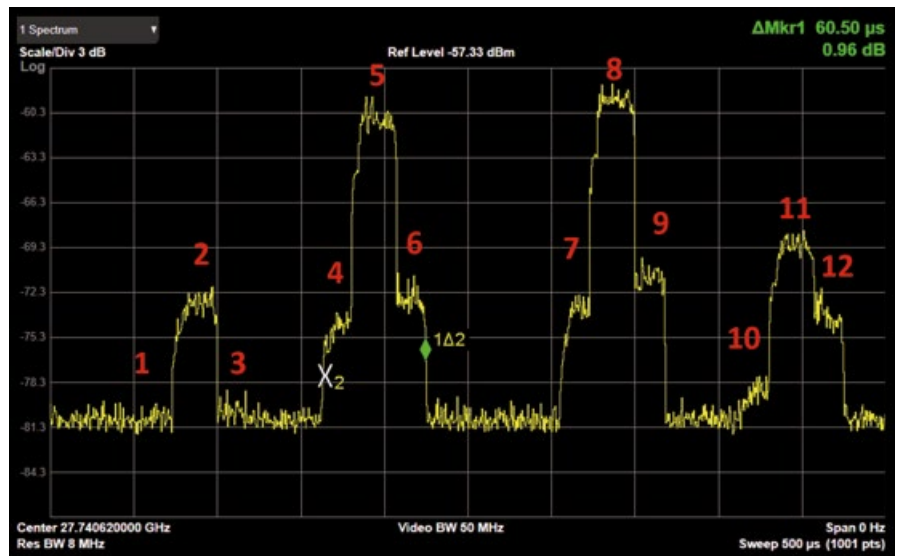


FIG. 3 - Misura in span zero e sweep time 500 μs.



FIG. 4 - Demodulazione del segnale 5G.



La sperimentazione a Bari

Con l'acronimo 5G si fa comunemente riferimento alle tecnologie e agli standard di quinta generazione per la telefonia mobile (ITU-R M.2410-0 2017). La rete 5G sarà basata su elementi tecnologici innovativi: tecnica del *beamforming*, che permette di direzionare e concentrare il segnale verso la posizione dei dispositivi *client* e uso di antenne massive Mimo (*Multiple Input - Multiple Output*) ovvero dispositivi costituiti da antenne multiple per ottimizzare la possibilità di invio e ricezione simultanea dei dati verso un maggior numero di dispositivi connessi.

Le bande di frequenza assegnate al 5G sono state stabilite e messe all'asta dal Mise (Dec. Mise 5/10/2018). Oltre alle bande già utilizzate per altre tecnologie (banda a 700 MHz e a 3.600 MHz) è stata messa a disposizione una banda a 26 GHz che promette velocità di scambio dati e capacità di traffico estremamente alte.

“BariMatera5G” è il progetto con cui Tim, Fastweb e Huawei si sono aggiudicate congiuntamente il bando di gara del Mise per la sperimentazione della nuova tecnologia 5G (banda 3.600 MHz) nelle città di Bari e Matera. Arpa Puglia è coinvolta direttamente in tale sperimentazione per la verifica del rispetto dei limiti imposti dalla normativa italiana (Dpcm 8/7/2003 e smi).

Per l'attività modellistica preventiva si è fatto riferimento alla norma tecnica internazionale Iec 62232:2018 adottata tal quale dal Cei seguendo un “approccio



statistico-conservativo” in cui la potenza massima dichiarata dal gestore è stata ridotta del 70% per tener conto dei parametri statistici coinvolti (numero, posizione e movimento degli utenti, diverse condizioni di traffico, durata del servizio). Per la modellizzazione è stato utilizzato un software sviluppato internamente all'Agenzia, considerando anche il contributo degli altri gestori eventualmente presenti nei pressi del sito in esame, utilizzando per questi ultimi le potenze autorizzate (spesso superiori a quelle effettivamente attivate). In uscita, il software consente di visualizzare tridimensionalmente l'isosuperficie a 6 V/m (valore di attenzione e obiettivo di qualità) e di sovrapporla alla mappa 2D del territorio in esame.

In *figura 1* è mostrato un esempio di

isosuperficie (vista dall'alto e vista laterale) ottenuta per una Srb situata nel comune di Bari, in una zona urbana densamente popolata, senza e con il contributo 5G. È evidente che l'introduzione del contributo 5G modifica la forma e l'estensione dell'isosuperficie incrementando il numero dei siti a valenza radioprotezionistica da “investigare”, per i quali è necessario valutare puntualmente il valore del campo elettrico. L'approccio appena descritto ha consentito di valutare la conformità ai limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità ai sensi del Dpcm 8/7/2003 smi. L'esperienza di Arpa Puglia in questa prima fase della sperimentazione 5G ha evidenziato innanzitutto la necessità di convergere urgentemente verso norme tecniche specifiche per l'emergente tecnologia 5G, sia in ambito modellistico che di misura. L'avvento della sperimentazione 5G ha inoltre puntato l'attenzione sul problema della “saturazione dello spazio elettromagnetico”: spesso i gestori richiedono una potenza massima all'antenna superiore a quella necessaria ed effettivamente attivata, al solo fine di “accaparrarsi” spazio elettromagnetico. Da qui nasce quindi la necessità di aggiornare il quadro normativo italiano di settore, al fine di favorire un uso ottimizzato e più consapevole dello spazio elettromagnetico.

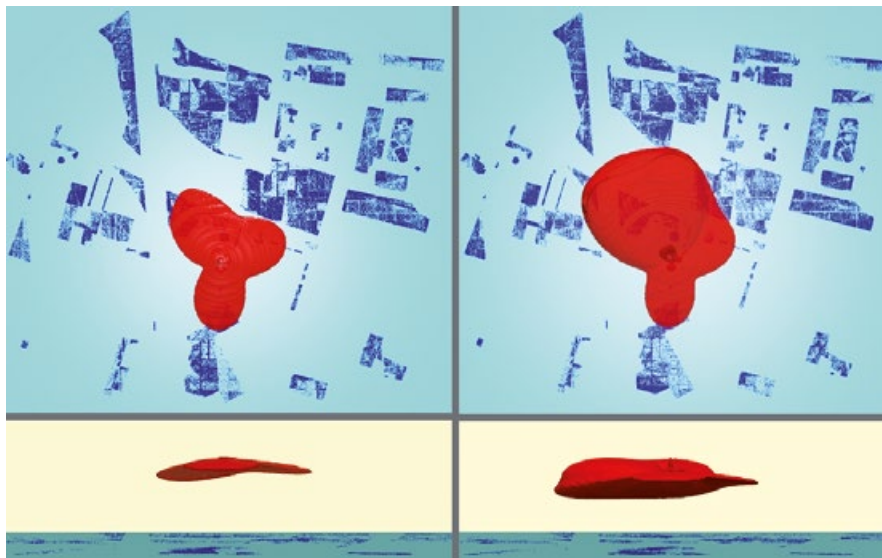


FIG. 1 - SPERIMENTAZIONE 5G A BARI

Isosuperficie a 6V/m senza (sinistra) e con il contributo 5G (destra) per una Srb situata nel comune di Bari, in una zona urbana densamente popolata. Vista dall'alto (sopra) e vista laterale (sotto).

Lucia Barbone, Tiziana Cassano, Claudia Monte, Maddalena Schirone

Arpa Puglia, Uos Agenti fisici, Dipartimento provinciale di Bari

La sperimentazione a Matera

La tecnologia mobile di quinta generazione tocca anche il Sud grazie al progetto “BariMatera5G” con cui il consorzio costituito da Tim, Fastweb e Huawei si è aggiudicato il bando di gara del Mise per la sperimentazione della nuova tecnologia 5G nei due capoluoghi del Sud. L’investimento ammonta a oltre 60 milioni di euro in quattro anni e, con il coinvolgimento di 52 partner di eccellenza, Bari e Matera saranno fra le prime “città 5G” d’Europa, nelle quali saranno sperimentati servizi innovativi in settori come la sanità, l’industria 4.0, il turismo, la cultura, l’automotive e la sicurezza pubblica.

Per questo i due capoluoghi dell’asse appulo-lucano si sono resi protagonisti di una due giorni utile per analizzare lo stato di avanzamento della sperimentazione.

L’Arpa Basilicata (Ufficio Inquinamento elettromagnetico ed acustico del Dipartimento provinciale di Matera) è stata ed è tutt’ora coinvolta direttamente nella sperimentazione del 5G, perché come noto interviene nei procedimenti autorizzativi, valutando i progetti degli impianti radioelettrici e verificando la conformità degli stessi con i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti a livello nazionale dal Dpcm 08/07/2003 e s.m.i. “All’Arpa Basilicata sono state presentate da gennaio 2018 n. 6 istanze per la sperimentazione 5G in diversi siti nella città di Matera, dei quali 4 Telecom e 2 Fastweb (di cui una in itinere)”, hanno sottolineato i tecnici dell’Arpa Basilicata Giusy Carioscia e Antonio Marziario intervenuti durante la due giorni.

“Nelle valutazioni previsionali, l’approccio tradizionale deterministico basato sulla massima potenza teorica trasmessa in modalità costante e in ogni direzione possibile, non è più realistico bensì è del tipo *statistico-conservativo*. La valutazione dell’emissione, in funzione di tale metodologia, si è basata su un modello statistico che prevede una valutazione della potenza effettivamente emessa nello spazio e nel tempo, in grado di soddisfare il numero di utenti attivi nel periodo di osservazione considerato che appunto rappresentano variabili statistiche del modello”.

La rete 5G è basata su alcuni elementi tecnologici innovativi, larghezze di banda di 100MHz e superiori, antenne *massive MIMO*, nuovo spettro nelle bande delle “onde millimetriche”, connettività

multipla tra le tecnologie radio, *network slicing* e architetture *cloud*, automazione e intelligenza artificiale a supporto della gestione di rete.

Tutte queste caratteristiche garantiranno l’incremento di velocità di trasmissione e di capacità, la bassa latenza, la forte densità di dispositivi Iot (internet delle cose). Tant’è che nei prossimi anni le reti wireless dovranno essere in grado di connettere simultaneamente persone e oggetti con prestazioni di banda, latenza e affidabilità sempre crescenti, perché le nuove reti 5G saranno in grado di soddisfare sistemi di antenne molto più efficienti e tecniche di gestione del traffico dati basate sul *cloud* e sul *machine learning* grazie all’introduzione di nuove gamme di frequenza.

Insomma, secondo nuovi standard la Rete 5G potrà ospitare sino a un milione di dispositivi connessi in contemporanea per ogni chilometro quadrato, garantendo un funzionamento stabile e sicuro.

Il piano di sviluppo della rete 5G per Bari e Matera ha l’obiettivo di raggiungere entro la fine del 2019 la copertura completa del territorio delle due città. Nel corso del 2020 potrebbero essere introdotti anche nuovi elementi (*small cell*) con l’obiettivo di fornire un incremento di capacità e di copertura anche in quelle aree che in futuro saranno interessate da *hotspot* di traffico. A regime la rete 5G sarà aggiornata per operare in modalità *stand alone* (SA) senza l’affiancamento della rete LTE.

A Bari e a Matera le prestazioni radio elevate sono raggiunte anche attraverso l’utilizzo delle antenne *massive MIMO*, costituite da elementi attivi che abilitano l’utilizzo coordinato di numerosi elementi radianti indipendenti (64 in trasmissione e 64 in ricezione).

L’effetto del risultato permette sia di aumentare la direttività dell’antenna, sia di orientare dinamicamente la

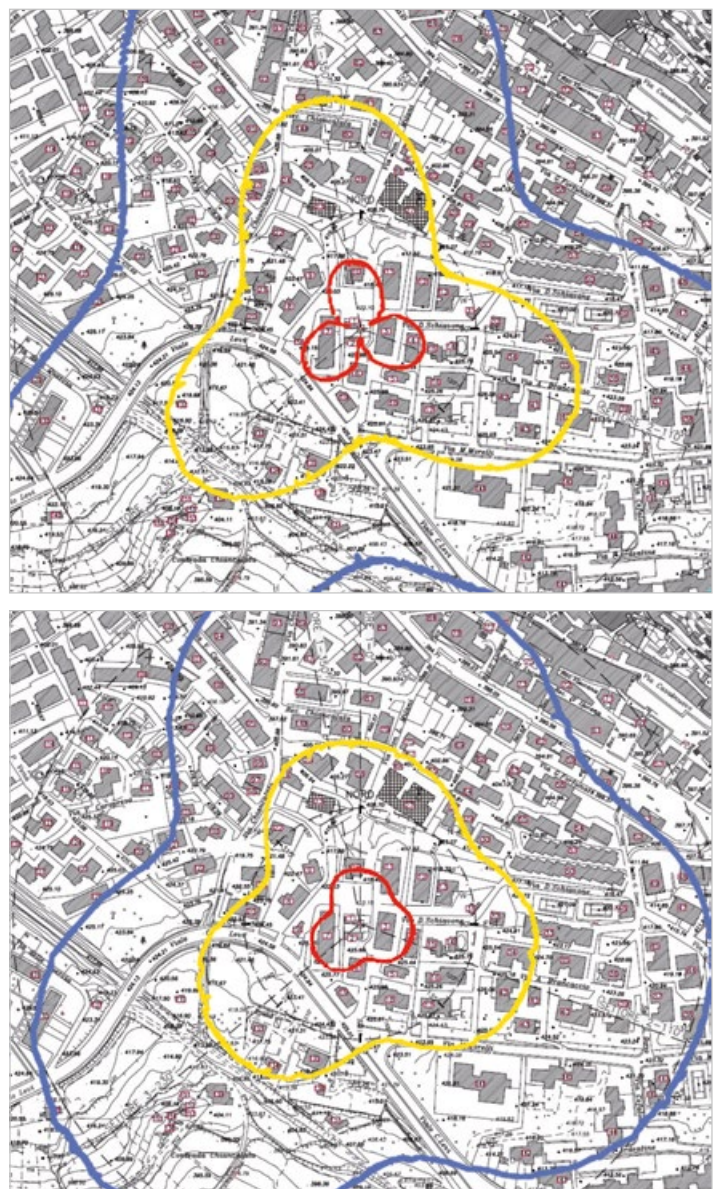


FIG. 1
5G A MATERA

Esempio di sezione orizzontale di distribuzione dei lobi di massimo irraggiamento pre 5G (sopra) e post 5G (sotto) relativo a un impianto nel centro abitato di Matera.

— Curva isolivello 20 V/m
— Curva isolivello 6 V/m
— Curva isolivello 3 V/m

trasmissione del segnale radio nella direzione dei vari clienti.

A tal proposito è stato illustrato il diagramma di irradiazione involuppo ottenuto considerando, in ogni direzione, il valore più alto fra i guadagni dei possibili diagrammi di irradiazione sintetizzabili dall'antenna in quella direzione.

È stato poi spiegato un caso pratico relativo a un sito ubicato nel centro abitato di Matera, in cui si evidenzia la diversa distribuzione dei lobi di massimo irraggiamento dovuti al contributo dell'implementazione della tecnologia 5G (figura 1).

“Uno dei vantaggi di questa tecnologia – hanno ribadito ancora i tecnici dell'Arpa Basilicata – è che la banda disponibile di una 'cella' non sarà più suddivisa tra

i vari clienti a essa simultaneamente collegati, bensì ognuno potrà usufruire delle migliori prestazioni che l'antenna è in grado di offrire grazie alle tecniche di distribuzione spaziale delle risorse radio”.

La velocità teorica minima della cella è di circa 2,5 gigabyte per secondo al suo picco in download e 1,25 gigabyte al secondo in upload.

“Oltretutto le nuove celle dovranno garantire una drastica riduzione del consumo energetico, sia sotto un forte carico che nei momenti di minore affollamento della rete. L'aspetto energetico, sebbene non rappresenti una priorità per l'utente finale, è vitale per la crescita e il successo dello standard di connettività 5G”.

Gli ambiti di sperimentazione contemplati

riguardano, tra gli altri: turismo e cultura, monitoraggio e controllo parametri della città, sicurezza della popolazione e supporto alle forze dell'ordine, *wearable cam*, braccialetti *smart* per eventi di massa, monitoraggio parametri ambientali e controllo territorio e gestione emergenze. Sull'aspetto relativo all'esposizione da campi elettromagnetici, alcuni stati membri, tra cui l'Italia, hanno adottato limiti più restrittivi. La normativa italiana in materia di protezione della popolazione all'esposizione di campi elettrici magnetici ed elettromagnetici, ha privilegiato, infatti, sin dalle proprie origini nel 1998, politiche cautelative, definendo tre livelli di protezione:

- limite di esposizione: per proteggere dagli effetti acuti pari a 20 V/m
- valori di attenzione applicati in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore come protezione da eventuali effetti a lungo termine (finora non emersi) pari a 6 V/m
- obiettivi di qualità da tenere in considerazione all'atto di progettazione e installazione pari a 3 V/m.

Dalle valutazioni è emerso che nei paesi caratterizzati da limiti più restrittivi, come l'Italia, se non vengono spente alcune vecchie tecnologie commercialmente poco usate, si potrebbero riscontrare serie difficoltà nella introduzione massiva della nuova tecnologia 5G (figura 2).

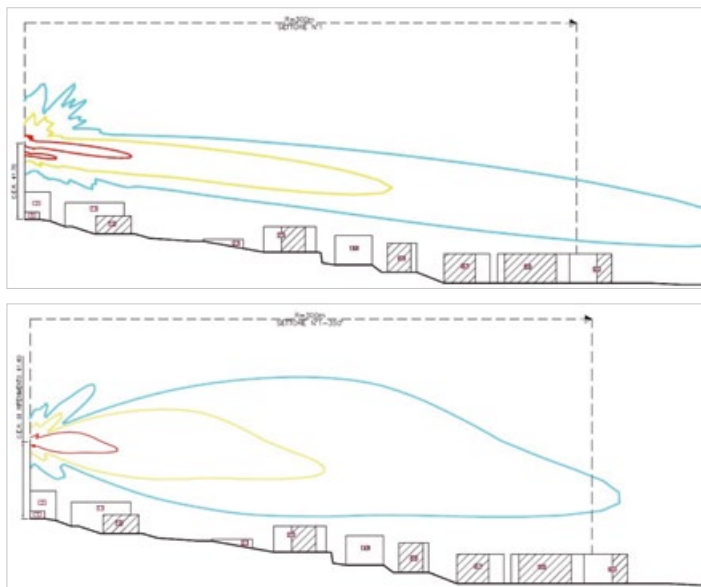
Giuseppina Carioscia, Antonio Marziario, Maria Fasano

Arpa Basilicata

FIG. 2
5G A MATERA

Esempio di sezione verticale di distribuzione dei lobi di massimo irraggiamento pre 5G (sopra) e post 5G (sotto) relativo a un impianto nel centro abitato di Matera.

- Curva isolivello 20 V/m
- Curva isolivello 6 V/m
- Curva isolivello 3 V/m



ANALISI PREVISIONALI, MISURE STRUMENTALI E SITI “SATURI”

NELLE GRANDI CITTÀ SI ASSISTE ALLA SATURAZIONE (CON I MODELLI PREVISIONALI) DELLO SPAZIO ELETTROMAGNETICO PER NUOVI SISTEMI E TECNOLOGIE. IL PROBLEMA DOVRÀ ESSERE AFFRONTATO ANCHE PER LE NUOVE INSTALLAZIONI 5G. UN'ANALISI CONDOTTA A BOLOGNA EVIDENZIA LA DIFFERENZA CON I RILIEVI STRUMENTALI, CHE MOSTRANO AUMENTI CONTENUTI.

La quinta generazione di reti mobili (5G) consentirà di soddisfare nuovi requisiti in termini di connettività e capacità anche grazie all'utilizzo delle bande ad onde millimetriche e di nuovi sistemi d'antenna di tipo MIMO e *beamforming*. Lo sviluppo di infrastrutture di rete per le nuove tecnologie 5G richiede di analizzare la situazione dei siti attualmente in uso dalle altre tecnologie (2G, 3G, 4G), al fine di verificare che l'introduzione di una nuova tecnologia, in aggiunta a quelle preesistenti, avvenga nel rispetto dei limiti vigenti. La valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza (Rf Emf) è stata infatti una sfida fondamentale per l'implementazione della rete radiomobile fin dall'inizio dello sviluppo del mercato delle comunicazioni mobili. Si evidenzia che, in generale, nell'introduzione di nuove tecnologie si tende a riutilizzare i siti esistenti e le relative infrastrutture, al fine di ridurre il Capex (*Capital Expenditure*) e facilitare lo sviluppo della rete.

In questi scenari *co-siting* si rende necessario valutare l'esposizione combinata dei campi elettromagnetici a Rf prodotti da più tecnologie sovrapposte (Gsm, Umts, Lte, 5G).

Si deve comunque tener conto che nella maggior parte delle grandi città lo spazio elettromagnetico a disposizione nelle valutazioni previsionali per l'aggiunta di nuovi sistemi e tecnologie, è ormai prossimo alla saturazione. I limiti normativi italiani (Dpcm 8 luglio 2003 [1]) e le metodologie di valutazione previsionale, basate su ipotesi cautelative, che tengono conto, per esempio, della massima potenza trasmissibile, non agevolano l'installazione di nuovi impianti e possono rendere difficoltosa l'implementazione di nuovi servizi oltre a quelli esistenti. L'effetto saturazione risulta molto evidente nei centri storici delle grandi città, laddove la richiesta di nuovi servizi è maggiore, ma tale effetto comincia a essere significativo anche nelle aree più periferiche.



Inoltre, i sistemi 5G al fine di poter sfruttare la potenzialità in termini di *bit-rate* delle onde millimetriche faranno uso di antenne con tecnologie avanzate come ad esempio il *massive MIMO* (*Multiple Input, Multiple Output*) [2] e *beamforming*. Grazie a questo tipo di antenne “intelligenti”, il massimo guadagno d'antenna può essere indirizzato verso gli utenti, piuttosto che trasmettere costantemente in tutte le direzioni. Ciò significa che, una valutazione dell'esposizione basata su un approccio conservativo “tradizionale”, in cui la massima potenza teorica viene trasmessa in ogni direzione possibile per un lungo periodo di tempo, non è realistica [3]. In questo lavoro sarà analizzata la situazione di alcuni siti collocati in ambiente urbano e suburbano di una città media italiana come Bologna. In particolare, saranno analizzati in forma aggregata i risultati delle stime previsionali e i dati di misure, puntuali e in continuo, effettuate in prossimità di diverse tipologie di siti.

La normativa per lo sviluppo del 5G

Al fine di ottenere velocità di trasmissione dell'ordine dei Gbit/s, i sistemi 5G utilizzeranno reti più dense con un gran numero di micro stazioni

radiobase, localizzate più in prossimità degli utenti e all'interno degli edifici, anche al fine di sopperire alla elevata attenuazione che si avrà, ad esempio, nell'uso di onde millimetriche. Allo stesso tempo continueranno a essere installate *macro-cell* e *small-cell* e quindi la rete futura sarà fortemente eterogenea. Lo spettro previsto per le reti 5G comprende tre intervalli di frequenza, elemento chiave per fornire un'ampia copertura e supportare tutti i servizi previsti per il 5G: frequenze sub-1 GHz, frequenze 1-6 GHz e frequenze oltre 6 GHz [4]. Di conseguenza, le valutazioni di esposizione elettromagnetica per le tecnologie 5G dovrebbero essere in grado di considerare tutte queste bande di frequenza. Ad esempio, la International Electrotechnical Commission (Iec) nella norma IEC 62232 ha proposto un'estensione delle metodologie di valutazione dell'esposizione alle frequenze del 5G [5]. Inoltre il 5G utilizzerà antenne MIMO che hanno più elementi radianti, che possono essere utilizzati per inviare e ricevere più dati contemporaneamente di uno stesso utente oppure di più utenti (*SingleUserMimo* vs *MultiUserMimo*). Il vantaggio per gli utenti è che più persone possono connettersi simultaneamente alla rete e/o mantenere un elevato *throughput*. Le antenne intelligenti avranno la possibilità di trasmettere i dati richiesti solo nella direzione dell'utente e solo

durante il tempo di utilizzo, pertanto la tecnologia 5G sarà quindi più efficiente a fronte di un'esposizione media R_f E_{mf} ridotta. Inoltre, il *beamforming* ha il vantaggio di ridurre l'interferenza della rete e quindi l'emissione elettromagnetica nelle direzioni non intenzionali, indirizzando la potenza trasmessa solo nella direzione desiderata. Come già accennato, le metodologie di valutazione dell'esposizione devono tener conto dell'utilizzo di sistemi *massive MIMO* e quindi le normative specifiche devono essere aggiornate di conseguenza. A livello internazionale la Iec ha pubblicato due norme tecniche: la Iec 62232 [10] e la Iec TR 62669 [11] che includono metodologie per la valutazione dei livelli di esposizione generati dai nuovi sistemi d'antenna 5G *massive MIMO* e *beamforming*. Ad oggi, solo la norma tecnica Iec 62232 ED 2 è stata recepita dal Cei nel marzo 2018. Inoltre, l'introduzione di microcelle, picocelle e femtocelle in un'area urbana ad alta densità di utenti consentirà di ridurre i colli di bottiglia in aree congestionate dal traffico e, poiché possono lavorare in configurazioni "a bassa potenza", potranno essere utilizzate per implementare soluzioni a ridotto impatto dal punto vista delle emissioni elettromagnetiche [7].

Siti saturi: valutazioni previsionali

Nella seguente analisi, con il termine "sito saturo" si intende un sito in cui, mediante simulazioni modellistiche di campo elettromagnetico utilizzando i dati di impianto alla massima potenza, sono stati stimati valori di campo elettrico $|E|$ 5 V/m in punti in cui devono essere rispettati i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità (6 V/m). L'analisi prende in considerazione l'evoluzione dell'effetto di saturazione elettromagnetica dei siti nel corso degli anni, in particolare analizzando la situazione al 2010 e al 2018. Lo scenario considerato è quello urbano, in cui tale aspetto risulta più evidente a causa del numero maggiore di stazioni radiobase necessario per far fronte alle elevate esigenze di traffico. Le simulazioni sono state eseguite da Arpa Emilia-Romagna (Area prevenzione ambientale metropolitana - Bologna) utilizzando uno strumento per valutare i livelli di esposizione elettromagnetica in ambienti reali (tool previsionale ArGIS [13]). In particolare, è stato adottato lo scenario più cautelativo, ovvero sono state considerate le condizioni di propagazione di spazio

FIG. 1
SITI SATURI

Percentuale di siti saturi in un tipico scenario urbano (Bologna): confronto tra dati del 2010 e del 2018.

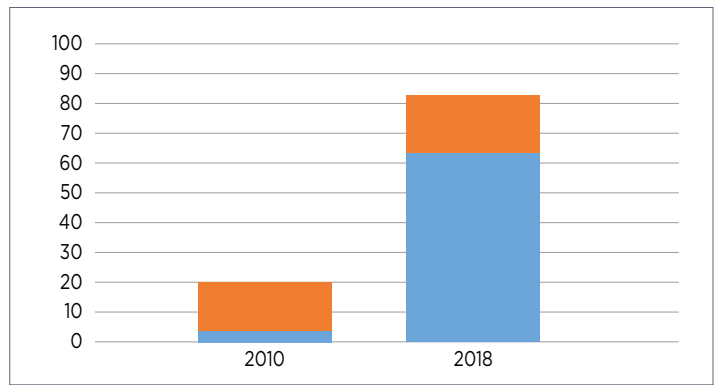
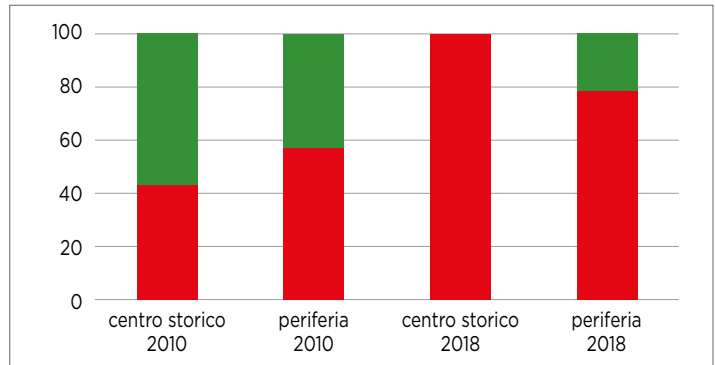


FIG. 2
SITI SATURI

Distribuzione dei siti saturi in diversi scenari urbani (Bologna) nel 2010 e nel 2018.



libero e la massima potenza al connettore d'antenna dichiarata. La simulazione dei livelli di campo elettromagnetico prodotti dalle stazioni radiobase è stata effettuata nella città di Bologna, che è abbastanza rappresentativa di una situazione urbana media in Italia. In particolare, è stata eseguita un'analisi comparativa valutando la distribuzione della percentuale di "siti saturi" al 2010 e al 2018 partendo dai dati forniti da Arpa Emilia-Romagna. In figura 1 si può osservare che la percentuale di "siti saturi" è più che quadruplicata nel periodo 2010-2018, passando infatti dal 19% del 2010 all'83% del 2018. Nello specifico, nel 2010 tale percentuale nel centro città e in periferia (aree suburbane) era del 15% e del 4% rispettivamente, mentre il dato del 2018 indica il 20% dei siti saturi in centro città e il 63% in zone più periferiche. Va però sottolineato che, al 2018, la totalità (100%) dei siti del centro storico (rappresentativo di un'area urbana densa) risultano saturi, come si può osservare dall'analisi di figura 2. Questa diversa distribuzione è dovuta alla maggiore densità di siti e di edifici in centro storico, oltre alla necessità di soddisfare l'alta richiesta di traffico sia in termini di numero di utenti che di capacità trasmissiva. Sempre in riferimento all'anno 2018, anche nelle aree periferiche la percentuale di siti saturi è comunque elevata, pari al 79%, rendendo problematica anche in tali aree l'implementazione di nuove tecnologie. Queste considerazioni possono essere generalizzate a tutti gli

scenari urbani in Italia, dove la situazione di utenti, traffico e capacità è simile. Un'ulteriore analisi delle criticità nelle aree urbane è stata fatta valutando la percentuale di siti saturi nei quali il valore del campo elettromagnetico simulato è pari a 6 V/m, che è risultata pari al 20% del totale, con una differenziazione tra centro storico e periferia pari al 36% e al 15% rispettivamente. Un altro aspetto che è stato analizzato è l'applicazione del fattore "Alpha24" [8] che consente di valutare una riconfigurazione nei siti esistenti tenendo conto dell'effettiva potenza media trasmessa nelle 24 ore. La riconfigurazione di un sito Rbs (*Radio Base Station*) consiste generalmente nella variazione della tecnologia esistente e/o nell'inserimento di un nuovo sistema di trasmissione (4G/5G) che spesso comporta la modifica della potenza autorizzata. Nell'area urbana e suburbana di Bologna, dal 2015 all'inizio del 2017 circa il 62% degli impianti esistenti è stato riconfigurato. In particolare, nel 40% di tali riconfigurazioni è stato applicato il fattore di riduzione "Alpha24", poiché le riconfigurazioni rappresentano un metodo utile per gestire in modo efficiente lo spazio elettromagnetico già disponibile. La notevole presenza di siti saturi riduce tuttavia i vantaggi di tale flessibilità e aumenta la complessità per l'introduzione di nuove tecnologie come il 5G. Infatti, nel 2018 su 91 impianti valutati solo in 6 casi è stata richiesta l'applicazione del fattore "Alpha24".

Si è inoltre esaminato l'impatto sulle richieste complessive di autorizzazione/ riconfigurazione dell'utilizzo del fattore di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici [9] per l'anno 2018. La percentuale di impianti per i quali è stata richiesta l'applicazione del fattore di assorbimento per pareti senza finestre (6 dB) è risultata pari al 35% del totale e per ogni impianto, mediamente, è stata richiesta l'applicazione del fattore di assorbimento per due edifici.

Livelli di esposizione: misure strumentali

Per completare l'analisi sui livelli di esposizione sono state analizzate le misure in banda larga effettuate negli anni 2010 e 2018 da Arpa Emilia-Romagna sia in modalità puntuale che continua nel centro e nella periferia di Bologna. Il monitoraggio in continuo tramite le centraline è stato effettuato in un numero limitato di punti, prevalentemente su terrazzi o lastrici solari ai piani alti di edifici, mentre le misure puntuali sono più numerose e includono la caratterizzazione della esposizione in ambienti *indoor* e *outdoor*, sia a piani alti che a piani più bassi di edifici.

Sono stati presi in considerazione un centinaio di dati di misura per ognuno dei due anni considerati: per l'anno 2010 il 27% dei punti di misura è ubicato nella periferia, mentre per l'anno 2018 la distribuzione dei punti tra centro e periferia è confrontabile (48% centro e 52% periferia).

I risultati delle misure sono stati elaborati in forma aggregata per entrambi gli anni considerati attraverso la valutazione statistica delle percentuali dei dati di misura che rientrano in diversi intervalli di valori di campo elettrico E (V/m). Tali valutazioni sono state inoltre differenziate per anno e per tipologia di scenario ambientale (es. centro città e periferia, *indoor/outdoor*, piani alti e piani bassi).

Analisi dati 2018

La prima analisi si è focalizzata sui risultati di misura relativi al 2018, per valutare la situazione attuale dei livelli di esposizione reale negli scenari tipici di centro e periferia della città di Bologna. La percentuale maggiore dei risultati di misura (71%) è compresa nell'intervallo tra 0 e 1 V/m, mentre le percentuali decrescono da poco più del 10% per l'intervallo da 1 a 2 V/m al 1% per l'intervallo tra 4 e 5 V/m. Si sottolinea

FIG. 3
LIVELLI DI CAMPO CENTRO/PERIFERIA

Livelli di campo misurato (Bologna, 2018), confronto tra centro e periferia.

■ Centro
■ Periferia

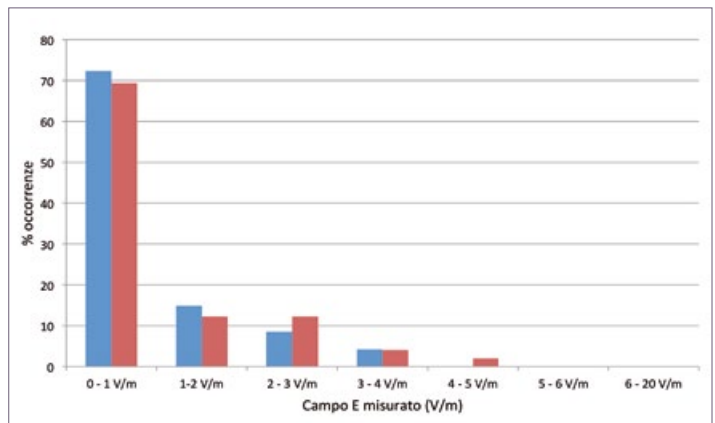


FIG. 4
LIVELLI DI CAMPO 2010/2018

Livelli di campo misurato (Bologna), confronto tra il 2010 e il 2018.

■ 2010
■ 2018

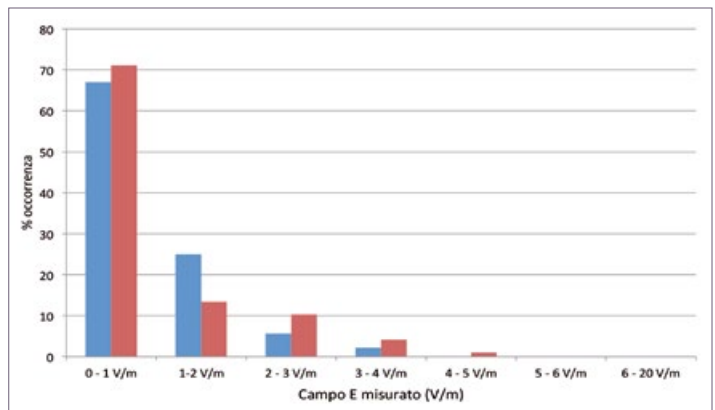
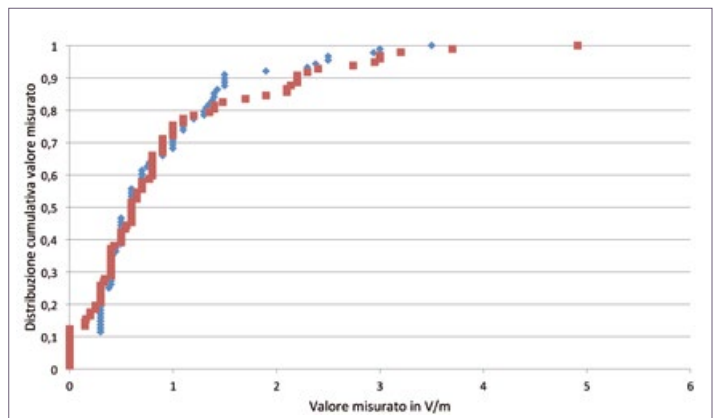


FIG. 5
CUMULATIVE CAMPO ELETTRICO 2010/2018

Confronto distribuzioni cumulative misure campo elettrico tra il 2010 e il 2018.

◆ 2010
■ 2018



che in nessun caso sono stati misurati valori di campo elettrico uguali o superiori a 6 V/m.

Il grafico di *figura 3* mette a confronto i livelli di campo misurati in centro con quelli relativi alle zone periferiche. Da tale analisi si evidenzia che in generale le percentuali di valori contenuti nei diversi intervalli di campo elettrico considerati sono simili nei due scenari. La percentuale risulta maggiore nel centro città rispetto alla periferia nei primi due intervalli che corrispondono a valori misurati inferiori a 2 V/m.

Dall'analisi dei dati di misura del 2018 non appaiono evidenti situazioni con livelli di esposizione reale confrontabili con i valori stimati per i siti saturi. Come ci si poteva aspettare, i valori delle analisi comparative misurati ai piani bassi

o in ambienti interni risultano compresi negli intervalli caratterizzati da livelli di campo elettrico inferiori, rispetto ai piani alti e agli ambiente esterni.

Confronto dati anni 2010 – 2018

I risultati delle misure negli anni 2010 e 2018 sono stati confrontati in tre diverse tipologie di analisi:

- 1) l'analisi comparata delle occorrenze dei livelli di campo misurati nei diversi intervalli di campo elettrico considerati precedentemente
 - 2) lo studio delle distribuzioni cumulative dei livelli di campo nei due anni
 - 3) l'analisi comparata delle occorrenze dei livelli di campo distinti per centro e periferie.
- In *figura 4* vengono confrontate le percentuali delle misure nelle diverse

fascie di valori di campo elettrico per il 2010 e per il 2018. Dalla analisi viene confermato che in entrambi gli anni, la maggior parte dei valori di campo elettrico E (V/m) sono compresi nell'intervallo tra 0 e 1 V/m.

Quello che emerge per il 2018 è un lieve aumento rispetto al 2010 delle percentuali negli intervalli di valori di campo superiori ai 2 V/m e una diminuzione nell'intervallo 1-2 V/m. Si evidenzia che a tali differenze potrebbero aver contribuito anche le diverse posizioni dei punti di misura.

Un'ulteriore analisi può essere effettuata sulla base della distribuzione cumulativa dei dati presentata in *figura 5*. Nel grafico vengono riportate per un confronto le distribuzioni cumulative dei dati di misura calcolate per il 2018 e per il 2010. Dalla analisi delle due curve emerge una coincidenza del 50-esimo percentile che per entrambe le curve è posizionato nella parte medio-alta della fascia 0-1 V/m. Il campo elettrico medio calcolato su tutti i punti di misura è di 0,8 V/m per il 2010 e di 0,9 V/m per il 2018. Il 90-esimo percentile è pari a 1,5 V/m per il 2010 e a 2,2 V/m per il 2018, il 95-esimo percentile è pari a 2,1 V/m per il 2010 e a 3,0 V/m per il 2018.

Per quanto riguarda i valori di campo misurati in centro città, dal confronto tra i dati rilevati nel 2010 e nel 2018 emerge un piccolo aumento percentuale nel 2018 dei valori che rientrano nelle fasce 0-1 V/m, 2-3 V/m e 3-4 V/m e una diminuzione nella fascia 1-2 V/m. La stessa analisi per la periferia evidenzia un aumento nel 2018 rispetto al 2010 della percentuale di occorrenze nelle fasce superiori a 2 V/m e una diminuzione per valori inferiori.

Conclusioni

Ciò che emerge dall'analisi dei dati delle stime e delle misure è una evidente differenza tra la valutazione con modelli previsionali e quella derivante da rilievi strumentali. Si nota che nella città di Bologna il numero di "siti saturi", valutati attraverso stime previsionali, è cresciuto considerevolmente dall'anno 2010 al 2018, con un incremento significativo nelle aree periferiche, mentre le misure evidenziano un aumento contenuto del valore medio di campo elettrico nello stesso arco temporale.

I risultati ottenuti forniscono alcune considerazioni:

- le procedure autorizzatorie nazionali, di nuovi impianti o riconfigurazione di quelli

esistenti, richiedono un'analisi modellistica preventiva adottando criteri cautelativi (ad es. massima potenza di alimentazione, propagazione in spazio libero) che non descrivono sempre lo scenario reale massimizzando i livelli di esposizione

- la valutazione previsionale viene eseguita su tutto il volume dell'edificio e nella maggior parte dei casi il valore massimo di campo elettrico stimato ricade al colmo del tetto, in punti o luoghi inaccessibili.

Viceversa, la maggior parte delle misure strumentali viene eseguita nei piani abitabili a quote inferiori al colmo e comunque quasi mai in corrispondenza del punto di massimo stimato

- l'applicazione del fattore "Alpha24" consente di valutare una riconfigurazione nei siti esistenti tenendo conto dell'effettiva potenza media trasmessa nelle 24 ore

- l'utilizzo del fattore di attenuazione, dove previsto, quasi sempre applicato sulla copertura dell'edificio consente in generale la riconfigurazione degli impianti anche in presenza di "sito saturo".

Va detto che se da un lato le valutazioni preventive cautelative determinano una sovrastima del valore stimato rispetto a quello misurato, è anche vero che ciò ha consentito, fin ora, il rispetto dei limiti di riferimento normativi in uno scenario di continuo sviluppo tecnologico delle reti di telecomunicazioni.

Claudia Carciofi¹, Giuseppe Anania², Marina Barbiroli³, Daniele Bontempelli², Valeria Petrini¹, Simona Valbonesi¹, Cristina Volta², Simone Colantonio²

1. Fondazione Ugo Bordoni
2. Arpa Emilia-Romagna, Area prevenzione ambientale metropolitana Bologna
3. Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Ingegneria dell'energia elettrica e dell'informazione

Il lavoro è stato presentato al VII Convegno nazionale Agenti fisici di Stresa (5-7 giugno 2019) ed è in pubblicazione nel numero di settembre del Bollettino Airp

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Decreto del presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (GU n. 199 del 28-8-2003).

[2] T.L. Marzetta, "Massive MIMO: An introduction", *Bell Labs Tech. J.*, vol. 20, pp. 11-22, Mar. 2015.

[3] B. Thors et al, "Time-Averaged realistic Maximum Power Levels for the Assessment of radio Frequency Exposure for 5G radio Base Stations Using Massive MIMO", *IEEE Access*, vol. 5, pp. 19711-19719, October 2017.

[4] Radio Spectrum Policy Group, *Strategic Roadmap Towards 5G for Europe*, "Opinion on spectrum related aspects for next generation wireless systems (5G)", RSPG16-032 Final, Brussels, 09 November 2016.

[5] IEC 62232:2017, Ed. 2 - *Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure*, August 2017.

[6] ITU-T K-Series Recommendations, "5G technology and human exposure to RF EMF", November 2017.

[7] GSMA Booklet *Improving wireless connectivity through small cell deployment*, December 2016.

[8] Decreto 2 dicembre 2014, "Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'ISPRA e alle ARPA/APPA i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime previsionali per tener conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore", GU Serie Generale n.296 del 22-12-2014).

[9] Decreto 5 ottobre 2016 "Approvazione delle Linee Guida sui valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici", (GU Serie Generale n.252 del 27-10-2016).

[10] IEC 62232:2017 *Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure*.

[11] IEC TR 62669:2019 *Case studies supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure*.

[12] Linee Guida CEI 211-7, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana", 2011.

[13] ARGIS, Software per la valutazione dell'impatto elettromagnetico - Versione 1.3, conforme alle prescrizioni della Guida CEI 211-10 V1 2004-01, www.wirelessfuture.it

5G, UN PERICOLO PER LE OSSERVAZIONI SATELLITARI

ALCUNE FREQUENZE UTILIZZATE DAL 5G SONO MOLTO VICINE A QUELLE NATURALI SFRUTTATE PER LA RILEVAZIONE SATELLITARE DI VAPORE ACQUEO E OSSIGENO NELL'ATMOSFERA. I METEOROLOGI CHIEDONO UNA RIGOROSA REGOLAMENTAZIONE PER PROTEGGERE SISTEMI DI MONITORAGGIO FONDAMENTALI. INTERVISTA A ANTHONY MCNALLY, ECMWF.

INTERVISTA



Anthony McNally
Principal Scientist,
Research Department, Ecmwf

Una preoccupazione riguardo all'introduzione della tecnologia 5G è stata espressa da diversi meteorologi, e in particolare da chi si occupa di rilevazione satellitare: esiste infatti un rischio di interferenze con le frequenze (naturali) rilevate nell'osservazione del vapore acqueo e dell'ossigeno presente in atmosfera, con conseguente rischio di non avere a disposizione informazioni fondamentali per le previsioni a breve termine e per l'allertamento in caso di fenomeni intensi.

Su questo tema, abbiamo chiesto maggiori dettagli a Tony McNally, Principal Scientist nel Dipartimento di Ricerca del Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (Ecmwf), dove è responsabile per le osservazioni satellitari a infrarossi.

Qual è il potenziale problema con le frequenze 5G? Su che cosa potrebbero avere un impatto?

Per fare previsioni meteo di alta qualità, una cosa molto importante che dobbiamo fare è la valutazione dello stato dell'atmosfera in questo momento, per tracciare un quadro della "condizione iniziale dell'atmosfera". Se vogliamo una previsione che vada più avanti di qualche ora, per esempio una previsione a 5-10 giorni sull'Italia, occorre sapere com'è il tempo in tutto il mondo: il tempo che caratterizzerà l'Italia tra 5 giorni avrà origine sugli

Stati Uniti o addirittura nell'Oceano Pacifico. Uno degli elementi chiave dei sistemi di osservazione che abbiamo a disposizione, che può aiutarci a tracciare questo quadro globale, sono i satelliti. La fonte più importante di osservazioni da satellite è quella effettuata con sensori a microonde a bordo del veicolo spaziale. Questi sensori fondamentalmente "ascoltano" i segnali che vengono dalla radiazione naturale dalla superficie della Terra e dall'atmosfera. Per le leggi fondamentali della fisica, le frequenze alle quali il nostro pianeta emette microonde sono fisse, non possiamo sceglierle. Il vapore acqueo e l'ossigeno emettono una radiazione a microonde a frequenze molto specifiche. Il problema di fronte a cui ci troviamo oggi è che le industrie di telecomunicazione cercano frequenze su cui far operare i segnali come quelli della rete 5G ed è concreta la minaccia in questa fase che le reti 5G operino a frequenze (circa 23 GHz e circa 37 GHz) molto vicine alle frequenze naturali che osserviamo tramite i satelliti. Quindi, l'ovvio pericolo è che i segnali da queste reti di telecomunicazioni a terra contaminino l'osservazione che noi facciamo dallo spazio (segnali di ampiezza molto piccola). I sensori a bordo dei satelliti sono estremamente sensibili, possono ascoltare questi segnali a frequenze naturali molto deboli. Un flusso molto intenso da una stazione terrestre 5G potrebbe completamente "accecare" il satellite. E se i satelliti non sono più in grado di vedere, vengono a mancarci segnali meteorologici molto importanti, con potenziali conseguenze catastrofiche per l'accuratezza delle previsioni.

Quali conseguenze avrebbe questo, in termini di giorni o ore "persi" per un allarme tempestivo in caso di eventi estremi?

Penso che sia molto difficile quantificare in termini generali quale sarebbe il danno, dipende da quante di queste emissioni di telecomunicazioni ci saranno e dove

si troveranno. Lo scenario peggiore è che questa contaminazione avvenga in una regione critica. Se c'è uno sviluppo molto piccolo, ad esempio nell'Europa occidentale o in Italia e i satelliti vengono accecati, noi non saremmo in grado di raccogliere i primi segnali di una tempesta convettiva molto intensa, un evento che può portare piogge molto intense, come quelli che succedono in estate. Le conseguenze della mancanza di un allarme preventivo in questi casi potrebbero essere catastrofiche.

Ci sono stati problemi analoghi in passato con l'introduzione di nuove tecnologie?

Sì, abbiamo avuto problemi di questo tipo in passato, è stata una lunga battaglia tra le agenzie di telecomunicazioni commerciali e la comunità internazionale che si occupa di rilevamento satellitare. L'esempio peggiore è quello del satellite Smos (lanciato dall'Esa), un satellite a microonde che opera a 1,4 GHz, che è stato completamente "distruito" dalle emissioni delle reti di telecomunicazione. Il satellite Smos, che misura l'umidità del suolo e la salinità degli oceani, è diventato inutilizzabile proprio per queste emissioni dalla superficie terrestre.

Com'è possibile risolvere questo problema?

Quello che abbiamo cercato di fare negli anni è di spiegare la natura del problema alle agenzie governative che regolano effettivamente l'allocazione dello spettro. C'è stato un buon dialogo con questi organismi, ma i regolatori sono sempre sottoposti a enormi pressioni commerciali, per rilasciare sempre più frequenze per operazioni commerciali. Non c'è alcun accordo legalmente vincolante a livello internazionale in vigore per proteggere queste frequenze, che sono quindi sempre in pericolo e vulnerabili alle decisioni dei singoli paesi relativamente alla possibilità di operare a queste frequenze fondamentali.

L'Organizzazione meteorologica mondiale e altre istituzioni si sono mosse per trovare una soluzione?

L'Organizzazione meteorologica mondiale e tutti i principali operatori satellitari hanno documentato molto chiaramente quali frequenze debbano essere protette. Ora abbiamo bisogno di una forte risposta da parte dei governi per onorare questi accordi. Ma talvolta emergono difficoltà per questioni al limite: gli operatori delle telecomunicazioni potrebbero usare frequenze molto vicine alla banda protetta, anche se non all'interno di essa. Così, a livello legale starebbero rispettando le condizioni, ma con i sistemi di cui stiamo parlando c'è quella che potremmo chiamare dispersione di radiazione fuori banda. Anche se il sistema di telecomunicazione è al di fuori della banda protetta, ci potrebbe essere

una contaminazione se la tecnologia è di scarsa qualità o se è troppo potente. Una cosa particolare legata al 5G è che le nuove frequenze richiedono una potenza più elevata e molte più stazioni per ritrasmettere i segnali. Questo significa che ci sarà una minaccia molto maggiore per i satelliti meteorologici.

L'unica soluzione, quindi, è quella di proteggere queste frequenze?

È esattamente così. Noi non possiamo scegliere le frequenze che dobbiamo osservare, quelle che i satelliti devono misurare: sono frequenze naturali, che dipendono dalla fisica del nostro pianeta. Al contrario, le agenzie di telecomunicazione hanno scelte a disposizione. Gli operatori possono scegliere su quale parte delle frequenze operare. Perciò noi contiamo sui regolatori perché siano corretti e



CREDIT: ESA

prendano una posizione molto forte per assicurare che gli operatori di telecomunicazioni non "contaminino" queste bande di frequenze protette.

Intervista e traduzione a cura di **Stefano Folli**

FIG. 1
INTERFERENZE DI
RADIOFREQUENZA

Evidenti interferenze di radiofrequenza (Rfi) su terra e oceani nei canali della banda C (6 GHz) del satellite Amsr-E, agosto 2018.

Fonte: Jma

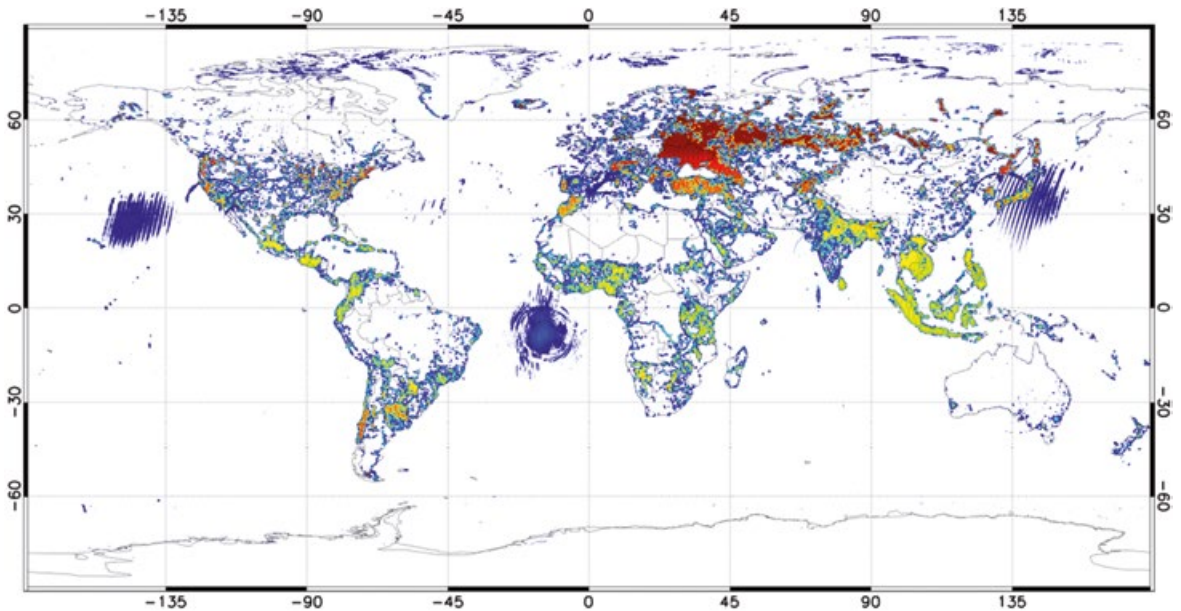
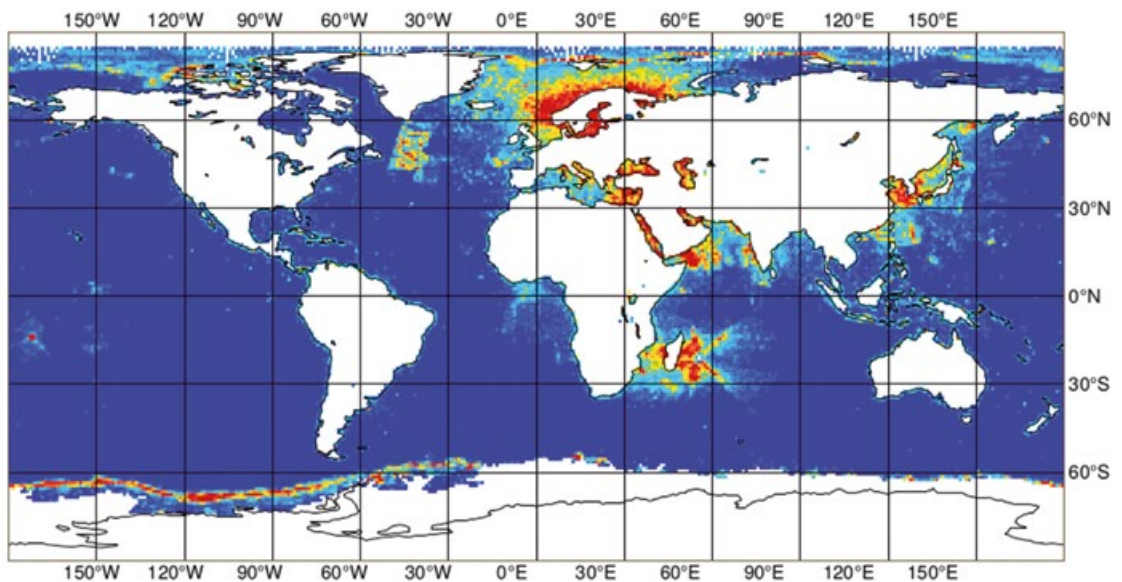


FIG. 2
INTERFERENZE DI
RADIOFREQUENZA

Evidenti interferenze di radiofrequenza (Rfi) su terra e oceani nei canali della banda C (6 GHz) del satellite Smos, agosto 2018.

Fonte: Esa/Ecmwf



È IN VIA DI REALIZZAZIONE IL CATASTO NAZIONALE CEM

IL CATASTO NAZIONALE DELLE SORGENTI DI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI PERMETTE LA RACCOLTA DI INFORMAZIONI NECESSARIE PER LE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E CONTROLLO AMBIENTALE. ALIMENTATO DAI DATI PROVENIENTI DAI CATASTI REGIONALI, È STATO RECENTEMENTE RIPROGETTATO PER RISPONDERE ALLE ESIGENZE NORMATIVE.

L'articolo 4 comma c della legge quadro 36/2001 attribuisce allo Stato la funzione relativa all'istituzione del *Catasto nazionale delle sorgenti fisse e mobili dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate*, al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell'ambiente (Cen). Nell'art. 7 della stessa legge si specifica che tale Catasto è costituito nell'ambito del sistema informativo e di monitoraggio di cui all'articolo 8 del decreto del Presidente della Repubblica 4 giugno 1997, n. 335 (Sina).

Il 13 febbraio 2014 è stato emanato dal ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare (Mattm) il decreto ministeriale di istituzione del Cen, a valle di un processo di confronto tra l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra), che ha avuto apposito mandato dal ministero dell'Ambiente, e dalle Agenzie regionali e provinciali per l'ambiente (Arpa/Apa), volto a definire e condividere le specifiche tecniche per la realizzazione del Catasto stesso.

Il Cen deve operare in coordinamento con i diversi Catasti elettromagnetici regionali (Cer) e tutti i catasti devono necessariamente contenere le stesse informazioni minime. Secondo quanto disposto dal decreto ministeriale succitato, il Catasto nazionale permette la produzione di informazioni per le attività di monitoraggio e controllo ambientale necessarie a:

- fornire supporto alle decisioni riguardanti l'ambiente e il territorio
- consentire di costruire indicatori e indici di esposizione che forniscano la rappresentazione più efficace dello stato ambientale
- costituire supporto informativo utile per la valutazione d'impatto di nuove singole sorgenti o per la pianificazione complessiva dell'installazione di nuove sorgenti
- fornire supporto alle pubbliche amministrazioni in fase di procedimenti autorizzativi in materia di edilizia, in

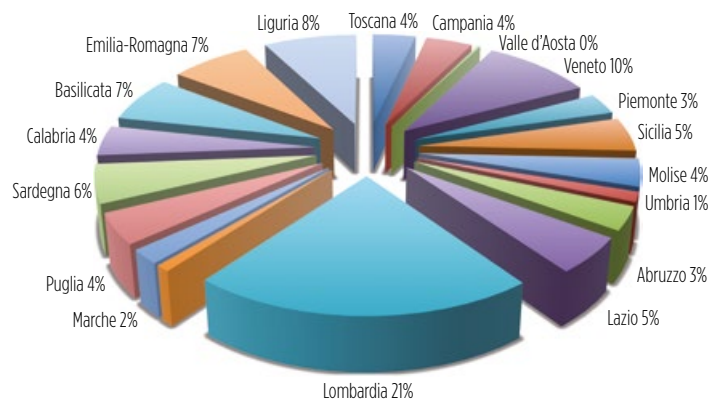


FIG. 1 FINANZIAMENTO CATASTI REGIONALI

Ripartizione del finanziamento del Mattm alle Regioni per la realizzazione dei Cer.

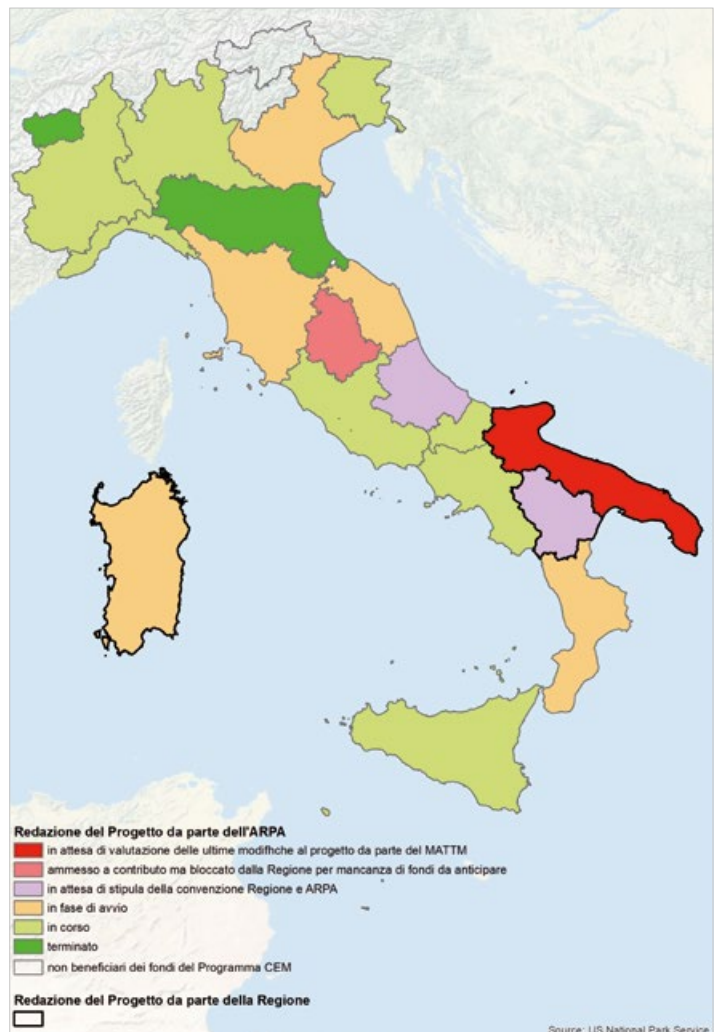


FIG. 2 PROGRAMMA CEM

Stato dell'arte dell'attuazione del Programma Cem.

Source: US National Park Service

relazione alle fasce di rispetto, ai sensi dell'art. 6, comma 1 del Dpcm 8 luglio 2003 (50 Hz).

In particolare il Catasto nazionale deve consentire quindi:

- di conoscere l'ubicazione delle sorgenti sul territorio
 - di conoscere le caratteristiche tecniche delle sorgenti
 - l'identificazione dei gestori degli impianti nel rispetto della normativa esistente sulla riservatezza e sulla tutela dei dati personali
 - di costruire le mappe territoriali di campo elettrico e magnetico, per rappresentare lo stato dell'ambiente.
- Dall'emanazione della Legge quadro in poi, alcune Regioni si sono dotate di Catasti regionali, ma la situazione a livello nazionale, soprattutto successivamente all'emanazione del Dm 13/02/2014, ha sottolineato l'esigenza di sistematizzare la raccolta di informazioni

di queste sorgenti elettromagnetiche a livello regionale, al fine di poter consentire il popolamento del Cen. Il Programma Cem, di cui al Decreto direttoriale n.72/2016: "Programma di contributi per esigenze di tutela ambientale connesse alla minimizzazione dell'intensità e degli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", rientra nel finanziamento di progetti/interventi/azioni finalizzati all'elaborazione dei piani di risanamento, alla realizzazione dei catasti regionali e all'esercizio delle attività di controllo e monitoraggio come da L 36/2001. Secondo quanto disposto dall'art. 4, comma 1 del decreto in oggetto, i progetti ammissibili a contributo, nell'ambito del Programma Cem, nel rispetto dei criteri e delle procedure di cui agli articoli del suddetto decreto, sono relativi allo svolgimento di una o più delle seguenti attività:

- elaborazione dei piani di risanamento,

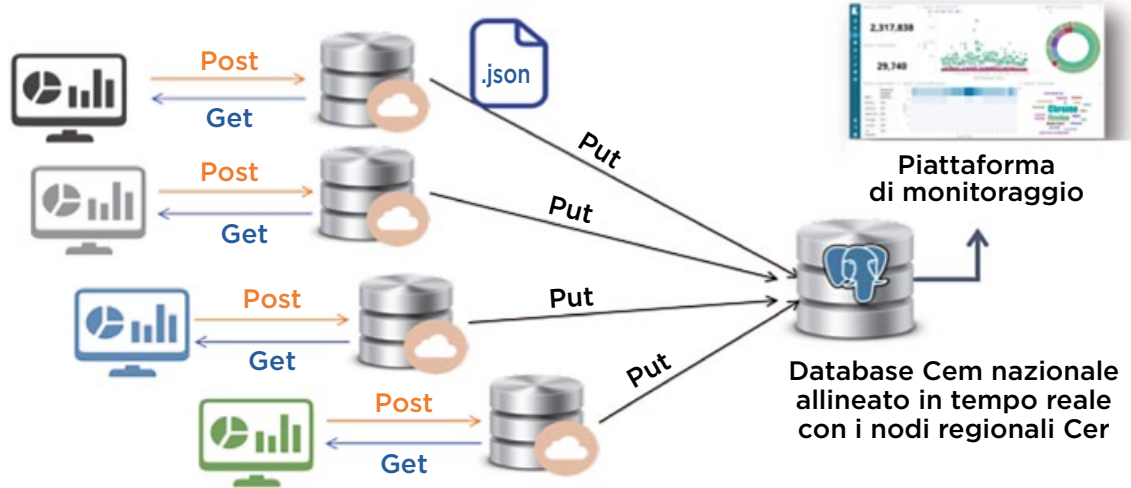
previsti dall'art. 9 della legge quadro 36/2001

- realizzazione e gestione, in coordinamento con il Catasto nazionale istituito con Dm 13 febbraio 2014, di un catasto regionale delle sorgenti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, al fine di rilevare i livelli dei campi stessi nel territorio regionale, con riferimento alle condizioni di esposizione della popolazione
- esercizio delle attività di controllo e monitoraggio.

A livello nazionale, su disposizione del suddetto decreto direttoriale, sono state finanziate dal Mattm le Regioni per attuare numerosi progetti regionali su varie linee di attività tra cui quella di realizzazione/gestione del Catasto elettromagnetico regionale (Cer) in coordinamento con il Catasto elettromagnetico nazionale (Cen).

FIG. 3
CERZCEN

Flusso dei dati dai Cer al Cen.



I progetti presentati dalle Regioni per la realizzazione dei Cer hanno comportato una ripartizione in percentuale del finanziamento secondo criteri definiti (superficie territoriale, popolazione, lunghezza delle linee elettriche, numero di stazioni radio base) come evidenziato in *figura 1*.

Su tali attività Ispra, secondo quanto disposto dall'art. 10 del decreto direttoriale succitato, fornisce il proprio supporto tecnico al Mattm per la fase di valutazione delle istanze (comprese le integrazioni richieste alle stesse) e per le fasi di monitoraggio e di valutazione delle conclusioni. La fase di valutazione tecnica dei progetti e delle integrazioni progettuali è stata effettuata da Ispra nel corso del 2017 e del 2018. Durante il 2018 le attività sono state avviate e sviluppate direttamente dalle Regioni o dalle Arpa in convenzione con le Regioni stesse. In *figura 2* lo stato di attuazione a oggi del programma Cem del Mattm per lo sviluppo dei Catasti regionali (Cer) da parte delle Regioni/Arpa.

Sulla base delle disposizioni dell'art. 7 comma 1 della legge quadro 36/2001, il 31 marzo 2017 è stato emanato il decreto ministeriale sulle modalità di inserimento dei dati nel Catasto nazionale relative alle sorgenti a radiofrequenza (Rf) e a sorgenti fisse connesse a impianti, sistemi e apparecchiature radioelettrici per usi civili di telecomunicazioni. Il decreto attuativo relativo alle modalità di inserimento dei dati nel Catasto nazionale delle sorgenti Elf (elettrodotti), invece, non è stato ancora emanato dal Mattm. Entrambi i decreti hanno lo



scopo di regolamentare le modalità di fornitura dei dati da parte dei gestori. In particolare, l'articolo 3 del decreto attuativo relativo alle sorgenti Rf sancisce che "i catasti regionali trasmettono al catasto nazionale i dati e le informazioni di competenza regionale in essi presenti e il ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare inserisce i dati acquisiti nel catasto nazionale secondo procedure elettroniche di interscambio dati tramite internet". Di fatto quindi questo decreto non definisce in maniera tecnicamente dettagliata le modalità di trasferimento dei dati. Stante il quadro normativo sopra descritto e vista la legge del 28 giugno 2016, n. 132 – che istituisce il Sistema

nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (Snpa) costituito dalle Arpa/Appa e da Ispra e che all'art. 11 comma 2) specifica che "Nella gestione integrata della rete Sinanet... l'Ispra, in collegamento con le Agenzie, collabora con le amministrazioni statali... al fine di garantire l'efficace raccordo con le iniziative attuate da tali soggetti nella raccolta e nell'organizzazione dei dati e il mantenimento coerente dei flussi informativi tra i soggetti titolari delle medesime iniziative e la rete Sinanet" – tra il 2018 e il 2019 è stata effettuata da Ispra, dal punto di vista informatico, con un gruppo di lavoro trasversale all'Area Agenti fisici e al Servizio Sina, l'aggiornamento e la riprogettazione del Catasto nazionale, sia

SINA Data workflow

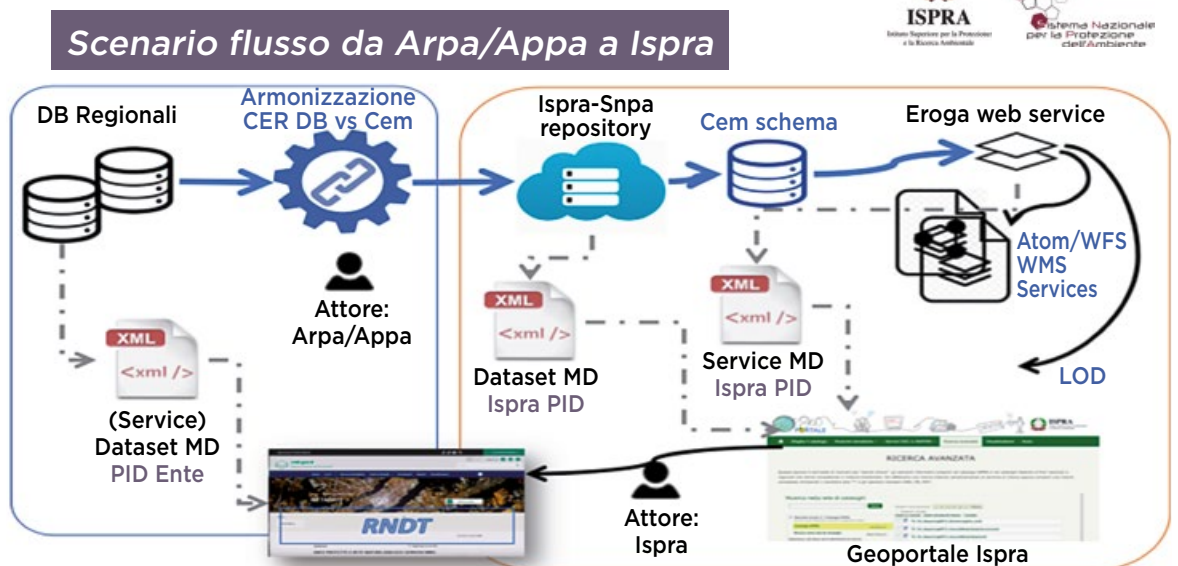


FIG. 4 CERZCEN

Workflow dal singolo Cer al Cen.

a livello di infrastruttura, sia a livello di architettura di collegamento con i Catasti regionali, comprese la risoluzione delle criticità inerenti la sicurezza informatica. Il gruppo di lavoro ha svolto un lavoro di analisi dell'esistente, di sviluppo di una nuova piattaforma di amministrazione per la gestione puntuale dei dati e di implementazione di *Restful Web Services* (Rws), per consentire la sincronizzazione dei dati aggiornati dei diversi Catasti regionali con il Catasto nazionale.

Questo sistema di trasferimento, assieme al Cen e ai Cer, costituisce il Sistema informativo Sinanet Cer2Cen. Il gruppo di lavoro sta attualmente portando avanti le attività di supporto alle Regioni/Arpa che, mano a mano, vanno concludendo le attività progettuali relative al proprio Catasto regionale, allo scopo di aggiornare le modalità di collegamento dei Catasti regionali con il Catasto nazionale.

Attualmente, la consultazione del Catasto nazionale è rivolta al personale tecnico del Snpa che sta partecipando all'attività di test e collaudo del Sistema Sinanet Cer2Cen.

Il flusso dei dati nel Sistema Cer2Cen è descritto nella *figura 3*, dalla quale si evince il verso del popolamento dai vari Cer al database centralizzato del Cen. Tale canale di alimentazione è disponibile on-line h24. Ciò comporta che il popolamento dal Cer al Cen è totalmente gestito nella tempistica dalle Arpa/Regioni che, detenendo il Catasto regionale e avendo contezza della disponibilità del dato stabile e validato, possono inoltrarlo con cadenza variabile fino al *real-time*.

Al fine di rendere il flusso di lavoro più integrato e armonizzato possibile con le specifiche tecniche nazionali ed europee, è stato disegnato un *workflow* che, nella *figura 4*, schematizza come, dal singolo Cer, può popolarsi il Cen. L'intero processo, coordinato dal Sina, risulta in carico alle Arpa/Regioni che detengono il Catasto regionale e che, con servizi Restful, interagiscono in modo continuo con il Cen. Il sistema di metadattazione e condivisione dei dati tramite servizi di rete già presente tra Ispra e i nodi regionali per altre tematiche è potenzialmente a supporto anche del sistema informativo Cer2Cen e sarà quindi integrabile, così da rendere le risorse accessibili a diversi livelli, ottemperando anche alla direttiva Inspire.

**Gabriele Bellabarba, Carlo Cipolloni,
Antonio Scaramella, Luisa Vaccaro**

Ispra

IL CATASTO REGIONALE IN PIEMONTE

Nell'ambito della realizzazione e gestione, in coordinamento con il catasto nazionale istituito con Dm 13 febbraio 2014, del Catasto regionale delle sorgenti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, Arpa Piemonte ha verificato la congruenza delle proprie basi dati relative alle sorgenti Elf e Rf con quelle definite dal Snpa, aggiornando e adeguando anche le componenti infrastrutturali del Sistema informativo geografico dell'Arpa, dedicate alla gestione dati ed esposizione servizi, quali indicatori sintetici di esposizione e servizi Gis.

In coordinamento con Ispra, sono inoltre stati effettuati i primi test dei servizi di interscambio dati, con risultati soddisfacenti. La messa a punto di tali servizi consentirà di realizzare un sistema informativo nazionale in grado di aggiornarsi in modo dinamico con i dati prodotti a livello regionale.

(a cura di Sara Adda, Laura Anglesio e Giovanni d'Amore, Arpa Piemonte)

IL CATASTO REGIONALE IN SICILIA

La Regione Siciliana ha istituito nel 2018 presso Arpa Sicilia il Catasto regionale delle sorgenti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico relativo agli impianti ubicati sul territorio regionale.

Arpa Sicilia, responsabile del Catasto, si occupa di validare ed elaborare le informazioni raccolte, trasferire i dati al Catasto nazionale, fornire supporto informativo agli enti pubblici interessati alle tematiche connesse.

Comuni, Regione e l'Agenzia collaborano per le rispettive competenze all'aggiornamento del Catasto.

Il Catasto elettromagnetico regionale è articolato in due sezioni:

- catasto impianti a radiofrequenze (per l'emittenza radio-televisiva e per la telefonia mobile e radar)
- catasto delle linee elettriche di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica ad alta ed altissima tensione appartenenti alla Rete elettrica di trasmissione nazionale (Rtn) e gli impianti a esse collegati.

Arpa Sicilia acquisirà nel corso del 2019 le risorse hardware e software per la realizzazione del Catasto. A regime i gestori comunicheranno le proprie istanze a mezzo della piattaforma, trasmettendo i dati tecnici. A seguito di rilascio di parere positivo da parte di Arpa, i dati dei nuovi impianti verranno a far parte del catasto, viceversa non verranno registrati come impianti presenti.

La piattaforma definirà diversi livelli di accesso e visibilità: ciascun gestore potrà visualizzare solo i propri impianti. Poiché il sistema garantirà l'interfaccia con il software di simulazione adoperato da Arpa Sicilia per la valutazione delle istanze di nuove installazioni o di modifica delle preesistenti, è prevista, per opportuna informazione al pubblico, la rappresentazione su webgis dello stato dei livelli di campo elettromagnetico presente sul territorio.

Il Catasto regionale si interfacerà con il Catasto nazionale dei campi elettromagnetici e, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse, a regime, renderà più fluida anche la comunicazione delle autorizzazioni

(a cura di Alice Scarcella e Antonio Conti, Arpa Sicilia)



PREVENZIONE E CONTROLLO A TUTELA DEI CITTADINI

L'AGENZIA AMBIENTALE DELL'EMILIA-ROMAGNA HA SEMPRE GARANTITO IL SUPPORTO AGLI ENTI LOCALI PER LE ATTIVITÀ DI AUTORIZZAZIONE E CONTROLLO DELLE SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI. TUTTE LE INFORMAZIONI DERIVANTI DA VALUTAZIONI PREVENTIVE, RILIEVI STRUMENTALI E MONITORAGGIO IN CONTINUO SI INTEGRANO NEL CATASTO REGIONALE.

Risale al 1995 la legge n. 44 con la quale la Regione Emilia-Romagna, in ottemperanza a quanto previsto dal Dl n. 496 del 4/12/93, convertito con L 61/94 "Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente", riorganizza sul proprio territorio regionale i controlli ambientali, e istituisce l'Agenzia regionale per la prevenzione e l'ambiente (Arpa) dell'Emilia-Romagna. "Riorganizzare i controlli" significa che comunque in regione era già attivo un proprio sistema di controllo, in quanto fino a quella data i controlli erano affidati, dalla L 833/78 "Istituzione del servizio sanitario nazionale", ai Presidi multizonali di prevenzione delle Aziende Usl. In Emilia-Romagna, il mantenimento del significato della lettera "P" come *prevenzione* e non *protezione* (sola tra le Agenzie regionali) ribadisce l'importanza del concetto basilare di "prevenzione" coniugato con l'aspetto "ambientale". Fra le attività e compiti affidati ad Arpa di interesse regionale sono individuati, in particolare:

- fornire il necessario supporto tecnico-scientifico ai fini della elaborazione dei programmi regionali di intervento per la prevenzione e il controllo ambientale e la verifica della salubrità degli ambienti di vita
- formulare agli enti e organi competenti i pareri tecnici concernenti interventi per la tutela e il recupero dell'ambiente
- realizzare specifiche campagne di controllo ambientale
- effettuare il controllo di fattori fisici
- svolgere funzioni tecniche di controllo sul rispetto delle norme vigenti in campo ambientale.

Tutti questi compiti rispondono compiutamente all'esigenza di gestione delle problematiche dei campi elettromagnetici e, dalla sua istituzione all'evoluzione in Arpa (Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia) nel 2016, l'Agenzia ha da sempre



FOTO: ANDREA SAMARITANI - REGIONE ER

approfondito le tematiche delle radiazioni non ionizzanti, garantendo in tutto il territorio regionale strutture efficacemente equipaggiate e organizzate al fine di fornire supporto alle amministrazioni locali e ai cittadini e istituendo il Centro tematico regionale come specifico punto di riferimento regionale e nazionale. Dopo l'emanazione del Dm 381/98 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana", una svolta fondamentale nel sistema dei controlli viene apportata dalla L 36/01 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", dove vengono dettagliatamente specificate le funzioni dello Stato e i compiti delle Regioni, delle Province e dei Comuni, nonché individuate le Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente quali strutture di cui le amministrazioni provinciali e comunali possono avvalersi per esercitare le funzioni di controllo e vigilanza sanitaria e ambientale.

Successivamente, con il Dlgs 259/03 "Codice delle comunicazioni elettroniche", alle Agenzie viene affidato anche l'importantissimo compito di accertare la compatibilità con i valori di riferimento normativi dei progetti di installazione di nuovi impianti per comunicazioni elettroniche, o modifiche di quelli esistenti. Occorre sottolineare che con le leggi regionali n. 10/93 "Norme in materia di opere relative a linee ed impianti elettrici fino a 150 mila volts. Delega di funzioni amministrative" e n. 30/00 "Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico", la Regione Emilia-Romagna aveva ampiamente anticipato i tempi rispetto alle normative nazionali, specie in termini di valutazioni preventive sull'installazione degli impianti. Attualmente, i compiti affidati alle Regioni dalla Legge quadro sono espletati, in Emilia-Romagna, dal Servizio tutela e risanamento acqua, aria e agenti fisici - Direzione generale Cura del territorio e dell'ambiente.

L'attività di Arpae

Nel corso degli anni, l'attività dell'Agenzia, sia relativamente alle sorgenti di campi a basse frequenze (elettrodotti, cabine), sia a quelle ad alte frequenze (impianti per telecomunicazione elettronica), si è quindi diversificata sostanzialmente in due ambiti: il primo legato, preliminarmente, all'attività di valutazione dei progetti ai fini dell'emissione dei pareri previsti dalla normativa, il secondo alle successive attività di controllo e monitoraggio al fine di verificare i livelli di campo elettromagnetico emessi. Per queste attività, l'Agenzia si è dotata di appropriati software di valutazione, che si basano su opportuni algoritmi di calcolo specifici per tipologia di sorgente, nonché di idonea strumentazione, sottoposti, entrambi, a costante aggiornamento. A supporto dei processi autorizzatori di competenza delle ex Province (attualmente Arpae-Sac) per gli impianti a bassa frequenza e dei Suap per gli impianti ad alta frequenza, le valutazioni preventive effettuate da Arpae permettono di produrre un parere favorevole alla realizzazione delle opere proposte qualora sia verificata la loro conformità relativamente all'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici prodotti, accertando che i livelli stimati non superino i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, valori di riferimento presenti nei due Dpcm emanati l'8 luglio 2003, specifici per le basse e le alte frequenze.

La valutazione preventiva permette ad Arpae e agli enti locali di indirizzare le proprie attività di vigilanza e controllo sugli impianti, consistenti nello svolgimento di sopralluoghi conoscitivi e nell'effettuazione di rilievi strumentali di campo elettromagnetico. Particolare attenzione viene rivolta ai recettori cosiddetti sensibili, come scuole, asili, case di riposo; i controlli possono derivare dalla programmazione di attività in convenzione con i Comuni o da richieste specifiche di enti o privati, in caso di situazioni particolari. I rilievi strumentali sono costituiti da misure manuali in banda larga e/o banda stretta, eseguite con strumentazione portatile, e monitoraggio in continuo. Con le misure in banda larga, il risultato che si ottiene esprime in maniera sintetica, all'interno della banda di frequenza di utilizzo dello strumento, un unico valore del campo (elettrico o magnetico) che indica il livello complessivo di campo

elettromagnetico presente, a cui una persona può quindi essere esposta, e permette un primo confronto con i valori di riferimento normativo.

In particolare, nell'ambito delle alte frequenze, il livello complessivo del campo deriva dalla presenza di impianti di tipo diverso che operano a frequenze diverse, ad esempio radio e tv e, nell'ambito delle telecomunicazioni mobili, Gsm, Umts, Lte e il prossimo 5G; attraverso misure in banda stretta è possibile verificare quindi la presenza dei segnali in aria e discriminare, nel punto di interesse, i rispettivi contributi al valore di campo complessivo rilevato; tale tipologia di misura risulta, inoltre, necessaria ai fini di una eventuale riduzione a conformità degli impianti derivanti dal riscontro di un superamento dei valori di riferimento normativo.

L'attività di vigilanza e controllo viene affiancata e integrata dal monitoraggio in continuo attraverso l'utilizzo di centraline rilocabili sul territorio, che permettono di valutare la variabilità temporale dei campi elettromagnetici emessi dalle sorgenti. Grazie ai contributi della Regione e del Mattm, negli ultimi anni si è avviato un processo di aggiornamento del parco strumentale in dotazione ad Arpae, che ha permesso un costante aggiornamento della rete di monitoraggio e l'adeguamento del presidio a fronte delle continue evoluzioni tecnologiche. Elementi complementari, ma fondamentali sul tema dei campi elettromagnetici in Emilia-Romagna riguardano il catasto delle sorgenti e l'attività di informazione nei confronti

dei cittadini, elementi che si sono implementati, recentemente, a seguito del progetto "Programma Cem", finanziato dal Mattm.

Arpae, a supporto della Regione e adempiendo a quanto già previsto dalle leggi regionali, gestisce il catasto delle sorgenti di radiazioni non ionizzanti, in collegamento al catasto nazionale predisposto da Ispra a seguito dell'emanazione del Dm del 13/02/14 "Istituzione del Catasto nazionale delle sorgenti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell'ambiente". Il catasto regionale risulta essere strumento fondamentale di supporto al controllo e al monitoraggio, nonché di utilità per le amministrazioni ai fini pianificatori. Il ritorno di informazione verso l'utente esterno è garantito attraverso il sito web www.arpae.it nell'area tematica "Campi elettromagnetici", recentemente rivisitato alla luce delle più moderne tecnologie informatiche di visualizzazione su base cartografica georeferenziata Gis, dove i dati delle rilevazioni, con l'individuazione delle sorgenti e dei punti di misura, in continuo e manuali, sono visualizzati su mappe tematiche navigabili dinamicamente, basate su piattaforma Google Maps, disponibili per provincia. I risultati dei monitoraggi sono pubblicati in forma di tabelle giornaliere (campagne in corso) e annuali (campagne concluse).

Laura Gaidolfi

Arpae Emilia-Romagna, Centro tematico regionale Radiazioni non ionizzanti Cem

Misura in continuo - 2018 - 1,47 V/m

2019 2018 (tutti) 2019 2018 (tutti) - 1000 m +

13/06/2018 | Valore massimo misurato: **1,47 V/m** | Valore limite: 6 V/m | Codice: **455**

Abitazione - terrazzo 7° piano

Indirizzo/località - Comune:
Via Damiani 28/B - Comune di Piacenza

Valori misurati (minimo - medio - massimo):
0,84 V/m - 1,11 V/m - **1,47 V/m**

Data di inizio e fine misura:
29/05/2018 - 13/06/2018

Coordinate satellitari GPS (WGS84):
45,0388380684 N - 9,6918273908 E

Coordinate UTM* Regione E-R (long. - lat.):
554570,1 - 987699,7

Esempio di scheda di un punto di misura (www.arpae.it, Campi elettromagnetici).

UN UNICO CATASTO PER L'EMILIA-ROMAGNA

IL CATASTO REGIONALE CEM DELL'EMILIA-ROMAGNA È TOTALMENTE ALLINEATO AL CATASTO NAZIONALE E OGGI È L'UNICO DATABASE REGIONALE PER IMPIANTI DI TELEFONIA MOBILE, RADIO-TV ED ELETTRODOTTI. GARANTISCE INOLTRE L'ACCESSIBILITÀ DELLE INFORMAZIONI AMBIENTALI AL PUBBLICO E AI SOGGETTI ISTITUZIONALI INTERESSATI.

Il ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, con decreto direttoriale del 28/06/2016 RIN-DEC-2016-0000072, ha definito un programma di contributi finalizzati anche alla realizzazione e gestione, in coordinamento con il catasto nazionale istituito con Dm 13 febbraio 2014, di un Catasto regionale dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. A seguito di tale decreto, la Regione Emilia-Romagna in collaborazione con Arpa, ha realizzato due progetti, uno dei quali è il catasto, fondato essenzialmente su due linee operative. Da un lato ci si è focalizzati a rendere il sistema informatico regionale del catasto Cem allineato totalmente come struttura informativa e informatica al catasto nazionale, per renderlo facilmente e velocemente interoperabile con esso. Dall'altro, si sono rivisti completamente i processi operativi di popolamento del catasto, affinché il sistema informatico del catasto Cem non venga regolarmente popolato soltanto al completamento dei

processi che generano e definiscono il dato di interesse. Il catasto rappresenta oggi l'unico database regionale in cui sono conservati, gestiti e aggiornati tutti i dati di impianti che danno origine a una pressione ambientale riferita a campi elettromagnetici, in particolare:

- 1) impianti ad alta frequenza Rf (frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz) - Srb (stazioni radio base) per la telefonia mobile
- 2) impianti ad alta frequenza Rf (frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz) - Rtv (radio/Tv) per la diffusione radiotelevisiva
- 3) impianti a bassa frequenza Elf (*extremely low frequency*, frequenza a 50 Hz) - prevalentemente impianti in media tensione (Mt).

L'obiettivo del catasto è principalmente quello di consentire il rilevamento dei campi stessi nel territorio regionale, con riferimento alle condizioni di esposizione della popolazione.

Attraverso il Catasto è possibile conoscere l'ubicazione delle sorgenti sull'intero territorio regionale, le loro caratteristiche tecniche ed emissive, nonché identificare, nel rispetto della normativa sulla riservatezza e tutela dei dati aziendali, i gestori degli impianti. I dati raccolti e organizzati nel catasto vengono utilizzati anche per ottemperare al Dlgs 195/2005, che dispone in capo alla pubblica amministrazione l'obbligo di garantire l'accessibilità delle informazioni ambientali al pubblico e ai soggetti istituzionali interessati; a tal fine sono stati anche rivisti e definiti, laddove ancora incompleti, tutti i relativi servizi di pubblicazione web dei dati del catasto anche in modalità cartografica.

Database Rf-Srb

L'intervento più rilevante del progetto è stato quello riferito al database Rf del catasto e in particolare alla sezione degli impianti per telefonia mobile (o stazioni radio base Srb), che per il loro dinamismo evolutivo sono quelli più soggetti a

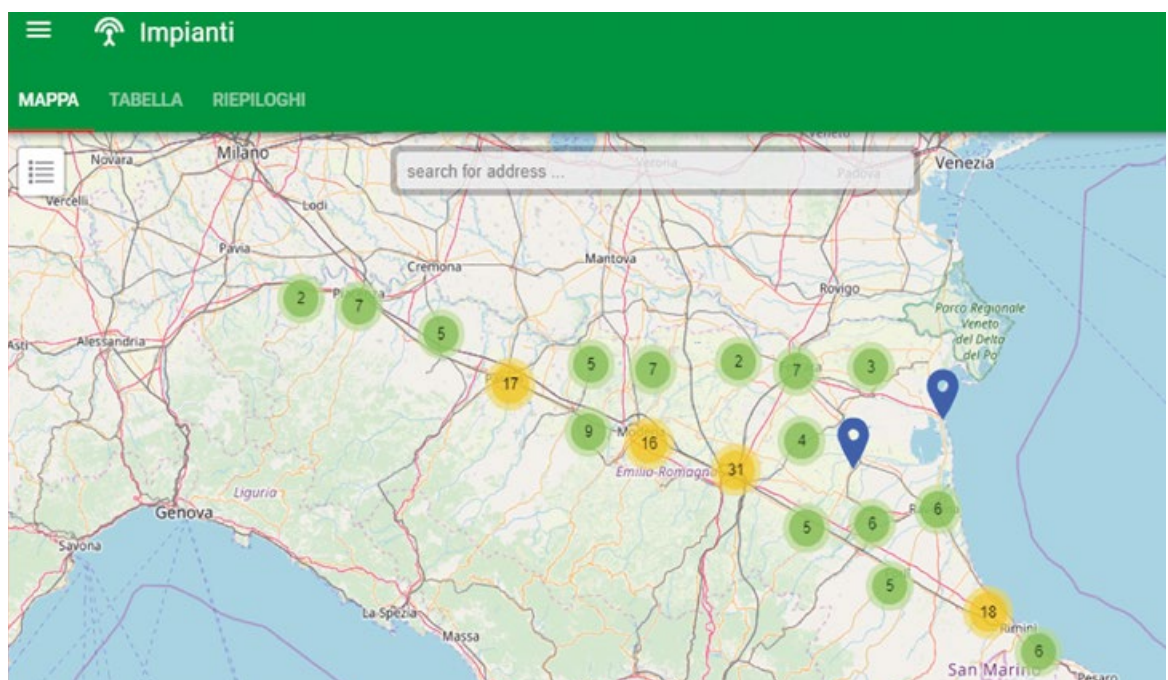


FIG. 1
CATASTO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA

Un esempio di schermata del nuovo catasto regionale Cem dell'Emilia-Romagna, relativa alle stazioni radio-base.

modifiche, nuove installazioni e continui aggiornamenti tecnologici.

Per tali impianti è stato realizzato un portale dedicato (Portale Srb-Er) che consente:

- al gestore di definire i dati tecnici dell'impianto oggetto di installazione e/o modifica, e la conseguente generazione automatica della scheda tecnica da produrre contestualmente alla documentazione da allegare alle istanze autorizzative e comunicative da presentare ai Suap, tramite il portale regionale Suap on line
- ad Arpae di acquisire tali informazioni e utilizzarle a supporto delle attività correlate ai procedimenti autorizzativi e comunicativi (emissioni di pareri e successive attività di controllo e monitoraggio), garantendone quindi la validazione e automatizzando la storicizzazione nella banca dati ad ogni modifica delle situazioni esistenti, fornendo al gestore il conseguente *feedback* dell'operazione.

Il sistema applicativo permette quindi di mantenere aggiornato in tempo reale il catasto regionale e di conseguenza il catasto nazionale, collegando i dati tecnici ai relativi procedimenti di gestione delle istanze del gestore, fornendo così uno strumento indispensabile di controllo ai tecnici preposti.

Infatti, attraverso la storicizzazione delle informazioni sugli impianti è possibile sempre risalire per ognuno di essi alla configurazione dello stesso in ogni contesto temporale, compresa la sua eventuale situazione in corso di autorizzazione.

Il progetto, quindi, prevede che il dato non sia utilizzato unicamente per il completamento del catasto regionale e nazionale, ma entra anche nelle attività della Regione e di Arpae, *in primis* nei processi operativi di simulazione e valutazione del rischio e di validazione dell'autorizzazione richiesta.

Il portale in fase di definizione dei dati della domanda permette al gestore dell'impianto anche di definire esattamente la sua localizzazione attraverso una funzionalità di georeferenziazione, elemento chiaramente imprescindibile per una corretta analisi ambientale e per l'applicazione di modellistica numerica su base spaziale.

Questo rende possibile la pubblicazione web Gis delle informazioni per la consultazione da parte dei cittadini e di tutti i soggetti interessati anche sui siti istituzionali di Arpae e non solo.

Database Rf-radioTv

Per quanto riguarda la componente applicativa per la gestione del catasto regionale Rf radio/Tv, questa è stata integrata all'interno del sistema software per la gestione delle pratiche/procedimenti di Arpae, apportando le dovute evoluzioni per gestire al meglio il catasto in relazione alle domande in arrivo dai gestori: non appena il procedimento relativo arriva a sua emissione di parere positivo, il software propone la pratica in stato di definizione di *nuovi/modifica* con la definizione di tutti i dati tecnici in analogia a quanto previsto dalle indicazioni normative. L'oggetto catastale potrà essere direttamente geo-riferito e le informazioni spaziali memorizzate all'interno del geo-database pronto per essere esposto con i relativi servizi standard.

Qualora la pratica produca una modifica a impianti esistenti, il sistema software anche in questo caso è in grado di storicizzare i dati tecnici fino a quel momento validi, per apportare le dovute modifiche a partire dalla data successiva all'autorizzazione rilasciata.

Database Elf

Per la parte Elf, invece, gli impianti di alta e altissima tensione appartenenti

alla Rete di trasmissione nazionale (Rtn) sono di competenza nazionale, mentre il catasto dell'Emilia-Romagna gestisce gli impianti con valore nominale fino a 150 kV. In questo caso, i dati di catasto, linee elettriche, tronchi, cabine, nodi, vengono recuperati direttamente dai gestori degli impianti, tramite tracciati concordati.

Da tali tracciati si effettua direttamente il caricamento e l'aggiornamento dei dati Mt nella banca dati del catasto tramite apposite procedure software.

Il gestore principale dei dati Mt è E-Distribuzione Spa, che gestisce più dell'80% della rete in media tensione in Emilia-Romagna.

Sono stati implementati specifici moduli software per la consultazione dei dati, principalmente per le valutazioni dei tecnici di Arpae e per la pubblicazione sul sito di Arpae di una mappa sintetica geo-spaziale della rete di media tensione in Emilia-Romagna.

**Piero Santovito¹, Laura Gaidolfi¹,
Alfonso Albanelli², Tanya Fontana²,
Catia Godoli²**

1. Arpae Emilia-Romagna

2. Regione Emilia-Romagna

VIDEO



Sulle attività di prevenzione e monitoraggio dei campi elettromagnetici in Emilia-Romagna e sul progetto del catasto regionale, Arpae e Regione Emilia-Romagna hanno realizzato un video illustrativo.

Il video è disponibile sul canale YouTube di Arpae, all'indirizzo www.youtube.com/watch?v=Cn5MJzKpOdk.

CARATTERISTICHE TECNICHE CATASTO CEM EMILIA-ROMAGNA

Alcune caratteristiche tecniche dell'infrastruttura Catasto Cem.

Ambiente database: Oracle 12i

Software: tecnologia open (Python - Java)

Cartografia: utilizzo dell'infrastruttura Esri (integrazione con geoportali regionali); possibilità di rendere disponibili i dati con servizi web (Wms-Web, Map Service, Wfs-Web Feature Service o Wcs - Web Coverage Service).

Il catasto ha già effettuato integrazioni a portali/tecnologie open data - standard internazionali (piattaforma minERva, dati.gov.it...) e ha l'obiettivo anche di attuare la direttiva europea Inspire (recepita con Dlgs 32/2010).

Qualche numero.

- Numero impianti Srb: 6.475 (44mila celle, comprensive dei servizi presenti)
- Numero impianti radio: 990
- Numero impianti Tv: 354
- Elf Mt: n. linee 2.088; km linee 29.570; n. nodi 67.239; n. cabine 45.584).

IL CATASTO CEM IN VALLE D'AOSTA

LA REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA HA ISTITUITO, IN COLLABORAZIONE CON ARPA, IL CATASTO DELLE SORGENTI A RADIOFREQUENZA SIRVA, UNO STRUMENTO CHE PERMETTE DI SEGUIRE IL CICLO DI VITA DI TUTTI GLI IMPIANTI E DI GESTIRE LE PRATICHE AUTORIZZATIVE E I CONTROLLI. INOLTRE, ARPA HA SVILUPPATO UN DATA BASE SUGLI ELETTRODOTTI.

La Regione autonoma Valle d'Aosta ha istituito, in collaborazione con Arpa, il catasto delle sorgenti a radiofrequenza denominato Sirva (Sistema informativo radiotelecomunicazioni Valle d'Aosta) a partire dall'anno 2008. Tale catasto contiene tutti i dati tecnici relativi alle stazioni di radiotelecomunicazioni installate sul territorio regionale e tutti i dati amministrativi relativi ai procedimenti autorizzativi (figura 1). In Valle d'Aosta attualmente vige la legge regionale 25/05 per l'autorizzazione all'installazione e all'esercizio di tali impianti, che pone al Suel (Sportello unico enti locali) le competenze amministrative e all'Arpa le competenze per l'espressione del parere sul rispetto dei limiti. Anche se in Valle d'Aosta non viene applicato il Codice delle comunicazioni elettroniche (decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259), la legge regionale ne tiene ovviamente conto, pur mantenendo l'autonomia sulle questioni urbanistiche che le competono. Grazie a uno sforzo congiunto di Arpa e dell'amministrazione, subito dopo la sua entrata in funzione, il catasto è stato

aggiornato anche con i dati storici degli impianti. Il catasto Sirva diventa così un importante strumento di lavoro, perché permette di seguire il ciclo di vita di un impianto. Inoltre, i tecnici Arpa esprimono il parere di competenza direttamente all'interno del Sirva; possono inserire in forma georeferita i punti di misura con i relativi valori e possono inserire i risultati delle elaborazioni ottenute con i monitoraggi prolungati nel tempo o le misure in banda stretta. La sua struttura ha permesso di gestire negli anni anche le pratiche dei sistemi in evoluzione (passaggio al digitale terrestre delle Tv, 3° e 4° generazione di telefonia mobile). L'arrivo del nuovo sistema 5G non dovrebbe comportare problemi nell'inserimento dati, in ogni modo il data base potrà sempre essere implementato con l'aggiunta di nuovi campi. Per quanto riguarda, invece, il catasto degli elettrodotti, la regione Valle d'Aosta si è dotata di un catasto delle linee a media tensione e delle cabine Mt/Bt contenente solo i percorsi delle linee, i punti di installazione delle cabine e gli

atti amministrativi di autorizzazione. Per gli elettrodotti ad alta tensione, fino a qualche settimana fa, sul Geo-portale del sito della Regione era presente unicamente l'informazione sul percorso delle linee; presso Arpa era stato adottato il data base, sviluppato alcuni anni fa e reso disponibile a tutte le Agenzie da Arpa Puglia, ma conteneva pochissimi dati tecnici. Grazie al finanziamento ottenuto dalla Regione tramite il programma ministeriale Cem (ex Dm 14/7/2016), Arpa si è dotata di un data base su software libero in cui ha inserito tutti i dati tecnici relativi alle tre linee ad alta tensione che attraversano il territorio regionale e non fanno parte della rete elettrica nazionale. Tale data base è stato collaudato con il data base nazionale di Ispra e nel momento in cui Terna fornirà i dati degli elettrodotti della rete elettrica nazionale, Arpa sarà in grado di visualizzare quelli relativi agli elettrodotti che attraversano il territorio regionale.

Valeria Bottura, Erik Imperial, Leo Cerise, Marco Cappio Borlino

Arpa Valle D'Aosta

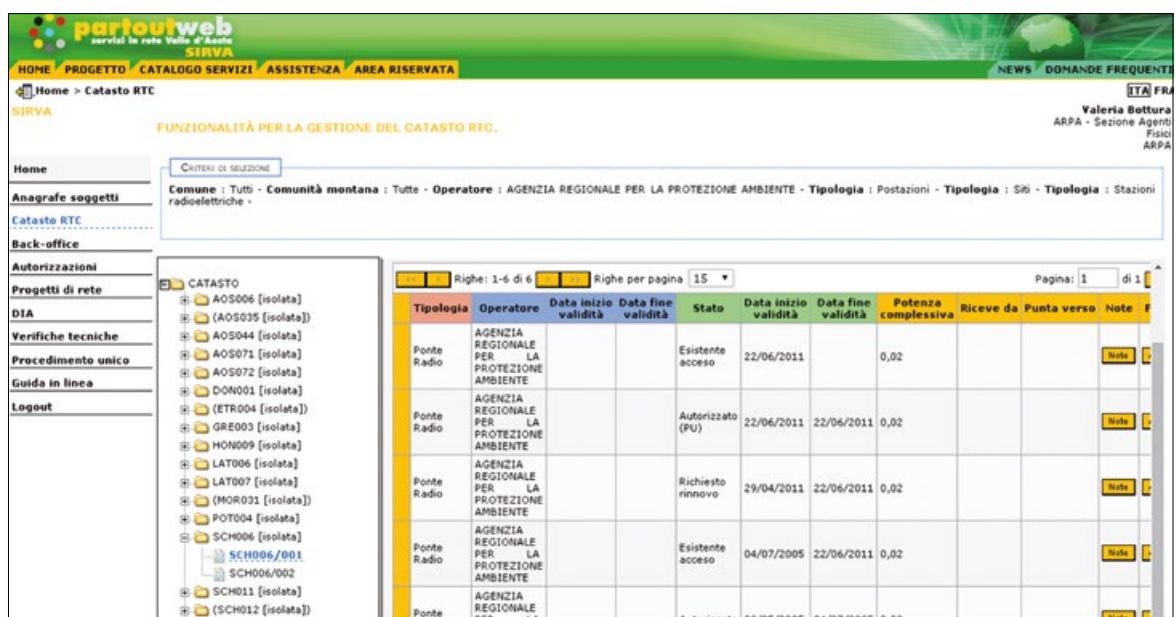


FIG. 1 CATASTO SIRVA

Esempio di schermata del catasto delle sorgenti a radiofrequenza Sirva (Sistema informativo radiotelecomunicazioni Valle d'Aosta).