

Innalzare i limiti di esposizione ai  
campi elettromagnetici per sfruttare il  
potenziale delle reti di  
telecomunicazione mobile

**Prof. Ing. Nicola Pasquino**

nicola.pasquino@unina.it  
pec: nicola.pasquino@personalepec.unina.it  
pec: nicola.pasquino@ingpec.eu



# Indice

<b>Premessa e obiettivo del parere</b>	<b>1</b>
<b>1 Quadro normativo di riferimento</b>	<b>2</b>
1.1 Evoluzione della normativa italiana . . . . .	2
1.2 Limiti ICNIRP e armonizzazione europea . . . . .	3
<b>2 Fondamenti scientifici: sicurezza dell'esposizione e margini di protezione</b>	<b>4</b>
2.1 Meccanismi di interazione e soglie biologiche . . . . .	4
2.2 Adeguatezza del limite ICNIRP per la protezione della salute pubblica . .	4
<b>3 Il limite di campo come vincolo strutturale alla qualità delle reti mobili</b>	<b>5</b>
3.1 Il vincolo fisico: dalla norma alla potenza . . . . .	6
3.2 Il paradosso della densificazione: più restrizioni, più antenne, più consumi, qualità peggiore . . . . .	7
3.3 La prova empirica: i KPI delle reti italiane a confronto con i Paesi ICNIRP .	9
3.4 Il blocco dei siti esistenti: dati quantitativi . . . . .	10
3.5 Spettro assegnato e sfruttamento effettivo . . . . .	12
3.6 Copertura nominale e disponibilità effettiva: il divario che i dati rivelano .	13
3.7 Il confronto europeo allargato . . . . .	15
3.8 Il sistema autorizzativo: complessità procedurale come moltiplicatore del problema . . . . .	15
3.8.1 Il quadro procedurale vigente . . . . .	15
3.8.2 Il ruolo dei Comuni e la resistenza politica . . . . .	16
3.8.3 Il nesso tra limiti di campo e onere autorizzativo . . . . .	17
<b>4 Ricadute economiche, sociali e competitive</b>	<b>18</b>
<b>5 Raccomandazioni e conclusioni</b>	<b>19</b>
5.1 Adozione del riferimento ICNIRP 2020 . . . . .	19
5.2 Il costo sistemico di una normativa disallineata: perché agire ora . . . . .	19

5.3	La prospettiva del 6G: una scelta da compiere oggi . . . . .	20
5.4	Misure di accompagnamento raccomandate . . . . .	21
5.5	Conclusione . . . . .	21

## Premessa e obiettivo del parere

Il presente parere tecnico-scientifico è stato redatto con l'obiettivo di fornire un'analisi rigorosa, fondata sulla letteratura scientifica internazionale, su dati ufficiali e sulle normative vigenti, in merito alla necessità di un ulteriore innalzamento del limite di esposizione al campo elettrico generato da impianti per telecomunicazioni mobili, attualmente fissato a 15 V/m dalla Legge n. 214 del 30 dicembre 2023, Art. 10 (Legge annuale per il mercato e la concorrenza 2022), in vigore dal 29 aprile 2024.

Il parere si articola attorno a tre premesse fondamentali, espressamente indicate dal committente:

- Per far fronte alle nuove sfide tecnologiche attese nei prossimi anni — dall'estensione capillare del 5G Standalone al futuro 6G, dalla crescita costante del traffico dati all'evoluzione dell'Internet delle Cose — è indispensabile sfruttare appieno le frequenze già assegnate agli operatori italiani.
- L'innalzamento a 15 V/m operato nel 2024 costituisce un passo positivo ma ancora insufficiente rispetto alle raccomandazioni delle principali organizzazioni scientifiche internazionali
- Un maggiore spettro disponibile si traduce in maggiore capacità potenziale, ma affinché questa capacità si concretizzi in copertura effettiva, qualità del servizio (QoS) e traffico gestibile, le stazioni radio base devono poter operare con livelli di potenza fisicamente coerenti con lo spettro impiegato.

Lo scrivente ha ricevuto l'incarico in considerazione delle competenze possedute nel settore delle metodologie di valutazione e misurazione dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici e di caratterizzazione dei sistemi di telefonia cellulare. Il consulente è, infatti, Professore di Misure Elettriche ed Elettroniche presso il Dipartimento di Inge-

gneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione dell'Università di Napoli Federico II, dove è titolare dell'insegnamento di "Misure per la Compatibilità Elettromagnetica" e Direttore del Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica; è Presidente del Comitato Tecnico 106 "Esposizione Umana ai Campi Elettromagnetici" del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), il cui mandato è di redigere Norme e Guide contenenti le indicazioni sulle metodologie di valutazione e misurazione dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici, considerate dalla legge quali norme di buona tecnica; è, infine, Coordinatore del Gruppo di lavoro "Esposizione ai Campi Elettromagnetici" del Consiglio Nazionale degli Ingegneri.

L'autore dichiara che il documento è redatto nel pieno rispetto dei principi di indipendenza scientifica e correttezza metodologica.

## **1 Quadro normativo di riferimento**

### **1.1 Evoluzione della normativa italiana**

La storia della regolamentazione italiana in materia di campi elettromagnetici non ionizzanti si distingue nettamente dall'approccio adottato dalla quasi totalità dei Paesi dell'Unione Europea. La Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001 ha introdotto il concetto di "precauzione", fissando valori di attenzione e obiettivi di qualità a 6 V/m per le frequenze superiori a 3 MHz in prossimità di luoghi adibiti a permanenza prolungata, che si collocavano circa dieci volte al di sotto delle soglie raccomandate dall'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection).

Con la Legge n. 214 del 30 dicembre 2023, Art. 10 il legislatore italiano ha innalzato il valore di attenzione da 6 V/m a 15 V/m. Si tratta di un miglioramento significativo — il limite è aumentato di un fattore 2,5 in termini di campo elettrico, corrispondente a un fattore di circa 6,25 in densità di potenza — ma il divario con i riferimenti ICNIRP rimane sostanziale, dell'ordine di un fattore 2,4–4 a seconda della banda di frequenza considerata.

## 1.2 Limiti ICNIRP e armonizzazione europea

Le Linee Guida ICNIRP, la cui edizione del 1998 è adottata come riferimento dalla Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea 1999/519/CE e che sono state aggiornate nel 2020, stabiliscono limiti di esposizione al campo elettrico compresi tra 36 V/m (per le frequenze più basse, intorno ai 700 MHz) e 61 V/m equivalenti (per le frequenze superiori a 2 GHz). Questi limiti sono basati su un'analisi sistematica della letteratura scientifica internazionale che comprende migliaia di studi pubblicati negli ultimi trent'anni e includono già ampi margini di sicurezza: per la restrizione di base principale (SAR medio corpo intero), il fattore di riduzione applicato rispetto alla soglia di effetto biologico accertato (4 W/kg) è pari a 10 per l'esposizione professionale (limite: 0,4 W/kg) e a 50 per il pubblico generico (limite: 0,08 W/kg).

La tabella 1 riassume il confronto tra i principali riferimenti normativi a livello internazionale ed europeo:

Paese / Riferimento	Limite	Stato	Note
ICNIRP	36–61 V/m	Standard internazionale	Base scientifica
Germania, Francia, Paesi Bassi	28/36–61 V/m	Adottato	Conforme ICNIRP
UK (post-Brexit)	36–61 V/m	Adottato	ICNIRP 2020
Italia (dal 2024)	15 V/m (media su 24 ore)	Parzialmente adeguato	2.4–4× sotto ICNIRP
Italia (pre-2024)	6 V/m (media su 24 ore)	Superato	6 - 10× sotto ICNIRP

Tabella 1: Confronto dei limiti di esposizione al campo elettrico per impianti di telecomunicazione mobile ( $f > 700$  MHz).

È opportuno sottolineare che nei Paesi europei che applicano da anni i limiti ICNIRP non vi sono evidenze epidemiologiche o cliniche di impatto sanitario sulla popolazione.

Questo dato di fatto costituisce, di per sé, una robusta evidenza empirica a supporto dell'adeguatezza del riferimento internazionale.

## **2 Fondamenti scientifici: sicurezza dell'esposizione e margini di protezione**

### **2.1 Meccanismi di interazione e soglie biologiche**

I campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF - EMF) nella gamma utilizzata dalle reti di telefonia mobile (700 MHz – 26 GHz) interagiscono con i tessuti biologici prevalentemente attraverso effetti termici: l'energia elettromagnetica viene assorbita e convertita in calore. Il parametro dosimetrico fondamentale è il SAR (Specific Absorption Rate), espresso in W/kg, che descrive la potenza assorbita per unità di massa tissutale.

Gli studi dosimetrici e sperimentali hanno identificato la soglia di effetto biologico termico significativo intorno a 4 W/kg di SAR medio per il corpo intero. Le linee guida ICNIRP 2020 fissano il limite di restrizione di base per l'esposizione del pubblico a 0,08 W/kg (SAR medio corpo intero su 30 min), con un margine di sicurezza di 50 rispetto alla soglia di effetto accertato. Per la testa e il tronco, il limite è di 2 W/kg su 10 g di tessuto.

Per quanto concerne gli effetti non termici — oggetto di intensa ricerca negli ultimi decenni — la comunità scientifica internazionale, attraverso revisioni sistematiche di organismi quali lo SCHEER, l'IARC, l'OMS e lo stesso ICNIRP, non ha riscontrato evidenze conclusive di danno biologico riproducibile al di sotto delle soglie termiche. La classificazione IARC 2B ("possibile cancerogeno") per i campi RF si basa su evidenze epidemiologiche limitate e non è ritenuta sufficiente per giustificare misure precauzionali restrittive dalla maggioranza degli organismi sanitari internazionali.

### **2.2 Adeguatezza del limite ICNIRP per la protezione della salute pubblica**

I limiti derivati dal campo elettrico (40–61 V/m) non sono soglie di effetto: sono il risultato di un processo deduttivo che parte dalle restrizioni di base (SAR) e, attraverso

modelli dosimetrici computazionali verificati sperimentalmente, determina i livelli di riferimento di campo che garantiscono il rispetto delle restrizioni di base nelle condizioni di esposizione più sfavorevoli. Il margine complessivo di sicurezza rispetto agli effetti accertati è quindi almeno di un fattore 50 per il pubblico generale (fattore 10 per i lavoratori esposti professionalmente).

Alla luce di questa architettura precauzionale già incorporata nelle linee guida ICNIRP, l'ulteriore fattore correttivo introdotto dalla normativa italiana (rapporto 4:1 rispetto all'ICNIRP in termini di campo) non trova giustificazione nel corpus scientifico disponibile e configura un livello di precauzione non supportato da evidenze quantitative di rischio incrementale.

### **3 Il limite di campo come vincolo strutturale alla qualità delle reti mobili**

Il limite di esposizione al campo elettrico non è soltanto un parametro ambientale: è, nella pratica della pianificazione radio, il principale fattore che determina la potenza massima con cui una stazione radio base può operare, e di conseguenza la qualità del servizio offerto agli utenti. Questa sezione dimostra, attraverso ragionamenti fisici, dati di pianificazione documentati e confronti internazionali verificabili, che il limite attuale di 15 V/m costituisce un vincolo strutturale che impedisce alle reti mobili italiane di erogare il servizio che lo spettro assegnato renderebbe possibile. L'argomentazione si sviluppa su due livelli distinti: prima la dimostrazione del meccanismo fisico e del paradosso che ne consegue, poi la verifica empirica attraverso i KPI misurati delle reti italiane a confronto con quelle dei Paesi che adottano i limiti ICNIRP.

È importante chiarire fin d'ora che il limite di campo non impatta soltanto la qualità del segnale percepita dall'utente, ma anche – e in modo altrettanto diretto – l'area geografica coperta con un livello di segnale sufficiente a garantire il servizio. La riduzione di EIRP imposta dal limite restringe il raggio di cella: a parità di standard qualitativo ri-

chiesto al bordo della zona di copertura, meno potenza significa meno area coperta. Il numero di stazioni radio base necessarie per coprire un dato territorio non è quindi solo una scelta di pianificazione discrezionale degli operatori, ma anche una conseguenza fisica e matematica del limite normativo. Questo nesso – limite di campo, raggio di cella, numero di siti, costi e qualità del servizio – è il filo conduttore di tutta la sezione che segue, e costituisce la ragione strutturale per cui l'Italia, pur disponendo dello stesso spettro dei propri partner europei, non riesce a erogare servizi 5G comparabili.

### 3.1 Il vincolo fisico: dalla norma alla potenza

La relazione tra il campo elettrico  $E$  generato da un'antenna e la potenza irradiata isotropicamente ( $P_{EIRP}$ ) è descritta in zona di campo lontano dalla formula:

$$E = \sqrt{377 \cdot S} = \sqrt{377 \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2}} = \frac{\sqrt{30 \cdot P_{EIRP}}}{r} \quad (1)$$

dove  $P_{EIRP}$  è la potenza equivalente isotropica irradiata in Watt e  $r$  la distanza in metri dal centro dell'antenna. Questa relazione è conseguenza diretta delle equazioni di Maxwell ed è universalmente adottata in ingegneria radio. Da essa discende che il limite di campo imposto dalla normativa fissa un tetto alla EIRP massima ammissibile nel punto di controllo. Confrontando il limite italiano attuale (15 V/m) con il livello di riferimento ICNIRP alla stessa frequenza — 61 V/m per le bande superiori a 2 GHz, 36 V/m per le bande intorno ai 700 MHz — si ottiene:

- Bande > 2 GHz (es. 3,5 GHz):  $(61/15)^2 \approx 16,5 \rightarrow$  il limite italiano consente una EIRP pari a circa 1/16 di quella ICNIRP, con una riduzione di 12,2 dB.
- Bande intorno a 700 MHz (copertura rurale e indoor):  $(36/15)^2 \approx 5,8 \rightarrow$  riduzione di 7,6 dB.

Questi non sono dettagli tecnici marginali: sono le grandezze fisiche su cui si regge l'intera capacità prestazionale di una stazione radio base. Tutto ciò che segue — il

paradosso della densificazione, il divario nei KPI, il blocco dei siti — è conseguenza diretta e matematicamente necessaria di questi due numeri.

### **3.2 Il paradosso della densificazione: più restrizioni, più antenne, più consumi, qualità peggiore**

Questa sottosezione illustra una conseguenza della fisica del segnale radio che è controintuitiva ma inconfutabile, e che è importante comprendere chiaramente: limitare la potenza di ogni singola antenna non riduce il campo elettromagnetico cui è esposta la popolazione — lo aumenta, costringendo a installare più antenne — e, al tempo stesso, peggiora irrimediabilmente la qualità del servizio.

Il raggio di cella di una stazione radio base — ovvero la distanza massima alla quale il segnale è ricevibile con qualità sufficiente — scala con la radice quadrata dell'EIRP trasmessa. Dimezzare la potenza irradiata riduce il raggio di un fattore  $\sqrt{2}$  e dunque la superficie coperta si dimezza. Con 1/16 della potenza consentita da ICNIRP, servirebbero in linea teorica circa 17 volte più siti per coprire la medesima superficie. Questo è il primo corno del paradosso: per rispettare un limite pensato per ridurre l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, si finisce per installare più antenne sul territorio, ciascuna più vicina alle abitazioni, aumentando la densità complessiva di sorgenti nell'ambiente urbano. I livelli di campo cui è esposta la popolazione dipendono non solo dalla potenza di ogni singola antenna ma dalla loro densità sul territorio: meno potenza per sito implica più siti, con una maggiore densità di sorgenti nel territorio che può produrre livelli di campo aggregato comparabili o superiori rispetto a pochi siti ad alta potenza, vanificando l'obiettivo precauzionale del limite restrittivo.

Il secondo corno del paradosso riguarda la qualità del servizio. La densificazione forzata non è una soluzione tecnica equivalente all'aumento di potenza: è una soluzione strutturalmente peggiore. Le antenne aggiuntive generano interferenza reciproca nelle bande condivise, degradando le prestazioni dell'intera rete. I nuovi siti richiedono autorizzazioni — che in Italia comportano mesi o anni di iter procedurale — e nuovi

costi di installazione, manutenzione e affitto. E soprattutto, la copertura indoor — che richiede potenza elevata per penetrare i materiali da costruzione (10–25 dB di attenuazione tipica a 3,5 GHz) — non migliora con la densificazione esterna: il problema non è la distanza ma l'attenuazione attraverso le pareti. Un sito più vicino ma con potenza compressa di 12 dB non copre l'interno degli edifici meglio di un sito più distante ma a piena potenza ICNIRP.

Il terzo corno del paradosso riguarda il consumo energetico, un aspetto di crescente rilevanza nel contesto degli obiettivi europei di decarbonizzazione e sostenibilità. Poiché su ogni sito il consumo totale di energia è diviso quasi al 50% tra potenza irradiata e infrastrutture ausiliarie, sostituire un singolo sito ad alta potenza con 17 siti a potenza ridotta — la proporzione teorica imposta dal rapporto tra limite italiano e limite ICNIRP alla banda 3,5 GHz — significa moltiplicare per un fattore pari a circa 9 i consumi totali di alimentazione, raffreddamento, illuminazione di emergenza, oltre a moltiplicare per 17 il costo degli apparati. L'impatto energetico della densificazione forzata si traduce quindi in un aggravio strutturale delle emissioni di CO<sub>2</sub> del settore TLC, in contraddizione diretta con gli impegni assunti dall'Italia nell'ambito degli obiettivi Net Zero 2050 e con le politiche europee di efficienza energetica del settore digitale. Un regime normativo che obbliga alla moltiplicazione dei siti non è solo economicamente inefficiente: è ambientalmente controproducente.

In sintesi: il vincolo di potenza imposto dai limiti restrittivi produce simultaneamente più antenne sul territorio, costi di rollout più alti, costi ambientali maggiori, qualità media del servizio inferiore e peggiore copertura indoor — esattamente l'opposto di ciò che una regolamentazione razionale dovrebbe perseguire. Questo paradosso è la ragione strutturale per cui l'Italia, pur avendo una copertura 5G nominale tra le più alte d'Europa (99,5% delle zone abitate), registra indicatori di qualità reale tra i più bassi.

### 3.3 La prova empirica: i KPI delle reti italiane a confronto con i Paesi ICNIRP

Partendo dal meccanismo descritto nel paragrafo precedente, i dati misurati dovrebbero mostrare che i Paesi che applicano limiti ICNIRP ottengono KPI di rete migliori di quelli italiani. È esattamente ciò che emerge dai dati disponibili, su tutti gli indicatori rilevanti.

Velocità media registrata dagli utenti. L'Italia si attesta a 32,7 Mbit/s di velocità media mobile. Francia e Germania — entrambe con limiti di 41–61 V/m allineati a ICNIRP — registrano rispettivamente 53,1 Mbit/s e 48,4 Mbit/s, tra il 48% e il 62% in più. Queste differenze non sono spiegabili dalla composizione del parco terminali né dalla penetrazione commerciale del 5G: la Germania ha una disponibilità 5G del 25%, la Francia del 33%, l'Italia del 17%. Il divario nelle velocità è strutturale, non congiunturale.

Disponibilità effettiva del 5G. La disponibilità 5G — definita come la percentuale di utenti con dispositivi e tariffe 5G che trascorre la maggior parte del tempo connessa a reti 5G — misura non la copertura nominale, ma la qualità reale del servizio percepita dall'utente. Su questo indicatore l'Italia registra il 17%, l'ultimo posto tra i Paesi europei analizzati: Francia 33%, Germania 25%, Spagna 20%. La copertura geografica non spiega il gap: l'Italia copre il 99,5% delle zone abitate, superiore alla media europea dell'89%. È la qualità del segnale erogato che è insufficiente, non la sua estensione geografica.

Il dato francese: limiti più alti, campo misurato più basso. Una prova sperimentale di particolare rilevanza proviene dalla Francia. Il rapporto ufficiale dell'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) sull'analisi delle misurazioni di esposizione del pubblico alle onde radio nel 2021, condotte nell'ambito del dispositivo nazionale di sorveglianza francese (banda 100 kHz – 6 GHz) dimostra che su 4.022 siti misurati nel 2021, anno record dall'avvio del dispositivo nel 2014 - trainato proprio dall'interesse pubblico per la 5G, la mediana globale dei valori istantanei misurati è di 0,38 V/m, enormemente al di sotto sia del limite francese, sia del vecchio limite italiano di 6 V/m. Il 76% delle mi-

surazioni sono inferiori a 1 V/m, mentre nel 99% dei casi il valore massimo istantaneo si colloca al di sotto di 6,9 V/m.

Questo conferma sperimentalmente quanto già prevedibile dalla teoria: le antenne moderne con Massive MIMO e beamforming adattivo irradiano selettivamente verso gli utenti attivi, non isotropicamente. Consentire EIRP più elevate non aumenta il campo medio nell'ambiente — lo riduce, perché permette di servire la stessa area con meno antenne, ciascuna orientata con precisione verso chi la usa. Il vincolo normativo restrittivo non riduce l'esposizione della popolazione: riduce la qualità del servizio.

La tabella 2 riassume il confronto tra Italia e principali Paesi europei sugli indicatori chiave, mettendo in relazione diretta il regime normativo con i KPI di rete:

Paese	Limite CEM	Velocità media 5G	GSMA Tier 2025
<b>Germania</b>	41–61 V/m	48,4 Mbit/s	Tier 1
<b>Francia</b>	28–61 V/m	53,1 Mbit/s	Tier 1/2
<b>Spagna</b>	41–61 V/m	30,1 Mbit/s	Tier 2
<b>Italia</b>	15 V/m	32,7 Mbit/s	Tier 2
<b>Media UE</b>	41–61 V/m	~45 Mbit/s	Tier 2

Tabella 2: Confronto Italia vs principali Paesi UE: limite CEM, velocità media e posizionamento GSMA.

### 3.4 Il blocco dei siti esistenti: dati quantitativi

Uno degli effetti più concreti e documentati dei limiti di campo restrittivi riguarda la capacità degli operatori di aggiornare i siti già autorizzati e operativi. Uno studio condotto dal Politecnico di Milano nel 2019, presentato alla IX Commissione della Camera dei Deputati, ha stimato che il 62% dei siti esistenti nelle aree urbane italiane non era aggiornabile alla tecnologia 5G a causa del raggiungimento dei limiti di emissione consentiti dalla normativa allora vigente (6 V/m).

Questo dato ha implicazioni operative di primaria importanza. Gli operatori italiani hanno adottato un'architettura 5G Non Standalone (NSA), nella quale la rete core 4G e gli

access point LTE fungono da "ancoraggio" (anchor) per i servizi 5G. In questa configurazione, le apparecchiature 5G NR devono essere co-localizzate con quelle LTE esistenti: non è tecnicamente possibile né economicamente sostenibile installare il radio access 5G su siti diversi da quelli 4G. Il blocco dei siti per superamento dei limiti di campo si traduce quindi direttamente in impossibilità di attivare il 5G su quel sito, con effetti immediati sulla qualità della copertura.

Anche con il passaggio da 6 V/m a 15 V/m operato dalla L. 214/2023, la percentuale di siti bloccati si riduce ma non si azzerava. La riduzione rispetto al limite ICNIRP continua a penalizzare in modo significativo i siti ad alta densità di antenne, tipici delle aree metropolitane dove la domanda di capacità è più elevata. La ragione è strutturale e merita di essere esplicitata con chiarezza: il limite di 15 V/m si applica non alla singola tecnologia o al singolo operatore, ma alla somma cumulativa di tutti i contributi di campo presenti nel punto di controllo, indipendentemente dalla sorgente che li genera. Su una tipica torre urbana possono coesistere apparecchiature di operatori diversi, ciascuno con layer 2G, 3G e 4G già attivi: prima ancora che venga acceso il primo apparato 5G NR, il campo cumulativo prodotto dalle tecnologie preesistenti può aver già consumato l'intero budget di campo disponibile.

Ne deriva una situazione operativa paradossale: un operatore che abbia regolarmente acquisito lo spettro nella banda 3,5 GHz — pagando il relativo prezzo nelle aste pubbliche — e che abbia fisicamente installato le antenne 5G NR sul sito, si trova nell'impossibilità di attivare il servizio non per ragioni tecniche ma per effetto del vincolo normativo cumulativo. Lo spettro è assegnato, l'antenna è presente, ma non può essere accesa. In molti siti urbani italiani lo spazio elettromagnetico residuo per il 5G potrebbe già essere praticamente pari a zero: l'investimento spettrale rimane sterile e la capacità di rete che ne dovrebbe derivare resta inutilizzata. L'innalzamento del limite verso i valori ICNIRP restituirebbe spazio elettromagnetico effettivo a questi siti già autorizzati e già attrezzati, senza richiedere nuove installazioni né nuovi procedimenti autorizzativi.

### 3.5 Spettro assegnato e sfruttamento effettivo

La tabella 3 riassume le principali bande di frequenza assegnate agli operatori italiani, illustrando per ciascuna il ruolo nella pianificazione di rete e il grado di penalizzazione imposta dal limite di campo attuale. Lo spettro è una risorsa finita il cui valore si materializza esclusivamente quando gli apparati possono utilizzarlo con adeguata potenza.

Banda	Tecnologia	Uso primario	Penetrazione
700 MHz	4G / 5G SA	Copertura ampia	Alta (indoor/rural)
800 MHz	4G LTE	Copertura indoor	Alta
900 MHz	4G / 5G NR	Copertura indoor	Alta
1500 MHz	4G SDL	Downlink supplementare	Medio-alta
1800 MHz	4G / 5G DSS	Capacità media	Medio-alta
2100 MHz	3G / 4G	Capacità urbana	Media
2300 MHz	5G TDD	Capacità urbana	Media
2600 MHz	4G TDD/FDD	Alta capacità	Media
3500 MHz	5G NR	Capacità 5G	Bassa
26 GHz	5G mmWave	Ultra-capacità	Molto bassa

Tabella 3: Bande di frequenza assegnate agli operatori italiani e impatto del limite di campo sulla capacità.

Un operatore che disponga, ad esempio, di 100 MHz aggregati nelle bande 3,5 GHz e 700 MHz per la rete 5G SA, ma costretto a operare con EIRP pari a circa 1/16 di quella ammissibile, non potrà raggiungere le velocità di picco, la latenza e la densità di connessioni proprie del 5G. Il potenziale teorico dello spettro resta largamente inespresso. Le bande mmWave (24,25–27,5 GHz, banda n258 nel 3GPP) sono il caso estremo: con attenuazione di percorso molto più elevata e penetrazione quasi nulla attraverso le pareti, richiedono EIRP ancora più elevate per garantire copertura efficace. Il limite attuale le rende economicamente non sostenibili su larga scala.

Il nesso limite alla potenza e prestazioni (velocità di picco, la latenza e la densità di connessioni) è quantificabile su tutti e tre i parametri. Sul **throughput**: la compressione di EIRP ad 1/16 dell'ammissibile degrada il rapporto segnale/rumore al ricevitore

nella stessa misura (circa 12 dB), forzando l'adozione di ordini di modulazione inferiori (da 256-QAM a 64-QAM o 16-QAM) con perdita del 25–50% di efficienza spettrale, ovvero della capacità di trasmettere bit per ogni hertz di banda; le velocità di picco osservate in Italia per il 5G (300–400 Mbit/s) confermano un fattore 3–10 inferiore al potenziale teorico della tecnologia. Sulla **latenza**: l'SNR ridotto aumenta il tasso di errore sui pacchetti e le relative ritrasmissioni, ciascuna delle quali aggiunge ulteriore tempo di trasmissione totale, portando la latenza effettiva a 20–40 ms e rendendo inaccessibili i casi d'uso URLLC (< 1 ms) che costituiscono il valore aggiunto più significativo del 5G per l'industria. Sulla **densità di connessioni**: la multiplazione spaziale del Massive MIMO — che consente di servire utenti multipli sullo stesso tempo-frequenza tramite fasci distinti — richiede che ciascun fascio chiuda il proprio link; con EIRP compressa il numero di layer spaziali sostenibili si riduce di un fattore  $2,5/4$ , abbattendo la densità di connessioni simultanee a una frazione di quella nominale e rendendo inaccessibili i casi d'uso IoT industriale ad alta densità.

### **3.6 Copertura nominale e disponibilità effettiva: il divario che i dati rivelano**

Secondo i dati ufficiali AGCOM aggiornati all'intero anno 2024, la copertura 5G complessiva si attesta al 99,5% della popolazione, confermando il livello dell'anno precedente. Questi numeri, pur positivi in termini assoluti, nascondono una distinzione tecnica che è essenziale comprendere per valutare la qualità effettiva del servizio 5G italiano.

Una parte significativa di questa copertura si basa sulla modalità FDD-DSS (Dynamic Spectrum Sharing), in cui la stazione radio base condivide dinamicamente lo stesso spettro — tipicamente nelle bande 1800 MHz o 2600 MHz — tra connessioni 4G LTE e 5G NR, senza un canale radio dedicato al 5G. Le velocità di picco e la latenza ottenibili in questa configurazione sono sostanzialmente equivalenti a quelle del 4G avanzato (LTE-A): l'utente vede l'icona "5G" sul proprio dispositivo, ma il servizio ricevuto non

corrisponde alle prestazioni proprie del 5G su spettro dedicato. Il 5G con le caratteristiche prestazionali proprie della tecnologia — throughput di picco superiore al Gbit/s, latenza inferiore a 10 ms — richiede spettro dedicato, tipicamente nella banda 3,4–3,8 GHz (n78) o nelle bande sub-GHz (n28, n20), e anche in questo caso va interpretato con cautela: si tratta di copertura outdoor, poiché la penetrazione indoor del segnale a 3,5 GHz è sensibilmente inferiore a quella delle bande sub-GHz.

Un dato rilevante ai fini della qualità del servizio riguarda la banda 3,4–3,8 GHz, considerata strategica per le prestazioni avanzate del 5G: secondo la Relazione Annuale AGCOM 2025, la copertura in questa banda è cresciuta dall'88,3% al 93,3% della popolazione nel 2024. È questo il dato — e non la copertura complessiva nominale — che misura la reale disponibilità di una rete 5G con prestazioni adeguate agli usi professionali e industriali. Anche questa cifra va interpretata con cautela: si tratta di copertura outdoor; la penetrazione indoor del segnale a 3,5 GHz è sensibilmente inferiore a quella delle bande sub-GHz, rendendo di fatto inutilizzabile il 5G su spettro dedicato all'interno degli edifici in molte aree.

Il dato più significativo emerge dall'indicatore di disponibilità effettiva del 5G, definito da GSMA Intelligence come la percentuale di utenti con dispositivi e tariffe 5G che trascorrono la maggior parte del tempo connessi a reti 5G. Secondo le analisi DESI 2024 della Commissione Europea, che recepisce questo indicatore, l'Italia si colloca al 17%, posizionandosi nella parte bassa della classifica europea e mondiale. Questo valore — ben distante dalla copertura nominale — riflette sia la limitata penetrazione dei dispositivi 5G sia, soprattutto, la qualità insufficiente della rete 5G in molte aree coperte solo nominalmente con spettro condiviso. Il vincolo di potenza imposto dai limiti di campo è uno dei fattori strutturali che impedisce il miglioramento di questo indicatore.

### **3.7 Il confronto europeo allargato**

Il posizionamento dell'Italia nel panorama europeo delle reti mobili, già illustrato nella Tabella 2 al §3.3, trova ulteriore conferma nel GSMA Connectivity Index 2025: l'Italia si colloca nel Tier 2 con un punteggio intorno a 54 punti, distante dai Paesi del Nord Europa — Finlandia, Norvegia, Danimarca — che dominano il ranking grazie a maggiore densità infrastrutturale, implementazioni 5G più avanzate e limiti di campo allineati a ICNIRP.

Il dato francese sulle misurazioni di campo (§3.3) conferma che nei Paesi ICNIRP la maggiore permissività normativa non si traduce in maggiore esposizione reale della popolazione, ma in reti più efficienti con meno antenne. È la dimostrazione empirica che il paradosso illustrato in §3.2 non è una previsione teorica, ma una realtà già osservabile nei Paesi che hanno adottato standard razionali.

### **3.8 Il sistema autorizzativo: complessità procedurale come moltiplicatore del problema**

L'impatto dei limiti di campo sullo sviluppo delle reti mobili italiane non si esaurisce nella dimensione tecnico-fisica della potenza irradiata e del raggio di cella: esso si amplifica strutturalmente attraverso un sistema autorizzativo che, combinando la complessità normativa con la frammentazione delle competenze tra Stato, Regioni e Comuni, produce ritardi e incertezze che nessun altro grande Paese europeo conosce nella medesima misura.

#### **3.8.1 Il quadro procedurale vigente**

Il procedimento autorizzativo per l'installazione di una nuova stazione radio base (SRB) o per la modifica sostanziale di un impianto esistente si articola, ai sensi del Codice delle Comunicazioni Elettroniche (D.Lgs. 259/2003, aggiornato con D.Lgs. 48/2024), nei seguenti passaggi principali:

- Presentazione dell'istanza allo Sportello Unico per le Attività Produttive (SUAP) del Comune competente, corredata dall'Analisi di Impatto Elettromagnetico (AIE) che certifica il rispetto dei limiti di campo nell'intorno del sito.
- Parere preventivo obbligatorio dell'ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) competente, che effettua verifiche modellistiche previsionali dei livelli di campo sulla base dei dati di progetto. Valutazione di compatibilità urbanistica e paesaggistica da parte del Comune, con possibilità di diniego o di richiesta di modifiche localizzative.
- Rilascio del provvedimento autorizzativo unico (Autorizzazione o SCIA, a seconda della potenza e tipologia dell'impianto), con termine di legge di 90 giorni.

In teoria, il termine di 90 giorni previsto dall'art. 87 del Codice garantisce tempi contenuti. Nella pratica, questo termine è spesso esteso attraverso richieste di documentazione integrativa (che sospendono il termine), dinieghi motivati da ragioni urbanistiche o paesaggistiche, o semplicemente per l'inerzia dell'ente locale. Il risultato è che la durata media effettiva del procedimento si misura in molti mesi, e in numerosi casi in anni, quando il diniego del Comune costringe l'operatore a ricorrere al TAR.

### **3.8.2 Il ruolo dei Comuni e la resistenza politica**

La legge n. 36/2001 attribuisce ai Comuni la competenza di adottare regolamenti per assicurare il corretto insediamento urbanistico degli impianti di telecomunicazione (art. 8, comma 6). Questa competenza, legittima nella sua finalità pianificatoria, è stata in numerosi casi esercitata in modo tale da impedire de facto l'installazione di nuovi impianti, sotto la pressione di comitati cittadini e movimenti contrari al 5G che invocano, senza fondamento scientifico, il "principio di precauzione".

Il fenomeno ha assunto dimensioni sistemiche: diverse centinaia di Comuni hanno adottato provvedimenti di vario genere — ordinanze sindacali, delibere consiliari, regolamenti restrittivi — volti a ostacolare o ritardare l'installazione delle infrastrutture 5G. La quasi totalità di questi provvedimenti è stata annullata dai TAR su ricorso degli

operatori, che nella grande maggioranza dei casi ha visto il Comune soccombente e condannato alle spese. Il singolo caso del Comune di Diamante (CS), che ha accumulato otto sentenze sfavorevoli mantenendo comunque l'opposizione di fatto, illustra emblematicamente il disallineamento tra il quadro giuridico — che tutela il diritto al dispiegamento delle reti — e la realtà operativa sul territorio.

La Corte dei Conti, nella relazione semestrale sull'attuazione del PNRR aggiornata a maggio 2024, segnalava esplicitamente che i ritardi nel Piano Italia 5G erano riconducibili principalmente ai rapporti con le Amministrazioni comunali, "che hanno ritardato o negato il rilascio dei permessi necessari all'operatore aggiudicatario dell'intervento". La gravità di questa situazione ha indotto il legislatore ad inserire, con un emendamento al D.L. Coesione (n. 60/2024), una deroga temporanea ai regolamenti comunali per le aree bianche fino al 31 dicembre 2026.

### **3.8.3 Il nesso tra limiti di campo e onere autorizzativo**

Il sistema autorizzativo e i limiti di campo non sono fenomeni indipendenti: sono strutturalmente interconnessi in un ciclo che si auto-amplifica. I limiti di campo restrittivi rendono necessaria una densificazione della rete — ovvero un numero maggiore di siti per unità di superficie. Più siti significano più procedimenti autorizzativi, più pareri ARPA, più valutazioni urbanistiche, più potenziali dinieghi e più ricorsi al TAR. Ogni procedimento ha un costo diretto (tecnico, legale, amministrativo) stimabile nell'ordine di diverse decine di migliaia di euro per sito, e un costo indiretto in ritardi che slittano i piani di rollout di mesi o anni.

Esiste, inoltre, un effetto paradossale: i limiti di campo restrittivi costringono gli operatori a richiedere autorizzazioni per nuovi siti, innescando così il ciclo di opposizione da parte della popolazione che non vuole l'attivazione di nuove antenne non rendendosi conto del paradosso in cui cade. Al contrario, limiti allineati agli standard ICNIRP consentirebbero di potenziare i siti esistenti — già autorizzati, già inseriti nei piani urbanistici comunali, già accettati dalla comunità locale — riducendo drastica-

mente la necessità di nuovi siti contestati e comprimendo di conseguenza il numero di procedimenti autorizzativi.

Questo aspetto ha anche una dimensione ambientale e paesaggistica non secondaria: meno siti necessari significa meno antenne sul territorio, meno impatto visivo e meno conflitti con i piani paesaggistici. È un risultato paradossalmente opposto a quello che i comitati contrari al 5G temono: innalzare i limiti di campo non porta a più antenne sul territorio, ma a meno antenne, più potenti, capaci di servire aree più ampie.

## **4 Ricadute economiche, sociali e competitive**

Il mantenimento di limiti di campo significativamente più restrittivi rispetto agli standard internazionali genera un costo sistemico che si ripercuote sull'intera filiera del settore delle telecomunicazioni e sull'economia nazionale:

- **Densificazione forzata della rete:** la necessità di compensare la minore potenza con un numero maggiore di siti impone investimenti infrastrutturali sproporzionati
- **Rallentamento del piano di copertura 5G:** l'Italia è già in ritardo nell'estensione della copertura 5G ad alta qualità. I vincoli di potenza amplificano questo divario, ritardando i benefici di produttività e innovazione legati al 5G nei settori manifatturiero, sanitario, logistico e agricolo.
- **Competitività del sistema Paese:** la disponibilità di connettività mobile ad alte prestazioni è un fattore critico per l'attrazione di investimenti stranieri e per la competitività delle PMI italiane in un contesto di digitalizzazione accelerata. Una rete strutturalmente limitata nei suoi parametri fisici costituisce un freno sistemico.

Impatto sul digital divide: le aree rurali e montane, dove la propagazione radio a lunga distanza è essenziale per garantire copertura con un numero limitato di siti, sono penalizzate in misura ancora maggiore dai limiti attuali. L'innalzamento del limite contribuirebbe direttamente alla riduzione del divario digitale geografico.

## **5 Raccomandazioni e conclusioni**

### **5.1 Adozione del riferimento ICNIRP 2020**

Sulla base dell'analisi condotta, l'autore ritiene che l'Italia dovrebbe procedere all'adozione integrale dei limiti ICNIRP 2020, portando il valore di riferimento per il campo elettrico generato da impianti di telecomunicazione mobile nell'intervallo 36–61 V/m (a seconda della banda di frequenza), in linea con le normative vigenti nella quasi totalità degli Stati membri.

Tale adozione non comporterebbe alcuna riduzione del livello di protezione sanitaria della popolazione, in quanto i limiti ICNIRP incorporano già margini di sicurezza di ordine di grandezza superiore alle soglie di effetto biologico accertato. Comporterebbe invece il superamento di un vincolo tecnico-normativo che, allo stato attuale, impedisce agli operatori di valorizzare pienamente le risorse spettrali assegnate e di erogare servizi di connettività all'altezza delle aspettative tecnologiche e sociali del Paese.

### **5.2 Il costo sistemico di una normativa disallineata: perché agire ora**

I dati esposti nelle sezioni precedenti convergono verso un'unica conclusione: il mantenimento di limiti di campo inferiori agli standard ICNIRP non è una misura precauzionale neutra, ma una scelta regolatoria con costi economici, industriali e sociali misurabili che ricadono sull'intera collettività. Ogni euro investito nella costruzione di siti aggiuntivi per aggirare il vincolo di campo è un euro sottratto allo sviluppo qualitativo delle reti; ogni mese di ritardo nell'autorizzazione di una nuova antenna è capacità di rete che non viene erogata agli utenti, alle imprese e alle pubbliche amministrazioni che ne avrebbero bisogno.

Il 5G non è una tecnologia fine a sé stessa: è l'infrastruttura abilitante di un'intera generazione di applicazioni industriali, sanitarie, logistiche e civiche — dall'automazione flessibile nelle PMI manifatturiere alla telemedicina nelle aree rurali, dalla gestione intelligente delle reti energetiche ai sistemi di trasporto connesso. Tutte queste appli-

cazioni richiedono reti che operino con le caratteristiche prestazionali proprie del 5G: latenza inferiore a qualche millisecondo, *throughput* nell'ordine del Gbit/s, densità di connessioni dell'ordine del milione per km<sup>2</sup>. Caratteristiche che — come dimostrato nella sezione 3 — non sono raggiungibili con i livelli di potenza consentiti dagli attuali limiti di campo. Finché il divario normativo con i Paesi ICNIRP persiste, l'Italia non potrà competere alla pari nell'attrazione di investimenti industriali che richiedono connettività avanzata, né potrà offrire ai propri cittadini la qualità di servizio che altri Paesi europei già garantiscono.

### **5.3 La prospettiva del 6G: una scelta da compiere oggi**

L'urgenza di un allineamento normativo non riguarda solo il presente, ma determina le condizioni di partenza per la prossima generazione tecnologica. Le specifiche del 6G — attualmente in fase di definizione nell'ambito dei lavori ITU-R IMT-2030 e dei gruppi di ricerca 3GPP — indicano requisiti prestazionali di un ordine di grandezza superiori al 5G: velocità di picco teorica nell'ordine dei Tbit/s, latenza sub-millisecondo, integrazione con sistemi di sensing e comunicazione unificati, utilizzo esteso delle bande ad altissima frequenza. Queste tecnologie richiederanno EIRP ancora più elevate di quelle necessarie per il 5G, in particolare per le bande ad altissima frequenza dove l'attenuazione di percorso è estrema.

Se l'Italia si presentasse all'avvento del 6G — previsto per il decennio 2030–2035 — con un regime normativo ancora distante dai riferimenti internazionali, il paradosso già osservato con il 5G si ripeterebbe in forma amplificata: spettro assegnato a caro prezzo nelle aste pubbliche, infrastrutture fisicamente presenti sul territorio, ma potenziale tecnologico sistematicamente inespresso per effetto di un vincolo normativo privo di giustificazione scientifica. L'allineamento ai limiti ICNIRP non è dunque soltanto la soluzione al problema attuale del 5G: è la condizione necessaria perché l'Italia possa implementare pienamente il 5G e affrontare la transizione verso il 6G in posizione competitiva, senza dover ogni volta rincorrere — con ritardi e costi aggiuntivi — gli standard adottati da tutto il resto del mondo sviluppato. La finestra per compiere

questa scelta in modo tempestivo è aperta oggi; rimandarla significa moltiplicarne il costo.

## 5.4 Misure di accompagnamento raccomandate

L'autore raccomanda altresì, in accompagnamento all'innalzamento del limite, l'adozione delle seguenti misure complementari:

- **Aggiornamento delle metodologie di misura e controllo:** armonizzare i protocolli di misura e confronto con i limiti con quelli indicati dalle Linee Guida ICNIRP, usando valori medi su intervalli temporali appropriati (30 minuti).
- **Semplificazione dell'iter autorizzativo:** ridurre i tempi di rilascio delle autorizzazioni per nuovi siti e per modifiche agli impianti esistenti.
- **Piano di monitoraggio rafforzato:** istituire una rete nazionale di monitoraggio continuo e in tempo reale dei livelli di campo in prossimità delle principali stazioni radio base del territorio, con dati accessibili al pubblico, per garantire trasparenza e fiducia nei confronti dei cittadini.
- **Campagne di comunicazione scientifica:** investire in programmi di informazione pubblica fondati su evidenze scientifiche, volti a contrastare la diffusione di informazioni errate sui rischi associati alle reti mobili.

## 5.5 Conclusione

Il limite di 15 V/m introdotto nel 2024 rappresenta un passo nella direzione corretta, ma rimane distante di un fattore rilevante dai valori raccomandati dalla comunità scientifica internazionale. Questo divario non trova giustificazione in evidenze di rischio sanitario incrementale ed è invece suscettibile di causare danni economici, tecnologici e sociali misurabili. L'innalzamento del limite verso i valori ICNIRP è pertanto una misura razionale, scientificamente fondata e necessaria non solo per consentire all'Italia di sfruttare appieno le potenzialità delle reti 5G oggi operative, ma anche per garantire

che il Paese si presenti nelle condizioni ottimali all'appuntamento con il 6G e con le future generazioni tecnologiche che ridisegneranno l'economia digitale del prossimo decennio.

Napoli, 20 aprile 2026

*Prof. Ing. Nicola Pasquino*

A handwritten signature in black ink, reading "Nicola Pasquino". The signature is written in a cursive, flowing style with a large initial 'N'.

La presente relazione è composta da 22 pagine, esclusa la copertina e l'indice.